

УДК 621.31:621.771.06-88

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА  
КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ОПАСНОМ СЕЧЕНИИ РАБОЧЕГО  
ВАЛКА****Андрей Анатольевич Мальцев**

доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: [a.a.mal@bmstu.ru](mailto:a.a.mal@bmstu.ru)**Аннотация**

Установлена степень влияния геометрических размеров кольцевой галтели на теоретический коэффициент концентрации напряжений в опасном сечении рабочего вала.

**Ключевые слова:** рабочий валок, концентрация напряжений, металлургия.

**STUDY OF THE THEORETICAL STRESS CONCENTRATION COEFFICIENT  
IN THE DANGEROUS CROSS SECTION OF THE WORKING ROLL****Andrey A. Maltsev**

associate professor, Bauman Moscow State Technical University

ФН-7 and МТ-10 Departments

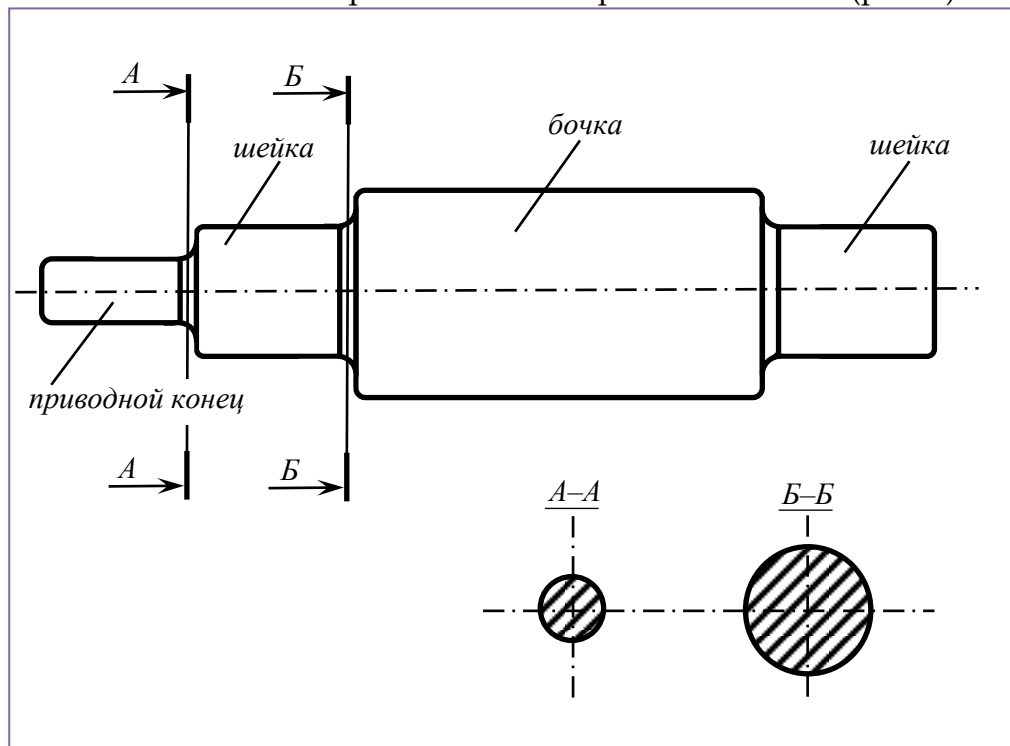
e-mail: [a.a.mal@bmstu.ru](mailto:a.a.mal@bmstu.ru)**ABSTRACT**

The degree of influence of the geometric dimensions of the ring girder on the theoretical coefficient of stress concentration in the dangerous cross section of the working roll is established.

**Keywords:** working roll, stress concentration, metallurgy.

**Введение**

Объект исследования – рабочий валок прокатного стана (рис. 1).



А-А, Б-Б – опасные сечения

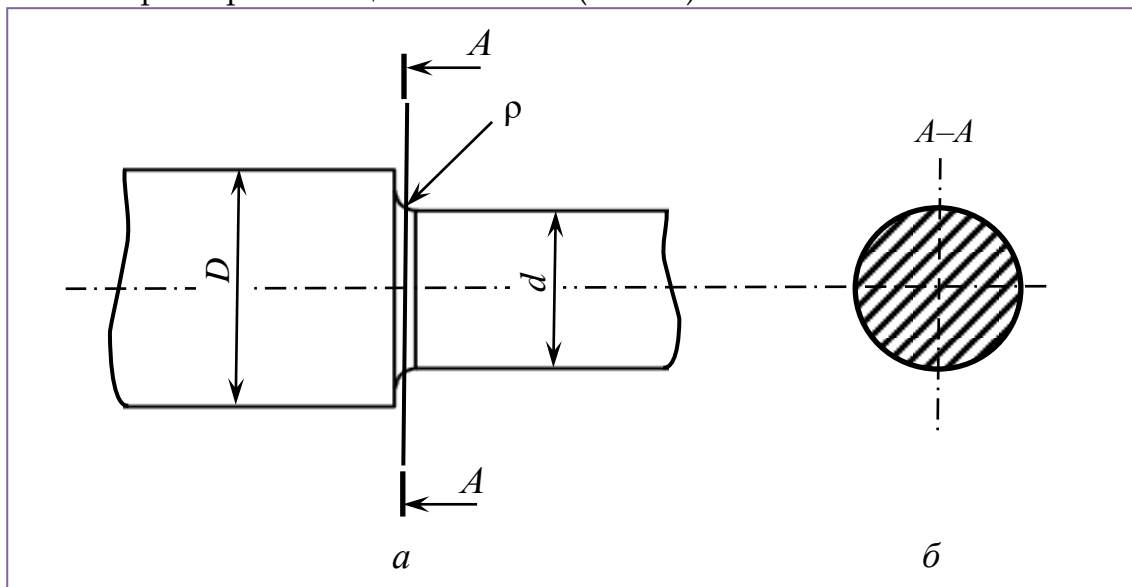
Предмет исследования – усталостная прочность рабочего валка в его опасном сечении А-А.

Цель исследования – установить степень влияния геометрических размеров кольцевой галтели на предел выносливости рабочего валка в опасном сечении А-А.

Задача исследования – варьируя в широком диапазоне величину радиуса закругления кольцевой галтели, исследовать влияние этого конструктивного фактора на теоретический коэффициент концентрации напряжений в области кольцевой галтели при различных соотношениях большего и меньшего диаметров.

**Материалы и методы исследования**

Исходные данные – эскиз ступенчатого вала (рис. 2) при различных сочетаниях геометрических размеров кольцевой галтели (табл. 1).



**Рис. 2.** Переходный участок вала с кольцевой галтелью (а) и опасное сечение А – А (б):  
 $D$  – больший диаметр, мм;  
 $d$  – меньший диаметр, мм;  
 $\rho$  – радиус закругления, мм

Материалы исследования – новая формула (1), представляющая собой упрощенный вариант эмпирической формулы, взятой из ГОСТ 25.504-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости» для вычисления теоретического коэффициента концентрации напряжений. ГОСТ 25.504-82 распространяется на детали машин с абсолютными размерами поперечного сечения до 300 мм.

Сами методы расчета характеристик сопротивления усталости основаны на статистической теории подобия усталостного разрушения, разработанной советскими учеными Серенсенем С.В., Когаевым В.П. и Шнейдеровичем Р.М. [1].

## Результаты, полученные в MathCAD, и их обсуждение

Теоретический коэффициент концентрации касательных напряжений  $\tau$  при кручении переходного участка рабочего вала с кольцевой галтелью

$$\alpha_{\tau} = 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{6,8\rho}{D-d} + 19,0 \frac{\left(1 + \frac{d}{2\rho}\right)^2}{\left(\frac{d}{2\rho}\right)^3} + \frac{4\rho}{(D-d)^2} \cdot \frac{d}{D}}}, \quad (1)$$

Текст компьютерной программы с набранной расчетной формулой (1):

D := 110

d := 100

$\rho := 1..10$

$$\alpha_{\tau}(\rho) := 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{6,8 \cdot \rho}{D-d} + 19,0 \cdot \frac{\left(1 + \frac{d}{2 \cdot \rho}\right)^2}{\left(\frac{d}{2 \cdot \rho}\right)^3} + \frac{4 \cdot \rho}{(D-d)^2} \cdot \frac{\rho}{D}}}$$

**Таблица 1.**

Результаты компьютерного исследования теоретического коэффициента концентрации напряжений в опасном сечении рабочего вала (рис. 3 – 10)

№ опыта	Геометрические размеры кольцевой галтели (см. рис. 2)					Коэффициент $\alpha_{\tau}$
	D, мм	d, мм	D/d	$\rho$ , мм	$\rho/d$	
	110	100	1,1	1 – 10	0,01 – 0,1	2,0 – 1,3
	126	105	1,2	1 – 21	0,01 – 0,2	2,2 – 1,2
	143	110	1,3	1 – 33	0,01 – 0,3	2,3 – 1,2
	173	115	1,5	1 – 34	0,01 – 0,3	2,5 – 1,2
	192	120	1,6	1 – 36	0,01 – 0,3	2,6 – 1,2
	213	125	1,7	1 – 37	0,01 – 0,3	2,6 – 1,2
	234	130	1,8	1 – 39	0,01 – 0,3	2,6 – 1,2
	270	135	2,0	1 – 40	0,01 – 0,3	2,7 – 1,2

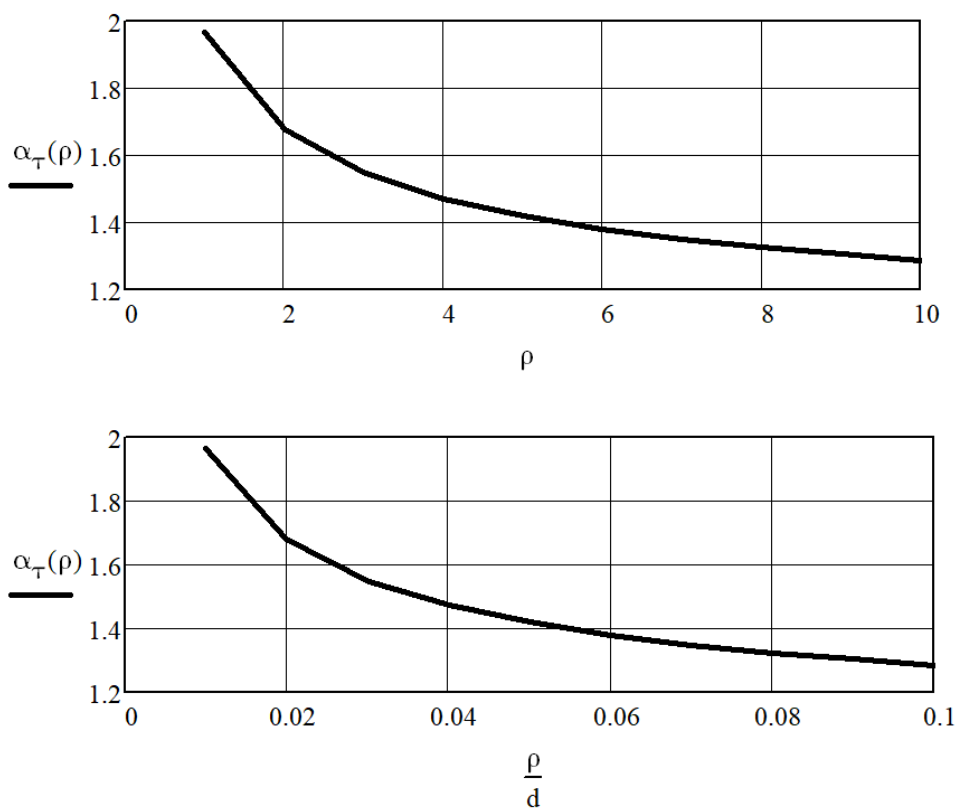


Рис. 3. Результаты опыта №1

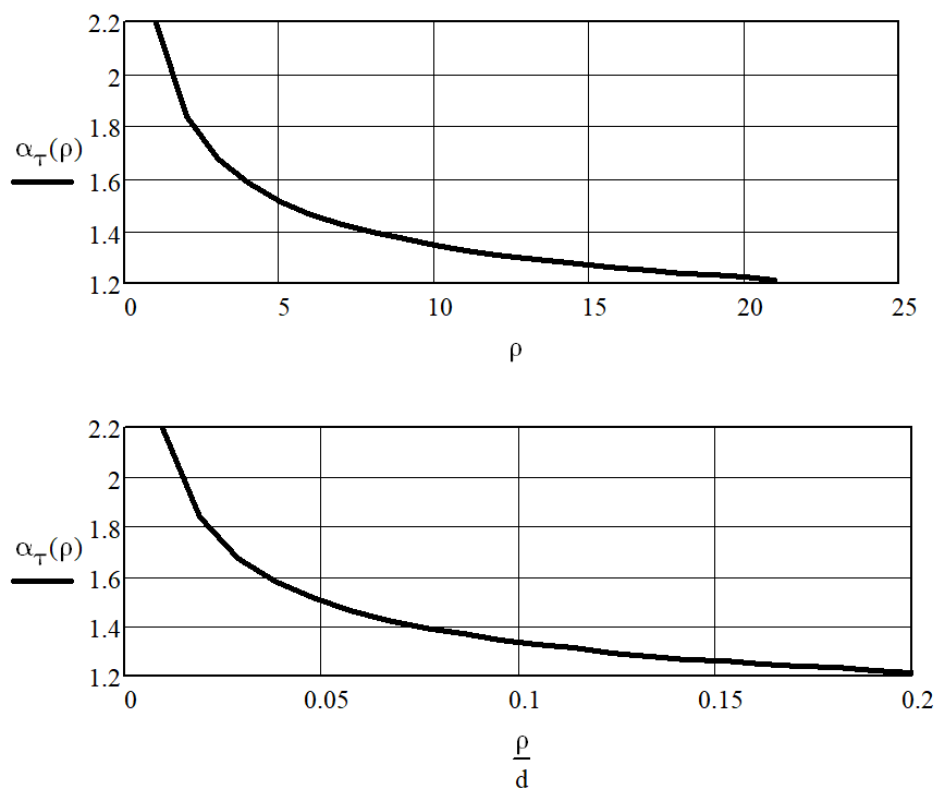


Рис. 4. Результаты опыта №2

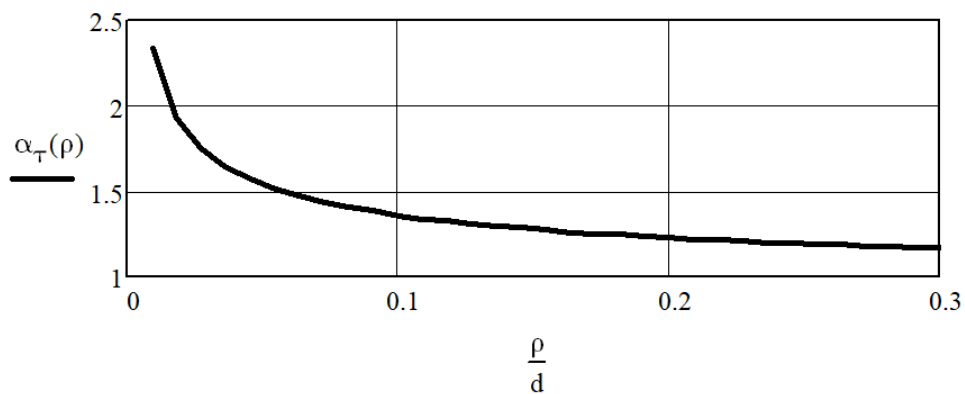
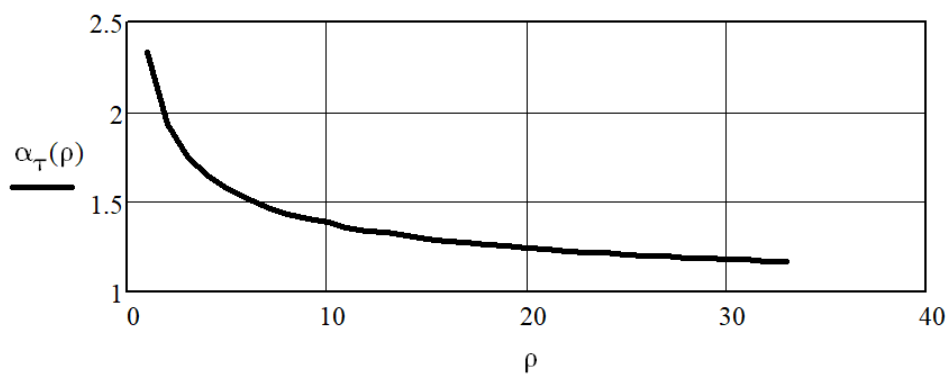


Рис. 5. Результаты опыта №3

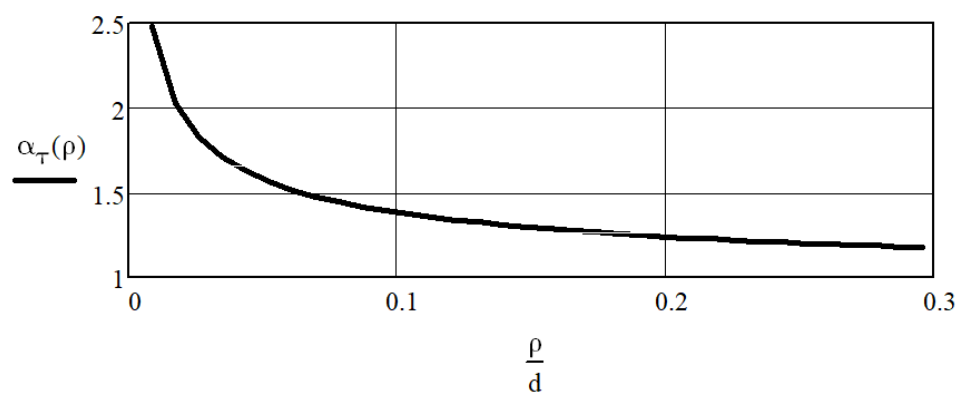
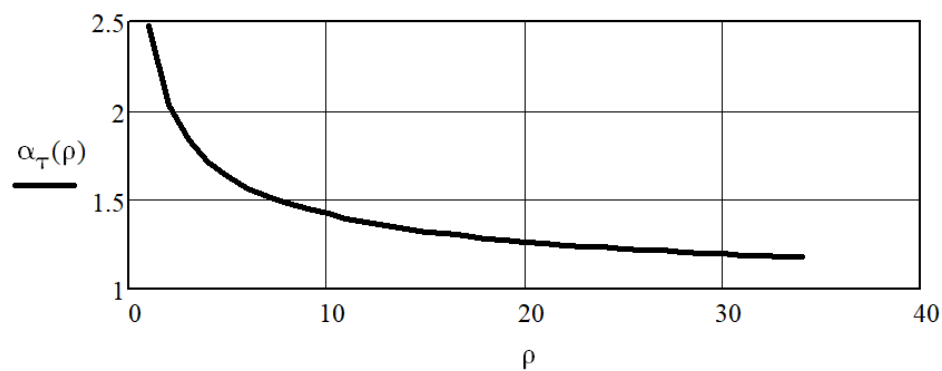


Рис. 6. Результаты опыта №4

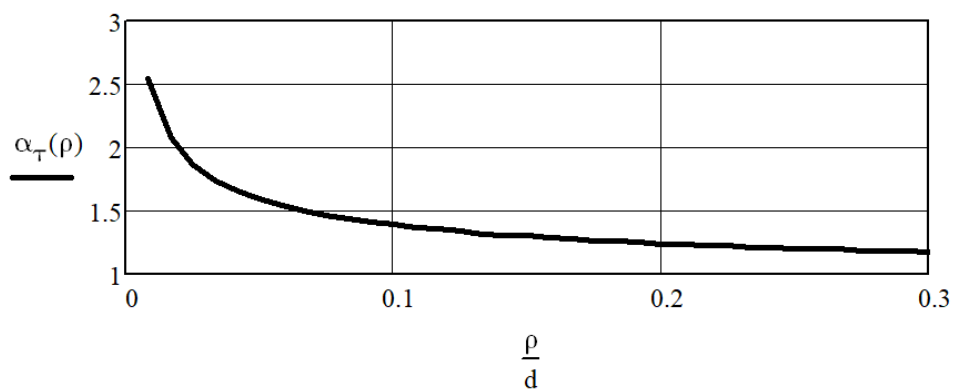
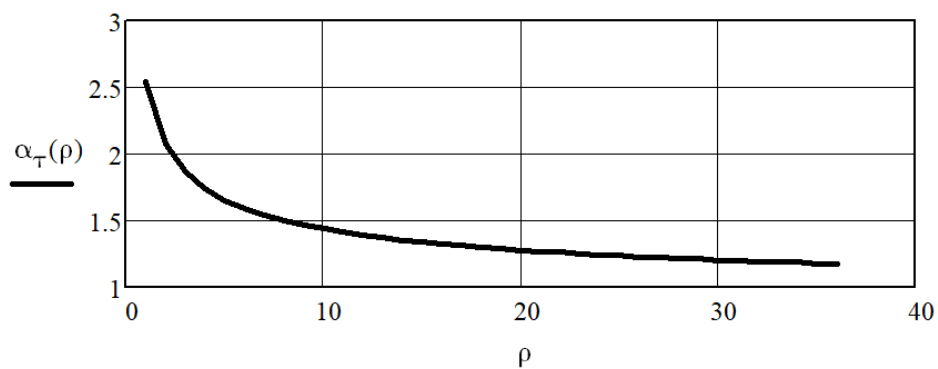


Рис. 7. Результаты опыта №5

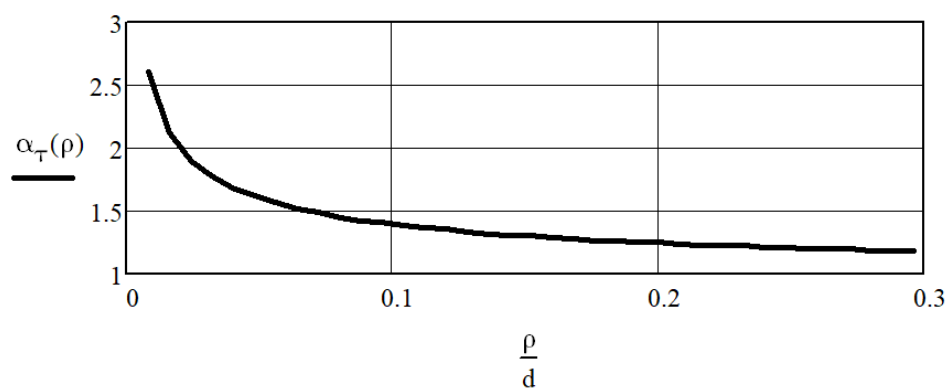
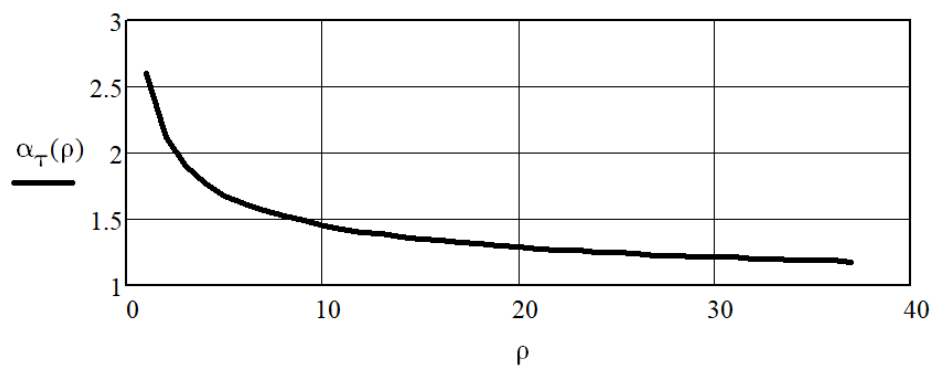


Рис. 8. Результаты опыта №6

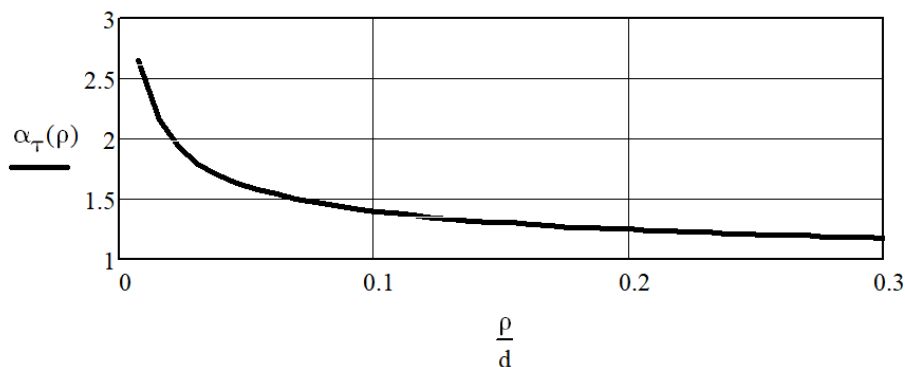
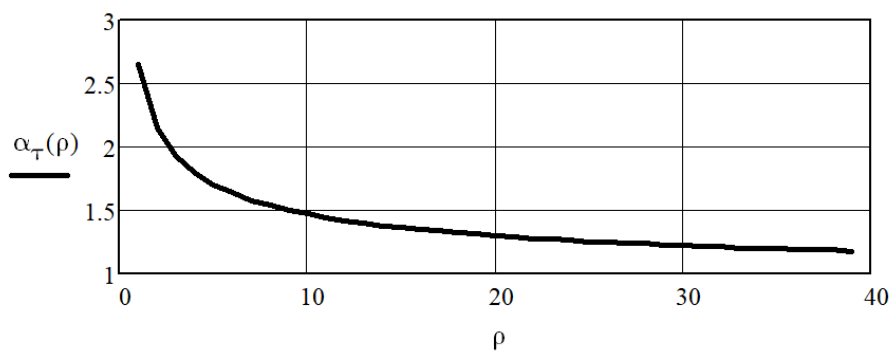


Рис. 9. Результаты опыта №7

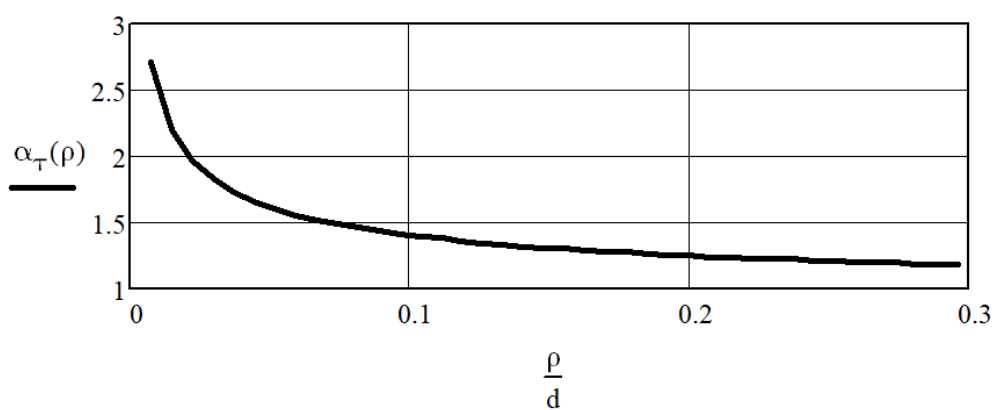
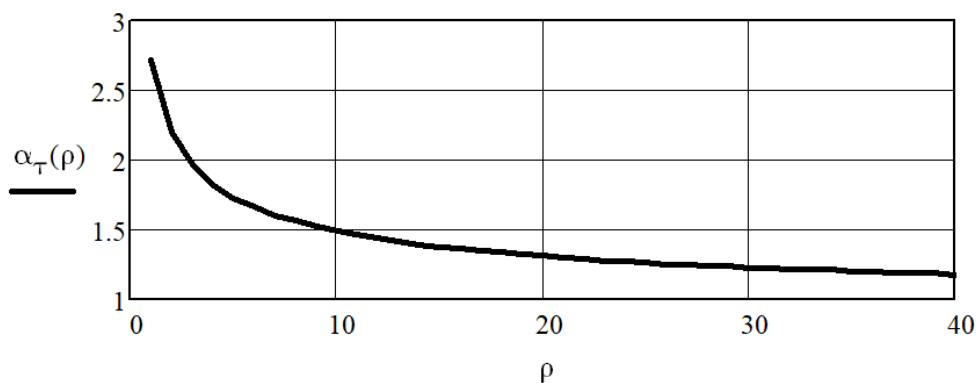


Рис. 10. Результаты опыта №8



### **Выводы**

1. С уменьшением радиуса закругления галтели резко возрастает теоретический коэффициент концентрации напряжений в опасном сечении рабочего вала, что видно на всех компьютерных графиках.

2. В результате проведенного исследования установлено, что диапазон изменения теоретического коэффициента концентрации напряжений очень широк, и это будет учтено при определении границ диапазона изменения предела выносливости рабочего вала в опасном сечении и прогнозировании циклической прочности этого сечения [2, 3].

**Список литературы**

1. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. – Москва, «Машиностроение», 1977. – 232 с.
2. Мальцев А.А., Беляков Ю.И., Тарасенко И.А. Статистическое моделирование циклического ресурса шпиндельного вала электропривода металлургической машины. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 04. – С. 158 – 169. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-4-2020/a229937>.
3. Мальцев А.А. Прогнозирование циклического ресурса шпиндельного вала электропривода прокатного стана методом Монте-Карло. – [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 05. – С. 126 – 135. – Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-5-2020/a229958>.

**References**

1. Kogaev V. P. Calculations for strength at stresses, variables in time. Moscow, Mashinostroenie, 1977. – 232 p. [in Russian].
2. Maltsev A. A., Belyakov Yu. I., Tarasenko I. A. Statistical modeling of the cyclic resource of the spindle shaft of an electric drive of a metallurgical machine. – [Electronic resource] Original research (ORIS), 2020, No. 04. – P. 158-169. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-4-2020/a229937> [in Russian].
3. Maltsev A. A. Forecasting of the cyclic resource of the spindle shaft of the rolling mill electric drive by the Monte Carlo method. – [Electronic resource] Original research (ORIS), 2020, No. 05. – P. 126-135. – Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-5-2020/a229958> [in Russian].