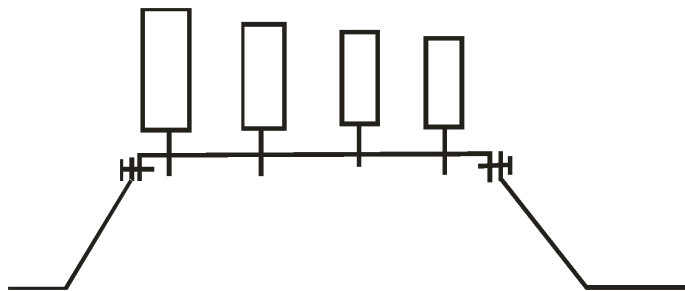


РОТОРЫ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

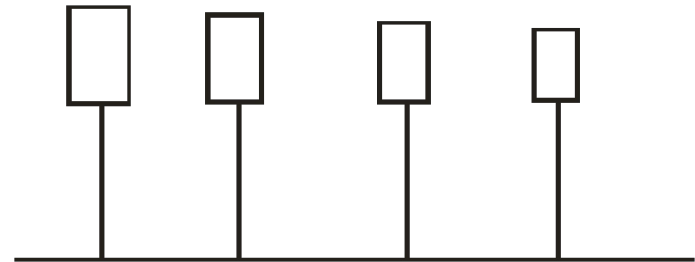
ТРЕБОВАНИЯ К РОТОРАМ

- Минимальная масса
- Технологичность изготовления
- Достаточная прочность (определяется окружной скоростью)
- Высокая поперечная жесткость и ее постоянство в окружном направлении

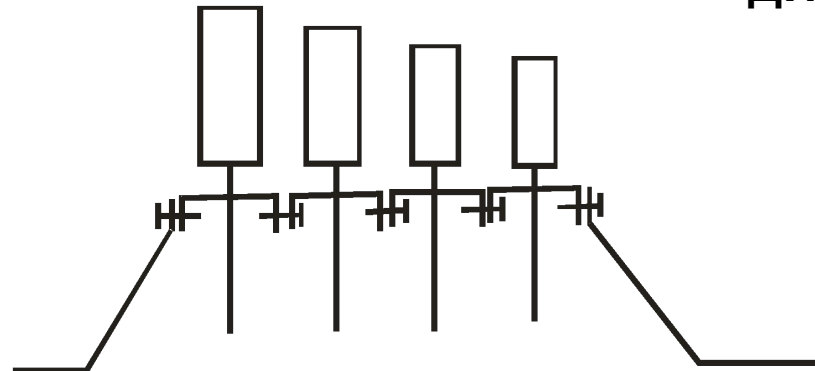
ТИПЫ РОТОРОВ



БАРАБАННЫЙ

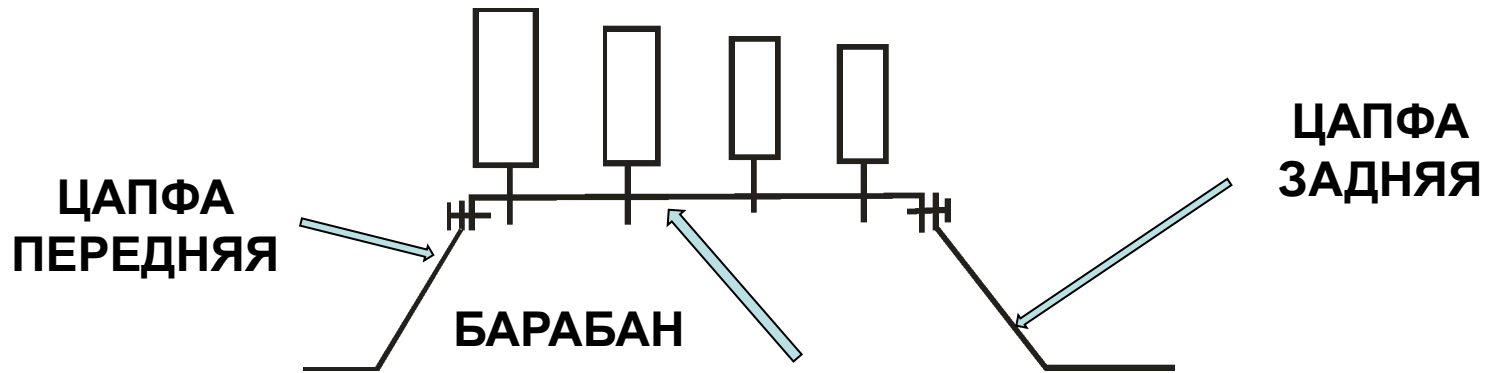


ДИСКОВЫЙ



БАРАБАННО-ДИСКОВЫЙ

БАРАБАННЫЙ РОТОР



Крутящий момент на лопатки передается через барабан.
Дисков практически нет

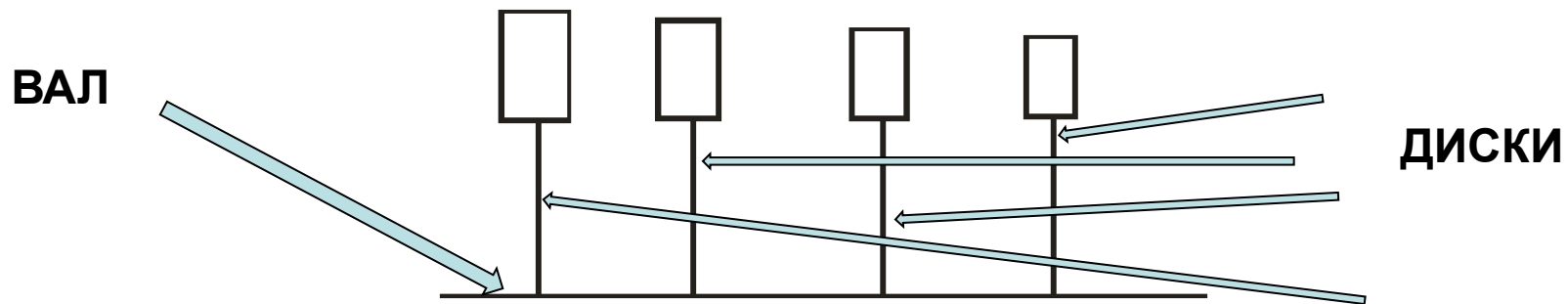
ДОСТОИНСТВА

- высокая изгибная жесткость
(т.к. барабан располагается на большом диаметре)
- малое число составных элементов

НЕДОСТАТОК

Малая допустимая окружная скорость
($U \leq 200 \dots 250 \text{ м/с}$)
из-за низкой прочности барабана

ДИСКОВЫЙ РОТОР



Крутящий момент передается от вала к каждому диску

Ограничение по окружной скорости $U=300\dots380\text{м/с}$.

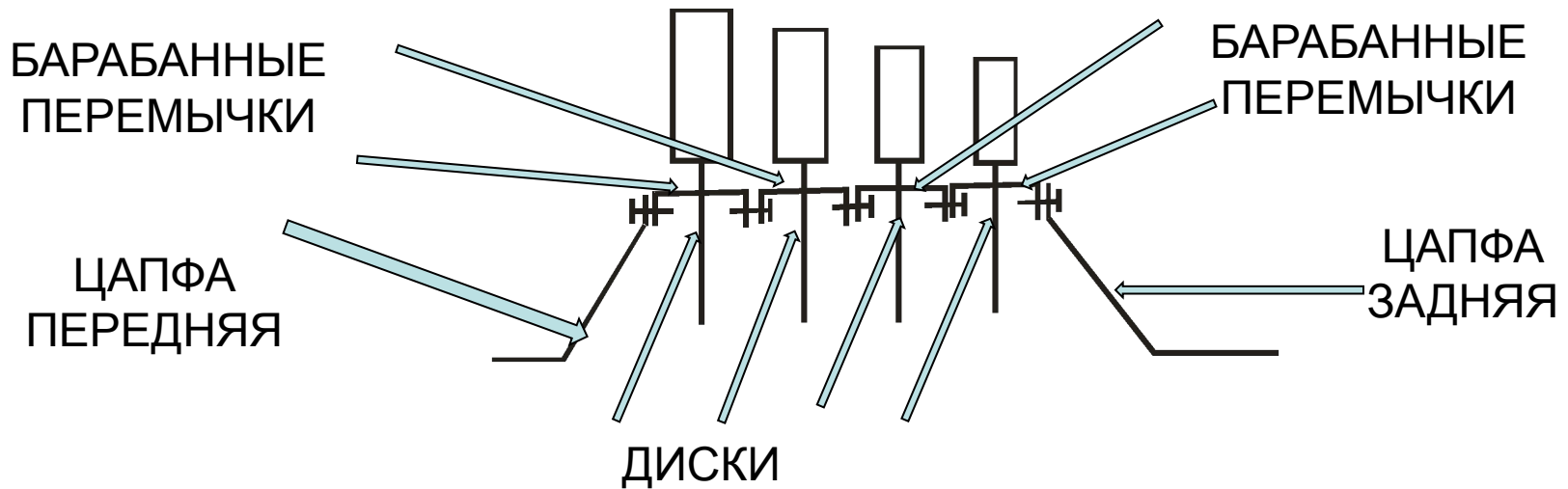
ДОСТОИНСТВА

- высокая прочность
- простота передачи крутящего момента от вала к диску (через шлицы).

НЕДОСТАТКИ

- малая поперечная (изгибная) жесткость
- большое количество составных элементов ротора.

БАРАБАННО-ДИСКОВЫЙ РОТОР



ДОСТОИНСТВА

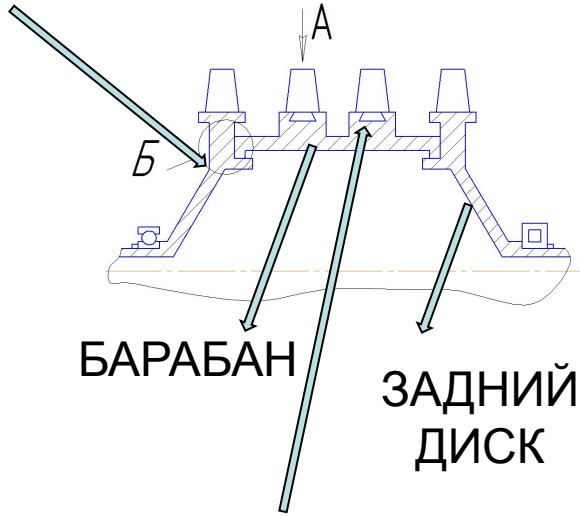
Высокая прочность и жесткость

НЕДОСТАТКИ

Конструктивная сложность

КОНСТРУКЦИЯ РОТОРОВ БАРАБАННОГО ТИПА

ПЕРЕДНИЙ
ДИСК



БАРАБАН

ЗАДНИЙ
ДИСК

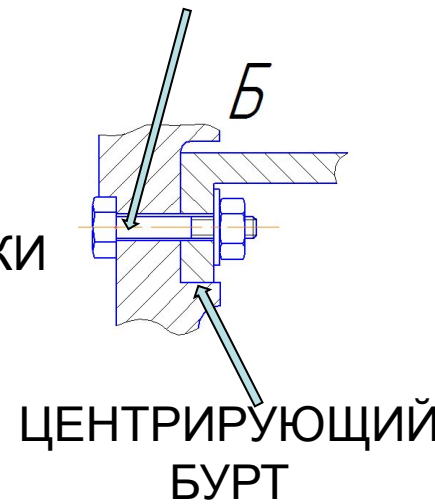
КОЛЬЦЕВЫЕ ПАЗЫ
ДЛЯ ЛОПАТОК

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ
БОЛТ

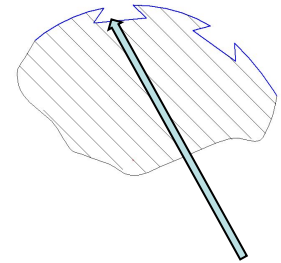


ЛОПАТКИ

ФИКСАТОР

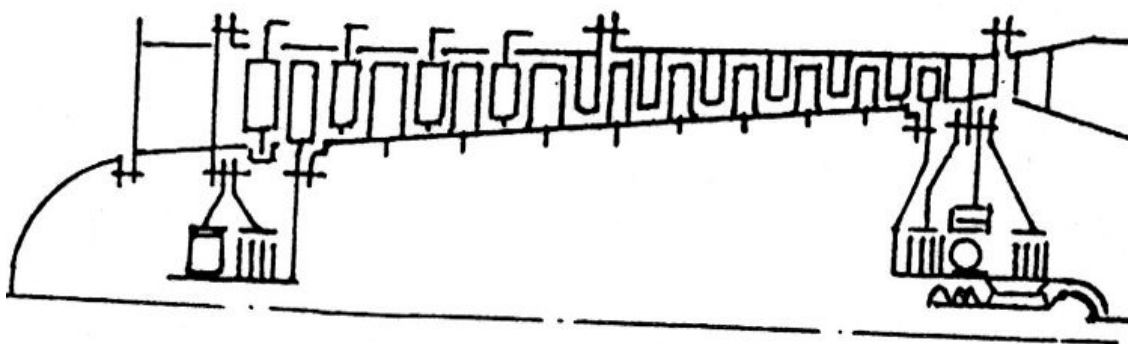


ЦЕНТРИРУЮЩИЙ
БУРТ

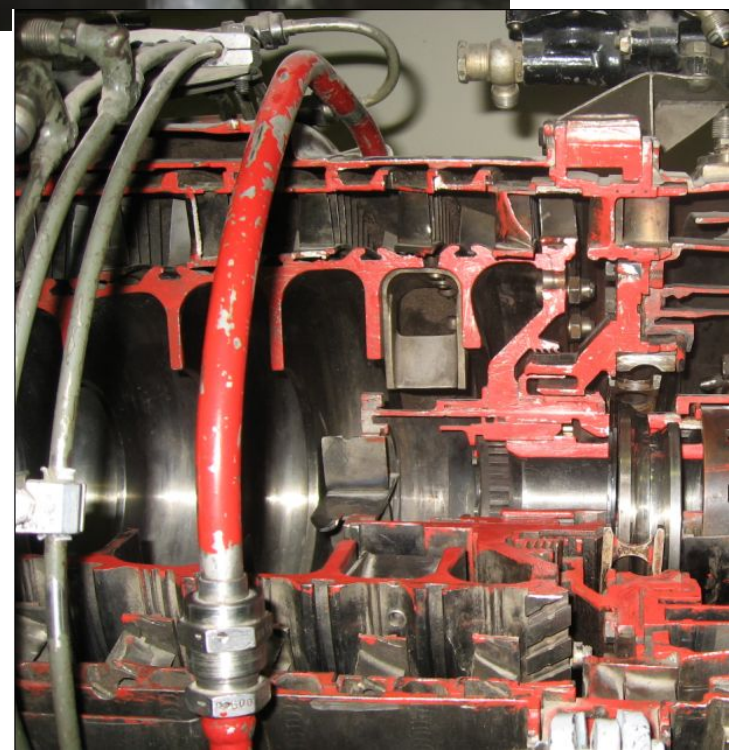


ПРОДОЛЬНЫЕ
ШЛИЦЫ

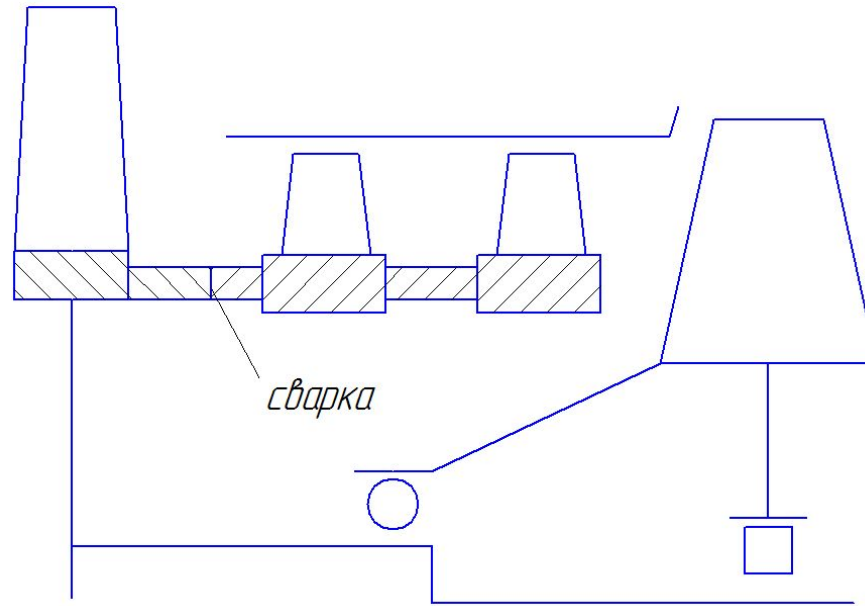
ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИИ



Барабанный ротор ТВад ТВ2-117

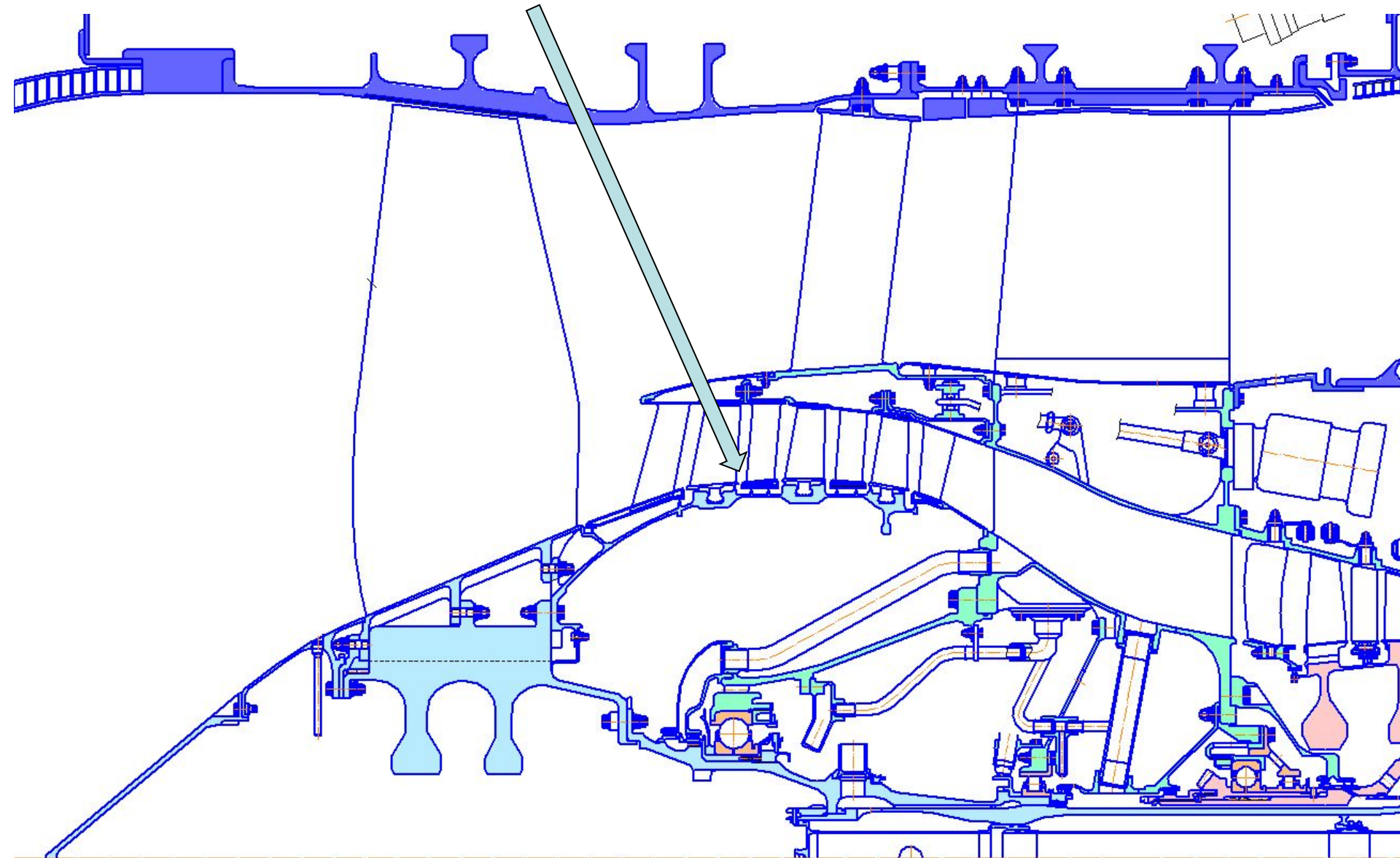


БУСТЕРНЫЕ (ПОДПОРНЫЕ) СТУПЕНИ С РОТОРОМ БАРАБАННОГО ТИПА



ВЕНТИЛЯТОР CFM-56

БУСТЕРНЫЕ (ПОДПОРНЫЕ) СТУПЕНИ



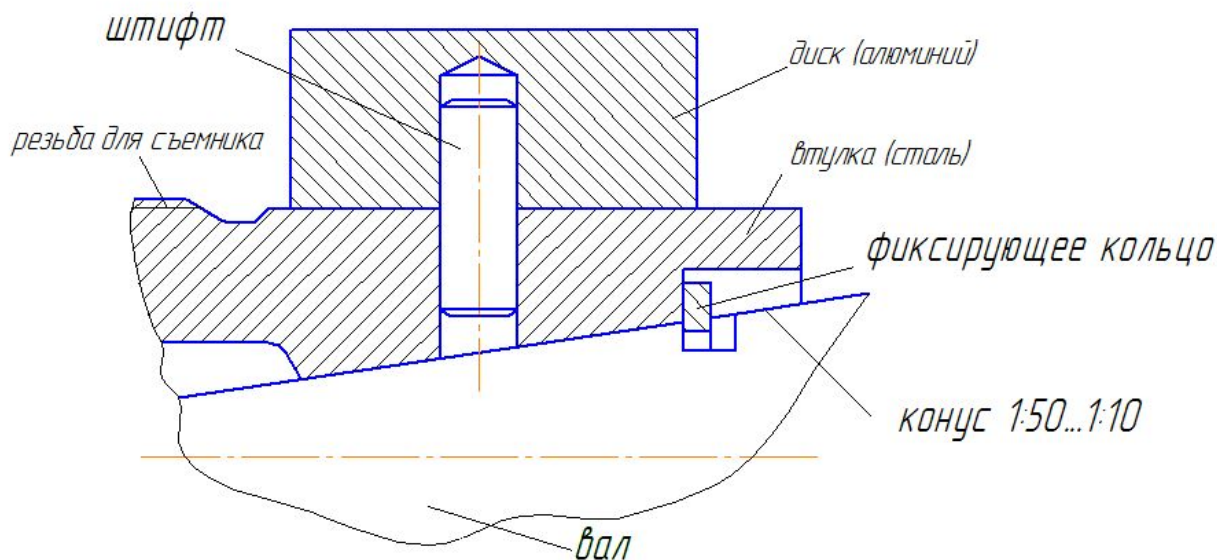
КОНСТРУКЦИЯ РОТОРОВ ДИСКОВОГО ТИПА

Такой ротор состоит из отдельных дисков, ступицы которых соединены с центральным валом.

Диски воспринимают центробежные силы от массы лопаток и самого диска.

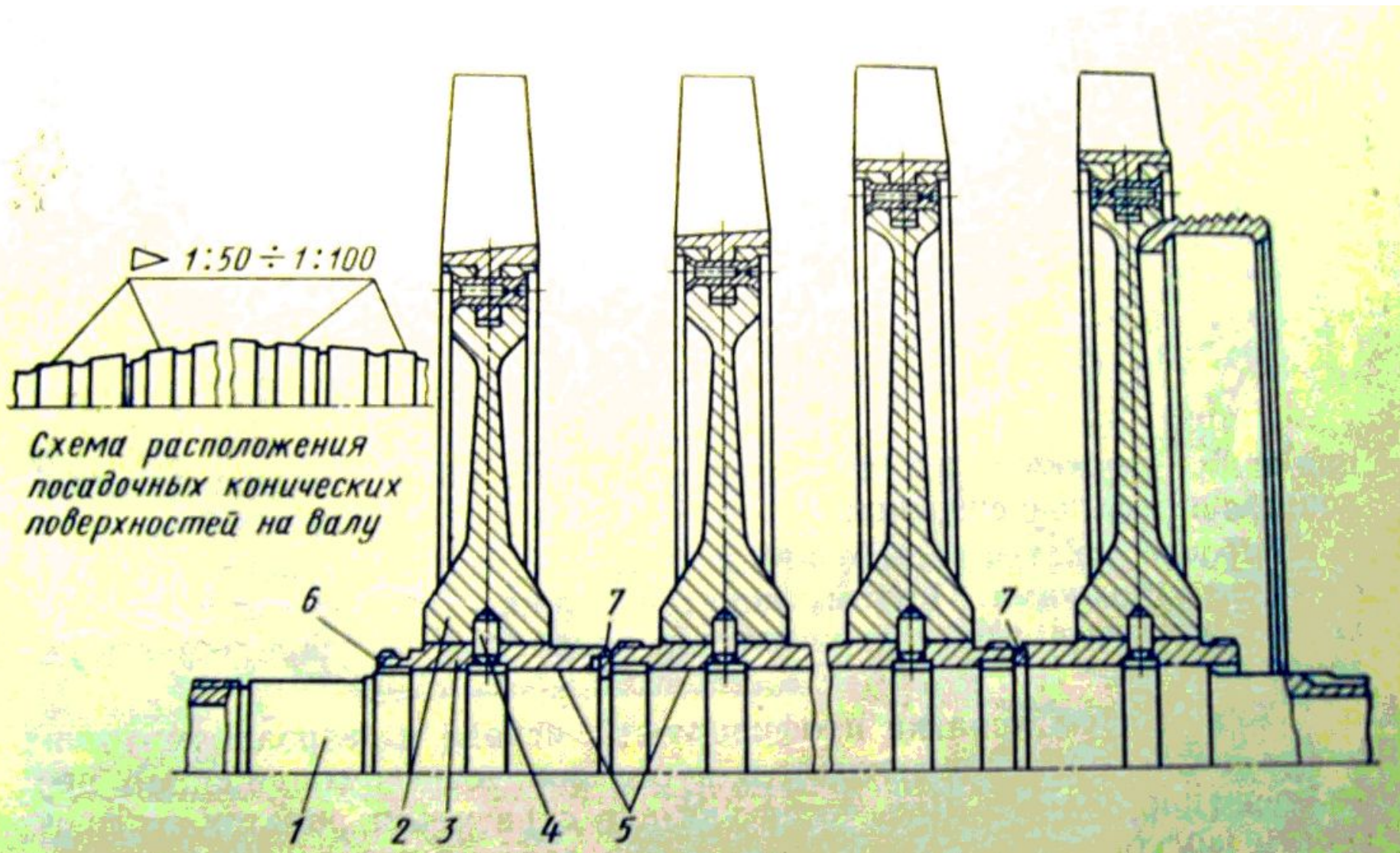
СОЕДИНЕНИЕ ДИСКА С ВАЛОМ

Соединение с натягом



Наличие большого натяга затрудняет сборку и разборку компрессора

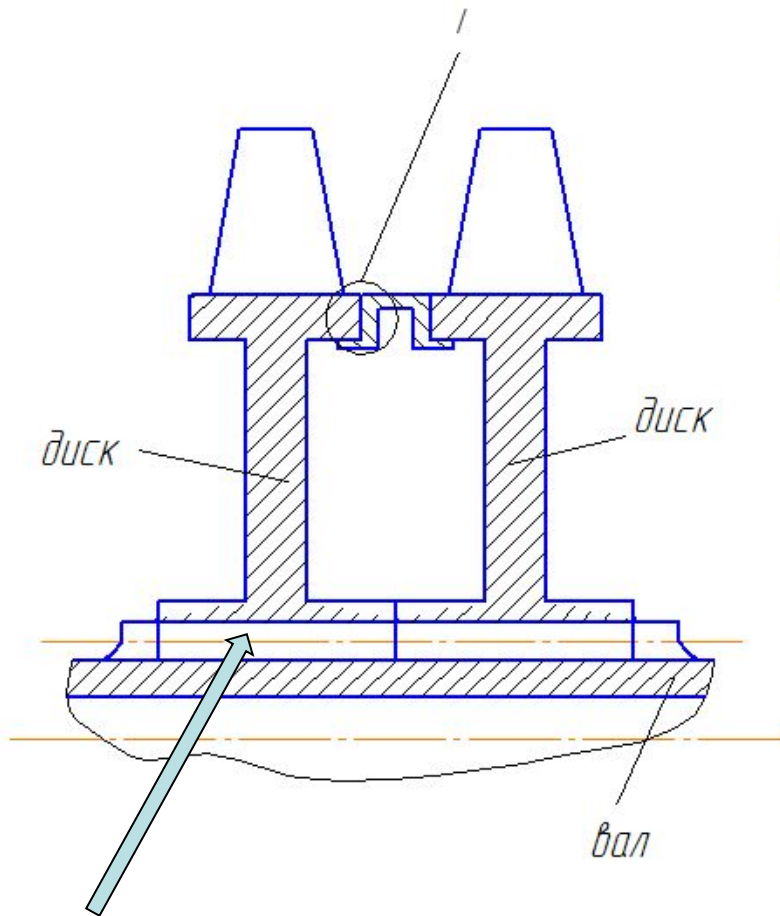
ДИСКОВЫЙ РОТОР С ПЕРЕДАЧЕЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ТРЕНИЕМ



ШЛИЦЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

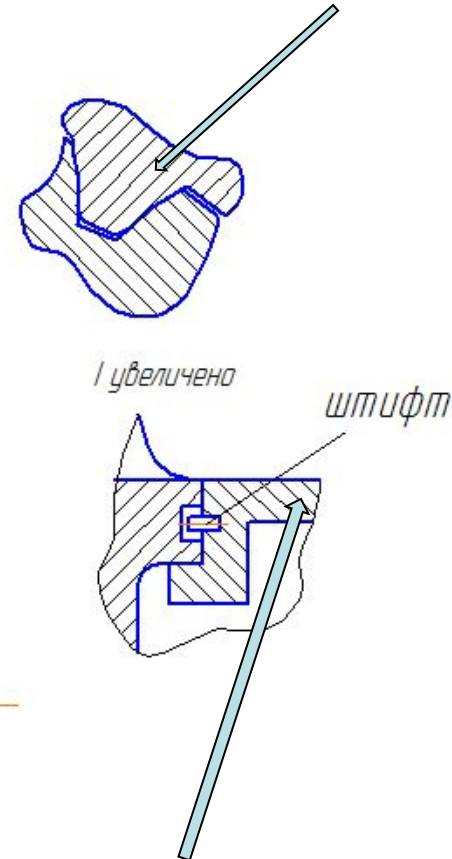
Центрирование обычно осуществляется по эвольвентным шлицам.

Для роторов с такими дисками характерны малые изгибная и крутильная жесткости.



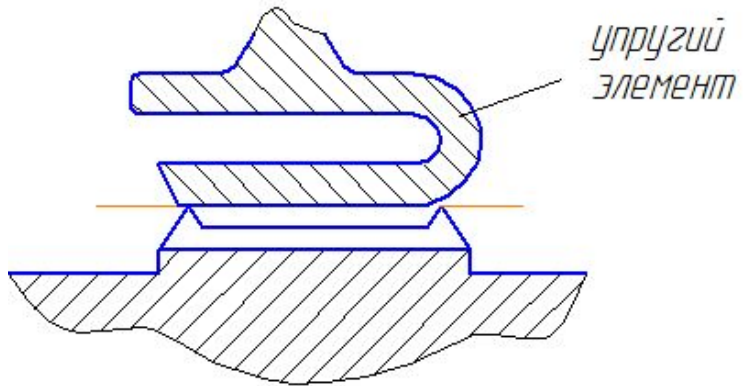
ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ШЛИЦЫ

ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ШЛИЦЫ

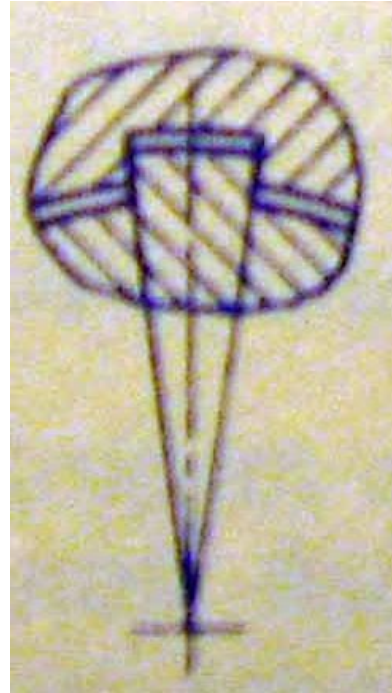


ПРОСТАВКА

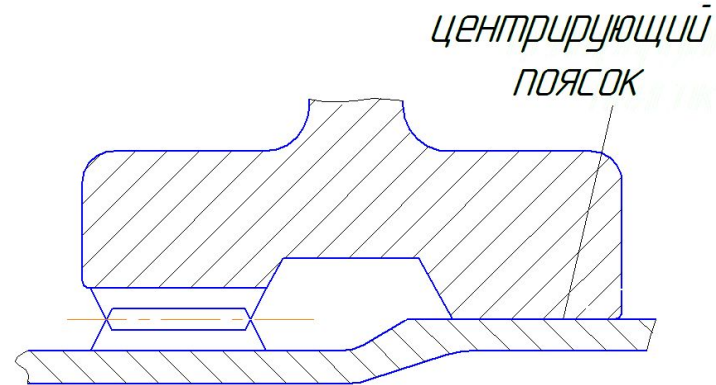
СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ЦЕНТРОВКИ В РАБОТЕ



гибкий компенсатор
(Спей, RB-193, ЭВОН)

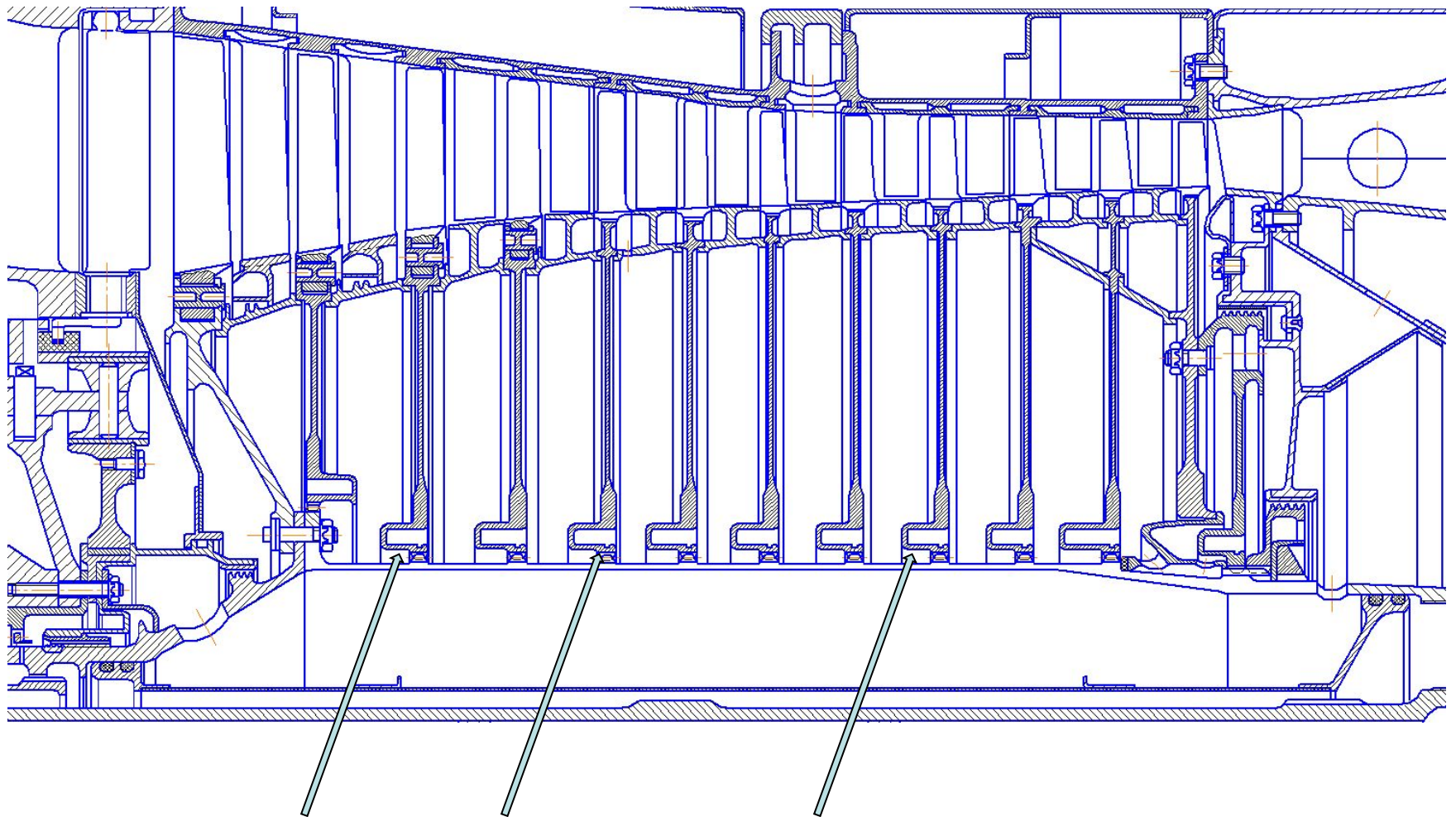


Трапецеидальные
шлицы



Центрирующие
пояски

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ГТД РВ-168



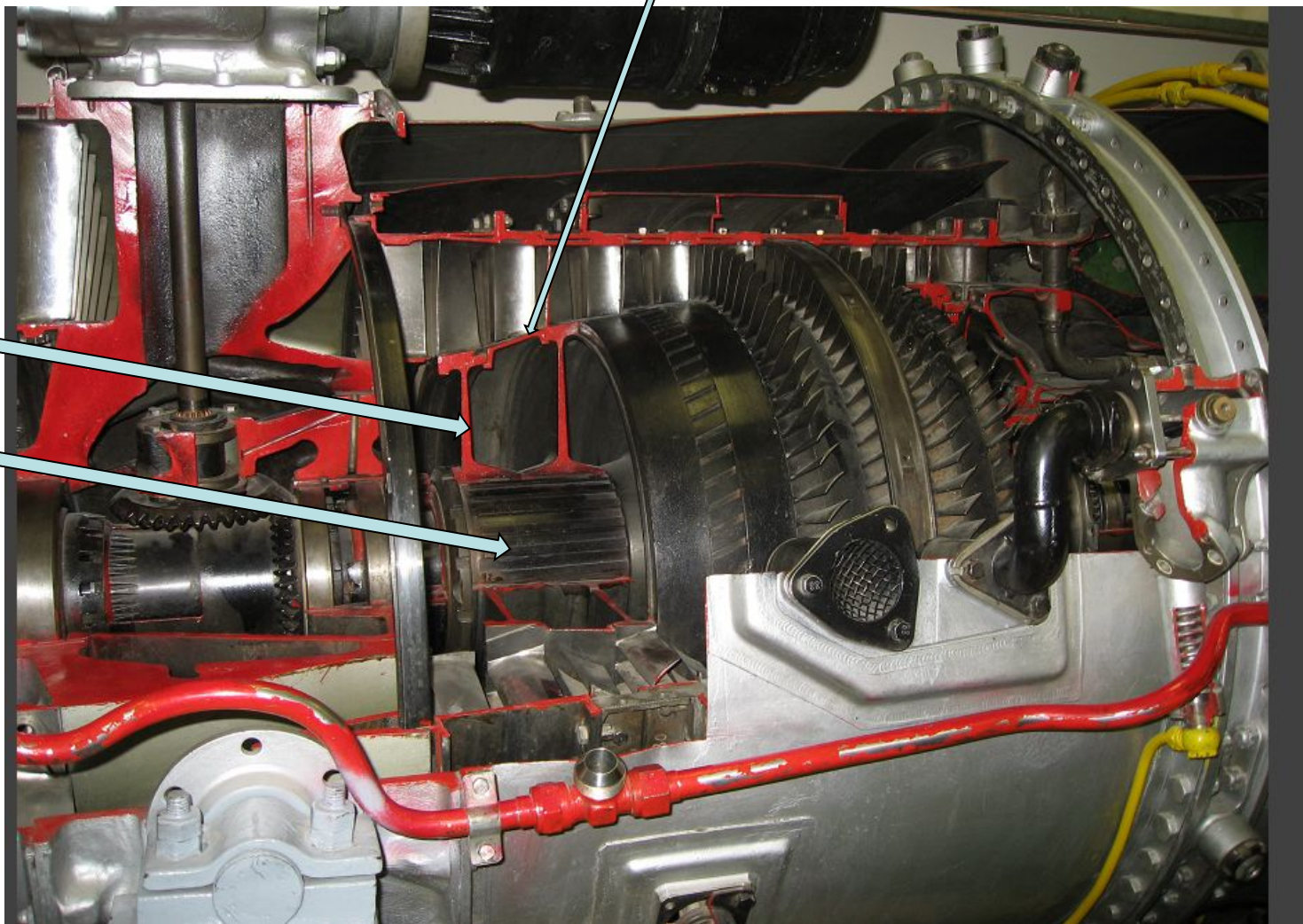
КОМПЕНСАТОРЫ

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИИ ДИСКОВЫХ РОТОРОВ

ПРОСТАВКА

ДИСК

ШЛИЦЫ

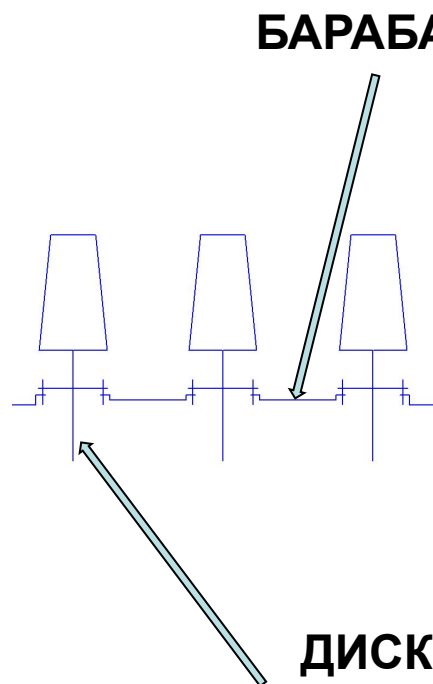


КВД Д20П

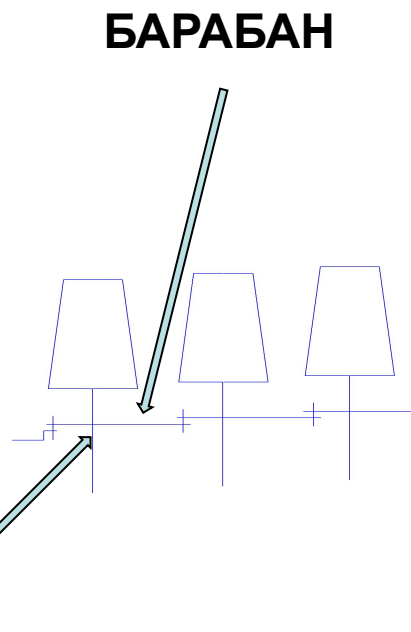
КОНСТРУКЦИЯ ДИСКО-БАРАБАННЫХ РОТОРОВ

Неразборные соединения

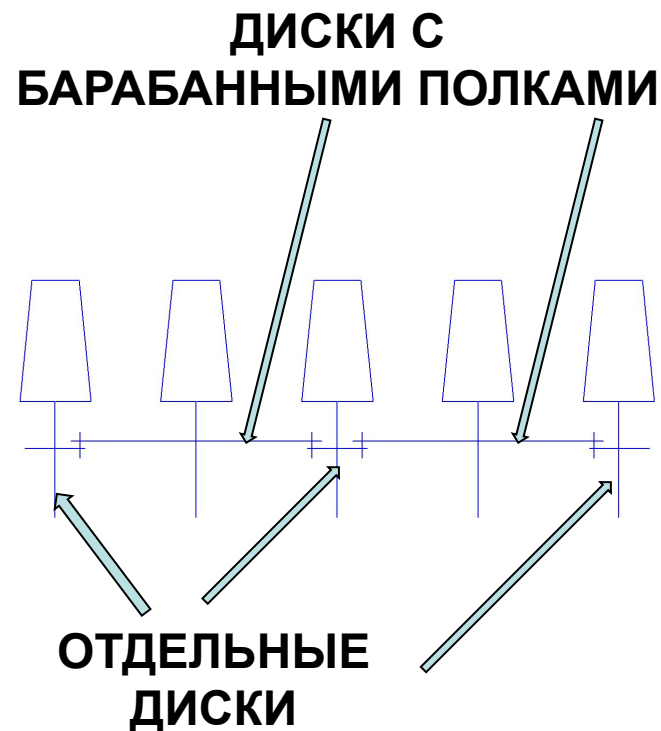
Соединение с натягом радиальными штифтами



диск и барабан
выполнены отдельно

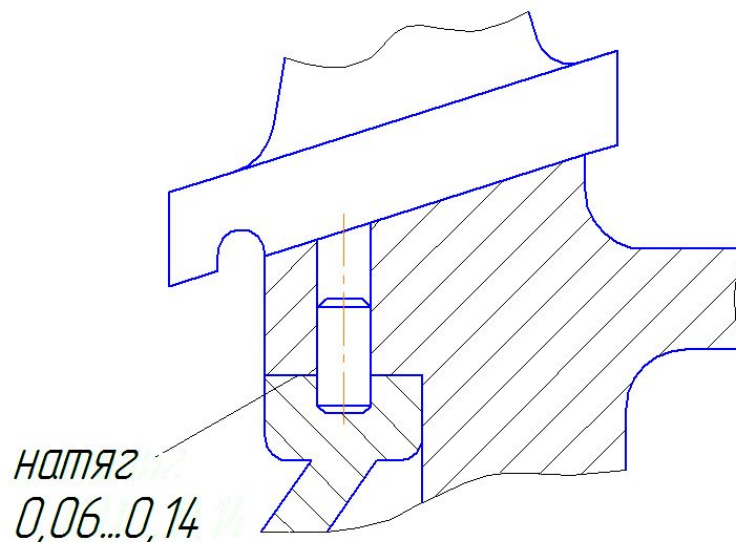


диск и барабан
выполнены слитно



сочетание отдельных дисков
с дисками, имеющими
барабанные полки

СОЕДИНЕНИЕ ДИСКОВ КОМПРЕССОРА РАДИАЛЬНЫМИ ШТИФТАМИ (ОСТ 111140-73)



При сборке ротор обычно ставят в вертикальное положение, сжимают нагрузкой до 70 т, сверлят и разворачивают отверстия, штифтуют и снимают усилие.

Перед напрессовкой охватывающий диск нагревают на 50°С выше рабочей температуры.

Контровка штифтов от выпадания под действием центробежных сил осуществляется обычно лопатками

АНАЛИЗ СОЕДИНЕНИЯ

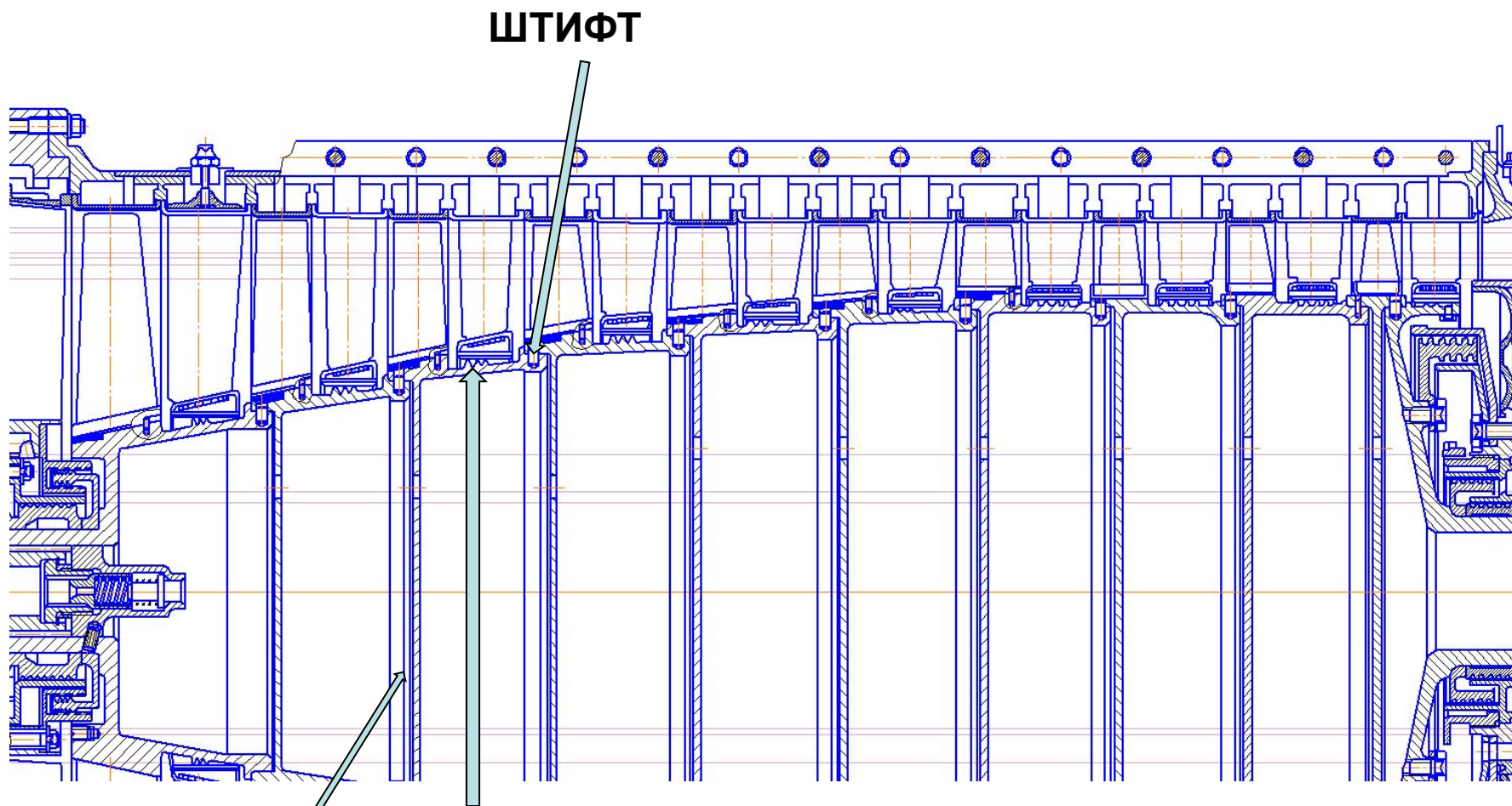
ДОСТОИНСТВА

**направленные по радиусу штифты
обеспечивают сохранение центровки
и балансировки ротора при радиальных деформациях**

НЕДОСТАТКИ

- **Барабанные перемычки
приходится располагать на максимальном радиусе,
что не всегда оптимально**
- **Трудность выполнения дисков
за одно целое с развитыми барабанными буртиками**
- **Неразборность конструкции.**

РОТОР КОМПРЕССОРА ТВД АИ-24



ШТИФТ

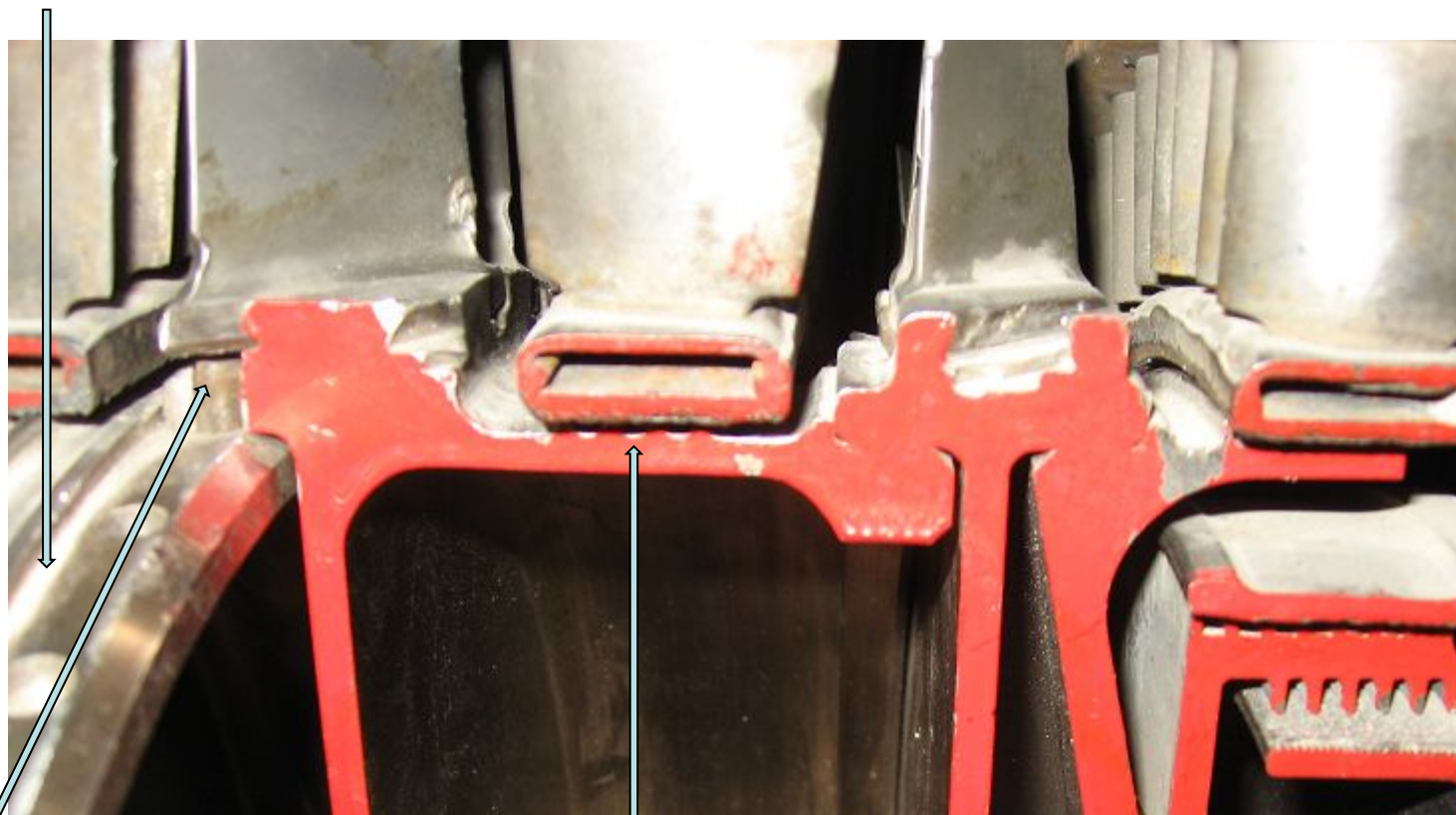
ДИСК

барабанная
перемычка

диск и барабанная перемычка
выполнены за одно целое

ШТИФТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РОТОРА КОМПРЕССОРА ТВД АИ-24

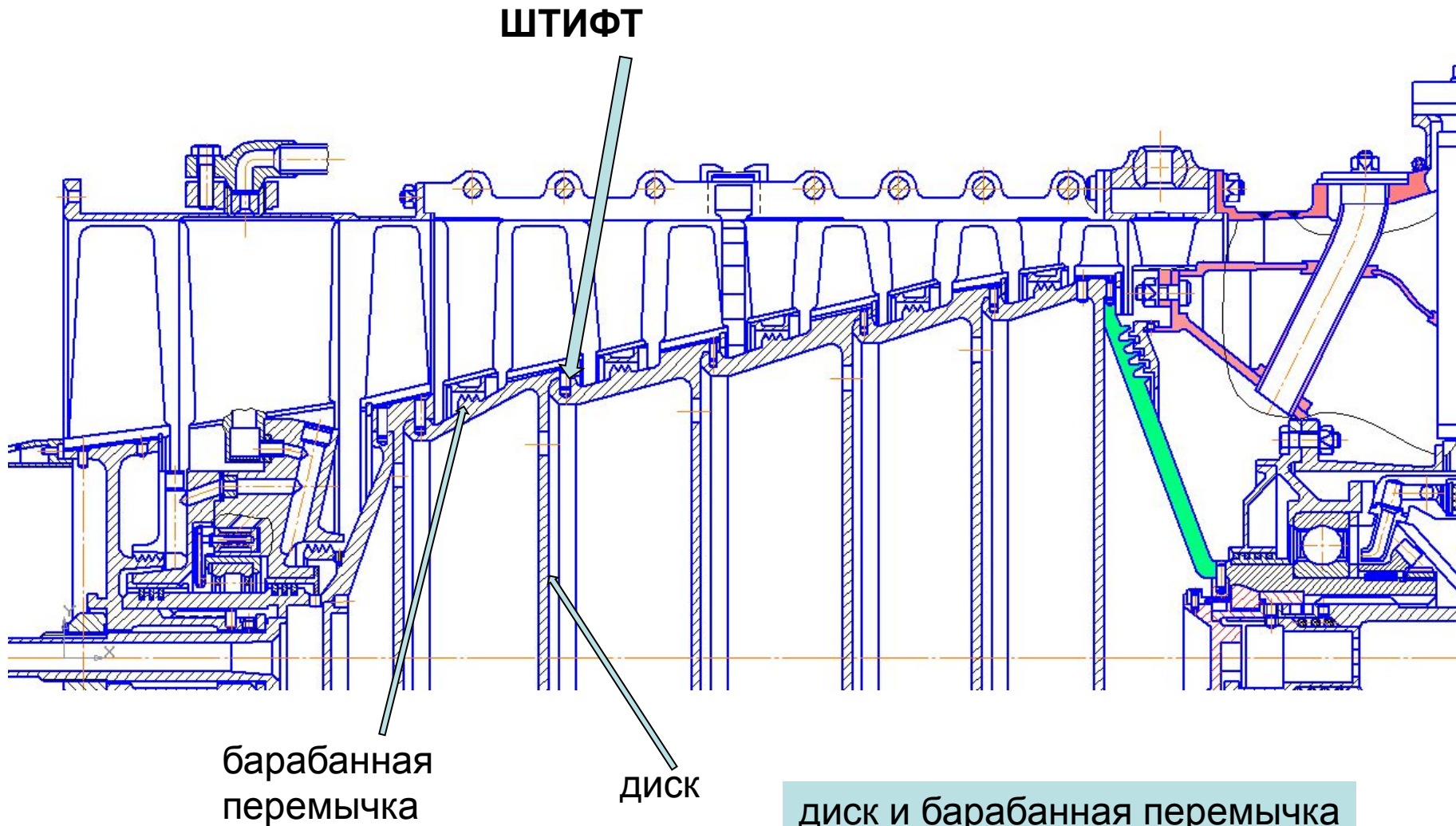
БАРАБАННАЯ
ПЕРЕМЫЧКА



ШТИФТ

ДИСК С БАРАБАННОЙ ПЕРЕМЫЧКОЙ

РОТОР КОМПРЕССОРА ТРД РУ-19А-300

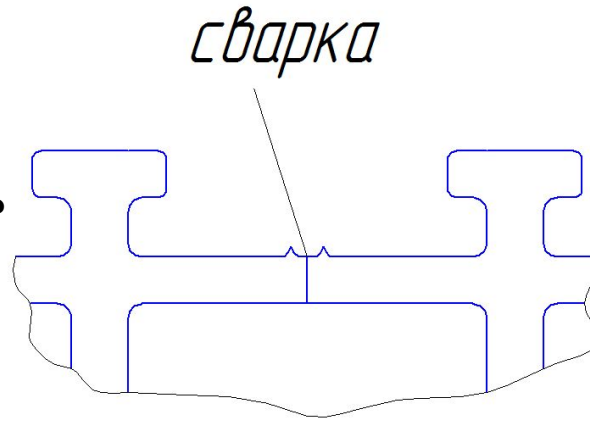


диск и барабанная перемычка
выполнены за одно целое

СВАРНЫЕ РОТОРА

ДОСТОИНСТВА

такие роторы имеют
наименьшую массу
и наибольшую жесткость
из всех возможных
конструктивных
типов роторов



НЕДОСТАТКИ

СЛОЖНОСТЬ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ

СОЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТСЯ:

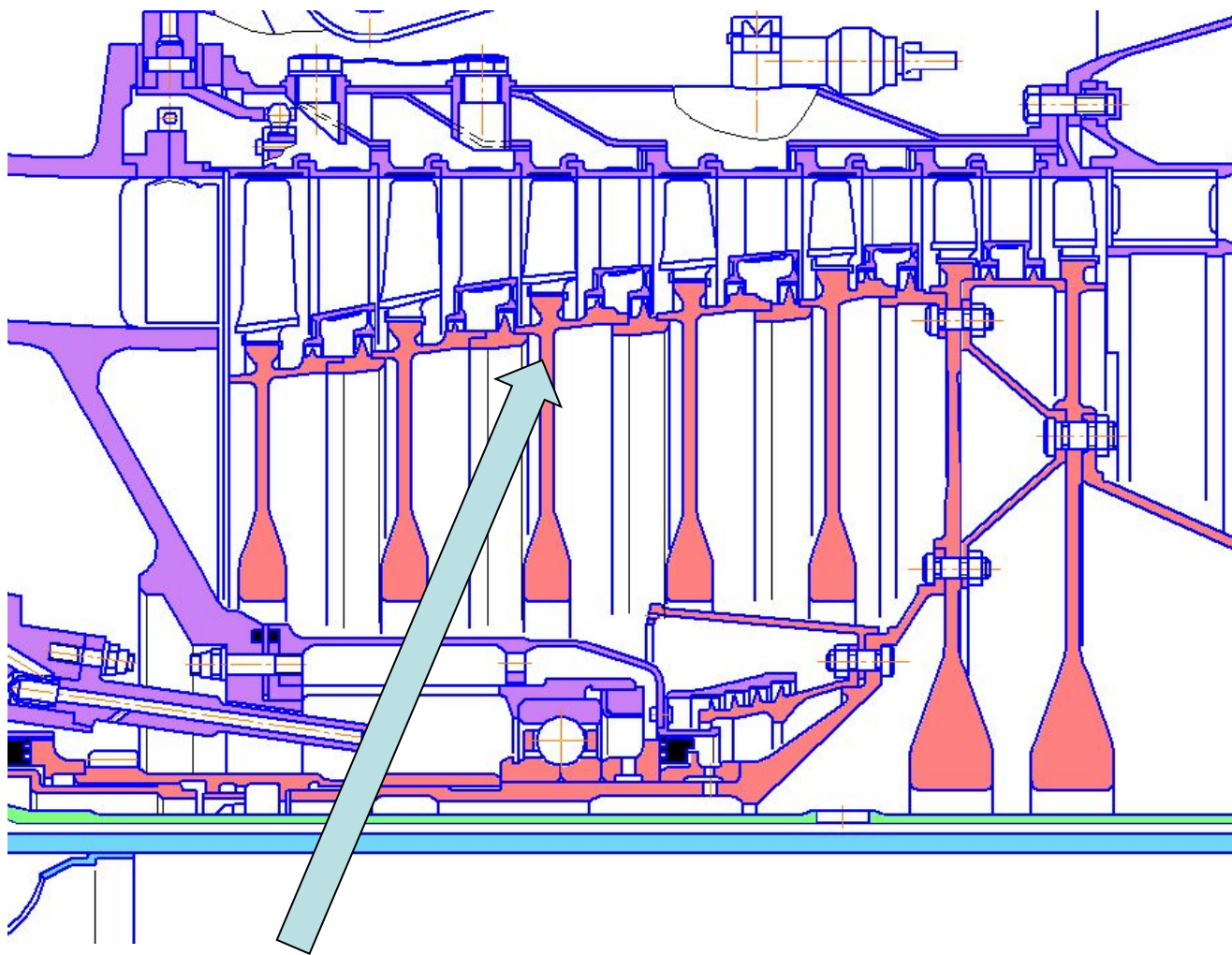
- аргонно-дуговой сваркой,
- электронно-лучевой,
- диффузионной,
- сваркой трением

ВАЖНО!!!

При использовании неразъемных роторов
для обеспечения сборки компрессора
корпус должен иметь разъем в плоскости
оси двигателя (продольный разъем).

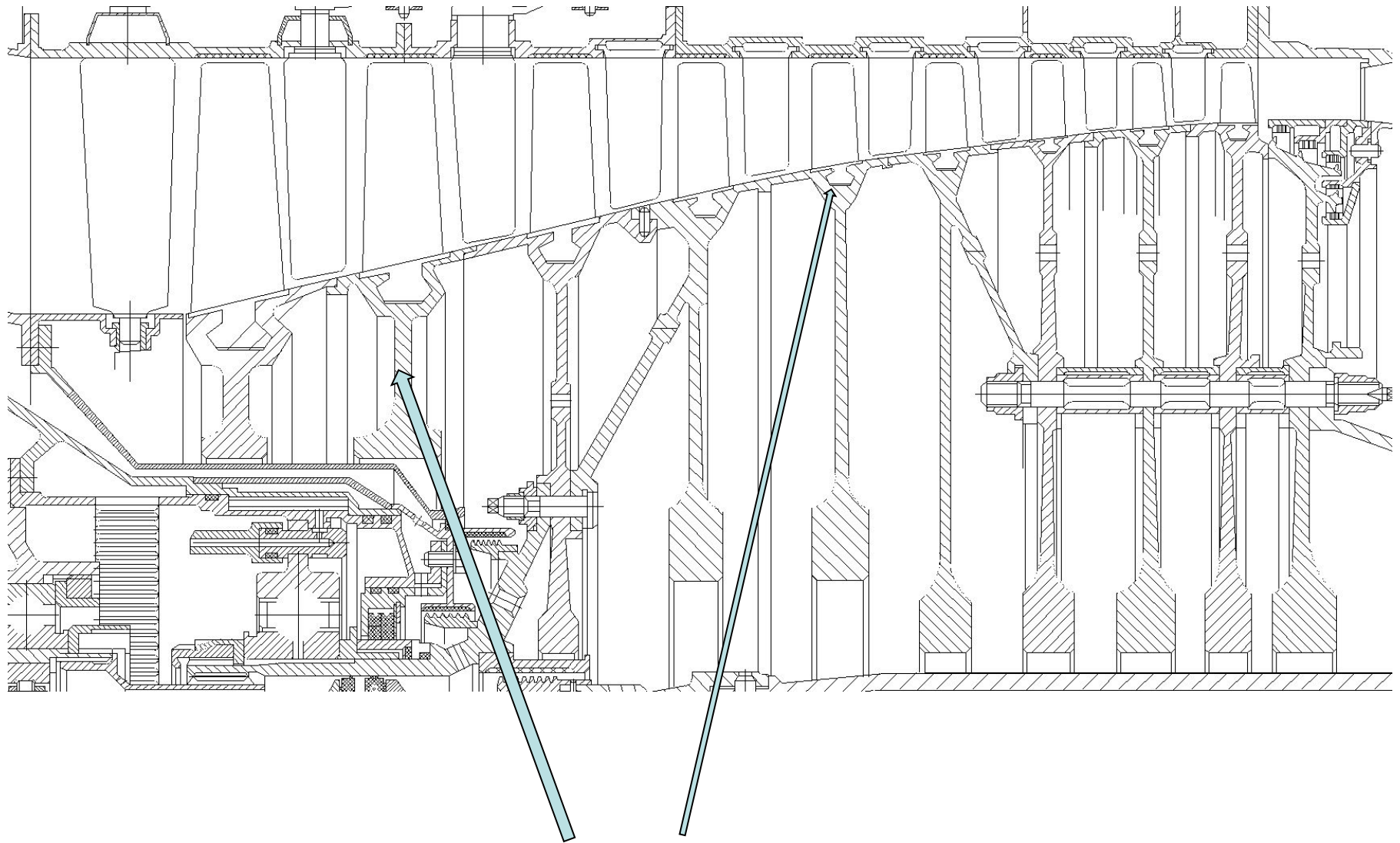
ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ СВАРНЫХ РОТОРОВ

РОТОР КАСКАДА ВД ТРДД Д-36



СВАРНАЯ СЕКЦИЯ

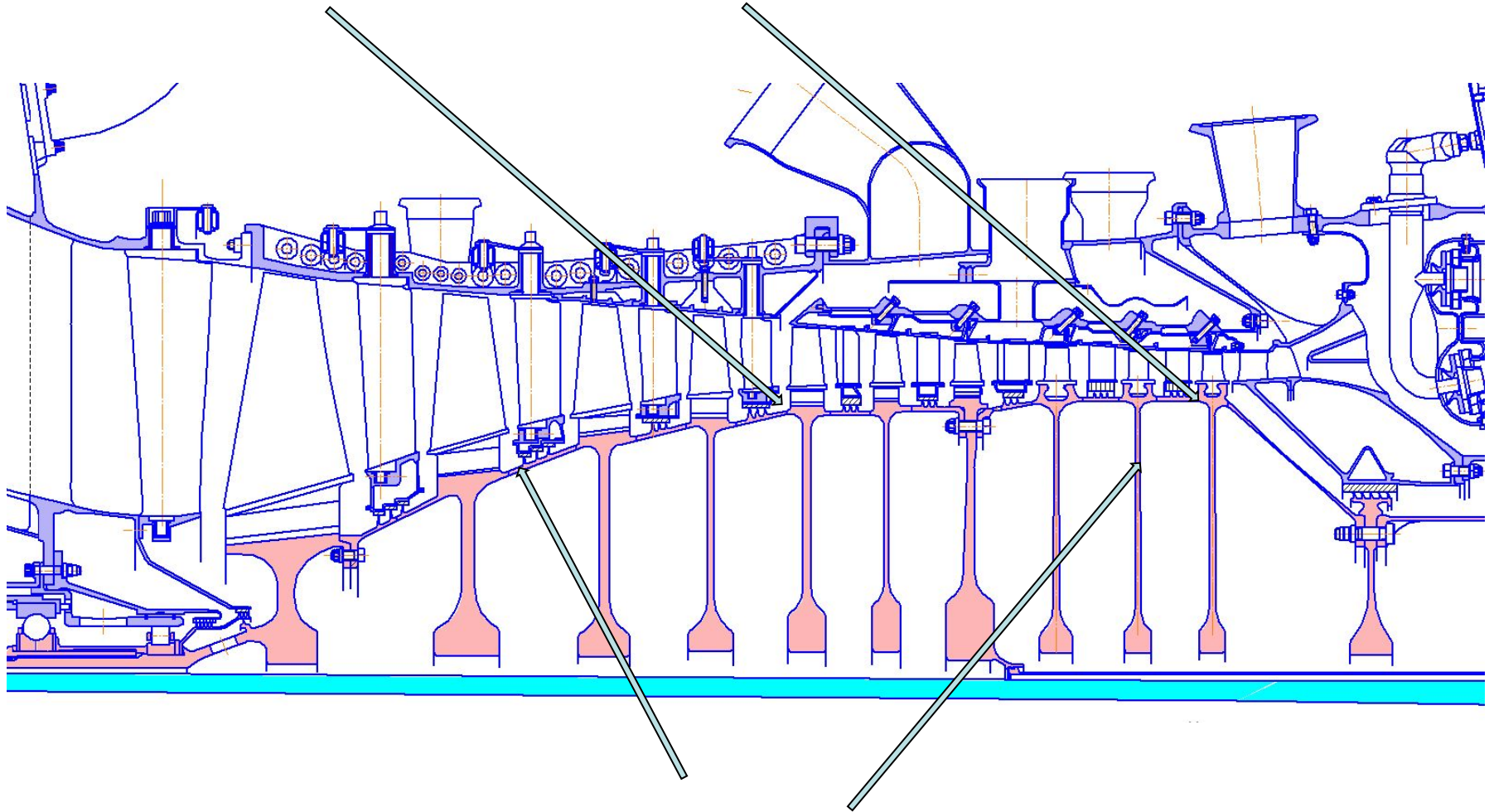
РОТОР КАСКАДА ВД ТРДДФ АЛ-31



СВАРНЫЕ СЕКЦИИ

РОТОР КАСКАДА ВД ТРДД GE-90

СВАРКА ТРЕНИЕМ



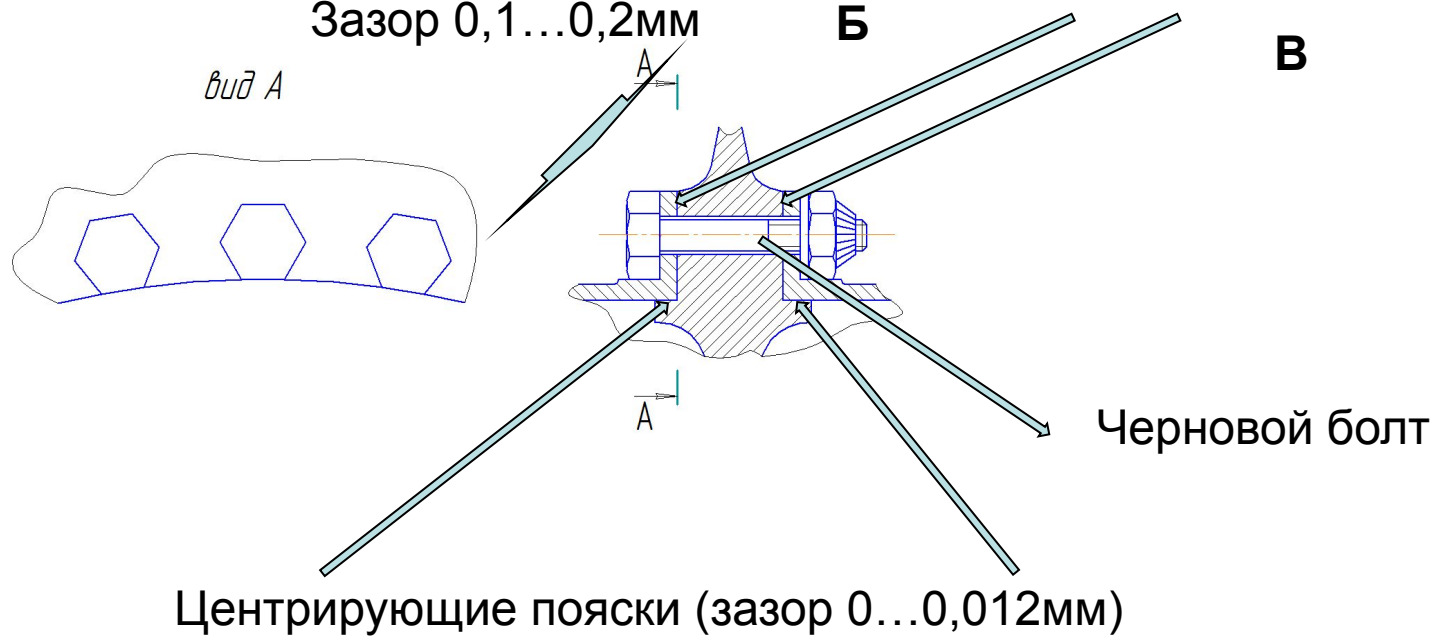
СВАРНЫЕ СЕКЦИИ

РАЗБОРНЫЕ РОТОРЫ

ФЛАНЦЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

СОЕДИНЕНИЕ ЧЕРНОВЫМИ БОЛТАМИ

Зазор $0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$

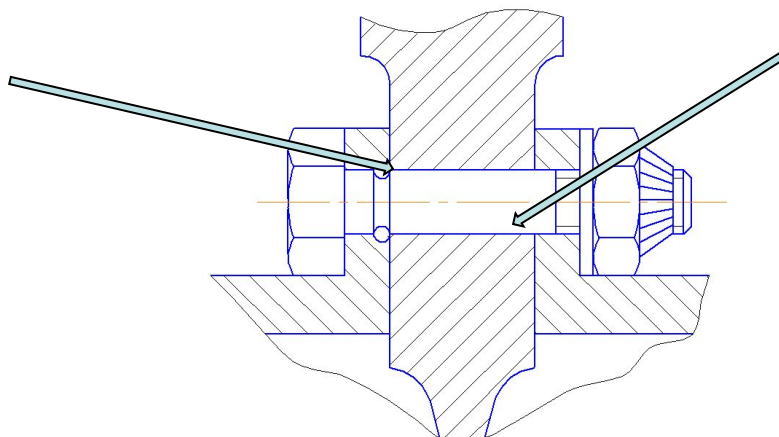


Крутящий момент передается силами трения по торцовым поверхностям Б и В

Применяется такое соединение при небольших крутящих моментах (диаметр ротора до 400мм)

Соединение с беззазорной посадкой (призонными болтами) – ОСТ 111139-73

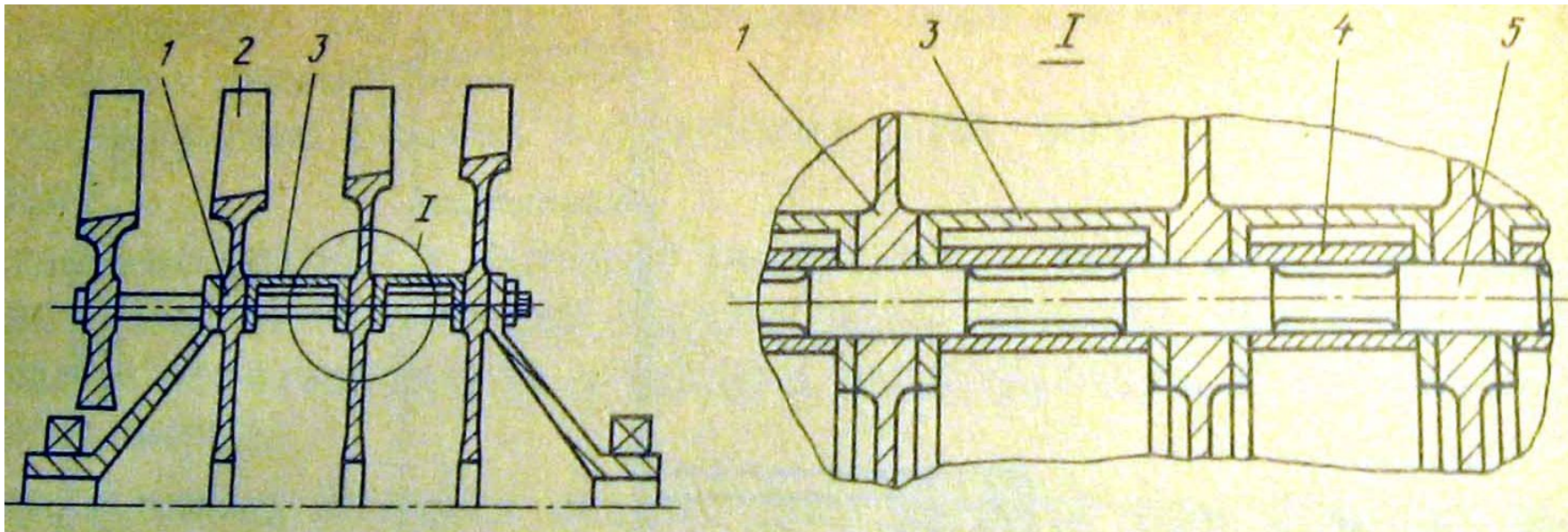
Фиксирующее
кольцо



Призонный болт

Соединение рассчитывается таким образом, чтобы примерно 80% передачи крутящего момента осуществлялось болтами при их работе на срез, а остальные 20% передавались трением по поверхностям Б и В

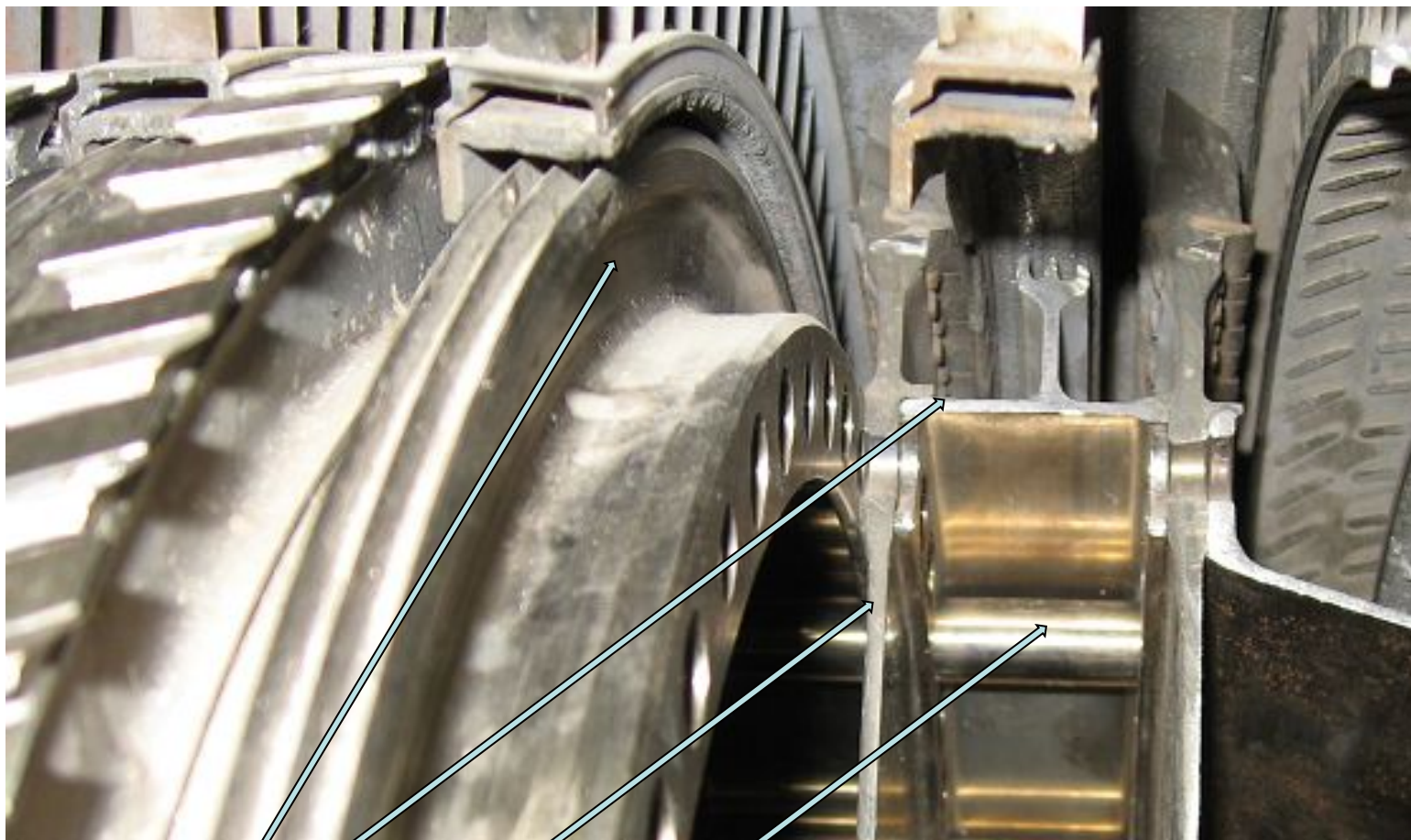
СОЕДИНЕНИЕ С ДЛИННЫМИ СТЯЖНЫМИ БОЛТАМИ И РАСПОРНЫМИ ВТУЛКАМИ



Используется, если расстояние между дисками мало для размещения болта.

Центрирование и передача крутящего момента осуществляется через цилиндрические поверхности стяжного болта, осевая стяжка – по распорным втулкам.

БАРАБАННО-ДИСКОВЫЙ РОТОР КВД ТРДД АИ-25 СО СТЯЖНЫМИ БОЛТАМИ



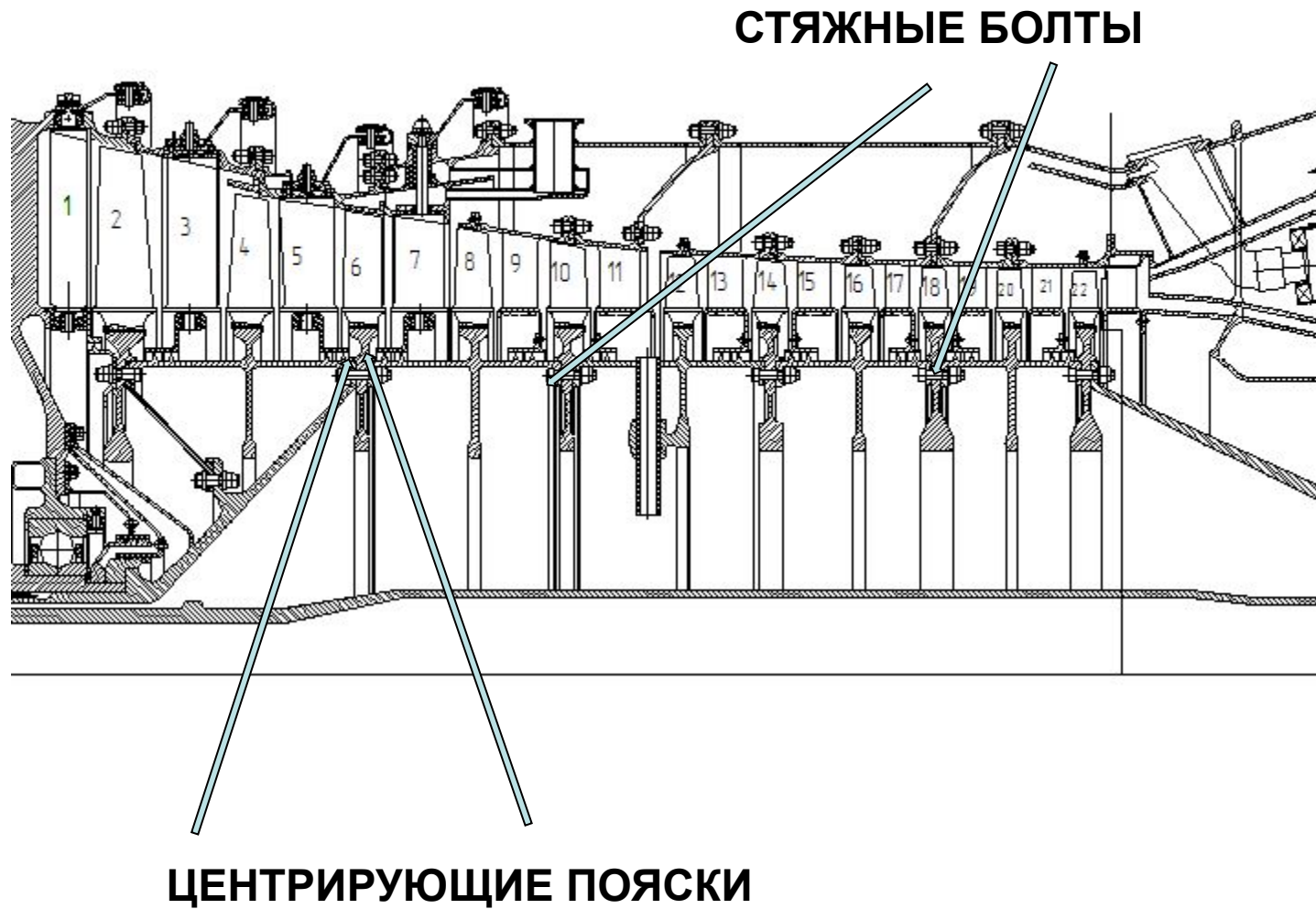
ТРАКТОВОЕ КОЛЬЦО

ДИСК

РАСПОРНАЯ ВТУЛКА

ПРИМЕРЫ ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ РОТОРОВ

РОТОР КВД ТРДД JT9D



КВД РW4084

САМОКОНТРЯЩАЯСЯ ГАЙКА

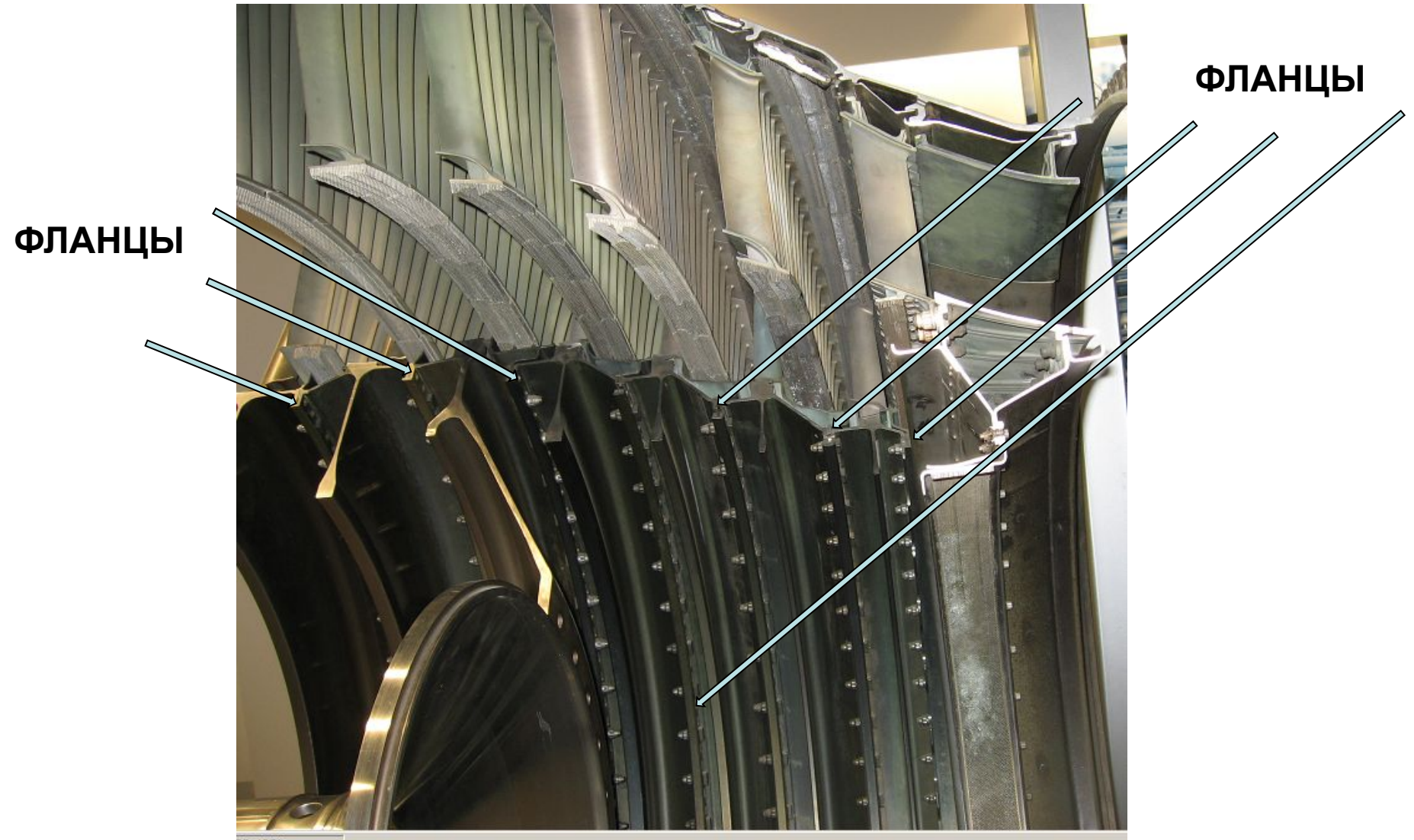
ФЛАНЦЫ



ЦЕНТРИРУЮЩИЙ ПОЯСОК

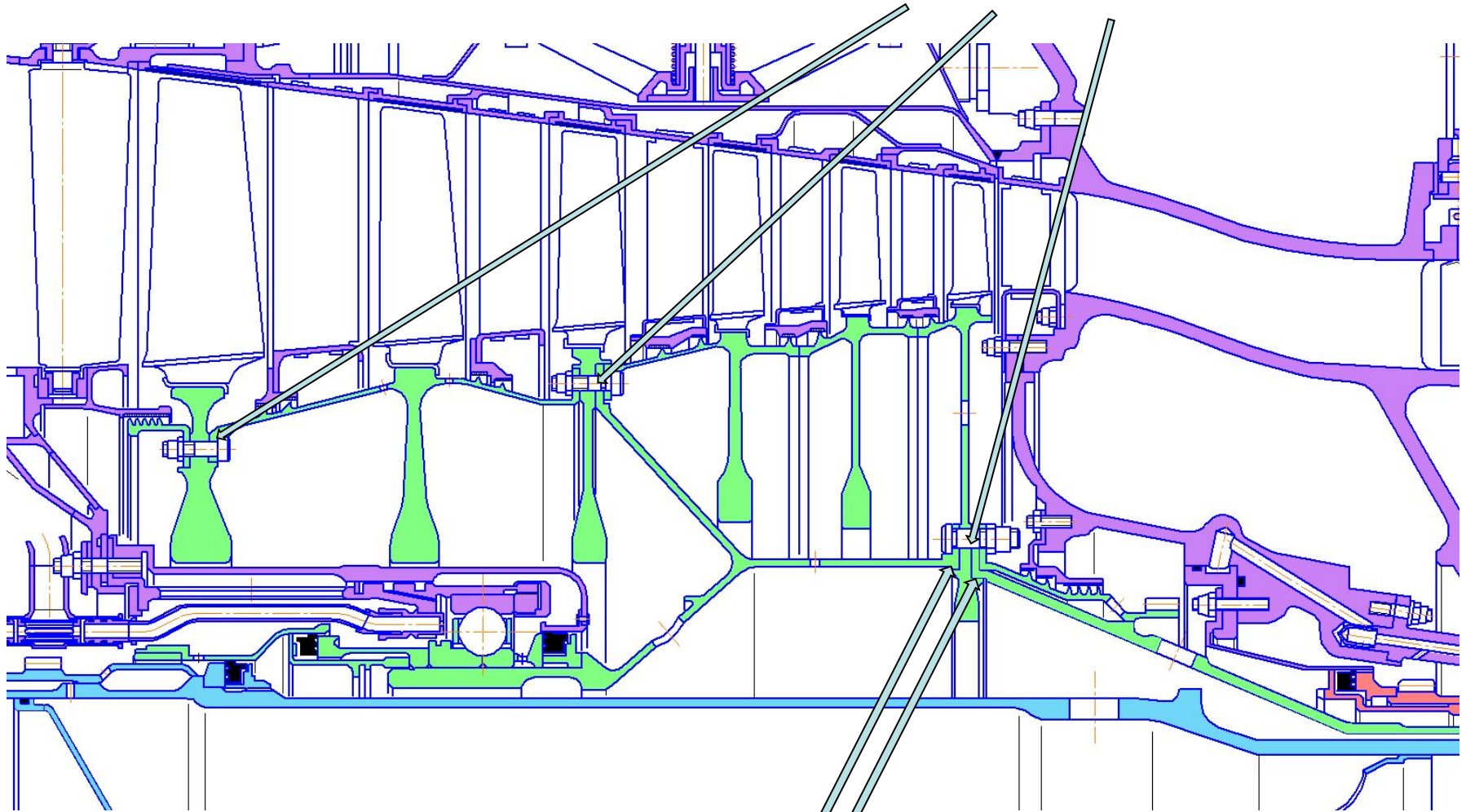
СТЯЖНОЙ БОЛТ

РОТОР КВД РW4084 С ФЛАНЦЕВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ



РОТОР КАСКАДА СД ДРДД Д-36

СТЯЖНЫЕ БОЛТЫ



ЦЕНТРИРУЮЩИЕ ПОЯСКИ

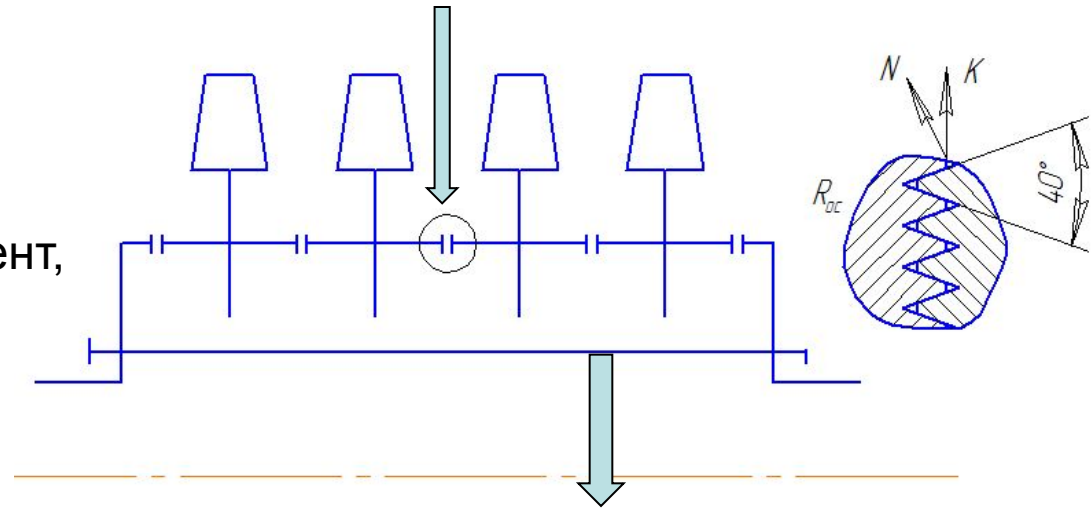
ШЛИЦЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТОРЦОВЫМИ ШЛИЦАМИ

Преимущества

торцовые шлицы
обладают автоцентрированием,
надежно передают крутящий момент,
просты в сборке.

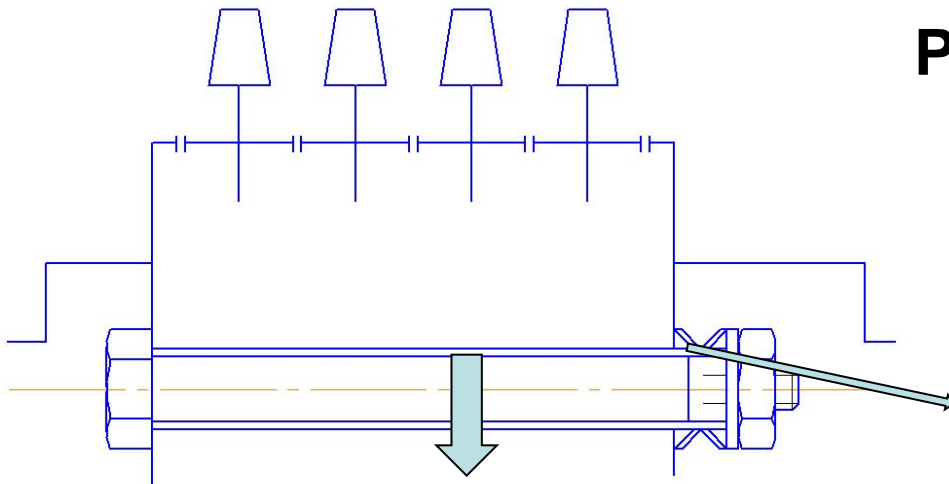
Недостатки

повышенное усилие затяжки
и технологическая сложность,
негерметичность вала

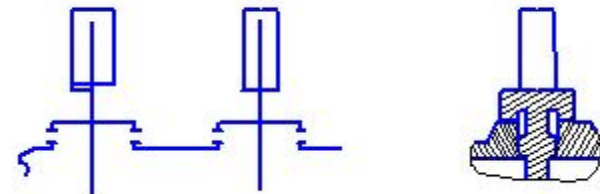


Стяжка несколькими болтами,
Расположенными по окружности

РАДИАЛЬНЫЕ ШЛИЦЫ

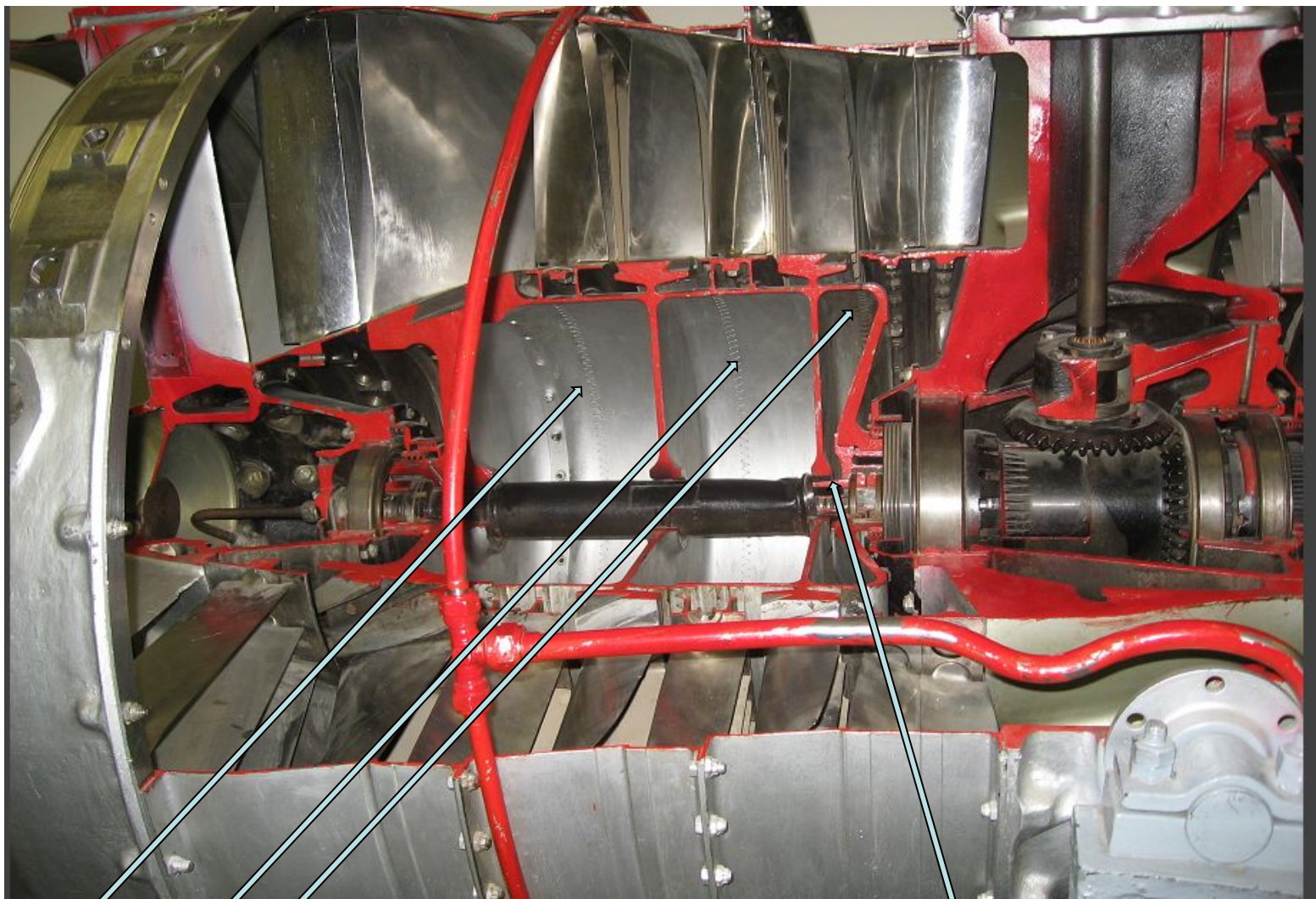


Стяжка одним центральным болтом



компенсатор

КНД ТРДД Д-20П

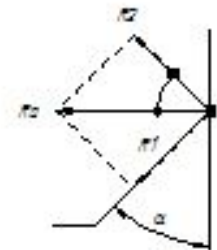
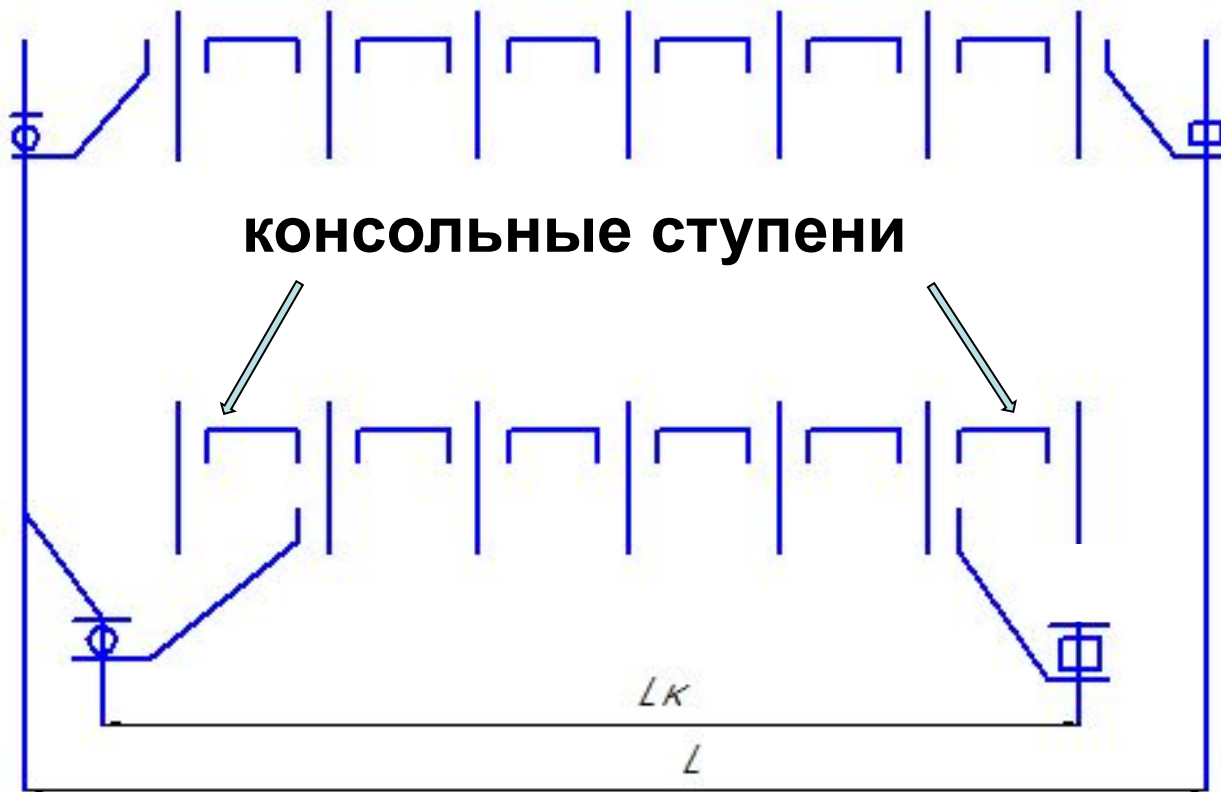


**ТОРЦОВЫЕ
ШЛИЦЫ**

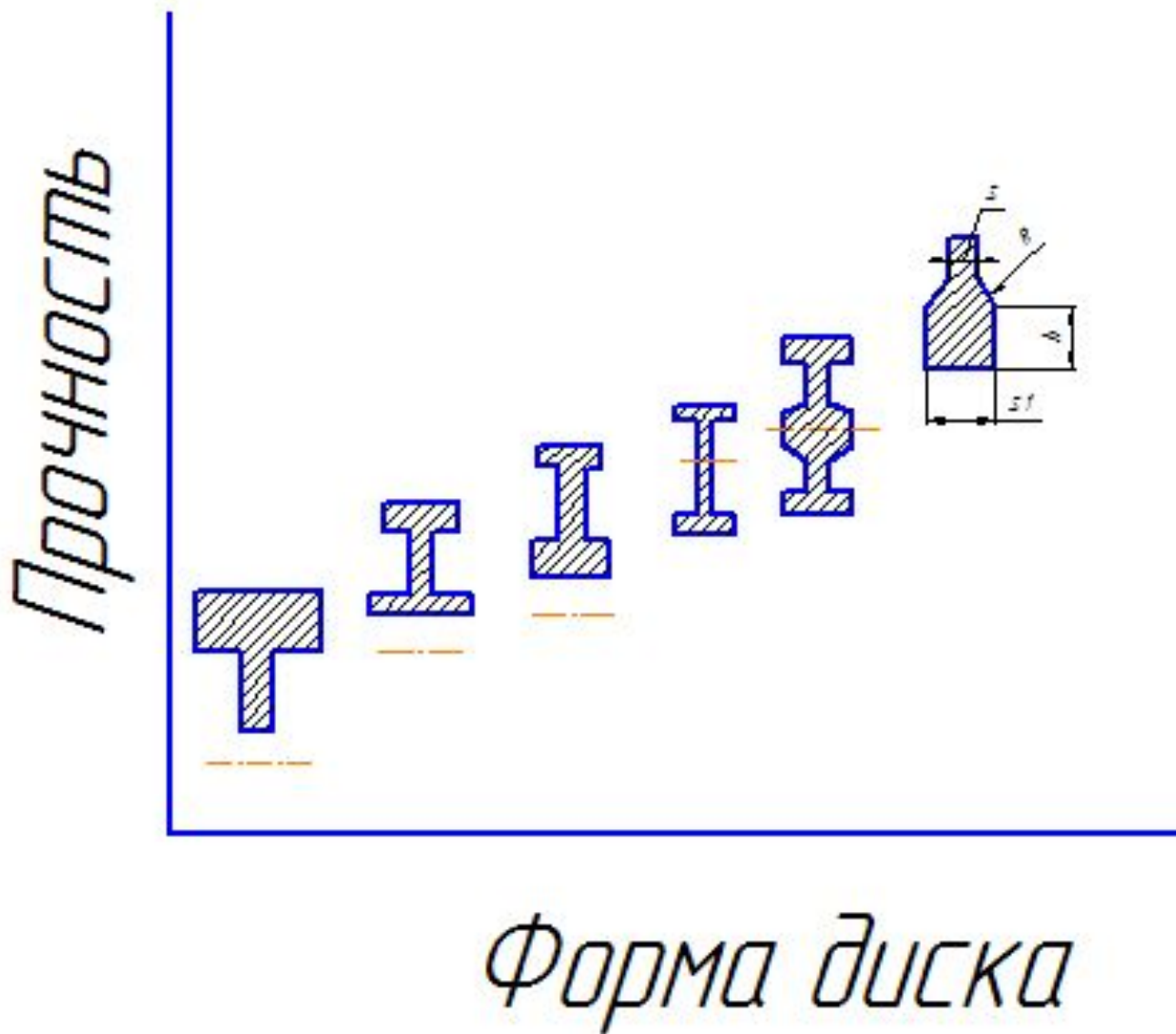
**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
СТЯЖНОЙ
БОЛТ**

ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БАРАБАННО-ДИСКОВОГО РОТОРА

Элементы, определяющие изгибную жесткость ротора, стараются выполнить так, чтобы получилось тело вращения, близкое по форме к двухопорной балке равного сопротивления при нагружении изгибом



ФОРМА ДИСКОВ



ВЫБОР РАДИУСА РАЗМЕЩЕНИЯ БАРАБАННЫХ ПЕРЕМОЧЕК

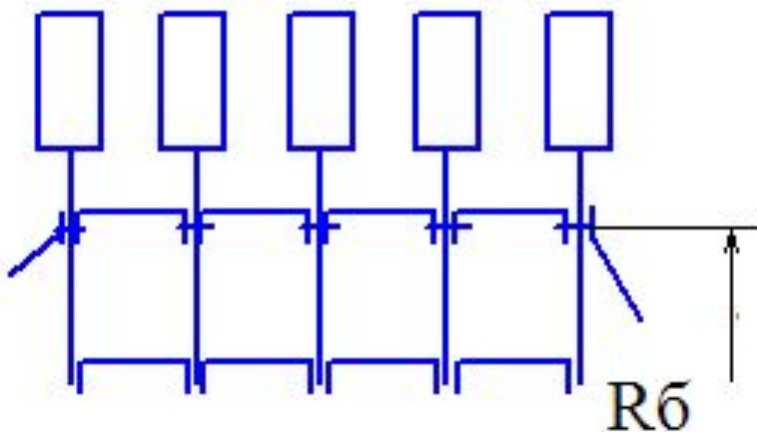
Радиус определяется из условия совместности деформаций перемычек и диска.

Если $U_b > U_d$, то перемычка себя не “несет”

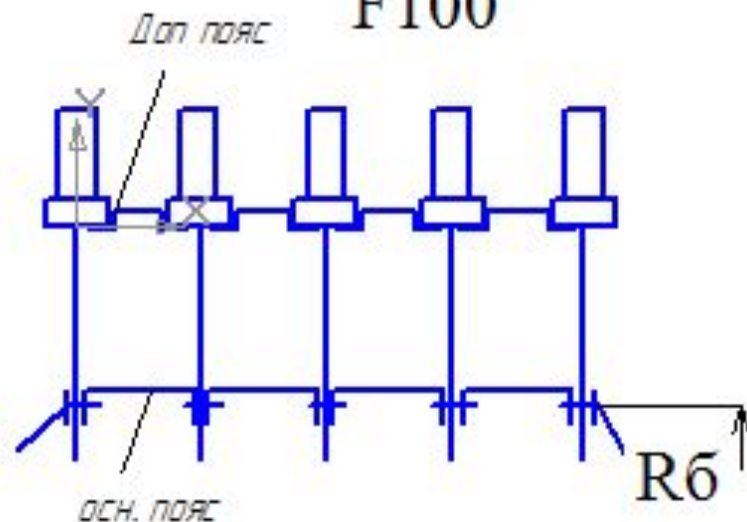
и дополнительные нагрузки будут действовать на диск.

Оптимум будет иметь место при $U_b = U_d$.

J79



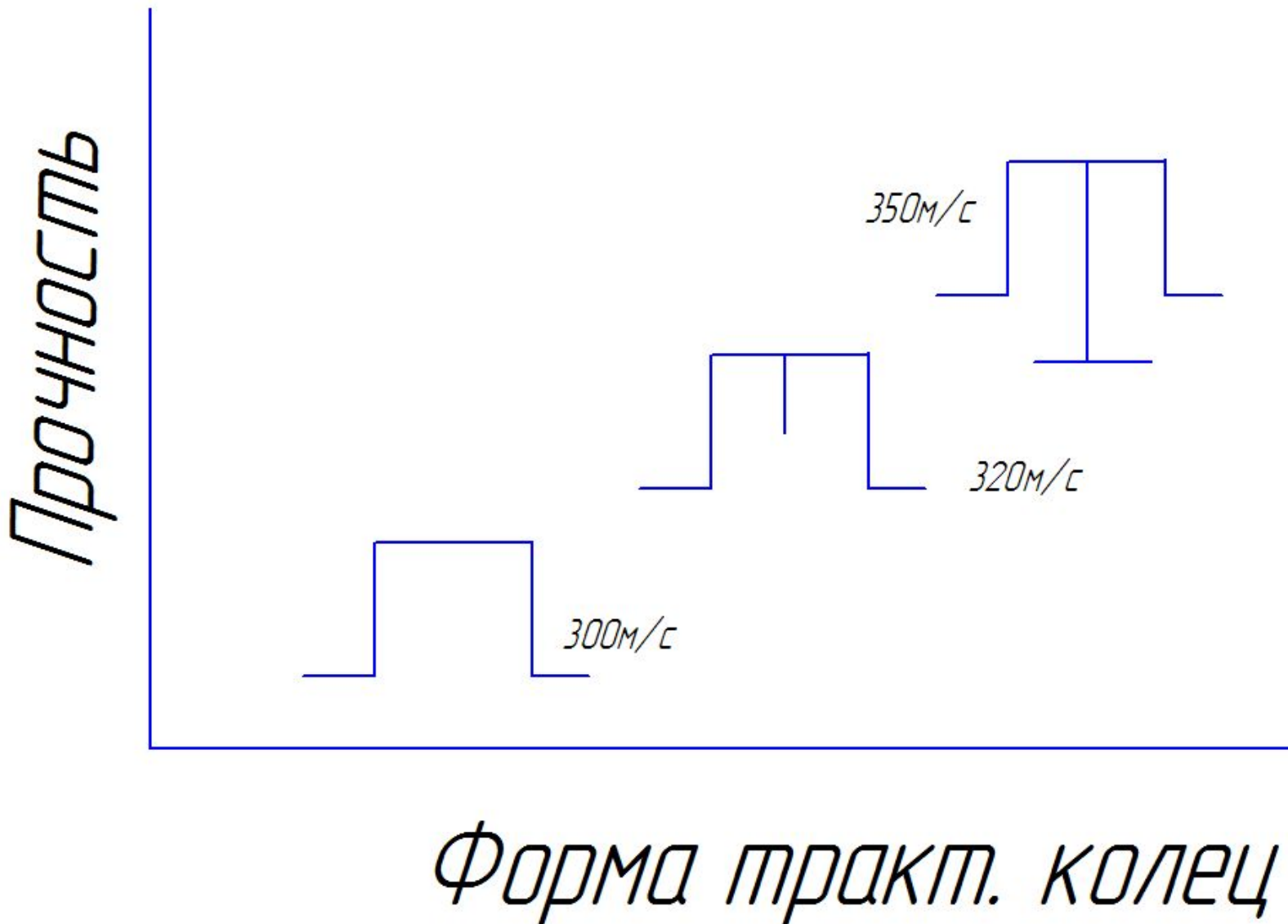
F100



Слишком малый R_6 приводит к росту присоединенных объемов и также снижает изгибную жесткость дисков.

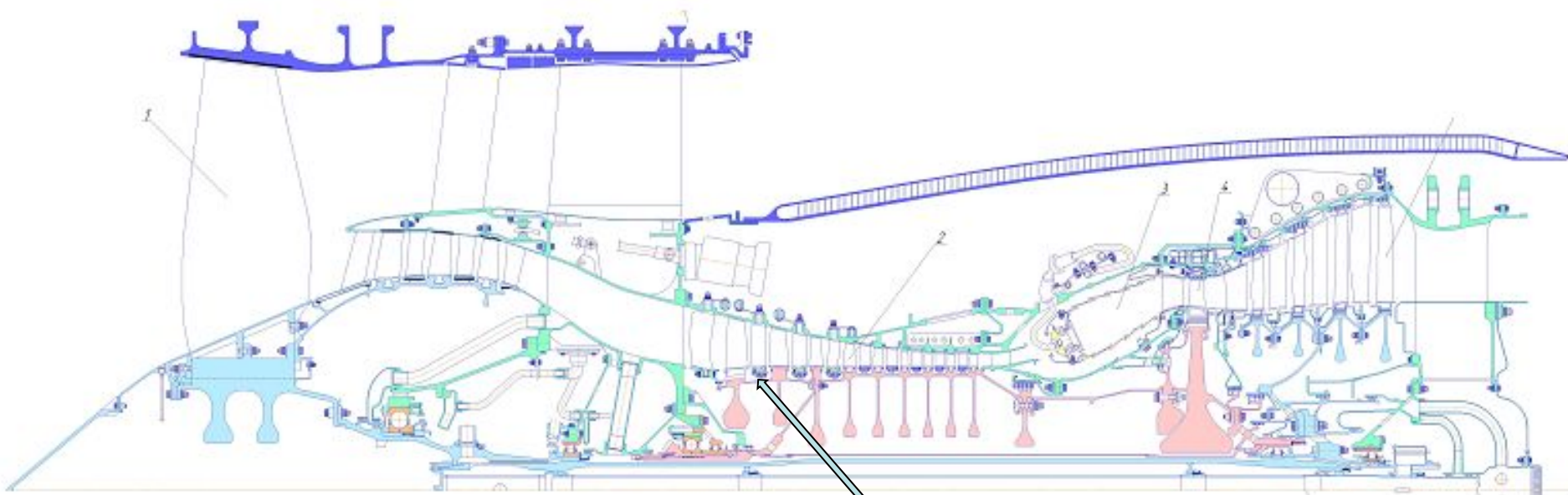
Удовлетворение этих противоречивых требований может быть произведено введением дополнительной связи дисков по ступицам.

ВЫБОР ФОРМЫ ТРАКТОВЫХ ПРОСТАВОК



ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ РОТОРОВ

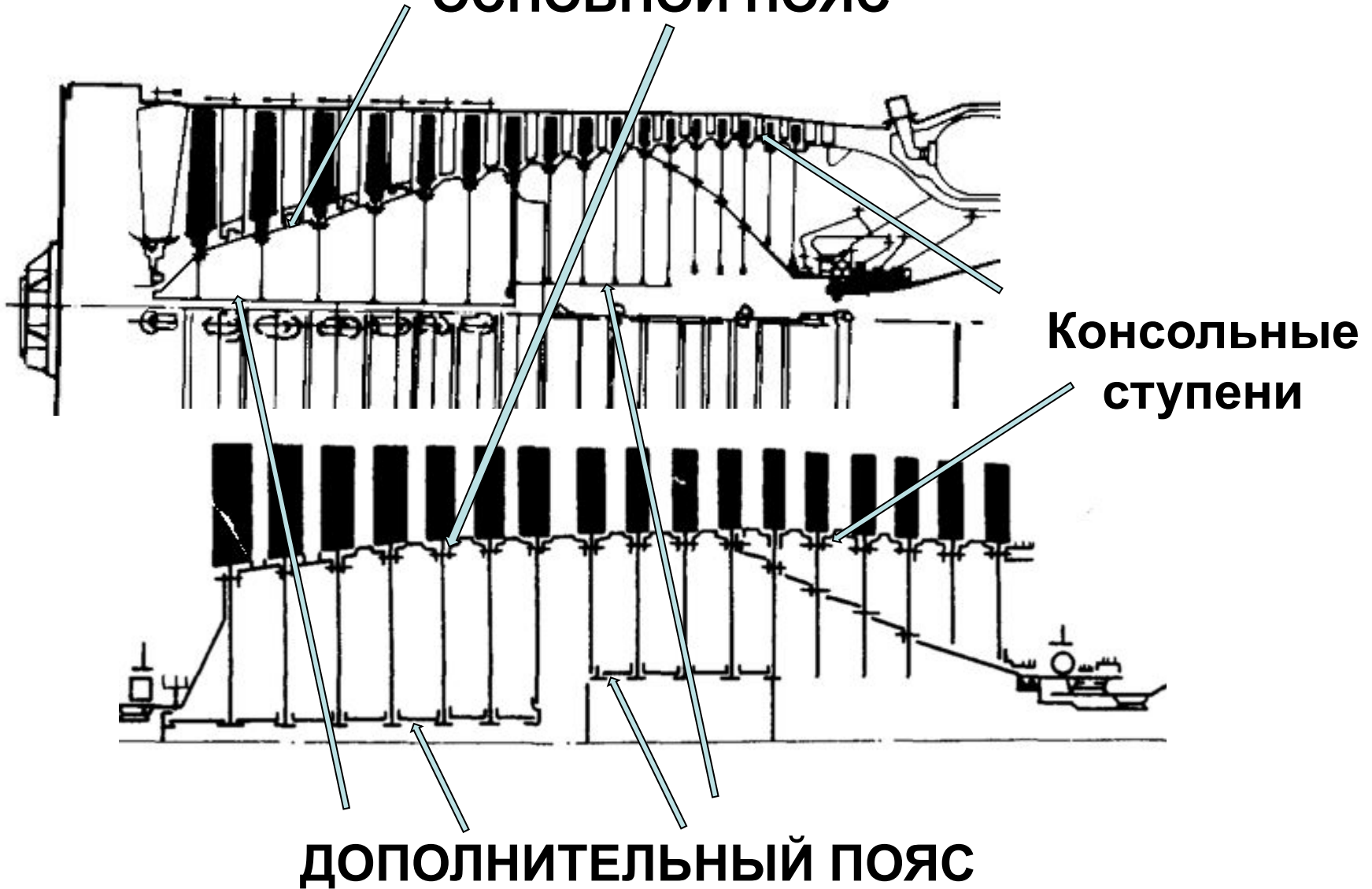
CFM-56



КОНСОЛЬНЫЕ СТУПЕНИ РОТОРА КВД

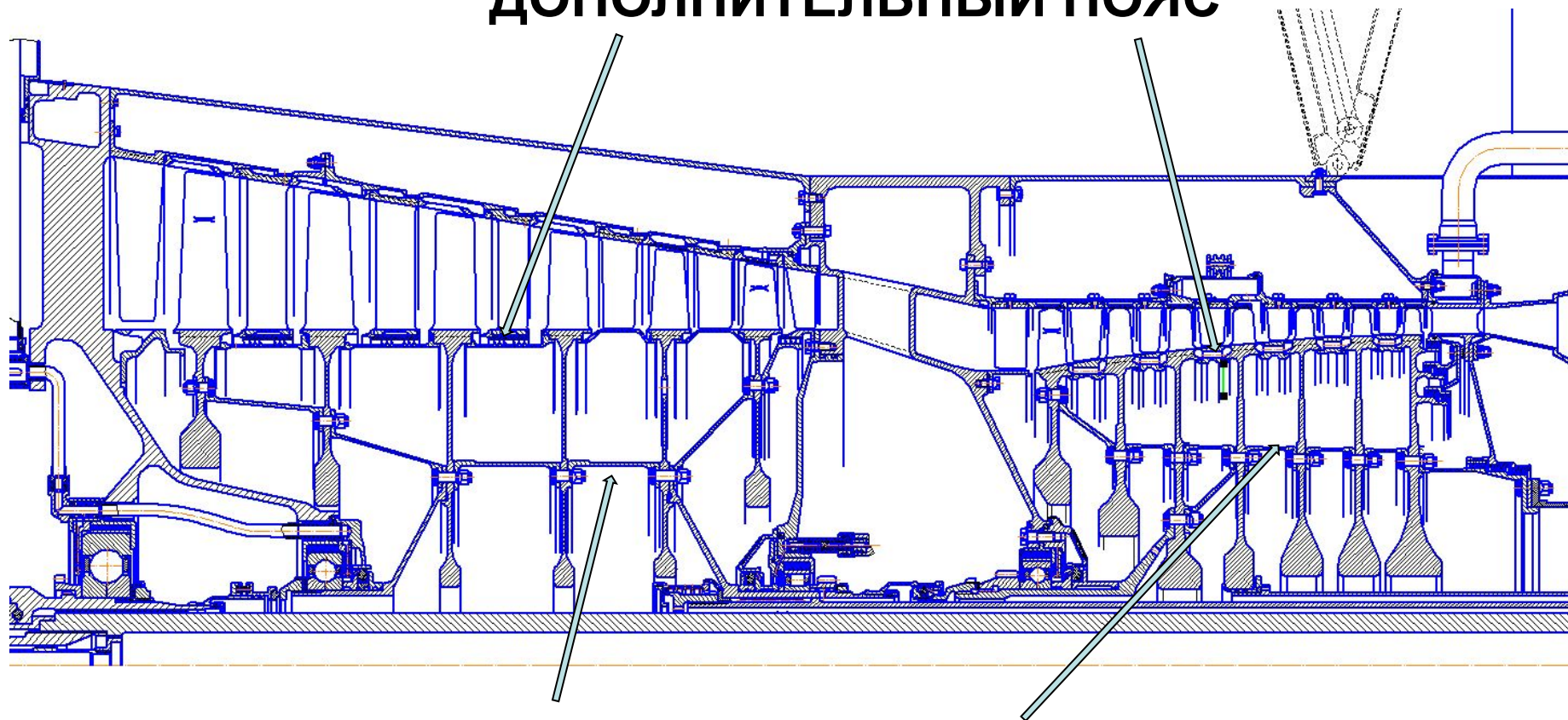
ТРДДФ J-79

ОСНОВНОЙ ПОЯС



ТРДД НК-56

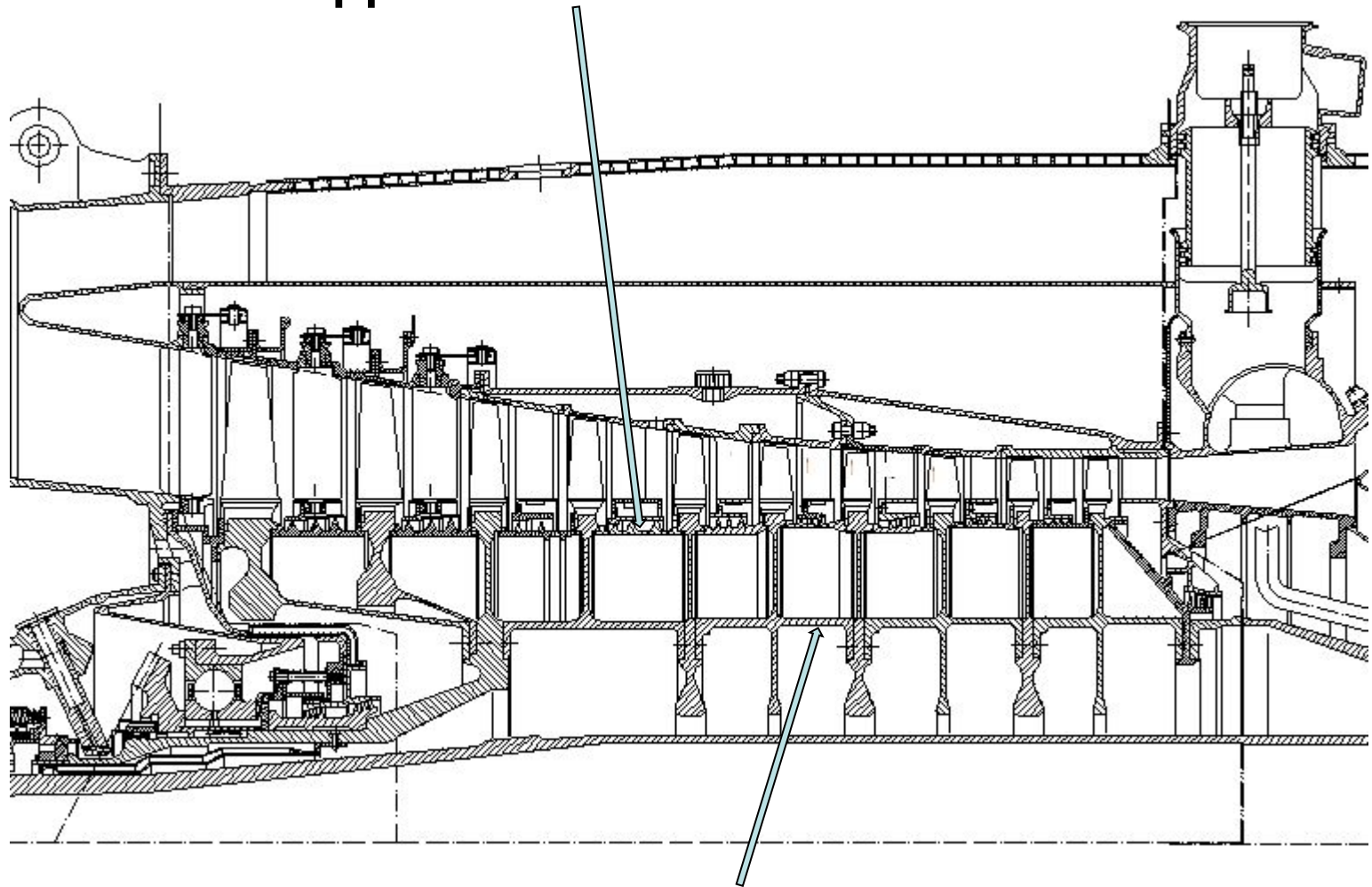
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПОЯС



ОСНОВНОЙ ПОЯС

F100

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПОЯС



ОСНОВНОЙ ПОЯС