



Вероятностно-статистический метод оценки параметров тяговых агрегатов

Г.М. Мучкаева, Б.С. Элешов, П.С. Хотамов, С.С. Манжиев, Д.В.

Федельский, Н.М. Кикеев

Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, Элиста

Аннотация: предложен вероятностно-статистический метод оценки параметров тяговых агрегатов, который заключается в установлении допустимых режимов его работы путём учитывания вероятностного характера нагрузки, вероятностных коэффициентов и других факторов, оказывающих непрерывное действие и воздействие на эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов. Представлена графическая зависимость степени нагрузки и коэффициента её вариации от показателей частоты вращения вала двигателя СМД-62.

Ключевые слова: математическое ожидание, функция связи, частота вращения вала двигателя, коэффициент вариации, степень нагрузки, вероятностный коэффициент.

Возможность предварительно оценить точностные характеристики используемых методов, процессов или результатов измерений [1, 2] дают показатели, определяющие уровень машиноиспользования при выполнении технологических операций, к ним относятся: агротехнические, технико-экономические, энергетические, эксплуатационно-технологические, эргономические и показатели надежности. Среди всего комплекса показателей особое внимание следует уделить технико-экономическим и энергетическим выходным параметрам сельскохозяйственной техники [3, 4], которые зависят от вероятностного характера внешних воздействий на агрегат.

Для энергетической оценки и описания прогнозов эффективности эксплуатации машинно-тракторных агрегатов, оснащенных непосредственно дизельными двигателями, надо определить их вероятностные оценки [5, 6]: математическое ожидание, дисперсию, корреляционную функцию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и другие.



Среди выходных параметров наибольшее распространение имеют частота вращения коленчатого вала двигателя, часовой расход топлива, эффективная мощность двигателя, удельный расход топлива [7, 8].

На примере дизельного двигателя СМД-62 определены следующие энергетические параметры.

Частота вращения вала двигателя определяется по формуле:

$$\bar{n}_D = \int_{-\infty}^{\infty} f(M_K) \varphi(M_K) dM_K = \frac{1}{\sigma_M \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(M_K) \times \exp[-(M_K - \bar{M}_K)^2 / (2\sigma_M^2)] dM_K = 0,5(a + b\bar{M}_K) - (a_1 + b_1\bar{M}_K) \Phi(t_H) + b_1\bar{M}_K \nu_M \varphi(t_H), \quad (1)$$

где a , a_1 , b , b_1 – неизменные значения, определяемые по стендовой характеристике (таблица 1); $\Phi(t_H)$, $\varphi(t_H)$ – табулированные функции; $t_H = (M_H - \bar{M}_K) / \sigma_M$ – аргумент функции Лапласа; M_H – номинальный крутящий момент; \bar{M}_K , ν_M – математическое ожидание и коэффициент вариации момента; $f(M_K)$ – функция связи.

Функция связи рассчитывается в соответствии с выражением [9]:

$$f(M_K) = \begin{cases} A_1 + B_1 M_K & \text{при } M_K \leq M_H \\ A_2 + B_2 M_K & \text{при } M_K > M_H \end{cases} \quad (2)$$

Значения неизменных величин и угловых коэффициентов частоты вращения вала двигателя описаны в таблице 1. Результаты исследований представлены графической зависимостью (рис. 1) частоты вращения вала дизельного двигателя от степени нагрузки и коэффициента её вариации.

Произвести оценку характера изменения выходных параметров агрегата при вероятностном характере внешней нагрузки возможно посредством применения вероятностного коэффициента [10]:

$$\lambda_{\bar{n}} = \bar{n} / n_{\sigma}, \quad (3)$$



где \bar{n} - среднее значение частоты вращения вала двигателя; n_0 - базовое значение для дизельного двигателя.

Таблица №1

Неизменные значения и угловые коэффициенты частоты вращения вала двигателя СМД-62

Коэффициенты	Расчетная формула	Числовые значения
A_1	n_x	2281
A_2	$n_H + [n_H - n_{min}]/(k-1)$	6161
B_1	$-(n_x - n_H)/M_H$	-0,327
B_2	$-(n_H - n_{min})/[M_H(k-1)]$	-7,37
a	$A_1 + A_2$	8441
a_1	$A_2 - A_1$	3881
b	$B_1 + B_2$	-7,687
b_1	$B_2 - B_1$	-7,035

n_x, n_H, n_{min} – частота вращения вала двигателя на холостом ходу, при номинальном M_H и максимальном M_{max} моментах, об/мин.;
 $k = M_{max}/M_H$ – коэффициент приспособляемости

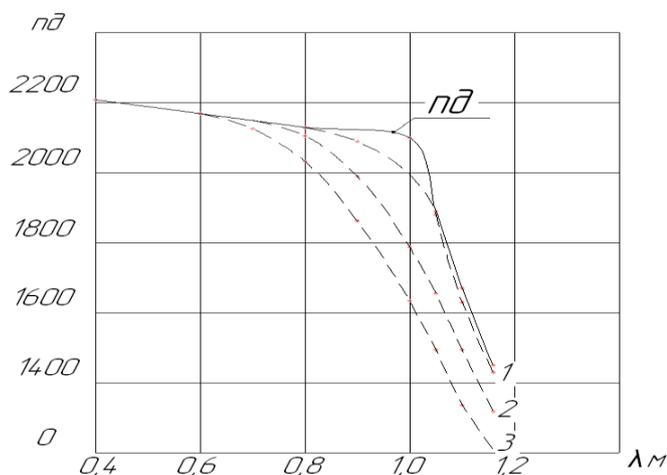


Рис. 1. - Зависимость частоты вращения вала дизельного двигателя СМД-62 от степени нагрузки $\lambda_{\bar{M}}$ и коэффициента её вариации v_M (1 - $v_M = 10\%$; 2 - $v_M = 20\%$; 3 - $v_M = 30\%$)

Для трактора тягового класса 3, оснащенного дизельным двигателем, средний результат частоты вращения коленчатого вала двигателя и вероятностные коэффициенты $\lambda_{\bar{n}}$ приведены в таблицах 2 и 3.



Таблица №2

Математические ожидания частоты вращения и вероятностные коэффициенты $\lambda_{\bar{n}}$

Двигатель	$\lambda_{\bar{M}} = \frac{\bar{M}}{M_{\sigma}}$	$v_M, \%$	$\bar{n}, \text{мин}^{-1}$	$\lambda_{\bar{n}} = \frac{\bar{n}}{n_{\sigma}}$
СМД-62	1,0	0,0	2101	1,00
	1,0	0,10	1942	0,92
	1,0	0,20	1787	0,85
	1,0	0,30	1635	0,78

Для дизельного двигателя максимальные значения отклонений средних результатов частоты вращения от данных типовым значений двигателя определяются при номинальном нагрузочном режиме, то есть при значении вероятностного коэффициента $\lambda_{\bar{n}} = 1$.

Таблица №3

Вероятностные коэффициенты $\lambda_{\bar{n}}$ при значении коэффициента вариации $v_M = 20\%$

Двигатель	Значения $\lambda_{\bar{n}} = \frac{\bar{n}}{n_{\sigma}}$				
	при $\lambda_{\bar{M}}$				
	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
СМД-62	1,03	1	1	0,91	0,78

Таким образом, вероятностно-статистический метод оценки параметров тяговых агрегатов заключается в установлении допустимых режимов его работы путём учитывания вероятностного характера нагрузки и других факторов, которые оказывают непрерывное действие и способствуют изменению эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов



на постоянном уровне. То есть, эксплуатационные характеристики должны изображаться по заданному параметру не одной кривой, а комплексом, дающим представление о значении параметра при различной степени вариации входных переменных.

Литература

1. Шушкевич Т. В. Программный расчет неопределенности результатов измерений // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3806/.

2. Burdick, Richard K., and Larsen, Greg A. Confidence Intervals on Measures of Variability in R&R Studies // Journal of Quality Technology, 1997. №3. pp. 28-30.

3. Буклагин Д.С. Проблемы метрологического обеспечения достоверности результатов сравнительных испытаний сельскохозяйственной техники // Метрология. 2016. №4. С. 10-18.

4. Калачин С.В. Оптимизация параметров и режимов работы МТА // Тракторы и сельхозмашины. 2009. №7. С. 31-33.

5. Катулев А.Н., Кудинов А.Н., Малиневский М.Ф. Вероятностные характеристики нелинейной динамической параболической системы со случайными коэффициентами // Автоматика и телемеханика. 2009. №8. С. 84-95.

6. Grubbs F.E. Errors of Measurement, Precision, Accuracy and the Statistical Comparison of Measuring Instruments // Technometrics. 1973. №15. pp. 53-66.

7. Джабборов Н.И., Эвиев В.А., Очиров Н.Г. Оптимальная зона функционирования ДПМ по эффективной мощности // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2012. №5. С.23-25.

8. Эвиев В.А., Очиров Н.Г., Агеев С.С., Каруев Б.Т. Оптимизация эксплуатационных параметров и режимов работы трактора по тяговой



характеристике // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2011. № 10. С. 17-18.

9. Целигоров Н.А., Целигорова Е.Н., Мафура Г.В. Математические модели неопределённостей систем управления и методы, используемые для их исследования // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1340/.

10. Гоголадзе Л.Д., Цагарейшвили В.Ш. О коэффициентах Фурье функций с конечной вариацией // Известия высших учебных заведений. Математика. 2013. №8. С.14-23.

References

1. Shushkevich T.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3806/.

2. Burdick, Richard K., and Larsen, Greg A. Journal of Quality Technology, 1997. №3. pp. 28-30.

3. Buklagin D.S. Metrologija, 2016. №4. pp. 10-18.

4. Kalachin С.В. Traktory i sel'hoz mashiny, 2009. №7. pp. 31-33.

5. Katulev A.N., Kudinov A.N., Malinevskij M.F. Avtomatika i telemekhanika, 2009. №8. pp. 84-95.

6. Grubbs F.E. Technometrics, 1973. №15. pp. 53-66.

7. Dzhaborov N.I., Jeviev V.A., Ochirov N.G. Traktory i sel'skhozjajstvennye mashiny, 2012. №5. pp. 23-25.

8. Jeviev V.A., Ochirov N.G., Ageev S.S., Karuev B.T. Traktory i sel'skhozjajstvennye mashiny, 2011. № 10. pp. 17-18.

9. Celigorov N.A., Celigorova E.N., Mafura G.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1340/.

10. Gogoladze L.D., Cagarejshvili V.Sh. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Matematika, 2013. №8. pp. 14-23.