В. И. Карлов, Ю. И. Крыхтин, С. Е. Червонцев

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРЕВА ДЕТАЛЕЙ ДВУХДИСКОВОГО
ОСТАНОВОЧНОГО ТОРМОЗА ЛЕГКОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ
ПРИ РАБОТЕ НА ДИЗЕЛЬНОМ ИНЕРЦИОННОМ СТЕНДЕ***

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: au@vstu.ru

Разработана методика определения нагрева деталей двухдискового остановочного тормоза (ОТ) для механизма передач и поворота (МПП) легкой транспортной гусеничной машины (ГМ) с большой удельной мощностью (свыше 30 л.с./т) при работе на дизельном инерционном стенде.

Ключевые слова: тепловое поле, нагрев, термопара, остановочный дисковый тормоз, скорость скольжения, порошковый спеченный фрикционный материал, дизельный инерционный стенд.

V. I. Karlov, Yu. I. Krykhtin, S. E. Chervoncev

**METHOD FOR DETERMINING HEATING OF DUAL-DISC STOP BRAKE PARTS
OF A LIGHT TRACKED MACHINE WHEN OPERATING ON A DIESEL INERTIA STAND**

Volgograd State Technical University

A method has been developed for determining the heating of parts of a double-disc stopping brake for the gear and turning mechanism of a light transport tracked vehicle with a high specific power (over 30 hp /t) when operating on a diesel inertial stand.

Key words: thermal field, heating, thermocouple, stopping disc brake, sliding speed, powder sintered friction material, diesel inertial stand.

© Карлов В. И., Крыхтин Ю. И., Червонцев С. Е., 2021.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области по проекту № 19-48-340021.

Для определения нагрева в исследовательских целях при длительной работе трущихся деталей тормозных и фрикционных механических устройств МПП легких гусеничных машин используются одиночные термодатчики, устанавливаемые в индивидуальном порядке в определенных местах устройств, которые измеряют температуру в этих точках с некоторой точностью, но не дают достаточного количества данных измерений, необходимых для объективной оценки теплового поля исследуемой детали в зависимости от показателей эксплуатации [1]. Аналогичным образом в исследовательских целях измеряют нагрев деталей при их механической обработке режущим инструментом или нагрев артиллерийских стволов при частой и длительной стрельбе. Так, например, нагрев наружной поверхности ствола измеряется в отдельных точках с помощью термодатчиков, устанавливаемых на поверхности ствола. Нагрев внутренней поверхности ствола со стороны затвора (в начале винтовой нарезки) или дульного тормоза определяется после выстрела с помощью переносных измерительных устройств, а со стороны эжекторного устройства – пирометром.

Разработка методики комплексного определения нагрева всех трущихся деталей дискового ОТ МПП легкой ГМ при испытании новых спеченных порошковых фрикционных материалов на Fe-основе на дизельном инерционном стенде является актуальным вопросом.

Целью работы является разработка методики комплексного определения нагрева корпусных деталей и нажимных дисков двухдискового ОТ МПП легкой ГМ с большой удельной мощностью и большим количеством длительных торможений при работе на дизельном инерционном стенде в одинаковых условиях с большими скоростями скольжения фрикционной пары – спеченный порошковый фрикционный материал сухого трения на Fe-основе типа СМК-80 по комбинированному контртелу – чугун (корпус и крышка)/сталь (нажимные диски).

Новизной исследовательской работы является разработка методики определения нагрева каждой невращающейся детали дискового ОТ с использованием электрических сигналов от термодатчиков типа «хромель-алюмель», расположенных в трех слоях и равнорасположенных по окружности в трех местах на двух радиусах трения – максимальном и среднем.

Рис. 1. Схема ОТ и привода его включения от гидроцилиндра:

1 – вал МПП; 2 – шарики «слезкового» механизма; 3 – корпус тормоза; 4 – диск трения; 5 – диск нажимной; 6 – тяги; 7 – тяга; 8 – стяжная пружина; 9 – зубчатая муфта; 10 – вал торсионный; 11 – двуплечий рычаг; 12 – шток гидроцилиндра; 13 – корпус гидроцилиндра; 14 – пружина; $P_{гн}$ – давление рабочей жидкости в гидроцилиндре; Q – окружное усилие; $P_{ос}$ – осевое усилие; $P_{в}$ – усилие на центральной тяге привода к механизму включения ОТ. Указанные размеры в мм

На инерционном стенде, в котором в качестве инерционных масс по бортам применяется ротор индукторного тормоза (РИТ) [2] с моментом инерции $J_p = 0,225 \text{ кг м}^2$ с двухступенчатым повышающим редуктором на входе в индукторный тормоз, связанным с ведущим валом ОТ (выходным валом двухпоточного пятискоростного МПП), испытывался двухдисковый ОТ [1, 2]. На рис. 1 показана схема ОТ [3, 4] и привода его включения от гидроцилиндра. Привод управления ОТ с шариковым механизмом включения, с механическим и гидравлическим сервированием. В тормозах использовались детали в качестве контртел: 1) диск нажимной левый, правый – сталь 45Х ГОСТ 4543–71, НВ262...371; 2) крышка тормоза левая, правая, корпус левый, правый – чугун СЧ

18-36 ГОСТ 1412–70, НВ 170...229.

Поверхности контртел сплошные, на дисках трения применены секторные накладки со спеченным фрикционным материалом на железной основе типа СМК-80 [5, 6].

Наружный диаметр плоскости трения в ОТ $D_{\text{max}} = 363 \text{ мм}$, средний диаметр плоскости трения $D_{\text{ср}} = 315 \text{ мм}$. Для изготовления накладок использовались чашечные стальные каркасы с покрытием Н18М. Заготовки накладок прошлифованы с рабочей стороны и по каркасам для устранения коробления. Несущие диски имеют плавающие крепления к накладкам.

На рис. 2. показаны места установки термодатчиков, на рис. 3. показаны установки термодатчиков на разных уровнях.

Рис. 2. – Места установки термодатчиков для правого ОТ:
а – корпус; б – левый нажимной диск; в – правый нажимной диск; з – крышка

Рис. 3. Установки термодатчиков на разных уровнях

Запись температуры на нажимных дисках и корпусных деталях правого ОТ, перемещение элемента управления ОТ, числа оборотов входного и выходного вала МПП, давление в силовом гидроцилиндре ОТ, момента на выходном валу правого МПП производилась одновременно на двух осциллографах К 12-22. Запись температуры на нажимных дисках и корпусных деталях тормозов производилась с термодатчиков типа «хромель-алюмель» диаметром 0,3 мм по безусилительной схеме непосредственно на осциллограф.

Термодатчики вваривались серебряным припоем $П_{ср} - 45$ в медные трубки диаметром 5 мм, а трубки вворачивались в детали ОТ.

Испытания по замерам температур проводились в два этапа: первый этап (I) – испытания пар трения одного ведущего диска ОТ; второй этап (II) – испытания пар трения другого ведущего диска ОТ с использованием одного из двух положений переключателя на коммутационной коробке П2-Т5 для каждой пары трения и с использованием соответствующих восемнадцати термодатчиков на каждой из невращающихся деталей, входящих в эту пару.

Разработана методика определения нагрева трущихся деталей ОТ:

1. Определение мест установки термодатчиков на невращающихся деталях ОТ.

2. Разработка конструкции термодатчиков «хромель-алюмель» и установка термодатчиков в трущихся деталях ОТ на разных уровнях (0; 1,5 мм; 3 мм), в разных местах по окружности (0; 120°; 240°), на разных радиусах трения.

3. Подготовка измерительной аппаратуры для записи температуры на нажимных дисках и корпусных деталях ОТ.

4. Проведение штатных силовых испытаний ОТ на дизельном инерционном стенде с одновременным комплексным замером температур на корпусных деталях и нажимных дисках ОТ в одинаковых условиях эксплуатации поочередно для каждой детали в 18 точках.

5. Проведение замеров температуры на трущихся деталях ОТ при штатных силовых испытаниях по этапам I и II с использованием двух положений переключателей на коммутационной коробке П2-Т5 и с получением осциллограмм нагрева деталей.

6. Расшифровка осциллограмм с температурными замерами.

7. Анализ результатов измерений средних температур на поверхности трения на корпусе, крышке и нажимных дисках ОТ при проведении в одинаковых условиях штатных испытаний на стенде в зависимости от режима работы ДВС, номера передачи в МПП, начальной скорости $V_{ск}$ скольжения трущихся деталей, удельной работы трения за одно торможение $W_{уд}$, давления в гидроцилиндре ОТ: $p_{гц} = 0,2; 0,4; 0,8$ МПа, мест установки термодатчиков на поверхности трения и на разных радиусах трения и объемных температур в указанных выше условиях на разных уровнях от поверхности трения деталей для определения температурного градиента и тепловых полей на деталях ОТ.

В таблице представлены результаты измерения температуры на третьей передаче в МПП на максимальном радиусе трения трущихся деталей ОТ при следующих параметрах: давлении в гидроцилиндре ОТ $p_{гц} = 0,8$ МПа, удельном давлении на поверхности трения $q = 0,136$ МПа, $n_{МПП}^{вх} = 2400$ об/мин. На рис. 4 представлены температуры на крышке тормоза при вышеперечисленных параметрах после девяти торможений на разных передачах в МПП.

Температура на деталях ОТ*

Детали с поверхностями трения	$V_{ск}$, м/с	$W_{уд}$, кГ/см ²	N	Температура на деталях ОТ, °C								
				Углы мест установки термодатчиков, градус								
				На поверхности трения			1,5 мм от поверхности трения			3 мм от поверхности трения		
				0	120	240	0	120	240	0	120	240
Крышка	36,8	190,3	9	218	180	171	201	—	160	185	189	—
диск нажимной наружный			12	105	159	116	106	—	106	113	112	102
диск нажимной внутренний			3	74	90	37	57	91	67	69	89	41
корпус			6	56	37	54	21	57	31	30	44	39

* $V_{ск}$ – начальная скорость скольжения; $W_{уд}$ – удельная работа трения (одно торможение); N – число торможений

Рис. 4. Максимальные температуры на крышке тормоза:

а – поверхность трения; б – 1,5 мм от поверхности трения; в – 3 мм от поверхности трения;

α – угол расположения термодатчика; — — — — — средний и — — — — — максимальный радиус поверхности трения; I...III – передачи МПП

Предлагаемая методика количественного определения нагрева всех трущихся невращающихся деталей двухдискового ОТ при работе на дизельном инерционном стенде с использованием электрических сигналов с большого количества термопар типа «хромель-алюмель» позволяет объективно и полноценно оценить тепловую напряженность – нагрев трущихся деталей ОТ в процессе его эксплуатации в МПП ГМ массой 18 т на дизельном инерционном стенде. Методика позволила при штатных испытаниях на дизельном инерционном стенде подтвердить высокую теплостойкость спеченного порошкового фрикционного материала сухого трения на Fe-основе типа СМК-80 на ведущем диске ОТ при работе с высокими скоростями скольжения, с поверхностной температурой фрикционного контакта выше 350 °С. Методика особенно эффективна при большом количестве повторяющихся торможений на высших передачах в МПП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чередниченко, Ю. И.* Испытания автомобильных гидромеханических передач / Ю. И. Чередниченко. – М. : Машиностроение, 1969. – 219 с.
2. *Иогансон, Р. А.* Индукторные тормоза / Р. А. Иогансон. – М. : Энергия, 1966. – 104 с.
3. Тормозные устройства / под редакцией М. П. Александрова. – М. : Машиностроение, 1985. – С. 132.
4. *Труханов, В. М.* Трансмиссии гусеничных и колесных машин / В. М. Труханов, В. Ф. Зубков, Ю. И. Крыхтин, В. Ф. Желтобрюхов. – М. : Машиностроение, 2001. – 736 с.
5. *Крыхтин, Ю. И.* Испытания новых фрикционных изделий сухого трения на Fe-основе для повышения надежности и долговечности работы трансмиссий легких гусеничных машин / Ю. И. Крыхтин, В. И. Карлов // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 9 (232) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 39–42.
6. *Крыхтин, Ю. И.* Спеченные материалы на Fe-основе для фрикционных устройств большой удельной мощности / Ю. И. Крыхтин, В. И. Карлов // Трение и износ. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2020. – Том 41, № 2. – С. 180–187.