

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВКИ СТЕРЖНЕВОГО КАРДАННОГО ВАЛА В ТРАНСМИССИЮ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

Чернявский И.С., к.т.н., Дю Ин Ю, к.т.н., Травкин И.В.

Харьковский тракторный завод

Приведены результаты исследования эффективности установки на гусеничных тракторах ХТЗ стержневых карданных валов пониженной жесткости

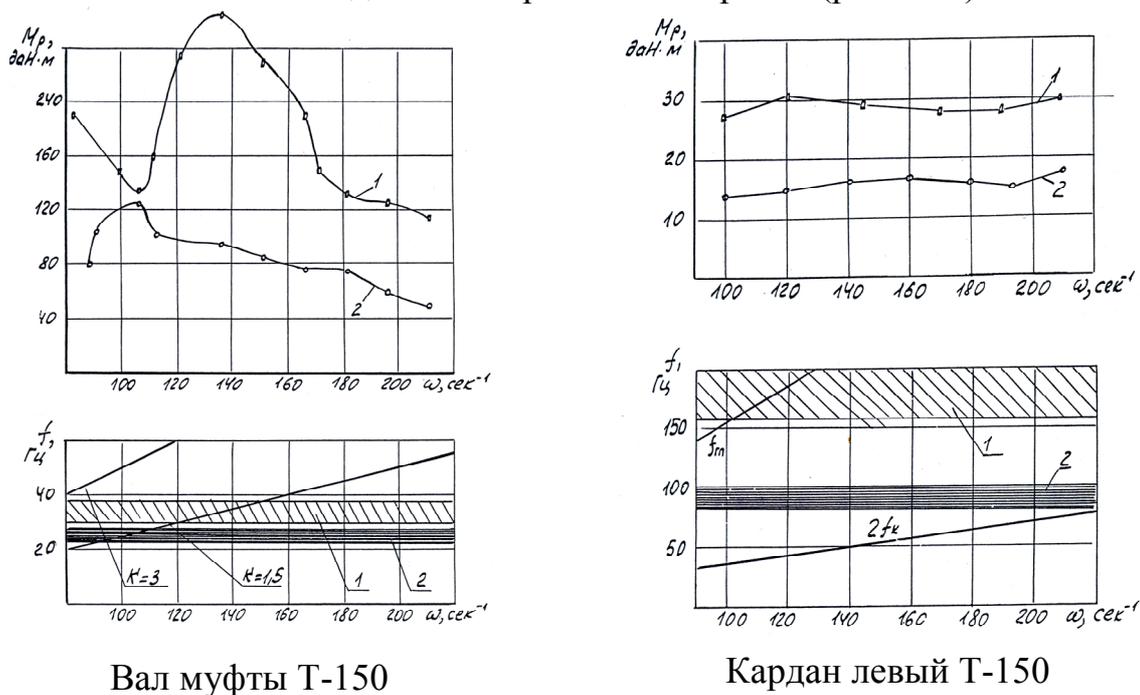
Конструкция трансмиссии трактора Т-150 предопределяет наличие спектров возмущающих частот от главных и карданных передач. В рабочем диапазоне оборотов 1500-2000 об/мин. эти спектры находятся в пределах:

- спектр главных передач $127 \div 340$ Гц;
- спектр карданных передач $28,2 \div 75,6$ Гц.

Трансмиссия трактора Т-150 предопределяет наличие 3-й собственной частоты система, которая при установке трубчатого кардана ($89 \times 3,5$) находится в пределах 160–170 Гц., а при установке стержневого кардана ($\varnothing 40$) $98 \div 103$ Гц.

Сопоставление возмущающих и собственных частот показывает, что:

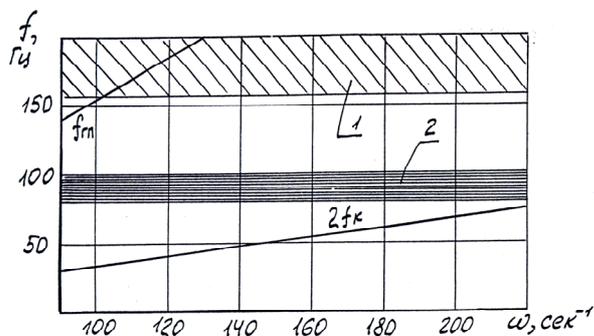
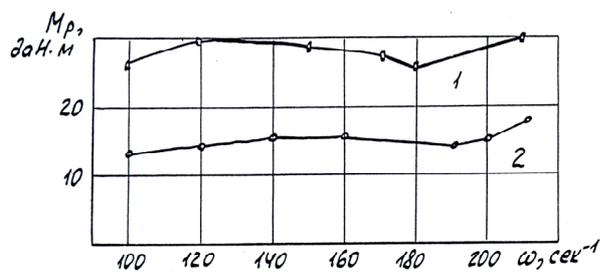
- а) при установке трубчатого кардана $\varnothing 89 \times 3,5$ в рабочем диапазоне оборотов возможны резонансные колебания, обусловленные совпадением собственной частоты системы с частотой возмущения главных передач;
- б) при установке стержневого кардана $\varnothing 40$ исключается возможность резонансных колебаний в диапазоне рабочих оборотов (рис. 1÷3).



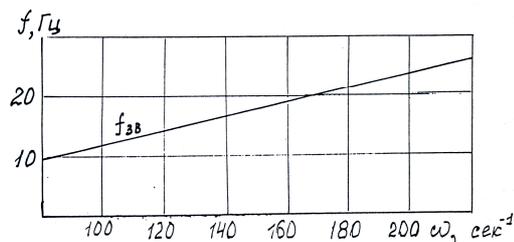
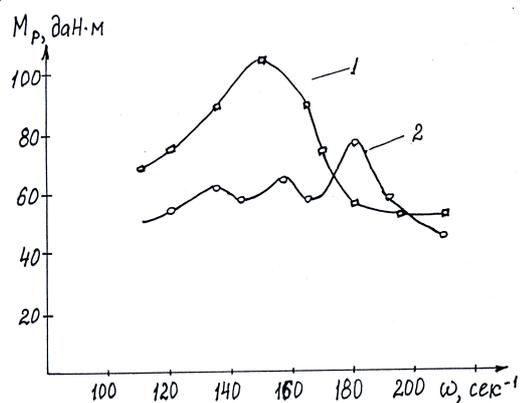
Вал муфты Т-150

Кардан левый Т-150

Рис. 1



Кардан правый Т-150



Полуось левая Т-150

Рис. 2

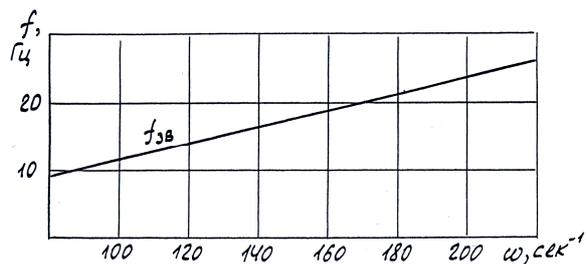
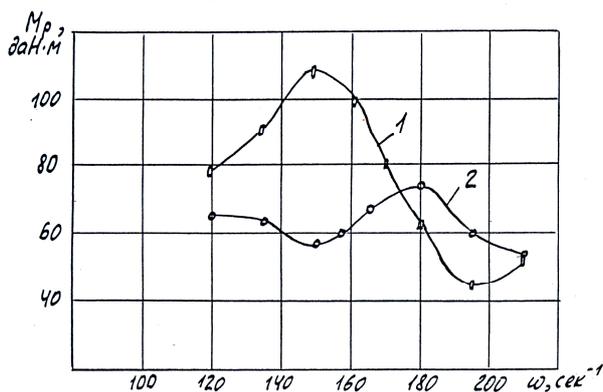


Рис.3. Полуось левая Т-150

Критическое число оборотов стержневого карданного вала определяется по следующей зависимости:

$$n_{кр} = 1,22 \cdot 10^7 \cdot \frac{d}{l^2},$$

где d – диаметр вала; l – длина вала между карданными шарнирами, см.

Так, для стержневого карданного вала в сборе с карданными головками имеем: $l = 95,4$ см; $d = 4,0$ см;

$$n_{кр} = 1,22 \cdot 10^7 \cdot \frac{4}{95,4^2} = 5350 \text{ об/мин.}$$

Отношение критических оборотов реальной карданной передачи к теоретическим можно считать [1, 2] равным 0,8. Скорость движения трактора Т-150, опасная по критическим оборотам, определяется выражением

$$V_{кр} = V_{VIII} \frac{0,5n_{кр}}{n_{кар}} = 15,9 \frac{0,8 \cdot 5350}{2270} = 30 \text{ км/ч,}$$

где $n_{кар}$ – число оборотов карданного вала на VIII-ой рабочей передаче при движении трактора со скоростью V_{VIII} .

Допустимая скорость движения трактора Т-150 по критическим оборотам карданной передачи

$$(V_{кр})_{дон} = 0,75V_{кр} = 0,75 \cdot 30 = 22,5 \text{ км/ч.}$$

Прочность стержневого карданного вала оценивается по максимальному крутящему моменту, возникающему при резком разгоне трактора с поворотом. Согласно экспериментальным данным

$$(M_{кр})_{max} = 1940 \text{ Н·см.}$$

Этому моменту соответствует напряжение кручения стержневого карданного вала:

$$(\tau_{кр})_{max} = 154 \text{ МПа.}$$

Согласно экспериментальным данным, максимальное напряжение кручения, соответствующее пределу текучести стержневого карданного вала, равно:

$$(\tau_{кр})_{max} = 340 \text{ МПа.}$$

Запас по пределу текучести:

$$n_{\tau}^{min} = \frac{(\tau_m)_{max}}{(\tau_{кр})_{max}} = \frac{340}{154} = 2,2.$$

При установке трубчатого карданного вала 89×3,5, крутящие моменты, передаваемые карданной передачей, имеют ярко выраженный колебательный характер с наличием резонансных зон в рабочем диапазоне оборотов. Экспериментальное значение собственной частоты колебаний 160 Гц. Главным источником колебаний является частота пересопряжения зубьев главных передач на передачах I–VI, на передачах VII и VIII проявляется частота возмущения от карданных передач.

При установке стержневого кардана $\varnothing 40$ резонансных зон колебаний от пересопряжения зубьев главных передач не обнаружено. Экспериментальное значение собственной частоты колебаний 100 – 110 Гц. Колебания, обусловленные пересопряжением зубьев главных передач, незначительны. На VII и VIII передачах проявляются колебания с частотой возмущения карданных передач. Размахи высокочастотных колебаний снизились примерно в 2 раза на рабочих передачах и в 1,5 раза на транспортных. При развороте вилок кардана, с обеспечением оптимального угла разворота, обеспечивается дополнительное снижение размахов высокочастотных колебаний на транспортных передачах в 2 раза.

Экспериментальное исследование критических оборотов производилось на заводском полигоне на тракторе Т-150 при буксировке его трактором Т-150К. При скорости $V = 30$ км/ч произошло разрушение карданных передач с изгибом стержневых валов.

При транспортировке трактора Т-150 на жесткой сцепке колесным трактором Т-150К в течение 30 мин. на каждой из скоростей 16; 20; 25 и 26,7 км/ч. замечаний по карданным передачам не было. Нагрев крестовин до 25°C .

Экспериментальное исследование прочности стержневых карданных валов производилось на заводском полигоне и включало в себе:

- а) разгон без прицепа на VIII передаче до максимальной скорости, а затем резкое торможение с предварительным выключением муфты главного сцепления;
- б) разгон с гусеничным прицепом до максимальной скорости, а затем резкое торможение с предварительным выключением муфты главного сцепления;
- в) буксировка на жесткой сцепке колесным трактором Т-150К и резкое торможение поезда трактором Т-150 на каждой из скоростей 16; 20; 25 и 26,7 км/ч.

Каждый опыт повторялся десятикратно. Замечаний по состоянию карданных передач не было температура нагрева крестовин во всех случаях не превышала 25°C .

Карданные передачи перспективных гусеничных тракторов [3]

Параметр	Т-150	ХТЗ-180	ХТЗ-200
Диаметр вала, мм	40	48	40
Длина вала (с карданными головками)	954	1204	782
Рабочая длина вала	615	865	443
Жесткость вала без шарниров кг·см/рад.	$3,27 \cdot 10^5$	$4,82 \cdot 10^5$	$4,53 \cdot 10^5$
Жесткость карданной передачи (с шарнирами)	$2,23 \cdot 10^5$	$2,85 \cdot 10^5$	$2,75 \cdot 10^5$

Фиксировались также поперечные колебания стержневого карданного вала $\varnothing 40$ тензометрированием. Определяющая частота – частота, соответствующая оборотам кардана. Максимальные напряжения изгиба карданного ва-

ла: ± 35 МПа. При уменьшении диаметра карданного вала до $\varnothing 32$ максимальные напряжения изгиба достигли: ± 70 МПа.

У трактора ХТЗ-180 критическая частота вращения вала

$$n_{кр} = 1,22 \cdot 10^7 \frac{d}{l^2} = 1,22 \cdot 10^7 \frac{4,8}{120,4^2} = 4040 \text{ об/мин.}$$

Действительные обороты – $0,75 n_{кр}$.

Максимальная частота вращения карданной передачи на 3 передаче III диапазоне $n_{кр} = 2222$ об/мин.

Запас по критическим оборотам

$$\frac{3030}{2222} = 1,363.$$

Возмущающие частоты в зоне 1600-2000 об/мин. (гармоники 1,3)

$$f_{\kappa}^{\partial\delta} = 1; f_{кард} = 26,7 \div 33,3 \text{ Гц};$$

$$f_{\kappa}^{\partial\delta} = 3; f_{кард} = 79,9 \div 100 \text{ Гц};$$

$$f_{зв} = 7,8 \div 25,4 \text{ Гц.}$$

Эксплуатационные испытания карданных передач пониженной жесткости на тракторе Т-150 выявили следующее.

Испытываемые карданные передачи последовательно устанавливались на тракторе Т-150 №34, проходящим ведомственные испытания в ОНИС НАТИ на различных с/х работах и транспортных работах в условиях рядовой эксплуатации. В ходе испытаний периодически проверялось состояние подшипниковых узлов кардана.

Трактор отработал 6126 мото-часов. За 2126 мото-часов работы с трубчатыми карданами было зарегистрировано 7 случаев разрушения крестовин, а при работе с карданами пониженной жесткости (стержневыми) в течении 4000 часов – 3 случая.

Таким образом, наработка на отказ крестовин трубчатого кардана составила 940 - 1575 мото-часов, а кардана пониженной жесткости 2296 – 3100 мото-часов. Других неисправностей в работе не наблюдалось. По удобству обслуживания трубчатые карданы и карданы пониженной жесткости равноценны.

По результатам эксплуатационных испытаний рекомендовано устанавливать на тракторе Т-150 карданные передачи с стержневыми валами $\varnothing 40$ с развернутыми вилками (правого кардана со смещением от вертикальной оси на 105° , левого на 22°).

Выводы

1. Установка стержневого карданного вала $\varnothing 40$ исключает возможность резонансных колебаний в диапазоне рабочих оборотов на тракторе Т-150.

2. Прочность стержневого карданного вала достаточна.
3. Скорость движения трактора Т-150, опасная по критическим оборотам карданных передач, равна 30 км/ч.
4. Длительная эксплуатация 100 тысяч тракторов Т-150 в различных сельскохозяйственных зонах и на транспорте стран СНГ подтвердили выводы результатов научно-исследовательских работ ХТЗ.

Список использованных источников

1. Чернявский И.С., Дю Ин Ю, Травкин И.В. Выбор параметров трансмиссии по её динамической нагруженности. Механизация и электрификация соц. с/х, №7, 1979 г.
2. Годоров П.П., Библик В.В., Гудзь С.П., Абдула С.Л., Чернявский И.С. Разработка и освоение производства унифицированных трансмиссий тракторов ОАО ХТЗ. Журнал Академии инженерных наук Украины №2, 2001.
3. Чернявский И.С. Памяти Генерального Конструктора ХТЗ Б.П. Кашубы. Вестник ХНТУСХ, №114, Харьков, 2011.

Анотація

ЕФЕКТИВНІСТЬ УСТАНОВКИ СТРИЖНЬОВОГО КАРДАННОГО ВАЛУ В ТРАНСМІСІЮ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА

Чернявський І.С., Дю Ін Ю, Травкін І.В.

Приведені результати дослідження ефективності установки на гусеничних тракторах ХТЗ стрижньових карданних валів зниженої жорсткості.

Abstract

EFFICIENCY OF SETTING OF BAR CARDAN BILLOW IN TRANSMISSION OF CATERPILLAR TRACTOR

Chernyavskiy I.S., Dyu In Yu, Travkin I.V.

The results of research of efficiency of setting on the caterpillar tractors of the HTZ bar cardan billows of the lowered inflexibility are resulted.