

УДК 94:621.817(477) 20/21  
UDC 94:621.817(477)20/21

## ЭЛАСТИЧНЫЙ ПРИВОД КОЛЕС ХОДОВЫХ СИСТЕМ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СНИЖЕНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

### FLEXIBLE WHEEL DRIVE IS AN EFFECTIVE METHOD OF REDUCING THE LOAD ON THE DRIVE TRAINS OF MOBILE MACHINES

Скойбеда А.Т., Николаенко В.Л., Бандюкевич А.А., Куранова О.В.  
Skoybeda A.T., Nikolayenko V.L., Bandyukevich A., Kuranova O.V

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация.* Изобретение относится к транспортному машиностроению, и может использоваться в трансмиссиях технологических самоходных машин типа, например, тракторов. Цель изобретения состоит в увеличении производительности, повышении надёжности, экономичности и расширении технологических возможностей.

*Summary.* The invention relates to transport engineering, and can be in transmissions of technological self-propelled machines such as tractors. The purpose of the invention is to increase productivity, improve reliability, economy and expand technological capabilities.

Существует два типа нагрузок: переменные и постоянные. Переменные вызываются ускоренным движением машинно-тракторного агрегата и его звеньев, неравномерностью сопротивления качения.

Основные требования, предъявляемые упругим элементам:

- защита двигателя и трансмиссии от динамических воздействий вследствие преодоления сопротивлений;
- обеспечение минимума колебания поступательной скорости движения машинно-тракторного агрегата в широкой области нагрузок;
- осуществление возможности реализации конструкции упругого элемента, обеспечивающего аккумуляцию энергии толчков в заданном объеме.

Характерные режимы в работе трактора:

- широкий диапазон установившихся нагрузок от холостого хода трактора до номинальной нагрузки;
- трогание машинно-тракторного агрегата, а также его разгон;

– работа при превышении нормальной нагрузки в смысле сцепления движителей с поверхностью качения.

Эти режимы предъявляют свои требования. Их удовлетворение позволит рационально использовать агрегат при выполнении различных операций сельскохозяйственного производства и обеспечит эффективную работу трактора.

Эти требования можно сформулировать следующим образом:

– плавное взаимодействие движителей с поверхностью качения при кратковременном увеличении сопротивления на крюке или уменьшении сцепления движителей с поверхностью качения:

– плавное трогание с места, а также разгон при минимуме буксования муфты сцепления и движителей;

– обеспечение равномерного движения при постоянно изменяющемся сопротивлении на крюке и разворотах остова трактора в пространстве.

Для обеспечения аккумуляирования энергии в заданных пределах упругие элементы должны обладать определёнными и массовыми свойствами.

Под энергоемкостью понимают максимальное количество потенциальной энергии, которое упругий элемент может аккумуляировать при наибольшей деформации. Исходя из этого, он должен устанавливаться там, где максимальный крутящий момент. Последнее требование обуславливает и возможность защиты от динамических нагрузок, идущих со стороны сцепной машины, трансмиссии и двигателя. Таким образом, эластичный элемент должен устанавливаться в конце силовой передачи.

Колебание поступательной скорости движения машинно-тракторного агрегата принимается за основной агротехнический показатель в широкой области нагрузок. Податливость привода движителей уменьшает динамические нагрузки и помогает более плавно передавать их на почву. Последнее приводит к минимизированию буксования движителей и колебания поступательной скорости движения. Если взять за основной показатель колебание поступательной скорости, то податливость должна быть такой, при которой общее значение колебания ускорения поступательного движения будет наименьшим.

Эластичный элемент характеризуется двумя параметрами: способностью рассеивать энергию и жесткостью.

Представим эквивалентную динамическую схему агрегата для аналитического определения этих параметров и отразим на ней упругие и массовые свойства (рис. 1).

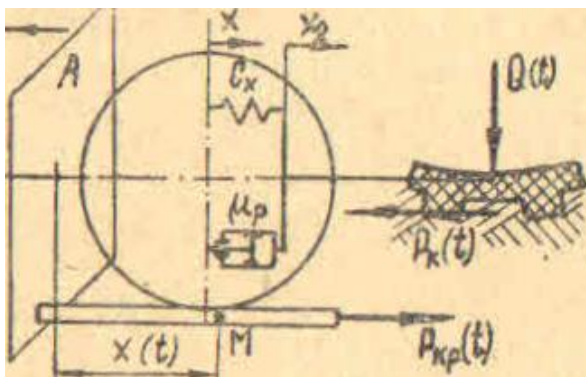


Рис. 1. Расчетная схема машинно-тракторного агрегата

Масса агрегата сосредоточена в рейке с коэффициентом массы  $M$ , на которую воздействует крюковая нагрузка, изменяющаяся в зависимости от времени.

Приведение тяговых процессов к стационарным при рассмотрении задач тяговой динамики получило большое распространение. Из исследований можем заметить, что характер протекания графиков корреляционных функций тягового сопротивления доказывает то, что с увеличением длины участка реализации корреляционные функции возникают и начинают стабилизироваться низкочастотные колебания. Следовательно, приведение тяговых процессов к стационарным при изучении тяговой динамики влечёт за собой большие погрешности. Однако теория привода ведущих колёс уподобляется с некоторыми допущениями теории поддрессоривания транспортных машин. Такие приведения к стационарным процессам изменения микрорельефа дорог позволяют решать задачи подбора характеристик средств поддрессоривания. Введение звена с большой податливостью способствует остационариванию процесса.

Рассмотрение динамики системы с учётом степени рассеивания и среднего значения сопротивления на крюке возможно с помощью методов теории стационарных случайных функций. Методы позволяют определить интересующие нас вероятностные характеристики функции перемещения по известным заранее характеристикам крюкового сопротивления не находя явных выражений для функций перемещения.

С учетом характеристик шины, почвы и массовых свойств механизмов машинно-тракторного агрегата получены дифференциальные уравнения с помощью уравнений Лагранжа второго рода, которые по-

зволили найти передаточные функции от сопротивления на крюке поступательному передвижению агрегата.

Анализ результатов исследований и испытания тракторов с эластичным приводом показали, что для рабочих скоростей пропашных тракторов минимум дисперсии колебания поступательной скорости соответствует такому значению податливости трансмиссии и привода колес, при котором собственная частота колебания всей массы агрегата на приведенной рессоре в горизонтальном направлении 0,75 Гц, что соответствует жесткости привода ведущих колес трактора МТЗ-80 в пределах  $25...30 \frac{\text{кН} \cdot \text{М}}{\text{рад}}$ . Относительный

коэффициент затухания колебаний составляет 0,25..1,0.

Приведенной рессорой называется пружина, обладающая линейной деформацией в соответствии с углом закручивания привода при заданном суммарном крутящем моменте на ведущих полуосях. Линейная деформация приведенной рессоры будет равна радиусу колеса, если угол закручивания осей ведущих колес равен одному радиану. Обеспечить такую деформацию цилиндрической пружины практически невозможно. Её размеры резко изменят параметры трактора. Первое преимущество эластичного привода колес по сравнению с упругой сцепкой заключается именно в этом. Второе преимущество заключается в том, упругая сцепка не может нейтрализовать негативное действие разворота трактора при наезде на препятствия.

В-третьих, эластичный привод не разделяет массу МТА на две части. Самое эффективное место установки упругих элементов в системе передачи энергии - полуоси ведущих колёс.

Для снижения динамической нагруженности трансмиссии трактора «Беларусь МТЗ-80» создан упруго-эластичный привод конечной передачи транспортного средства (см. рис. 2.) разработанный на основе авторских свидетельств.

Упруго-эластичный привод конечной передачи транспортного средства (см. рис. 2.) содержит: ведомую шестерню (1), полулю полуось (14), и торсионный вал (10), размещённые в корпусе (28) заднего моста, ведущую шестерню (19), подшипники (13,16), установленные в рукаве (8), связанном с корпусом (28), посредством болтов (7). Водило (4) планетарного механизма состоит из двух щек (20,27), между которыми на осях (18) установлены сателлиты (2), при этом ведомая шестерня выполнена на щеке (27). Эпциклическая шестерня (3) планетарного механизма посредством шлиц (17) связана с концом (6) полуоси (14), а солнечная шестерня (22) выполнена на двухопорном полом валу (23), один конец (15) которого на подшипнике (9) установлен в конце (6) полуоси, а другой (24) - на подшипнике (21) в корпусе заднего моста. Торсионный вал посредством шлиц (12) связан с концом (11) полуоси и посредством шлиц (25) - с концом (24) вала (23). Щека

(27) водила (4) установлена относительно вала (23) на подшипнике (26), а щека (20) - на подшипнике (5), диаметр которого больше наружного диаметра зубьев солнечной шестерни. Щеки (20 и 27) водила связаны посредством перемычек (29), а сателлиты снабжены срезами (30,31), параллельными плоскостям, проходящим через оси центральных колёс и сателлитов, и взаимодействующими с упорами (32) перемычек водила. Работает упруго-эластичный привод конечной передачи транспортного средства следующим образом.

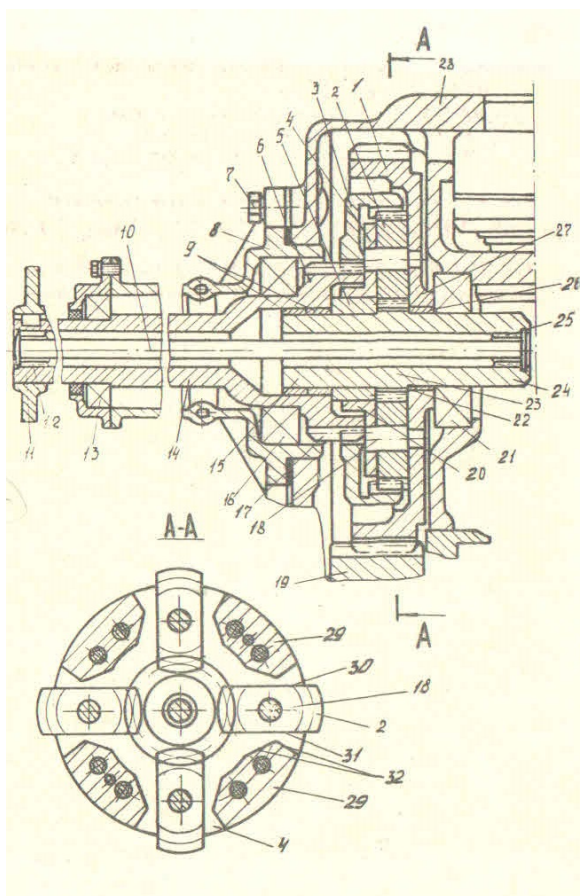


Рис. 2. Упруго-эластичный привод конечной передачи транспортного средства

В начале движения транспортного средства крутящий момент посредством ведущей шестерни и связанной с ней ведомой шестерни передаётся на водило. Так как на эпициклическую шестерню, связанную с полуосью, действует момент сопротивления и она остановлена, то сателлиты смещают солнечную шестерню, которая через вал (23) закручивает торсионный вал. Происходит это до тех пор, пока момент от закрутки торсионного вала с учётом передаточного отношения планетарного механизма не превысит момента сопротивления на эпициклической шестерне, после чего она начинает вращаться совместно с полуосью, привода в движение транспортное средство.

При увеличении момента сопротивления на полуоси, например при наезде колеса на препятствие, при увеличении сопротивления грунта, что вызывает увеличение момента сопротивления на эпициклической шестерне, происходит дальнейшее относительное смещение солнечной шестерни. Дополнительно закручивающей торсионный вал, что исключает ударные нагрузки на детали трансмиссии и повышает их надёжность и долговечность.

При уменьшении момента сопротивления на полуоси и эпициклической шестерне, например при съезде колеса с препятствия, при попадании на почву с малым сопротивлением. Происходит обратная раскрутка торсионного вала; при этом энергия закрутки преобразуется в работу движения, улучшая экономичность работы транспортного средства.

При чрезмерном увеличении момента сопротивления на полуоси и эпициклической шестерне, например при резком торможении, в работу вступают упоры перемычек водила, взаимодействующие со срезами (30, 31) сателлитов и исключают превышение нагрузки на торсионный вал сверх допустимой, что предотвращает его разрушение.

Угол закручивания торсионного вала выбирается из условия его прочности. При этом поверхность каждого упора перемычек водила контактирует соответствующего среза (30,31) сателлитов.

Так как в планетарном механизме момент ведущего элемента - водила раскладывается на два меньших по величине момента эпициклической и солнечной шестерён, то связанные с ними полуось и торсионный вал разгружаются, что повышает их надёжность и долговечность, а также увеличивает диапазон предохранения.

Упруго-эластичный привод конечной передачи транспортного средства был встроены в конечную передачу трактора «Беларусь» МТЗ-80 и прошёл испытания в производственных условиях при работе на основных операциях сельскохозяйственного производства (пахоте, транспортировке) на опытной станции МТЗ.

Включение главной муфты сцепления происходит без существенной нагрузки с применением упруго-эластичного привода в конечной передаче.

После включения главной муфты сцепления трактор трогается при плавном нарастании крутящего момента на ведущих полуосях, при этом происходит снижение колебаний нагрузок на валах силовой передачи трактора, шумов в цепи трансмиссии, что оказывает значительное влияние на утомляемость механизаторов.

Постановка упруго-эластичного привода конечной передачи на трактор «Беларусь» МТЗ-80 снижает нагруженность на валах силовой передачи на 20-30 % (по данным испытаний ЕПИ), позволяет увеличить производительность трактора на транспортных работах на 5-12 %. При работе трактора в условиях сельскохозяйственного производства на 5-15 % снижается буксирование движителей с упруго-эластичным приводом и уменьшается расход топлива. За счёт более плавного нарастания моментов на полуосях ведущих колёс при трогании трактора и стабилизации крутящих моментов в процессе работы повышается проходимость трактора по размокшей дороге.

Таким образом, при разгоне машинно-тракторного агрегата внедрение упруго-эластичного привода позволяет: снизить среднеквадратичные отклонения амплитуды колебаний крутящего момента в зависимости от видов работ и скорости движения от 4 до 68 %; уменьшить буксование ведущих колёс до 9,5 % (в абсолютном значении); уменьшить время разгона агрегата от 15 до 29 %; сократить путь разгона от 23 до 50 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Строков В.Л. Эластичные приводы ведущих колес тракторов. Волгоград, 1981. - С. 9-13.
2. Авторское свидетельство СССР № 3529557/27-11, кл. В 60 К 17/32, 1982.