

УДК 629.113

**А. С. Мельников, канд. техн. наук, доц., И. С. Сазонов, д-р техн. наук, проф.,
В. А. Ким, д-р техн. наук, проф.**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ СКОБЫ ДИСКОВОГО ТОРМОЗА С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

В работе рассматриваются вопросы проектирования тормозной скобы разработанного дискового тормозного механизма с механическим нажимным устройством. Приводятся результаты исследования напряженно-деформированного состояния тормозной скобы. На основании проведенных исследований в целях уменьшения напряжений и деформаций скобы разработаны рекомендации по изменению конструктивных элементов тормозной скобы. В соответствии со сформулированными рекомендациями разработана конструкторская документация и изготовлена усовершенствованная конструкция тормозной скобы.

Разработанный дисковый тормоз с механическим приводом [5] (рис. 1) способен формировать значительные тормозные моменты, что позволяет использовать его в тормозных системах

различных машин. В данном тормозе реализация больших тормозных моментов не требует превышения нормированных значений усилий на рукоятке или на педали привода тормоза.

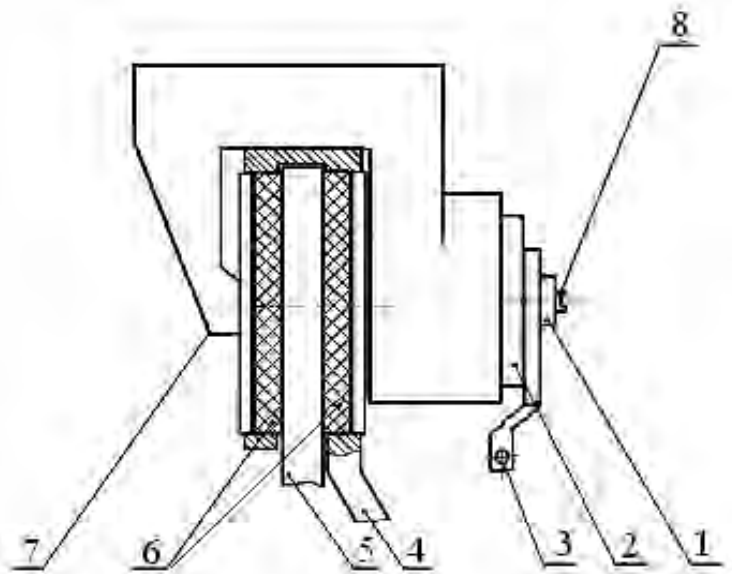


Рис. 1. Дисковый тормоз с механическим приводом: 1 – гайка; 2 – механическое нажимное устройство; 3 – рычаг; 4 – корпус; 5 – диск; 6 – колодка; 7 – скоба; 8 – шпилька

Известно, что наиболее нагруженным элементом тормоза является тормозная скоба, жесткость и прочность которой – наиболее важные факторы, обеспечивающие эффективность и стабильность работы тормоза. Поэтому при проектировании дискового тормоза с механическим приводом на оценку этих факторов обращается особое внимание.

Экспериментальный образец дискового тормоза с механическим приводом (рис. 2) содержит скобу 5 П-образной формы плавающего типа, в которой размещается механическое нажимное устройство 2.

Тормозная скоба (рис. 3) при передаче усилия на тормозные колодки вызывает «раскрытие» П-образной

скобы вследствие упругой деформации материала, что ухудшает эффектив-

ность торможения машины.

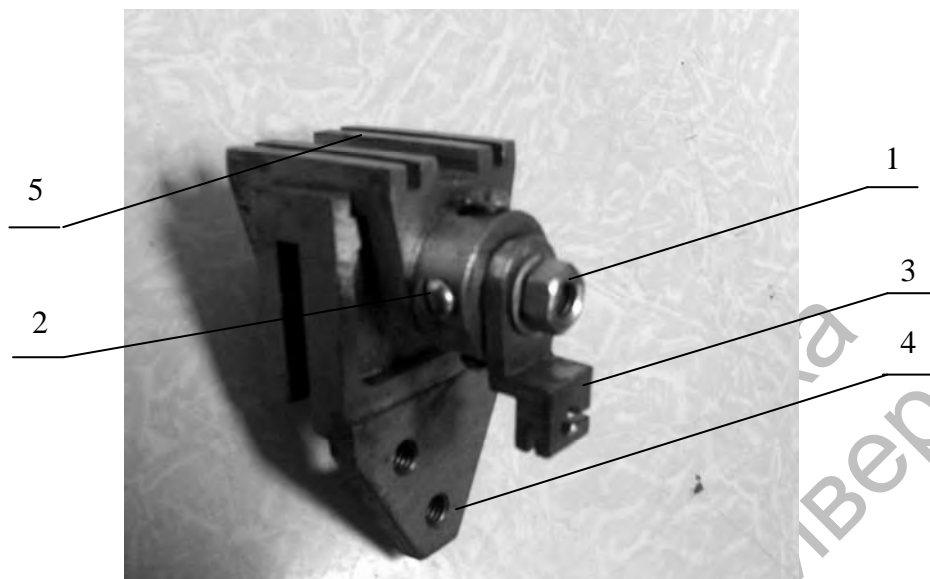


Рис. 2. Экспериментальный образец дискового тормоза с механическим приводом: 1 – гайка; 2 – механическое нажимное устройство; 3 – рычаг; 4 – корпус; 5 – скоба



Рис. 3. Тормозная скоба дискового тормоза с механическим приводом

Результаты экспериментальных исследований разработанного дискового тормоза с механическим приводом подтвердили достоверность результатов теоретических методов, включавших метод функционального и прочностного расчетов дискового тормоза.

В исходных данных расчета дискового тормоза с механическим приводом было введено ограничительное условие – минимальная жесткость скобы должна обеспечить максимальное уве-

личение ширины просвета скобы не более чем на 0,05 мм при нажимном усилии 10000 Н. Для удовлетворения данного условия оказалось, что наиболее сложной задачей был выбор геометрической формы скобы и расчет деформации ее среднего поперечного сечения.

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния скобы дискового тормоза с механическим нажимным устройством представлены на рис. 4...6. Максимальные напряжения

изгиба скобы рассматривались при величине нажимного усилия, действующего со стороны нажимного устройства на тормозную скобу и создающего распирающие тормозную скобу усилия, соответствующего реально действующему

усилию при торможении.

На рис. 4 представлены результаты исследования статических перемещений тормозной скобы под воздействием усилий, возникающих в процессе торможения.

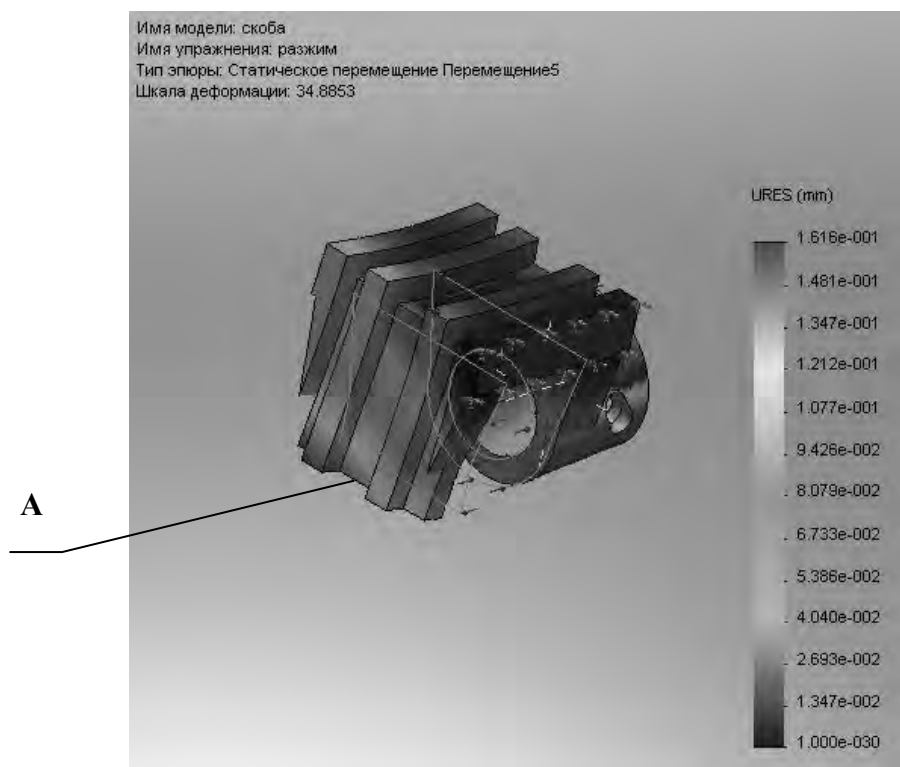


Рис. 4. Статические перемещения тормозной скобы

Возникающие усилия в процессе торможения стремятся вызвать раскрытие тормозной скобы. Значение усилий, стремящихся вызвать раскрытие тормозной скобы, $Q = 4866$ Н принималось в соответствии с реальными значениями, действующими на тормозную скобу в процессе торможения мотоцикла ММВЗ-3.1135, выпускаемого Минским мотовелозаводом (ОАО «Мотовело»). Наибольшие статические перемещения отмечаются в крайней точке А консольного элемента тормозной скобы – $U = 1,616 \text{ E} \cdot 10^{-2}$ мм, а также на противоположном элементе тормозной скобы, в котором размещается нажимное устройство, – $U = 8,079 \text{ E} \cdot 10^{-3}$ мм. Наименьшие перемещения происходят в средней части тормозной скобы –

$$U = 1,000 \text{ E} \cdot 10^{-30} \text{ мм.}$$

В связи с этим важным элементом является средняя часть тормозной скобы – ее жесткость позволяет добиться уменьшения эффекта раскрытия тормозной скобы и, соответственно, статических перемещений.

На рис. 5 представлены результаты исследования интенсивности напряжений тормозной скобы, возникающих в процессе торможения.

Как и в предыдущем случае, значение усилий, действующих на тормозную скобу ($Q = 4866$ Н), также соответствовало реальному значению, действующему на тормозную скобу в процессе торможения мотоцикла ММВЗ-3.1135. Наибольшие напряжения возникают в

клювообразном консольном элементе тормозной скобы (в той его части, которая примыкает к средней части скобы), а

также в средней части тормозной скобы ($1,689 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$).

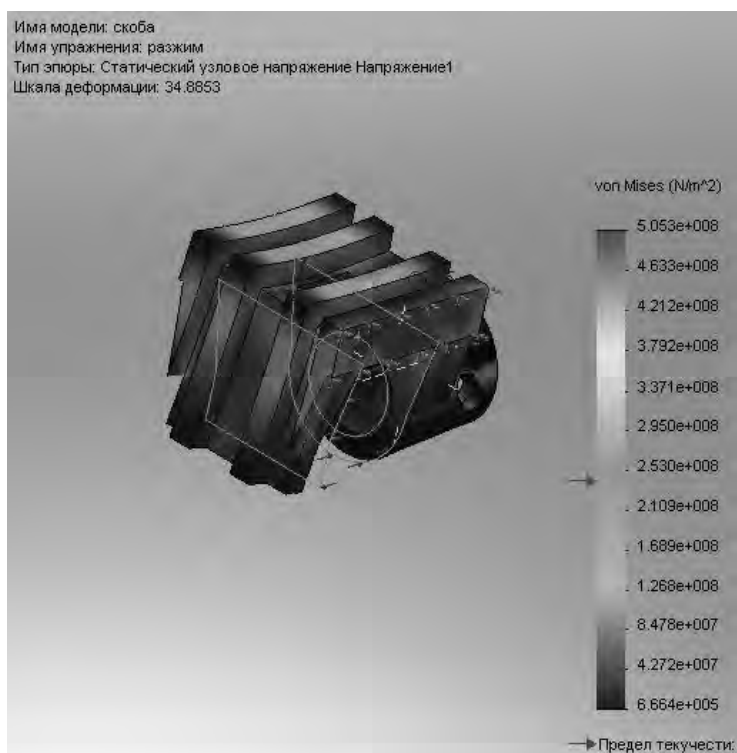


Рис. 5. Поле интенсивности напряжений тормозной скобы

Наименьшие напряжения формируются в остальных элементах тормозной скобы и, как правило, не превышают значения $6,64 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

Учитывая приведенные результаты исследования поля интенсивности напряжений тормозной скобы, вполне оправданным является размещение ребер жесткости на клювообразном консольном элементе и на средней части тормозной скобы. Однако следует обратить внимание на участок сопряжения клювообразного консольного элемента и средней части тормозной скобы. Конструкция участка сопряжения должна обеспечивать минимальные перемещения крайней точки клювообразного консольного участка тормозной скобы и не иметь концентраторов напряжений.

На рис. 6 представлены результаты исследования интенсивности стати-

ческих деформаций тормозной скобы, возникающих в процессе торможения.

При исследовании значение распирающего усилия, воздействующего на тормозную скобу, принималось, как и в предыдущих случаях ($Q = 4866 \text{ Н}$).

Наибольшие значения деформаций соответствуют участкам с наибольшими значениями интенсивности напряжений и возникают в клювообразном консольном элементе тормозной скобы, в той его части, которая примыкает к средней части скобы, а также в средней части тормозной скобы ($8,001 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$). Наименьшие напряжения формируются в остальных элементах тормозной скобы и, как правило, не превышают значения $3,464 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$.

Результаты исследования интенсивности статических деформаций тормозной скобы так же, как и результаты исследования интенсивности напряжений

тормозной скобы, указывают на то, что наиболее ответственными с точки зрения обеспечения жесткости и прочности являются такие элементы тормозной скобы,

как вертикальный клювообразный консольный элемент и средняя часть тормозной скобы, особенно участок их взаимного сопряжения.

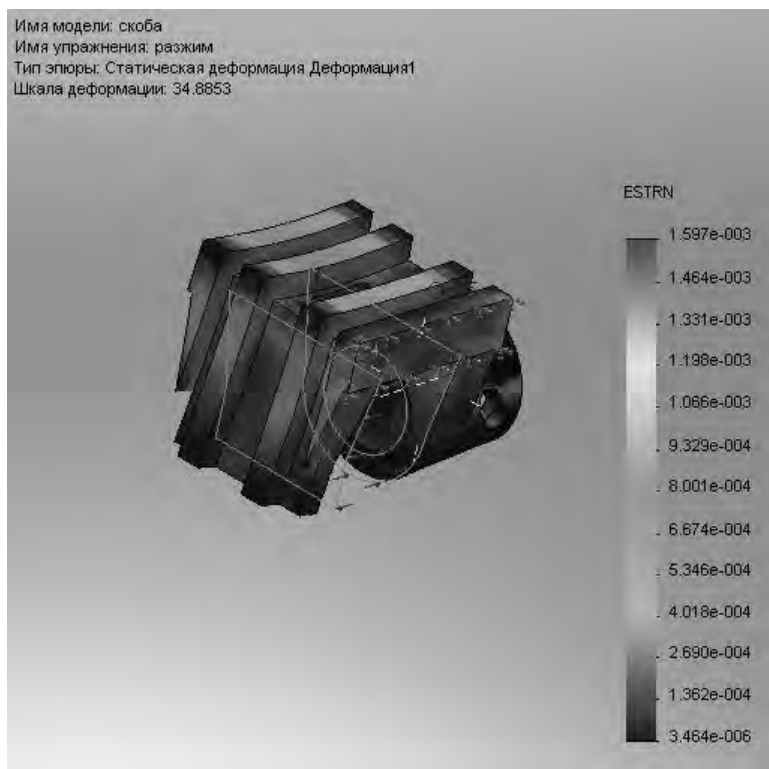


Рис. 6. Поле интенсивности статических деформаций тормозной скобы

В связи с тем, что эти элементы тормозной скобы являются ответственными за общую жесткость и прочность скобы, следует предусматривать не только размещение ребер жесткости на поверхности элементов скобы, но также их форму, размеры и протяженность.

На основании проведенных исследований напряженно-деформированного состояния тормозной скобы сформулированы необходимые рекомендации для обеспечения требуемой жесткости и прочности тормозной скобы.

1. Для повышения прочности и жесткости скобы необходимо обеспечить плавный переход поверхности горизонтального среднего участка скобы, охватывающего тормозной диск, и поверхности вертикального крайнего элемента скобы, воздействующего на тор-

можную колодку.

2. Необходимо повысить жесткость и прочность вертикального элемента скобы, воспринимающего распирающие усилия, возникающие при работе тормоза; для этого следует продолжить ребра жесткости, имеющиеся на горизонтальном среднем участке скобы, охватывающем тормозной диск, обеспечив переход ребер жесткости на поверхность вертикального элемента скобы.

3. Для уменьшения перемещений вертикального элемента скобы, в котором размещено механическое нажимное устройство, требуется увеличить жесткость. В этом случае будет целесообразным выполнение на его поверхности ребер жесткости.

4. В элементе скобы, имеющем поверхность, служащую для размеще-

ния механического нажимного устройства, возникают минимальные значения напряжений от действия распирающих усилий. В связи с этим рекомендуется уменьшить наружный диаметр указанного элемента. Подобное изменение конструкции скобы позволит снизить вес и металлоемкость скобы.

5. В элементе скобы, охватывающем тормозной диск, не возникает значительных напряжений. Это свидетельствует о том, что размеры и количество ребер жесткости, имеющих на рассматриваемом элементе скобы, обеспечивают необходимые жесткость и прочность элемента.

На основе результатов исследова-

ний был изготовлен и испытан дисковый тормоз, имеющий механический привод с усовершенствованной конструкцией скобы.

При разработке конструкторской документации на изготовление тормозной скобы были учтены сформулированные выше рекомендации, направленные на увеличение жесткости и прочности тормозной скобы.

Результаты испытаний подтвердили эффективность использования методики проектирования дискового тормоза с механическим приводом. На рис. 7 представлен усовершенствованный образец тормозной скобы дискового тормоза с механическим приводом.



Рис. 7. Усовершенствованная скоба дискового тормоза с механическим приводом

В соответствии с рекомендациями в тормозной скобе изменены ребра жесткости, проходящие по средней части тормозной скобы и выходящие на крайние вертикальные элементы скобы. Кроме этого, в местах наибольших возможных деформаций и напряжений ребра жесткости имеют необходимые параметры, в поперечном сечении обеспечивающие требуемые жесткость и прочность тормозной скобы в целом.

Заключение

Результаты исследований показали, что наибольшие напряжения при нагружении скобы в процессе осуществления торможения возникают в сопряжениях вертикальных элементов скобы с ее средней частью. При этом наиболее нагруженным является участок сопряжения вертикального клювообразного крайнего консольного элемента со средней частью скобы – $1,689 \text{ E} \cdot 10^{+8} \text{ Н/м}^2$.

В целях снижения напряжений и деформаций при конструировании тормозной скобы были предусмотрены плавные переходы сопрягающихся поверхностей. Исходя из перемещений элементов скобы, возникающих при работе дискового тормоза (см. рис. 4), можно сделать вывод, что наибольшие перемещения имеют нижний участок вертикального крайнего элемента скобы – $1,616 \cdot 10^{-2}$ мм и участок, в котором размещено нажимное устройство тормоза, – $8,079 \cdot 10^{-3}$ мм. Характерные перемещения зависят от конструкции вертикальных элементов скобы, воспринимающих распирающие усилия. Для уменьшения указанных перемещений в конструкции скобы предусматриваются ребра жесткости, проходящие через среднюю часть тормозной скобы и выходящие на вертикальный крайний элемент скобы, а также на вертикальный элемент скобы, в котором размещено нажимное устройство.

Учитывая, что даже малейшее превышение допустимых деформаций скобы ведет к уменьшению эффективности торможения, определялись перемещения вертикальных элементов скобы (ее раскрытие) под действием рассматриваемых сил (см. рис. 3...6). Проведенные расчеты показали: для тормозной скобы перемещение точки А

равно $1,616 \cdot 10^{-2}$, что значительно меньше допустимого ($0,05Q / 1000 = 0,05 \cdot 4866 / 10000 = 0,0243$ мм), запас прочности составил 5,6.

Следовательно, разработанная согласно сформулированным рекомендациям тормозная скоба удовлетворяет требуемым условиям жесткости и прочности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика колесных машин : монография / И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – 461 с.
2. **Ким, В. А.** Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа / В. А. Ким. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 346 с.
3. **Пат. 2299140 РФ, МКИ⁶ В 60 Т С 1.** Способ регулирования торможением автопоезда / И. С. Сазонов [и др.]; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 2005132206/11; заявл. 18.10.05; опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. – 5 с. : ил.
4. **Пат. 9589 ВУ, МПК В 60 Т 8/00 С 1.** Способ регулирования торможением автопоезда / И. С. Сазонов [и др.]; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 20041020; заявл. 11.08.04; опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. – 5 с. : ил.
5. **Пат. 4006 ВУ, МПК F 16 D 55/00.** Дисковый тормозной механизм / А. С. Мельников [и др.]; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 20070343; заявл. 04.05.07; опубл. 30.10.07, Бюл. № 5. – 12 с. : ил.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 07.05.2010

A. S. Mel'nikov, I. S. Sazonov, V. A. Kim
Designing brake caliper of the disk brake
with the mechanical drive

Questions of brake caliper design of the developed disk brake mechanism with the hold-down mechanical device are considered in the paper. The results of the research of strained-deformed condition of brake caliper are presented. On the basis of the carried out researches to reduce tense and deformations of the caliper recommendations on changing construction elements of the brake caliper have been developed. According to the formulated recommendations the design documentation has been developed and the advanced design of the brake caliper has been made.