Расчет напряженно-деформированного состояния тормозной колодки легкового автомобиля

Выполнил: студент гр. 4-33 Морозов Д.Н.

Руководитель: к.т.н., доцент Ноздрин М.А.

Дисковый тормозной механизм автомобиля

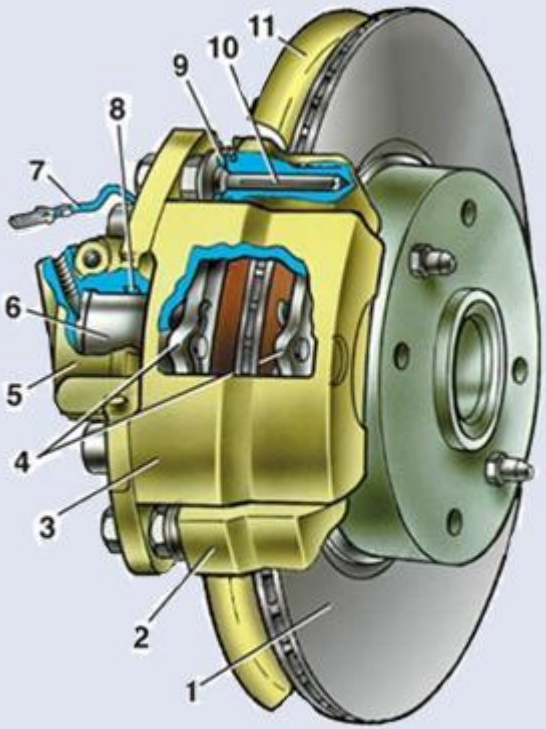

рис.1. Дисковый тормозной механизм

Устройство дискового тормозного механизма: *1 – тормозной диск; 2 – направляющая колодок; 3 – суппорт; 4 – тормозные колодки; 5 – цилиндр; 6 – поршень; 7 – сигнализатор износа колодок; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – защитный чехол направляющего пальца; 10 – направляющий палец; 11 – защитный кожух.*

Цели и задачи

Цель работы:

исследование контактного взаимодействия тормозной колодки и диска автомобиля

Задачи работы:

- аналитическая постановка термоупругой контактной задачи о прижатии тормозной колодки к вращающемуся диску
- конечно-элементный расчет задачи о взаимодействии колодки и диска
- сравнительный анализ результатов численного расчета и литературных данных

Аналитическая постановка термоупругой контактной задачи

- уравнения движения

$$\sigma_{ij,j} + \rho X_i = \rho \frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2}$$

где X_i – проекции объемных сил на оси координат.

- уравнение теплопроводности

$$\lambda_T T_{,ii} = C_\varepsilon \dot{T} + T_0 (3\lambda + 2\mu)\, \alpha_T \dot{\varepsilon}_{kk}$$

здесь λ_T – коэффициент теплопроводности; λ, μ – параметры Ламе;
α_T – коэффициент теплового расширения; T_0 – начальная температура;
C_ε – теплоемкость вещества.

- соотношения между напряжениями и деформациями

$$\sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + (\lambda\varepsilon_{kk} - (3\lambda + 2\mu)\alpha_T(T - T_0))\delta_{ij}$$

- соотношения между деформациями и перемещениями

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(U_{i,j} + U_{j,i})$$

Граничные условия контакта в случае теплоотдачи:

$$-\lambda \frac{\partial T_к}{\partial n}\bigg|_\Gamma = \sigma(T_к - T^e)$$

где T_k — температуру тормозной колодки ;
σ — коэффициент теплоотдачи ; T^e —температура окружающей среды.

Расчётная модель

Исходные данные:

P = 1 МПа

ω = 60 рад/с

T = 1с

k=0.3

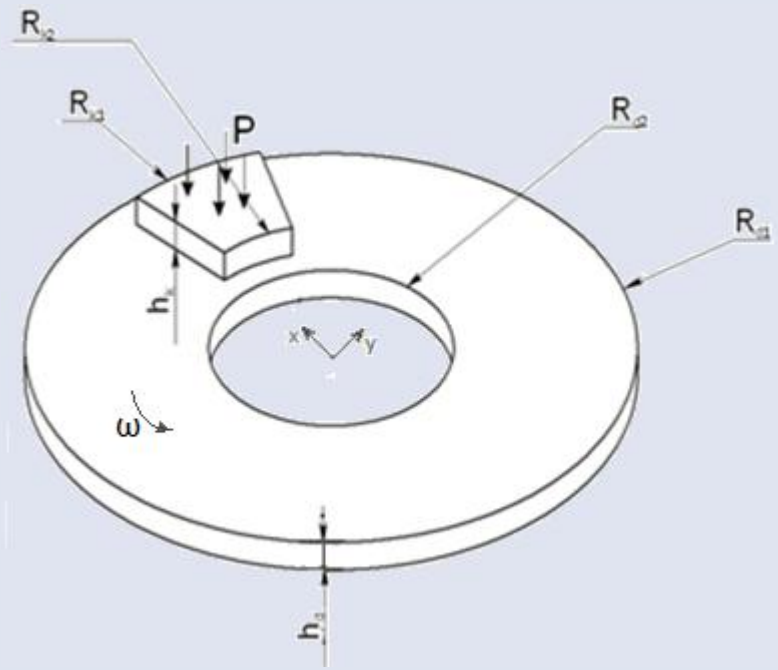

рис.2. Расчётная модель

таблица 1. Геометрические характеристики контактной пары

Параметр, мм	Диск	Колодка
Внутренний радиус, мм	R_{d1}=58	R_{k1}=64
Внешний радиус, мм	R_{d1}=280	R_{k2}=270
Толщина, мм	h_d=5	h_k=5

Численное моделирование

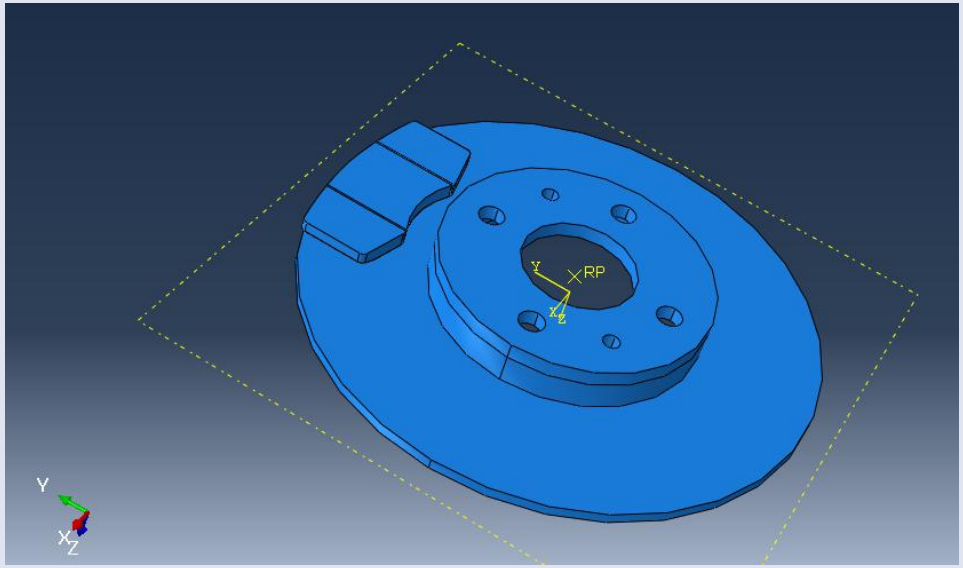

рис.4. Геометрическая модель

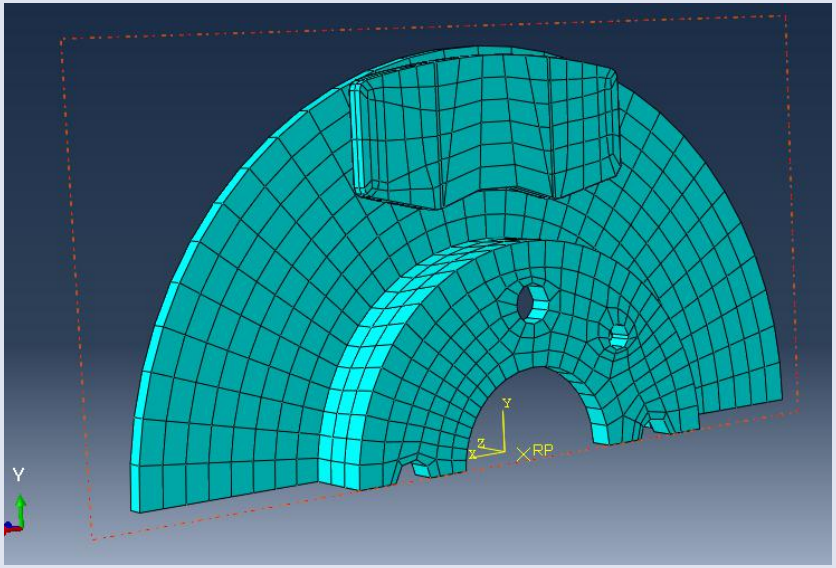

рис.5 Конечно-элементная сетка

Граничные условия

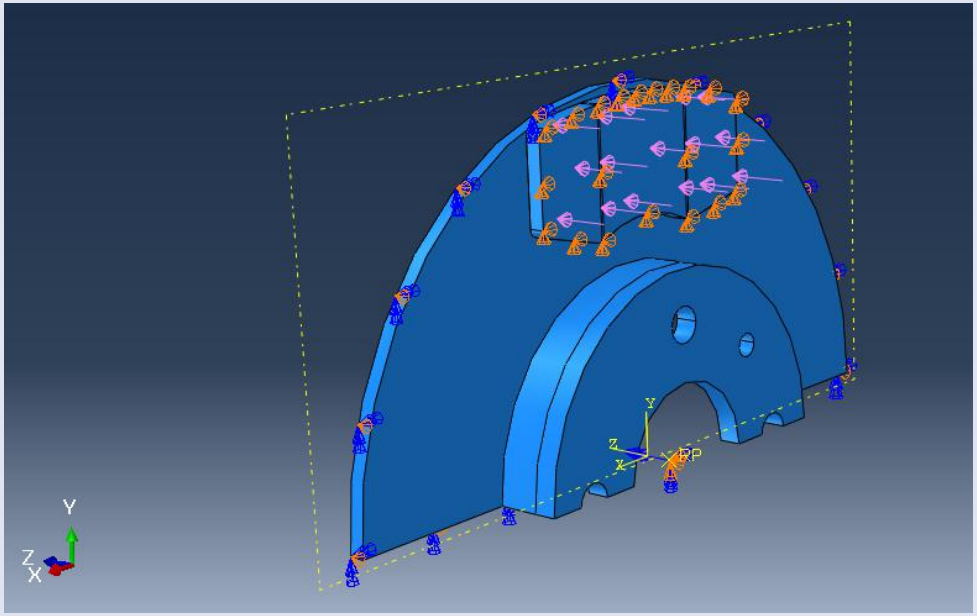

рис.6. Схема нагружения

1) Для диска запрещены перемещения по оси Oz и вращение по осям Ox и Oy.

2) Колодка может совершать только перемещения по оси Oz.

3) На колодку действует прижимная сила, направленная по оси Oz.

4) Для диска задается вращение вокруг оси Oz.

5) В зоне контакта колодки и диска задается трение с коэффициентом k.

Физико-механические свойства материалов

Расчёт проводился для стального диска и колодок из фенилона и ТИИР-300.

таблица 2. Свойства материалов колодок и диска

Параметр	**Сталь**	**Фенилон**	**ТИИР-300**
Плотность ρ , кг/м^3	7800	1350	2100
Модуль упругости E, ГПа	200	3.2	5
Коэффициент Пуассона	0.3	0.3	0.36
Теплопроводность λ_T, Вт/(м·°С)	48	0.3	1.4
Коэффициент теплового расширения α_T, °С$^{-1}$	$1.19\cdot 10^{-5}$	$3.9\cdot 10^{-5}$	$3.9\cdot 10^{-5}$
Теплоемкость C, Дж(кг·°С)	473	1860	1480

Результаты расчета для колодки из фенилона

(в скобках приведены результаты литературных источников)

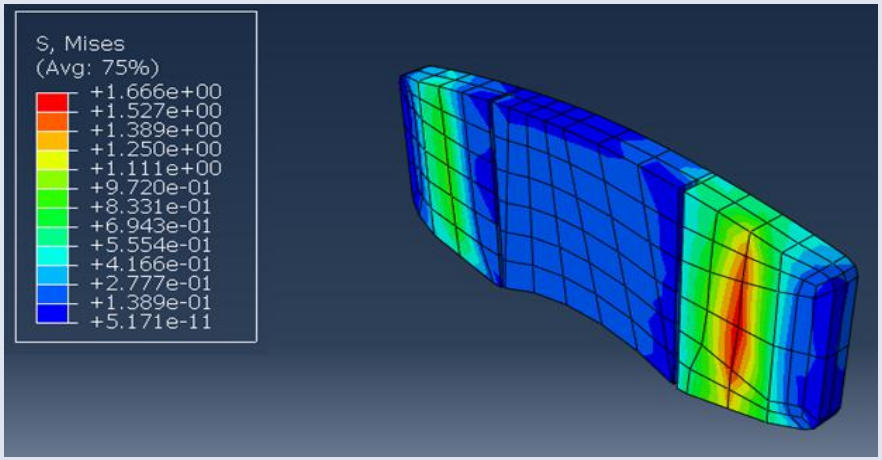

рис.7. Напряжения по Мизесу

напряжения по Мизесу – 1.66 МПа;
перемещения по Oz – 0.018 мм (0.01мм).

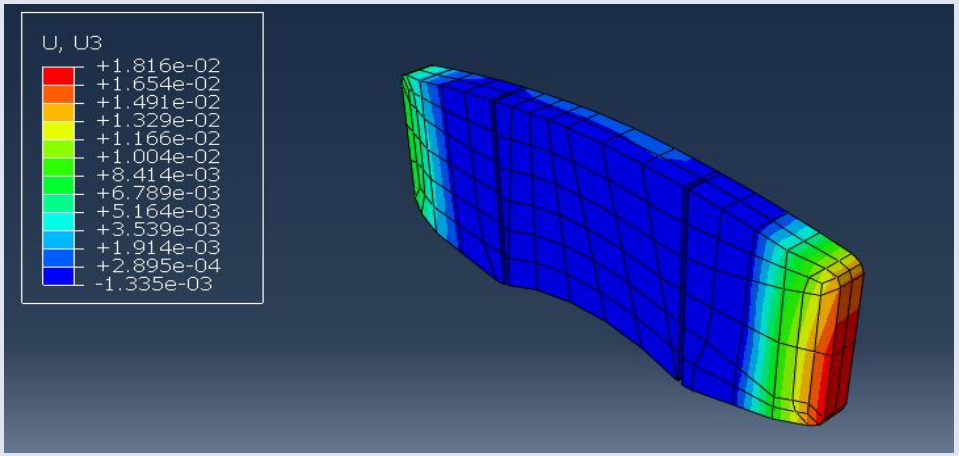

рис.8. Перемещения по оси Z

Результаты расчета для колодки из фенилона

(в скобках приведены результаты литературных источников)

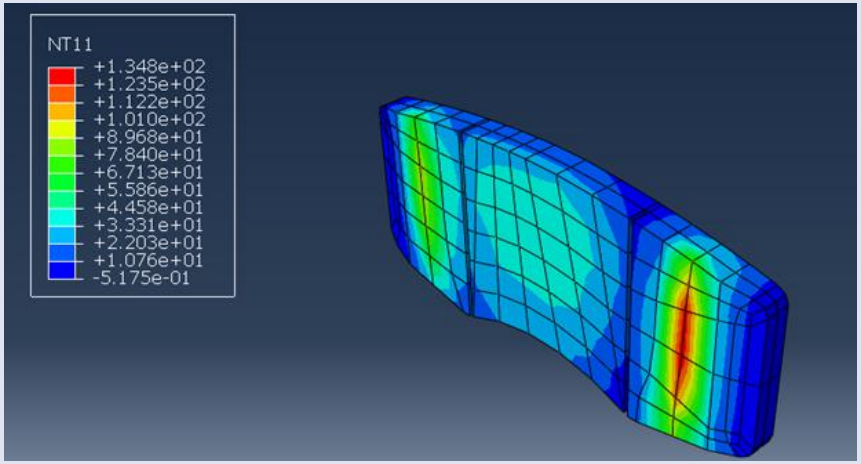

рис.9. Распределение температуры

температура – 134 ° C (123 ° C);
контактные давления – 1.23 МПа
(1.33 МПа, 1.42 МПа).

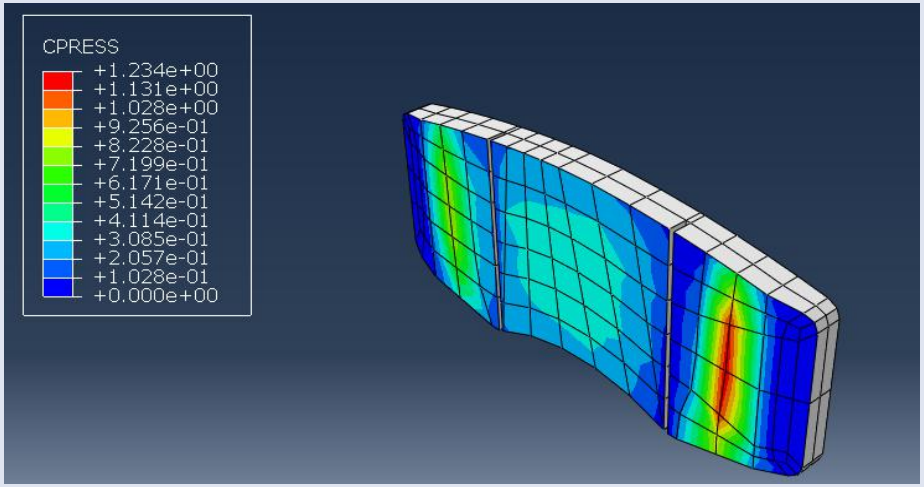

рис.10. Контактные давления

Результаты расчета для колодки из ТИИР-300

(в скобках приведены результаты литературных источников)

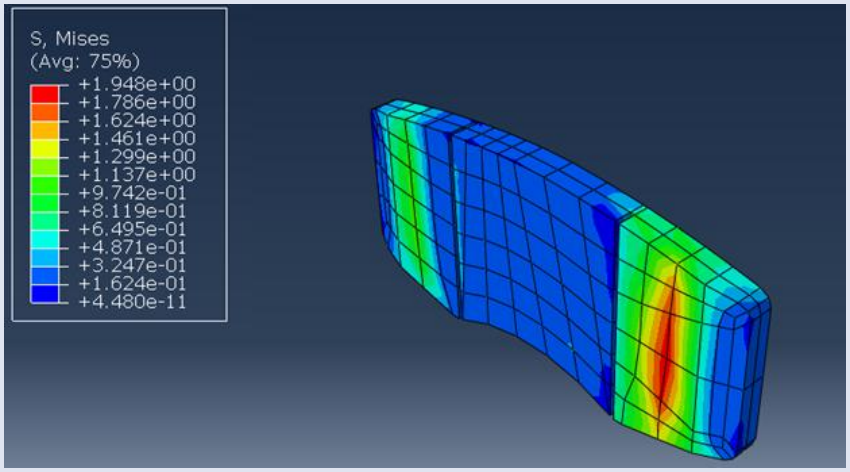

рис.11. Напряжения по Мизесу

напряжения по Мизесу – 1.94 МПа;
перемещения по Oz – 0.011 мм (0.01мм).

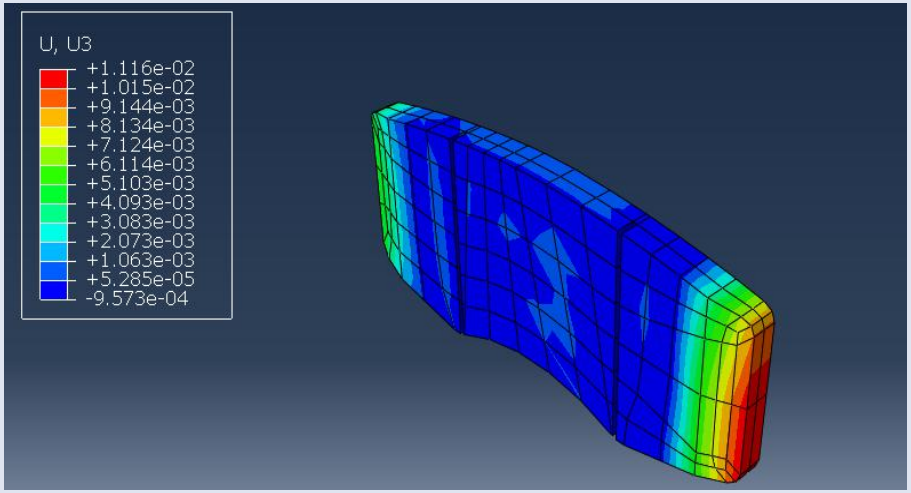

рис.12. Перемещения по оси Oz

Результаты расчета для колодки из ТИИР-300

(в скобках приведены результаты литературных источников)

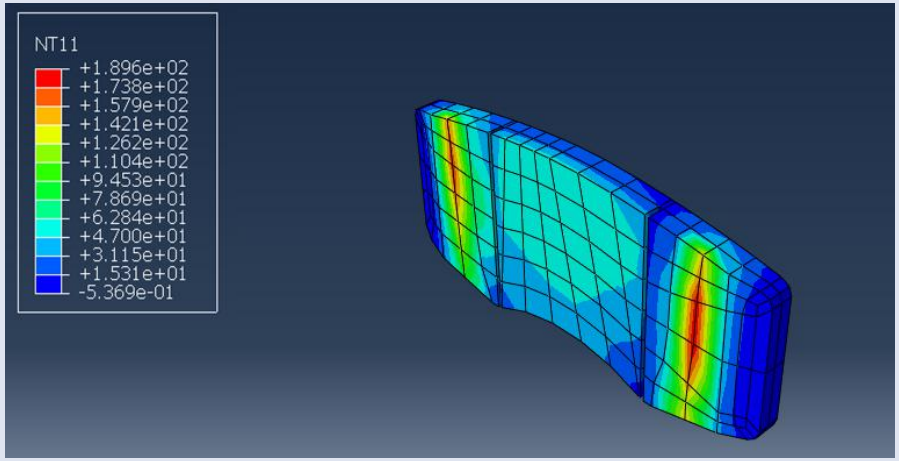

рис.13. Распределение температуры

температура – 189 ° C (182 ° C);
контактные давления – 1.21 МПа.
(1.17 МПа, 1.42 МПа).

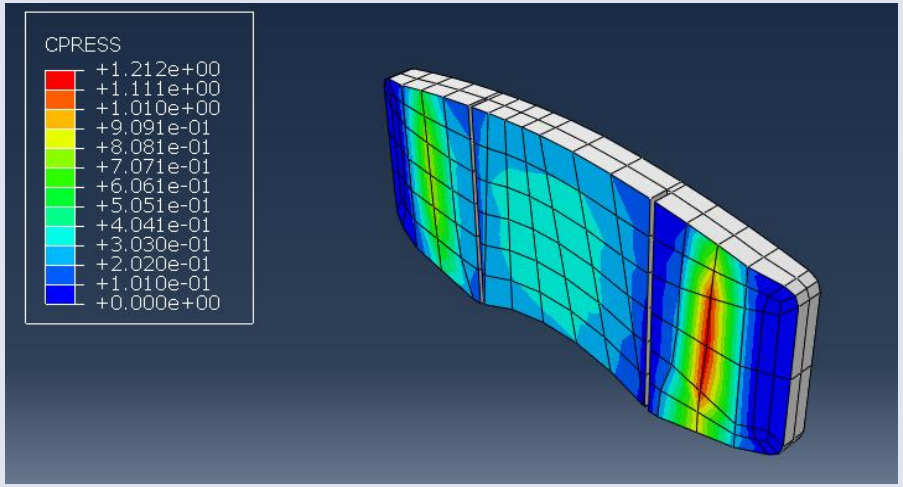

рис.14. Контактные давления

Выводы

- представлена аналитическая постановка термоупругой контактной задачи для обоснования создания расчетной модели системы «тормозная колодка-диск»

- проведен конечно-элементный расчет теплового напряженно-деформированного состояния колодки в программном комплексе Abaqus. Для различных материалов колодки получены значения напряжений, деформаций, контактных давлений и температур.
  Максимальные расчетные значения составили
  - для колодки из фенилона: напряжения – 1.66 МПа; перемещения – 0.018 мм; температура - 134 ° С; контактное давление – 1.21 МПа.
  - для колодки из ТИИР-300: напряжения – 1.94 МПа; перемещения – 0.011 мм; температура – 189 ° С; контактное давление – 1.23 МПа.
  Из полученных результатов следует, что материал ТИИР-300 более надежен и способен дольше сохранять свои эксплуатационные характеристики.

- при сравнении значений численного расчета с результатами из литературных источников, следует близость значений температуры, контактных давлений и перемещений. Это подтверждает достоверность проведенных расчётов и позволяет использовать разработанную модель «колодка-диск» в проектно-конструкторских исследованиях.