

УДК 621.89

ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ФРИКЦИОННУЮ ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ

В. А. БАЛАКИН^а, В. П. СЕРГИЕНКО^{б+}

Рассмотрены существующие методы испытаний материалов на фрикционную теплостойкость и показано, что практическую ценность представляют лишь такие методы лабораторных и стендовых испытаний, которые могут воспроизводить условия работы трущихся пар близкие к натурным. Важная роль отводится измерениям нестационарных температурных полей.

Ключевые слова: трение, износ, фрикционный нагрев, температура, измерение, испытание.

В высокоскоростных и тяжело нагруженных узлах трения коэффициент трения и интенсивность изнашивания зависят от теплового режима работы фрикционных пар (температуры поверхности трения и температурных полей). Температурные распределения в элементах трущихся пар определяются интенсивностью фрикционного тепловыделения, распределением тепловых потоков в области контакта и условиями теплоотдачи в окружающую среду.

При этом

$$q(t) = f(t) p_a v(t), \quad (1)$$

$$q(t) = q_1(t) + q_2(t). \quad (2)$$

Анализ приведенных в табл. 1 данных подтверждает зависимость износа трущихся пар в муфтах сцепления и тормозах от фрикционного тепловыделения, времени работы и, в конечном итоге, от температуры нагрева поверхностей трения. При температурах, достигающих температур разложения и фазовых превращений (плавления, сублимации, испарения) интенсивность изнашивания стремится к значению равному 10^{-5} .

К характерным особенностям работы муфт сцепления и тормозов относятся высокая интенсивность тепловыделения в зоне фрикционного контакта и кратковременность процесса трения (от 0,1—0,4 с при срабатывании сцеплений до 30 с при торможении самолетов). При этом происходит изменение относительной скорости скольжения от максимальной до нуля или до некоторого конечного значения при притормаживании. В условиях нестационарности механических и тепловых процессов коэффициент трения и интенсивность изнашивания трущихся пар изменяются с течением времени (рис. 1).

Для оценки работоспособности фрикционной пары введены специальные коэффициенты [3]:

коэффициент стабильности коэффициента (момента) трения

$$\alpha_{st} = \frac{f_{av}}{f_{max}} = \frac{M_{av}}{M_{max}},$$

коэффициент колебания коэффициента (момента) трения

а Гомельский политехнический институт. Беларусь, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

б Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого Академии наук Беларуси. 246652, г. Гомель, ул. Кирова, 32-а.

+ Автор, с которым следует вести переписку.

Таблица 1. Условия работы фрикционных материалов в различных "сухих" узлах трения [1-9]

Узел трения	E, МДж до	W, МДж/м ² до	q, МВт/м ² до	v, м/с до	p _a , МПа до	t _т , с до	θ, °С до	I _h	K _{вз}
Сцепление мотоцикла	—	4,5	3,0	55	0,10	4	300	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	1,0
Сцепление автомобиля	—	5,0	5,0	30	0,35	6	300	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,9
Сцепление трактора	—	1,5	2,0	30	0,15	4	400	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,9
Тормоз трактора "Беларусь" (МТЗ-2)	0,11	1,0	3,0	10	1,0	4	400	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	1,0
Тормоз автомобиля: колодочный дисковый	1,0	5,0	1,0	10	1,5	4	400	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,7—0,8
	5,0	20	6,0	15	5,0	5	600	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,3—0,6
Тормоз буровой лебедки	4000	25	6,0	12	1,5	4	800	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,7—0,8
Тормоз шагающего экскаватора	3,0	3,0	3,0	10	1,0	4	400	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,7—0,8
Тормоз железнодорожного подвижного состава	5,0	250	35	80	1,0	30	800	10 ⁻⁸ —10 ⁻⁷	0,2—0,4
Авиационный тормоз	25	40	2,5	50	2,5	30	1400	10 ⁻⁷ —10 ⁻⁶	1,0
Ракетный трек: фрикционный тормоз скольжение башмака	25	300	300	600	20	10	1500	10 ⁻⁶ —10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ —10 ⁻²
	—	400	400	2000	10	5	1500	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵ —10 ⁻²

$$\gamma = \frac{f_{\min}}{f_{\max}} = \frac{M_{\min}}{M_{\max}},$$

коэффициент эффективности процесса трения

$$\beta_{\text{eff}} = \frac{\alpha_{st}}{t^2},$$

приведенная эффективность торможения

$$\kappa = \frac{nb_{\text{eff}}}{b} = \frac{n\alpha_{st}}{br^2}.$$

Если α_{st} и γ величины безразмерные, то β_{eff} имеет размерность $1/c^2$, а κ — $1/Mc^2$.

Коэффициенты β_{eff} и κ могут быть полезны лишь при выборе материалов фрикционных пар для одинаковых по назначению конструкций муфт и тормозов.

Под фрикционной теплостойкостью понимается способность пары трения сохранять в условиях фрикционного нагрева заданные значения коэффициента трения и интенсивности изнашивания. Отсюда следует, что испытания материалов на фрикционную теплостойкость должны моделировать близкие к натурным условия фрикционного нагрева и сопровождаться измерениями силы (момента) трения, нормальной нагрузки, линейной (угловой) скорости, износа, температуры поверхности трения (либо приповерхностных слоев толщиной в десятые доли миллиметра) и, по возможности, температурного поля в одном из элементов пары

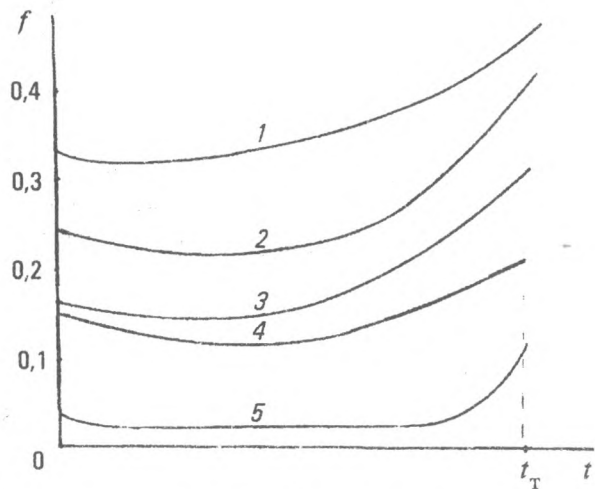
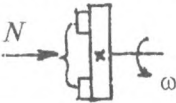
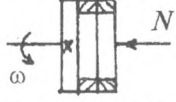
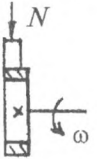
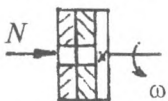
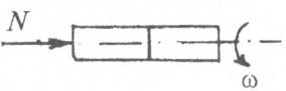
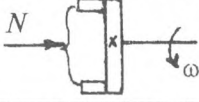
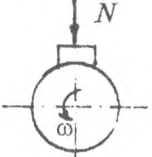


Рис. 1. Зависимости коэффициента трения от времени: 1 — автомобильный тормоз [2, 10]; 2 — муфта сцепления [2, 5]; 3 — железнодорожный тормоз [4, 11]; 4 — авиационный тормоз [6]; 5 — тормоз ракетной тележки (торможение со скоростью 500 м/с)[1]

ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ФРИКЦИОННУЮ ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ

Таблица 2. Условия испытаний на различных машинах трения [1—3, 10—14]

№ схемы	Машина трения	Схема пары трения	$K_{вз}$	v , м/с	p_a , МПа	t_f , с	θ , ° до	Режим трения				
1	СИАМ-2 Россия	3 образца—диск 	0,15	3,7 7,5 14,8	0,1—0,7	3000 1800 1200	120 300 400	стационарный				
2	И-47 (МТФ-1) Россия	кольцо—кольцо 	1,0	от 0,12 до 7,50	до 5	900 1800 2700	1400	стационарный				
3	2168 УМТ Россия	образец—втулка 	0,1— 0,3	до 10								
4		диск—диск 	1	до 30								
5		стержень—стержень 	1	до 3					до 5	любое	1400	стационарный
6		колодки—диск (см. схему 1)	0,1— 0,6	до 30								
7	МДП-1 Россия	3 тонких стержня—диск 	от 0,005 до 0,160	до 25	до 5	любое	до 1400	стационарный				
8	Ранцы-Куна Италия	образец—диск 	0,057	2,25 3,50 5,00	до 1,9	от 2520 до 4920	255 325 365	стационарный				
9	Ранцы-ЛРЧ Италия	3 образца—диск (см. схему 1)	0,015	11,3	2,60	до 10	от 320 до 480	нестационарный (торможение)				
		кольцо—кольцо (см. схему 2)	1,000	10,2	0,72							
10	Джиз. Д4411- 1971 Япония	2 колодки—диск (см. схему 1)	0,53	7,0	1,0	600	100 150 200 250 300 350	стационарный с искусственным подогревом				
11	М-9 США	образец—барaban (см. схемы 3, 8)	0,03	до 6,0	до 1,05	до 10	до 300	многократные торможения				

трения. Испытания материалов на фрикционную теплостойкость проводятся на лабораторных установках (табл. 2), инерционных стендах (табл. 3), а также в процессе эксплуатации машин.

Таблица 3. Условия испытаний на инерционных стендах [2, 3, 10, 15]

Инерционный стенд	Схема пары трения	v , м/с до	p_a , МПа до	t_r , с до	θ , °С до	Режим трения
ИМ-58 Россия	колодки—диск диск—диск	20	5	900 10	1000	стационарный повторно-кратковременный нестационарный
ИМАШ Россия	колодки—диск диск—диск	100	20	— 30	1200	стационарный нестационарный
МИФИ-2 Украина	диск—диск	80	5	30	—	нестационарный
“Гирлинг” Англия	колодки—диск	20	5	— 30	1000	стационарный нестационарный
ИС-1 Украина	колодки—диск диск—диск лента—барабан	50	6	— 30 —	1000	повторно-кратковременный нестационарный стационарный
МТЗ Беларусь	диск—диск	25	1	— 4	400	повторно-кратковременный нестационарный
ИС Украина	колодки—диск диск—диск	50	5	— 30	1000	повторно-кратковременный

Как видно из табл. 2, условия испытаний на лабораторных установках отличаются друг от друга коэффициентом взаимного перекрытия трущихся пар, режимом трения (стационарный, нестационарный, с искусственным подогревом), различными скоростями, давлениями и продолжительностью фрикционного контакта. В соответствии с этим обычно наблюдается большое разнообразие экспериментальных зависимостей (рис. 2) [3].

От коэффициента взаимного перекрытия трущихся пар зависят процессы теплопереноса на скользящем контакте и теплообмена узла трения с окружающей средой. Применение методов, использующих искусственный подогрев зоны трения и продолжительное время фрикционного контакта (табл. 2, схемы 1, 2, 3) может быть обосновано лишь идеологией ускоренных испытаний. Однако их результат по фрикционным характеристикам: коэффициенту трения и интенсивности изнашивания — может значительно отличаться от аналогичных характеристик материалов, полученных в условиях работы натуральных узлов трения. Это объясняется различными особенностями теплового режима работы трущихся пар в лабораторных и натуральных условиях. Характер изменения температуры поверхности трения и температурных полей в совокупности с продолжительностью действия и его многократностью влияет на структурную приспособляемость поверхностных слоев к фрикционному нагреву, а, следовательно, и на их физико-механические и триботехнические свойства.

Таким образом, практическую ценность представляют лишь такие методы лабораторных испытаний, при которых могут воспроизводиться условия работы трущихся пар, близкие к натурным.

Из представленных в табл. 2 установок выгодно по сравнению с другими отличается машина трения 2168 УМТ. Она позволяет после модернизации проводить испытания натуральных конструкций муфт сцепления и тормозов при постоянной скорости скольжения с однократным либо многократным фрикционным контактом, моделирующим условия их работы, возникающие, например, при движении автомобиля по улице с интенсивным движением и большим количеством светофоров, либо по горной дороге. Натурные режимы работы муфт и тормозов (экстренные и повторно-повторяющиеся торможения) можно

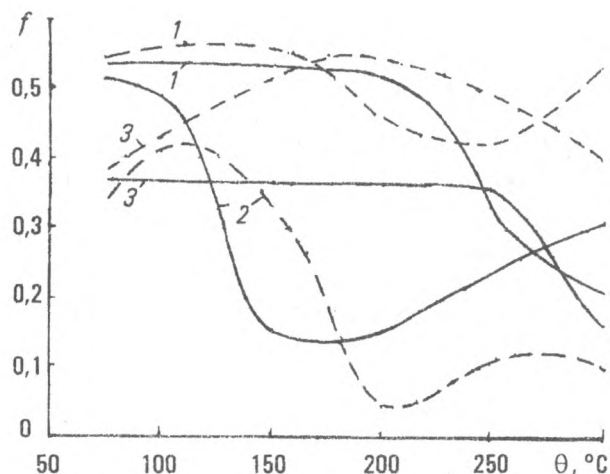


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения асбофрикционных материалов в паре с чугуном С415 от температуры, полученные на установках И-47 (сплошные линии) и СИАМ-2 (штриховые): 1 — 6 КХ-15; 2 — 7 КХ-34; 3 — ФК-16Л

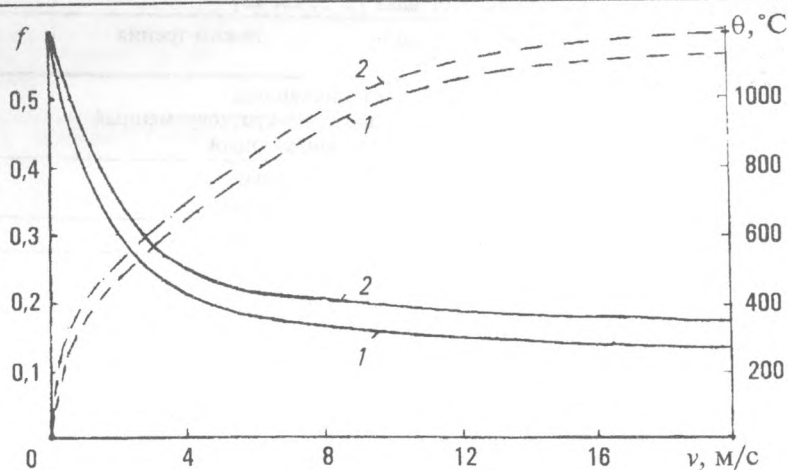


Рис. 3. Зависимости коэффициента трения (сплошные линии) и температуры (штриховые) от скорости скольжения при испытании металлокерамики ФМК-11 по чугуну 4НМХ в газовых средах: 1 — воздух, 2 — азот

воспроизводить на инерционных стендах (табл. 3). Стенд ИМ-58 предназначен для модельных испытаний фрикционных пар. Стенд ИМАШ спроектирован для испытаний фрикционных пар в колодочных, дисковых, камерных, ленточных тормозах и муфтах как в стационарном, так и нестационарном режимах трения. Работа трения за одно торможение на нем может достигать 10 МДж. Стенд МИФИ-2 создан для

испытаний натуральных фрикционных дисков различных размеров в условиях как трения без смазки, так и с ней. Инерционный стенд ИС-1 предназначен для испытаний дисковых, камерных, колодочных, ленточных тормозов, фрикционов и муфт сцепления с работой трения за одно торможение до 26 МДж. Машина “Гирлинг” аналогична по конструкции стенду ИМ-58. На стенде МТЗ проводятся испытания дисковых тормозов к тракторам Беларусь (МТЗ 50/52/80/82/100/102), а также муфт сцепления. На инерционном стенде ИС испытываются колодочные и дисковые тормоза автомобилей, тракторов, железнодорожного подвижного состава.

Измерения температуры при трении производится с помощью термопар [15]. В соответствии с ГОСТ Р 50507—93, ГОСТ 1786—88 и ТУ 38.114458-94 температура поверхности трения измеряется термоэлектрическими преобразователями, расположенными в отверстиях. При этом спай термопар устанавливается на расстоянии 1 мм от поверхности трения. Такой способ установки позволяет с достаточной точностью регистрировать температуру лишь при достаточно длительных стационарных режимах трения. На рис. 3 для примера приведены типичные результаты экспериментов, полученные на машине трения И-47 при постоянных скоростях скольжения, а также при $p_a = 1,5$ МПа и $t_T = 30$ мин [7]. Отсюда видно, что с увеличением температуры коэффициент трения уменьшается.

В условиях кратковременных процессов трения установка термопар в соответствии с ГОСТ Р 50507—93 и ГОСТ 1786—88 дает большие динамические погрешности изменений температур. Эти погрешности обусловлены наличием термического сопротивления в зоне контакта спай термоэлектрического преобразователя — деталь.

Режим работы тормоза имеет ряд особенностей, подтверждаемых результатами испытаний на инерционных стендах [2—4, 7]. В процессе фрикционного торможения обычно $N = \text{const}$, однако площадь фактического контакта несколько возрастает с течением времени. Изменение площади контакта связано с возникновением в парах трения термоупругих напряжений и деформаций, зависящих от температуры и температурных градиентов. В начале фрикционного контакта наблюдаются резкий подъем температуры поверхности трения и, соответственно, наибольшие значения температурных градиентов. К концу процесса торможения происходит выравнивание температуры по толщине трущихся пар, снижение термонапряжений, уменьшение относительной скорости скольжения, интенсивности тепловыделения и температуры поверхности трения, увеличение момента сил трения (рис. 4). Следствием фрикционного нагрева деталей тормозов является их коробление, усадка, появление трещин, изменение структуры, фазового, химического состава и свойств поверхностных слоев, нестабильность коэффициента трения и неравномерность износа. Таким образом, измерению температуры поверхности трения и температурных полей хотя бы в одном из элементов пары трения (проще в неподвижном) при испытаниях материалов на фрикционную теплостойкость должно уделяться важное внимание.

Очень трудным и зачастую неопределенным вопросом при расчете нестационарных температурных полей является распределение тепловых потоков между трущимися телами. Между тем, результаты измерений температурных полей несут информацию об аккумулярованной телом (например, фрикционной колодкой или диском) теплоте и тепловых потоках. Теплота, аккумулярованная колодкой (диском) за время t в процессе торможения определяется выражением

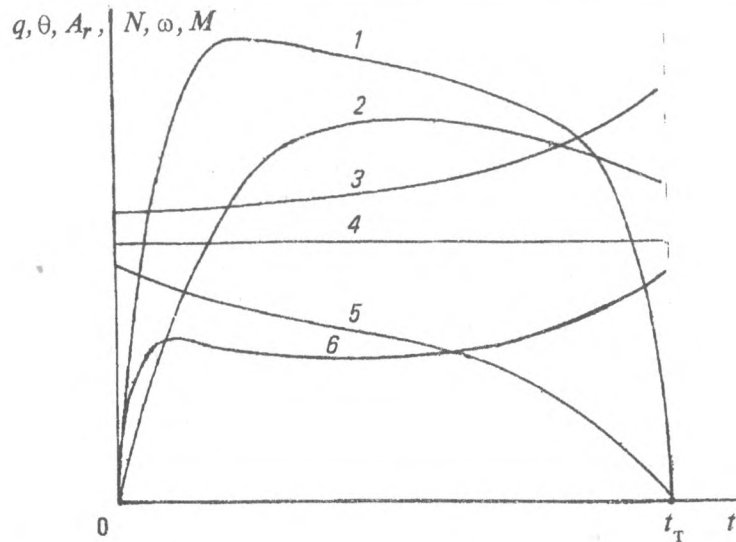


Рис. 4. Зависимости теплофизических и триботехнических параметров от времени: 1 — $q(t)$; 2 — $\theta(t)$; 3 — $A_r(t)$; 4 — $N(t)$; 5 — $\omega(t)$; 6 — $M(t)$.

$$Q_{ac}(t) = c\rho A_a \int_0^b [\theta^*(z, t) - \theta_0] dz = c\rho A_a \Omega(t). \quad (3)$$

Формула (3) позволяет определить количество теплоты, прошедшее через сечение $Z = 0$ колодки (накладки, диска).

Следовательно, средний удельный тепловой поток через сечение $Z = 0$ за время t равен

$$q_{1av}(t) = \frac{Q_{ac}(t)}{A_a t} = \frac{c\rho \Omega(t)}{t}. \quad (4)$$

Зная $q_{1av}(t)$ можно определить и $q_1(t)$, поскольку $q_{1av}(t) = \frac{\int_0^t q_1(t) dt}{t}$.

При решении уравнения теплопроводности $q_1(t)$ является граничным условием второго рода. Если известно тепловыделение $q(t)$ (см. ф-лу (1)) и тепловой поток $q_1(t)$, то из уравнения (2) легко определяется и тепловой поток $q_2(t)$.

Методика измерений нестационарных температурных полей, аккумулярованной теплоты, тепловых потоков и теплофизических свойств материалов отработана в условиях испытаний тонких цилиндрических образцов на высокоскоростных дисковых машинах трения [16—22]. При контакте торцом тонкого образца с вращающимся диском и при интенсивном фрикционном нагреве фактическая площадь касания образца близка к номинальной. Иная картина наблюдается во время испытаний натуральных конструкций муфт и тормозов. Под действием интенсивного фрикционного нагрева, высоких температур и температурных градиентов в зоне трения возникают горячие зоны. Горячие зоны вследствие износа, термоупругих и термопластических деформаций поверхностных слоев могут перемещаться по поверхности трения [1—3, 21]. Это обуславливает необходимость в процессе испытаний материалов на фрикционную теплостойкость проводить измерения нестационарных температурных полей в трех-четырёх местах колодки (накладки, диска). Среднее распределение температуры по толщине фрикционного элемента пары трения $\theta^*(z, t)$ используется в дальнейших расчетах: ф-лы (3,4). Износ образцов, колодок, накладок, дисков определяется измерением толщины изношенного слоя или методом взвешивания. Для его количественной оценки используются следующие понятия интенсивностей изнашивания: $I_h = h/S$ — линейная интенсивность изнашивания; $I_w = h/E$ — энергетическая интенсивность изнашивания.

Удобнее пользоваться безразмерной I_h . В узлах трения I_h может изменяться на 12 порядков: от 10^{-14} (газо- и гидродинамическое трение) до 10^{-2} (жесткий режим абразивного изнашивания).

В странах СНГ машины трения и инерционные стенды территориально находятся: в "НИИАТИ" фирма "ТИИР" (Россия, г. Ярославль): СИАМ-2, МТФ-1, стенд типа ИМ-58; в Институте машиноведения РАН (г. Москва): ИМ-58, стенд ИМАШ; в Институте проблем материаловедения НАН Украины (г. Киев): МИФИ-1, МИФИ-2; на Краматорском заводе тяжелого станкостроения (Украина): ИС-1; на Белоцерковском заводе АТИ (Украина): ИС; на Минском тракторном заводе (Беларусь): стенд МТЗ; на заводе Гомсельмаш (г. Гомель, Беларусь): 2168 УМТ. Обладая в совокупности мощными потенциальными возможностями для испытаний самых разнообразных конструкций муфт и тормозов, машины трения и стенды оказались территориально разобщенными. В настоящее время лишь АООТ "НИИАТИ" фирма "ТИИР" и Белоцерковский завод АТИ обладают правом испытаний фрикционных пар с выдачей сертификата качества на новые фрикционные материалы.

Заключение. В результате выполненного анализа состояния вопроса по испытаниям материалов на фрикционную теплостойкость можно сделать следующие выводы.

1. Практическую ценность представляют лишь такие методы испытаний, которые могут воспроизводить условия работы трущихся пар близкие к натурным [23].
2. Многократный повторно-повторяющийся фрикционный контакт целесообразно моделировать на машине трения с постоянной частотой вращения одного из элементов пары трения. Режимы экстренного (или повторно-повторяющегося) торможения — воспроизводить на инерционных стендах.
3. Испытания теплофизических свойств материалов в условиях интенсивного фрикционного нагрева удобно проводить на высокоскоростных дисковых машинах трения.
4. Испытания материалов на фрикционную теплостойкость, наряду с определением силы (момента) трения, нормальной нагрузки, частоты вращения, износа, должны сопровождаться и измерениями температуры поверхностных слоев и температурных полей.

Обозначения

$f_{\max}, f_{\min}, f_{av}$ — максимальный, минимальный и средний коэффициенты трения; f — коэффициент трения; t — время; t_T — полное время фрикционного контакта; p_a — давление на номинальную площадь контакта; A_a, A_r — номинальная и фактическая площади контакта; v — скорость; q — интенсивность тепловыделения; q_1, q_2 — удельные тепловые потоки в тело и контртело; q_{1av} — средний удельный тепловой поток; M — момент трения; $M_{\max}, M_{\min}, M_{av}$ — максимальный, минимальный и средний моменты сил трения; b — толщина фрикционного элемента; n — число одинаковых торможений; E — кинетическая энергия, поглощаемая одним тормозом; W — удельная работа торможения; θ — температура; θ^* — средняя температура; θ_0 — начальная температура; z — координата по нормали к поверхности трения; N — нормальная нагрузка; w — частота вращения; Q_{ac} — аккумулированная теплота; $\Omega(t)$ — площадь под температурной кривой; h — линейный износ; S — путь трения; c, ρ — теплоемкость и плотность, $K_{вз}$ — коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар.

Литература

1. Балакин В. А. Трение и износ при высоких скоростях скольжения. Москва: (1980)
2. Федорченко И. М., Ровинский Д. Я., Шведков Е. Л. Исследование материалов для тормозных и передаточных устройств. Киев: (1976)
3. Зиновьев Е. В., Чичинадзе А. В. Физико-химическая механика трения и оценка асбофрикционных материалов. Москва: (1978)
4. Пыжевич Л. М. Расчет фрикционных тормозов. Москва: (1964)
5. Борисов С. М. Фрикционные муфты и тормоза строительных и дорожных машин. Москва: (1973)
6. Чупилко Г. Е. Температура нагрева тормозного авиаколеса в процессе торможения и последующего остывания // Сухое и граничное трение. Фрикционные материалы. Москва, 2 (1960), 233—245
7. Германчук Ф. К. Долговечность и эффективность тормозных устройств. Москва: (1973)

8. **Зельцерман И. М., Каминский Д. М., Оношко А. Д.** Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин. Москва: (1965)
9. **Зверев И. И., Коконин С. С.** Проектирование авиационных колес и тормозных систем. Москва: (1973)
10. **Васильев И. И.** Методы проведения стендовых испытаний автомобильных тормозных накладок // Трение, износ и методы испытаний асбофрикционных материалов. Ярославль (1973), 28—31
11. **Исследование** автоматических тормозов // Труды ВНИИЖД, 255 (1957)
12. **Испытание** материалов на фрикционную теплостойкость. РТМ-60. Москва: (1960)
13. **Brake lining** for automobiles. JIS D 441 (1971)
14. **Wilson A. J., Belford W. G., Bowsher G. T.** Testing machines for scale brake installations // Engineer (1968), № 2, 317—323
15. **Панаиоти И. И., Ровинский Д. Я., Федорченко И. М.** Инерционный стенд ИС-1 для испытаний натуральных фрикционных устройств // Вестник машиностроения (1968), № 12, 50—52
16. **Балакин В. А., Переверзева О. В.** Метрологические основы измерений нестационарных температурных полей при трении // Трение и износ, 14 (1993), № 6, 1072—1081
17. **Балакин В. А.** Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний триботехнических свойств материалов при высоких скоростях скольжения. Методические рекомендации МР 219-86. Москва: (1986)
18. **Балакин В. А.** Высокоскоростные установки для определения триботехнических свойств материалов // Трение и износ, 10 (1989), № 5, 938—944
19. **Балакин В. А., Переверзева О. В.** Определение теплоинерционных свойств материалов в условиях кратковременного фрикционного нагрева // Трение и износ, 11 (1990), № 2, 233—239
20. **Переверзева О. В., Балакин В. А.** Теплофизический аспект режима приработки // Трение и износ, 13 (1992), № 4, 740—745
21. **Переверзева О. В., Балакин В. А.** Распределение теплоты между трущимися телами // Трение и износ, 13 (1992), № 3, 507—515
22. **Balakin V. A.** Formation and distribution of heat in the frictional contact zone under conditions of non-stationary heat exchange // Wear, 72 (1981), 133—141
23. **Костерин Ю. М.** Некоторые методические вопросы испытаний автомобильных тормозных накладок // Расчет и испытание фрикционных пар. Москва: (1974), 71—78

Поступила в редакцию 10.04.96.

Balakin V. A., Sergienko V.P. **Frictional heat resistance tests of materials.**

Methods of material tests on thermal friction are analysed. Practical value have methods modeling the real service conditions of friction unit. The technique of determining frictional heat generation, heat transfer and thermal conductivity of materials are described.