

УДК 631.372-19.001.5

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТРАКТОРА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ ОТ ПРАВИЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Лебедев С.А., к.т.н., Вишняк В.Ю.

Харьковский филиал УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

Кот А.В., аспирант

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко*

Выполнен анализ реальных условий эксплуатации тракторов, оценено влияние на техническую готовность тракторов организации выполнения технического обслуживания.

Введение. Поддержание сельскохозяйственных агрегатов в состоянии постоянной готовности к работе, особенно в условиях недостаточной технической оснащённости, в значительной мере определяет успех производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия любой формы собственности. Вместе с тем практика функционирования данных предприятий в последние 12-15 лет свидетельствует о кризисной ситуации в вопросах технической готовности сельскохозяйственной техники, в первую очередь тракторов, к проведению механизированных работ в установленные агротехнологические сроки. Это в основном определяет актуальность исследований в направлении повышения надёжности тракторов в рядовой эксплуатации.

Анализ последних достижений и публикаций. В ряде известных работ [1, 2, 3] обоснована взаимосвязь надёжности трактора от его эксплуатационной технологичности при эксплуатации в условиях, обусловленных нормативной документацией (выполнение правил обкатки, технического обслуживания, ремонта и т.д.). Одновременно в публикациях последних лет [4, 5] обращено внимание на необходимость оценки влияния условий эксплуатации на надёжность трактора и эффективность его работы.

Цель исследования определена необходимостью оценки влияния на надёжность трактора отклонений от правил эксплуатации и технического обслуживания (ТО).

Результаты исследований. Тракторный агрегат в процессе эксплуатации находится под воздействием непрерывно изменяющихся как внутренних, так и внешних факторов (рис.1), определяющих работоспособность агрегата, т.е. его способность сохранять заданные техническими условиями

эксплуатационные показатели. К внутренним факторам (a) относятся почвенно-климатические условия (a_1) эксплуатации тракторов (агрофон, влажность, плотность, структурный и механический состав почвы), определяющий затраты энергии на передвижение агрегата; а также режимы работы трактора (a_2) и другие (a_i) факторы, определяющие производительность, расход топлива и качество выполнения технологического процесса. Внешние факторы (b) определяются в основном организационно-техническими условиями эксплуатации тракторных агрегатов, в частности выполнением правил обкатки (b_1), заправки маслами (b_2), соблюдением требований инструкции по техническому обслуживанию (b_3), ремонту (b_4) тракторов, а также выполнением прочих правил (b_i) технической эксплуатации.

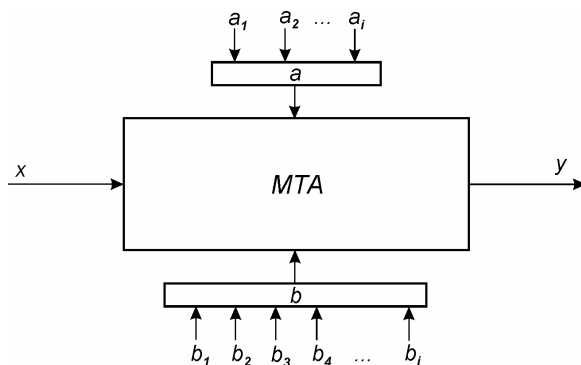


Рис.1. Структурная схема машинно-тракторного агрегата (МТА): x, y - входной и выходной параметры; a, b - внутренние и внешние факторы.

Надежность трактора, определяемая случайным сочетанием внутренних и внешних факторов, как правило, изменяется с течением времени. В этом случае трактор как динамическую систему можно представить уравнением:

$$y'' + a_1 \cdot y' + a_0 \cdot y = 0, \quad (1)$$

где y - выходной параметр, характеризующий надежность трактора;

a_1, a_0 - соответственно коэффициенты, учитывающие влияние внутренних и внешних факторов.

Обычно, при эксплуатации трактора внешние факторы изменяются с течением времени. В этом случае справедливо соотношение:

$$a_0(t) = a_0 - b_i \cdot f(t), \quad (2)$$

где $f(t)$ - функция, учитывающая изменения внешнего фактора по времени.

Влияние условий эксплуатации на надежность трактора оценивается модулем вычитаемого в уравнении (2). При этом для обеспечения надежной работы агрегата должно быть выполнено условие:

$$|\delta_i(b) - \delta_j(o)| < \delta, \quad (3)$$

где $\delta_j(o), \delta(b)$ - соответственно номинальное и возмущенное значение характеристических чисел Ляпунова; δ - заданное допустимое отклонение.

Удовлетворение неравенства (3) означает сохранение устойчивости по Ляпунову [6], т.е. в данном случае надежность отождествляется с понятием устойчивости по Ляпунову.

Для решения задачи в матричной форме уравнение (1) запишем в виде:

$$y = P(t, b) \cdot y = [P_o + b \cdot P_1(t)] \cdot y, \quad (4)$$

где P_o - диагональная постоянно устойчивая матрица;

$P_1(t)[f(t^o)o^o]$ - ограниченная и интегрируемая в каждом конечном промежутке $te(-\infty, +\infty)$ матрица - функция.

Вводя новую переменную Y , уравнение (4) запишем в виде

$$Y = \left(\begin{bmatrix} y_1 & 0 \\ 0 & y_2 \end{bmatrix} + b \cdot s \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ f(t) & 0 \end{bmatrix} \cdot s^{-1} \right) \cdot Y, \quad (5)$$

где $S = const$ - постоянная матрица, приводящая матрицу к диагональному виду.

Условия надежности трактора может быть представлено в виде

$$|b| \quad \|P_1\| \leq \frac{1}{4h}, \quad (6)$$

где $h^{-1} = |\delta_1(o) - \delta_2(o)|$.

С учетом значения матрицы $\|P_1\|$ допустимое количество внешних факторов для различных условий эксплуатации тракторов получим в виде:

$$|b| \leq \frac{1}{4h \frac{\|f(t)\|}{\|y_1\| \left| 1 - \frac{y_1}{y_2} \right|} \max \left\{ \left(\frac{y_1}{y_2} \right) + \left(\frac{y_1}{y_2} \right)^2 \right\}}. \quad (7)$$

Расчеты по уравнению (7) общего количества внешних факторов, в частности отклонений от правил эксплуатации и технического обслуживания (ТО) тракторов в реальных условиях эксплуатации, показывают, что при $b > 4$ резко ухудшается надежность работы агрегатов.

Наблюдения показывают, что во многих хозяйствах количество отклонений превышают расчетную норму, причем значительная часть отклонений характерна для ряда хозяйств. Это, прежде всего удлинение сроков между очередными операциями ТО, невыполнение правил обкатки, заправки тракторов неотстоявшимся топливом и т.д.

Для оценки влияния условий эксплуатации тракторов на их надежность был проведен в хозяйствах Харьковской, Полтавской и Сумской областях анализ рядовой эксплуатации тракторов и выявлены характерные отклонения от правил эксплуатации. Наблюдениями было охвачено 167 тракторов (серии Т-150К, ХТЗ-160, ХТЗ-170 – 41 шт.; ЮМЗ, МТЗ различных модификаций – 126 шт.).

Анализ полученных материалов позволил установить:

- тракторы обкатываются 50 % времени, рекомендуемой инструкцией по эксплуатации (b_1);
- при дозаправке механизмов и смене масел вместо сортов масел, рекомендуемых инструкцией, применяются сорта, близкие по физико-химическим свойствам. Заменяются масла через периоды, примерно вдвое превышающие регламентируемые инструкцией (b_2);
- техническое обслуживание проводится в основном на открытых площадках трактористами хозяйств с удлинением сроков между очередными обслуживаниями (b_3);
- узлы, требующие ремонта, разбираются и ремонтируются без специальных монтажных и демонтажных приспособлений и инструмента (b_4);
- все виды креплений подтягиваются только в том случае, если по состоянию сопряжений их дальнейшая эксплуатация недопустима (b_5);
- периодически тракторы эксплуатируются с перегрузкой на всех передачах (b_6).

Таким образом, число внешних факторов, действующих на тракторный агрегат в реальных условиях эксплуатации, равно шести и превышает определенный по формуле (7) предел. В хозяйствах, в которых техобслуживание выполняется звеньями мастеров-наладчиков, число внешних факторов не превышает трех. Наиболее типичные для данных хозяйств отклонение от правил эксплуатации, вызванные невыполнением правил заправки тракторов маслами (b_2), ремонта (b_4) и работа 25 % времени с перегрузкой (b_6). На государственных и ведомственных испытаниях внешние факторы, воздействующие на агрегат, отсутствуют ($b = 0$).

При оценке надежности тракторов за основной показатель принята наработка на отказ $T_{cp} = \sum_{i=1}^n t_i / n(t)$, где t_i - время исправной работы i -го трактора между $(i-1)$ и i -м отказами (м.ч.), $n(t)$ - число отказов за время t (рис.2).

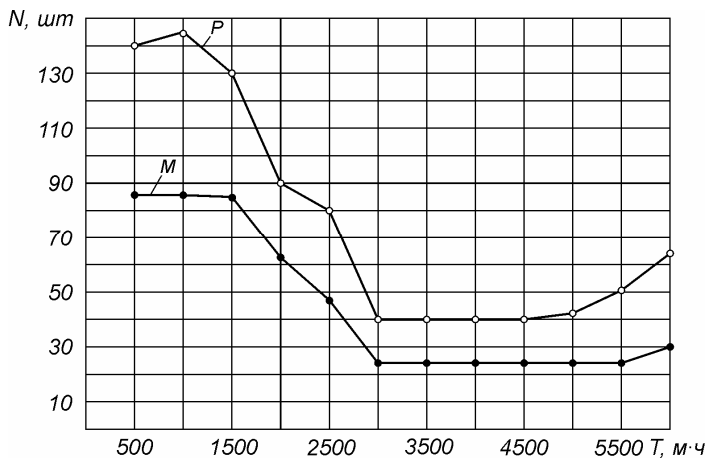


Рис.2. Динамика изменения количества отказов тракторов серии Т-150К в зависимости от наработки при техобслуживании звеньями мастеров-наладчиков (M) и при ТО в реальных условиях эксплуатации (P).

Таблица 1. Нарботка на отказ тракторов серии Т-150К в зависимости от условий эксплуатации.

Условия эксплуатации	Нарботка, м.ч					
	1000	2000	3000	4000	5000	6000
ТО мастерами-наладчиками	11,3	33,3	130,4	173,9	217,3	200,0
ТО в реальных условиях	7,46	22,2	75,0	100,0	119,0	97,0

В данной таблице приведены значения наработки на суммарное количество отказов первой, второй и третьей групп сложности, систематизированные в соответствии с действующей нормативной документацией [6,7,8]. Анализ распределения отказов в зависимости от наработки трактора показывает, что в начальный период эксплуатации при 1000 м.ч. работы отмечена наименьшая наработка на отказ, что объясняется в основном проявлением отказов первой группы сложности, устраняемых без разборки узлов агрегатов трактора. При наработке 5000 м.ч. отмечена максимальная наработка на отказ при ТО трактора мастерами-наладчиками, которая в 1,82 раза превышает наработку на отказ тракторов при ТО в реальных условиях эксплуатации.

При техническом обслуживании тракторов мастерами-наладчиками (м-н) существенно повышаются в сравнении с ТО в реальных условиях рядовой эксплуатации их эксплуатационные показатели и коэффициент технической готовности (табл.2) [7]:

$$K_z = R / R + t_g,$$

где R - ресурс трактора, t_g - время устранения отказов.

Таблица 2. Сравнительные показатели работы тракторов серии Т-150К в зависимости от срока службы и организация выполнения ТО

Показатели	Вариант ТО	Срок службы (лет) и значение показателей					
		до 4-х	5-6	7-8	9-11	12-14	15 и >
Годовая загрузка, час	<i>рядовой</i>	1083	991	795	645	544	421
	<i>м-н</i>	1261	1142	1050	948	895	881
Годовая выработка, у.э. га	<i>рядовой</i>	1502	1365	1042	880	785	535
	<i>м-н</i>	1724	1554	1368	1212	1154	984
Удельный расход топлива, кг/у.э. га	<i>рядовой</i>	8,35	8,74	9,06	10,05	11,08	11,64
	<i>м-н</i>	8,08	8,35	8,64	9,06	9,95	10,38
Коэффициент технической готовности	<i>рядовой</i>	0,55	0,40	0,30	0,22	0,19	0,17
	<i>м-н</i>	0,68	0,55	0,45	0,38	0,29	0,26

Анализ данной таблицы показывает, что с увеличением срока службы тракторов показатели их работы ухудшаются. Например, годовая выработка тракторов в реальных условиях эксплуатации снижается за 10 лет работы в 1,91 раза, расход топлива возрастает 1,39 раза. При этом коэффициент технической готовности уменьшается в 3,2 раза. При техническом обслуживании тракторов мастерами-наладчиками в сравнении с рядовой эксплуатацией возрастает годовая загрузка на 16...100 % и выработка на 14...83 %, повышается коэффициент технической готовности

на 23...53 %. Необходимо отметить, что с увеличением срока службы трактора эффект технического обслуживания возрастает. Например, для тракторов срока службы 7-8 лет, обслуживаемые мастерами-наладчиками, коэффициент технической готовности в сравнении с тракторами срока службы до 4-х лет уменьшается в 1,5 раза, а для тракторов срока службы 9-11 и 12-14 лет – в 1,3 раза. Данная закономерность сохраняется и для тракторов при ТО в рядовой эксплуатации. При ТО тракторов мастерами-наладчиками, при котором выполняется полнообъемное и качественное техническое обслуживание, снижается влияние срока службы тракторов на ресурс их безотказной работы. Например, тракторы срока службы 12-14 лет при ТО мастерами-наладчиками имеют примерно одинаковый коэффициент технической готовности в сравнении с тракторами срока службы 7-8 лет при ТО в рядовой эксплуатации.

Выводы:

1. Реальные условия эксплуатации тракторов имеют значительное отклонение от правил эксплуатации и технического обслуживания, определяемыми в основном невыполнением правил обкатки, заправки агрегатов и узлов маслами согласно инструкции, несоблюдением периодичности и объема технического обслуживания и т.д.

2. При техническом обслуживании тракторов мастерами-наладчиками снижается влияние срока службы на ресурс их безотказной работы. В данном случае тракторы срока службы 12-14 лет имеют примерно одинаковый коэффициент технической готовности в сравнении с тракторами срока службы 7-8 лет при ТО в рядовой эксплуатации.

Список использованных источников

1. Прогнозирование надежности тракторов / В.Я. Анилович. А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко, И.М. Чернявский / Под общ. ред. В.Я. Аниловича. – М.: Машиностроение, 1986. – 244с.

2. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов / В.М. Михлин, К.И. Диков, В.М. Стариков и др. / Под общ. ред. Н.Ф. Чухчина и В.М. Старикова. – М.: Машиностроение, 1982. – 256с.

3. Забродский В.М., Топилин Г.Е., Стопалов С.Г. Повышение безотказности тракторов. – К.: Урожай, 1985. – 272с.

4. Ленский А.В., Родов Е.Г., Шмарловский П.М. Типизация условий эксплуатации – основа формирования рационального парка машин // Вестник национальной академии наук Белоруссии. Серия аграрных наук. – 2007, №2. – с.88-95.

5. Калачин С.В. Прогнозирование эксплуатационных параметров

МТА с учетом его технического состояния // Тракторы и сельскохозяйственные машины, - 2008, №3. – с.30.

6. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 292с.

7. ГОСТ 27.503-87. Методы оценки показателей надежности. – Введ. 01.07.82. – 55с.

8. ДСТУ 2863-94. Программа обеспечения надежности. – Введ. 9.12.94. – 38с.

Анотація

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРА ПРИ ВІДХИЛЕННІ ВІД ПРАВИЛ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Лебедєв С.А., Вишняк В.Ю., Кот О.В.

Виконаний аналіз реальних умов експлуатації тракторів, оцінений вплив на технічну готовність тракторів організації виконання технічного обслуговування.

Abstract

AN ESTIMATION OF RELIABILITY OF TRACTOR IS AT DEVIATION FROM RULES OF EXPLOITATION

S. Lebedev, V. Vishnyak, A. Kot

The analysis of the real terms of exploitation of tractors is executed, influence on technical readiness of tractors of organization of implementation of technical service is appraised.