

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БІОДИЗЕЛІ

Журавель Д. П., д. т. н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
ім. Д. Моторного*  
Тел. (0619) 42-25-85

*Анотація* – робота присвячена розробці моделі працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі.

Надійність техніки є однією з основних інженерних проблем, якій приділялася велика увага. Основні умови забезпечення надійності полягають в строгому виконанні правила «тріади надійності»: надійність закладається при проектуванні, забезпечується при виготовленні і підтримується при експлуатації. Останнім часом великої актуальності набувають питання моделювання і розрахунку показників надійності і безпеки виробничих об'єктів. У вирішенні цих завдань важливе місце займають методи структурного аналізу небезпеки і оцінка ризику складних технічних і організаційних систем.

Вимоги досягнення високої надійності часто знаходяться в протиріччі з іншими необхідними характеристиками, такими як зменшення розмірів, здобуття високої точності, низька вартість і так далі. Тому виникає питання, як оптимально вибрати необхідні кількісні характеристики для здобуття компромісного рішення.

Стосовно вибору параметрів, зміна яких визначає витрати в процесі експлуатації, за комплексні параметри, що характеризують технічний стан основних сполучень деталей дизелів і їх ресурс, пропонується використовувати потужність, питому витрату пального та витрату оливи на угар. Справді, ряд інших відомих параметрів, що характеризують технічний стан вузлів і агрегатів дизеля (наприклад, тиск мастила в головній масляній магістралі, тиск газів у картері або прорив газів у картер і ін.), тісно пов'язаний з перерахованими вище. Прорив газів у картер, наприклад, має визначальний вплив на потужність дизеля і питому витрату пального, а тиск мастила в головній

**магістралі впливає на витрату оливи на угар. Крім того, через складність перерахування в грошовий еквівалент, використання цих параметрів викликає значних труднощів.**

**Ключові слова – моделювання, працездатність, машино-тракторний агрегат, біодизель, надійність, безвідмовність, ресурс.**

*Постановка проблеми.* Оптимізація надійності системи визначається видом і складністю технічної системи, характером і важливістю виконуваних функцій, числом і видом можливих станів, тягарем наслідків відмов, а також стратегією її технічного обслуговування. Вирішення завдань оптимізації системи технічного обслуговування включає, як правило, побудову графа станів, складання моделі функціонування і визначення параметрів системи технічного обслуговування [1-3, 19, 20].

*Аналіз останніх досліджень.* Значний внесок у підвищення працездатності машино-тракторних агрегатів (МТА) при експлуатації на традиційних нафтових паливно-мастильних матеріалах належить багатьом вченим [1, 2, 7, 18-20]. Однак, роботи, які присвячені забезпеченню надійності машино-тракторних агрегатів на біодизельному пальному мають неоднозначний характер [4-6, 8-17, 21]. Тому в даній роботі розроблено математичну модель надійності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі та обґрунтовано встановлення основних факторів, які впливають на його працездатність.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Розробка математичної моделі та обґрунтування основних факторів, які впливають на працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі.

*Основна частина.* За комплексні параметри, що характеризують технічний стан дизеля і його деталей, найбільш доцільно використовувати потужність  $N$ , питому витрату пального  $G$  і витрату оливи на угар  $g$ .

Використовуючи теорію графів, можна оцінити працездатний стан МТА відповідно вимогам нормативно-технічної документації.

Щоб проаналізувати працездатність МТА, оцінюємо ймовірність досягнення параметрів  $N$ ,  $G$ ,  $g$  граничного значення.

Якщо відоме правило розмежування працездатних і непрацездатних станів, то можна визначити, в якому із цих станів знаходиться система.

Вихідними даними для розрахунку або прогнозування безвідмовності на стадії експлуатації служать зв'язки елементів в структурно-логічній схемі системи, залежні від впливу їх стану на стан системи в цілому і значення інтенсивності їх відмов (або

ймовірність відмов, або ймовірність працездатних станів).

Стан  $S_H$  характеризує працездатний стан МТА, при якому в момент часу  $t$  його параметри знаходяться в номінальних межах  $N_H, g_H, G_H$ . Ймовірність цього стану оцінюється за рівняння [21]:

$$P_{S_H} = e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} \quad (1)$$

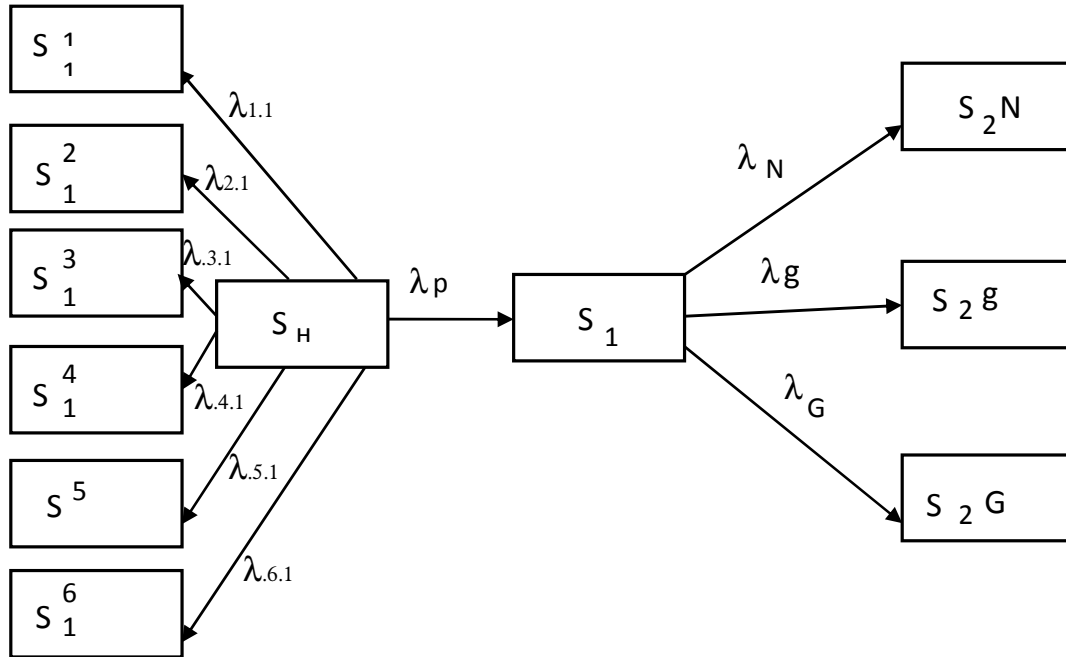


Рис. 1. Граф станів вихідних параметрів машино-тракторного агрегату:  $S_H, S_1^1, \dots, S_1^6$  – стани МТА;  $\lambda_p, \lambda_N, \lambda_g, \lambda_G, \lambda_{1.1}, \dots, \lambda_{6.1}$  – інтенсивності потоку подій

При  $S_1$  стані, МТА працездатний, і параметри його знаходяться в допустимих межах  $N_\partial, g_\partial, G_\partial$ . Ймовірність цього стану оцінюється за рівнянням:

$$P_{S_1} = e^{-(\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} \quad (2)$$

Ця ймовірність формується можливими досягненнями граничного стану параметрів кожного із станів, коли останні два знаходяться в допустимому стані.

Ймовірність даних станів оцінюються за рівняннями 3, 4, 5:

$$P_{S_2^N} = \lambda_N \left[ -\frac{1}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} \right] + \frac{\lambda_p + \lambda_g + \lambda_G}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} \quad (3)$$

$$P_{S_2g} = \lambda_g \left[ -\frac{1}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} \right] + \frac{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_G}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} \quad (4)$$

$$P_{S_2G} = \lambda_g \left[ -\frac{1}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} e^{-(\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G)t} \right] + \frac{\lambda_p + \lambda_N + g}{\lambda_p + \lambda_N + \lambda_g + \lambda_G} \quad (5)$$

Стани  $S_1^1$ - $S_1^6$  характеризують перехід системи із працездатного стану  $S_H$  в непрацездатний минаючий стан  $S_1$ .

При стані  $S_1^1$ , ефективна потужність  $N$  знаходиться в граничних межах, а питома витрата оливи на угар  $g$ , і питома витрата пального  $G$  знаходяться в допустимих межах (6), при стані  $S_1^2$ , ефективна потужність  $N$ , і питома витрата оливи на угар  $g$  знаходиться в граничних межах, а питома витрата пального  $G$  знаходяться в допустимих межах (7), при стані  $S_1^3$ , ефективна потужність  $N$  знаходиться в допустимих межах, а питома витрата оливи на угар  $g$ , і питома витрата пального  $G$  знаходяться в граничних межах (8), при стані  $S_1^4$ , ефективна потужність  $N$  і питома витрата оливи на угар  $g$  знаходяться в допустимих межах, а питома витрата пального  $G$ , знаходиться в граничних межах (9), при стані  $S_1^5$ , питома витрата оливи на угар  $g$  знаходиться в граничних межах, а ефективна потужність  $N$ , і питома витрата пального  $G$  знаходяться в допустимих межах (10), при стані  $S_1^6$ , питома витрата оливи на угар  $g$  знаходиться в допустимих межах, а ефективна потужність  $N$ , і питома витрата пального  $G$  знаходяться в граничних межах (11).

$$P_{S_1^1} = \lambda_{1.1} \left[ -\frac{1}{\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_{1.1} + \dots + \lambda_{6.1})t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} \right] + \frac{\lambda_{1.1}}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} \quad (6)$$

$$P_{S_1^2} = \lambda_{2.1} \left[ -\frac{1}{\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_{1.1} + \dots + \lambda_{6.1})t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} \right] + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} \quad (7)$$

$$P_{S_1^3} = \lambda_{3.1} \left[ -\frac{1}{\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_{1.1} + \dots + \lambda_{6.1})t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} \right] + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}}$$

$$\frac{\lambda_{3.1}}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}}. \quad (8)$$

$$P_{S_1^4} = \lambda_{4.1} \left[ -\frac{1}{\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_{1.1} + \dots + \lambda_{6.1})t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} \right] + \frac{\lambda_{4.1}}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}}. \quad (9)$$

$$P_{S_1^5} = \lambda_{5.1} \left[ -\frac{1}{\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_{1.1} + \dots + \lambda_{6.1})t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} \right] + \frac{\lambda_{5.1}}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}}. \quad (10)$$

$$P_{S_1^6} = \lambda_{6.1} \left[ -\frac{1}{\lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_{1.1} + \dots + \lambda_{6.1})t} + \frac{1}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}} e^{-(\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1})t} \right] + \frac{\lambda_{6.1}}{\lambda_p + \lambda_{1.1} + \lambda_{2.1} + \lambda_{3.1} + \lambda_{4.1} + \lambda_{5.1} + \lambda_{6.1}}. \quad (11)$$

Рівняння (6) – (11) характеризують ймовірність відмови МТА при досягненні одного з параметрів  $N$ ,  $G$ ,  $g$  значень, які не відповідають вимогам нормативно-технічної документації.

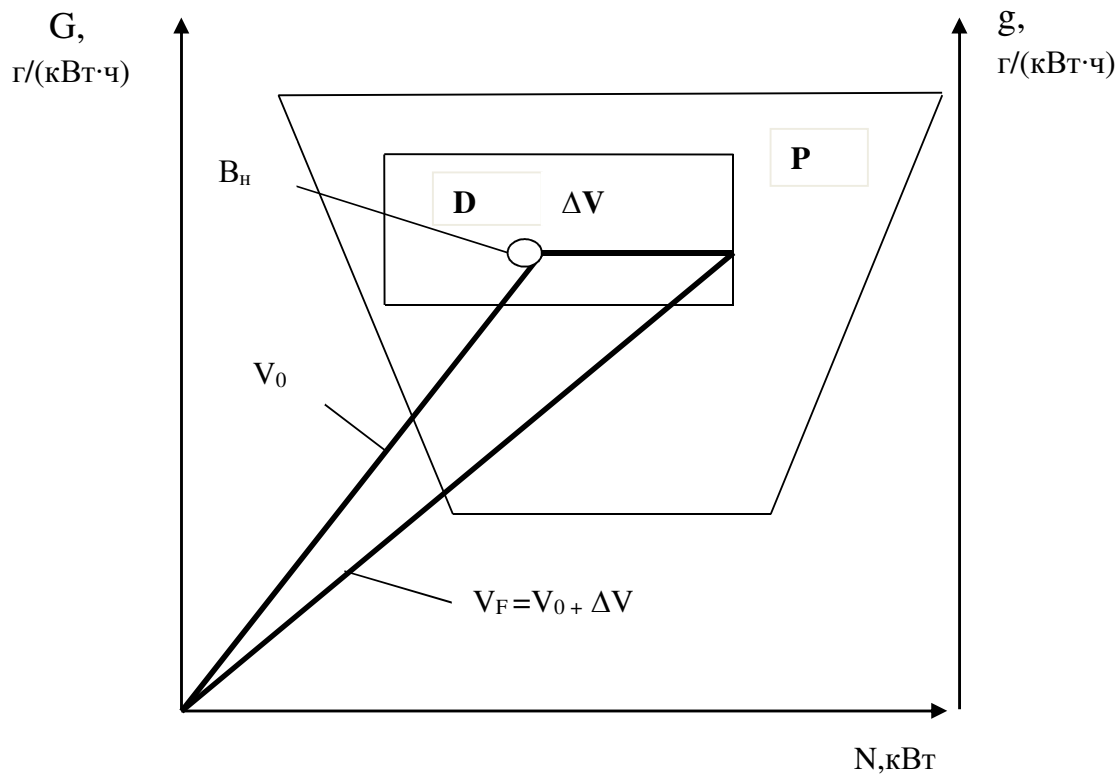
Виходячи з цього ймовірність працездатного стану МТА визначається залежністю:

$$P(t) = 1 - (P_{S_{2N}} + P_{S_{2g}} + P_{S_{2G}} + P_{S_1^1} + P_{S_1^2} + P_{S_1^3} + P_{S_1^4} + P_{S_1^5} + P_{S_1^6}) \quad (12)$$

В результаті проведення досліджень, нами встановлено, що ймовірність працездатного стану МТА при експлуатації на мінеральному пальному становить  $P(t) = 0,87 \dots 0,90$ , а на біодизелі

$$P(t) = 0,78 \dots 0,82.$$

Модель працездатного стану МТА передбачає оцінку його функціонування в одній із трьох областей (рис. 2): область функціонування, в якій МТА працює відповідно до призначення (виконуються вимоги по експлуатаційно-технологічним показникам) «F»; область працездатності, в якій МТА працює з виконанням функцій з параметрами  $N$ ,  $G$  і  $g$ , які відповідають вимогам нормативно-технічної документації «P»; допустима область, в якій МТА працює з виконанням функцій при допустимому значенні параметрів  $N$ ,  $G$  і  $g$ , «D», наприклад підвищена витрата оливи на угар, витрата пального і т.д. при роботі на біодизелі.



( $V_0$  – номінальний вектор,  $\Delta V$  – вектор допусків)

Рис. 2. Просторове співвідношення допустимої області «D» і області працездатності «P» при функціонуванні МТА із заданим запасом працездатності трьох змінних функціональних параметрів  $N$ ,  $G$  і  $g$ .

Кожна точка простору «P» характеризує певний стан МТА в даний момент часу і описується певним поєднанням значень кожного з функціональних параметрів ( $Y$ ), збудуючих впливів і т.д., при якому виконується умова працездатності МТА, тобто  $Y_H < Y < Y_B$ . Сукупність номінальних значень функціональних параметрів МТА визначає положення номінальної робочої точки ( $B_H$ ). Вихід робочої точки за межі «P» призводить до втрати працездатності МТА.

Особливо це стосується біодизелю, він значно відрізняється від нафтового своїми фізико-хімічними властивостями, які впливають як на організацію робочого процесу, так і на екологічні та техніко-економічні показники сільськогосподарської техніки (СГТ), призводячи до збільшення відмов вузлів і агрегатів функціональних систем. Причиною існування проблеми є також те, конструкційні матеріали, які застосовують для виготовлення деталей вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ, не призначені до роботи в середовищі біодизеля. Шляхами вирішення вказаної проблеми є адаптація вузлів і агрегатів функціональних систем СГТ до роботи в

середовищі біодизеля шляхом виявлення та усунення «слабкої ланки».

В результаті проведення досліджень МТА на біодизелі встановлено, що «слабкою ланкою» серед основних функціональних систем є дизельний двигун.

Фактичні ресурси елементів дизельного двигуна при роботі на мінеральних паливно-мастильних матеріалах (МПММ) і біологічних (БПММ) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фактичні ресурси елементів дизельного двигуна при роботі на різних видах ПММ

Найменування елементів дизельного двигуна	Фактичний ресурс, мото-год.			
	$\gamma - 80\%$		Середній	
	МПММ	БПММ	МПММ	БПММ
Кривошипно-шатунний механізм	8470	6825	12100	5750
Система змащення	7210	5785	10300	8250
Паливна система	8540	5460	12200	7800
Електрообладнання	7250	6300	10500	9000
Система запуску	7910	6580	11300	9400
Газорозподільний механізм	10500	9100	15700	13000

Із таблиці 1 слідує, що «слабкою ланкою» дизельного двигуна при експлуатації на БПММ є паливна система.

Розподіл відказів по окремим вузлам паливної апаратури наступні: в двигунах Д-240 біля 60% приходить на форсунки, 20% на фільтри і 20% на порушення параметрів регулювання. В двигунах СМД-60 – майже половина відказів приходить на паливну апаратуру, 9-17% на форсунки, 14-31% на фільтри і до 17% на порушення параметрів регулювання. В насосах розподільного типу 28% дефектів приходить на знос і заїдання плунжерних пар, 15% – на заїдання і поломку приводу дозатора, біля 40% приходить на фільтр, а решта на порушення регулювань [21].

*Висновок.* Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш раціональним способом підвищення ефективної потужності МТА і ресурсу двигуна можна добитися декількома способами: збільшенням твердості пар тертя (за рахунок використання матеріалів, які інертні до середовища біодизеля); покращенням якості фільтрації пального; покращенням змащувальних властивостей пального.

#### Література:

1. Анилович В. Я., Гринченко А. С., Литвиненко В. Л. Прогнозирование надежности тракторов / под ред. В. Я. Аниловича. Москва: Машиностроение, 1986. 224 с.

2. Антонов А. В., Никулин М. С. Статистические модели в теории надежности: учебное пособие. Москва: Абрис, 2012. 390 с.

3. *Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.* Задачи и упражнения по теории вероятностей: учебное пособие. Москва: Наука, 1969. 368 с.

4. *Войтов В. А., Даценко М. С., Карнаух М. В.* Особливості експлуатації паливної апаратури дизелів сільськогосподарського призначення з використанням біологічного палива // *Техніка і технології АПК.* 2010. № 1. С. 13-18.

5. *Войтов В. А., Даценко М. С., Карнаух М. В.* Собівартість виробництва біодизеля на базі метилових ефірів жирних кислот рослинних олів // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка.* 2010. Вип. 94. С. 270-277.

6. *Войтов В. А., Карнаух М. В., Даценко М. С.* Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля // *Техніка і технології АПК.* 2009. № 1. С. 13-17.

7. *Войтюк В. Д.* Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки: дис... докт. техн. наук : 05.05.11. Мелітополь, 2012. 448 с.

8. Влияние износа плунжерных пар топливных насосов высокого давления на их гидравлическую плотность / *В. А. Дидур* и др. // *Известия Международной академии аграрного образования.* 2013. Вып. 18. С. 39-43.

9. *Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г.* Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. Харьков: Новое слово, 2007. 452 с.

10. *Журавель Д. П.* Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів // *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів.* 2016. Вип. 10/3(31). С. 66-71.

11. *Журавель Д. П.* Методология обеспечения надежности мобильной техники при использовании биологических ТСМ // *Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України : матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. Мелітополь, 2015. С. 8-10.*

12. *Журавель Д. П.* Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів // *Сучасні проблеми землеробської механіки : зб. тез доп. XVII міжнар. наук. конф. Суми, 2016. С. 163-164.*

13. *Журавель Д. П.* Підвищення ефективності експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки при використанні біопаливо-мастильних матеріалів // *Раціональне використання енергії в техніці.*



TechEnergy 2017: зб. тез доп. XIII Міжнар. наук. конф. Київ, 2017. С. 155-156.

14. *Журавель Д. П.* Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. 2017. Вип. 5. С. 56-65.

15. *Журавель Д. П., Юдовинський В. Б.* Триботехнічні властивості олій біологічного походження // Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 4. С. 160-166.

16. *Журавель Д. П., Юдовинський В. Б., Мітков Б. В.* Дослідження впливу присадок на експлуатаційні властивості олій // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2012. Вип. 2, т. 4. С. 203-209. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau\\_2012\\_2\\_4\\_33](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvtdau_2012_2_4_33) (дата звернення: 07.08.2019).

17. *Журавель Д. П.* Особливості використання олій біологічного походження для мобільної техніки // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Мелітополь, 2014. Вип. 2. С. 157-165.

18. *Молодик М. В.* Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин в сільському господарстві. Кіровоград: КОД, 2009. 180 с.

19. *Червоный А. А., Лукьященко В. И., Котин Л. В.* Надежность сложных систем. Москва: Машиностроение, 1976. 288 с.

20. *Черепанов С. С.* Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. Москва: Колос, 1978. 287 с.

21. *Шуляк М. Л.* Підвищення ефективності машинно-тракторних агрегатів з використанням біодизельних палив: дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Харків, 2012. 165 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА БИОДИЗЕЛЕ

Журавель Д. П.

*Аннотация* – работа посвящена разработке модели работоспособности машинно-тракторного агрегата при эксплуатации на биодизеле.

Надежность техники является одной из основных инженерных проблем, которой уделялось большое внимание. Основные условия обеспечения надежности заключаются в строгом выполнении правила «триады надежности»: надежность закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении и поддерживается при эксплуатации. В последнее время все большую актуальность приобретают вопросы моделирования и расчета показателей надежности и безопасности производственных объектов. В решении этих задач важное место занимают методы структурного анализа опасности и оценка риска сложных технических и организационных систем.

Требования достижения высокой надежности часто находятся в противоречии с другими необходимыми характеристиками, такими как уменьшение размеров, получение высокой точности, низкая стоимость и так далее. Поэтому возникает вопрос, как оптимально выбрать необходимые количественные характеристики для получения компромиссного решения.

По выбору параметров, изменение которых определяет расходы в процессе эксплуатации, за комплексные параметры, характеризующие техническое состояние основных сочетаний деталей дизелей и их ресурс, предлагается использовать мощность, удельный расход топлива и расход масла на угар. Действительно, ряд других известных параметров, характеризующих техническое состояние узлов и агрегатов дизеля (например, давление масла в главной масляной магистрали, давление газов в картере или прорыв газов в картер и др.), тесно связан с перечисленными выше. Прорыв газов в картер, например, имеет определяющее влияние на мощность дизеля и удельный расход топлива, а давление масла в главной магистрали влияет на расход масла на угар. Кроме того, из-за сложности перечисления в денежный эквивалент, использование этих параметров вызывает значительные трудности.

## MODELING OF EMPLOYMENT MACHINE TRACTOR UNIT AT BIODYSELY OPERATION

D. Zhuravel

### *Summary*

The work is devoted to the development of the model of performance of machine-tractor unit during operation on biodiesel.

Reliability of the technology is one of the main engineering problems, which was given a lot of attention. The main conditions for ensuring reliability are the strict implementation of the rules of the "triad of reliability": the reliability is laid in the design, provided during manufacture and maintained during operation. Recently, all of great relevance become issues of modeling and calculating indicators of reliability and safety of industrial facilities. In solving these problems, the methods of structural analysis of risk and the risk assessment of complex technical and organizational systems occupy an important place.

The requirements for achieving high reliability are often in contradiction with other required characteristics, such as diminishing size, high accuracy, low cost, and so on. Therefore, the question is how to choose the necessary quantitative characteristics optimally for a compromise solution.

Regarding the choice of parameters, which changes the costs in the course of operation, for the complex parameters characterizing the technical state of the main combinations of parts of the diesel engines and their resource, it is proposed to use the power, specific fuel consumption and the consumption of fuel for burning. In fact, a number of other well-known parameters characterizing the technical state of the combustion of a diesel engine (for example, the oil pressure in the main oil line, the pressure of the gases in the crankcase, or the breakdown of gases into the crankcase, etc.) is closely linked with the above. The breakthrough of gases into the crankcase, for example, has a decisive influence on the power of the diesel engine and the specific fuel consumption, and the oil pressure in the main line affects the consumption of oil for burning. In addition, due to the complexity of transferring to cash equivalents, the use of these parameters causes considerable difficulties.