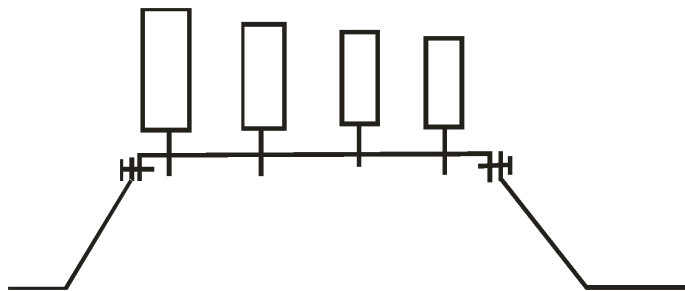


РОТОРЫ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

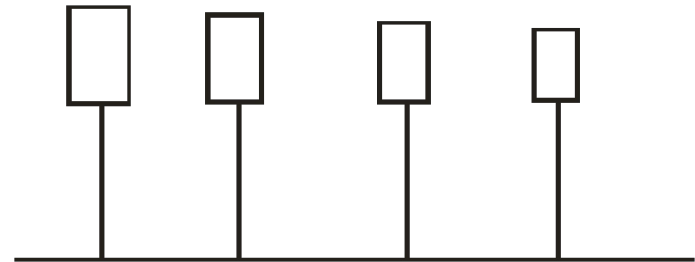
ТРЕБОВАНИЯ К РОТОРАМ

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

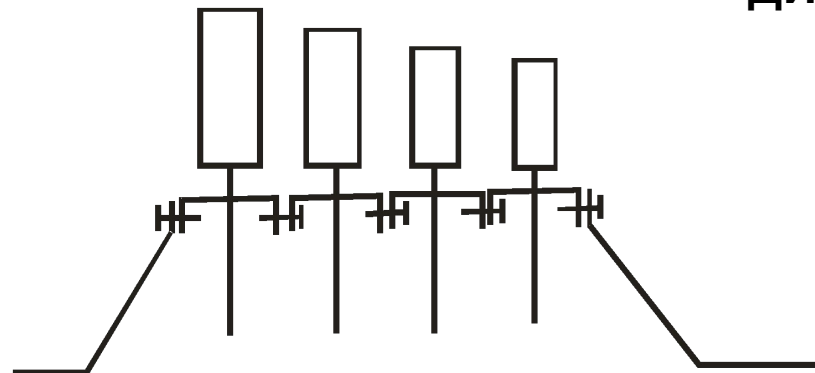
ТИПЫ РОТОРОВ



БАРАБАННЫЙ

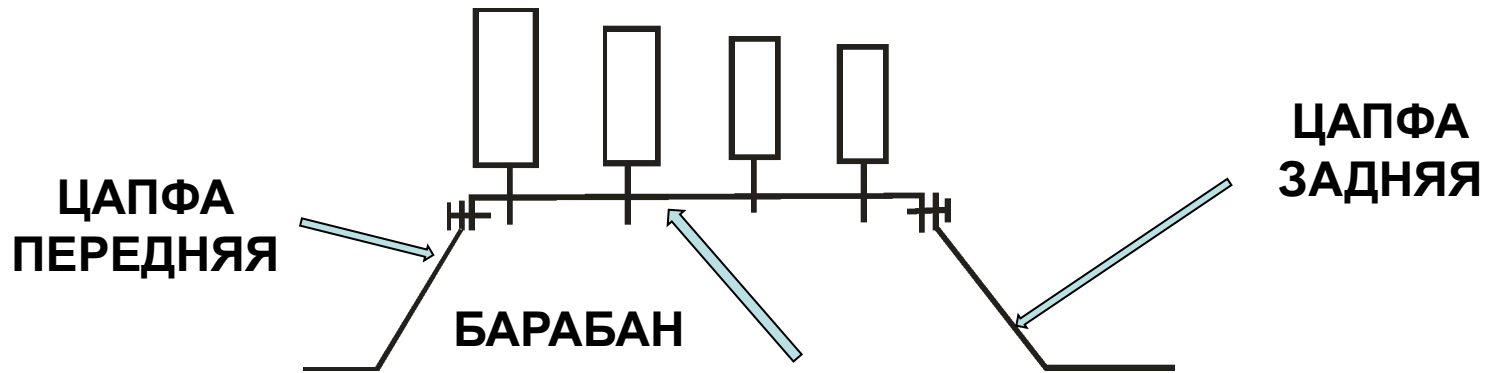


ДИСКОВЫЙ



БАРАБАННО-ДИСКОВЫЙ

БАРАБАННЫЙ РОТОР



Крутящий момент на лопатки передается через барабан.
Дисков практически нет

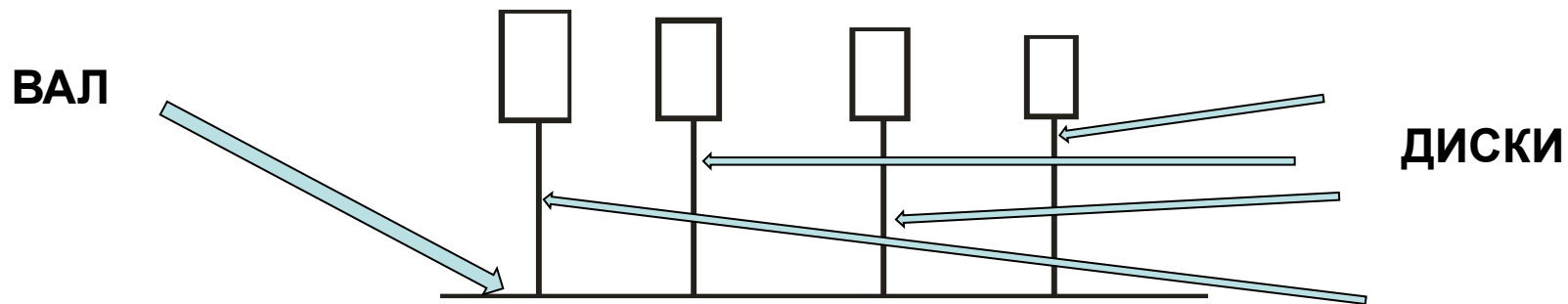
ДОСТОИНСТВА

- 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 $U=300\dots380\text{м/с}$.

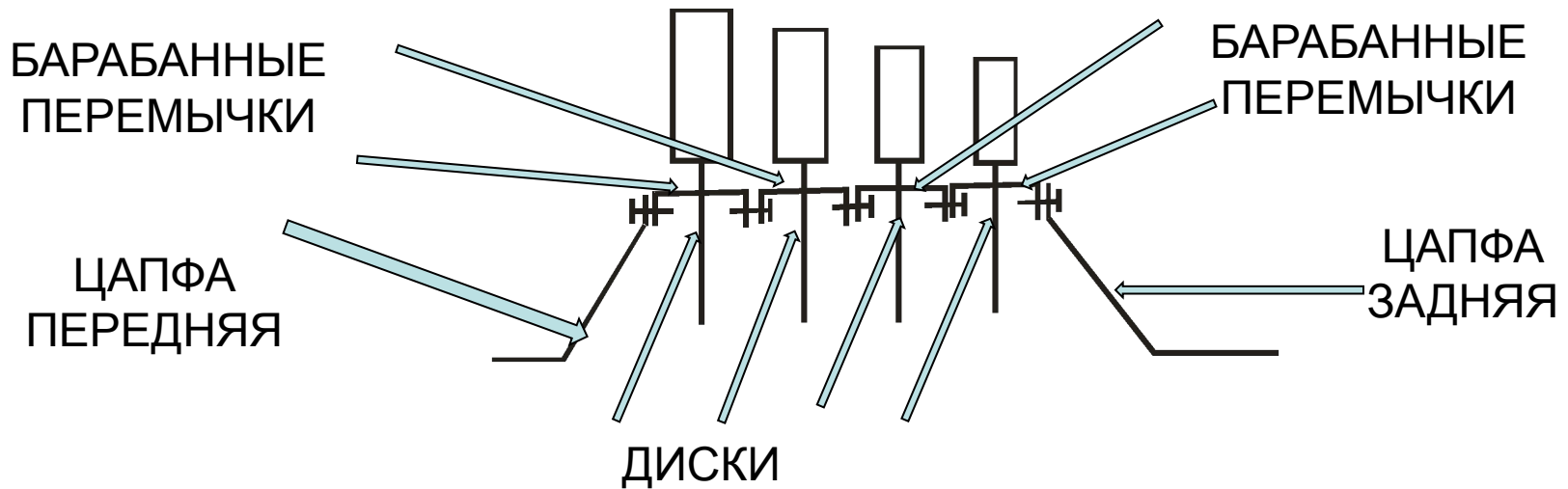
ДОСТОИНСТВА

- 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

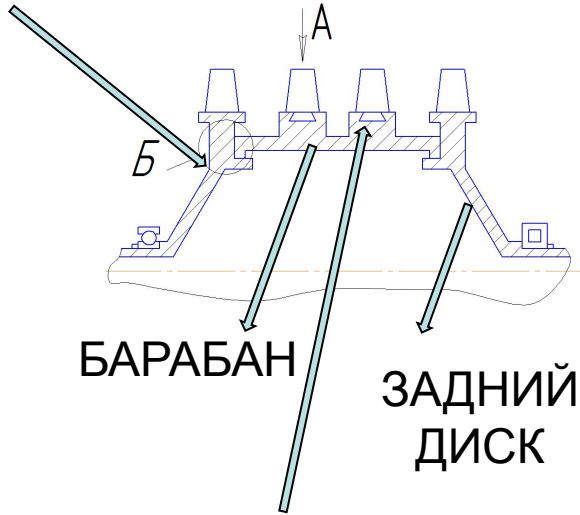
Высокая прочность и жесткость

НЕДОСТАТКИ

Конструктивная сложность

КОНСТРУКЦИЯ РОТОРОВ БАРАБАННОГО ТИПА

ПЕРЕДНИЙ
ДИСК



БАРАБАН

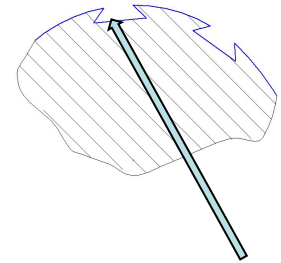
ЗАДНИЙ
ДИСК

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ
БОЛТ

A

ЛОПАТКИ

ЦЕНТРИРУЮЩИЙ
БУРТ



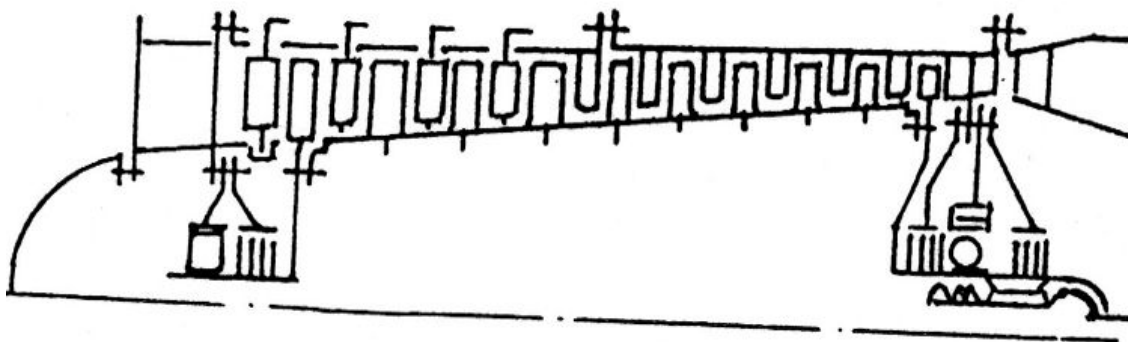
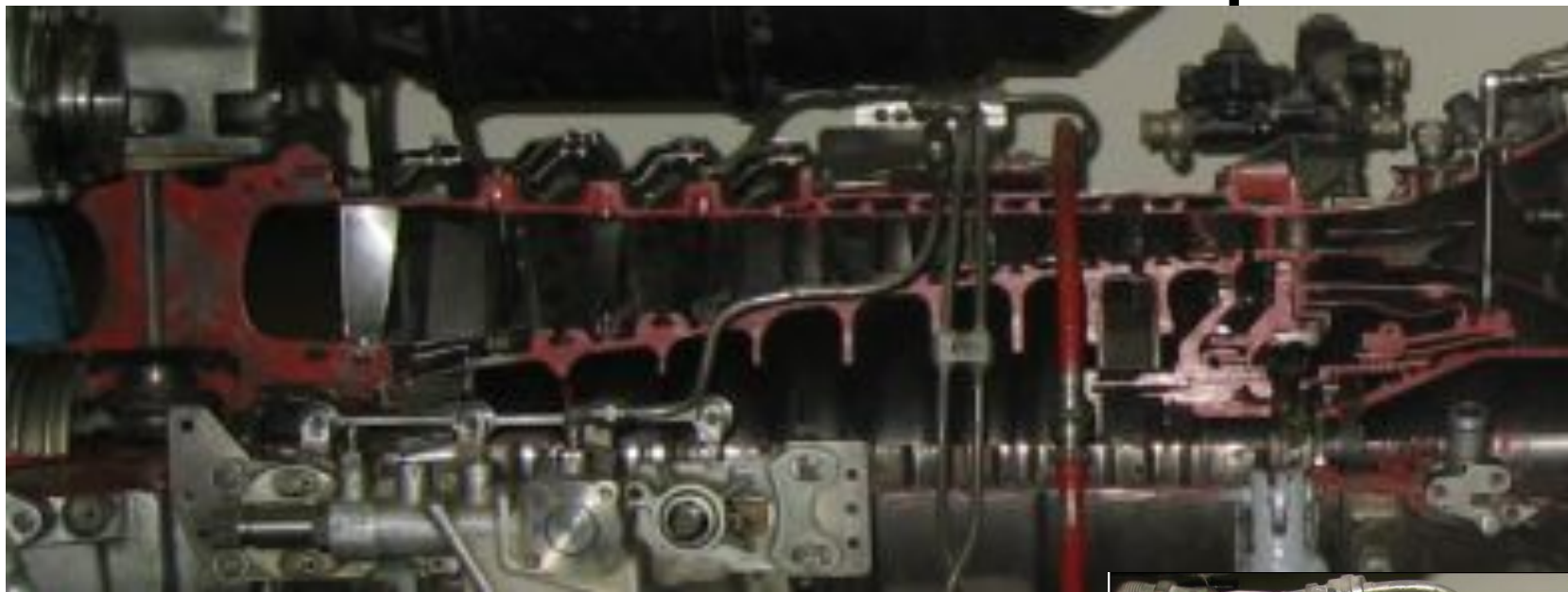
ПРОДОЛЬНЫЕ
ШЛИЦЫ

КОЛЬЦЕВЫЕ ПАЗЫ
ДЛЯ ЛОПАТОК

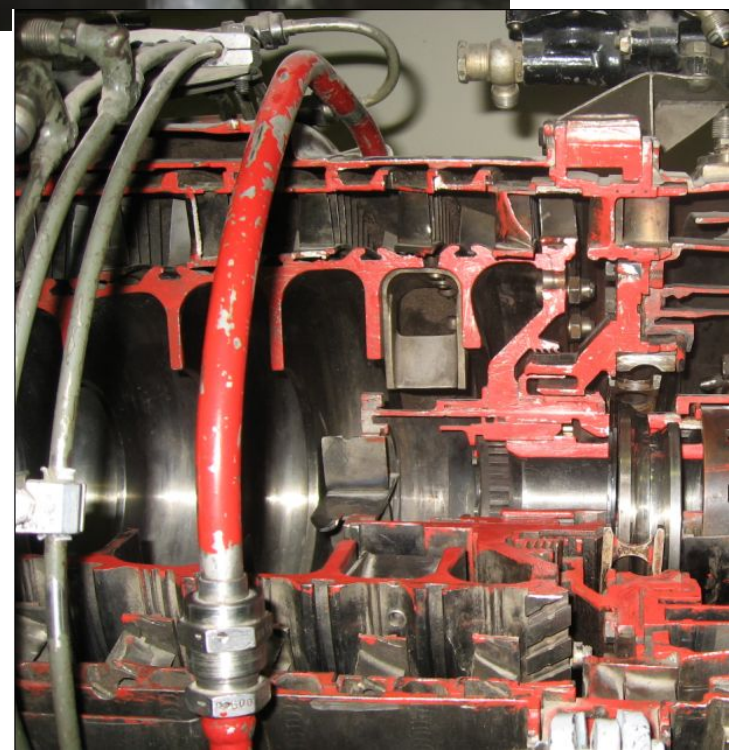
ФИКСАТОР

Б

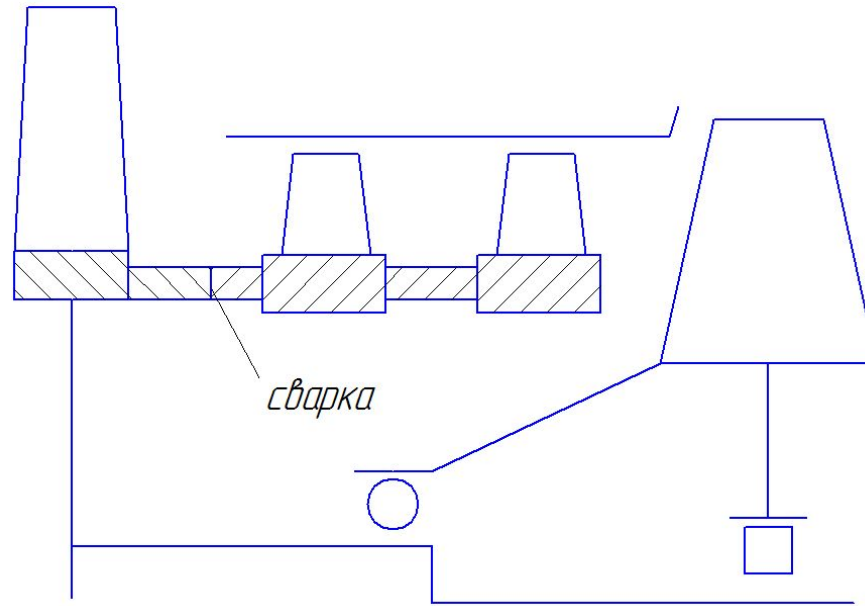
ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИИ



Барабанный ротор ТВаД ТВ2-117

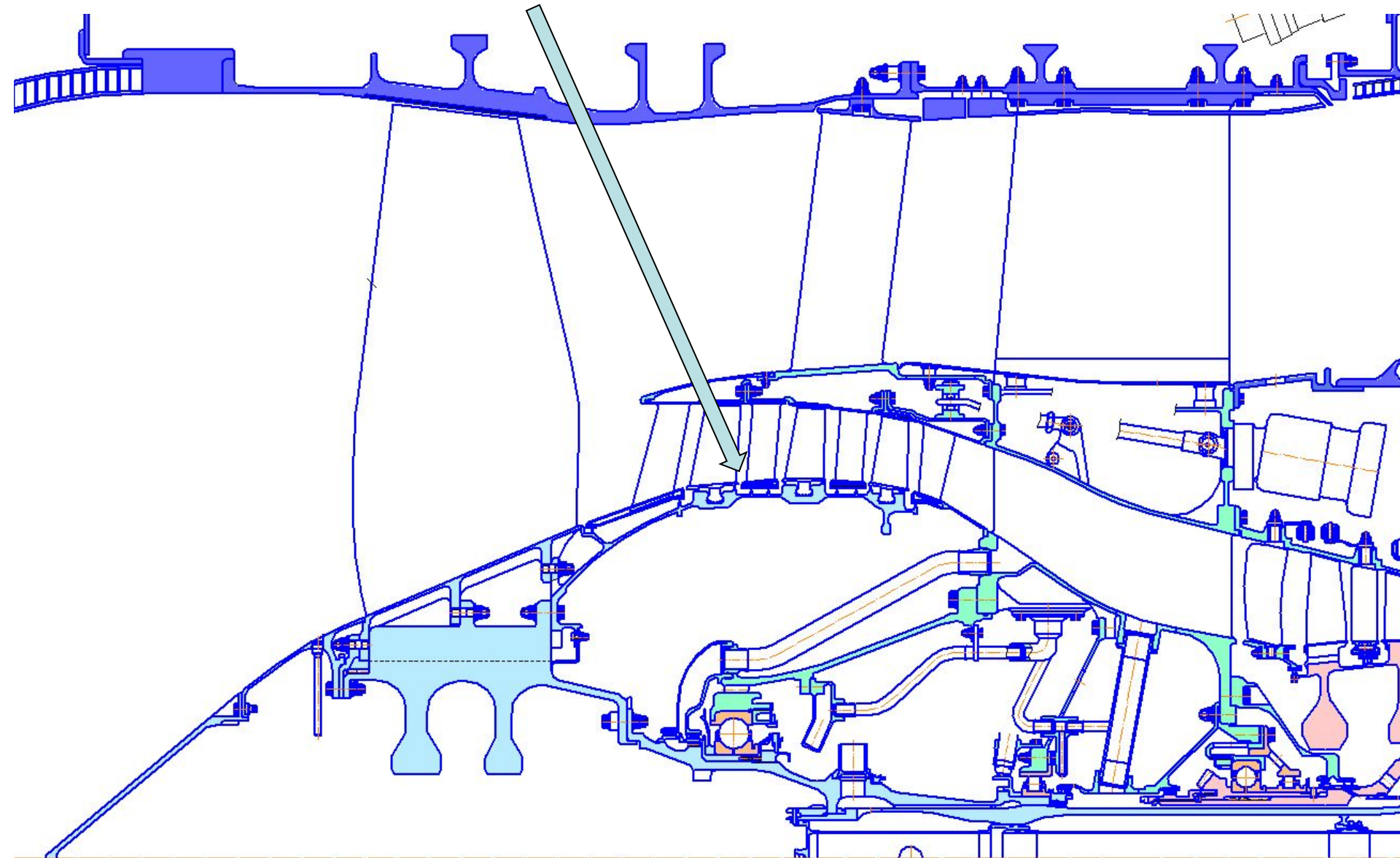


БУСТЕРНЫЕ (ПОДПОРНЫЕ) СТУПЕНИ С РОТОРОМ БАРАБАННОГО ТИПА



ВЕНТИЛЯТОР CFM-56

БУСТЕРНЫЕ (ПОДПОРНЫЕ) СТУПЕНИ



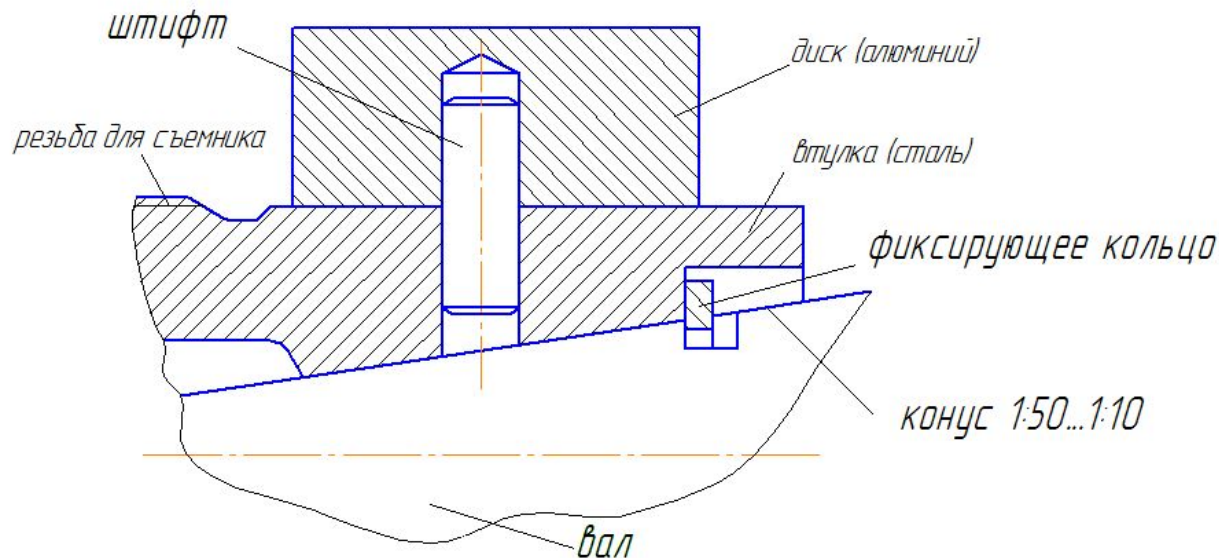
КОНСТРУКЦИЯ РОТОРОВ ДИСКОВОГО ТИПА

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

Диски воспринимают центробежные силы от массы лопаток и самого диска.

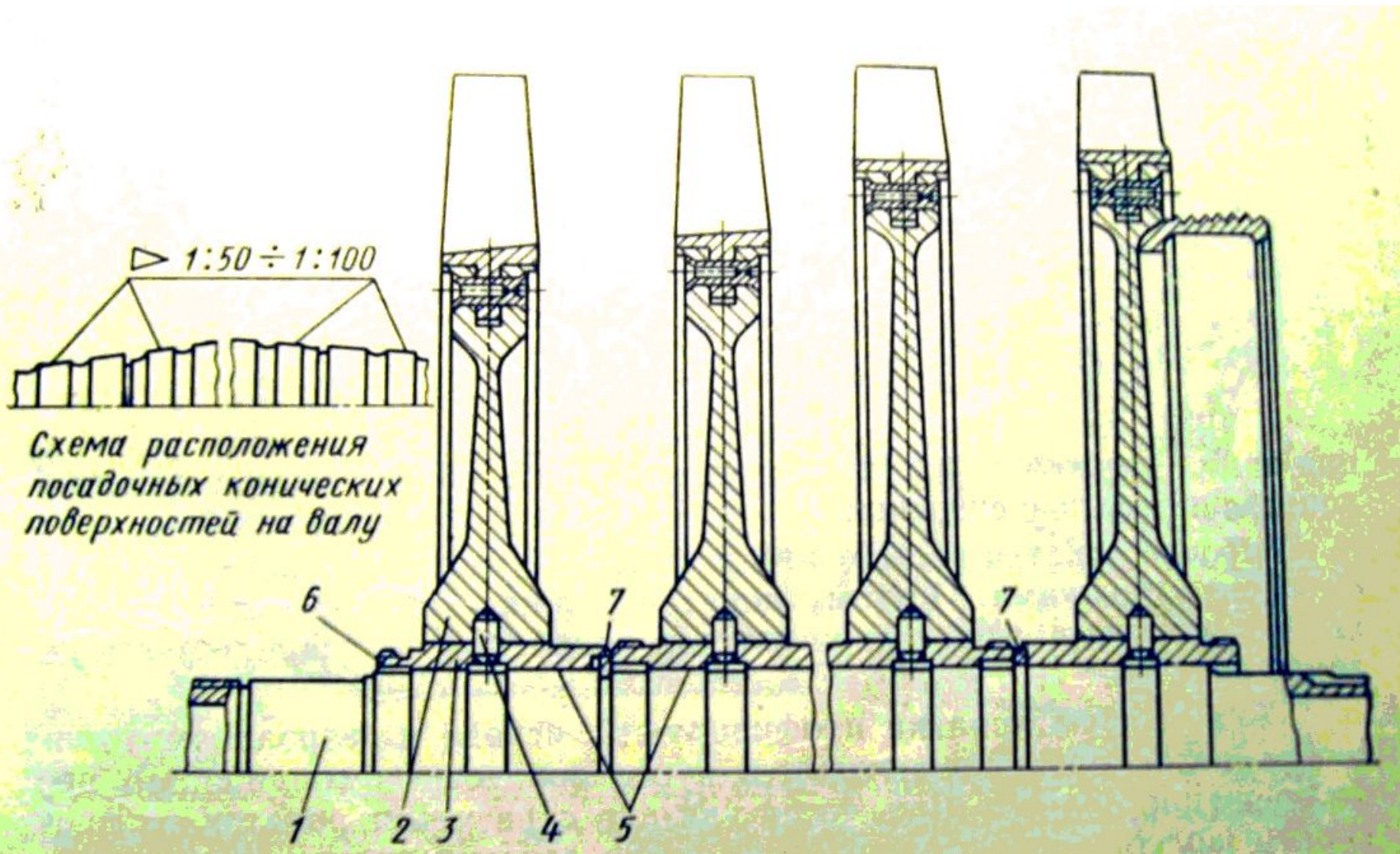
СОЕДИНЕНИЕ ДИСКА С ВАЛОМ

Соединение с натягом



Наличие большого натяга затрудняет сборку и разборку компрессора

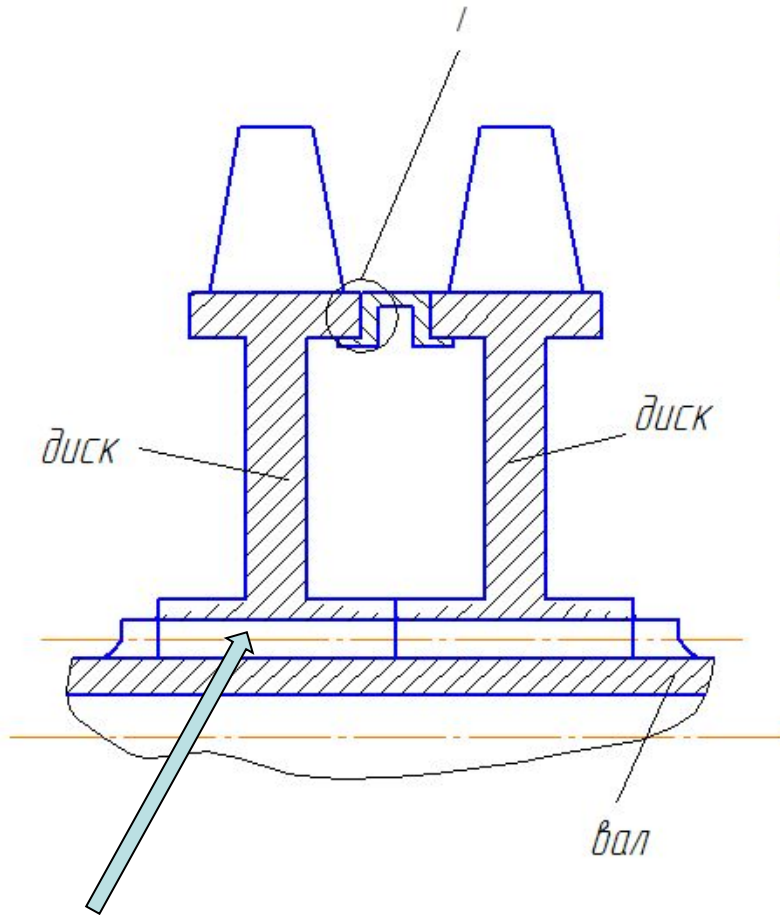
ДИСКОВЫЙ РОТОР С ПЕРЕДАЧЕЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ТРЕНИЕМ



ШЛИЦЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

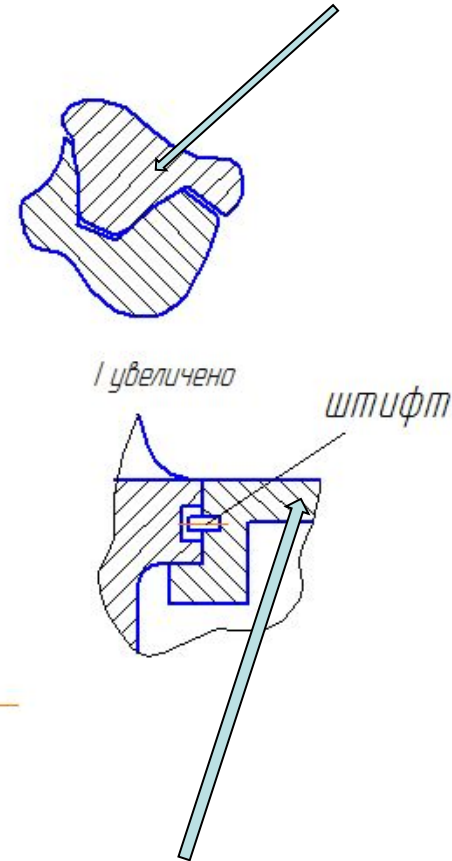
Центрирование обычно осуществляется по эвольвентным шлицам.

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



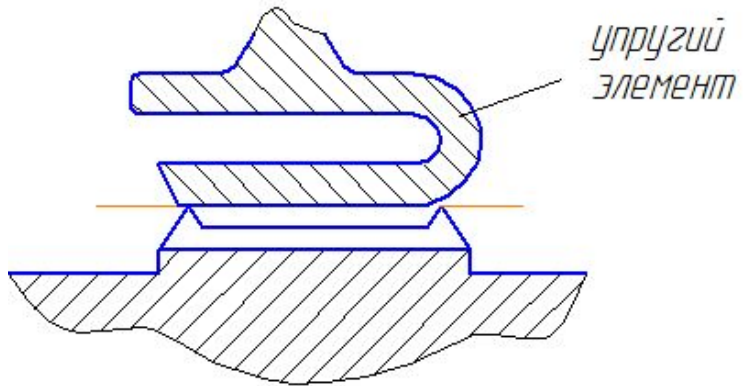
ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ШЛИЦЫ

ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ ШЛИЦЫ

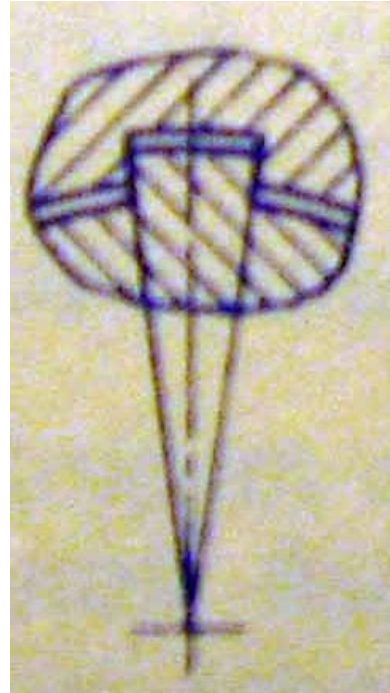


ПРОСТАВКА

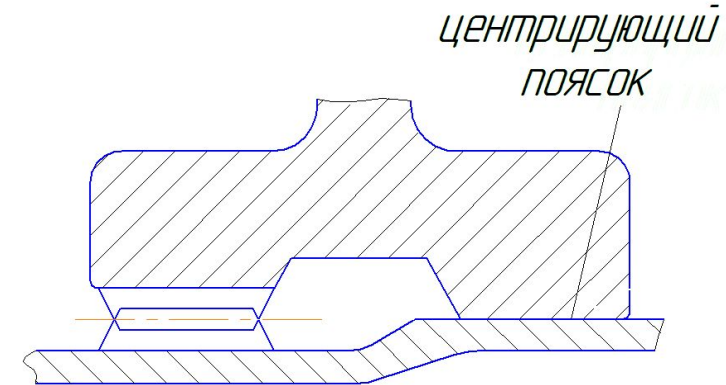
СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ЦЕНТРОВКИ В РАБОТЕ



гибкий компенсатор
(Спей, RB-193, ЭВОН)

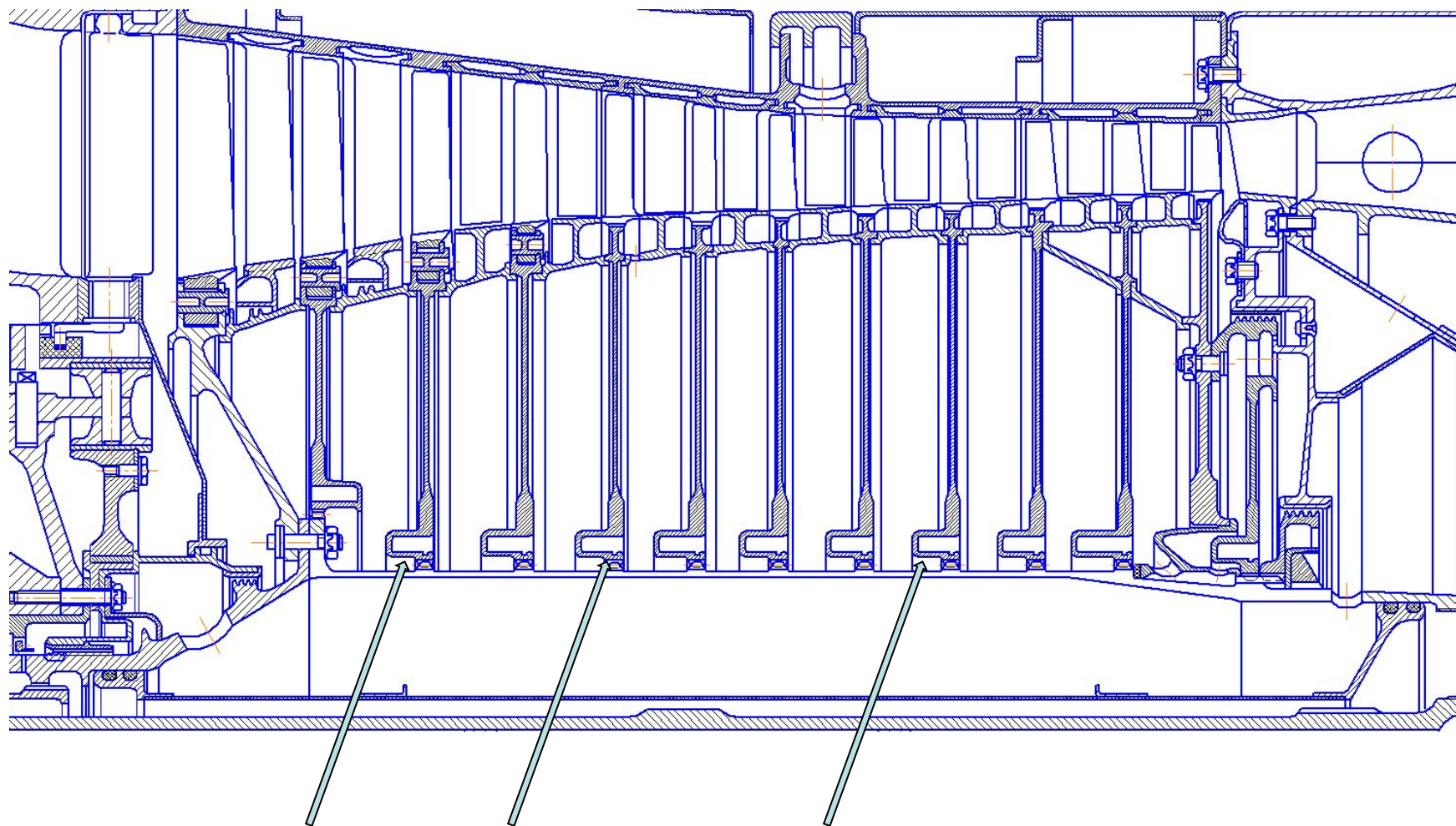


Трапецеидальные
шлицы



Центрирующие
пояски

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ГТД РВ-168



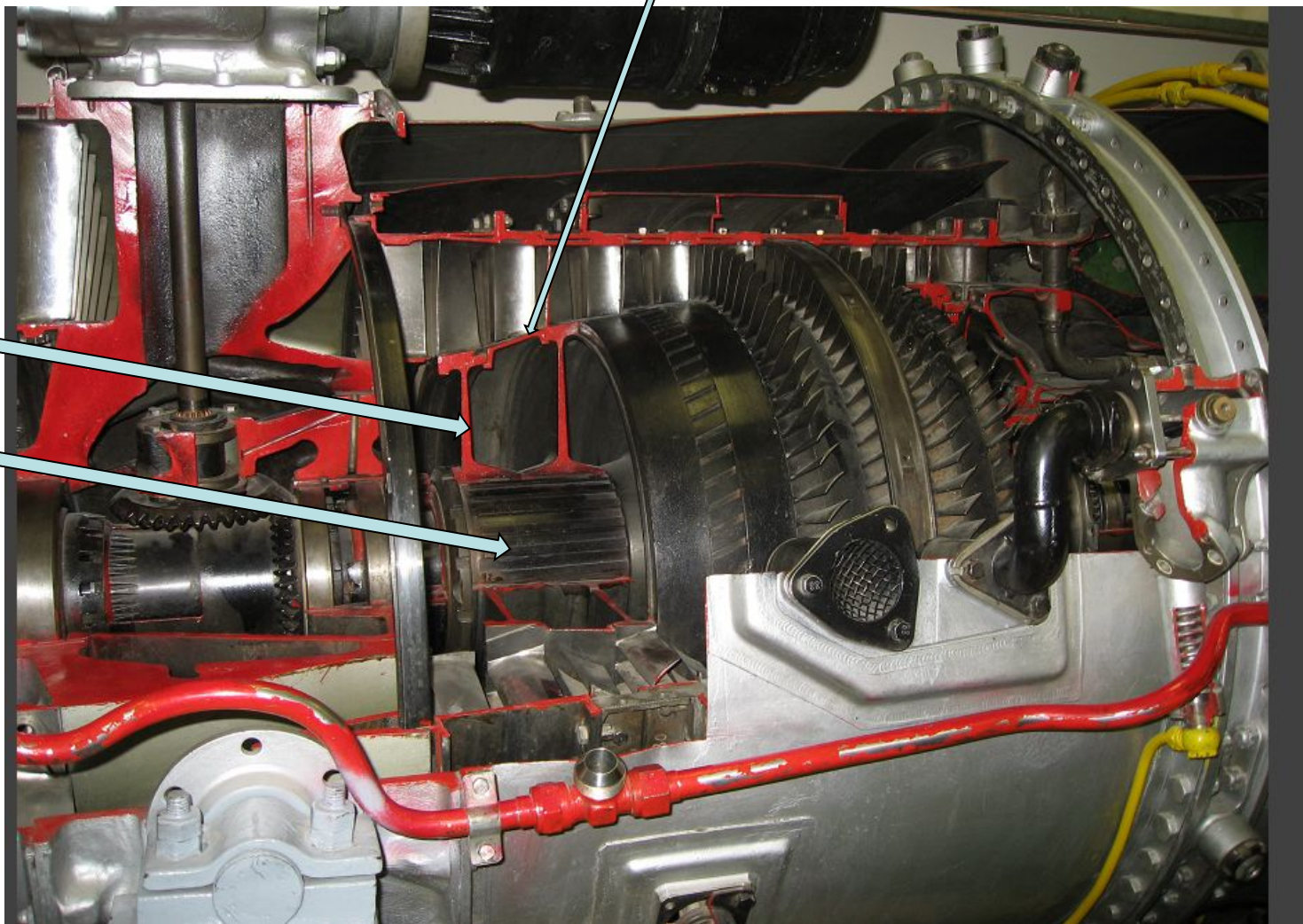
КОМПЕНСАТОРЫ

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИИ ДИСКОВЫХ РОТОРОВ

ПРОСТАВКА

ДИСК

ШЛИЦЫ

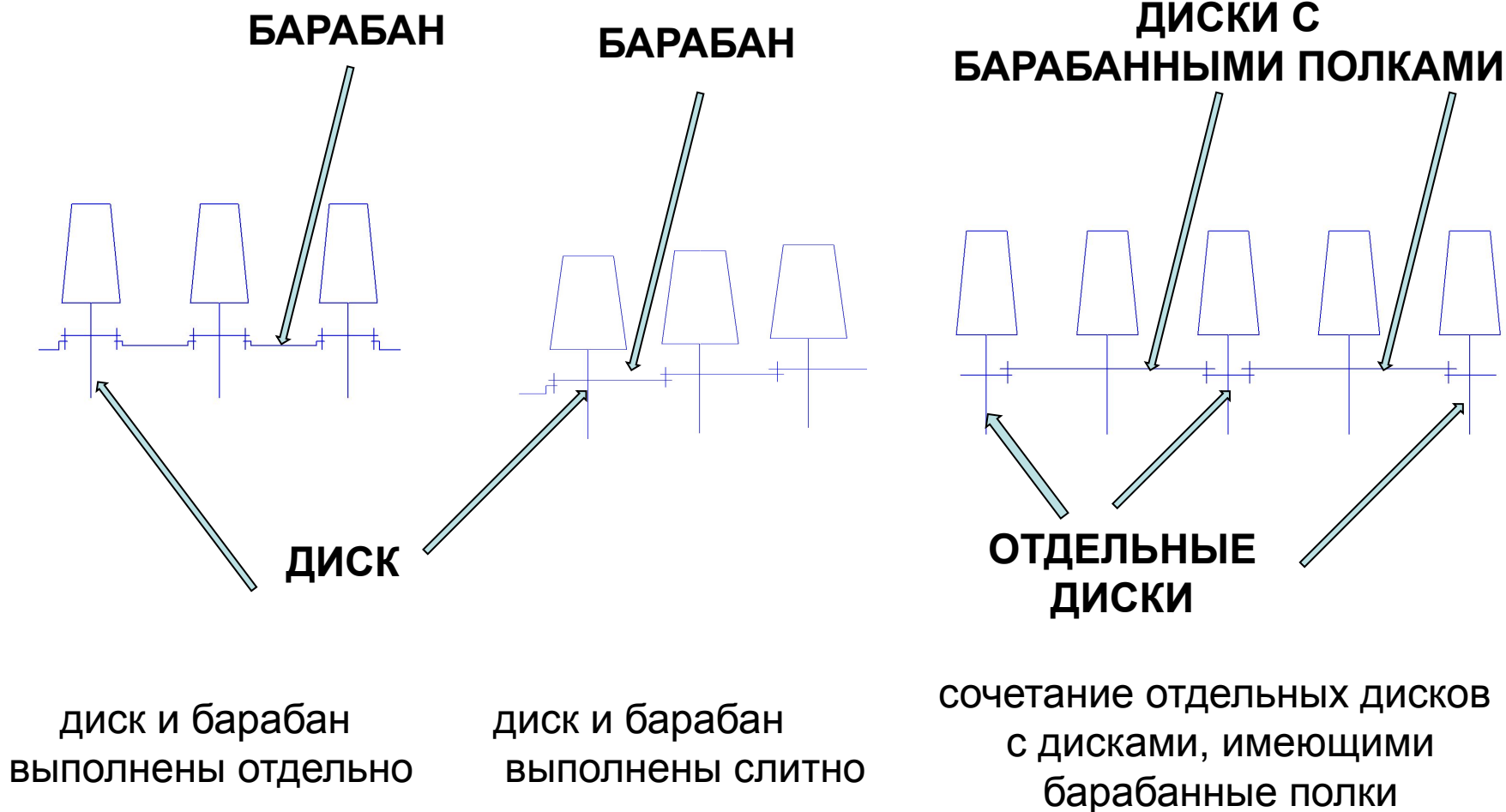


КВД Д20П

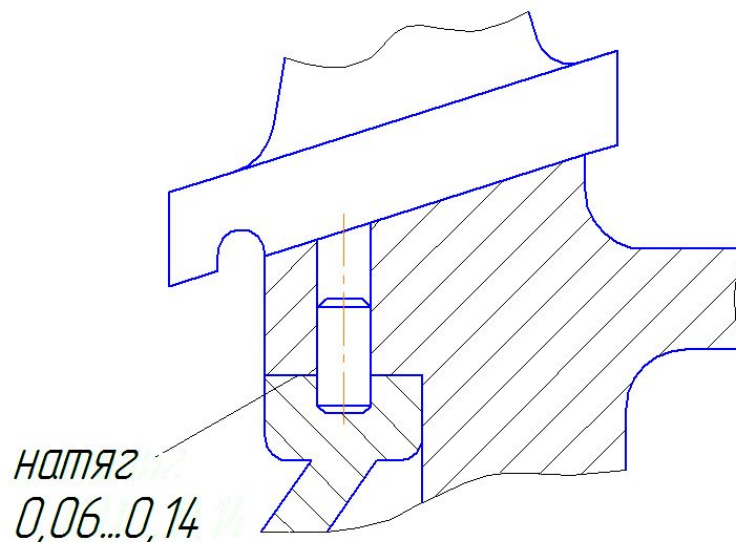
КОНСТРУКЦИЯ ДИСКО-БАРАБАННЫХ РОТОРОВ

Неразборные соединения

Соединение с натягом радиальными штифтами



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

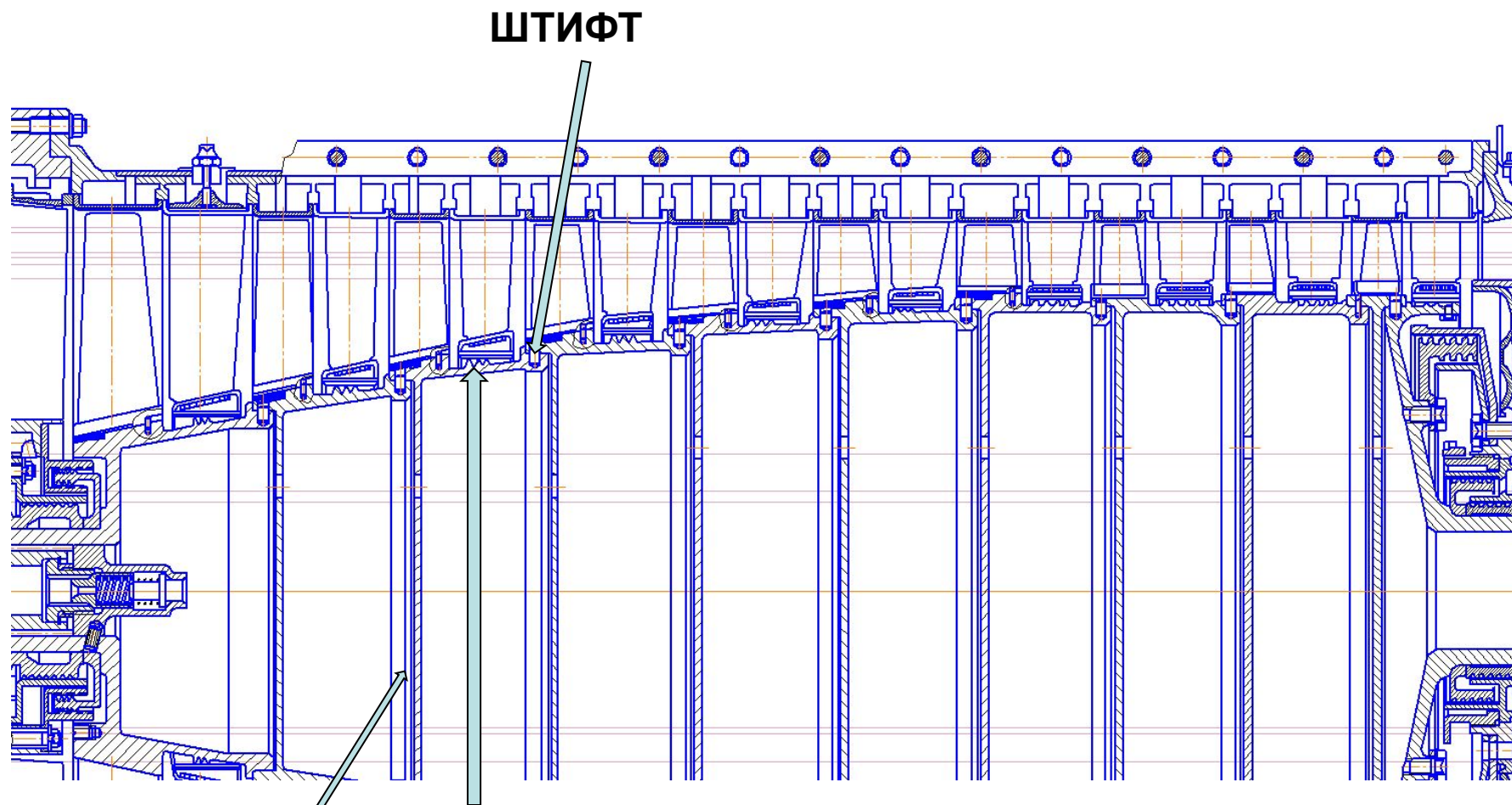
ДОСТОИНСТВА

**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

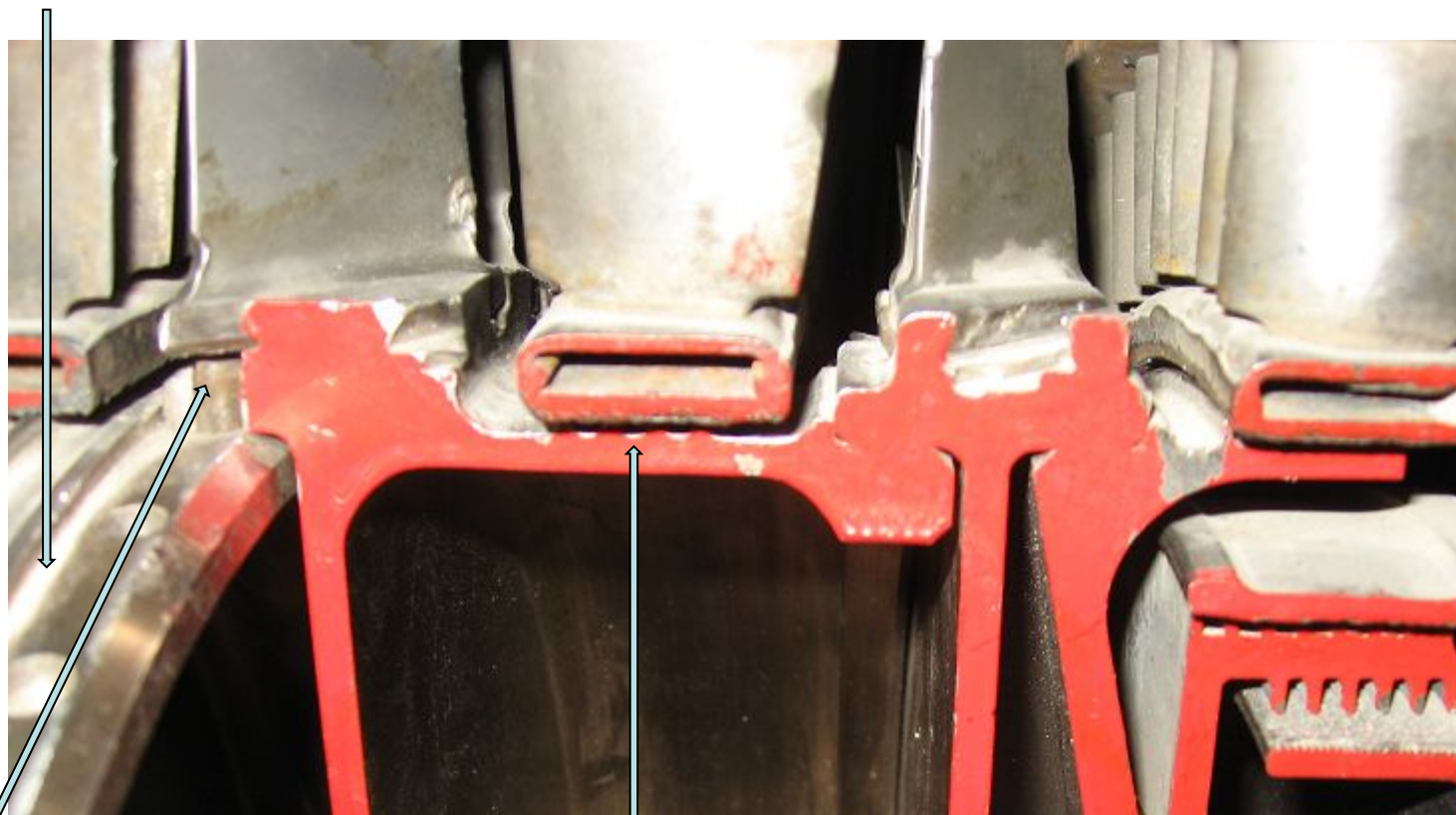
ДИСК

барабанная
перемычка

диск и барабанная перемычка
выполнены за одно целое

ШТИФТОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ РОТОРА КОМПРЕССОРА ТВД АИ-24

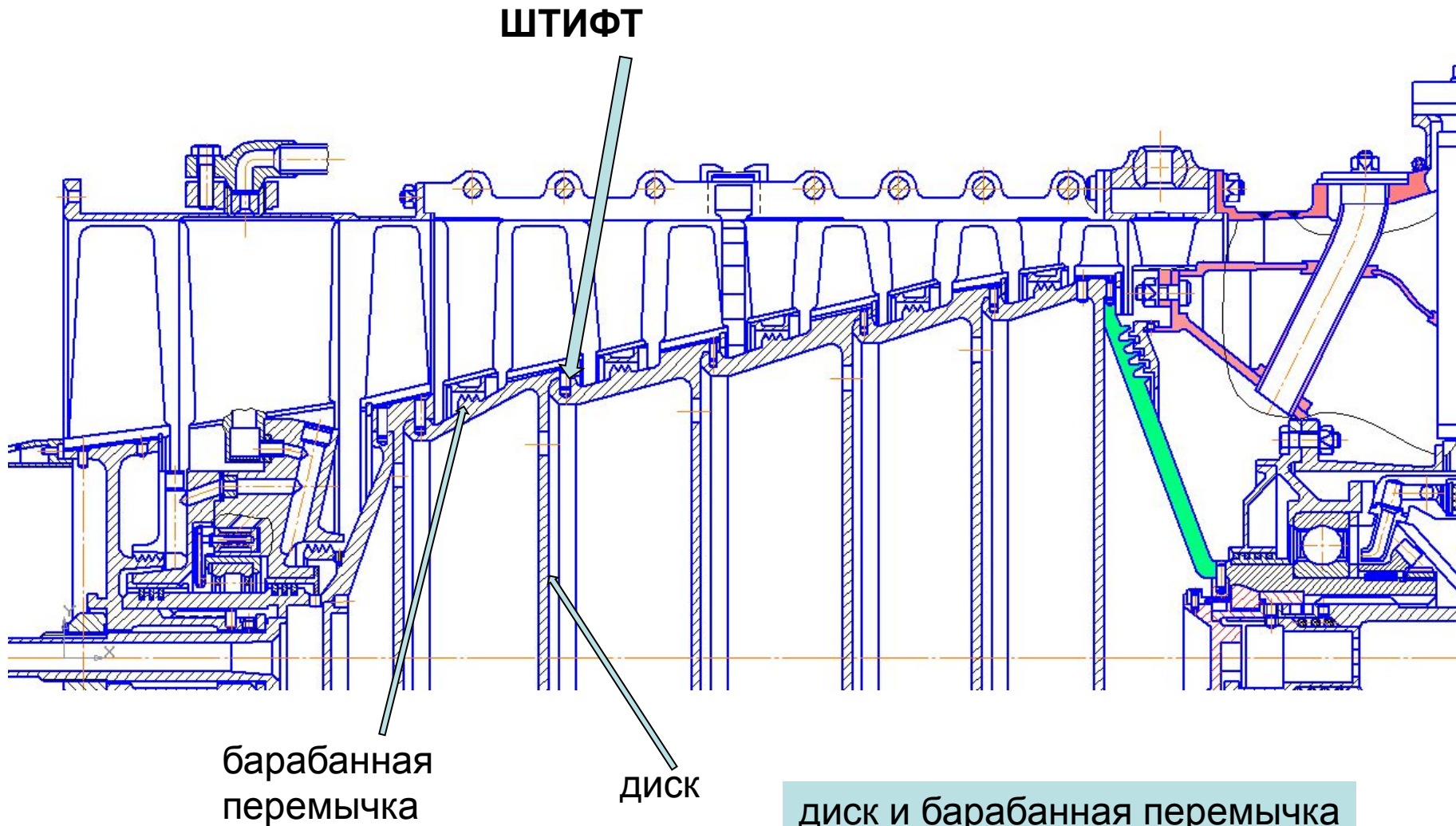
БАРАБАННАЯ
ПЕРЕМЫЧКА



ШТИФТ

ДИСК С БАРАБАННОЙ ПЕРЕМЫЧКОЙ

РОТОР КОМПРЕССОРА ТРД РУ-19А-300

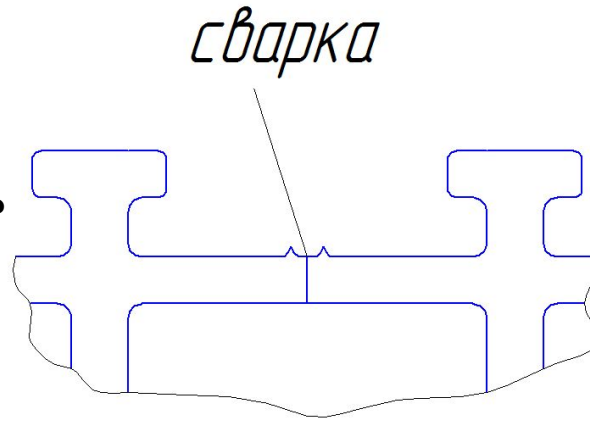


диск и барабанная перемычка
выполнены за одно целое

СВАРНЫЕ РОТОРА

ДОСТОИНСТВА

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



НЕДОСТАТКИ

СЛОЖНОСТЬ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ

СОЕДИНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТСЯ:

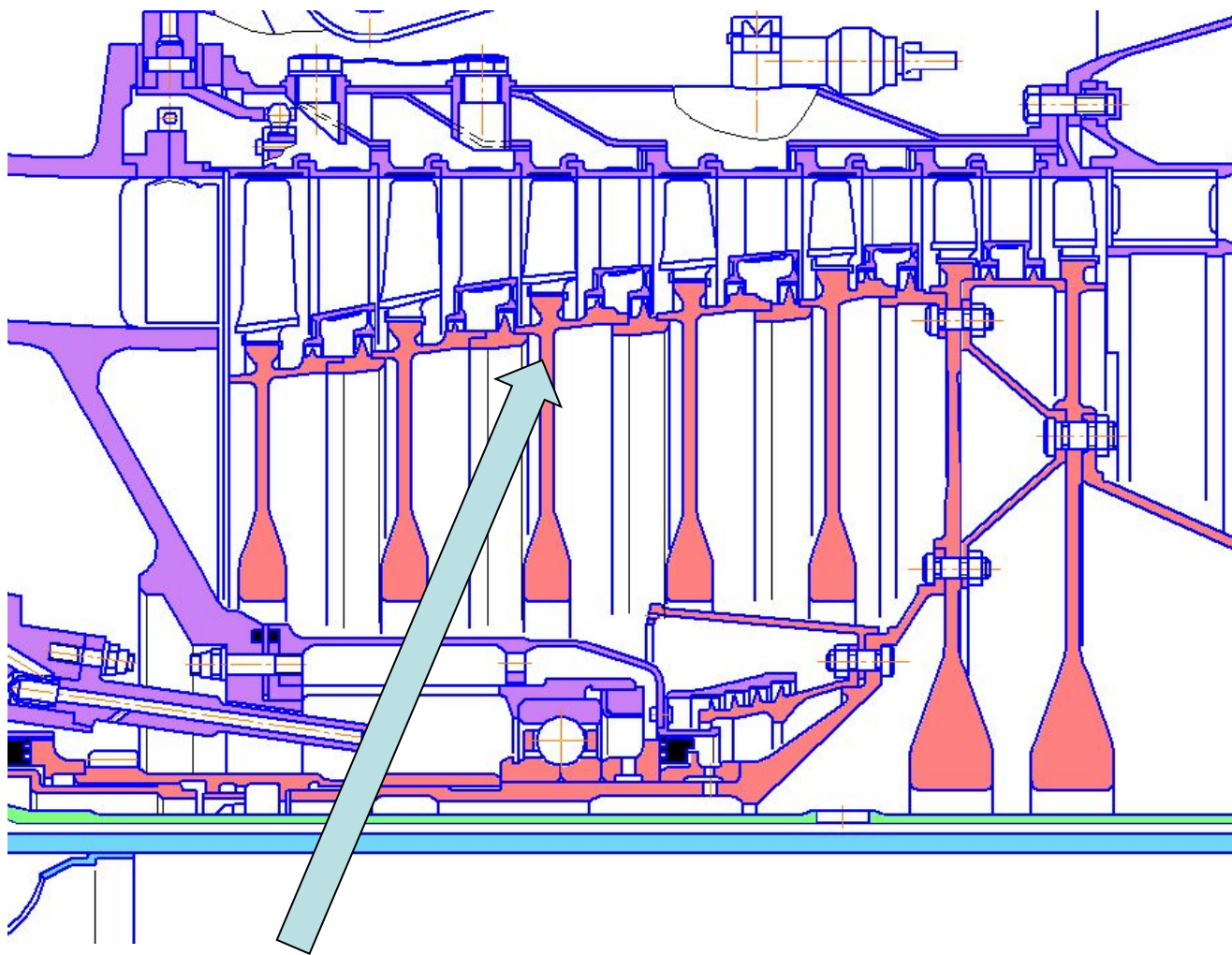
- аргонно-дуговой сваркой,
- электронно-лучевой,
- диффузионной,
- сваркой трением

ВАЖНО!!!

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

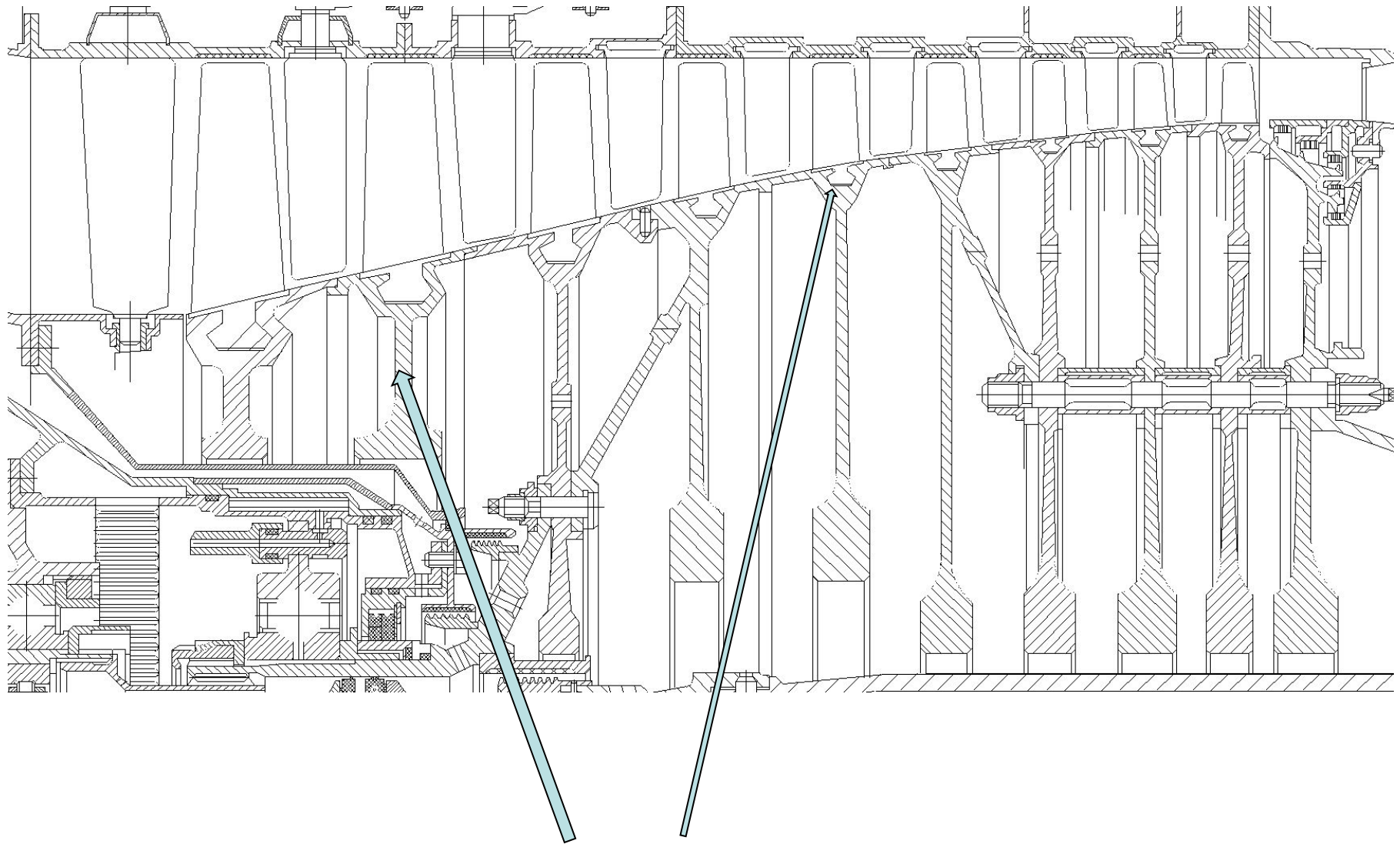
ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ СВАРНЫХ РОТОРОВ

РОТОР КАСКАДА ВД ТРДД Д-36



СВАРНАЯ СЕКЦИЯ

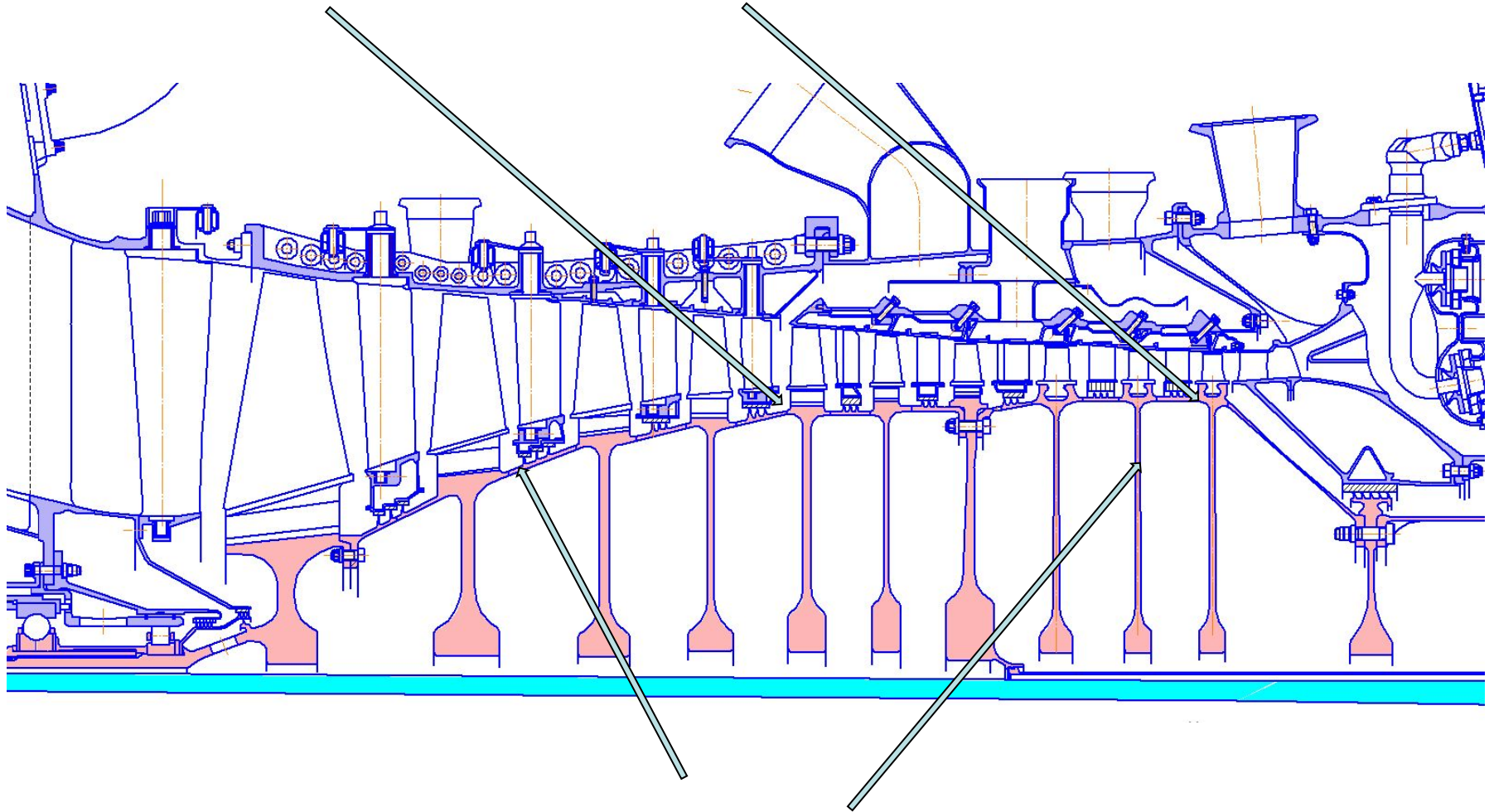
РОТОР КАСКАДА ВД ТРДДФ АЛ-31



СВАРНЫЕ СЕКЦИИ

РОТОР КАСКАДА ВД ТРДД GE-90

СВАРКА ТРЕНИЕМ



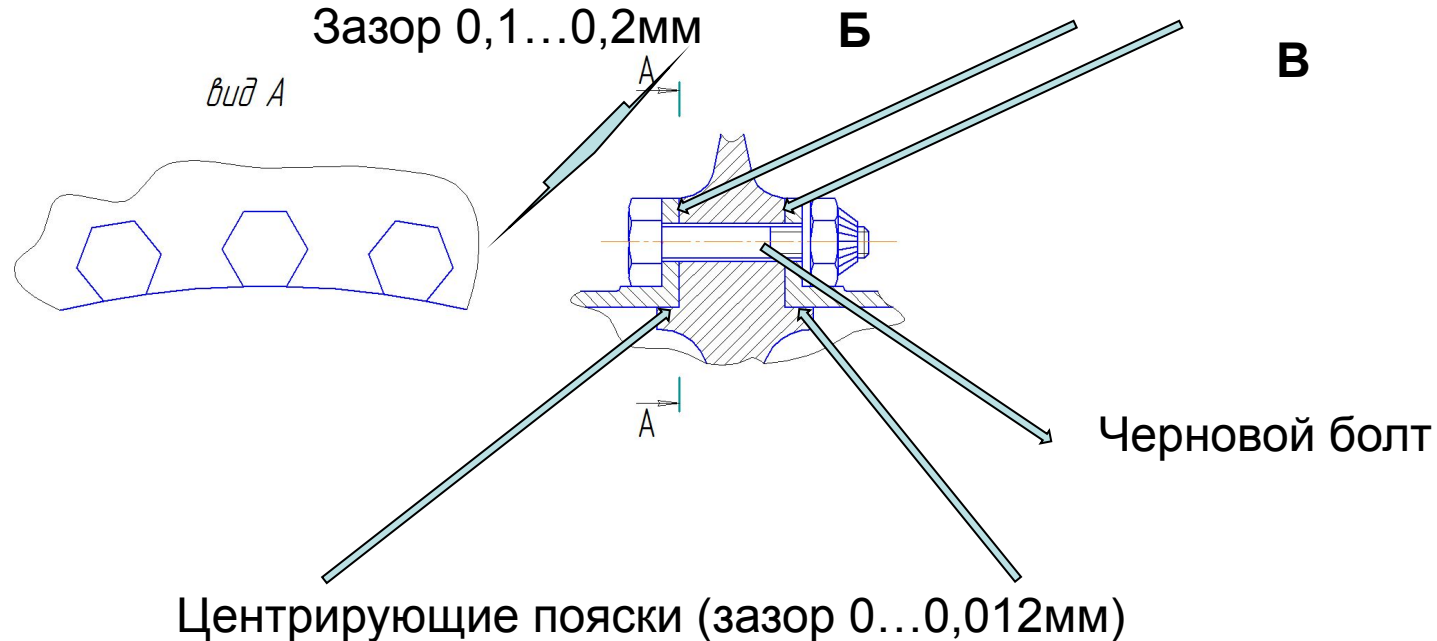
СВАРНЫЕ СЕКЦИИ

РАЗБОРНЫЕ РОТОРЫ

ФЛАНЦЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ

СОЕДИНЕНИЕ ЧЕРНОВЫМИ БОЛТАМИ

Зазор $0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$

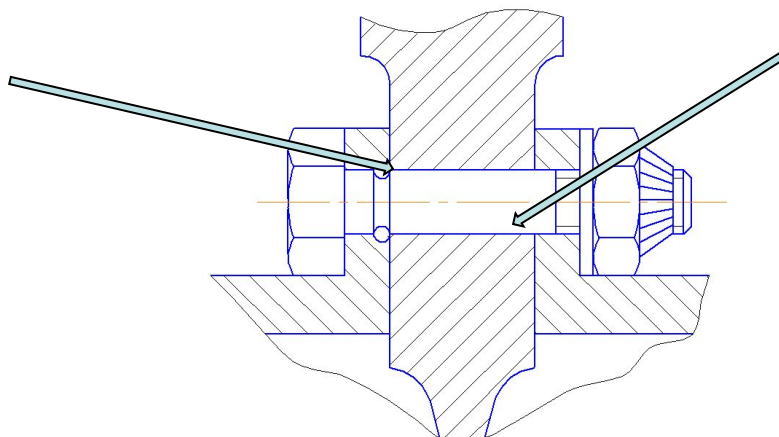


Крутящий момент передается силами трения по торцовым поверхностям Б и В

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

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

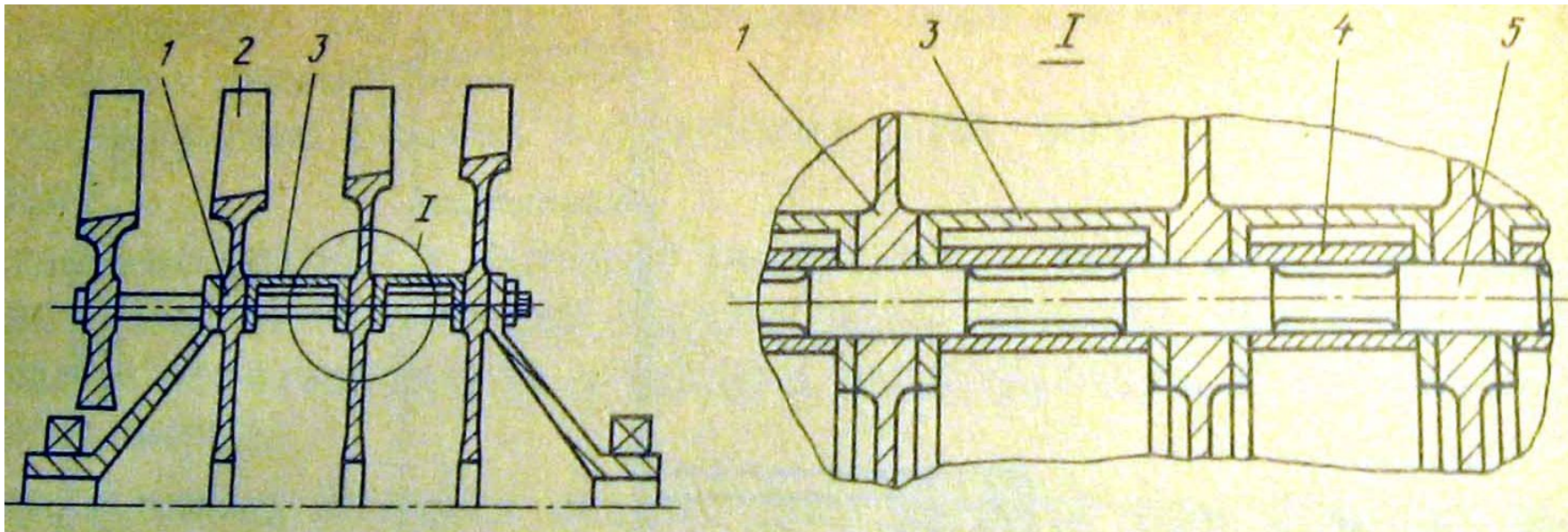
Фиксирующее
кольцо



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

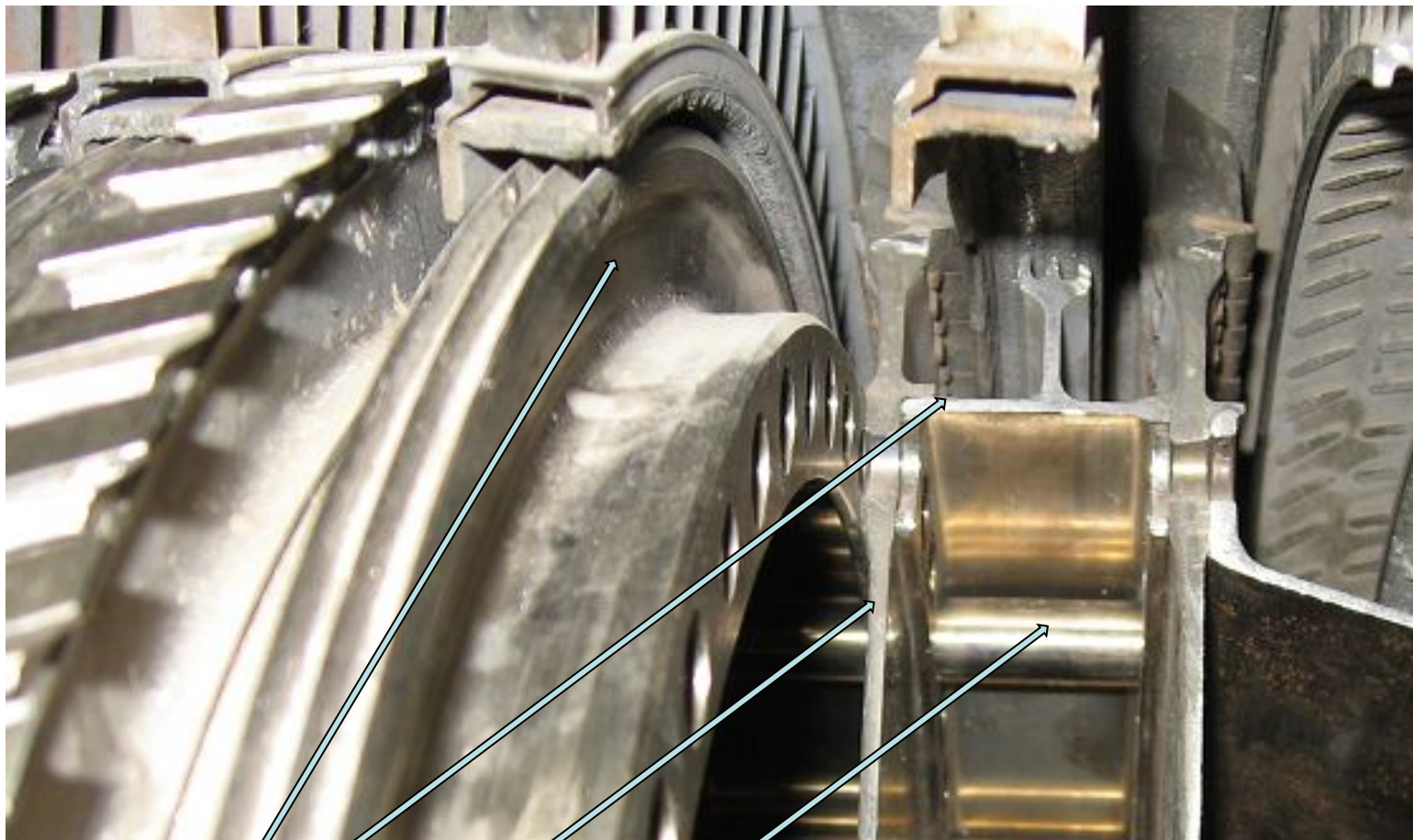
СОЕДИНЕНИЕ С ДЛИННЫМИ СТЯЖНЫМИ БОЛТАМИ И РАСПОРНЫМИ ВТУЛКАМИ



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



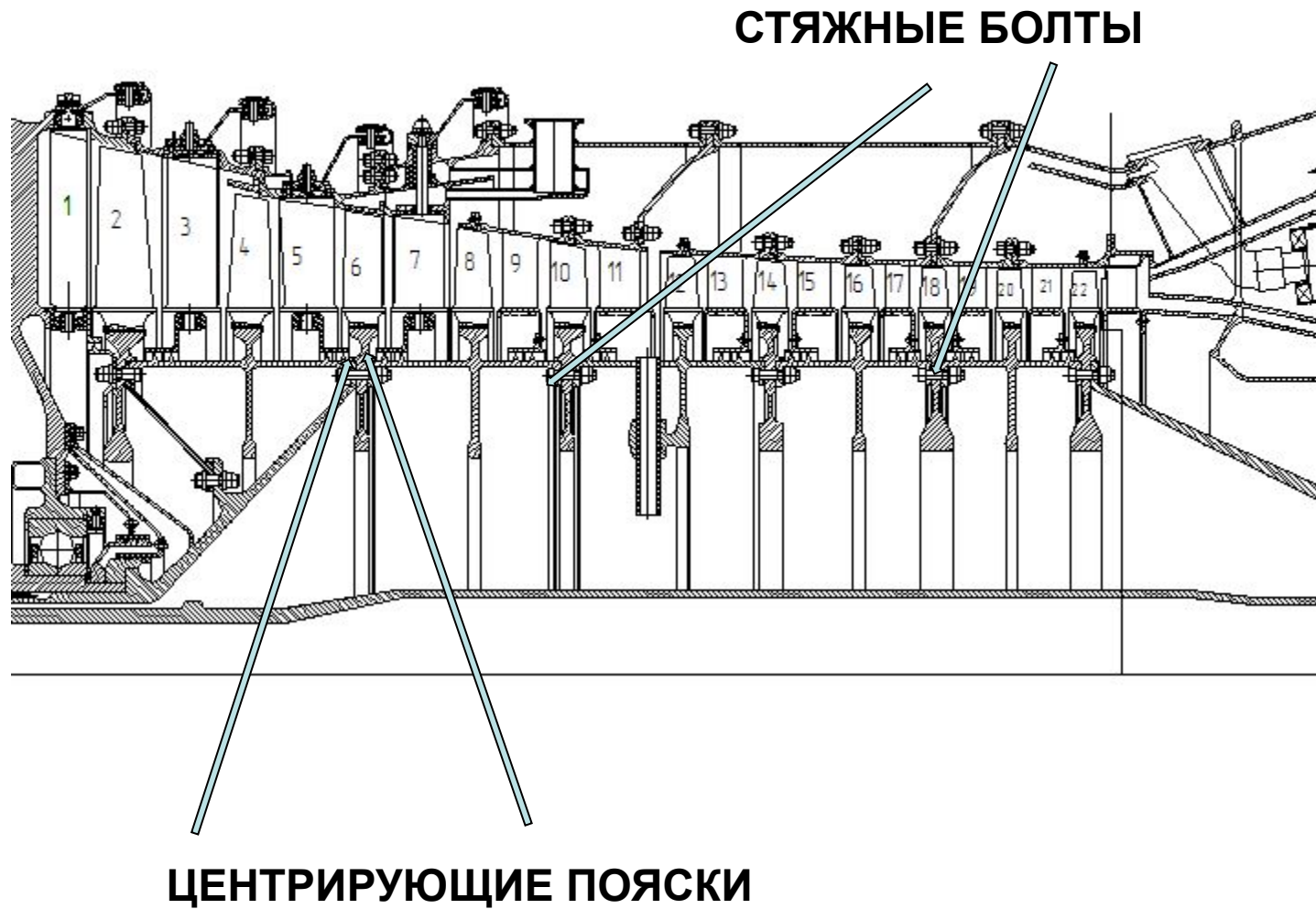
ТРАКТОВОЕ КОЛЬЦО

ДИСК

РАСПОРНАЯ ВТУЛКА

ПРИМЕРЫ ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ РОТОРОВ

РОТОР КВД ТРДД JT9D



КВД РW4084

САМОКОНТРЯЩАЯСЯ ГАЙКА

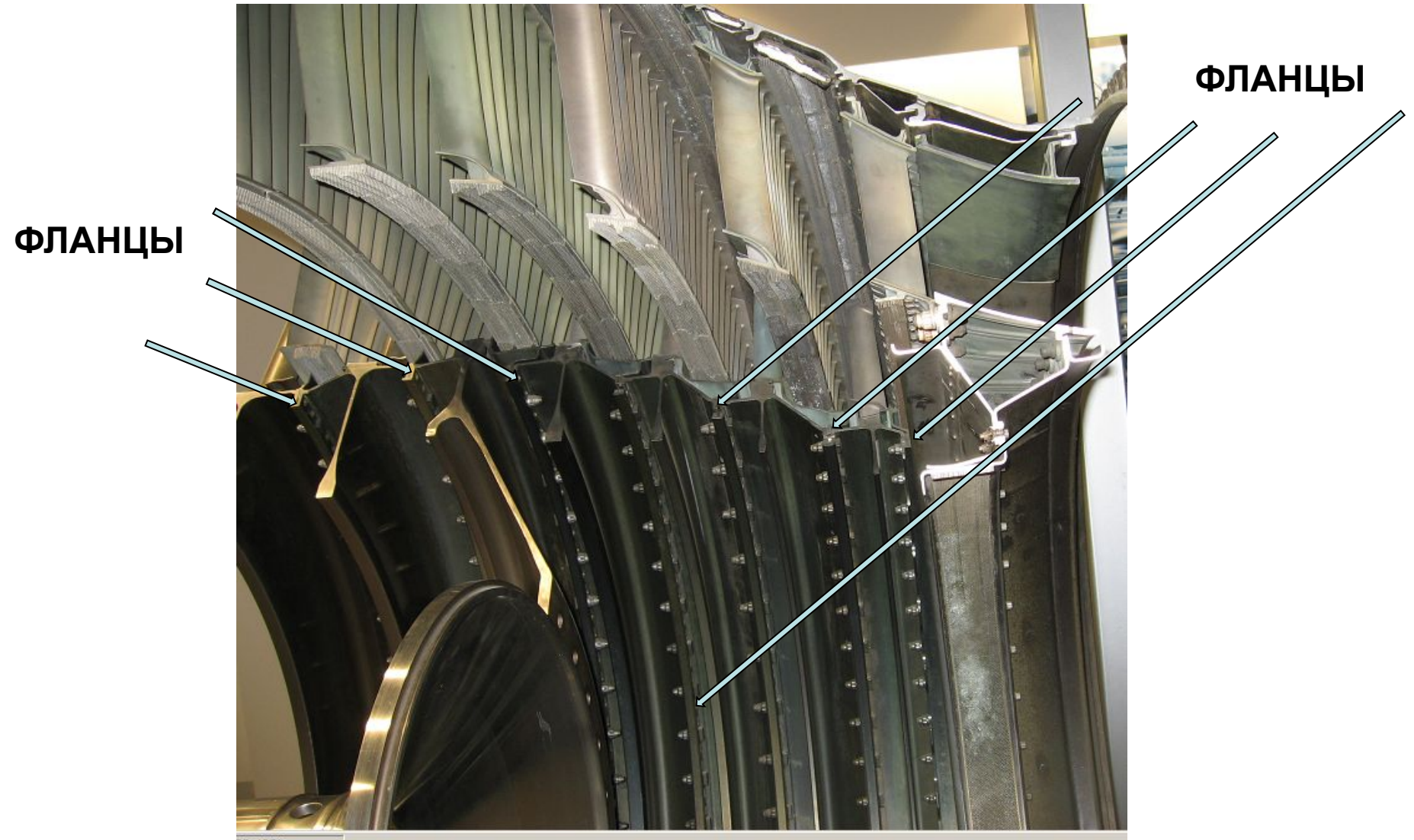
ФЛАНЦЫ



ЦЕНТРИРУЮЩИЙ ПОЯСОК

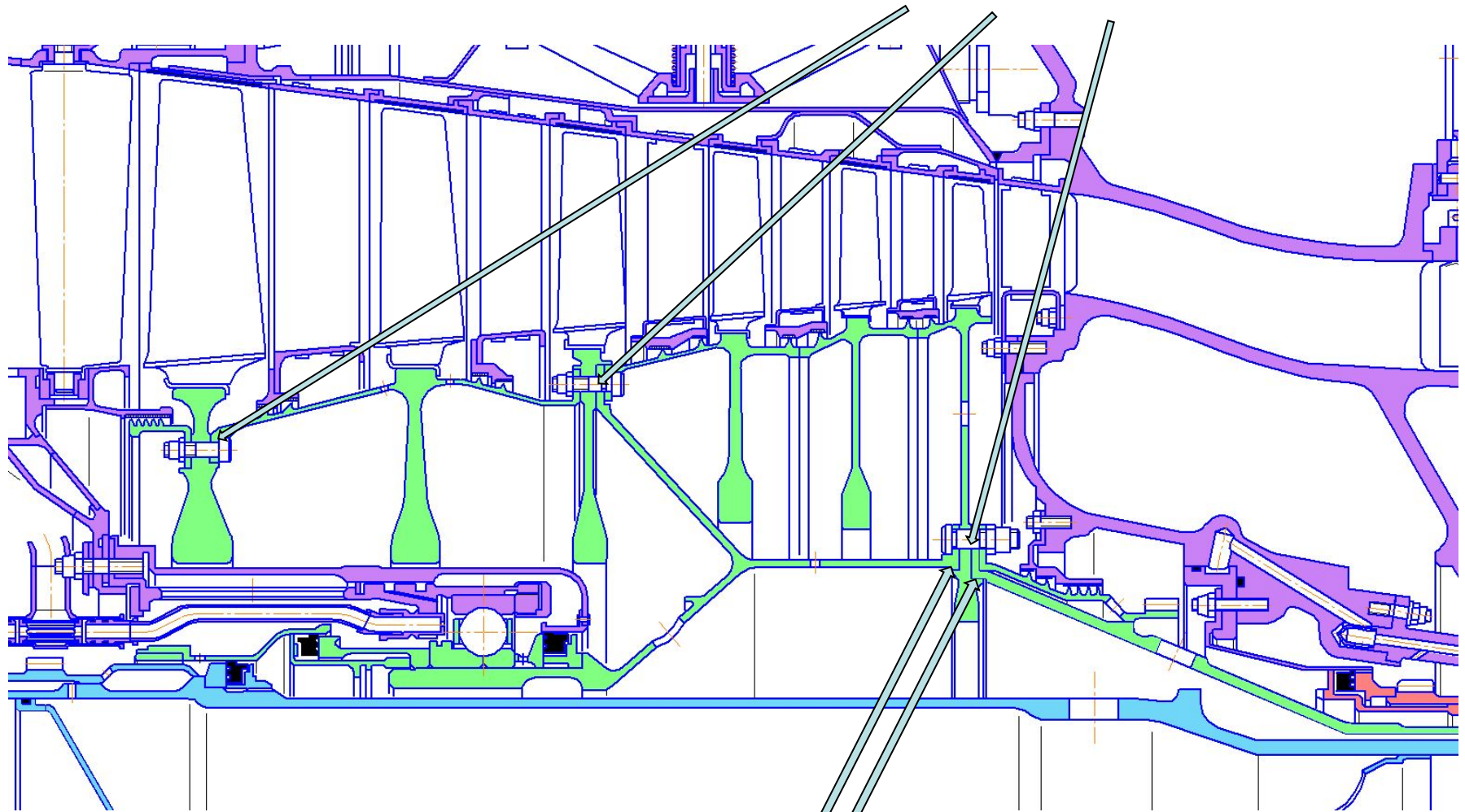
СТЯЖНОЙ БОЛТ

РОТОР КВД РW4084 С ФЛАНЦЕВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ



РОТОР КАСКАДА СД ДРДД Д-36

СТЯЖНЫЕ БОЛТЫ



ЦЕНТРИРУЮЩИЕ ПОЯСКИ

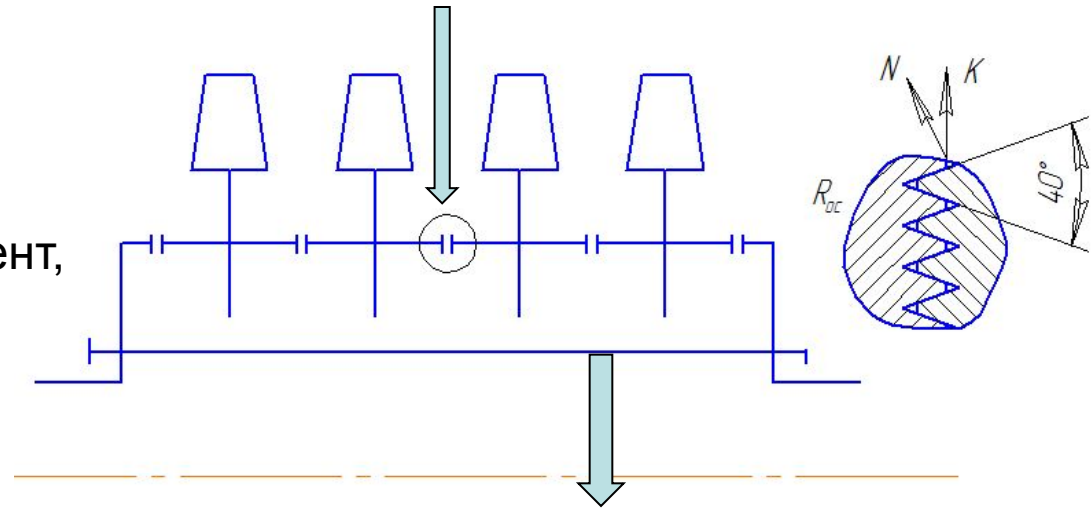
ШЛИЦЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТОРЦОВЫМИ ШЛИЦАМИ

Преимущества

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

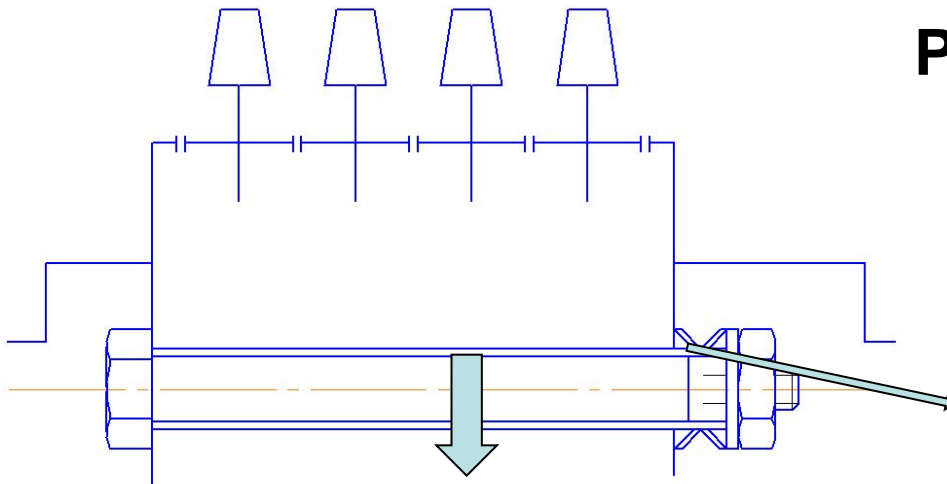
Недостатки

повышенное усилие затяжки
и технологическая сложность,
негерметичность вала



Стяжка несколькими болтами,
Расположенными по окружности

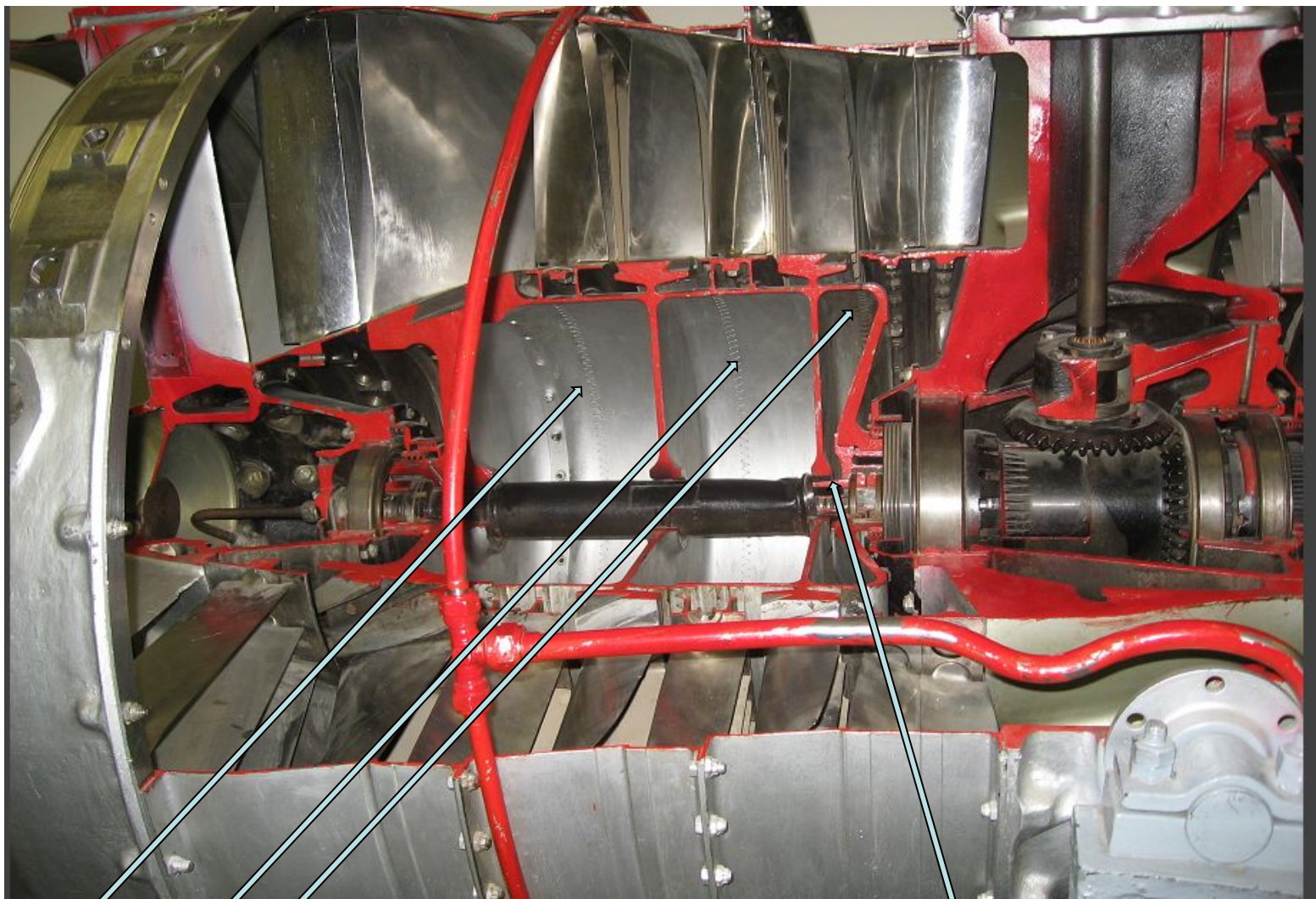
РАДИАЛЬНЫЕ ШЛИЦЫ



Стяжка одним центральным болтом

компенсатор

КНД ТРДД Д-20П

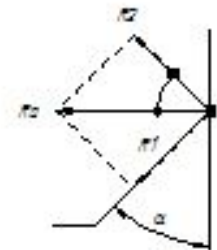
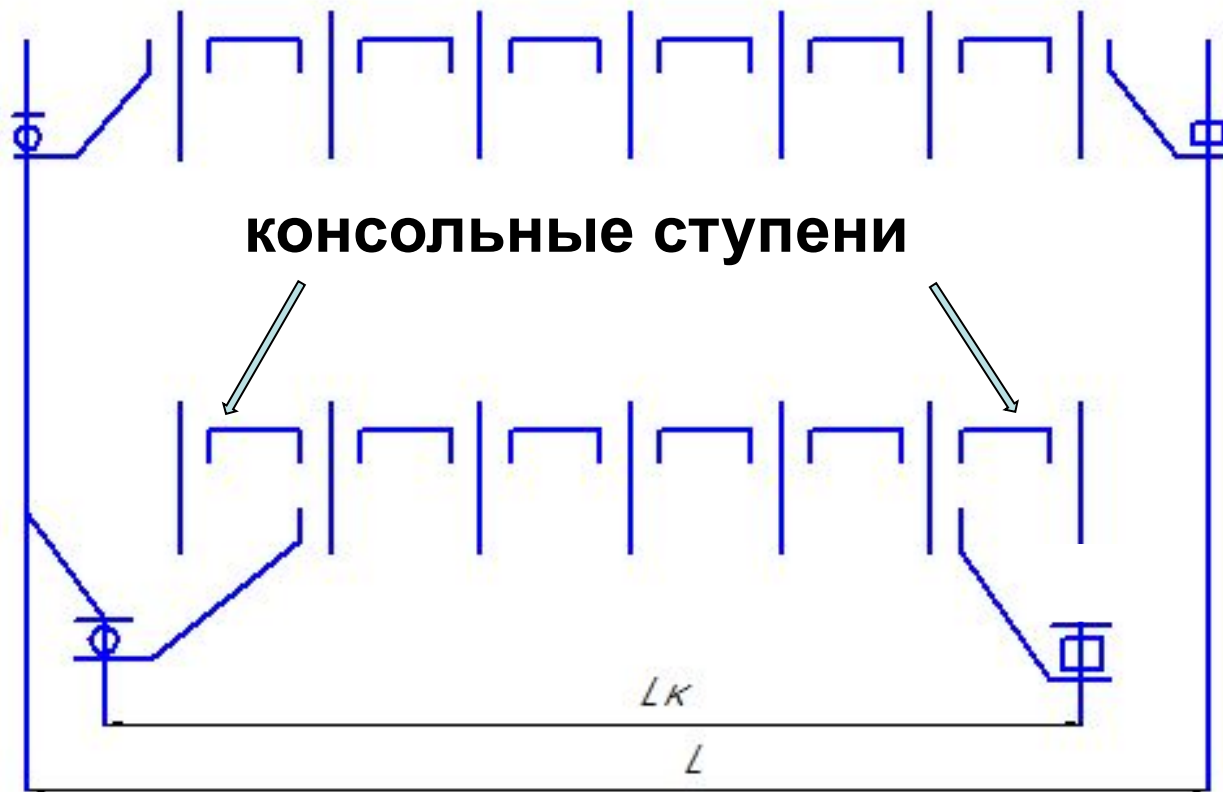


**ТОРЦОВЫЕ
ШЛИЦЫ**

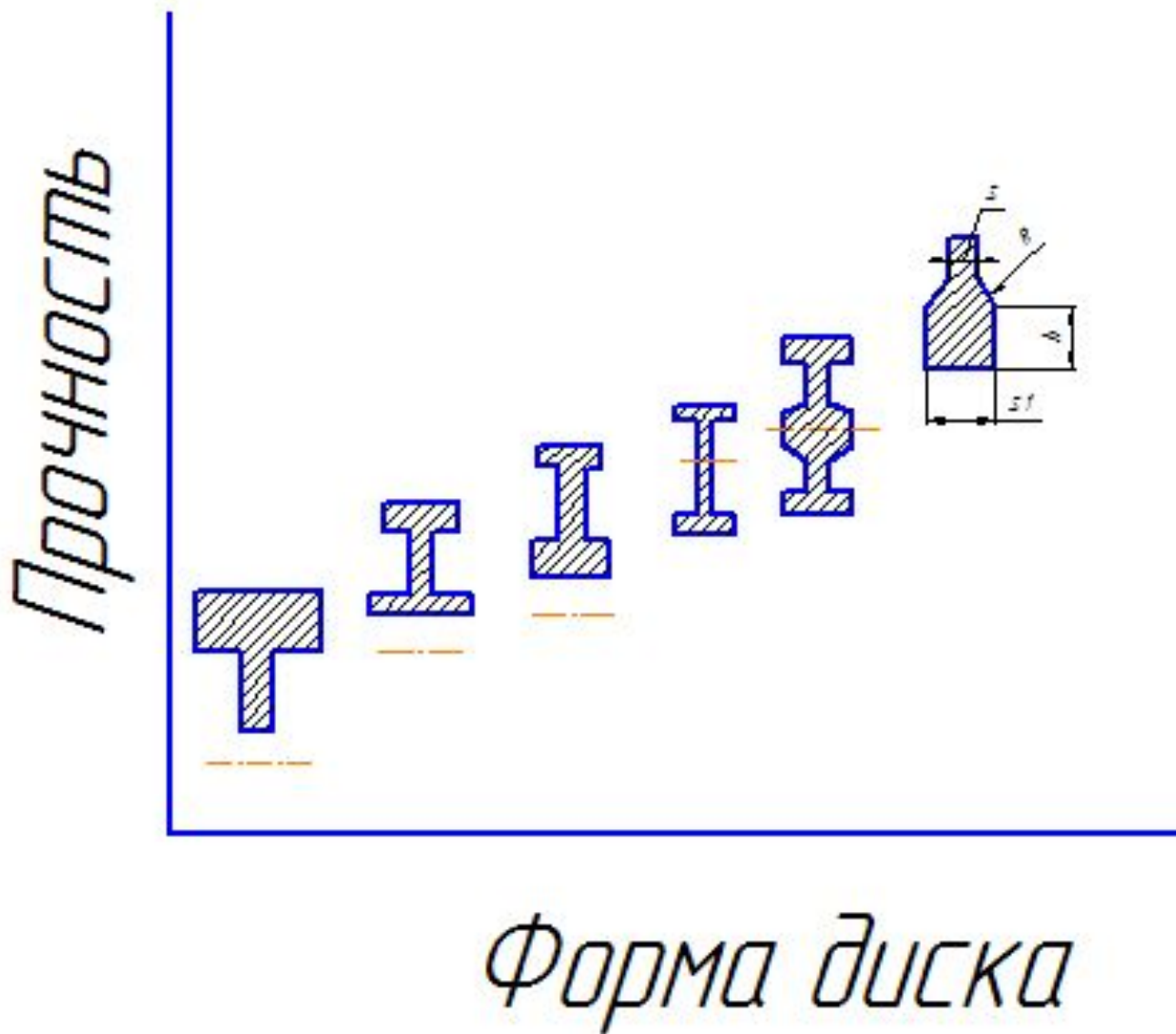
**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
СТЯЖНОЙ
БОЛТ**

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

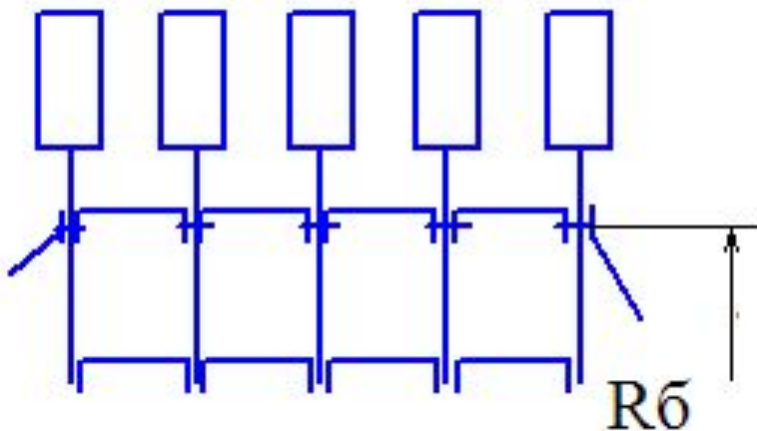
Радиус определяется из условия совместности деформаций перемычек и диска.

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

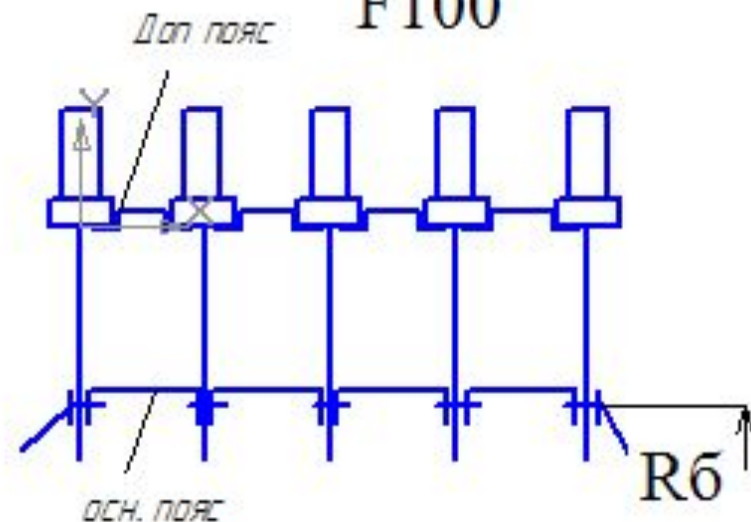
и дополнительные нагрузки будут действовать на диск.

Оптимум будет иметь место при $U_b = U_d$.

J79



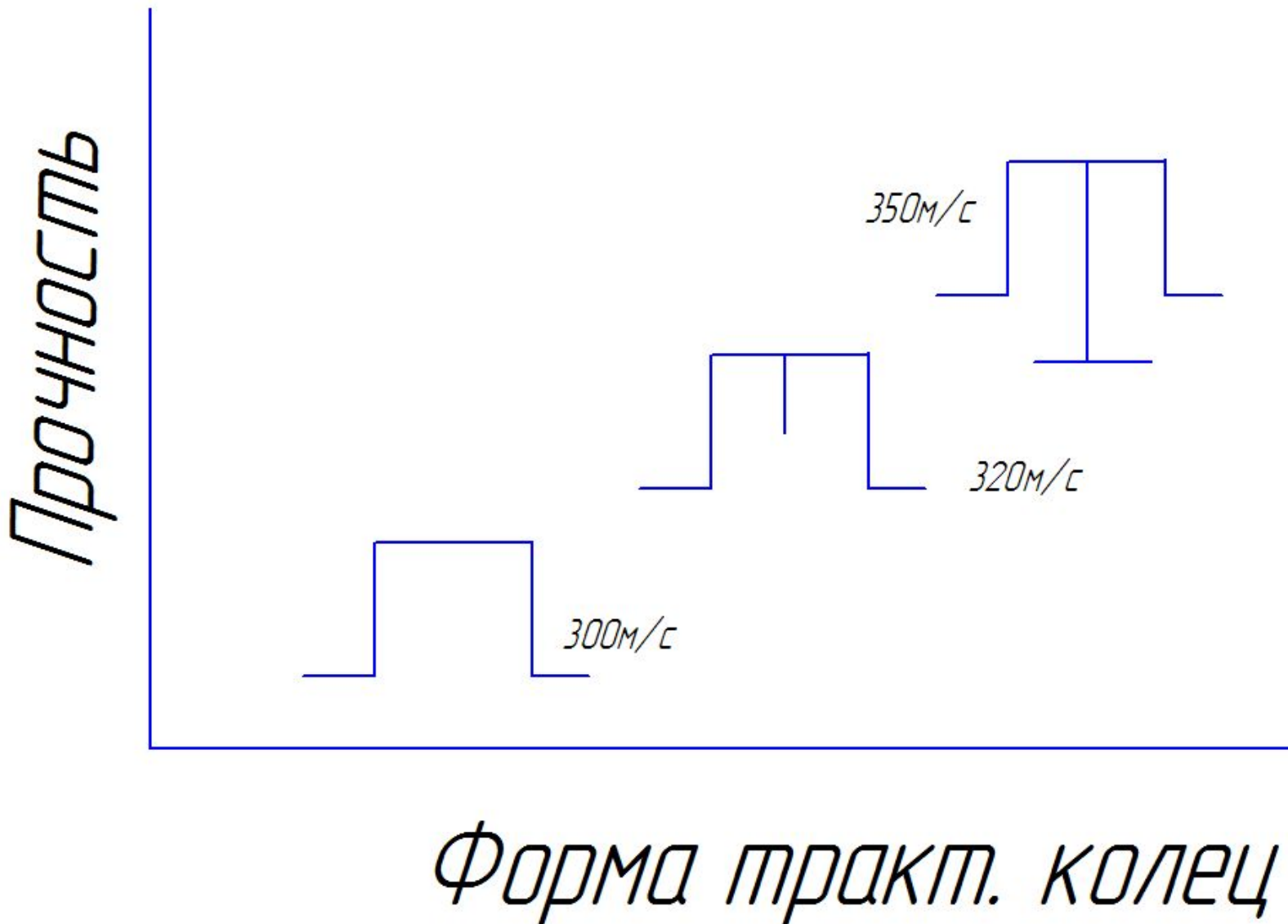
F100



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

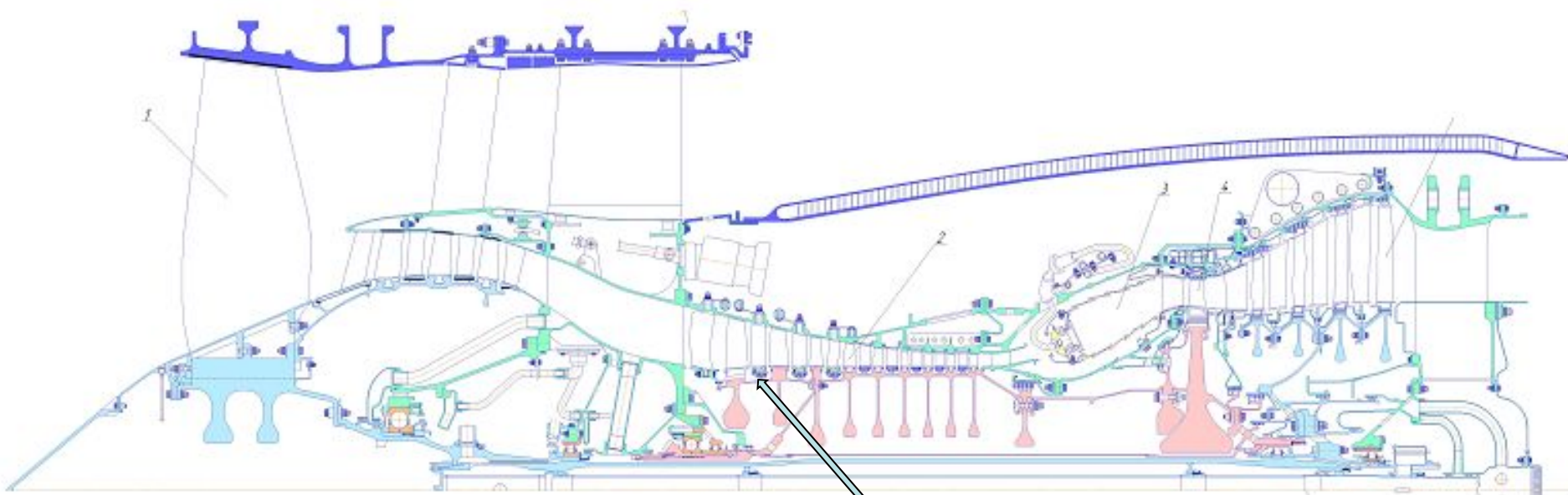
Удовлетворение этих противоречивых требований может быть произведено введением дополнительной связи дисков по ступицам.

ВЫБОР ФОРМЫ ТРАКТОВЫХ ПРОСТАВОК



ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ РОТОРОВ

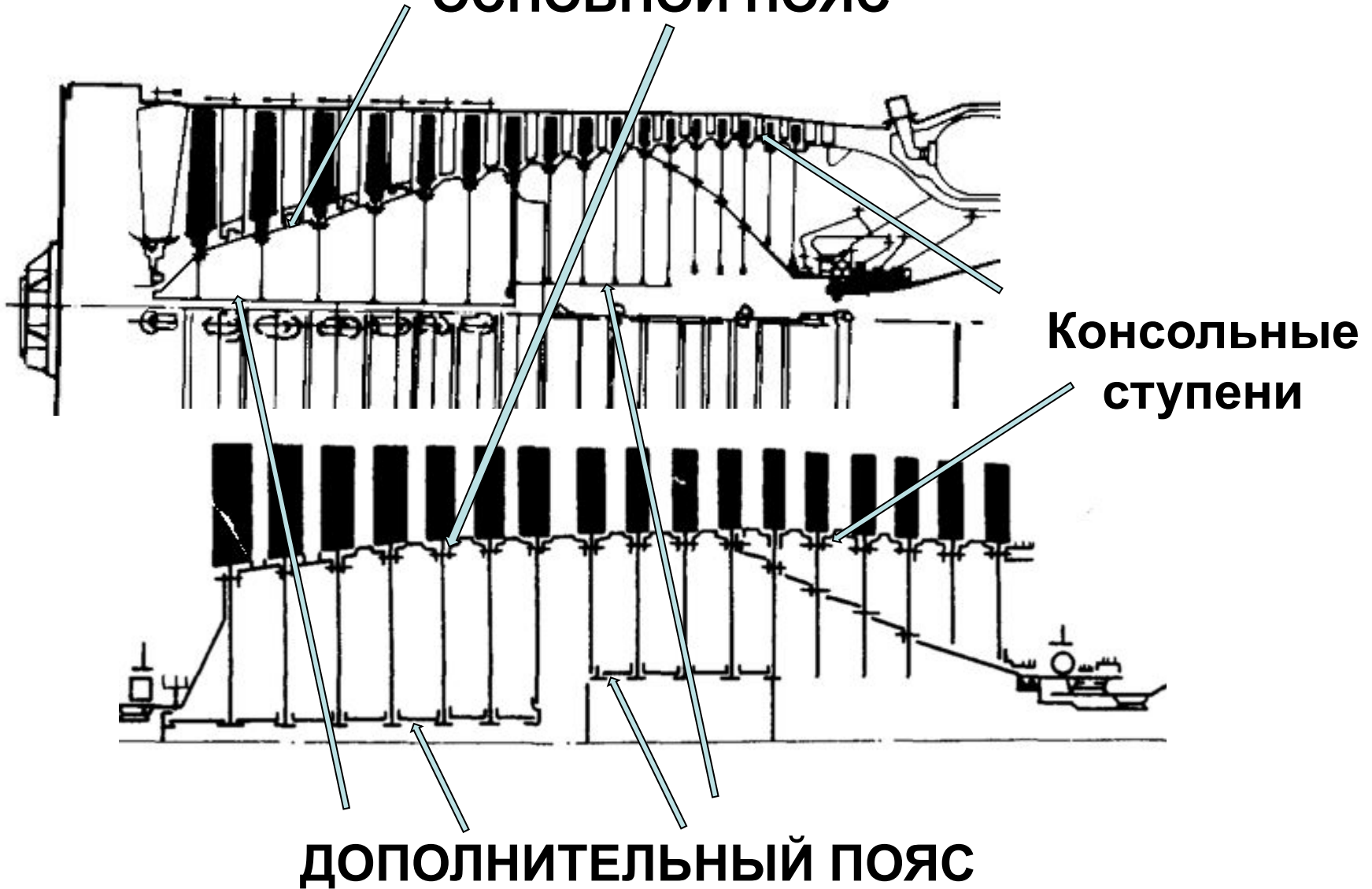
CFM-56



КОНСОЛЬНЫЕ СТУПЕНИ РОТОРА КВД

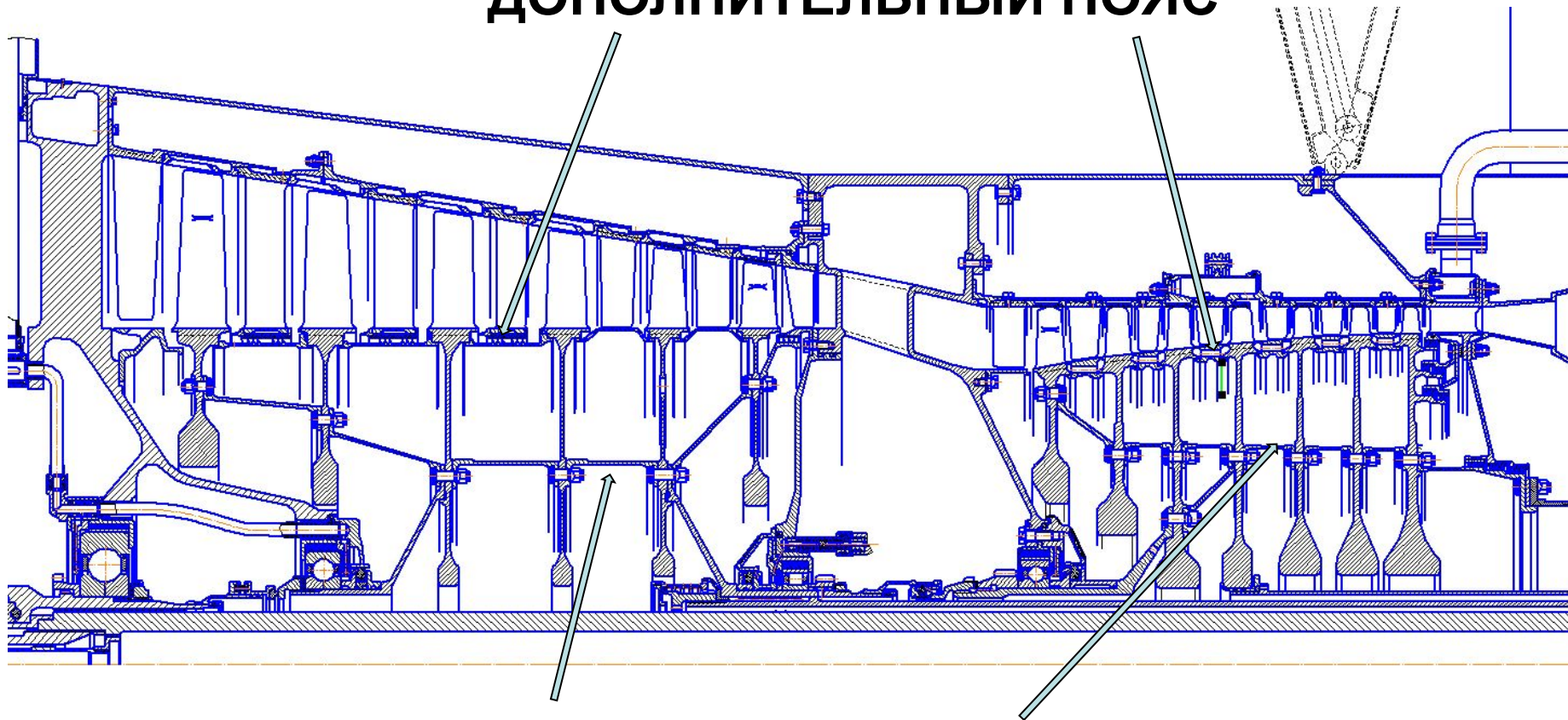
ТРДДФ J-79

ОСНОВНОЙ ПОЯС



ТРДД НК-56

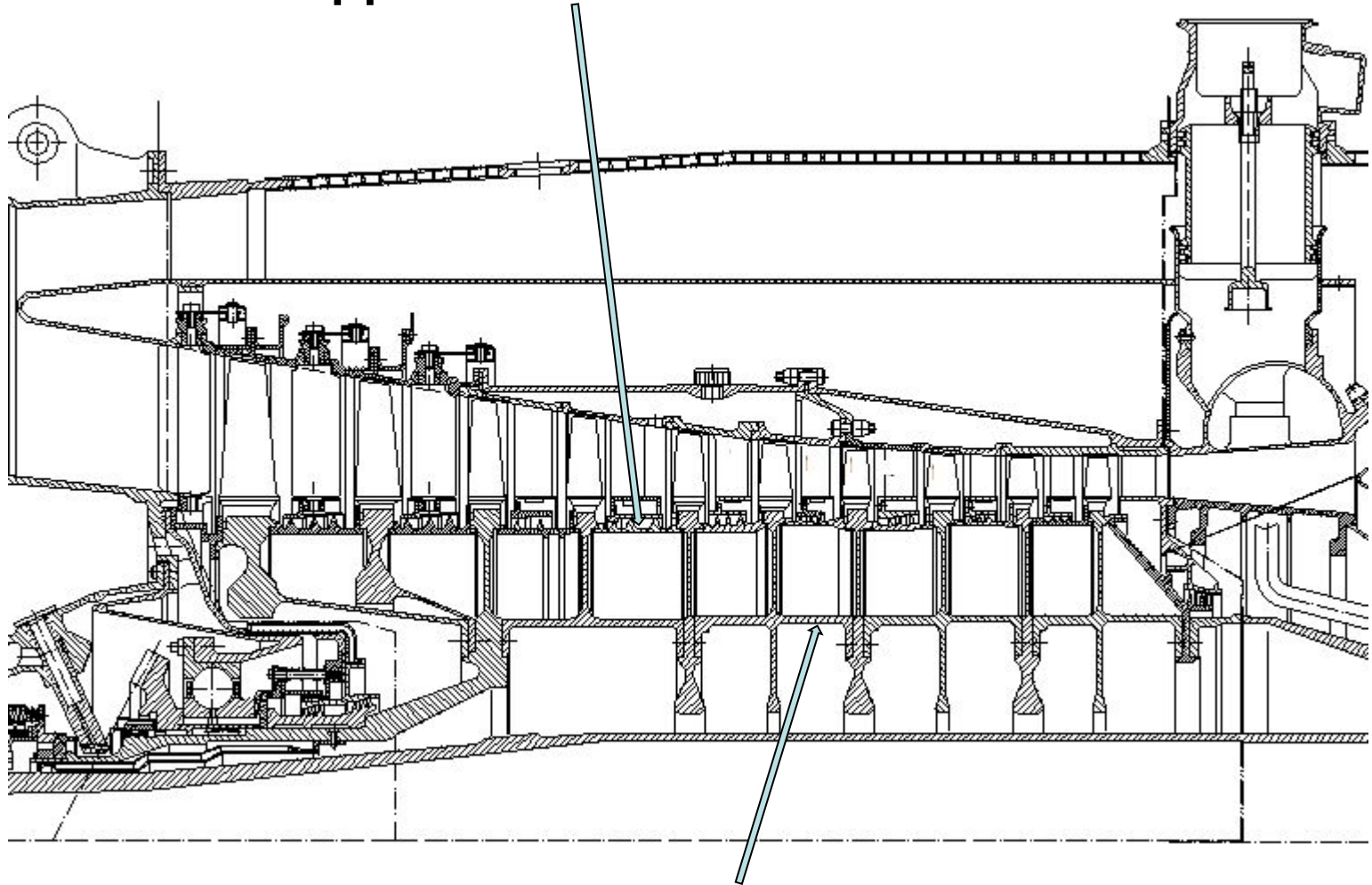
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПОЯС



ОСНОВНОЙ ПОЯС

F100

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПОЯС



ОСНОВНОЙ ПОЯС