

И.В.ТРАВКИН, В.Д.ВЕЛИЧКО, Е.И.ЛЕВИНСОН, инж. Харьков, ОАО «ХТЗ».

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМУФТЫ НА НАГРУЗКИ ТРАКТОРНОЙ ТРАНСМИССИИ

В соответствии с планом повышения технического уровня тракторов, выпускаемых ОАО «Харьковский тракторный завод» проведены исследования эффективности применения гидродинамической муфты ГПН-400Т производства ПСК «Прогресс» на тракторе Т-151К-08, вместо фрикционной муфты сцепления, с точки зрения снижения динамической нагруженности трансмиссии.

В качестве оценочных параметров были приняты: уровень циклических нагрузок и пиковые значения крутящего момента на валу гидромфты трактора.

Измерения циклических нагрузок проводились на всех передачах второго (рабочего) и третьего (транспортного) диапазонов КПШ при полной подаче топлива. Фон испытаний – асфальтированная дорога. Путем плавного увеличения нагрузки на крюке испытываемого трактора достигали снижения частоты вращения коленвала двигателя от максимального значения до частоты $n_{\text{ог}} \geq 1700$ об/мин. При дальнейшем росте нагрузки резко возрастало скольжение гидромфты, и частота вращения коленвала двигателя практически не изменялась. Поэтому, при сохранении постоянного уровня усилия на крюке, плавно уменьшали подачу топлива в дизель, добиваясь снижения $n_{\text{ог}} < 1700$ об/мин.

Анализ зафиксированных на осциллограммах процессов протекания крутящего момента на валу гидромфты показал, что его изменение во времени носит сложный колебательных характер при наличии нескольких составляющих, возбуждаемых гармониками двигателя порядка от $K=1$ до $K=4$ включительно. Результаты обработки экспериментальной информации,

оформленные в виде графиков зависимости максимальных размахов крутящего момента M_p от частоты вращения n коленвала двигателя, представлены на рис.1.

Для сравнения там же приведены аналогичные зависимости для трактора Т-150К с гасителем крутильных колебаний пружинно-фрикционного типа.

Известно [1] что для трактора Т-150К с фрикционной муфтой сцепления и гасителем колебаний определяющей на валу муфты является полуторная гармоническая составляющая $K=1,5$ крутящего момента двигателя.

В спектре крутящего момента на валу гидромуфты полуторная гармоника $K=1,5$ отсутствует на всех передачах, то есть гидромуфта ее отфильтровала [2].

При движении трактора на передачах рабочего диапазона можно прогнозировать существование двух собственных частот крутильно-колебательной системы трансмиссии, собственные формы которых имеют узел на валу гидромуфты: $f_1= 80...100$ Гц и $f_2=130...140$ Гц. Наличие этих собственных частот подтверждается также расчетным анализом динамической модели. Вынужденные колебания формируемые частотой f_1 и гармонической составляющей $K=3$ возмущающего момента двигателя определяют, в основном уровень динамических нагрузок вала гидромуфты при работе на номинальных и близких к нему скоростных режимах работы двигателя $n_{дв}$.

При $n_{дв}$ близкой к максимальной частоте холостого хода вынужденные колебания крутящего момента являются суммой колебательных процессов, возбуждаемых гармониками двигателя $K=1$ и $K=2$.

Резонансные колебания с частотой f_2 имеют место при $n_{дв}$, близких к режиму максимального крутящего момента и проявляются при повышенном скольжении гидромуфты $S>30\%$, которое не свойственно для установившегося рабочего процесса.

При движении на передачах транспортного диапазона значения резонирующей собственной частоты понизилось до $f_I=70\dots80$ Гц. Это является следствием того факта, что приведенный момент инерции масс, находящихся за КПП, на передачах третьего диапазона больше чем второго.

Определяющими в спектре крутящего момента на валу гидромуфты транспортного диапазона КПП при работе двигателя на регуляторной ветви характеристики $n \geq 2100$ об/мин являются колебания с частотой гармоник двигателя $K=1$; $K=2$. При этом, вклад гармоники $K=2$ увеличивается при увеличении $n_{\text{дв}}$, так как частота колебаний, возбуждаемых этой гармоникой, приближается к собственной частоте f_I системы.

Резонансные колебаний с частотой $f_I=70\dots80$ Гц, возбуждаемые гармоникой $K=3$ наблюдаются при $n_{\text{дв}} \approx 1500$ об/мин. т.е. примерно в зоне максимального крутящего момента при скольжении $S \geq 50\%$.

При большом скольжении гидромуфты (низкой частоте вращения первичного вала КПП) проявляется также высокочастотные резонансные колебания с частотой $f_2=300.350$ Гц Эти колебания возбуждаются шестерней первичного вала КПП, передающей крутящий момент на включенной передаче.

В целом гидромуфта ГПН-400Т обладает существенными фильтрующими свойствами. На графиках амплитудно-частотных характеристик крутящего момента на входе в КПП отсутствуют резонансные пики, кривые имеют пологий характер. Амплитуды резонансных колебаний от возмущающей гармоники двигателя $K=3$ в 3,4...4,1 раза ниже, чем при установке фрикционной главной МС с ведомыми дисками без гасителя крутильных колебаний. При наличии пружинно-фрикционного гасителя колебаний в ведомых дисках МС, уровень колебаний крутящего момента на входе в КПП в диапазоне частот вращения $n_{\text{дв}} \geq 1800$ обр/мин примерно одинаковый для обоих вариантов трансмиссии, как с гидромуфтой так и с серийной фрикционной МС.

Следует отметить, что возможности двигателя СМД-62 в плане

реализации режима максимального крутящего момента не могут быть использованы в полной мере без доработки гидромуфты. Из –за большого скольжения происходит перегрев гидромуфты, и срабатывает тепловая защита, разрывая поток мощности от двигателя к КПП.

Определение пиковых значений крутящего момента M_{max} осуществлялось на пахоте при резком трогании трактора с заглубленным плугом на 1 передаче II диапазона (II-1), и последовательном переключении передач под нагрузкой « с низшей на высшую» II-1 → II-2 → II-3, движении с плугом ПЛН-5-35 в транспортном положении по асфальтированной дороге и транспортировке груженого прицепа 1 ПТС-9.

Исследованиями установлено, что при «броске» педали реализуется резкое трогание с места при котором нарастание крутящего момента до максимального значения M_{max} происходит за время $t_n = 0,07...0,12$ сек. При трогании на 1 передаче второго диапазона (II-1) и $t_n = 0,12...0,28$ сек при трогании на III-1 передаче. Величина пиковых нагрузок при начальной частоте вращения коленвала двигателя $n_{xx} \geq 1700$ об/мин мало зависит от массы агрегируемой с трактором сельхозмашины (орудия) и передачи КПП, на которой осуществляется резкое трогание.

В то же время увеличение n_{xx} с 1700 до 2280 об/мин приводит к увеличению M_{max} в среднем на 24%. При установке фрикционной главной МС зависимость M_{max} от n_{xx} имеет аналогичный характер. Наибольшее значение крутящего момента зафиксированное в режиме резкого трогания МТА с места на валу гидромуфты достигает $M_{max} = 146$ даНм, при трогании на фрикционной главной МС $M_{max} = 160$ даНм.

Положительный эффект снижения M_{max} достигаемый установкой гидромуфты, тем больше, чем выше статический коэффициент запаса β главной МС. При изменении β от $\beta_{min} = 2,45$ до $\beta_{max} = 3,5$ уменьшение M_{max} при резком трогании с места составляет от 10...37%. Это подтверждается результатами как расчетного анализа, так и полевых испытаний.

При пахоте стерни плугом ПЛН-5-35 значение пикового момента на

валу гидромфты при последовательном переключении передач «с низшей на высшую» под нагрузкой практически совпадают со значениями, полученными при резком трогании на стерне. При этом величины M_{max} на 16...19% меньше, чем в случае установки фрикционной главной МС, когда пиковые нагрузки могут достигать $M_{max}=160$ даНм.

При движении с груженым прицепом 1 ПТС-9 пиковые нагрузки на валу гидромфты в режиме последовательного переключения передач III диапазона с «с низшей на высшую» в среднем 1,16 раза ниже, чем на пахоте при переключении передач II диапазона.

В сравнении с вариантом фрикционной главной МС, значения M_{max} при установке гидромфты снижаются в режиме переключения передач при движении с прицепом на $23\div 53$ даНм, или в процентном отношении на 17...34%.

При переключении передач с первой на четвертую, без задержки на промежуточных второй и третьей передачах установлено, что значения M_{max} мало зависят от массы транспортируемого трактором с/х орудия и диапазона КПП. Различия уровня пиковых значений, в среднем, не превышает 10%. Диапазон изменения $M_{max}=135...157$ даНм, т.е. практически соответствует уровню пиковых нагрузок при последовательном переключении передач в серийном варианте трансмиссии с фрикционной главной МС.

При экстремальном переключении передач с высшей на низшую $4\rightarrow 1$ пиковые крутящие моменты на валу гидромфты 1,3...2 раза меньше, чем при переключении передач с низшей на высшую $1\rightarrow 4$. Наибольшие по абсолютной величине отрицательные значения крутящего момента $M_{max} = -118$ даНм.

Таким образом установка гидромфты ГПН 400Т вместо фрикционной главной МС обеспечивает снижение пиковых нагрузок в трансмиссии трактора Т-151К-08 в режимах резкого трогания с места и переключения передач на 10...37%.

Дополнительное снижение уровня крутильных колебаний на валу

гидромуфты при установившихся режимах движения трактора может быть достигнуто путем отстройки силовой передачи от резонансов, вызываемых гармоническими составляющими крутящего момента двигателя $K=2$ и $K=3$ в рабочем диапазоне частот вращения.

Список литературы: 1. *Лапшин С.А.* Тракторы и сельхозмашины 1980, № 7. Экспериментальный метод динамического анализа трансмиссии.
2. *Гавриленко Б.А., Семичастнов И.Ф.* Гидродинамические муфты и трансформаторы. М. Машиностроение 1969.