

УДК 539.3:629.017

**В. БАРНАТ<sup>1</sup>, Ю.С. ВОРОБЬЕВ<sup>2</sup>, Е. ОСИНСКИ<sup>3</sup>, М. САДОВСКИ<sup>3</sup>,  
Е. ЯШИМОВИЧ<sup>4</sup>**<sup>1</sup>*Военно-техническая академия, Варшава, Польша*<sup>2</sup>*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков, Украина*<sup>3</sup>*Варшавская политехника, Варшава, Польша*<sup>4</sup>*Авиационный институт, Варшава, Польша*

## **ВЛИЯНИЕ ВИДА НЕСОВЕРШЕНСТВА ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ НА ИХ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

Исследуется влияние различных видов несовершенства в фрикционных дисках многодисковых сцеплений и тормозов на их напряженное состояние. Используются методы конечных и граничных элементов на базе трехмерных моделей. Проведен численный анализ напряженно-деформированного состояния и локализации напряжений в данных системах.

**фрикционные диски, несовершенство поверхностей, локализация напряжений, конечные элементы, граничные элементы**

### **Введение**

Фрикционные диски многодисковых сцеплений и тормозов работают в сложных условиях эксплуатации. Особенно это относится к системам, которые используются на транспортных средствах, предназначенных для движения по пересеченной местности. Поэтому обеспечение надежности работы фрикционных дисков является актуальной проблемой [1 – 5].

При работе многодисковых сцеплений и тормозов происходит деформация всех элементов системы, что приводит к неравномерному распределению контактных давлений по радиусу дисков [3, 4]. Неполный контакт дисков вызывает перераспределение напряжений в них и возникновение зон локализации напряжений [5]. Это ведет к неравномерному и более быстрому износу поверхности дисков, а также является одной из причин возникновения неоднородных температурных полей. При росте градиентов температур в таких полях появляется опасность потери устойчивости дисков вследствие явлений тер-

моупругости [6], что, в свою очередь, повышает неравномерность контактных напряжений в фрикционных дисках и является дополнительным фактором неравномерности износа и повреждения поверхности дисков.

Таким образом, существует целый комплекс взаимосвязанных причин искажения и повреждения контактных поверхностей дисков в процессе их работы. Следует отметить, что вид несовершенства поверхности дисков существенно влияет на их напряженное состояние, но конкретные выводы можно сделать на основе специальных исследований.

### **1. Постановка задачи и метод исследования**

Предыдущие исследования показали, что степень неравномерности напряжений растет с уменьшением поверхности первоначального контакта [5]. Поэтому были выбраны три вида несовершенства поверхности диска (рис. 1). Они имитировали различные виды повреждения и начального несовершенства дисков. Рассматривались величины выступов  $w = 0,05 -$

0,1 мм. Математическая модель системы строилась с помощью трехмерных конечных и граничных элементов [3 – 5]. Использовалась симметрия системы. Расчет проводился в несколько этапов с последовательным сгущением сетки. Наилучшие результаты дает неравномерное сгущение сетки в зонах локализации напряжений, найденных на предварительных этапах расчетов.

## 2. Результаты численного анализа

Диски деформировались до полного контакта их поверхностей. На рис. 2 представлены поля напряжений в дисках статора и ротора для трех указанных видов несовершенства фрикционных поверхностей.

Наибольшая локализация напряжений наблюдается в диске статора.

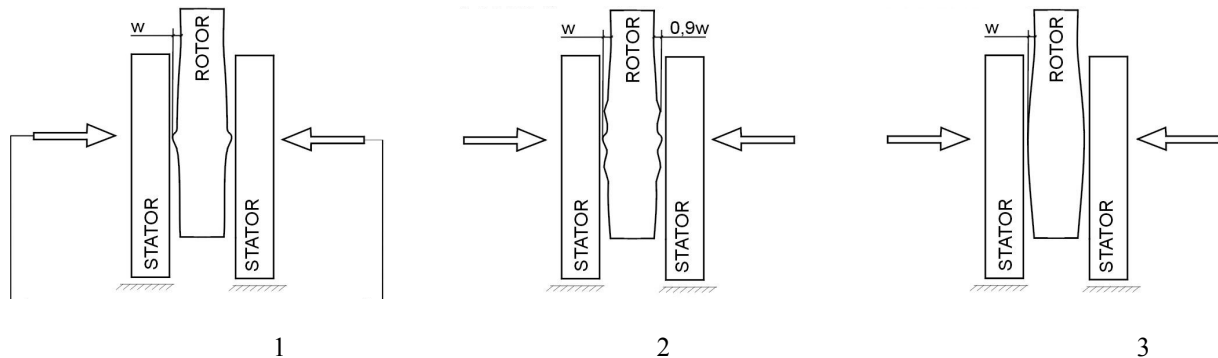


Рис. 1. Рассмотренные виды несовершенств поверхностей фрикционных дисков

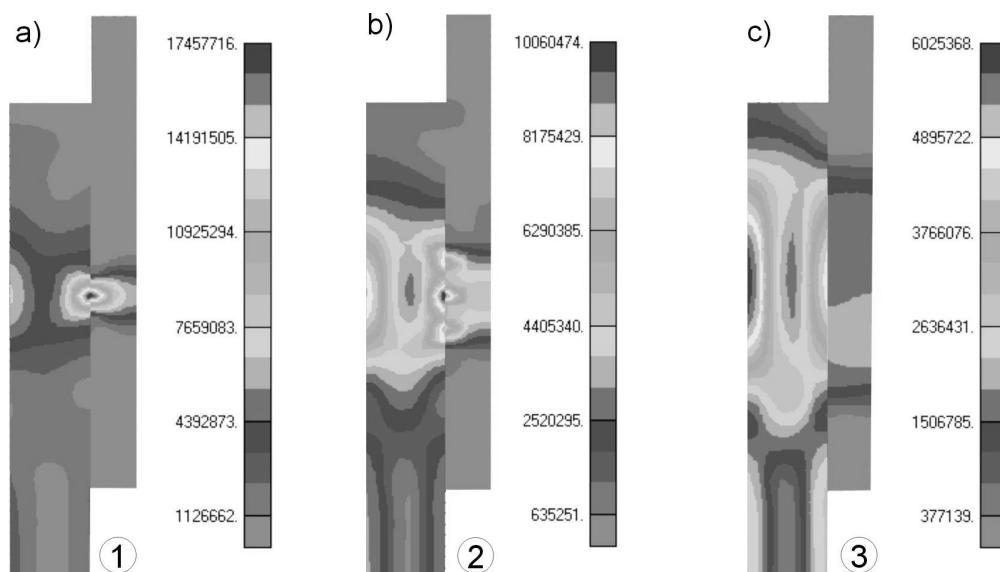


Рис. 2. Поля напряжений (Па) в дисках с различными видами несовершенств поверхностей

Графики изменения напряжений по радиусу диска статора представлены на рис. 3. Хорошо видно, что наибольшую локализацию напряжений вызывает повреждение поверхности диска, имеющее наименьшую поверхность начального контакта. Увеличение числа зон контакта с одной до трех снижает уровень локализации напряжений примерно в 1,7 раза, а при плавном изменении поверхности диска максимальные напря-

жения снижаются почти в 3,5 раза. Если изменение поверхности диска имеет резко очерченные границы, то локализация напряжений в этих местах опять возрастает [5]. Следует стремиться не только к уменьшению величины выступа, но также и заглаживанию его границ, что ведет к более равномерному распределению напряжений по поверхности диска.

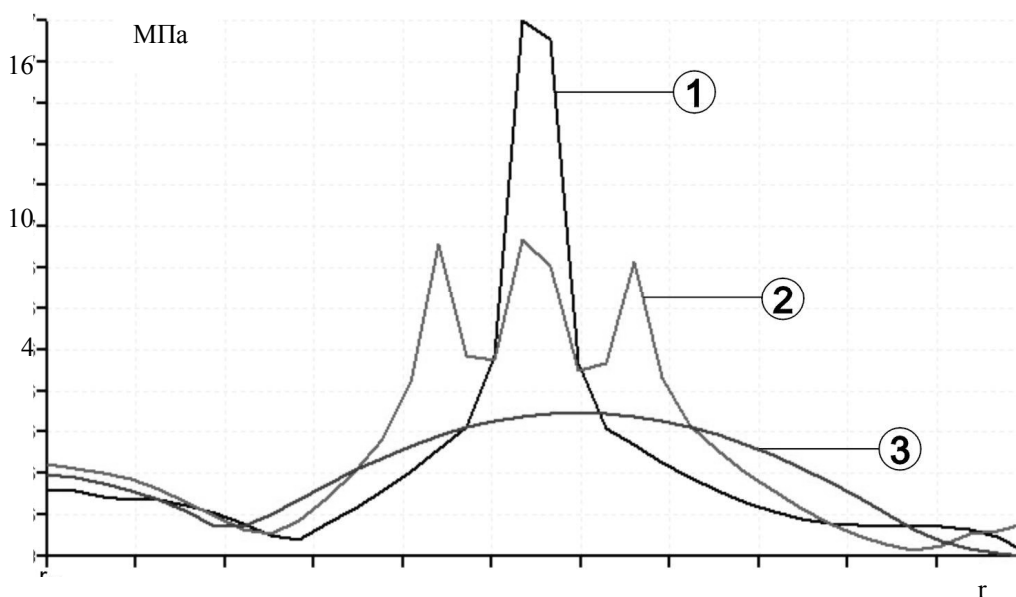


Рис. 3. Графики изменения напряжений (МПа) по радиусу фрикционных дисков с различными видами несовершенств

### Заключение

Комплекс исследований [3 – 6] позволил выявить влияние ряда конструктивных и эксплуатационных факторов на напряженно-деформированное состояние дисков многодисковых сцеплений и тормозов. На неравномерность распределения напряжений по поверхности дисков оказывают существенное влияние деформации конструкции в процессе работы, неполный контакт дисков, несовершенство их поверхности и влияние неоднородных температурных полей. Все эти факторы, как показывает анализ исследований, являются взаимосвязанными. Это следует учитывать при выработке мер по улучшению работы фрикционных дисков.

### Литература

1. Румянцев Л.А. Проектирование автоматизированных автомобильных сцеплений. – М.: Машиностроение, 1975. – 176 с.
2. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ. ред. А.И. Гришквича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

3. Воробьев Ю.С., Барнат В. Повышение надежности многодискового сцепления подбором контактных элементов // Автомобильный транспорт. – 2003. – Вып. 13. – С. 83 – 87.

4. Воробьев Ю.С., Барнат В., Малаховски Е. Применение граничных элементов при анализе состояния напряжения в дисках многодискового тормоза // Автомобильный транспорт. – 2003. – Вып. 13. – С. 218 – 220.

5. Воробьев Ю.С., Барнат В. Численный анализ НДС в многодисковых сцеплениях и тормозах при неполном контакте дисков // Двигатели внутреннего сгорания. – 2004. – № 1. – С. 76 – 78.

6. Воробьев Ю.С., Барнат В. Анализ устойчивости дисков фрикционных механизмов при воздействии неоднородных температурных полей // Автомобильный транспорт. – 2005. – Вып. 16. – С. 171 – 173.

*Поступила в редакцию 30.05.2005*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Н. Шупиков, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков.