

УДК 629.114.2.032.001.1

ВЛИЯНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Полянский А.С., д.т.н., профессор

Дубинин Е.А., к.т.н.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Хворост А.Г., аспирант*

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства

Аннотация - оценены наиболее весомые факторы, влияющие на надежность гусеничных тракторов. Полученные результаты могут быть использованы для повышения их надежности при конструировании и производстве.

Ключевые слова – надежность, нагруженность, факторы влияния, гусеничный трактор.

Постановка проблемы. Повышение технического уровня и надежности гусеничных тракторов является актуальной проблемой. Одним из важнейших элементов гусеничного трактора является трансмиссия. Высокая нагруженность деталей трансмиссий гусеничных тракторов подтверждается данными об отказах и недостаточным ресурсом. Так, по данным эксплуатации, отказы трансмиссий, возникающие через 4-6 тысяч часов работы, составляют до 25% от общего числа отказов. В то же время современные трансмиссии энергонасыщенных машин должны иметь ресурс в пределах 14-16 тысяч часов до капитального ремонта.

Из опыта реальной эксплуатации известно, что для тракторной трансмиссии характерным является резкопеременный режим нагружения, обусловленный как сложными условиями эксплуатации, так и внутренними динамическими процессами, связанными с переменной жесткостью, деформациями и недостаточной точностью изготовления деталей. По мере эксплуатации нагруженность силовых элементов увеличивается.

Анализ последних достижений и публикаций. Обзор литературы показал, что в настоящее время проведено большое количество исследований по оценке нагруженности элементов машин [1-3]. В то же время актуальными являются исследования, направленные на более глубокое изучение факторов, влияющих на нагруженность силовых

© д.т.н., профессор А.С. Полянский, к.т.н. Дубинин Е.А.

*Научный руководитель -д.т.н., профессор А.С. Полянский

элементов трансмиссий, и разработка на этой базе научно-обоснованных методов и технических решений, позволяющих не только более достоверно учесть нагрузки при расчетах, но и разработать рекомендации, обеспечивающие снижение нагруженности и повышение эксплуатационных показателей трансмиссий.

Формулировка целей статьи. Целью исследования является повышение надежности гусеничного трактора на основе оценки и учета динамических процессов, происходящих во время его работы. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить наиболее весомые факторы и оценить их влияние на надежность силовых агрегатов гусеничных тракторов;
- **разработать рекомендации по снижению отрицательного влияния установленных факторов на надежность.**

Основная часть. Оценку влияния на надежность процессов, которые наблюдаются во время работы гусеничных тракторов, целесообразно начинать с определения вертикальных реакций на опорных катках гусеничных движителей. Наиболее полно учесть все разнообразие факторов позволяют вероятностные методы.

На рисунке 1 приведена расчетная схема сил, действующая на опорные катки гусеничного движителя. На указанном рисунке показаны суммарные вероятностные реакции поверхности, приходящиеся на каждую пару симметрично расположенных опорных катков.

Неравномерность распределения вертикальных реакций между катками определяется многими случайными факторами, строго детерминировать которые сложно. Результатом является смещение линии действия суммарной вертикальной реакции на опорные катки относительно линии действия силы тяжести, приложенной в центре масс машины.

Вероятностный метод определения нагрузки на опорные катки заключается в том, что определяют максимально и минимально возможные величины указанной нагрузки, а затем их усредняют, находя оценку математического ожидания.

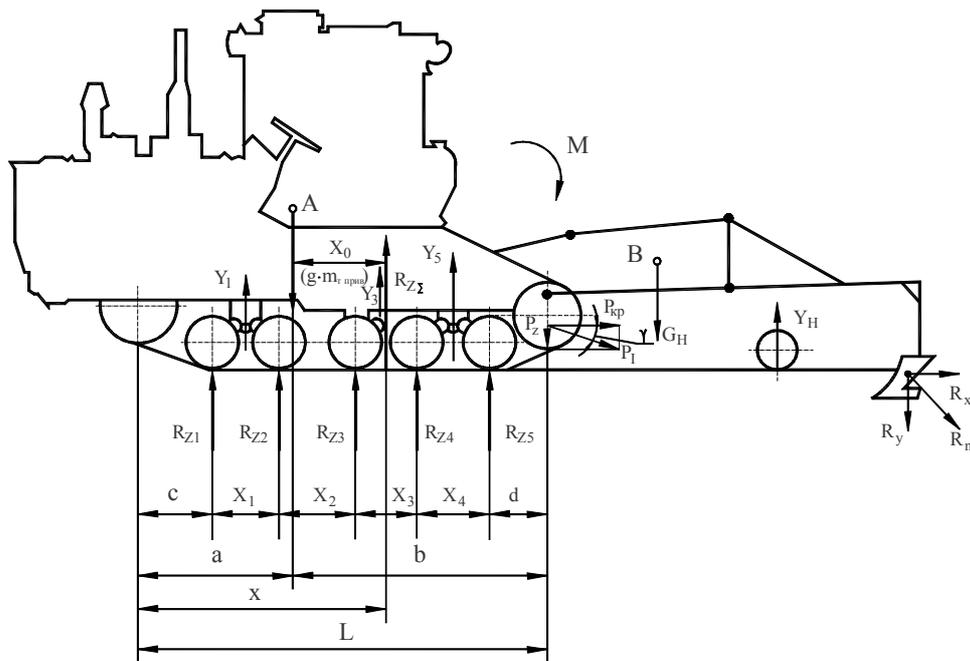


Рис.1. Расчетная схема сил, действующих на ходовую часть трактора

Допуская, что вероятностное распределение величин нагрузок на катки подчиняется нормальному закону, находят среднее квадратическое отклонение как одну шестую разности между максимально и минимально возможными значениями нагрузок [4]. При этом при работе гусеничного трактора с плугом возникает опрокидывающий момент, вызывающий перераспределение вертикальных реакций между бортами, что также следует учитывать при расчетах.

Полученные зависимости [5] позволяют определить среднее значение вертикальной нагрузки на каждый опорный каток гусеничного движителя и ее рассеяние в зависимости от величины смещения линии действия суммарной вертикальной реакции относительно проекции центра масс трактора на опорную плоскость. Проведенные исследования позволили обосновать зависимости крутящих моментов на ведущих колесах гусеничного трактора от перераспределения нормальных реакций гусеницы под опорными катками, подтвержденные экспериментально при оценке неравномерности распределения нагрузок по бортам трактора Т-150-09 при агрегатировании с плугом [6].

Исследования позволили определить, что элементы силовой передачи правого борта трактора Т-150-09 при агрегатировании с плугами нагружены в 1,3...1,5 раза выше, чем левого при повышении динамической составляющей нагрузки на 6...8%; соотношение динамической и статической составляющих нагрузки элементов силовой передачи левого борта выше, по сравнению с правым бортом, на 4...10%. Такая неравномерность отрицательно сказывается на надежности силовой

передачи гусеничного трактора и может привести к возникновению аварийных отказов при его эксплуатации.

Анализ работы гусеничного трактора различных режимах (трогание, переключение передач) показал, что:

- при плавном трогании гусеничного трактора Т-150-09 без тяговой нагрузки отмечена резонансная зона крутильных колебаний на валу муфты сцепления. При трогании трактора с плугом элементы силовой передачи перегружены в среднем в 1,5...2,35 раза [7]. При экспериментальных исследованиях трактора Т-150-09 на пахотных работах отмечены при трогании с места перегрузки элементов трансмиссии, являющиеся в основном следствием резонансных частот элементов силовой передачи (табл. 1).

- при переключении с низшей на высшую передачу гусеничной машины с тяговой нагрузкой отмечен колебательный переходной процесс, при котором все элементы трансмиссии перегружены в 1,4...2,3 раза. При переключении с высшей на низшую передачу отмечены кратковременные отрицательные крутящие моменты, не превышающие по своей величине среднего момента при установившемся движении машины [8].

Отмеченные перегрузки также могут привести к возникновению аварийных отказов при эксплуатации гусеничного трактора.

Таблица 1 - Перегрузки в элементах силовой передачи трактора Т-150-09 при агрегатировании с плугом ПЛН-5-35

Параметр	Глубина заглабления плуга		
	h = 25...27 см	h = 27...30 см	плуг выглублен
Вал муфты сцепления			
M_{max} , Н·м	1200	1320	700
K_n	1,69	1,85	0,98
Кардан левый			
M_{max} , Н·м	710	960	400
K_n	1,52	2,1	0,86
Кардан правый			
M_{max} , Н·м	900	1070	700
K_n	1,92	2,24	1,50
Полуось левая			
M_{max} , Н·м	3418	4778	2010
K_n	1,64	2,35	0,98
Полуось правая			
M_{max} , Н·м	3950	4410	3160
K_n	1,90	2,13	1,51

M_{max} – максимальное значение момента; $K_n = M_{max} / M_n$ – коэффициент перегрузки; M_n – средний крутящий момент при номинальной мощности

При анализе нагруженности элементов машин также необходимо

учитывать прозрачность силовой передачи к низкочастотным возмущающим воздействиям. Установлено, что трансмиссия трактора Т-150К-09 при агрегатировании с плугом как динамическая система не обладает фильтрующими свойствами и «прозрачна» для низкочастотных колебаний в полосе частот менее 5 Гц [9]. Можно утверждать, что движения остова трактора при его движении по неровностям и колебания тягового сопротивления от плуга передаются через силовую передачу на вал муфты сцепления двигателя, что отрицательно сказывается на надежности всех элементов, входящих в эту цепочку.

Проведенные исследования позволили выделить наиболее весомые факторы, влияющие на надежность силовых агрегатов гусеничных тракторов. Результаты представлены на рис.2.



Рис.2. Факторы, влияющие на надежность силовых агрегатов гусеничных тракторов

Исходя из проведенного анализа, разработаны рекомендации по снижению отрицательного влияния установленных факторов (на примере резонансных воздействий при трогании с места) на надежность отечественных гусеничных тракторов Т-150-09:

- изменить жесткости элементов муфты сцепления и валов трансмиссии;
- изменить моменты инерции масс (от коробки передач до главной передачи), либо жесткости валопроводов от ДВС до конечной передачи;
- изменить моменты инерции ведомых элементов муфты сцепления и карданного вала, либо жесткости связи на участке двигатель-муфта сцепления;
- уменьшить жесткости валов коробки передач, либо увеличить жесткости участков трансмиссии от конечной передачи до ведущего колеса.

Выводы. Определены наиболее весомые факторы (неравномерное распределение крутящих моментов по бортам, динамическая нагруженность при различных режимах движения, прозрачность силовой

передачи к возмущающим воздействиям) и оценено их влияние на надежность силовых агрегатов гусеничных тракторов. Разработаны рекомендации по снижению отрицательного влияния установленных факторов на надежность.

Литература.

1. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / Подригало М.А., Волков В.П., Карпенко Ц.А., Тедович Е.М., Бобошко А.А., Ефимчук В.М., Мантырин А.Н. / под редакцией М.А. Подригало – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. – 614с.
2. Підвищення ефективності функціонування мобільного сільськогосподарського агрегату шляхом поліпшення його динамічних параметрів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / М.Я. Хандрос; Нац. аграр. ун-т. – К., 1999. – 21 с.
3. Повышение эффективности колесных и гусеничных машин совершенствованием и стабилизацией характеристик моторно-трансмиссионных установок: Автореф. дисс... д-ра техн. наук: 05.04.02, 05.05.03 / Б.Л. Арав; – Челябинск, 2005. – 428 с.
4. Дубинин Е.А. Определение вертикальных реакций на опорных катках гусеничных движителей вероятностным методом /Е.А. Дубинин, А.С. Полянский, А.Г. Хворост // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць, Вип. 75.- Т. 1. – Харків, 2008. – С. 323-328.
5. Дубинин Е.А. Оценка нагруженности катков с учетом перераспределения вертикальной нагрузки между бортами гусеничного трактора/Е.А. Дубинин, А.С. Полянский, А.Г. Хворост // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: зб. наук. праць, Вип. 80. – Харків, 2009. – С. 79-86.
6. Полянский А.С. Неравномерное распределение крутящего момента в элементах гусеничного трактора при агрегатировании с плугом /А.С. Полянский, С.А. Лебедев, А.Г. Хворост // Сб. научн. трудов ТДАТУ, Вып. 9. - Т.1. – Мелитополь, 2009. – С. 96-102.
7. Полянский А.С. Динамическая нагруженность силовой передачи тяговой гусеничной машины при трогании с места/ А.С. Полянский, А.Г. Хворост // Сб. научн. трудов. Системы обработки информации ХУ ПС. – Харьков, 2009. – С. 105-109.
8. Полянский А.С. Динамическая нагруженность трансмиссии тяговой гусеничной машины при переключении передач/А.С. Полянский, А.Г. Хворост // Сб. научн. трудов. Системы управления, навигации и связи, Вып. 1 (9), Т.1. – 2009. – С. 129-132.
9. Полянский А.С. Прозрачность силовой передачи гусеничного трактора к низкочастотным возмущающим воздействиям/ А.С. Полянский, Е.А. Дубинин, А.Г. Хворост//Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічний

сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: зб. наук. праць.- Вип. 77. – Харків, 2009. – С. 371-374.

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ НА НАДІЙНІСТЬ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

Полянський О.С., Дубінін Є.О., Хворост О.Г.

Анотація

Оцінені найбільш вагомі фактори, які впливають на надійність гусеничних тракторів. Отримані результати можуть бути використані для підвищення їхньої надійності при конструюванні та виробництві.

INFLUENCE OF THE ELEMENTS LOAD ON CATERPILLAR MACHINES RELIABILITY

E. Dubinin, A. Poljansky, A. Khvorost

Summary

The most weighty factors wich influencing upon the caterpillar tractors reliability are evaluated. The got results can be used for increasing of their reliability under construction and production.