

ИСПЫТАНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ТРАКТОРА КЛАССА 0,9 В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ АГРЕГАТАМИ

Олег Иванович Поливаев
Алексей Николаевич Ларионов
Олег Михайлович Костиков
Артем Викторович Божко
Олег Сергеевич Ведринский

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

При трогании с места и разгоне тракторного агрегата возникают динамические нагрузки, которые по амплитуде в 1,5–2 раза превышают нагрузки при установленных режимах движения, что приводит к повышенному буксование сцепления. Одним из способов снижения буксования дисков сцепления является установка демпфирующих пружин в ведущий диск. Для определения эффективности установки ведомых дисков сцепления с демпферными пружинами были проведены лабораторные и полевые испытания ЛТЗ-55 с различными сельскохозяйственными машинами. Лабораторные испытания проводились на стенде, имитирующем разгон тракторного агрегата. Стенд для испытаний работал при нагружочном режиме, соответствующем условиям разгона трактора на 5 передачах. Периодичность включения сцепления составляла 45 с, темп включения – 0,3–0,5 с. Испытания показали, что серийные диски выдерживали 5500 циклов включения стенда, а диски с демпферными пружинами – 7000–7200. Также были проведены эксплуатационные испытания на шести тракторах ЛТЗ-55 в К(Ф)Х «Заветы Ильича» Воронежской области. Испытания проводились на пахоте, культивации сплошной и междуурядной, лущении и посеве. На каждом виде работ делали 13–17 записей с интервалами между опытами 7–8 минут. Испытания проводили на черноземных и тяжелых суглинистых почвах при температуре воздуха 18–20°C. Вес трактора при испытаниях составлял 2800 кг, при выполнении всех работ давление в шинах задних и передних колес – соответственно 0,9 и 1,35 кг/см². Результаты испытаний показали снижение износа ведомого диска сцепления, оснащенного демпферными пружинами, в сравнении с серийным диском на 29%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трактор, сцепление, разгон, буксование, диск сцепления, демпферная пружина.

CLASS 0,9 TRACTOR'S CLUTCH TESTING IN THE FIELD ENVIRONMENT WITH DIFFERENT AGRICULTURAL UNITS

Oleg I. Polivaev
Alexey N. Larionov
Oleg M. Kostikov
Artyom V. Bozhko
Oleg S. Vedrinskii

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

When starting from standstill and acceleration of the tractor aggregates, there arise dynamic loads, which in amplitude are 1.5–2 times higher than the loads under stabilized driving conditions. As a result clutch sliding rises. One of the ways to reduce the slipping of the clutch is the installation of damping springs in the clutch drive plate. The authors carried out laboratory and field tests of the LTZ-55 tractor with different agricultural units in order to determine the effectiveness of the installation of the clutch driven plates with damping springs. Laboratory tests were carried out on a bench simulating the acceleration of the tractor aggregate. The test bench operated under load bearing conditions corresponding to the conditions of acceleration of the tractor on five gears. The frequency of the clutch switching was 45 s, the rate of gear actuation was 0.3–0.5 s. Tests showed that the serial discs withstood 5500 cycles of switching on the bench, whereas the discs with damping springs sustained 7000–7200 cycles. The authors also carried out operational tests on six LTZ-55 tractors in the fields of Zavety Il'icha Peasant Farm Enterprise of Voronezh Oblast. The tests were carried out on a number of agricultural operations such as plowing, complete and interspace cultivation, primary tillage, and sowing. On each type of operation 13–17 records were made with intervals between experiments of 7–8 minutes. The tests were carried out on chernozem and heavy loamy soils at an air temperature of 18–20°C. The weight of the tractor during the tests was 2800 kg; when performing all types of operations the tire pressure of the rear and front wheels was 0.9 and 1.35 kg/cm², respectively. Test results showed the reduction in the wear of the clutch driven plates with damping springs by 29% as compared to the production disc.

KEYWORDS: tractor, clutch, acceleration, sliding, clutch drive plate, damping spring.

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия страны, особенно занимающиеся возделыванием пропашных культур, оснащены универсально пропашными тракторами с механической трансмиссией с ручным переключением передач (ЛТЗ-55, ЛТЗ-60, МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-1221). Такие трактора имеют значительно меньшую стоимость в сравнении с зарубежными аналогами, которые чаще всего оснащаются автоматическими коробками передач. Однако трактора, в трансмиссии которых устанавливается коробка передач с ручным переключением, имеют ряд недостатков, основным является невозможность переключения передач на ходу. При работе машинно-тракторного агрегата на базе трактора с ручной коробкой передач каждое переключение передач осуществляется с остановкой. Это приводит к тому, что агрегат приходится останавливать и выполнять трогание с места и разгон на той передаче, на которой будет производиться дальнейшее движение.

При переходных процессах, характеризуемых неустановившимся режимом движения (трогание с места, разгон, переезд через препятствие, торможение и т. д.), возникают динамические нагрузки, которые по амплитуде в 1,5–2 раза превышают нагрузки при установившихся режимах движения [1, 2, 4, 9, 10]. Кроме этого, динамические нагрузки на детали трансмиссии обуславливаются неравномерностью работы двигателя и взаимодействием движителей с дорогой. Все эти нагрузки являются непрерывно возмущающими и определяют, главным образом, надежность и долговечность деталей и узлов трансмиссии. Их величина и длительность воздействия будут зависеть от состава агрегата, соотношения масс, жесткости трансмиссии, темпа включения сцепления, варьирования передачами. Особенно нагруженным звеном трансмиссии является сцепление трактора [6, 8]. Кроме того, необходимо рассмотреть, каким динамическим нагрузкам подвергается сцепление при работе с различными агрегатами в полевых условиях и как влияет демпфер сцепления на износные показатели [3, 5, 7].

Сотрудники кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I проводят теоретические и экспериментальные исследования по разработке модели разгона тракторного агрегата, оборудованного упругодемпфирующим приводом (УДП) ведущих колес. В рамках НИР кафедры в 2018 г. с целью определения эффективности установки ведомых дисков сцепления с демпферными пружинами были проведены лабораторные и полевые испытания трактора ЛТЗ-55 с различными сельскохозяйственными машинами.

Лабораторные испытания проводились на стенде, имитирующем разгон тракторного агрегата. Стенд для испытаний работал при нагрузочном режиме, соответствующем условиям разгона трактора на 5 передачах.

В полевых условиях К(Ф)Х «Заветы Ильича» Воронежской области были проведены эксплуатационные испытания на шести тракторах ЛТЗ-55.

Основной задачей испытаний трактора ЛТЗ-55 является определение температурного и нагрузочного режима работы сцепления с различными сельскохозяйственными машинами в полевых условиях, а также эффективности демпферных пружин.

При испытаниях крутящий момент на валу сцепления замеряли при помощи проволочных тензодатчиков, а на колесах – тензоступиц; температуру поверхности трения замеряли хромель-копелевыми термопарами на расстоянии 1,5 мм от поверхности трения фрикционных накладок, маховика и прижимного диска – на среднем радиусе трения.

Число оборотов коленчатого вала и вала сцепления устанавливали при помощи тахогенераторов и индуктивных датчиков.

Запись моментов, числа оборотов и температур производилась с помощью усилителя ТУП-101 и осциллографа Н-700.

Испытания проводились при выполнении следующих видов работ:

- пахота – плугом ПН-2-30Р;
- культивация сплошная – культиватором КПН-4Г и междуурядная – КРН-4,2;

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- лущение – прицепным лущильником ПЛ-5-25;
- посев – узкорядной сеялкой СУБ-48В.

Вес трактора при испытаниях составлял 2800 кг, при выполнении всех работ давление в шинах задних и передних колес составляло соответственно 0,9 и 1,35 кг/см².

Испытания проводили на черноземных и тяжелых суглинистых почвах при температуре воздуха 18–20°C.

На каждом виде работ делали 13–17 записей с интервалами между опытами 7–8 минут. Средние значения результатов испытаний приведены в таблице.

Результаты испытаний трактора ЛТЗ-55 с различными сельскохозяйственными машинами

Показатели	Пахота	Культивация		Лущение	Посев
		сплошная	междурядная		
Время буксования сцепления, с	0,44	0,41	0,41	0,39	0,44
Работа буксования сцепления, Н·м	7300	5970	6020	6140	7350
Максимальный момент трения M_{\max} , Н·м	237	317	324	315	296
Установившийся момент трения $M_{уст}$, Н·м	178	127	100	125	118
Коэффициент динамических нагрузок на диске сцепления	1,33	2,5	3,24	2,52	2,5
Момент на колесах при M_{\max} , Н·м	14 840	14 150	13 780	15 700	13 900
Момент на колесах при $M_{уст}$, Н·м	9180	5550	3500	5620	3960
Коэффициент динамических нагрузок на колесах трактора	1,62	2,55	3,95	2,8	3,52
Обороты двигателя при $M_{уст}$, об/мин	1767	1759	1835	1801	1826
Температура поверхности маховика, °C	35	52	-	-	-
Температура поверхности нажимного диска, °C	84	80	27,2	-	39
Температура накладок со стороны маховика, °C	43	64	46,5	48	49
Температура накладок со стороны нажимного диска, °C	49	45	-	-	-

При испытаниях на пахоте после 17 включений сцепления температура продолжала расти. Отмечены следующие максимальные значения температуры: на маховике – 40°C, нажимном диске – 90°C, фрикционной накладке со стороны маховика – 50°C, со стороны нажимного диска – 58°C. Температура фрикционных накладок при работе с культиваторами, сеялкой и лущильником находилась в следующих пределах: на поверхности со стороны нажимного диска – от 40 до 60°C, со стороны маховика – от 25 до 40°C.

В целях определения влияния жесткости пружин демпферного устройства сцепления на его работоспособность и износ испытания проводились на стенде «СИМС» с использованием инерционных грузов, имитирующих трогание с места и разгон тракторного агрегата. Испытанию были подвергнуты диски сцепления с демпферными пружинами и серийные диски без пружин.

Стенд для испытаний сцепления работал при нагрузочном режиме, соответствующем условиям разгона трактора ЛТЗ-55 на 5 передачах. Периодичность включения сцепления составляла 45 с, темп включения – 0,3–0,5 с.

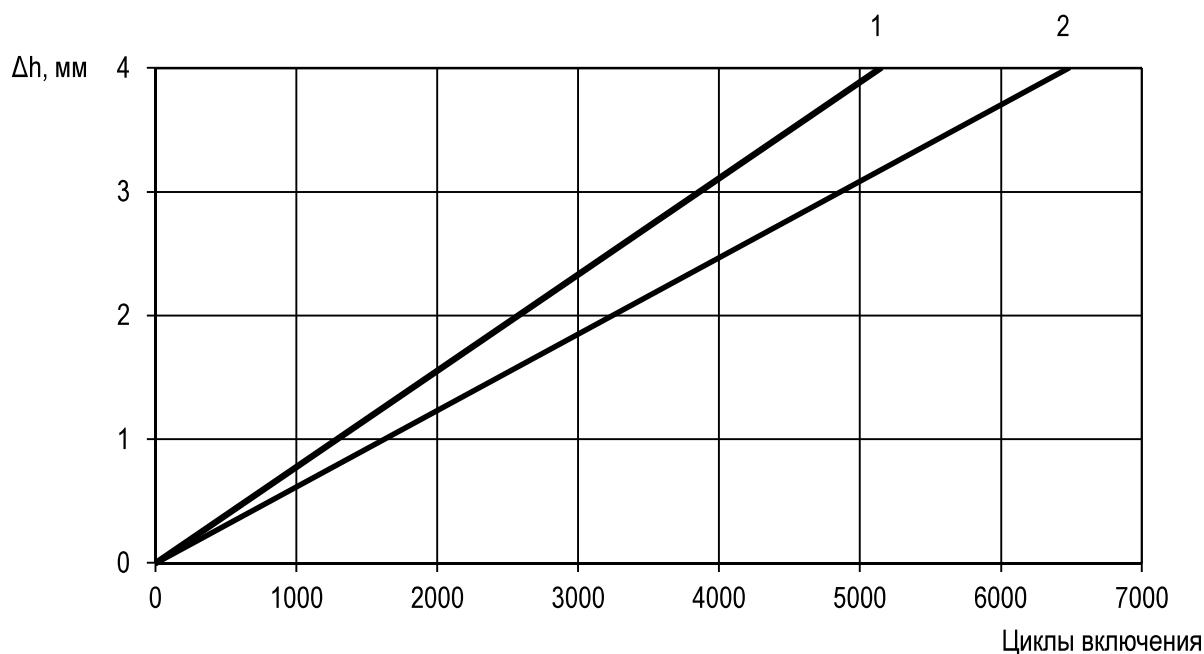
Во избежание задиров на поверхности трения первые 200 циклов включения (как серийных, так и опытных дисков) проводили с отсоединенными грузами при периодичности включения 60 с и 300 циклов – с инерционными грузами. Испытуемые сцепления устанавливались между маховиком и нажимным диском, а сам диск сцепления крепился на тензометрическом валу, на котором были наклеены тензодатчики для за-

мера крутящего момента. Измерение чисел оборотов ведущей и ведомой систем проводили с помощью тахогенераторов ТЭ-45 и электроконтактных датчиков. Число циклов включения регистрировалось датчиком.

Изменение толщины дисков сцепления определяли с помощью микрометра. Измерения проводились на расстоянии 5 мм от края внешнего и внутреннего диаметров в четырех равномерно расположенных точках с точностью 0,01 мм.

Испытания проводили до тех пор, пока диски сцепление теряли свои сцепные свойства, т. е. когда разгон происходил дольше 6–8 с. Измерения износа проводили через 500 циклов включения сцепления. После испытаний замеряли изменения толщины дисков.

Полученные результаты испытаний трех серийных дисков сцепления и трех дисков сцепления с демпферными пружинами показали, что серийные диски выдерживали 5500 циклов включения и дальше были непригодны для применения. Диски сцепления с демпферными пружинами выдерживали 7000–7200 циклов, при этом их износ был меньше на 25–25,5%.



Зависимость износа (Δh) фрикционных накладок ведомого диска сцепления от числа циклов включений: 1 – серийный; 2 – с демпферными пружинами

Были также проведены эксплуатационные испытания в К(Ф)Х «Заветы Ильича» Воронежской области на шести тракторах ЛТЗ-55: трех – с серийными дисками и трех – с дисками сцепления, на которых были установлены демпферные пружины. Данные тракторы имели наработку от 2520 до 2714 моточасов.

Результаты испытаний показали снижение износа ведомого диска сцепления, оснащенного демпферными пружинами, в сравнении с серийным диском на 29%.

Выводы

1. Наибольшие нагрузки в полевых условиях сцепление испытывает на пахоте и посеве: работа баксования составляет соответственно 7300 и 7350 Н·м.

2. Максимальные динамические нагрузки отмечены при междурядной культивации и посеве: коэффициенты динамических нагрузок на колесах трактора составляют соответственно 3,95 и 3,52.

3. При наработке тракторов от 2520 до 2711 моточасов износ дисков сцепления с демпферными пружинами снижается на 29% по сравнению с серийными.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Библиографический список

1. Барский И.Б. Максимальные динамические нагрузки в трансмиссии колесного трактора / И.Б. Барский // Тракторы и сельхозмашины. – 1965. – № 4. – С. 12–15.
2. Веденяпин Г.В. О путях повышения эксплуатационных качеств современных тракторов / Г.В. Веденяпин // Тракторы и сельхозмашины. – 1961. – № 12. – С. 37–39.
3. Гольягин В.Я. Современные тракторы зарубежных фирм / В.Я. Гольягин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № 5. – С. 39–53.
4. Громов Д.М. Исследование нагрузок, возникающих в трансмиссии при трогании трактора с места / Д.М. Громов // Тракторы и сельхозмашины. – 1963. – № 2. – С. 25–27.
5. Елецкий А.И. Влияние микронеровностей поля на движение колесного трактора / А.И. Елецкий, М.Д. Коневцов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1971. – № 11. – С. 33–37.
6. Лапшин С.А. Оценка эффективности гасителей крутильных колебаний на ведомых дисках муфты сцепления двигателя СМД-60 / С.А. Лапшин // Тракторы и сельхозмашины. – 1971. – № 2. – С. 15–18.
7. Лукин П.П. Влияние демпферов сцепления на нагрузочные режимы в трансмиссии автомобиля / П.П. Лукин // Автомобильная промышленность. – 1961. – № 9. – С. 25–27.
8. Поливаев О.И. Повышение долговечности сцепления тракторов за счет упругоффрикционного демпфера / О.И. Поливаев, О.С. Ведринский, Н.М. Дерканосова // Наука и образование в современных условиях : матер. международной научной конференции (г. Воронеж, 10 марта – 22 апреля 2016 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 226–230.
9. Поливаев О.И. Снижение динамических нагрузок в машинно-тракторных агрегатах : монография / О.И. Поливаев, А.П. Полухин. – Воронеж : Воронежский ГАУ им. К.Д. Глинки, 2000. – 197 с.
10. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники : науч. изд. / П.И. Бурак и др. ; под общ. ред. В.М. Пронина. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 416 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Олег Иванович Поливаев – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Алексей Николаевич Ларинов – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: physics@agroeng.vsau.ru.

Олег Михайлович Костиков – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: koverkot@agroeng.vsau.ru.

Артем Викторович Божко – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: bozhko@agroeng.vsau.ru.

Олег Сергеевич Ведринский – старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: vedrin@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 15.04.2019

Дата принятия к печати 26.05.2019

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Oleg I. Polivaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Alexey N. Larionov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Oleg M. Kostikov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: koverkot@agroeng.vsau.ru.

Artyom V. Bozhko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: bozhko@agroeng.vsau.ru.

Oleg S. Vedrinskii, Senior Lecturer, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: vedrin@agroeng.vsau.ru.

Received April 15, 2019

Accepted May 26, 2019