

ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСМИССИОННЫХ МУФТ И ТОРМОЗОВ

Работоспособность трансмиссионных многодисковых муфт и тормозов существенно зависит от степени нагрева поверхностей трения, которая обуславливается временем и работой буксования узла трения, теплофизическими свойствами фрикционных материалов, конструктивными параметрами дисков.

Целью проведенных исследований являлось определение закономерности изменения средней поверхностной температуры дисков в процессе однократного включения от времени и работы буксования, а также выбор оптимального времени для минимального нагрева фрикционных элементов автотракторных сцеплений, фрикционов гидромеханических и автоматических коробок передач и механизмов поворота тракторов.

При граничном трении экспериментально установлено необходимое время буксования (около 3 с). Жидкостное охлаждение поверхностей трения при опыте обусловило увеличение этого времени. Полученные результаты исследований не удовлетворяли расчету муфт и тормозов с полусухим и сухим трением или другим расходом жидкости. Кроме того, полученное время буксования необходимо было уточнить в соответствии с условием нагрева сопряженного с фрикционными накладками диска пары трения. В рассматриваемых узлах чаще всего применяются фрикционные накладки из металлокерамики типа МК-5.

В литературных источниках [1–3] для этого материала приводятся противоречивые значения коэффициента теплопроводности, различающиеся в 2–2,5 раза. Это вызывает ряд сложностей при решении поставленной задачи, например, при идентификации экспериментальных и расчетных данных по нагреву элементов трения; сравнении результатов расчета средней поверхностной температуры различными методами и т.п.

Действительно, коэффициент теплопроводности зависит от температуры вещества, его влажности, плотности, а также от некоторых других факторов. Особенно сложным является определение этого коэффициента для композиционных материалов (например, для металлокерамики) из-за допустимой в определенных пределах переменности состава исходных компонентов и способа их изготовления.

Таким образом, на первом этапе работы возникла необходимость уточнения коэффициента теплопроводности металлокерамики $\lambda_{МК}$. С этой целью сравнивались данные измерений и расчетов (для разных $\lambda_{МК}$) температуры дисков. При достаточном совпадении результатов определялось приемлемое значение коэффициента $\lambda_{МК}$.

Экспериментальные исследования проводились на инерционном стенде с серийной фрикционной муфтой типа БелАЗ в соответствии с методикой, описанной в работе [4]. Муфта испытывалась в широком диапазоне эксплуата-

онных и экстремально возможных режимов. При этом учитывались конструктивные особенности стэнда и работоспособность муфты, которая не испытывалась в условиях длительного буксования, сопровождающегося сгоранием масляной пленки и повышенным износом дисков. При включении/выключении муфты регистрировались следующие параметры процессов буксования: момент трения; скорость скольжения дисков; температуры дисков; тепловой поток, возникающий при трении фрикционных дисков; давление в системе. Во время испытаний измерялась средняя поверхностная температура стального и температура стальной основы металлокерамического дисков, поскольку измерение поверхностной температуры металлокерамического диска было затруднено.

На рис. 1 приведены графики изменения поверхностной температуры стального диска, полученные с помощью различных методов при условиях: давление жидкости в бустере 0,6 МПа, начальная скорость скольжения 120 рад/с. Графики обнаруживают достаточную сходимость с экспериментом. Поэтому для теоретических исследований был принят метод конечных разностей (метод теплового баланса) [5]. Этот метод обеспечивает одновременное определение всего температурного поля и скоростей изменения температуры в диске при его двустороннем нагреве, с учетом эффективной глубины проникновения тепла.

Испытания муфты в режиме выключения длительностью 0,2–0,3 с, показав-

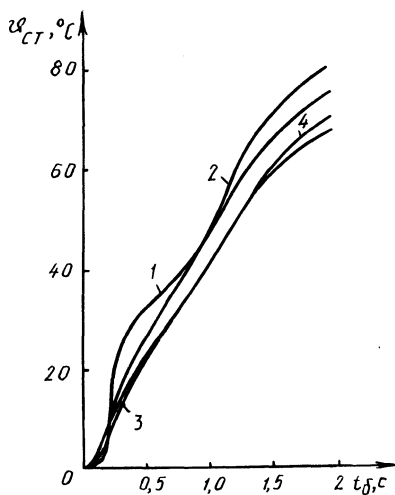


Рис. 1. Сравнение некоторых методов определения средней поверхностной температуры дисков: 1 — эксперимент; 2, 3, 4 — расчет соответственно по методам конечных разностей, ИМАШ АН СССР, ГСКБ МТЗ.

Таблица 1

Влияние коэффициента $\lambda_{\text{МК}}$ на нагрев дисков

Скоростной и нагрузочный режимы	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{МК}}$, кВт/м·°С	Температура дисков, °С					
		расчет				эксперимент	
		$\nu_{\text{ст max}}$	$\nu_{\text{ст ср}}$	$\nu_{\text{МК max}}$	$\nu_{\text{МК ср}}$	$\nu_{\text{ст max}}$	$\nu_{\text{МК ср}}$
120 рад/с 0,8 МПа	0,0155	27,6	26,9	21,0	11,8	23,5	8,5
	0,0295	24,2	23,4	20,1	15,2		
	0,0378	23,5	22,5	19,9	14,2		
140 рад/с 0,7 МПа	0,0155	83,9	83,6	41,2	35,1	81,2	33,5
	0,0295	73,2	72,9	48,4	43,2		
	0,0378	68,3	68,0	50,9	47,8		

ли, что нагрев дисков составляет всего 3–5 °С. Это значительно меньше, чем в процессе включения. Наибольшая удельная работа буксования муфты при ее выключении достигала 200–300 кДж/м², а при включении — 7000–8000 кДж/м². Поэтому нагрев фрикционных элементов при включении не учитывался.

Как видно из табл. 1, коэффициенты $\lambda_{\text{МК}}$ значительно отличаются один от другого. Коэффициент теплопроводности стального диска принят постоянным при всех значениях $\lambda_{\text{МК}}$ и равен 0,0436 кВт/м·°С. В сравнении с коэффициентом теплопроводности металлокерамики, указанным в работе [3], их различие составляет 12%. Высокие значения $\lambda_{\text{МК}}$ вызывают перераспределение тепловых потоков в диски и увеличение доли тепла, поступающего в диск с накладками. Способность к тепловому насыщению у такой металлокерамики возрастает в 1,6 раза и фактически становится такой же, как у стали. Следовательно, нагрев одного диска должен незначительно отличаться от нагрева другого.

В соответствии с рекомендуемыми коэффициентами $\lambda_{\text{МК}}$ были определены максимальные температуры на поверхностях $\nu_{\text{стmax}}$ и $\nu_{\text{МКmax}}$ дисков и в их серединах $\nu_{\text{стср}}$ и $\nu_{\text{МКср}}$ (табл. 1). Оказалось, что при относительно малой работе трения (120 рад/с; 0,8 МПа) из-за существенного разброса экспериментальных данных трудно определить влияние коэффициента теплопроводности металлокерамики на нагрев узла трения. При относительно большой работе трения муфты экспериментальные значения температуры близко совпадают с расчетными значениями для фрикционных накладок с коэффициентом $\lambda_{\text{МК}} = 0,0155$ кВт/м·°С [1].

Большую погрешность при измерении и расчете температур дисков вносит влияние коэффициента взаимного перекрытия ψ . При граничном трении этот коэффициент является переменным параметром и зависит от площади фактического контакта поверхностей трения. Следовательно, оценка правильности выбора коэффициента теплопроводности будет определяться точностью коэффициента ψ . Поскольку какая-либо методика расчета искомой функции коэффициента взаимного перекрытия отсутствует, то будем учитывать верхние границы ψ , которые обусловлены типом канавок на поверхности металлокерамики. Известно, что значение этого коэффициента для муфт гидромеханических передач составляет 0,4–0,7. Для фрикционных муфт БелАЗ с "вихревыми" канавками коэффициент ψ равен 0,7. Как установлено на Кировском тракторном заводе, в отдельных случаях площадь фактического контакта поверхностей трения может составлять 10–30% от номинальной ($\psi = 0,1$).

Результаты сравнительных исследований при различных ψ приведены в табл. 2. При расчетах значение $\lambda_{\text{МК}}$ принято равным 0,0155 кВт/м·°С (как вероятно, правильное). Испытания муфты проводились при давлении 0,8 МПа. Уменьшение коэффициента взаимного перекрытия вызывает естественное повышение нагрева дисков. Причем для значений $\psi = 0,4–0,7$, расчетные и экспериментальные данные различаются незначительно. Следует отметить, что при малой длительности буксования и большой интенсивности тепловыделения уменьшение площади фактического контакта более значительно и не является стабильным из-за наличия релаксационных колебаний фрикцион-

Влияние коэффициента ψ на нагрев дисков

Скоростной режим, рад/с	Коэффициент перекрытия ψ	Температура дисков, °С		
		расчет		эксперимент
		$\nu_{\text{МК max}}$	$\nu_{\text{МК ср}}$	
140	0,1	70,2	28,4	20,1
	0,4	34,1	25,6	
	0,7	28,6	23,1	
160	0,1	86,7	30,1	24,3
	0,4	39,4	24,3	
	0,7	35,1	22,2	

ных дисков. Полученные результаты свидетельствуют о том, что для фрикционных элементов из металлокерамики МК-5 значение коэффициента теплопроводности достаточно точно определено в работе [1] .

Учитывая изложенное, были построены зависимости максимальных температур фрикционных дисков от времени и работы буксования муфты (рис. 2), без учета ее охлаждения. Представленные графики являются иллюстрацией того, что при постоянном уровне теплообразования с увеличением времени буксования t_b можно установить степень минимального нагрева дисков. Причем степень нагрева будет определяться работой буксования, плотностью материала и массой участвующих в теплопоглощении фрикционных элементов. Повышение интенсивности теплообразования при трении (кривые 2, 3) вызывает

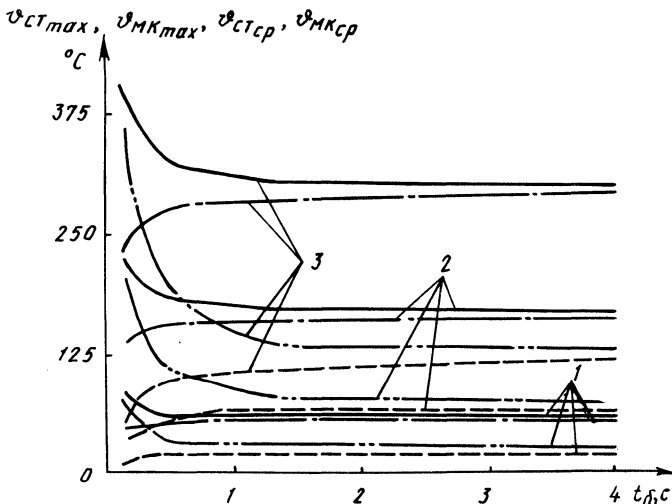


Рис. 2. Зависимость от времени максимальных приращений температуры на поверхности и в середине фрикционных дисков без учета охлаждения при работе буксования муфты: 75 кДж (1), 225 кДж (2) и 400 кДж (3) (— $\nu_{\text{ст max}}$, - - - $\nu_{\text{ст ср}}$, ···· — $\nu_{\text{МК max}}$, - - - $\nu_{\text{МК ср}}$).

пропорциональный рост максимальных температур дисков. За счет большой длительности теплопередачи диски прогреваются равномерно, в связи с чем температуры на поверхности и в середине отличаются незначительно. Однако за период буксования, составляющий (для муфт гидромеханических передач) 0,2–1,2 с, разница в нагреве отдельных точек фрикционных элементов весьма существенна. Особенно это характерно для металлокерамических дисков, как более массивных, по сравнению со стальными, обладающими меньшим коэффициентом теплопроводности.

Согласно проведенным исследованиям, для муфт с экспоненциальным законом нарастания усилия сжатия оптимальное значение времени буксования находится в пределах 0,4–0,6 с. При использовании устройств плавного включения время буксования муфты возрастает до 1,4–1,7 с. В условиях граничного трения увеличение этого времени связано со снижением коэффициента трения и достигает 2–3 с.

Разработанные рекомендации могут быть реализованы при проектировании и доводке конструкции различных трансмиссионных муфт и тормозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельцерман И.М., Каминский Д.М., Онопко А.Д. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин. – М., 1965. – 240 с.
2. Трение, изнашивание и смазка: Справочник/Под ред. И.В.Крагельского и В.В.Алисына. – М., 1979, т. 2, с. 239–240.
3. Раковский В.С. Металлокерамические фрикционные материалы. – Вестник машиностроения, 1962, № 7, с. 51–52.
4. К вопросу измерения температуры нагрева фрикционных элементов тормозных устройств малоинерционными термоприемниками/А.В.Вовк, В.В.Герашенко, В.Н.Гурленя, С.Б.Самарцев. – Трение и износ, 1983, т. 5, с. 634–641.
5. Методы снижения нагрева многодисковых фрикционных муфт ГМП автомобилей/С.Б.Самарцев, В.П.Тарасик, В.Н.Гурленя, А.Ф.Митяев. – Машиноведение, 1982, № 3, с. 86–90.

УДК 629.114.2.001

В.С.БАЕВ (БПИ)

ВЛИЯНИЕ УГЛОВ УВОДА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВЫХ НАГРУЗОК ПО МОСТАМ ПОЛНОПРИВОДНОГО ТРАКТОРА "БЕЛАРУСЬ"

При изучении поворачиваемости полноприводных тракторов первостепенное значение имеют вопросы распределения тяговых сил и буксований между мостами. Влияние касательных сил тяги на поворачиваемость колесной машины проявляется различным образом. Касательные силы тяги изменяют коэффициенты сопротивления увода шин, которые в свою очередь влияют на углы увода. В зависимости от значения и направления касательных сил, действующих на колесах переднего и заднего мостов, меняется соотношение между их углами увода. В свою очередь углы увода также влияют на распределение тяговых сил. В данной работе рассмотрим, какой зависимостью связаны углы увода и значения сил тяги мостов трактора 4×4 с блокированным межосевым приводом.