

УДК 629.113-592.004.58

*Ю. Д. Карпиевич*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ РАБОТЫ ТРЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ ГИДРОПОДЖИМНЫХ МУФТ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

UDC 629.113-592.004.58

*Y. D. Karpievich*

## DETERMINING THRESHOLD VALUES FOR FRICTIONAL WORK OF FRICTION DISKS OF HYDRAULIC CLUTCHES USED IN THE BELARUS TRACTOR GEARBOX

### **Аннотация**

Определены на стенде пороговые значения работ трения фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач, соответствующие их предельно допустимым износам. Приведена схема стенда для испытаний гидроподжимных муфт коробки передач. Получены результаты испытаний.

### **Ключевые слова:**

пороговое значение, гидроподжимная муфта, трактор, работа трения, фрикционные диски, бортовое диагностирование.

### **Abstract**

Threshold values for frictional work of friction discs of gearbox hydraulic clutches corresponding to their maximum permissible wear have been determined by using the test bench. The diagram of the test bench for testing hydraulic clutches of the gearbox is shown. Test results have been obtained.

### **Keywords:**

threshold value, hydraulic clutch, tractor, friction work, friction discs, on-board diagnostics.

### **Введение**

Одна из основных задач, стоящая перед экономикой Республики Беларусь в ходе ее радикального реформирования и интегрирования в мировую систему хозяйствования, заключается в повышении технического уровня и обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции и, в частности, тракторов.

Эта задача может быть решена путем внедрения в конструкцию трактора бортовых систем диагностирования силового агрегата и, в частности, коробок передач с гидроподжимными муфтами.

Но разработка методов бортового диагностирования технического состоя-

ния коробок передач с гидроподжимными муфтами предполагает определение такого диагностического параметра, как пороговое значение работ трения фрикционных дисков для каждой передачи.

В результате проведенных стендовых испытаний гидроподжимных муфт коробки передач трактора «Беларус» эти пороговые значения работ трения для каждой передачи были определены экспериментальным путем.

### **Объект испытаний**

Объектом испытаний являлась коробка передач с гидроподжимными муфтами. Конструкция коробки



передач приведена на рис. 1.

### Цель испытаний

Целью испытаний являлось экспериментальное определение на стенде порогового значения работы трения фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач, соответствующего их предельно допустимому износу, и применение в дальнейшем работы трения в качестве интегрального пока-

зателя степени износа фрикционных дисков при бортовом диагностировании технического состояния гидроподжимных муфт коробок передач тракторов.

### Методика испытаний

Стендовые испытания проводились в лаборатории КИБ шасси корпуса ускоренных испытаний на стенде с поглощением мощности. Схема стенда приведена на рис. 2.

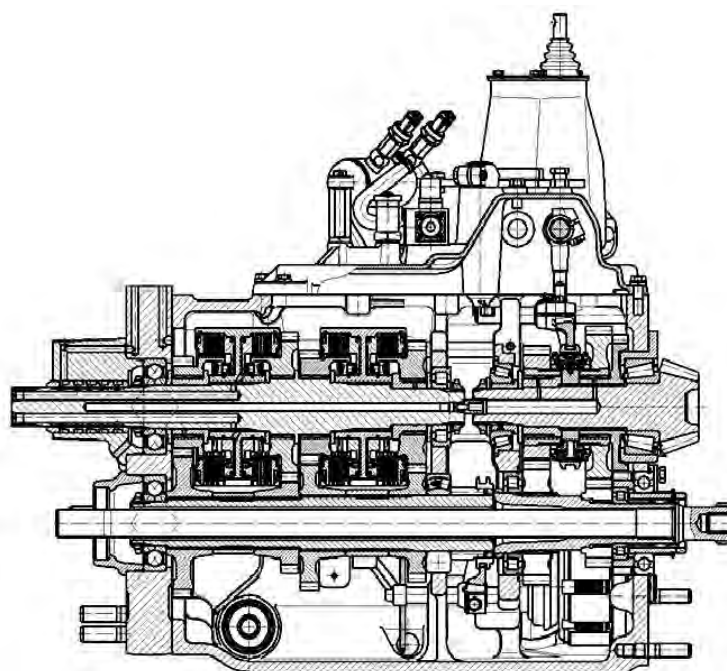


Рис. 1. Конструкция коробки передач

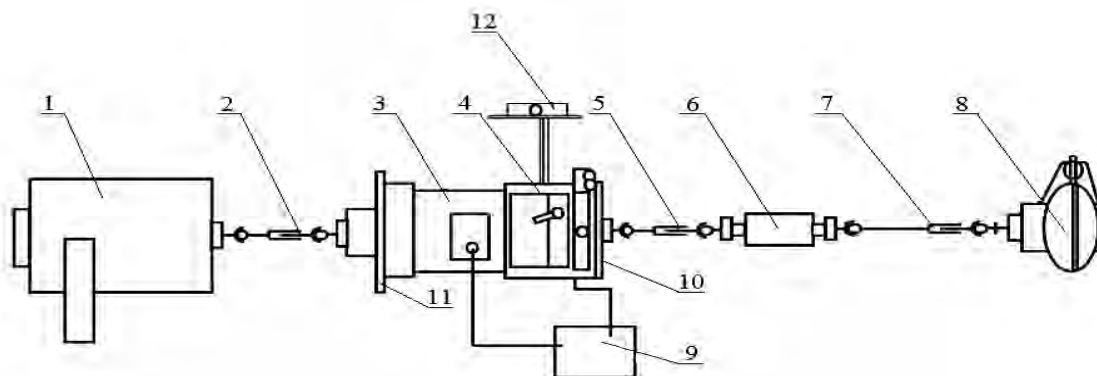


Рис. 2. Схема стенда для испытаний коробки передач: 1 – машина балансирная; 2, 5, 7 – валы карданные; 3 – корпус муфты сцепления; 4 – коробка передач; 6 – датчик вращающего момента; 8 – нагрузитель (тормоз гидравлический); 9 – бак системы охлаждения; 10, 11 – стойки задняя и передняя; 12 – пульт управления



В качестве привода использовалась балансирующая машина 1DS 1036 мощностью 236 кВт. В качестве нагрузителя использовался гидротормоз HS-250 с поглощаемой мощностью 250 кВт.

Коробка передач была заправлена маслом М10Г2 ГОСТ 8581–78.

При записи параметров использовались усилитель KWS 521 А и контроллер – регистратор в комплекте с персональным компьютером.

Интервал опроса параметров при записи процессов составлял 0,02 с.

Переключение передач осуществлялось пультом управления ПУ-3М, в котором было установлено время задержки для перекрытия передач при переключениях 0,3 с.

Объем испытаний оговаривался заданием на испытания и составлял 30000 циклов включений.

Испытания представляли собой периодическое переключение в коробке передач с высшей передачи на низшую и обратно.

После окончания испытаний производилась разборка коробки передач для обмера толщины фрикционных дисков и оценки их состояния.

### Результаты испытаний

Коробка передач отработала полный объем испытаний без замечаний, сохранив после испытаний свою работоспособность.

В процессе испытаний были проведены записи осциллограмм (рис. 3–8) процессов переключения передач в коробке передач.

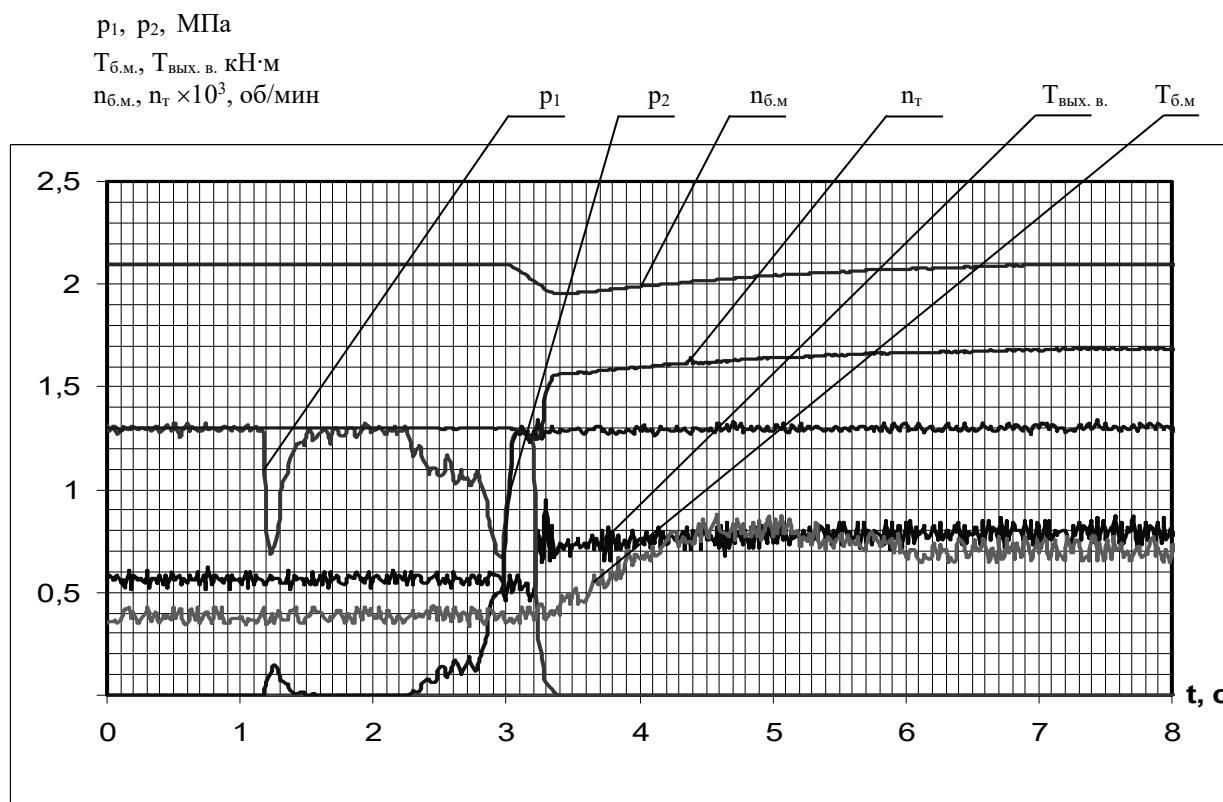


Рис. 3. Процесс переключения передач по схеме 1 → 2



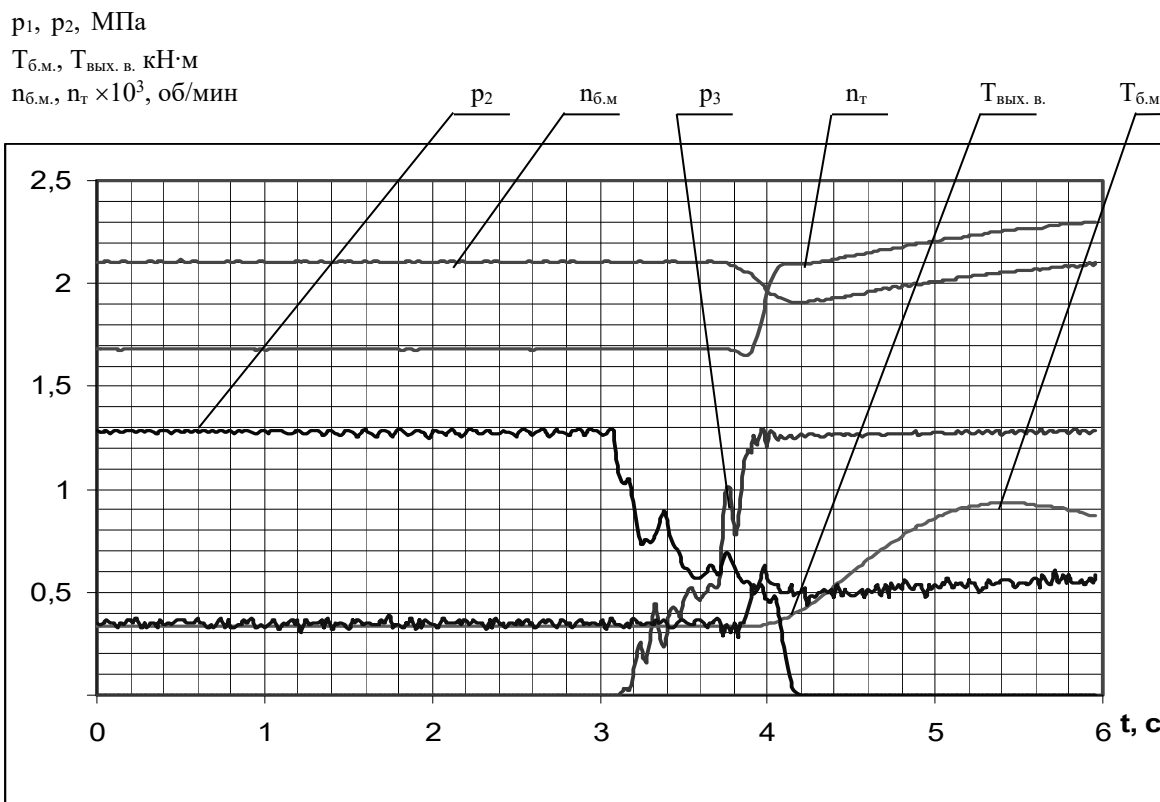


Рис. 4. Процесс переключения передач по схеме 2 → 3

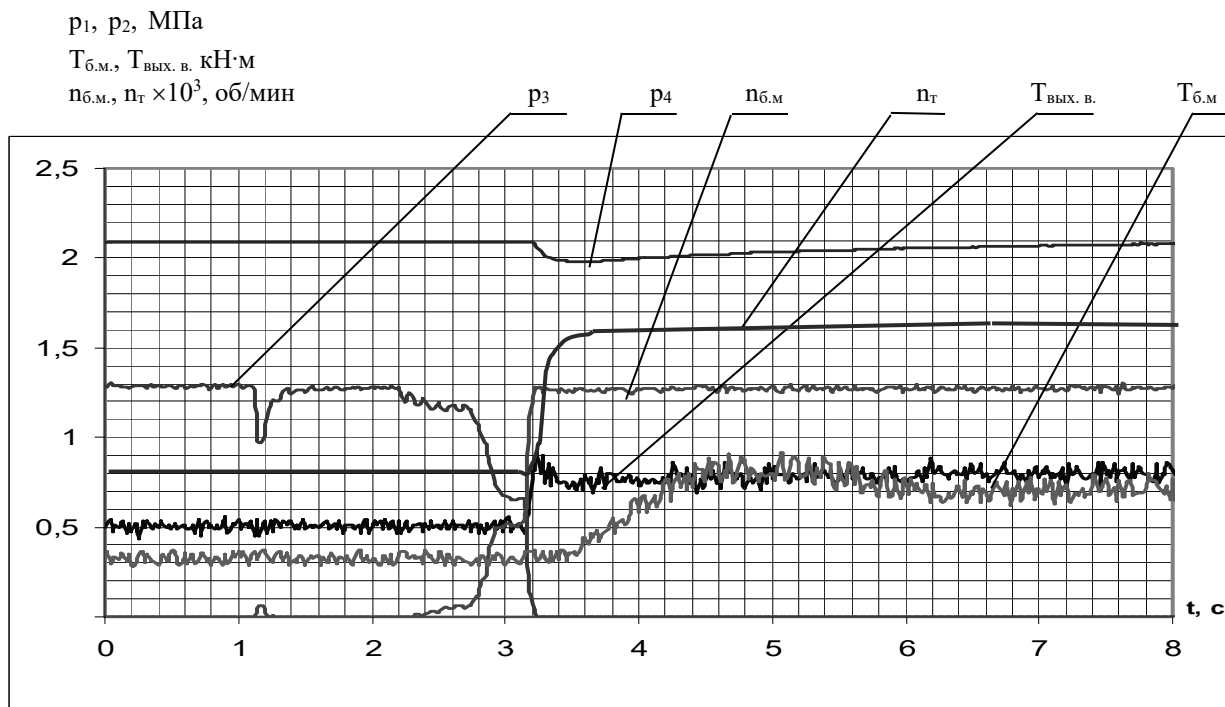


Рис. 5. Процесс переключения передач по схеме 3 → 4

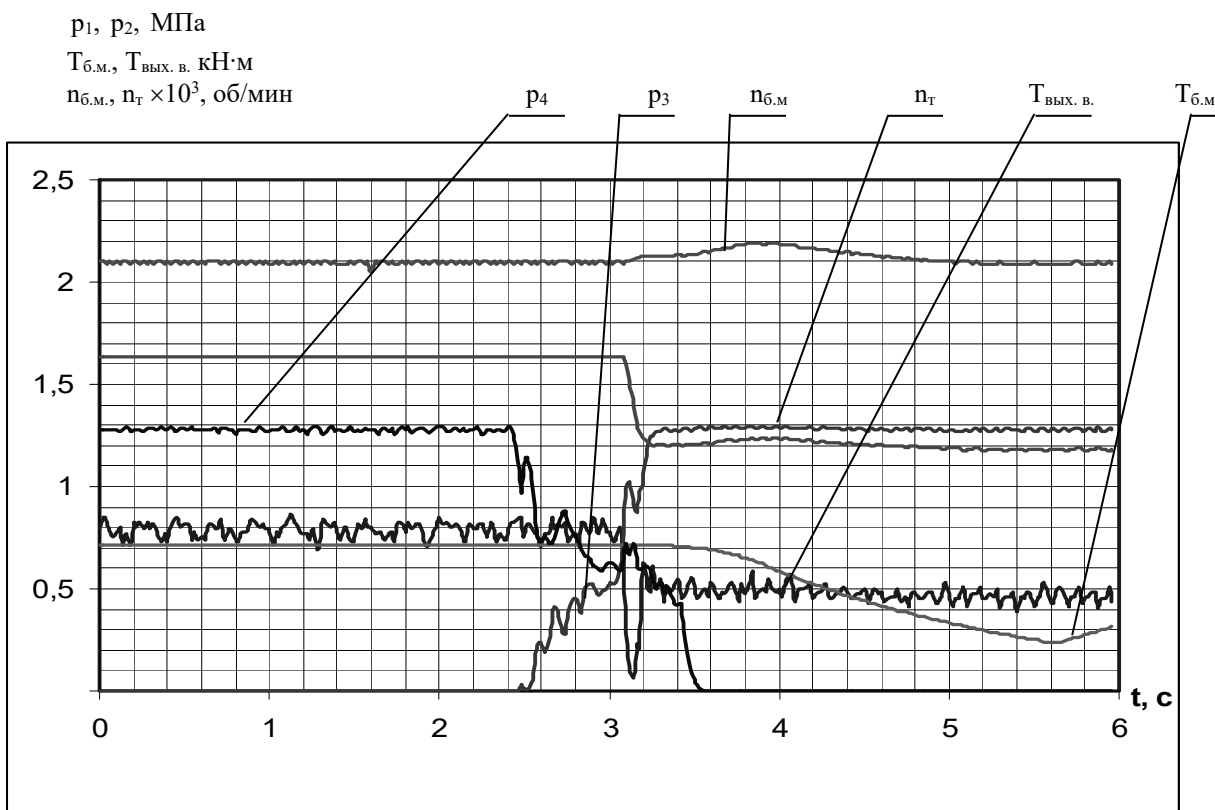


Рис. 6. Процесс переключения передач по схеме 4 → 3

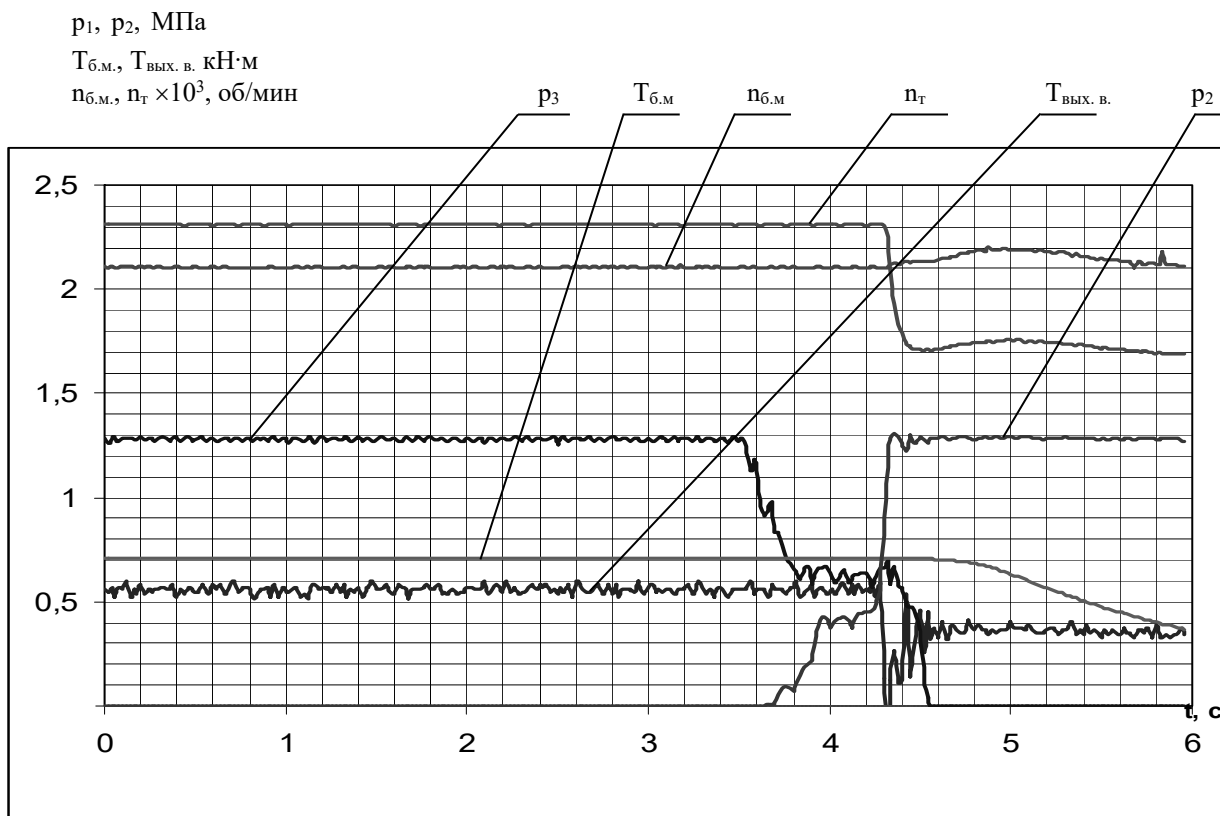


Рис. 7. Процесс переключения передач по схеме 3 → 2



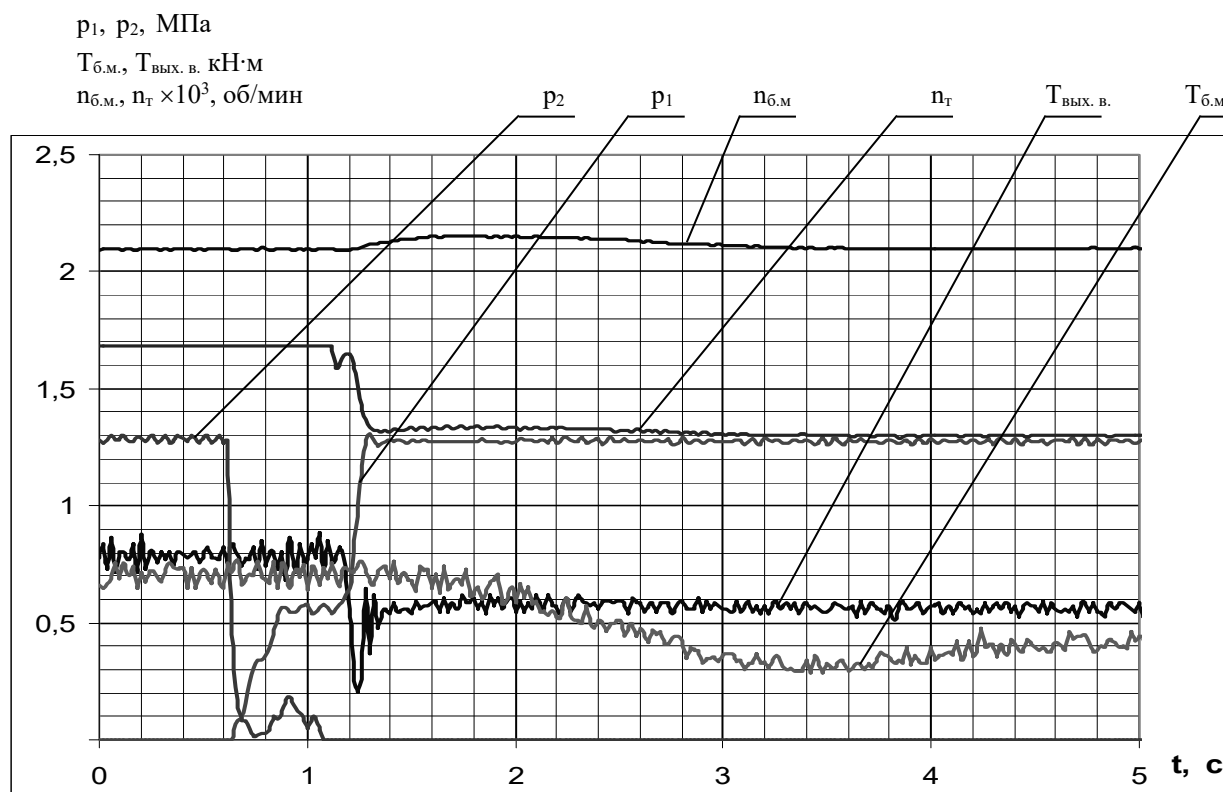


Рис. 8. Процесс переключения передач по схеме 2 → 1

Обозначения, используемые на осциллограммах:

–  $p_1, p_2, p_3, p_4$  – давления в каналах управления гидроподжимными муфтами (на выходе из распределителя);

–  $T_{в.в.}, T_{б.м.}$  – вращающий момент на выходном валу коробки передач и на валу балансирной машины соответственно;

–  $n_T, n_{б.м.}$  – частоты вращения вала тормоза (выходного вала коробки передач) и вала балансирной машины соответственно.

При включении гидроподжимных муфт на стенде на заданных режимах нагружения поглощалась работа трения в пределах 149...150 кДж.

Суммарное значение работы трения за период испытаний (за 30000 циклов включений) для каждой из четырех

гидроподжимных муфт

$$L = 150 \cdot 30000 = 4500000 \text{ кДж.}$$

По окончании испытаний была произведена разборка коробки передач для оценки состояния дисков гидроподжимных муфт и замера их толщины.

Видимых повреждений ведомых и ведущих дисков при осмотре не отмечено.

По результатам испытаний, приведенных в табл. 1, средний износ ведомых дисков гидроподжимных муфт составил:

- первая передача  $H_1 = 0,05 \text{ мм}$ ;
- вторая передача  $H_2 = 0,16 \text{ мм}$ ;
- третья передача  $H_3 = 0,21 \text{ мм}$ ;
- четвертая передача  $H_4 = 0,25 \text{ мм}$ .



Табл. 1. Результаты обмера дисков гидроподжимных муфт коробки передач после испытаний

Фрикционная муфта	Толщина ведомых дисков, мм ( $t_{ном.} = 3,15$ )			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
1 передача	3,07	3,12	3,12	3,09
2 передача	2,98	2,91	3,04	3,04
3 передача	3,08	2,79	2,93	2,98
4 передача	3,0	2,8	2,83	2,98

Из анализа результатов испытаний следует, что средняя работа трения на единицу линейного износа (на 1 мм) фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач составляет:

– первая передача

$$L_1 = L : H_1 = 4500000 : 0,05 = \\ = 90000000 \text{ кДж/мм;}$$

– вторая передача

$$L_2 = L : H_2 = 4500000 : 0,16 = \\ = 28125000 \text{ кДж/мм;}$$

– третья передача

$$L_3 = L : H_3 = 4500000 : 0,21 = \\ = 21428571 \text{ кДж/мм;}$$

– четвертая передача

$$L_4 = L : H_4 = 4500000 : 0,25 = \\ = 18000000 \text{ кДж/мм.}$$

Учитывая тот факт, что номинальное значение толщины ведомого диска составляет 3,15 мм, а их замена производится, если толщина фрикционного диска меньше допустимого предела, равного 2 мм, т. е. линейный износ диска достигает предельного износа  $H_{max} = 1,15$  мм [1], то пороговое значение работы трения, соответствующее

предельно допустимому износу фрикционных дисков гидроподжимных муфт, составило:

– первая передача

$$L_{01} = L_1 \cdot H_{max} = 90000000 \cdot 1,15 = \\ = 103500000 \text{ кДж;}$$

– вторая передача

$$L_{02} = L_2 \cdot H_{max} = 28125000 \cdot 1,15 = \\ = 32343750 \text{ кДж;}$$

– третья передача

$$L_{03} = L_3 \cdot H_{max} = 21428571 \cdot 1,15 = \\ = 24642857 \text{ кДж;}$$

– четвертая передача

$$L_{04} = L_4 \cdot H_{max} = 18000000 \cdot 1,15 = \\ = 20700000 \text{ кДж.}$$

### **Заключение**

В результате проведенных стендовых испытаний гидроподжимных муфт коробки передач, экспериментальным путем определены пороговые значения работ трения фрикционных дисков для каждой передачи (первая передача –  $L_{01} = 103500000$  кДж; вторая передача –  $L_{02} = 32343750$  кДж; третья передача –  $L_{03} = 24642857$  кДж; четвертая передача –

ча –  $L_{04} = 20700000$  кДж), соответствующие их предельно допустимым износам, позволяющие прогнозировать выработку ресурса фрикционных дисков

гидроподжимных муфт коробки передач, используя при этом интегральный показатель работы трения при их бортовом диагностировании.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пуховой, А. А.** Тракторы. Устройство. Техническое обслуживание. Ремонт. «БЕЛАРУС» серия 1000-2000: учебное пособие / А. А. Пуховой, И. Н. Шило. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2012. – 779 с.

*Статья сдана в редакцию 6 июля 2020 года*

**Юрий Дмитриевич Карпиевич**, д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет. E-mail: [irina-mi-k@yandex.ru](mailto:irina-mi-k@yandex.ru).

**Yury Dmitrievich Karpievich**, DSc (Engineering), Prof., Belarusian National Technical University. E-mail: [irina-mi-k@yandex.ru](mailto:irina-mi-k@yandex.ru).

