

тых пробуксовок, благодаря принудительному теплоотводу от пар трения охлаждающей жидкостью, удовлетворительно работают мокрые МС. Вследствие этого одним из реальных путей повышения долговечности МС тракторов, эксплуатирующихся с фронтальными погрузчиками, является применение мокрых МС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пути повышения долговечности фрикционных устройств в машиностроении / А.И. Скуртул, П.А. Стецко, А.С. Поварехо и др. Мн., 1985. 2. Некоторые результаты экспериментальных исследований мокрой муфты сцепления энергонасыщенного трактора / А.И. Скуртул, А.П. Стецко, А.Б. Бруек, М.Е. Логиновский // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. Мн., 1987. Вып. 30.

УДК 629.111-592.001.66

Г.И. МАМИТИ, канд. техн. наук (ММИ),
А.Л. МАТЯШ (НПО "Центр")

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ТОРМОЗНОГО БАРАБАНА АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Торможение движущегося автомобиля сопровождается нагревом тормозного барабана из-за фрикционного взаимодействия его поверхности с колодкой. В зависимости от массы автомобиля, его скорости и условий торможения меняется характер распределения температуры в различных частях барабана. Установлено, что на начальном этапе торможения температура барабана может достигать 200°C , а ее градиент $\partial T/\partial r - 300^{\circ}\text{C}/\text{см}$ [1, 2]. Во время торможения скорость автомобиля падает, а энергия нагрева уменьшается, что приводит к снижению температурного градиента. На заключительном этапе торможения температура барабана может составлять 300°C [1].

Термическое состояние барабана близко к осесимметричному из-за малого разброса локальных температур в тангенциальном направлении.

Опыт использования метода конечных элементов (МКЭ) для расчета напряжений вращающегося барабана показал [3], что если нагрузки осесимметричны, можно использовать двумерные осесимметричные конечные элементы. С учетом этого для анализа температурных напряжений тормозного барабана применялись двумерные восьмиузловые элементы. Объектом исследования был выбран барабан автомобильного тормоза, размеры которого указаны на рис. 1. Механические параметры материала: модуль Юнга — $16 \cdot 10^4$ Н/мм²; коэффициент Пуассона — 0,3; коэффициент температурного расширения — $0,13 \cdot 10^{-4}$ 1/°C. Применительно к условиям торможения процесс нагрева и распространения температуры в барабане упрощенно можно разбить на 2 этапа. На первом этапе, согласно [2], температура контактной поверхности (рис. 2) равна 200°C , а наружной охлаждаемой — 20°C , на втором температура всей цилиндрической части равна 300°C , в области закрепления барабана — 100°C .

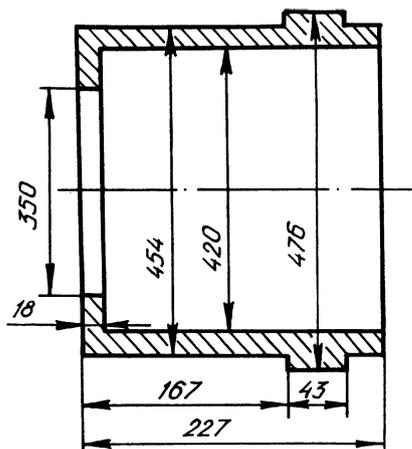


Рис. 1. Размеры барабана

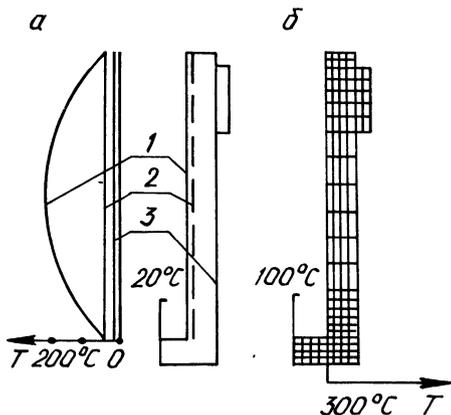


Рис. 2. Распределение температуры в барабане и схема дискретизации на элементы:

a – начальный этап торможения; *б* – заключительный этап торможения; 1 – температура при $r = 210$ мм; 2 – 215 мм; 3 – 227 мм

Использование квадратичных восьмиузловых элементов позволяет производить достаточно точную интерполяцию нелинейного распределения.

Конечно-элементная реализация в осесимметричной постановке проводилась по схеме, представленной на рис. 2, б. Учитывая симметрию, половина осевого сечения дискретизировалась на конечные элементы таким образом, что по толщине располагалось 4 элемента. Конечно-элементная сетка содержит 118 изопараметрических элементов с 421 узлами.

Граничные условия полного закрепления налагались на узлы, расположенные в области крепления барабана к ступице. Температура в узлах задавалась по схеме на рис. 2.

В результате расчетов с использованием МКЭ были получены узловые перемещения, а также компоненты тензора напряжений $\{\sigma\} = \{\sigma_r, \sigma_z, \tau_{rz}, \sigma_\theta\}$ для начального и конечного этапа торможения (рис. 3).

Для начального этапа максимальные сжимающие напряжения наблюдаются на контактной поверхности барабана, где $T = 200^\circ\text{C}$ (рис. 3). Максимум сжимающих напряжений равен -380 МПа. Максимум растягивающих напряжений ($\sigma_{\text{ср}} = 97$ МПа) расположен на охлаждаемой поверхности барабана, противоположной области высокой температуры. В кольцевой части барабана максимальные растягивающие напряжения ($\sigma_r = 73$ МПа) наблюдаются в области крепления барабана.

Для этапа окончания торможения картина распределения напряжений выглядит иначе (рис. 3). Максимальные сжимающие и растягивающие напряжения расположены в области крепления барабана к ступице. Максимум растягивающих напряжений σ_r равен 502 МПа, а максимум сжимающих σ_r составляет -572 МПа. В области, близкой к цилиндрической части барабана, напряже-

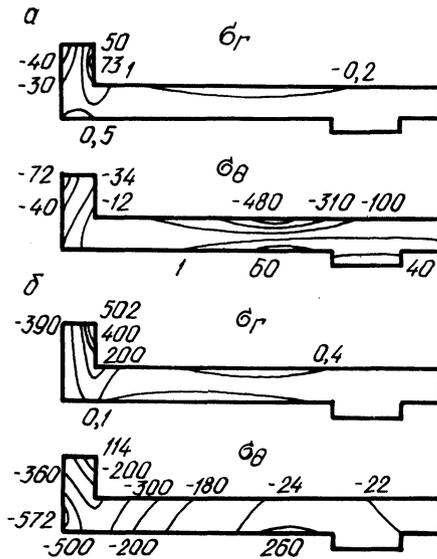


Рис. 3. Распределение изолиний напряжений (МПа) в барабане:
 а – начальный этап торможения; б – конечный этап торможения

ния уменьшаются. В цилиндрической части растягивающие напряжения доходят до 73 МПа, а сжимающие σ_{θ} не превышают -300 МПа. По мере приближения к свободному краю барабана общий уровень напряжений падает до нуля.

Таким образом, результаты решения задачи термоупругости при заданных температурных полях показывают, что на начальном этапе торможения, когда резко повышается температура контактной поверхности барабана, при максимальном градиенте максимальные растягивающие напряжения возникают на охлаждаемой наружной поверхности цилиндрической части барабана. В кольцевой части напряжения в 1,25 раза меньше. На заключительном этапе торможения, когда температура цилиндрической части равна 300°C , а градиент $\partial T/\partial r$ в цилиндрической части близок к нулю, максимальные растягивающие напряжения возникают в зоне крепления барабана к ступице. Абсолютный максимум напряжений имеет место на заключительном этапе торможения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М а м и т и Г.И. К расчету температурных напряжений тормозного барабана автомобиля // Автомоб. пром. 1983. № 1. 2. М а м и т и Г.И. Расчет температурных напряжений тормозного барабана автомобиля // Автотракторостроение. Мн., 1983. Вып. 18. 3. М а м и т и Г.И., М а т я ш А.Л. Расчет барабана трансмиссионного тормоза методом конечных элементов / Надежность мелиоративных машин. Горки, 1987.