

# Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния ротора газотурбинного двигателя на основе контактной задачи компоновки деталей

Высотский А.В., Пыхалов А.А., ИрГТУ

Дальнейшее совершенствование конструкции двигателей связано с анализом работы его деталей с учетом взаимодействия между ними. Такую задачу можно решить с учетом эффектов контакта при работе двигателя. Детали современных ГТД работают в условиях максимально возможной удельной нагруженности материала деталей, приводящей к наличию в них зон пластических и упругопластических деформаций. Для полного представления картины общей реологии напряженно-деформированного состояния деталей необходимо учитывать эффекты влияния друг на друга деталей, составляющих конструкцию.

Основными нагрузками, действующими на диски и лопатки компрессоров и турбин, являются: центробежные силы, возникающие при вращении ротора двигателя; неравномерный нагрев диска, приводящий к появлению температурных напряжений; действующее распределенное внешнеприложенное нагружение различного рода, в виде перепада давления, лопаточных нагрузок и нагрузок крепления. Учет последних нагрузок позволяет понять общие принципы контактного влияния.

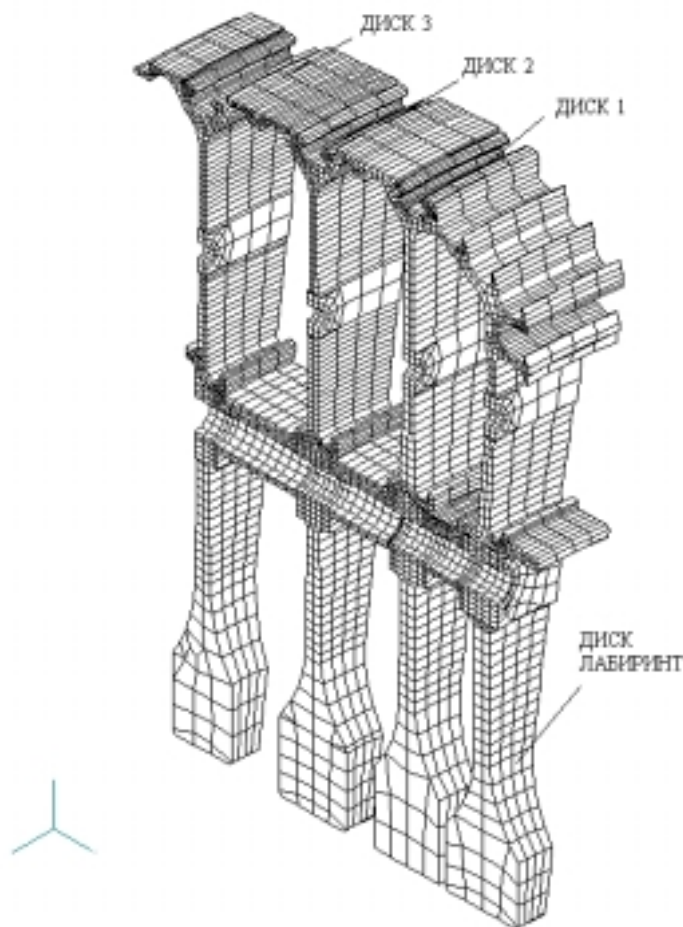


Рисунок 1

В настоящей работе был проведен нелинейный анализ напряженно-деформированного состояния с использованием контактного GAP элемента. В качестве объекта исследования был выбран ротор компрессора каскада высокого давления авиационного газотурбинного двигателя. Конечно-элементная модель

(рисунок 1) построена с использованием изопараметрического гекса-элемента первого порядка аппроксимации в полярно-цилиндрической системе координат.

Для построения конечноэлементной модели использован принцип циклической симметрии конструкции ротора в окружном направлении, с применением граничных условий, представленных на рисунке 2. В осевом направлении ротор был закреплен в месте крепления цапфы к диску лабиринту.

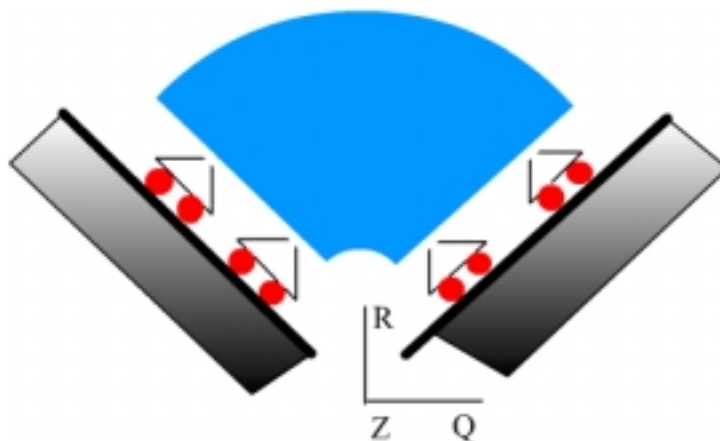


Рисунок 2

Контактная модель построена с применением GAP-элемента.

На рисунке 3 и 4 представлены фрагменты модели посадочных поверхностей барабана ротора.

На рисунке 3 контакт осуществляется в осевом направлении с натягом 0.005 мм и окружном направлении – с зазором 0.3-0.4 мм,

На рисунке 4 – только в осевом, с натягом 0.05 мм.

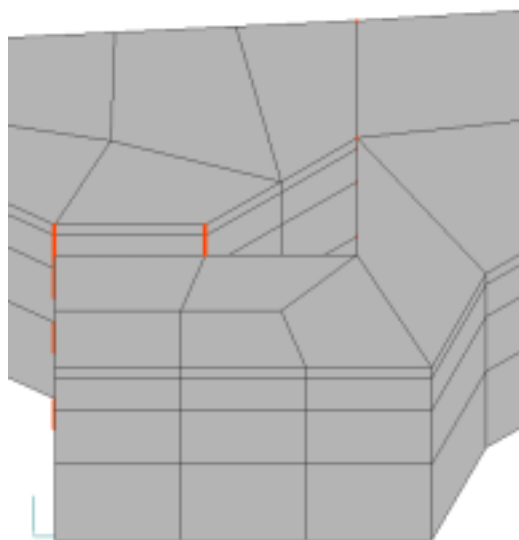


Рисунок 3

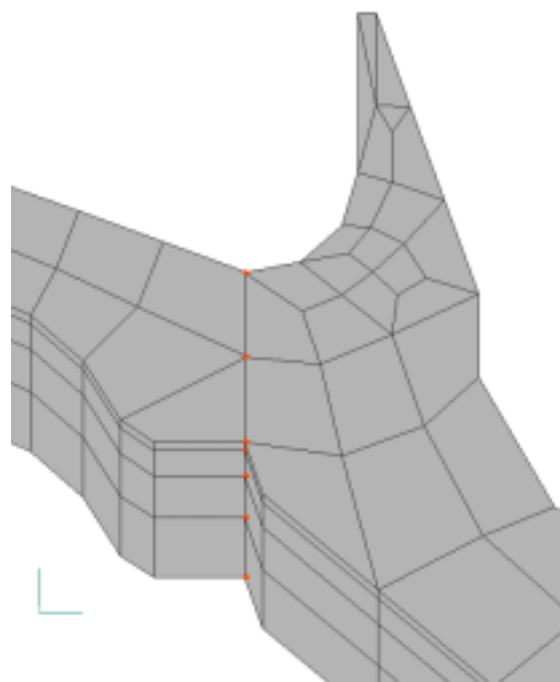


Рисунок 4

В качестве модели нагружения использовалась центробежная нагрузка от вращения ротора с частотой вращения 12000 об/мин.

На рисунке 5 и 6 представлена картина распределения радиальных и окружных напряжений в дисках. В месте крепления дисков под стяжную шпильку использовалось совмещение узлов сетки.

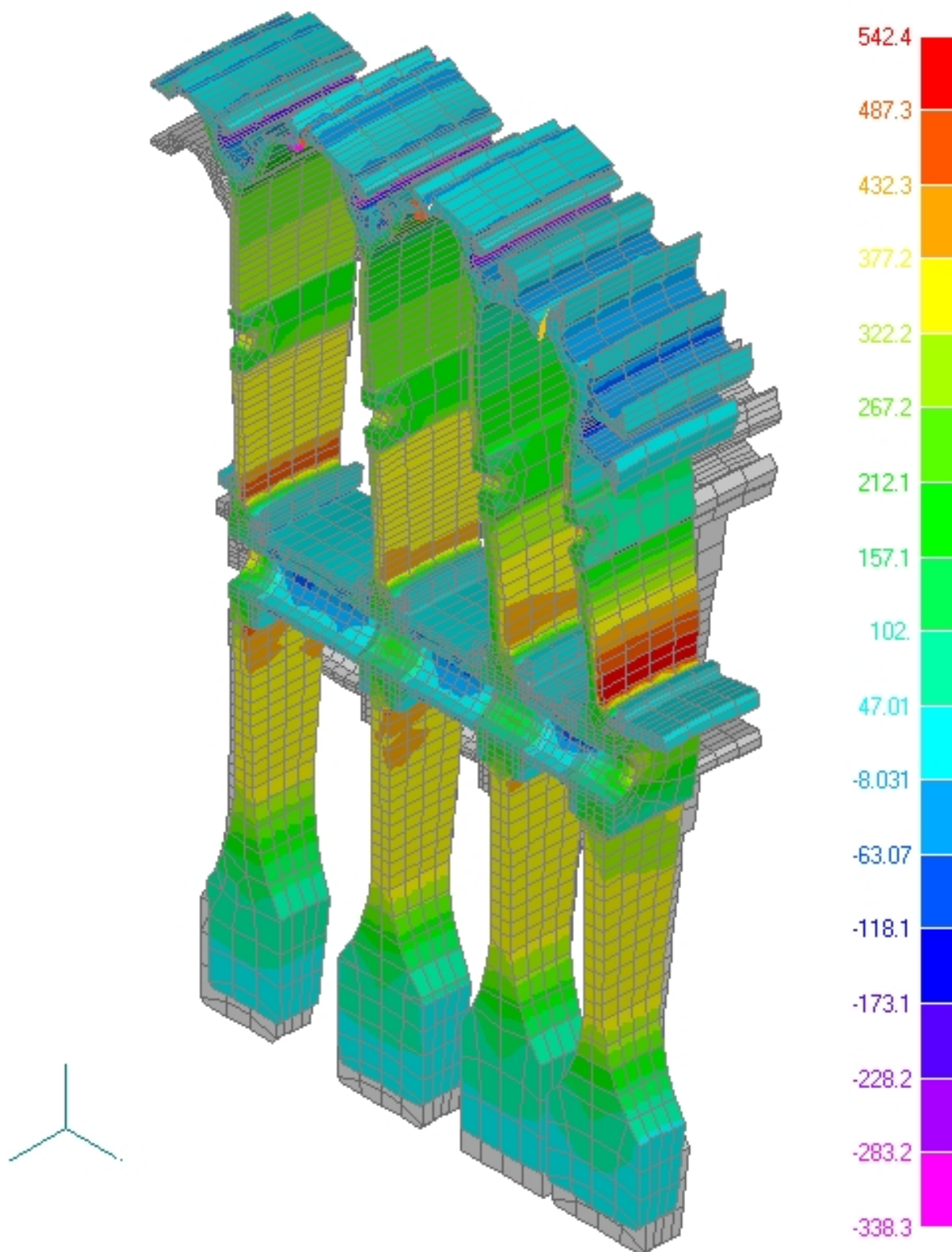


Рисунок 5

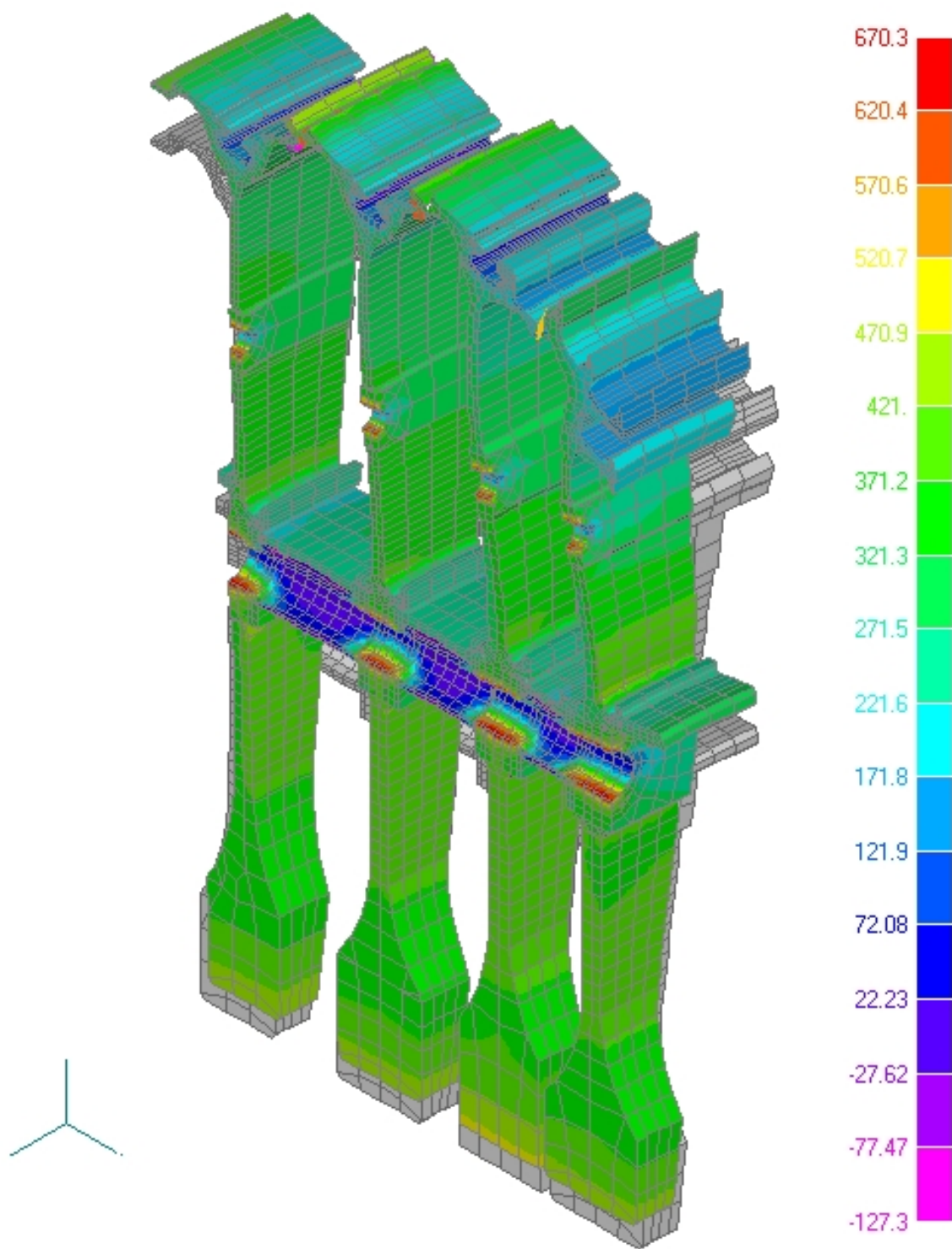


Рисунок 6

Рассматриваемое контактное взаимодействие на периферии дисков (на барабане) представлено на рисунках 7, 8.

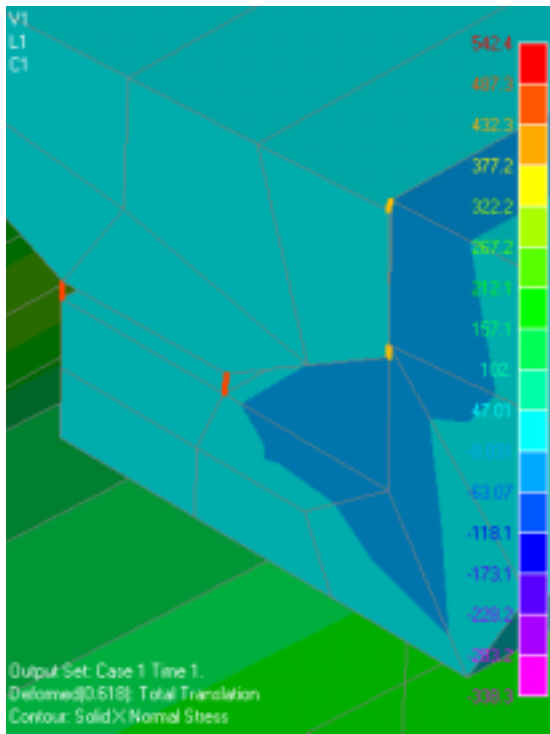


Рисунок 7

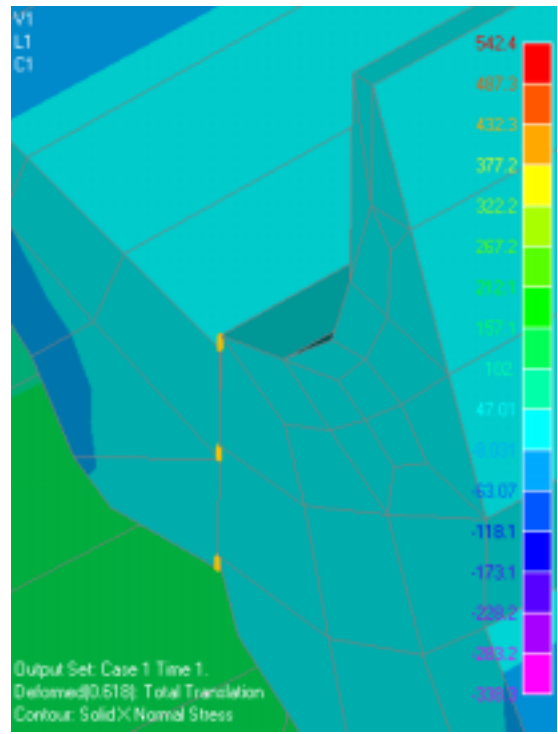


Рисунок 8

Расчет показывает, что на модели контактного взаимодействия диска 1 и диска 2 (рисунок 1) с радиальным и осевым направлением контакта (рисунок 3) имеют место следующие результаты:

1. В радиальном направлении зазор уменьшился в среднем на 0.2 мм (рисунок 7).
2. В осевом направлении раскрытие стыка не произошло, т.е. величина натяга в осевом направлении осталась примерно прежней, но произошло смещение дисков друг относительно друга в радиальном направлении с коэффициентом трения 0.2 (рисунок 7).

На модели контакта первого диска и диска лабиринта (рисунок 8) величина натяга в осевом направлении практически не изменилась, тогда, как в этом месте произошло радиальное смещение дисков друг относительно друга.

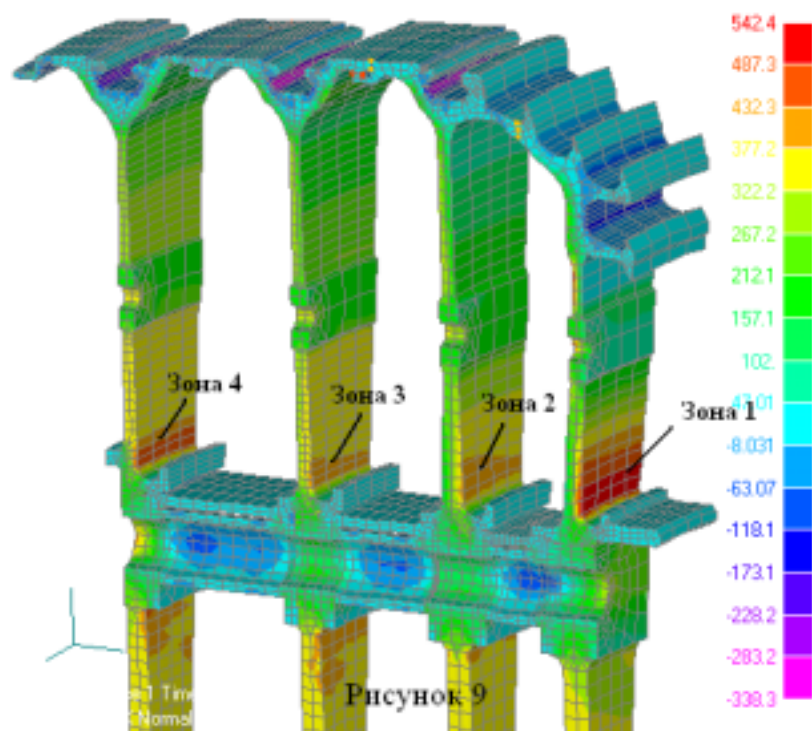


Рисунок 9

На рисунке 9 представлена картина радиальных напряжений в диске, необходимо обратить внимание на переходные зоны от крепления дисков стягивающей шпилькой к верхней части тел дисков (Зона 1-4). Необходимо отметить следующее, диск лабиринт имеет максимальное значение радиального напряжения в зоне 1 – 528 МПа, диск 1 – 417 МПа, диск 2 – 411 МПа, диск 3 – 467 МПа. Представленный ряд напряжений характеризуется следующим:

- диск лабиринт имеет максимальный среди всех дисков наклон в верхней части, поэтому величина напряжений в нем максимально;
- диск 1 имеет меньший наклон, и он имеет контакт со вторым диском, величина напряжений в нем меньше, чем у диска лабиринта;
- диск 2 не имеет наклона, но имеет контакт с первым и третьим диском, напряжение в нем меньше чем у предыдущих дисков;
- диск 3 не имеет наклона, с одной стороны имеет контакт со вторым диском, с другой стороны свободную барабанную часть. Радиальные напряжения от изгиба в нем больше, чем у диска 2.

Последнее обстоятельство объясняется тем, что диск 3 с одной стороны не опирается на последующий диск. Такая расчетная конструкция сделана намеренно, чтобы показать степень влияния деталей друг на друга в барабанной части.