

ЧАСТИНА II. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА РЕМОНТНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ

УДК 631.372-19.001.5

НАДЕЖНОСТЬ ТРАКТОРОВ ПРИ ГРУППОВОМ ВЫПОЛНЕНИИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Лебедев А.Т.¹, д.т.н., проф.; Лебедева И.А.², с.н.с.

¹Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко;

²Харьковский филиал УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

Обоснована методология оценки надежности тракторов при групповой работе, базирующаяся на критерии потерь выработки, рассчитанной по соотношению интенсивностей отказов и восстановления работоспособности трактора.

Введение. Особенностью современного периода развития сельского хозяйства является его модернизация на основе технического переоснащения и эффективного использования средств механизации, в частности тракторов. На отдельных технологических операциях, например на вспашке, уборочных работах, наиболее эффективна групповая работа тракторов.

Анализ основных публикаций, исследований. Основные положения теории и практики групповой работы средств механизации развиты в работах [1, 2], в которых за критерий оптимальности приняты тягово-энергетические показатели машинно-тракторных агрегатов (МТА). Теория групповой работы технологического оборудования машиностроительного производства разработана в работе [3], основные положения которой использованы при оценке достоверности контроля функциональной точности и работоспособности трактора [4]. В работе [5] получены соотношения для расчета средней суммарной наработки группы тракторов с запасными элементами при их работе в течение случайного времени без учета и с учетом времени замены отказавшего элемента.

Особую актуальность имеют исследования по групповому выполнению средствами механизации агротехнологий при внедрении в сельскохозяйственное производство «разумного земледелия», при котором автоматизированные системы обрабатывают и сопоставляют не только параметры машины, но и данные о протекании технологического процесса [6]. В этом отношении особый интерес представляют разработки фирмы «AGCO GmbH Fendt», предложившей систему Guide Connect («виртуальную сцепку»), с помощью которой в поле за движущимся впереди трак-

тором следует второй трактор без водителя, управляемый по радиосвязи с помощью высокоточной техники на основе сигналов GPS (рис. 1).

Вопросы надежности тракторов при их групповой работе имеют первостепенное значение, поскольку при отказе одного, двух и т.д. тракторов нарушается эффективность работы всей группы.



Рис. 1. Использование системы Guide Connect при групповой работе тракторов

Цель исследования предусматривает обоснование методологии оценки эффективности работы группы тракторов при снижении их надежности.

Результаты исследований. При работе группы тракторов возможны их неисправности, при которых один, два и т.д. трактора не удовлетворяют хотя бы одному из требований нормативно-технической документации; и отказы, при которых нарушается их работоспособность. В соответствии с ГОСТ 27.002-89 (Надежность в технике. Термины и определения) к неисправностям будем относить повреждения, при которых сохраняется работоспособное состояние трактора, а к отказам – повреждения, при которых необходима остановка трактора на ремонт. Типичными неисправностями трактора являются износ в допустимых пределах трущихся деталей, например, дисков муфты сцепления, гидрораспределителя коробки передач, засорения фильтров и т.д., а отказами – изломы кронштейнов пружин и т.д., коробления дисков гидроподжимных муфт коробки передач и т.д.

Для решения данной задачи, например для трех тракторов серии ХТЗ-170, допустим, что надежность каждого трактора равнозначна, а при отказе одного из них надежность исправных тракторов не меняется. В этом случае граф переходов системы (рис. 2) имеет три основные позиции: 0 – все тракторы исправны; 1 – на одном тракторе имеются повреждения; 2 – на двух тракторах имеются повреждения; 3 – на всех трех тракторах имеются повреждения.

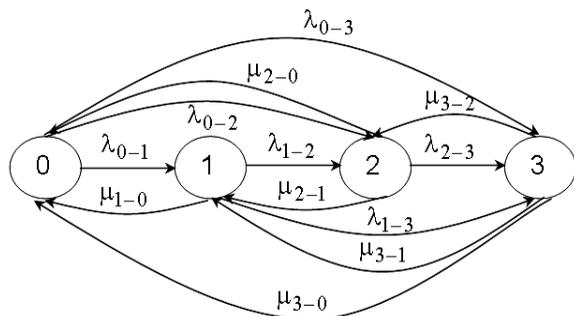


Рис.2. Граф переходов системы из трех тракторов: λ , μ – интенсивности неисправностей и восстановления работоспособности

Из состояния 0 возможен переход при наличии повреждения на одном тракторе с интенсивностью λ_{0-1} в состояние 1, либо в состояние 2 при одновременном повреждении двух тракторов с интенсивностью λ_{0-2} , либо в состояние 3 при одновременном повреждении трех тракторов с интенсивностью λ_{0-3} . Если же группа из трех тракторов выполняет технологический процесс, причем на одном из них определена неисправность, например наличие пены в гидробаке навесной системы, а два других трактора исправны, то возможны следующие состояния группы тракторов: неисправный трактор останавливается на техническое обслуживание, где устраняется неисправность с интенсивностью восстановления μ_{0-1} ; обнаруживается неисправность на втором тракторе (интенсивность λ_{1-2}), на двух тракторах одновременно (интенсивность λ_{1-3}). При наличии неисправностей на двух тракторах (состояние – 2) возможно либо один трактор остановить на техническое обслуживание, либо одновременно два трактора (соответственно интенсивности восстановления μ_{2-1} , μ_{2-0}). Из состояния 3 возможен переход либо в состояния 2, 1 при поочередном ремонте с интенсивностями восстановления μ_{3-2} и μ_{3-1} , либо в состояние 0 при одновременном ремонте всех тракторов с интенсивностью восстановления μ_{3-0} .

Обозначив через K – количество тракторов при групповой работе, в данном случае $K = 3$, и среднее время пребывания трактора в i -м состоянии через T_i , K ($i = 0, 1, 2, 3$), получим среднюю продолжительность пребывания трактора в одном из состояний при техническом обслуживании, в виде $\sum_{i=0}^K T_i$, $K, K = 0, 1, 2, 3$. Величины T_i, K легко определяются по графу переходов (рис. 2). При условии перехода тракторов в одно из последующих состояний, например из состояния 0 в состояние 1, 2, 3, время переходов является величиной обратной интенсивности повреждений, т.е. $T_{0,1} = T_{0,2} = T_{0,3} = 1/3\lambda$; а время перехода из каждого промежуточного состояния в последующее – обратно пропорционально интенсивности отказов исправных тракторов, т.е. $T_{1,2} = T_{1,3} = 1/2\lambda$, $T_{2,3} = 1/\lambda$. Время технического обслуживания, ремонта трактора обратно пропорционально интенсивности восстановления $T_{1,1} = 1/\mu$, в состоянии 2 при очередном ремонте одной бригадой – $T_{2,2} = 2/\mu$ и при ремонте двумя бригадами – $T_{2,2} = 3/2\mu$; в состоянии 3 аналогично: при ремонте одной бригадой – $T_{3,3} = 3/\mu$ и тремя бригадами – $T_{3,3} = \frac{4}{3}1/\mu$.

Обозначив потери выработки группы тракторов при пребывании их в одном из i -х состояний через $W_{i,k}$ и считая их пропорциональными времени пребывания трактора на ремонте ($T_{1,1}; T_{2,2}; T_{3,3}$), получим условия минимума потерь выработки при известных λ и μ ;

– при очередном ремонте и наличии неисправности на одном тракторе:

$$\frac{\lambda}{\mu} < \frac{W_1}{W_3 \left(1 - 3 \frac{W_1}{W_2}\right)};$$

на двух тракторах:

$$\frac{W_1}{W_3 \left(1 - 3 \frac{W_1}{W_2}\right)} < \frac{\lambda}{\mu} < \frac{5 \frac{W_2}{W_3} - 3 \frac{W_1}{W_3}}{7 + 3 \frac{W_1}{W_3} - 12 \frac{W_2}{W_3}};$$

на трех тракторах:

$$\frac{\lambda}{\mu} < \frac{5 \frac{W_2}{W_3} - 3 \frac{W_1}{W_3}}{7 + 3 \frac{W_1}{W_3} - 12 \frac{W_2}{W_3}};$$

– при одновременном ремонте двух тракторов и наличии повреждений на двух тракторах:

$$\frac{\lambda}{\mu} < \frac{W_1}{W_3 \left(2 - 3 \frac{W_2}{W_3} \right)};$$

– при одновременном ремонте трех тракторов и наличии повреждений на одном тракторе:

$$\frac{\lambda}{\mu} < \frac{3 \left(5 \frac{W_2}{W_3} - 3 \frac{W_1}{W_3} \right)}{22 + 3 \frac{W_1}{W_3} - 27 \frac{W_2}{W_3}}.$$

При выполнении данных неравенств останова одного из трех однотипных тракторов с известными интенсивностями отказов λ и восстановления μ обеспечивается минимум потерь выработки группы тракторов. Параметры λ и μ определяются на основе статистической обработки повреждений тракторов в рядовой эксплуатации, продолжительности их ремонта. В таблице 1 приведены показатели работы тракторов серии ХТЗ-170 при наработке в рядовой эксплуатации до 6000 м.ч., где b – количество неисправностей, T – трудоемкость устранения неисправности, Π – время простоя при устранении неисправности, t' – время наработки трактора на неисправность, T' – трудоемкость устранения одной неисправности, Π' – время простоя при устранении одной неисправности.

Таблица 1. Показатели работы тракторов серии ХТЗ-170 по агрегатам

Показатели	Системы					Всего
	ДВ	ТР	РУ	НС	ДС	
b	19,0	14,6	9,2	6,5	16,3	65,6
T , чел.ч	81,5	29,97	21,20	8,63	35,60	176,90
Π , ч.	487,7	61,50	29,0	18,7	89,3	686,2
t' , м.ч./1	158	206	326	460	184	45,8
T' , чел.ч./1	4,30	2,06	2,31	1,33	2,14	2,68
Π' , ч./1	25,60	4,20	3,16	2,88	5,46	10,50
λ , 1/ч.	$0,63 \cdot 10^{-2}$	$0,49 \cdot 10^{-2}$	$0,31 \cdot 10^{-2}$	$0,22 \cdot 10^{-2}$	$0,54 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
μ , 1/ч.	0,04	0,24	0,32	0,35	0,18	1,13
λ/μ	$16 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$0,6 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$1,95 \cdot 10^{-2}$

Примечания: ДВ – двигатель, ТР – трансмиссия, РУ – рулевое управление, НС – навесная система, ДС – другие системы.

Из таблицы 1 видно, что по интенсивности неисправностей λ и восстановления μ двигатель и его системы имеют худшие показатели в срав-

нении с другими агрегатами тракторов серии ХТЗ-170. Трудоемкость устранения одной неисправности по двигателю в 1,6 раза выше, чем средняя трудоемкость устранения неисправностей по трактору, а время простоя при устранении одной неисправности выше в 2,4 раза. Высока также трудоемкость устранения и время простоя при устранении неисправностей по агрегатам трансмиссии и рулевого управления. Анализ критерия λ/μ , при выполнении которого обеспечивается минимум потери выработки группы тракторов, позволяет сделать заключение, что только надежность НС и РУ не превышает среднее значение по трактору. Наибольшее влияние на снижение выработки группы тракторов оказывает пониженная надежность и повышенная трудоемкость устранения отказов двигателя.

Выводы. Методология оценки надежности группы тракторов предусматривает обоснование критерия минимума потерь выработки, определяемом по соотношению интенсивностей неисправностей и восстановления. Доказано, что наибольшее влияние на потерю выработки группы тракторов серии ХТЗ-170 при наработке 6000 м.ч. оказывает пониженная надежность двигателя.

Список использованных источников

1. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка [Текст] / С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
2. Агеев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов [Текст] / Л.Е. Агеев. – Л.: Колос, 1979. – 290 с.
3. Бородачев Н.А. Основные вопросы теории точности производства [Текст] / Н.А. Бородачев. – М.: АН СССР, 1969. – 412 с.
4. Лебедев А.Т. Оценка достоверности контроля функциональной точности и работоспособности трактора [Текст] / А.Т. Лебедев, И.А. Лебедева // Проблеми надійності машин та засобів механізації с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Х., 2012. – Вип. 128. – С. 226-232.
5. Королькова Л.И. Расчет средней суммарной наработки группы технических средств с запасными частями [Текст] / Л.И. Королькова, Г.С. Игнатъев // Тракторы и сельхозмашины. – М., 2009. – № 9. – С. 32-37.
6. Федоренко В.Ф. «Разумное земледелие» – стратегический вектор технической модернизации сельского хозяйства [Текст] / В.Ф. Федоренко // Техника и оборудование для села. – М., 2012. – № 1. – С. 9-12.

Анотація

НАДІЙНІСТЬ ТРАКТОРІВ ПРИ ГРУПОВОМУ ВИКОНАННІ АГРОТЕХНОЛОГІЙ В РОСЛИННИЦТВІ

А.Т. Лебедєв, І.А. Лебедєва

Обґрунтовано методологію оцінки надійності тракторів при груповій роботі, що базується на критерії втрат виробітку, розрахованих за співвідношенням інтенсивностей відмов і відновлення працездатності трактора.

Summary

RELIABILITY TRACTOR GROUP IMPLEMENTATION AGRICULTURAL TECHNOLOGIES IN CROP PRODUCTION

A. Lebedev, I. Lebedeva

Justified methodology for assessing the reliability of tractors in group work, based on the criteria of production losses, calculated by the ratio of the intensities of failures and disaster recovery tractor.