

Г.И.Мамити, канд. техн. наук (ММИ)

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
ТОРМОЗНОГО БАРАБАНА АВТОМОБИЛЯ

Во время торможения кинетическая энергия движущегося автомобиля превращается в тормозах в тепловую, расходуемую в основном на нагрев тормозных барабанов, цилиндрические части которых в отдельные периоды времени можно считать нагретыми – равномерно по всей длине; неравномерно по толщине; неравномерно по длине.

Исследованиями установлено, что наибольшие температурные напряжения возникают в первом случае, при котором возможны два вида температурного нагружения – весь тормозной барабан равномерно нагрет (цилиндрическая и кольцевая части); нагрета только цилиндрическая часть тормозного барабана.

При равномерном распределении температуры по объему цилиндрической, свободной по краям оболочки никаких температурных напряжений не возникает. Но так как один край оболочки (цилиндрической части барабана) сопряжен с кольцевой пластиной (фланцем), закрепленной по внутреннему контуру, то свободное расширение тормозного барабана невозможно и в нем возникнут напряжения изгиба.

Отделим цилиндрическую часть барабана от фланца и в местах разреза приложим изгибающие моменты M и перерезывающие силы Q , равномерно распределенные по периметру (рис. 1).

Для исследования прочности тормозного барабана здесь достаточно ограничиться рассмотрением напряженно-деформированного состояния его наиболее нагруженной кольцевой части. Тогда для случая, выражающего условия работы тормозов в режиме длительного торможения, когда весь тормозной барабан равномерно нагрет (цилиндрическая и кольцевая части), используем ранее полученные результаты [1] и найдем

$$Q = \frac{2\alpha at}{A} \frac{1}{h - \frac{1}{4\beta^3 D_0(1+C)}}; \quad M = \frac{2\alpha at}{A} \frac{1}{\frac{1}{2\beta^2 D_0} - 2\beta h(1+C)}$$

$$\sigma_r = \frac{E\alpha t(\frac{a^2}{r^2} - 1)}{A} + \frac{Q}{h} \pm \frac{6M}{Bh^2} \left[1 + \nu + \frac{b^2}{r^2}(1 - \nu) \right];$$

$$\sigma_{\theta} = - \frac{E \Delta t \left(\frac{a^2}{r^2} + 1 \right)}{A} + \frac{Q}{h} \pm \frac{6M}{Bh^2} \left[1 + \nu - \frac{b^2}{r^2} (1 - \nu) \right],$$

где Δ - коэффициент линейного расширения; t - температура нагрева тормозного барабана; a , b - радиусы наружного и внутреннего контуров кольцевой пластины; r - текущий радиус пластины; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ - жесткость пластины при изгибе; $D_0 = \frac{Eh_0^3}{12(1-\nu^2)}$ - жесткость оболочки при изгибе; E - модуль

Юнга; h - толщина пластины; h_0 - толщина оболочки; $\beta = \sqrt{\frac{4(1-\nu^2)}{3R^2h_0^2}}$; ν - коэффициент Пуассона; R - радиус средней окружности; σ_r , σ_{θ} - радиальное и окружное напряжения в пластине; $A = 1 - \nu + \frac{a^2}{b^2}(1 + \nu)$; $B = 1 + \nu + \frac{b^2}{a^2}(1 - \nu)$; $C = \frac{\beta D_0(a - \frac{b^2}{a})}{DB}$; $H = \frac{1}{2\beta^3 D_0} - \frac{a-b}{Eh}(1-\nu)$.

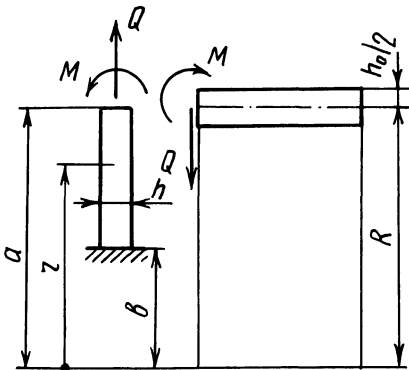


Рис. 1. Расчетная схема тормозного барабана.

Для выражающего условия работы тормозов в режиме экстренного торможения случая, когда кольцевая часть тормозного барабана не успела еще нагреться, в то время как цилиндрическая часть барабана восприняла все тепло, образуемое при работе трения тормоза, расчет можно произвести по этим же формулам, записав числитель $2\Delta t$ в выражениях для Q и M как Δt и опустив первые члены выражений для σ_r и σ_{θ} .

Исследование температурных напряжений тормозного барабана автомобиля-самосвала БелАЗ-540 по приведенным формулам (рис. 2) показало, что максимальные напряжения действуют в зоне закрепления тормозного барабана по внутреннему контуру кольцевой пластины, что подтверждается экспериментально и практикой эксплуатации. Так, при исследовании температурного состояния тормозного барабана автомобиля-самосвала БелАЗ-540 на инерционном стенде установлено, что разрушение барабана

происходит путем распространения сквозных окружных и радиальных трещин, образующихся в отверстиях закрепления, и вследствие отрыва барабана вблизи закреплений [2]. Заметим, что разрушение барабана может произойти в любом опасном сечении его кольцевой части, которая находится под воздействием изги-

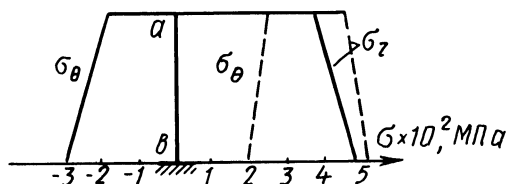


Рис. 2. Распределение температурных напряжений вдоль кольцевой пластины (фланца тормозного барабана).

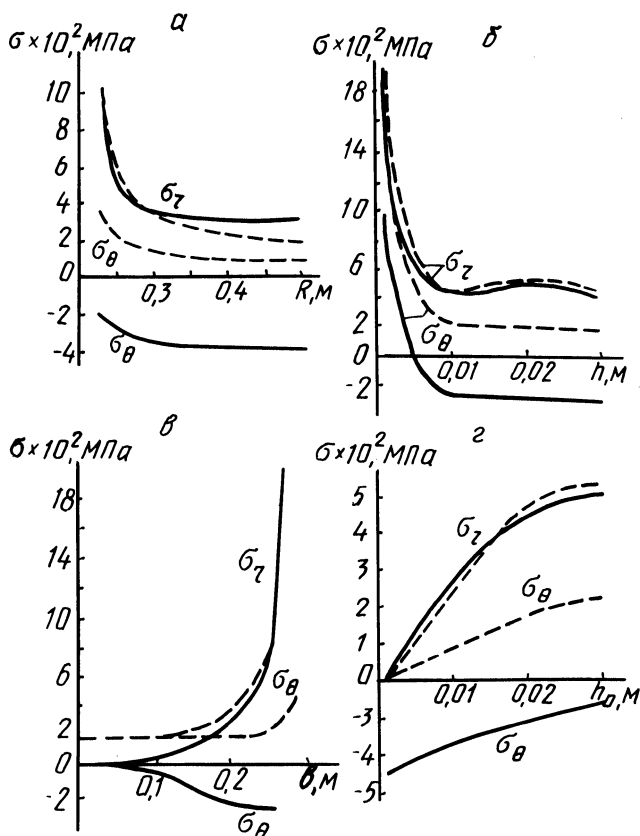


Рис. 3. Зависимость температурных напряжений: а - от R ; б - от h ; в - от b ; г - от h_0 ; ——— равномерный нагрев; - - - неравномерный нагрев.

бающих моментов M и сил Q , вызванных температурным расширением цилиндрической части тормозного барабана.

На рис. 3 приведены результаты расчета на ЭВМ ЕС-1022 температурных напряжений, действующих на внутреннем контуре кольцевой пластины. Полученные графики показывают влияние различных параметров на температурные напряжения при равномерном и неравномерном нагреве тормозного барабана до 300°C . Так, при прочих равных условиях увеличение радиуса тормозного барабана R (рис. 3, а) приводит к уменьшению температурных напряжений, испытываемых его фланцем (кольцевой пластиной), однако после некоторого значения радиуса барабана дальнейшее увеличение этого радиуса мало сказывается на температурных напряжениях, которые практически не меняют своих значений. Так же влияет на напряженное состояние тормозного барабана увеличение толщины кольцевой пластины h (рис. 3, б). Увеличение же радиуса закрепления кольцевой пластины b (рис. 3, в) и толщины цилиндрической оболочки h_0 (рис. 3, г) усиливает напряженное состояние тормозного барабана.

Таким образом, полученные расчетные формулы для определения температурных напряжений тормозного барабана, которые являются основной причиной его разрушения, позволяют оптимизировать проектирование наиболее сложно и тяжело нагруженной детали автомобиля – тормозного барабана.

Л и т е р а т у р а

1. Мамити Г.И. Расчет барабана трансмиссионного тормоза автомобиля на прочность от воздействия центробежных сил инерции. – Автомобильная промышленность, 1979, № 9 с. 14–15.
2. Мамити Г.И. Нагрузочные и расчетные режимы колесных и трансмиссионных барабанных тормозов. – В сб.: Автотракторостроение: Теория и конструирование мобильных машин. Минск, 1979, вып. 13, с. 48–52.

УДК 629.114.4 – 585.13

С.Б.Самарцев (ММИ),
В.Я.Корейво, А.Ф.Митяев (БелАЗ)

ВЫБОР ЗАКОНА ВКЛЮЧЕНИЯ МУФТЫ АВТОМОБИЛЯ ПО КРИТЕРИЯМ ОПТИМАЛЬНОСТИ

В последнее время наметилась тенденция к созданию специальных механизмов [1, 2], обеспечивающих значительное увеличение плавности включения фрикционных муфт и позволяющих до