
УДК 629.113-592.004.58

Ю. Д. Карпиевич

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ РАБОТЫ ТРЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ НАКЛАДОК ВЕДОМОГО ДИСКА МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

UDC 629.113-592.004.58

Yu. D. Karpievich

DETERMINING A THRESHOLD VALUE FOR FRICTIONAL WORK OF FRICTION LININGS ON THE CLUTCH DRIVEN DISC OF THE *BELARUS* TRACTOR

Аннотация

Определено на стенде пороговое значение работы трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления, соответствующее их предельно допустимому износу. Приведена схема стенда для испытаний муфт сцепления тракторов «Беларус». Получены результаты испытаний.

Ключевые слова:

пороговое значение, муфта сцепления, трактор, работа трения, фрикционные накладки, бортовое диагностирование.

Abstract

A threshold value for the frictional work of friction linings on the clutch driven disc has been determined on the test stand which corresponds to their maximum allowable wear. The diagram of the stand for testing clutches of *Belarus* tractors is given. Test results have been obtained.

Keywords:

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

Введение

Эффективное и безопасное автоматическое управление узлами и агрегатами трактора возможно при условии технически исправного состояния объекта управления, что предполагает наличие методов и технических средств диагностирования, способных своевременно выявлять неисправности и степень выработки [1]. Идентичность функциональных структур автоматического управления и диагностирования позволяет за счет совместного использования общей аппаратуры обеспечить непрерывный контроль объекта управления без применения каких-либо специализированных технических средств [2].

Разработка методов бортового диагностирования технического состояния ведомого диска муфты сцепления предполагает определение такого диагностического параметра, как пороговое значение работы трения фрикционных накладок при предельно допустимом их износе [3].

В результате проведенных стендовых испытаний ведомого диска муфты сцепления трактора «Беларус» это пороговое значение работы трения было определено экспериментальным путем.

Объект испытаний

Объектом испытаний являлся диск ведомый 70-1601130 с накладками сцеп-

ления 70-1601138-02 из материала «Фри-текс-501» производства ОАО «Фритекс» (г. Ярославль) – два образца.

Цель испытаний

Экспериментальное определение на стенде порогового значения работы трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления, соответствующего их предельно допустимому износу, и применение в дальнейшем работы трения в качестве интегрального показателя

степени износа фрикционных накладок при бортовом диагностировании технического состояния муфты сцепления тракторов «Беларус».

Методика испытаний

Испытания проводились на инерционно-тормозном стенде С-146, схема которого приведена на рис. 1, в цехе испытаний ОАО «Минский тракторный завод».

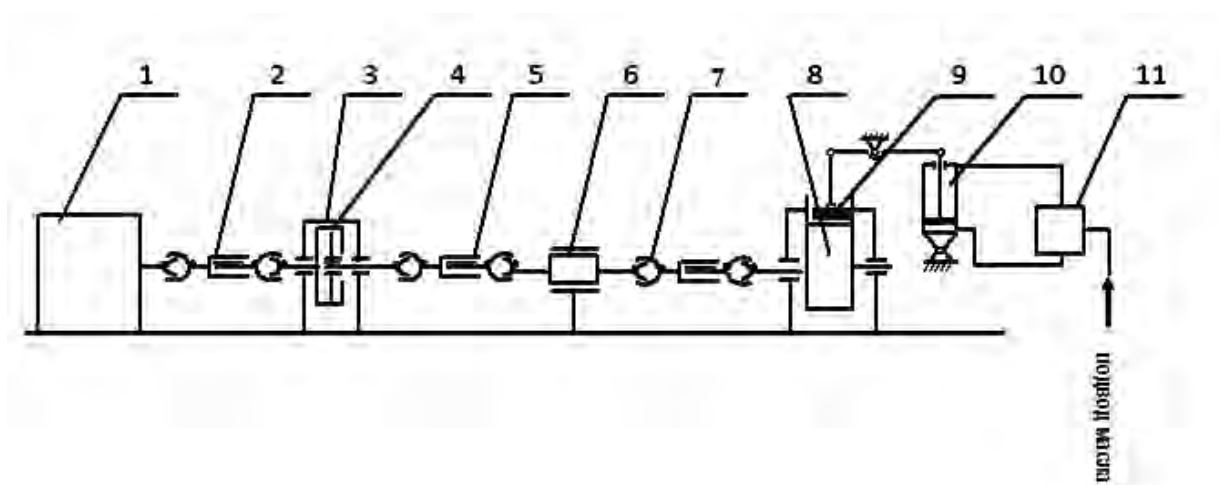


Рис. 1. Схема стенда для испытаний муфт сцепления тракторов «Беларус»: 1 – электродвигатель приводной мощностью 200 кВт; 2, 5, 7 – передачи карданные; 3 – корпус сцепления; 4 – муфта сцепления с испытуемыми накладками; 6 – измеритель крутящего момента (диапазон 0...2000 Н·м); 8 – массы инерционные с моментом инерции 7,8...8,2 кг·м²; 9 – тормоз остановочный инерционных масс; 10 – цилиндр механизма управления тормозом остановочных инерционных масс; 11 – распределитель

Ведомые диски с испытуемыми накладками поочередно устанавливались в однодисковую муфту сцепления.

Контртела (маховик и нажимной диск) в ходе испытаний не менялись.

Качество накладок определялось по следующим показателям:

- фрикционным свойствам;
- линейному износу испытуемого материала.

Фрикционные свойства накладок оценивались по статическому моменту срыва муфты сцепления, в которой в качестве фрикционных элементов ведомого диска использовались опытные накладки.

Перед установкой муфты сцепле-

ния на стенд определялось суммарное усилие пружин в диске сцепления в положении, соответствующем установке диска сцепления на маховик с ведомым диском толщиной 10 мм.

Объем испытаний каждого комплекта накладок оговаривался заданием на испытания и составлял 10000 циклов включений.

Управление работой стенда, сбор и обработка информации, построение графиков осуществлялось с автоматизированного рабочего места испытателя программируемым контроллером С12 фирмы OMRON (Япония).

После окончания испытаний производилась разборка муфты сцепления

для обмера толщины ведомого диска сцепления и оценки состояния фрикционных накладок.

Результаты испытаний

Суммарное усилие пружин в диске сцепления в положении, соответствующем установке диска сцепления на маховик с ведомым диском толщиной 10 мм,

в начале испытаний было в пределах 8900...9000 Н.

Результаты испытаний дисков приведены в табл. 1.

Первый образец ведомого диска отработал в объеме 10000 циклов включений. Средний темп износа накладок в заданном интервале наработки (10000 циклов) составил (0,50 мм) / (1000 ц).

Табл. 1. Результаты испытаний ведомых дисков 70-1601130 с накладками производства ОАО «Фритекс» на стенде С-146

Количество включений муфты сцепления, цикл	Диапазон момента срыва муфты сцепления (прогретой/непрогретой), Н·м	Средняя величина износа, мм	Средний темп износа в интервале наработки, мм/1000 ц
Образец № 1			
2000	475...505/580...590	1,39	0,69
3901	445...460/480...500	2,05	0,33
5975	550...570/500...520	2,84	0,39
8000	450...500/530...545	3,82	0,48
10000	475...490/540...560	5,08	0,63
Средний темп износа во всем диапазоне наработки – (0,50 мм)/(1000 ц)			
Образец № 2			
2000	695...705/735...765	0,73	0,36
4012	630...650/690...700	1,15	0,20
5901	635...645/630...645	1,93	0,41
8008	630...640/635...650	3,04	0,52
10000	500...530/550...560	4,27	0,62
Средний темп износа во всем диапазоне наработки – (0,42 мм)/(1000 ц)			

Второй образец ведомого диска отработал в объеме 10000 циклов включений. Средний темп износа накладок в заданном интервале наработки (10000 циклов) составил (0,42 мм)/(1000 ц).

Для получения более полной информации о фрикционных свойствах материала «Фритекс» (характере изменения динамического момента трения) в начале и в конце испытаний были проведены записи процессов включения муфты сцепления, приведенные на рис. 2, 4, 6 и 8, при непрогретой и

прогретой муфтах сцепления (температура измерялась на корпусе муфты сцепления).

Обозначения, используемые на графиках:

– $n_{вх.в}$, $n_{вых.в}$ – частоты вращения вала приводного электродвигателя и выходного вала муфты сцепления (вала инерционных масс) соответственно;

– T – вращающий момент на выходном (ведомом) валу муфты сцепления.

Интервал опроса параметров при записи процесса включения муфты

сцепления составлял 0,01 с.

Из приведенных графиков видно, что динамический момент трения на выходном валу муфты сцепления был в пределах 450...880 Н·м.

По результатам обработки графиков включения муфты сцепления (см. рис. 2, 4, 6 и 8) построены графики изменения во времени цикловой работы и мощности трения (рис. 3, 5, 7 и 9), из которых видно, что при включении муфты сцепления на стенде на заданных режимах нагружения поглощалась работа трения в пределах 149... 150 кДж.

Суммарное значение работы трения за период испытаний (за 10000 циклов включений муфты сцепления) как для образца № 1, так и для образца № 2

$$L = 150 \cdot 10000 = 1500000 \text{ кДж.}$$

По результатам испытаний, приведенных в табл. 1, средний износ фрикционных накладок ведомого диска муфты сцепления образца № 1 за 10000 включений (циклов) муфты сцепления составил $H_1 = 5,08$ мм. Средний износ фрикционных накладок ведомого диска муфты сцепления образца № 2 за такое же количество включений (циклов) муфты сцепления и при таких же условиях испытаний $H_2 = 4,27$ мм.

Следует отметить, что ни один из представленных на испытания опытных фрикционных материалов не вызвал износа поверхностей трения контртел (маховика и нажимного диска).

Суммарное усилие пружин в диске сцепления после испытаний не изменилось, т. е. осталось в пределах 8900...9000 Н.

Из анализа результатов испытаний следует, что средняя работа трения на единицу линейного износа (на 1 мм) фрикционных накладок ведомого диска муфты сцепления составляет:

– для фрикционных накладок образца № 1

$$L_1 = L/H_1 = 1500000/5,08 = \\ = 295275 \text{ кДж/мм;}$$

– для фрикционных накладок образца № 2

$$L_2 = L/H_2 = 1500000/4,27 = \\ = 351288 \text{ кДж/мм.}$$

Учитывая тот факт, что номинальное значение толщины ведомого диска – 10 мм, а замена фрикционных накладок производится, если толщина диска меньше допустимого предела, равного 6 мм, т. е. линейный износ накладок достигает предельного износа $H_{\max} = 4$ мм, то пороговое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных накладок ведомого диска муфты сцепления, составит [4]:

– для фрикционных накладок образца № 1

$$L_{01} = L_1 \cdot H_{\max} = 295275 \cdot 4 = \\ = 1181102 \text{ кДж;}$$

– для фрикционных накладок образца № 2

$$L_{02} = L_2 \cdot H_{\max} = 351288 \cdot 4 = \\ = 1405152 \text{ кДж.}$$

По результатам испытаний среднее пороговое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных накладок ведомого диска муфты сцепления,

$$L_0 = (L_{01} + L_{02})/2 = \\ = (1181102 + 1405152)/2 = \\ = 1293127 \text{ кДж.}$$

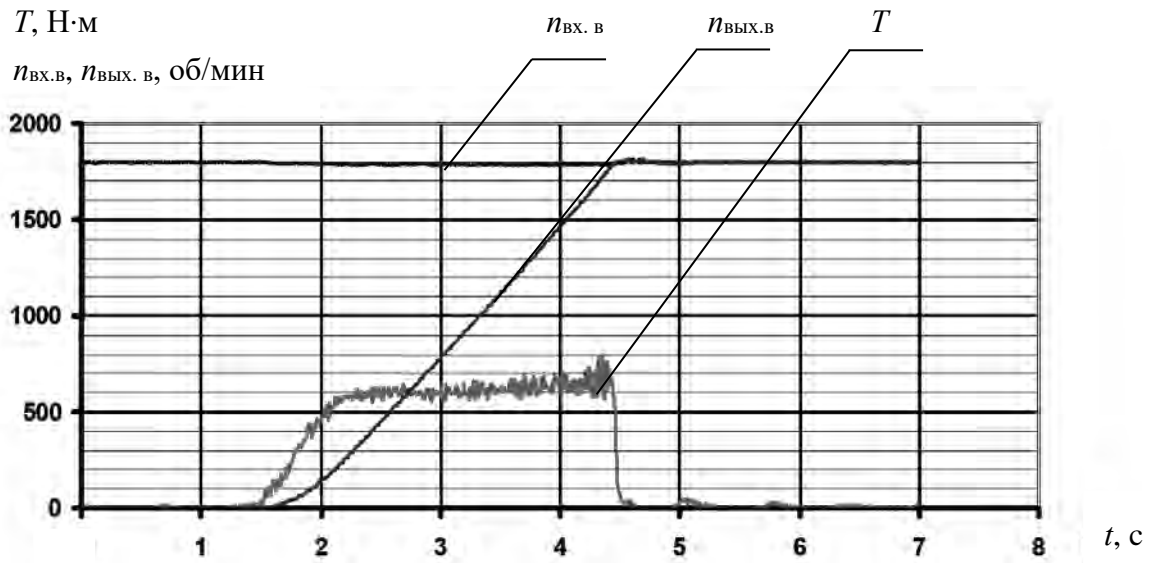


Рис. 2. Процесс включения прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 450 циклов (температура корпуса муфты сцепления ≈ 20 °С)

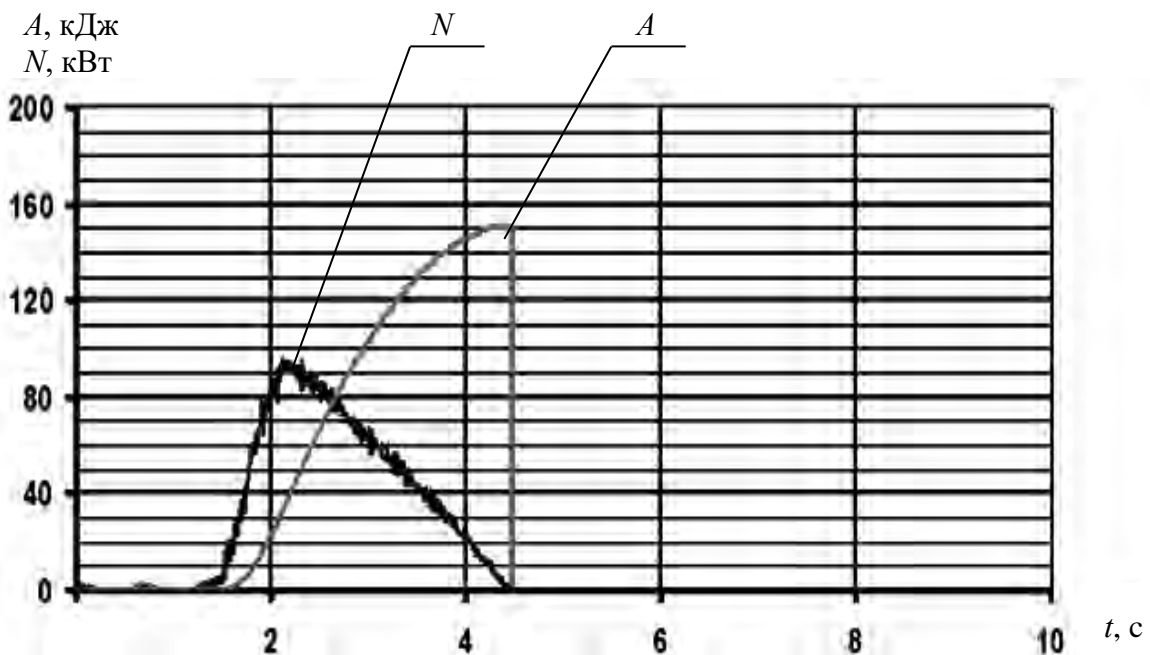


Рис. 3. Графики изменения цикловой работы A и мощности N трения при включении прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 450 циклов (температура корпуса муфты сцепления ≈ 20 °С)

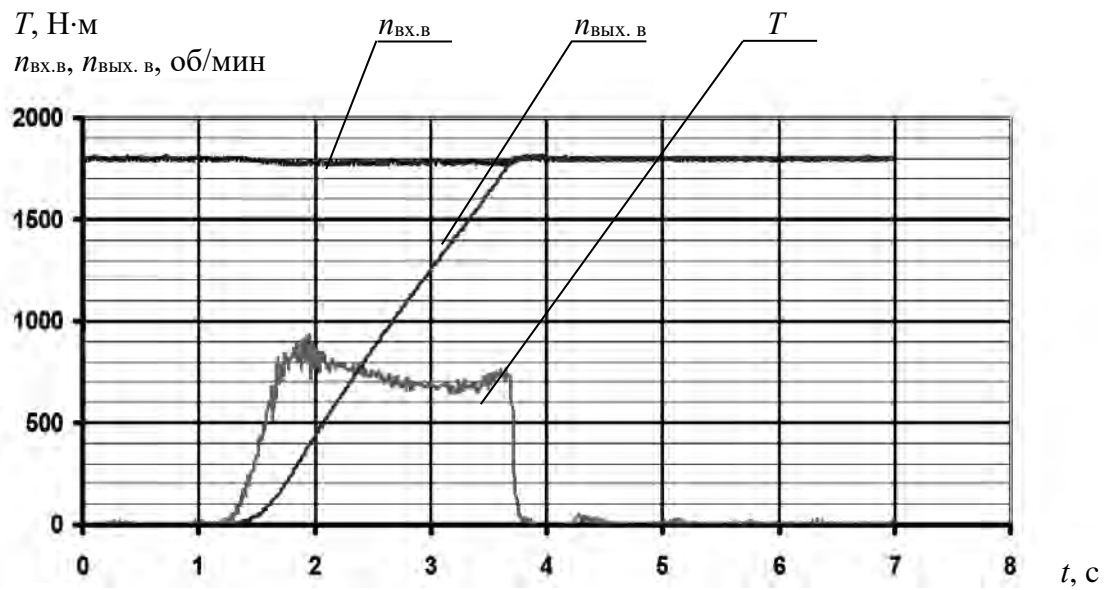


Рис. 4. Процесс включения прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 567 циклов (температура корпуса муфты сцепления $\approx 65^\circ\text{C}$)

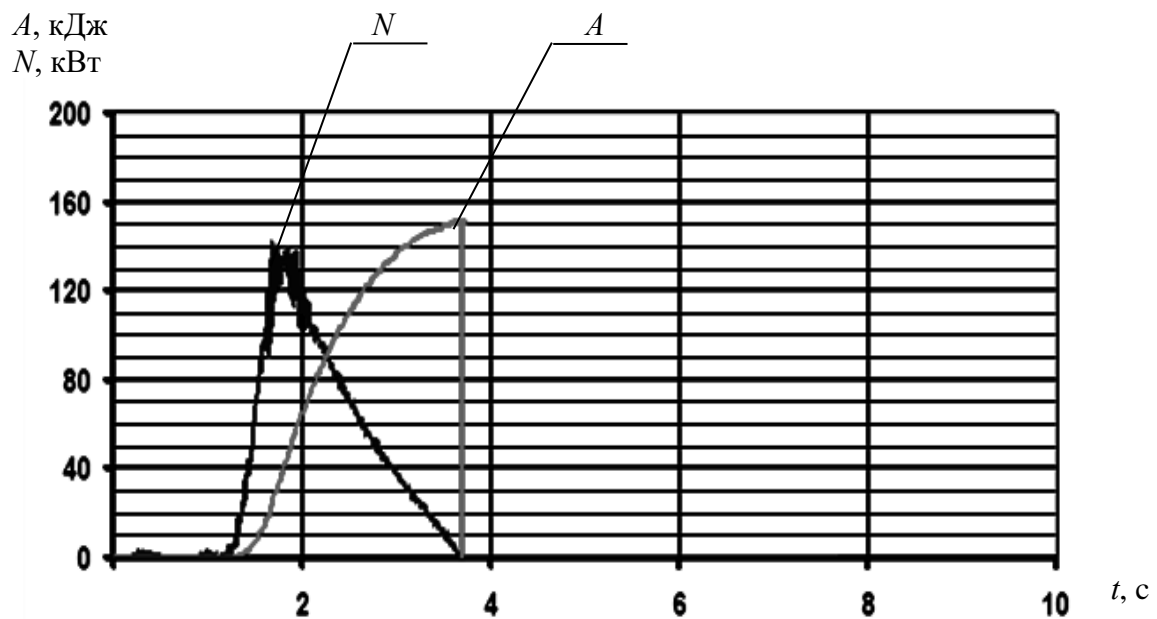


Рис. 5. Графики изменения цикловой работы A и мощности N трения при включении прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 567 циклов (температура корпуса муфты сцепления $\approx 65^\circ\text{C}$)

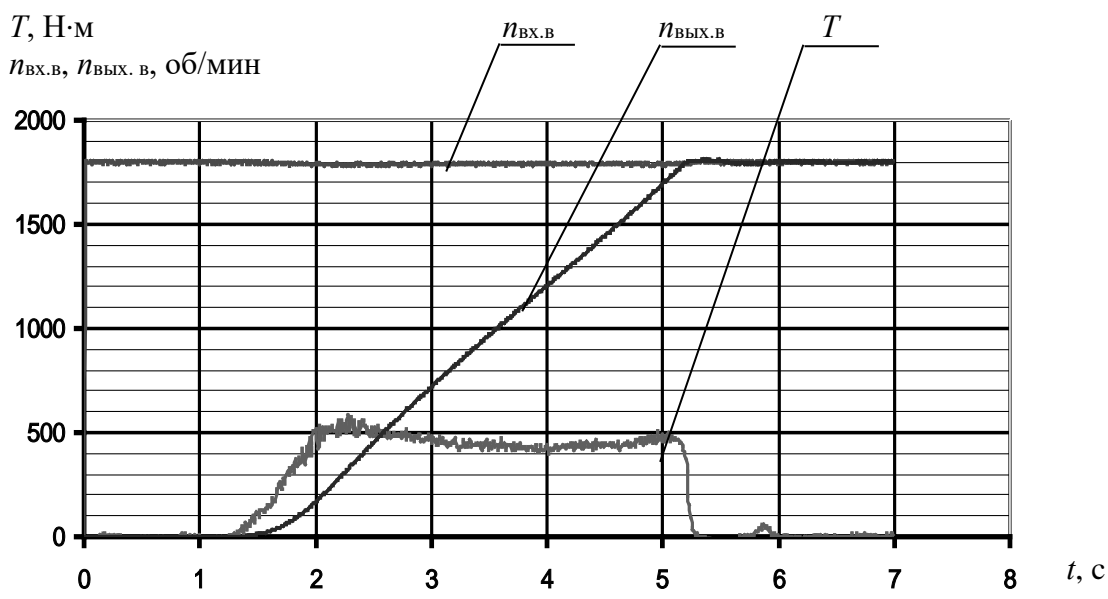


Рис. 6. Процесс включения прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 9272 цикла (температура корпуса муфты сцепления ≈ 20 °С)

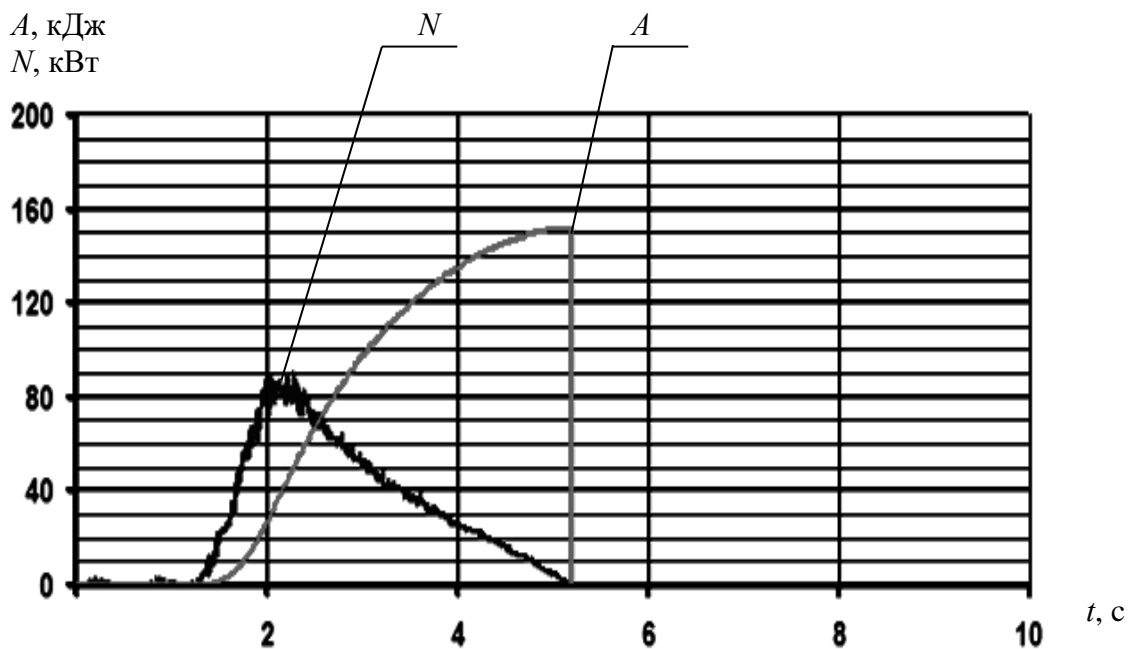


Рис. 7. Графики изменения цикловой работы A и мощности N трения при включении прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 9272 цикла (температура корпуса муфты сцепления ≈ 20 °С)

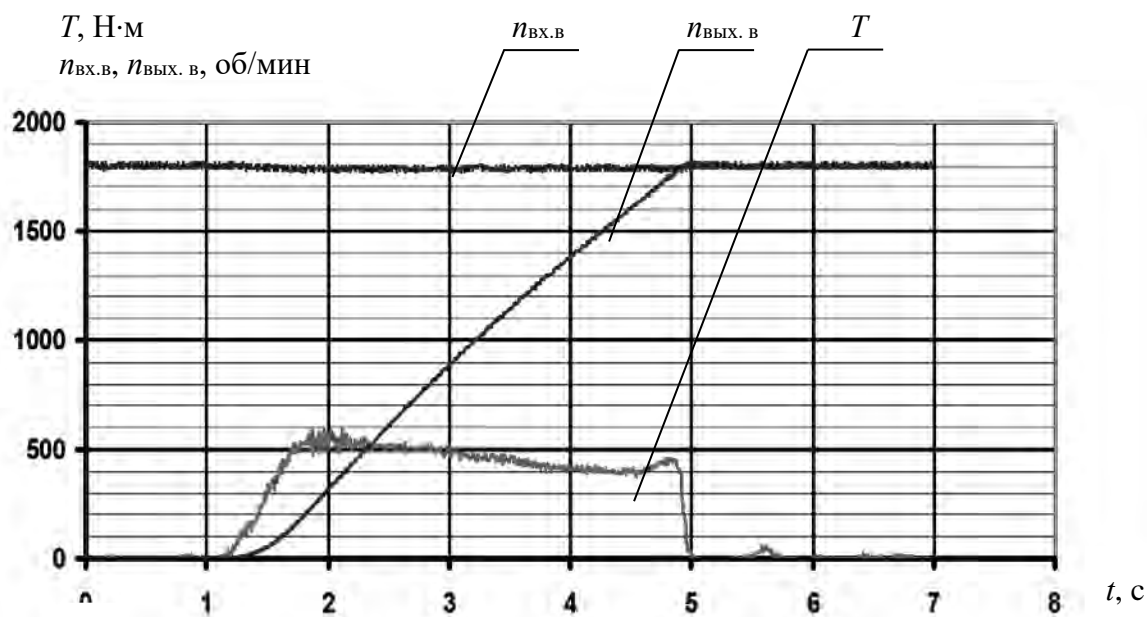


Рис. 8. Процесс включения прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 9477 циклов (температура корпуса муфты сцепления ≈ 65 °С)

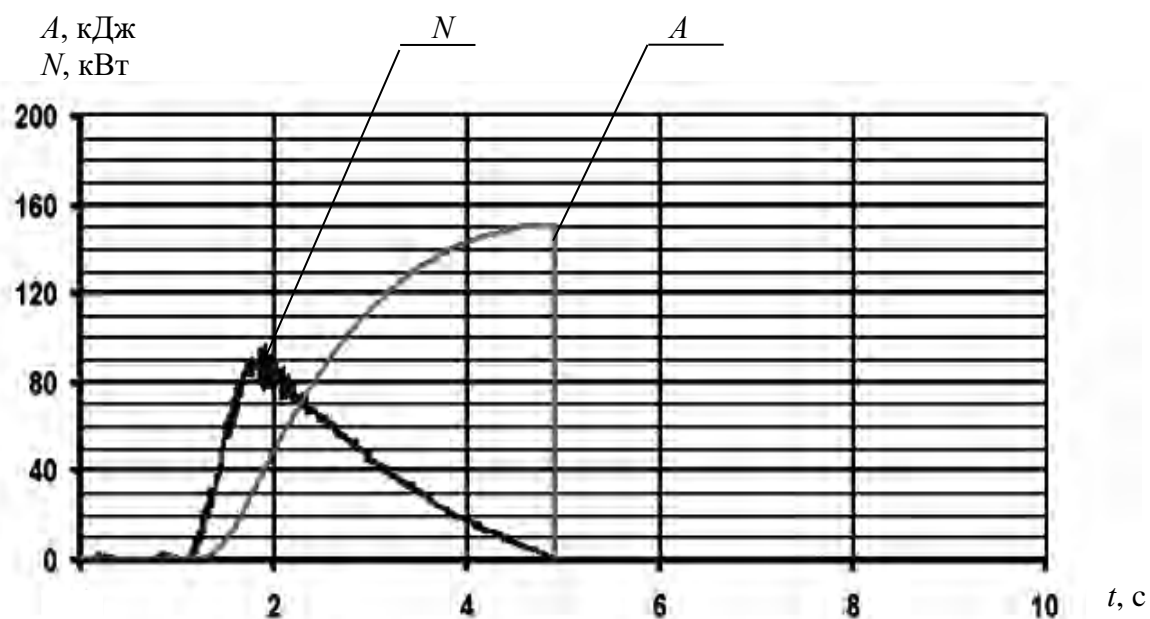


Рис. 9. Графики изменения цикловой работы A и мощности N трения при включении прогретой муфты сцепления с образцом № 1 ведомого диска с накладками производства ОАО «Фритекс» при наработке 9477 циклов (температура корпуса муфты сцепления ≈ 65 °С)

Заклучение

В результате проведенных стендовых испытаний ведомого диска сцепления экспериментальным путем определено пороговое значение работы трения фрикционных накладок ($L_0 = 1293127$ кДж),

соответствующее их предельно допустимому износу, позволяющее прогнозировать выработку ресурса фрикционных накладок ведомого диска сцепления, используя при этом работу трения как интегральный показатель при их бортовом диагностировании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гудвин, Г. К.** Проектирование систем управления / Г. К. Гудвин, С. Ф. Гребен, М. Э. Сальгадо. – Москва: Бином, 2004. – 912 с.: ил.
2. **Мельников, А. А.** Управление техническими объектами автомобилей и тракторов. Системы электроники и автоматики / А. А. Мельников. – Москва: Академия, 2003. – 376 с.: ил.
3. Сцепление транспортных и тяговых машин / И. Б. Барский [и др.]; под ред. Ф. Р. Геккера [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1989. – 344 с.
4. **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 18 сентября 2020 года

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

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