

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
(МГТУ ГА)

Программа
“РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ДИСКОВ
ТУРБОМАШИН”

Разработчик:
д.т.н.

Чичков Б.А.

1. Функциональное назначение программы, область применения, ограничения

Программа “РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ДИСКОВ ТУРБОМАШИН” (далее “DiskS”) предназначена для учебного расчета на прочность дисков турбомашин с учетом особенностей их эксплуатации в составе авиационных газотурбинных двигателей. Позволяет исследовать влияние конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов на прочность дисков авиационных ГТД.

Программа предназначена для использования в учебном процессе дисциплины “Конструкция и прочность авиационных двигателей”, НИРС и дипломном проектировании.

Программа реализует алгоритм расчета, изложенный в работе [Чичков Б.А. Расчет на прочность дисков турбомашин (с использованием численных методов). Пособие по дисциплине “Конструкция и прочность авиационных двигателей”, для НИРС и дипломного проектирования для студентов IV и V курсов специальности 130300 всех форм обучения.-М.: МГТУ ГА, 1998.- 60 с.], а также методику учета многорежимности нагружения на основании теории линейного суммирования повреждений по работе [Лозицкий Л.П., Ветров А.Н., Дорошко С.М., Иванов В.П., Коняев Е.А. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей. М.:Воздушный транспорт, 1992.- 533 с.].

Отличительные особенности программы:

1) Исходные данные расчета организованы в виде листа MS[®] Excel[®], что упрощает их редактирование и проведение вариантных расчетов.

2) Результаты оценок прочности организованы в виде, удобном для переноса в текстовые редакторы и формирования отчета.

3) Характеристики материалов, наиболее часто применяемых в авиационных двигателях, описаны аналитическими зависимостями, нет необходимости в задании характеристик (но возможна и модификация описания).

Программа позволяет оценить, в т.ч.:

4) прочность диска по разрушающей частоте вращения (угловой скорости) с представлением “промежуточных” результатов расчета,

5) прочность диска для характерных режимов полетного цикла,

6) эквивалентные коэффициенты запаса прочности диска для выбранных сочетаний режимов,

7) прочность диска с учетом с учетом неупругих деформаций.

8) Программа обеспечивает возможность сравнения результатов по исходному и модифицированному профилям диска.

9) Включены комментарии по особенностям распределения напряжений в диске для различных режимов работы авиационных двигателей.

Ограничения: практически значимых ограничений в рамках учебных задач нет.

Примеры некоторых результатов, получаемых с использованием программы и управляющих форм, - см. в Прил..

2. Используемые технические средства (системные требования)

Минимальные:

Для ОС Win95: Pentium -100 (или аналогичный AMD), 16Mb RAM, SVGA 1Mb, своб. HDD 1Mb для установки программы и дополнительно место на жестком диске под базы исходных данных расчета и результаты расчета.

Рекомендуется

Pentium III-1133+ (Athlon –1000+), 256 Mb RAM

Возможность применения в сети: возможно

Требования к ПО:

операционная система MS[®] WINDOWS 95/98/ME/2000/NT/XP и новее;

MS[®] Excel[®] 97, 2000, 2002 и новее

Примеры некоторых элементов управления и результатов
использования программы “DiskS”

В приложении приводятся примеры некоторых графических форм, получаемых с использованием программы “DiskS”.

Приводимые материалы не являются инструкцией по эксплуатации.

Автор оставляет за собой право изменять цветовую гамму управляющих элементов и графических форм.

Автор оставляет за собой право изменять состав, вид и/или расположение управляющих элементов и графических элементов без ухудшения функциональности.

Copyright © Чичков Борис Анатольевич.

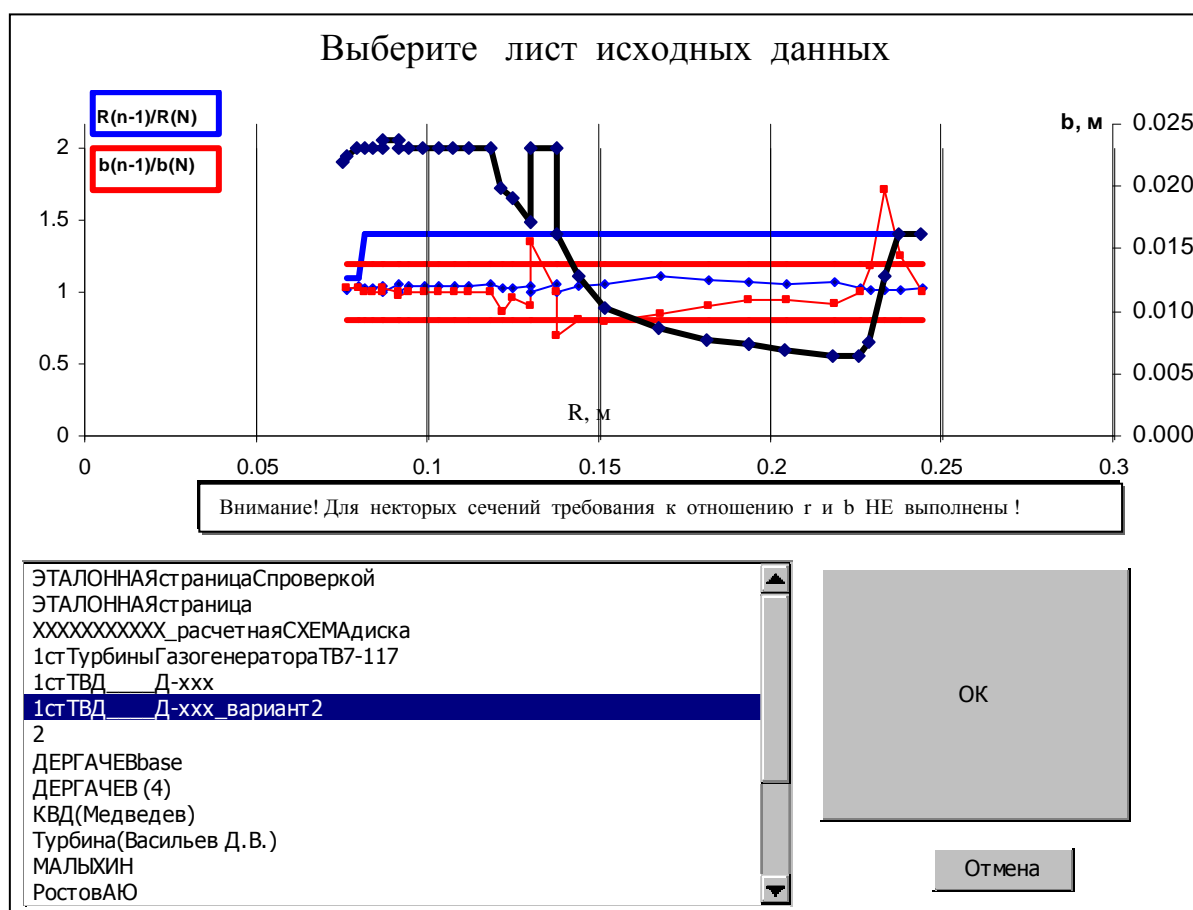


Рис.П.1. Панель задания исходных данных (листа), прелюсмотр профиля диска и результаты проверки выполнения требований к отношениям γ и b

Расчет диска турбомашины на прочность Ver.05.2002

Частота вращения ротора, об/мин: 10500

Материал диска:

АК-4 30ХГСА ЭИ617 ЖС6КП
 ВТ8 37Х12Н 10Х11 ХН77ТЮР ХН73 другой

Диск: К П

Радиальные контурные напряжения, МПа: 110.9133

ТЕМПЕРАТУРА, град.С:
 в центре (на краю ОТВ): 300
 средняя рабочей лопатки: 700

Вид диска:
 Сплошной С отверстием Напресован на вал с напряжением, МПа: 0

КАКОЙ РАСЧЕТ ВЫПОЛНИТЬ:

без учета неупругих деформаций (1 расчет) (для ВСЕХ МАТЕРИАЛОВ)
 с учетом неупругих деформаций

с автоматическим количеством приближений: 8
 ТОЧНОСТЬ приближения: 0.05

РЕЖИМЫ:
 ВЗЛЕТНЫЙ (основной расчетный)

Дополнит. режимы-только для ТУРБИНЫ

Расчет:
 Новый диск Продолжить

Выключение:
 приемистости
 на земле: с МГ со ВЗЛЕТНОГО
 в полете: с 0.7 ном.

Геометрические размеры диска на графике:
 Абсолютные Относительные

OK Отмена

Рис.П.2. Формирование задач расчета

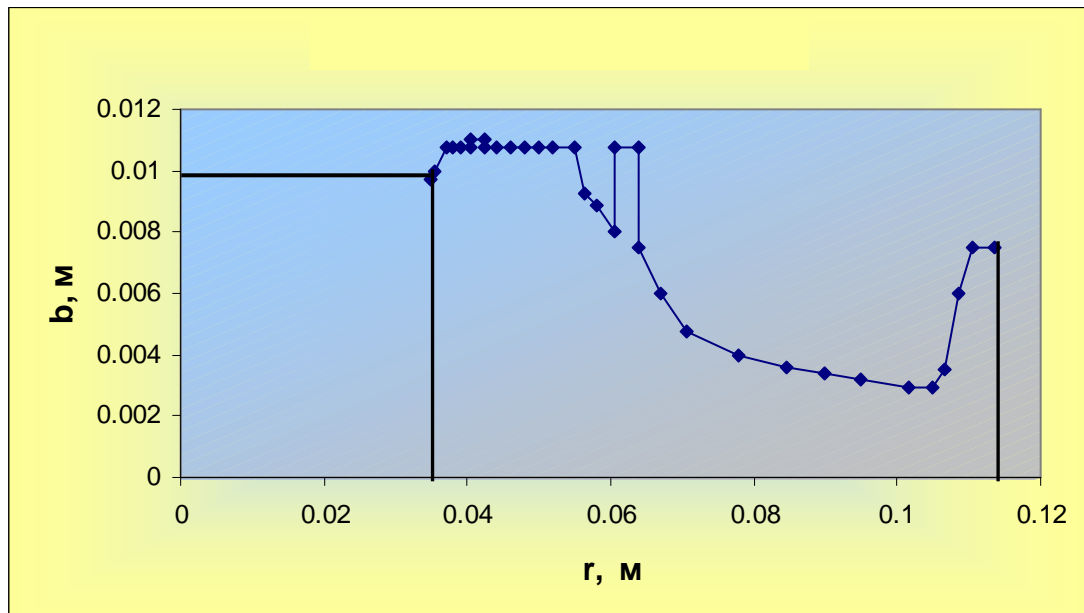


Рис.П.3. Построение профиля диска на листе задания исходных данных

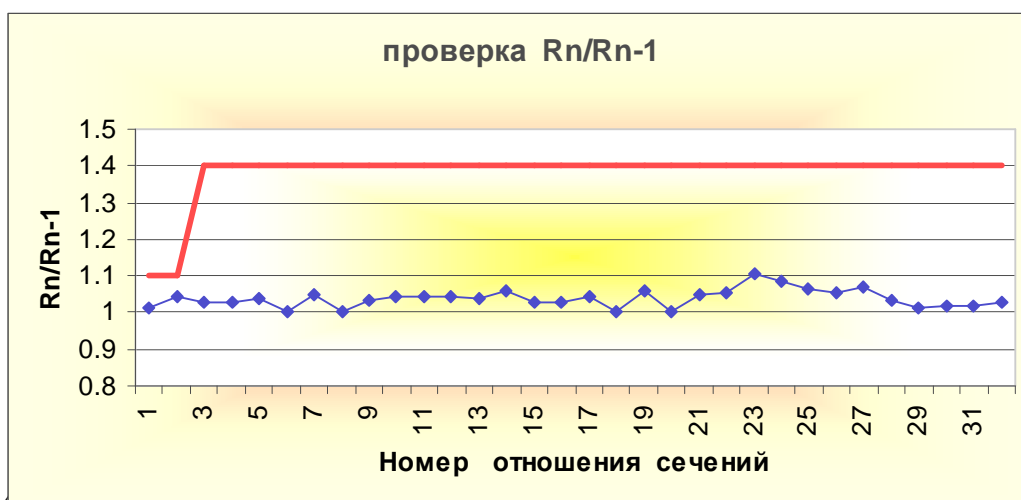


Рис.П.4. Проверка по отношению R_n/R_{n-1} на листе задания исходных данных

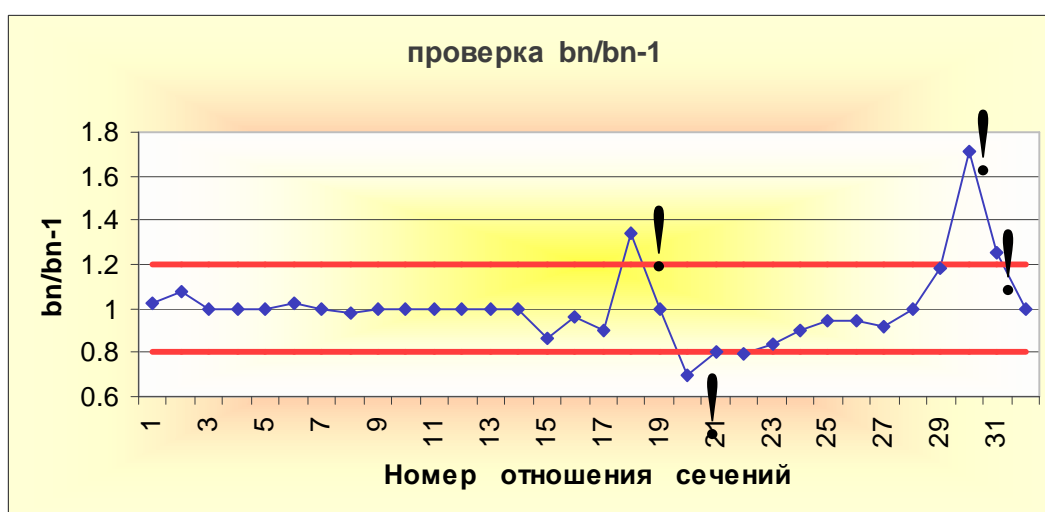


Рис.П.5. Проверки по отношению b_n/b_{n-1} на листе задания исходных данных

**РАССЧИТАТЬ ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА
ПРОЧНОСТИ ДЛЯ РЕЖИМОВ**

ВЗЛЕТНЫЙ ПРИЕМИСТОСТИ

ВЫКЛЮЧЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ СО ВЗЛЕТНОГО РЕЖИМА

ВЫКЛЮЧЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ С МАЛОГО ГАЗА

ВЫКЛЮЧЕНИЕ В ПОЛЕТЕ С 0,7 НОМ

ОК

Отмена

Рис.П.6. Формирование перечня режимов для расчета эквивалентного коэффициента запаса прочности

r	b	приведенная плотность(или просто плотность)	число рабочих лопаток Z		79
0.035	0.0195	8200	площадь корневого сечения лопатки F_k , м ²		2.00E-04
0.0355	0.02	8200	Радиус <i>КОРНЕВОГО сечения пера</i> ЛОПАТКИ, м		0.271
0.037	0.0215	8200	Радиус ПЕРИФЕРИЙНОГО сечения лопатки (БЕЗ БАНДАЖА!) R_0 , м		0.333
0.038	0.0215	8200	Радиус центра тяжести бандажной полки, м		0
0.039	0.0215	8200	Размеры бандажной полки, м		
0.0405	0.0215	8200	толщина		0
0.0405	0.022	8200	длина		0
0.0425	0.022	8200	ширина		0
0.0425	0.0215	8200	Отношение площадей периферийного и корневого сечений F_0/F_k		0.380.25-0.35
0.044	0.0215	8200	Показатель степени q		0.6Турб-0.5-0.6
0.046	0.0215	8200			Компр- 1
0.048	0.0215	8200	плотность материала лопаток, кг/м ³		8500
0.05	0.0215	8200			
0.052	0.0215	8200			
0.055	0.0215	8200			
0.0565	0.0185	8200			
0.058	0.0178	8200	площадь радиального сечения замковой части обода диска $f_{об}$		
0.0605	0.016	8200	БЕЗ ПЕРЕХОДНОЙ ЧАСТИ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ! , м ²		0.0007106
0.0605	0.0215	8200	радиус центра тяжести площади $f_{об}$ R_f , м		0.256
0.064	0.0215	8200	доля длины окружности, приходящаяся на диск (например 0.6)		0.55
0.064	0.015	8200	радиус r_k для ДИСКА, м		
0.067	0.012	8200	толщина диска на радиусе r_k b_k , м, м		0.0323
0.0705	0.0095	8200	плотность материала диска, кг/м ³		8200
0.078	0.008	8200	ПЕРЕХОДНАЯ часть лопатки		
0.0845	0.0072	8200	Радиус центра тяжести переходной части, м		0.266
0.09	0.0068	8200	Рис. В.260. Формат листа исходных данных расчета (часть 1)		0.005 для справки

ЖС6К-8100
ЖС6КП-8250
ЖС6У-8400
ХН70-8500
ХН55-8400

ВТ8-4470
37Х12-7850
10Х11-7900
ХН77-8200
ХН73-8320

0.095	0.0064	8200	длина, м	0.037	ширина
0.1015	0.0059	8200	ширина, м	0.02	0.021155418
0.105	0.0059	8200	Коэффициент объема переходной части (≤ 1)	0.85	
0.1065	0.007	8200	частота вращения ротора, об/мин	10500	
0.1085	0.012	8200			K-250-300 T-300-350
0.1105	0.015	8200	температура в центре диска (на краю отверстия)	300	
0.1135	0.015	8200	средняя температура рабочей лопатки	650	
			Признак диска (1-компрессор, 2-турбина):	2	
			Признак диска:	2	1-без ОТВ 2- с ОТВ 3- на ВАЛУ с натягом
			Натяг, МПа (если 3)	0	
			Минимальный допустимый коэффициент запаса прочности диска	1.3	1.3-рекоменд
			Коэффициент μ	0.3	

Рис.П.7. Формат листа исходных данных расчета (продолжение)

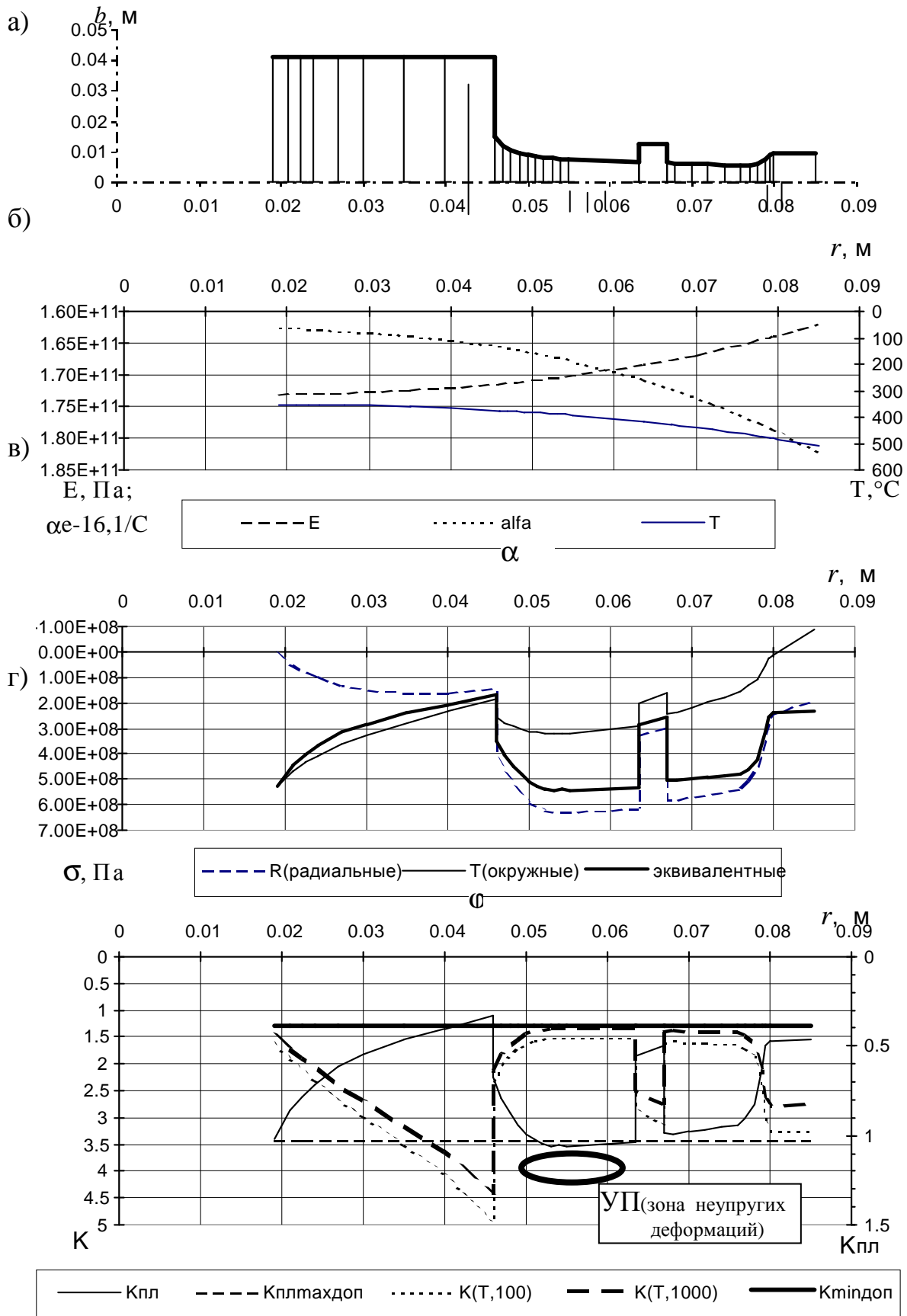
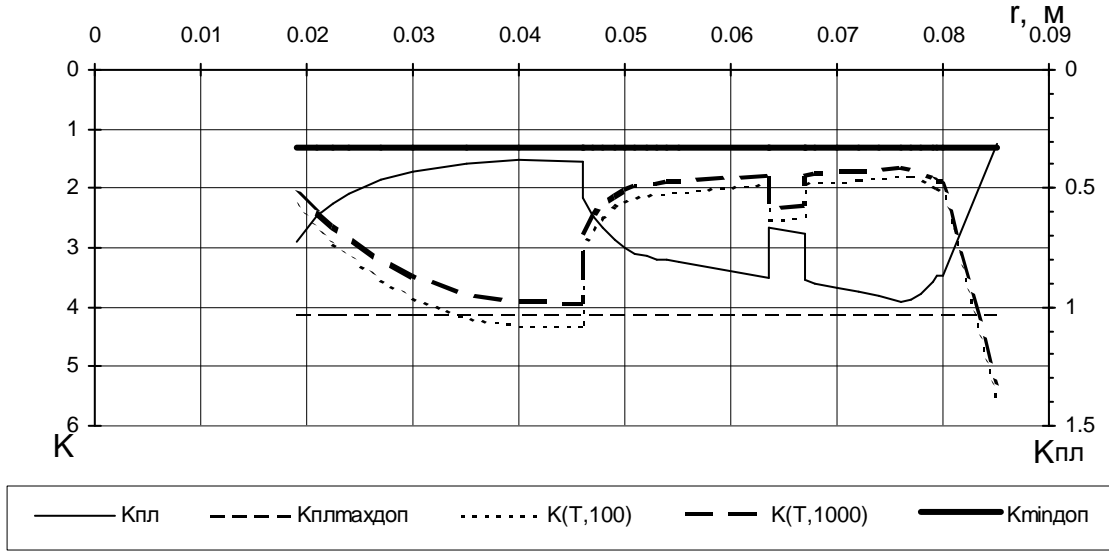
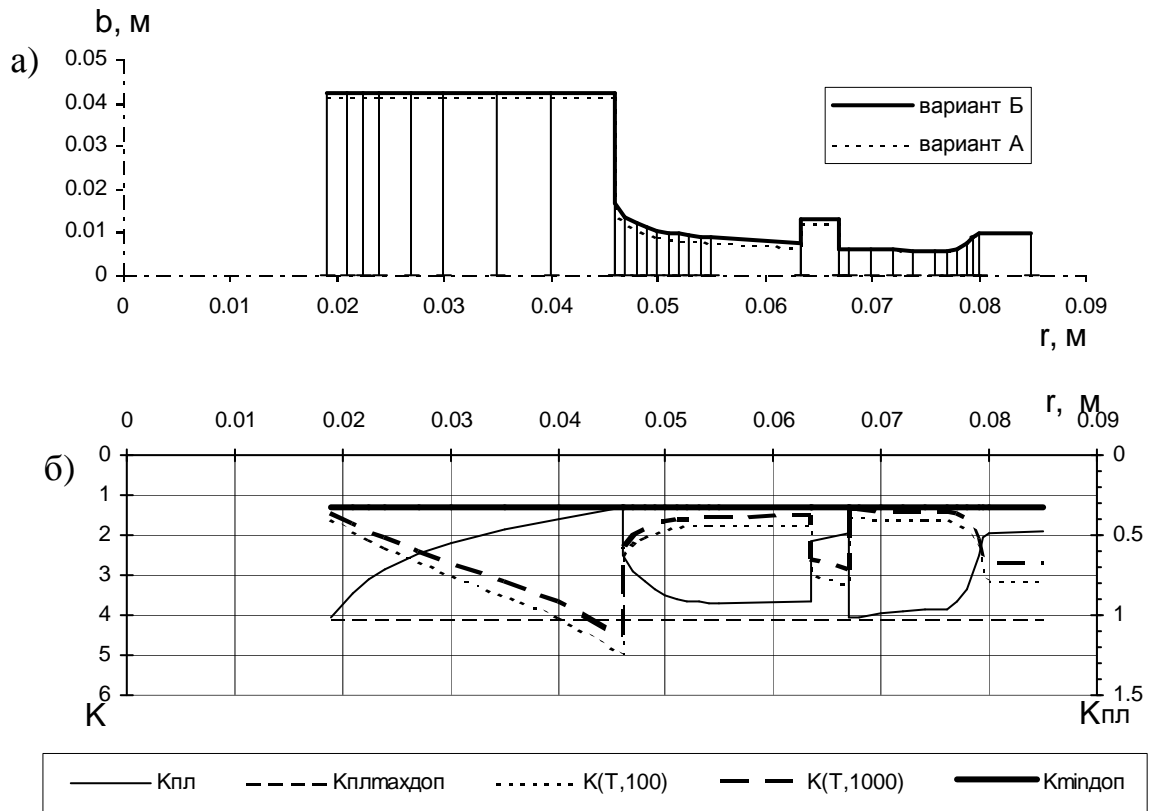


Рис.П.8. Пример представления некоторых итоговых графических материалов к расчету диска на прочность



Коэффициент запаса по разрушающей частоте вращения: $K_{b100}=1.69$, $K_{b1000}=1.62$

Рис.П.9. Коэффициенты прочности диска (рис. П.7) после двух приближений при использовании метода переменных параметров упругости



Коэффициент запаса по разрушающей частоте вращения: $K_{b100}=1.68$, $K_{b1000}=1.59$

Рис.П.10. Коэффициенты прочности диска (б) (рис. П.7-вариант А) после изменения сечений (вариант Б)

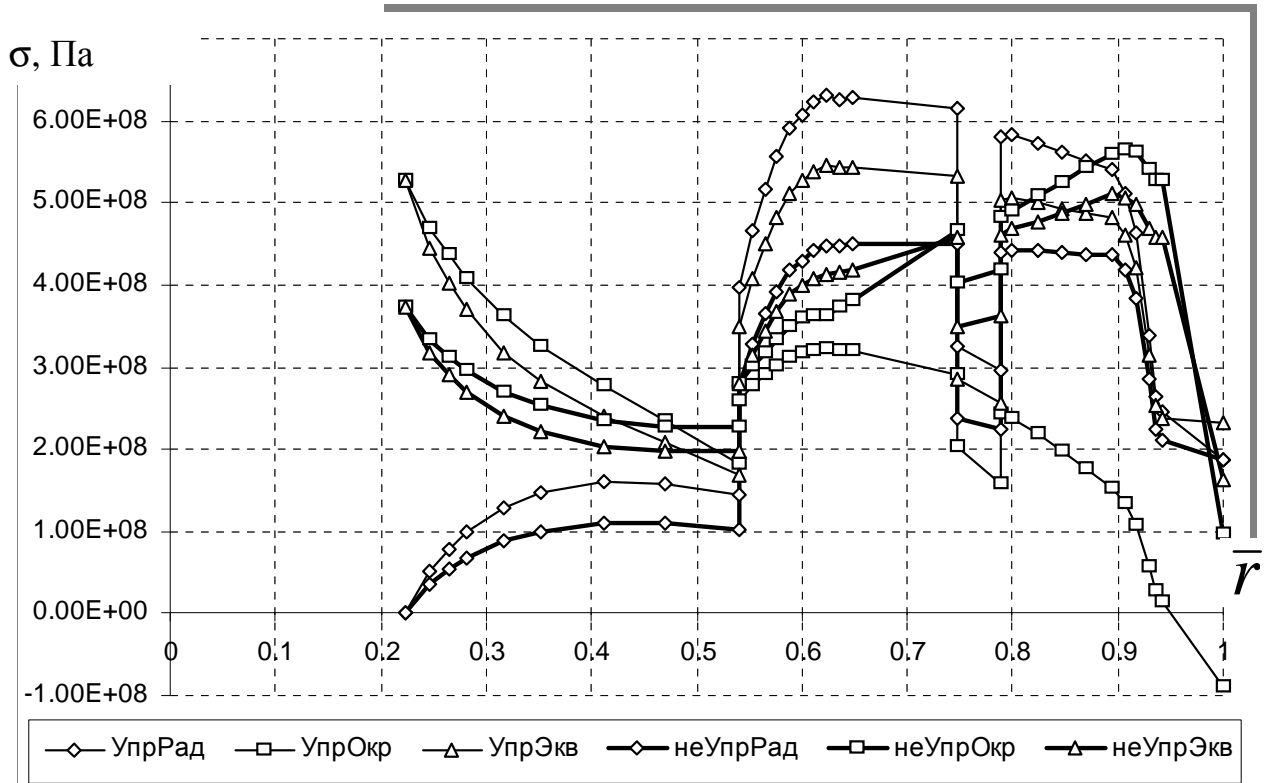


Рис.П.11. Перераспределение напряжений при упругопластическом деформировании

(Упр - результат расчета в предположении упругого деформирования; неУпр - результат расчета в предположении неупругого деформирования; Рад- радиальное напряжение; Окр- окружное напряжение; Экв- эквивалентное напряжение)

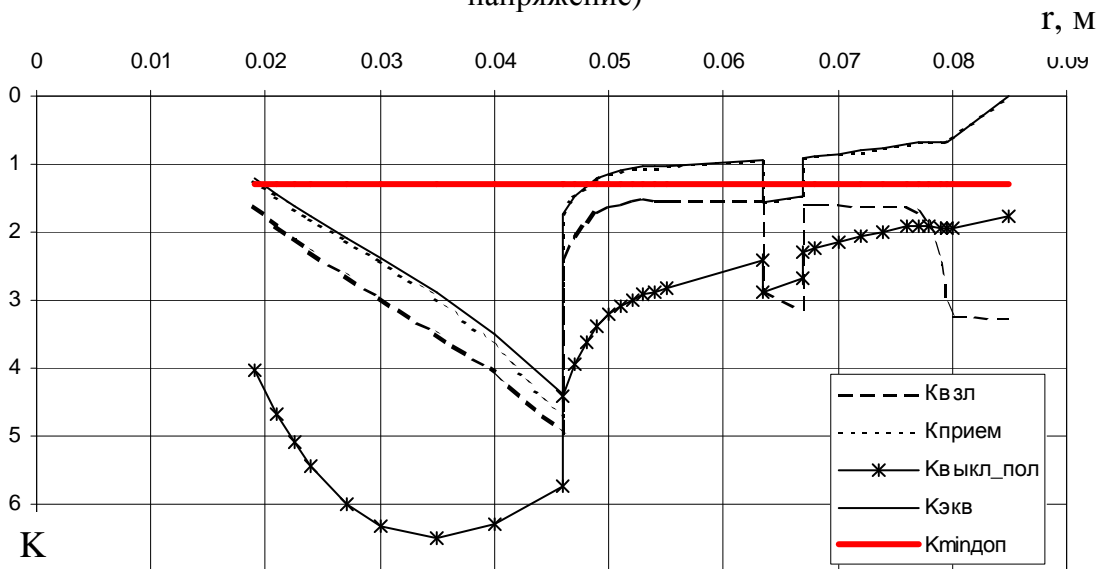


Рис.П.12. К расчету эквивалентного коэффициента запаса прочности диска для одного из сочетаний режимов