

Турбины ТЭС

СЛЮСАРСКИЙ К.В.

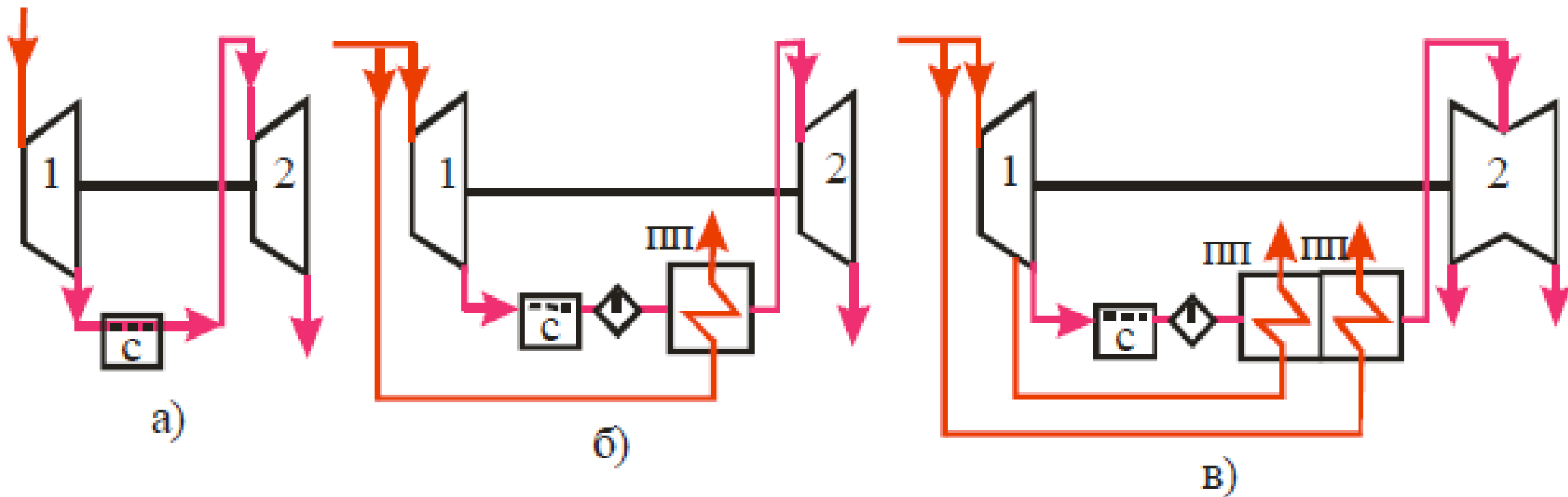
Рекомендованная литература

1. Беляев Л.А. ТУРБИНЫ ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ // 2009. – Т.: Изд-во ТПУ. – 142 с.
2. Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебник / под ред. А. Г. Костюка, В. В. Фролова // 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Изд-во МЭИ, 2001. — 488 с.: ил. — Библиогр.: с. 482-484. — Предм. указ.: с. 484-488. — ISBN 5-7046-0844-2.
3. Тепловые и атомные электростанции: Справочник / Под общ.ред.чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. 3-е изд., перераб. И доп. М.: Издательство МЭИ, 2003. 648 с.: ил.

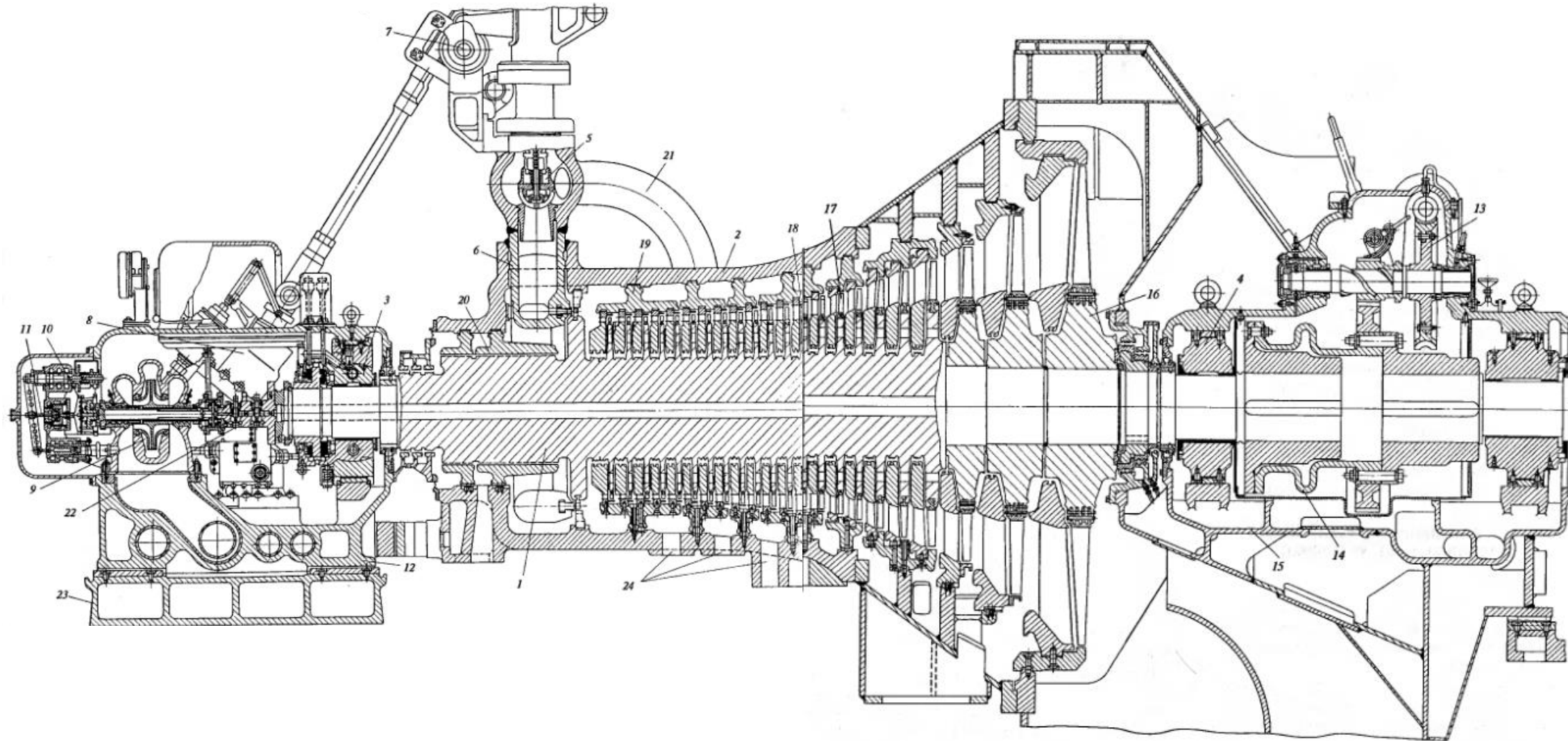
Основные показатели эффективности турбоустановки ТЭС

Наименование КПД	Относительный КПД	Абсолютный КПД	Мощность
Идеальной турбины	1	$\eta_t = \frac{H_0}{q_{ТУ}} = \frac{h_0 - h_{кт}}{h_0 - h_{нв}}$	$N_0 = GH_0$
Внутренний	$\eta_{oi} = \frac{H_i}{H_0} = \frac{N_i}{N_0}$	$\eta_i = \frac{N_i}{Q_{ТУ}} = \eta_t \eta_{oi}$	$N_i = GH_i = N_0 \eta_{oi}$
Эффективный	$\eta_{oe} = \frac{N_e}{N_0} = \eta_{oi} \eta_m$	$\eta_e = \frac{N_e}{Q_{ТУ}} = \eta_t \eta_{oe}$	$N_e = GH_i \eta_m = N_0 \eta_{oe}$
Электрический	$\eta_{оз} = \frac{N_э}{N_0} = \eta_{oi} \eta_m \eta_{эз}$	$\eta_э = \frac{N_э}{Q_{ТУ}} = \eta_t \eta_{оз}$	$N_э = GH_0 \eta_{oi} \eta_m \eta_{эз} = N_0 \eta_{оз}$

Принципиальные схемы АЭС с промежуточным перегревом пара



Конструкция турбины К-50



Основные уравнения движения пара в ступени турбины

Уравнение адиабатного процесса:

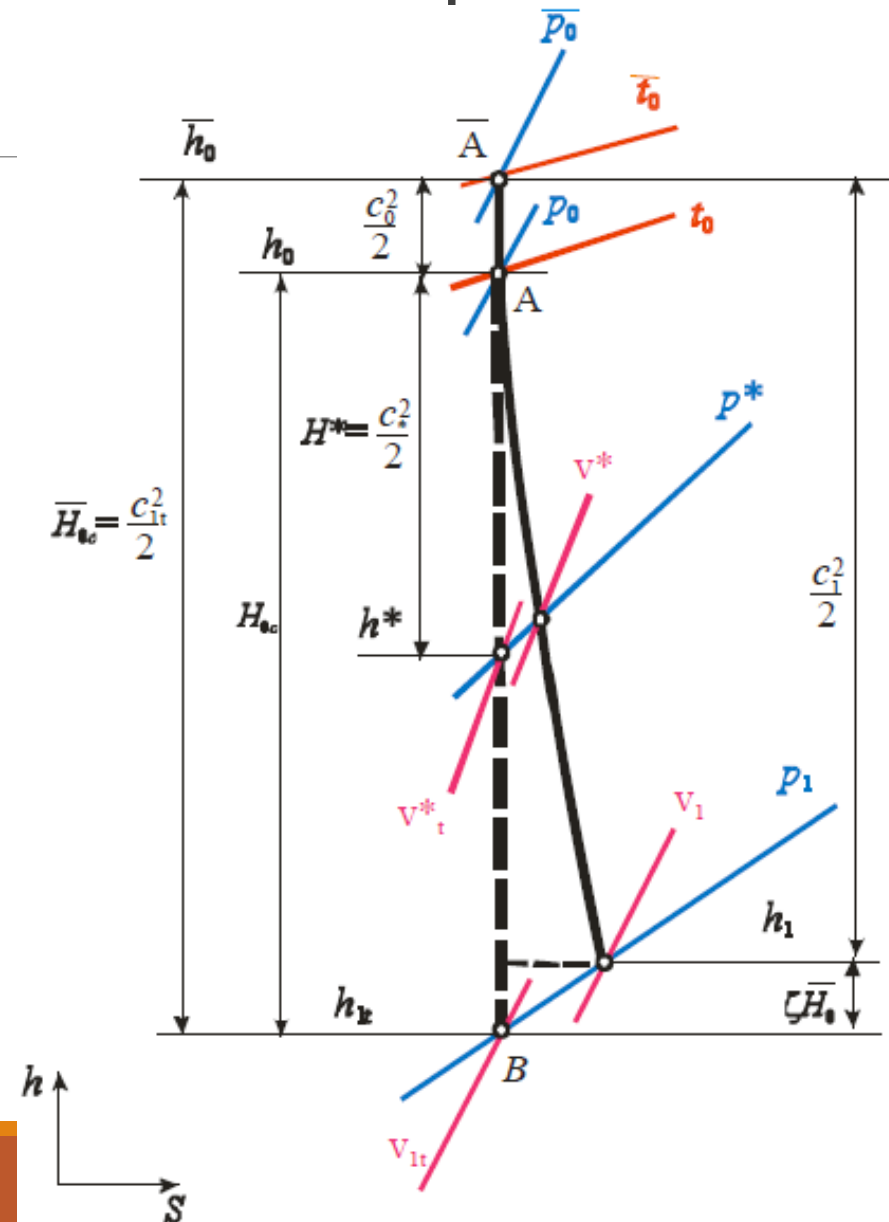
$$h = \frac{k}{k-1} p v + const \quad p v_t^k = const$$

Уравнение неразрывности:

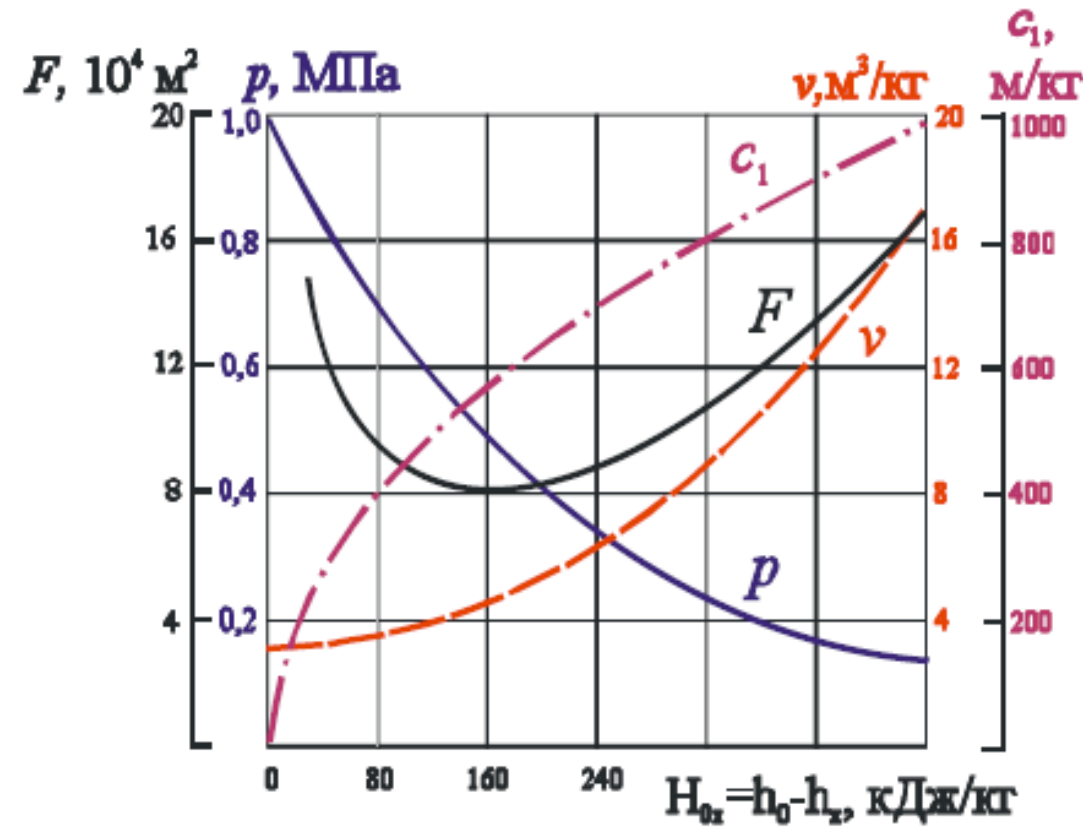
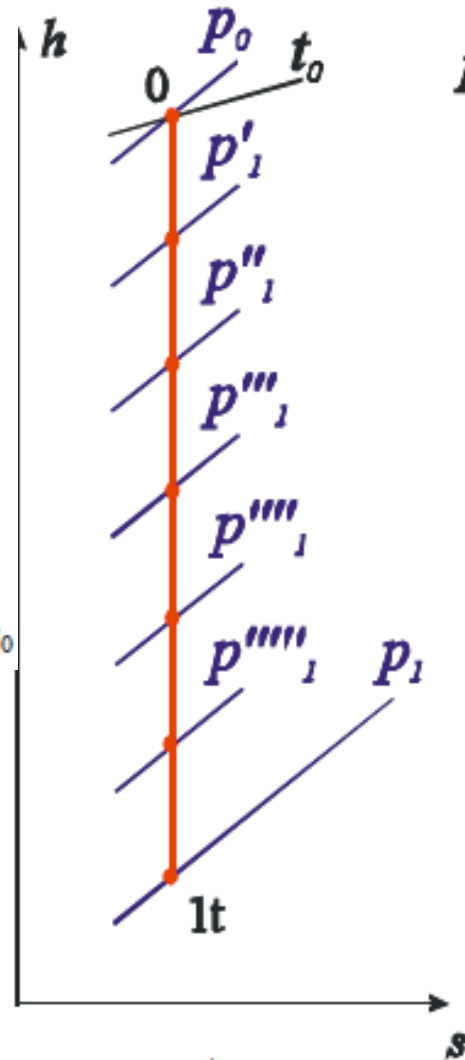
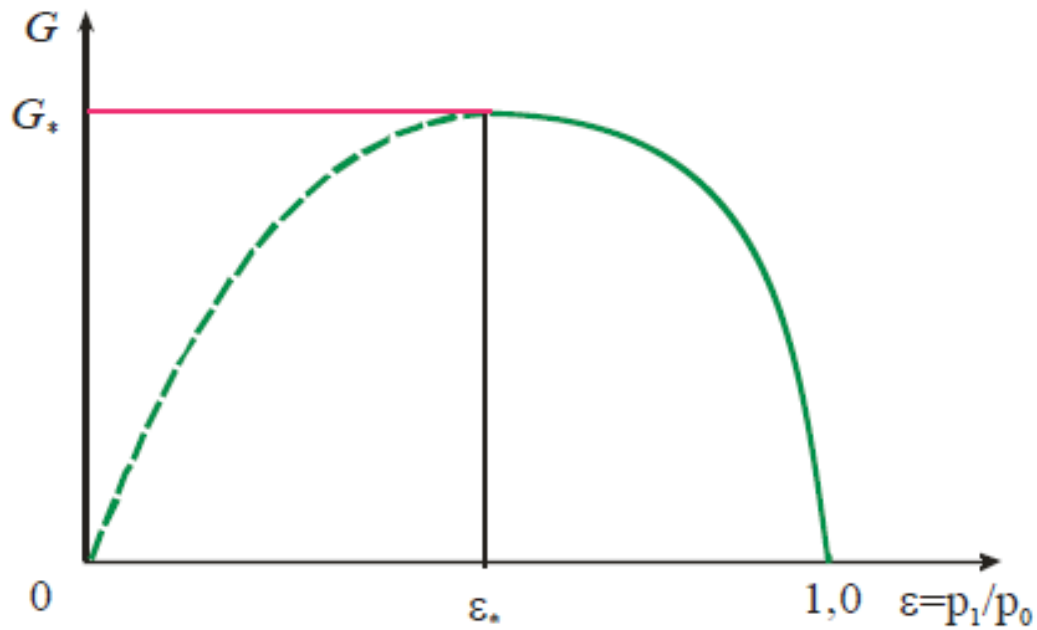
$$\frac{dF}{F} = \frac{dv}{v} - \frac{dc}{c} \quad G = F \frac{w}{v} = const$$

Уравнение сохранения энергии потока:

$$h_1 + \frac{c_1^2}{2} = h_2 + \frac{c_2^2}{2} + L$$



Изменение характеристик потока в зависимости от параметров сопла



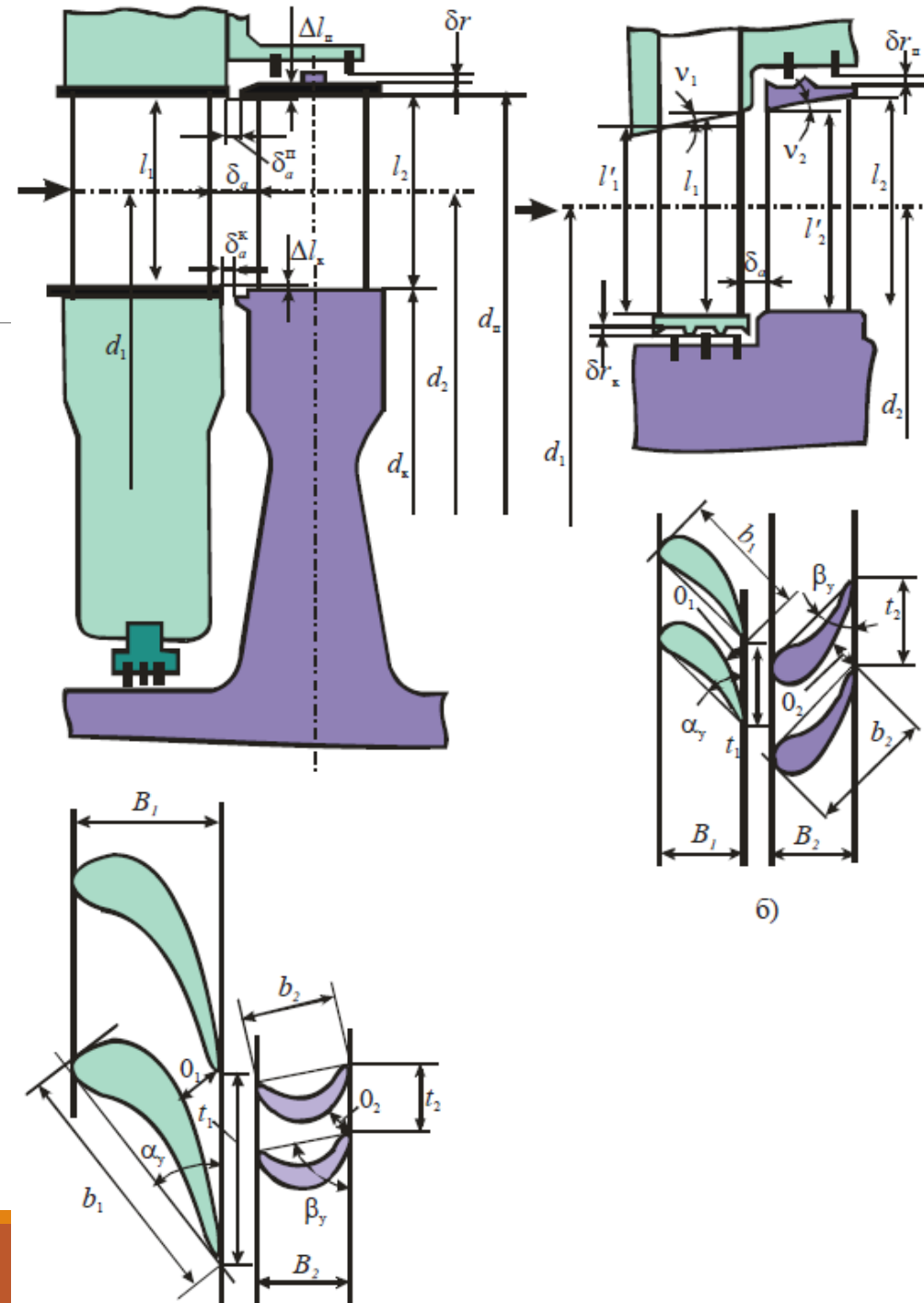
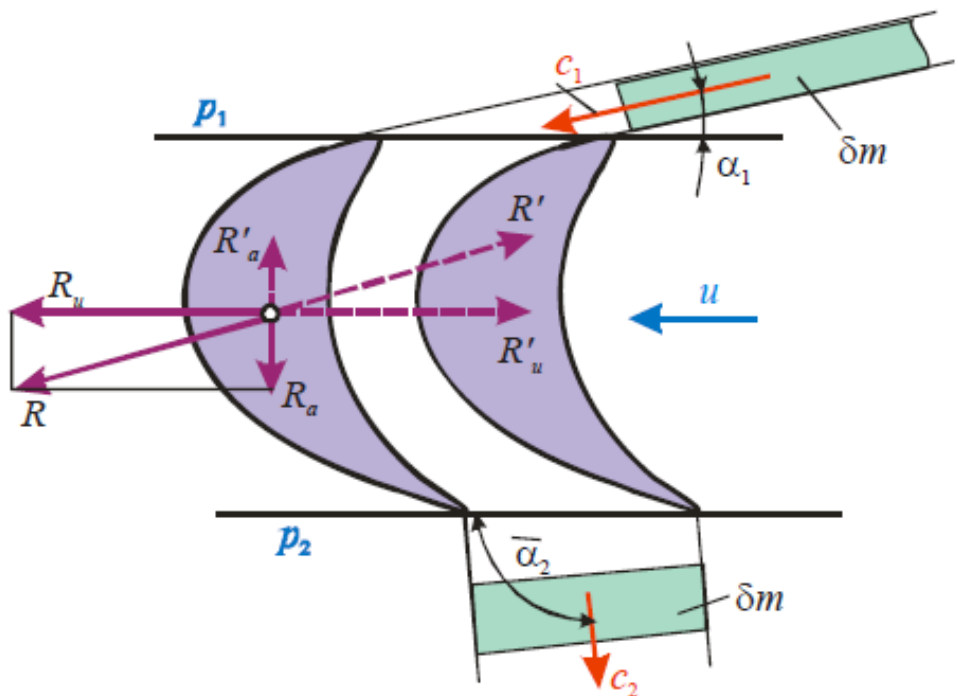
б)

Турбинная ступень

В ступени турбины работа расширения пара преобразуется в кинетическую энергию потока, а последняя - в механическую энергию.

Отношение теплового перепада на рабочих лопатках к теплоперепаду всей ступени называется степенью реактивности:

$$\rho = \frac{H_{0p}}{H_{0c} + H_{0p}} = \frac{H_{0p}}{H_0}$$



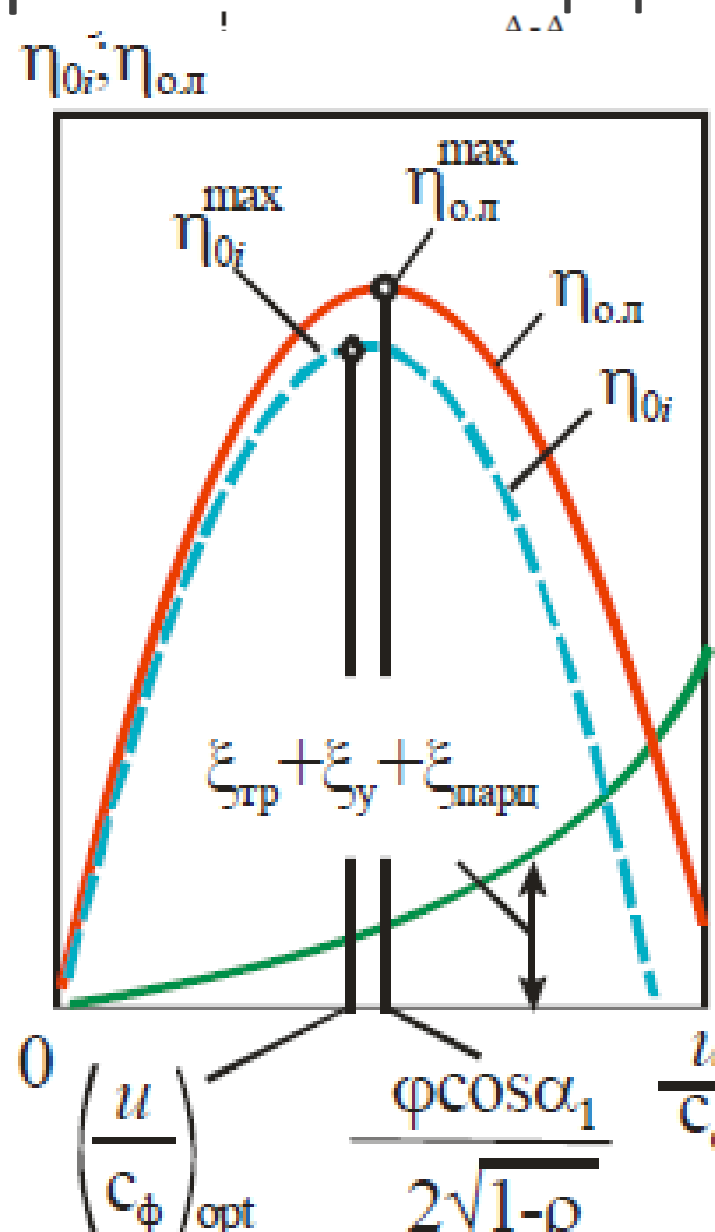
Относительный внутренний КПД турбинной ступени

Основные потери в ступени:

1. Потери на сопловых лопатках
2. Потери на рабочих лопатках
3. Потери с выходной скоростью

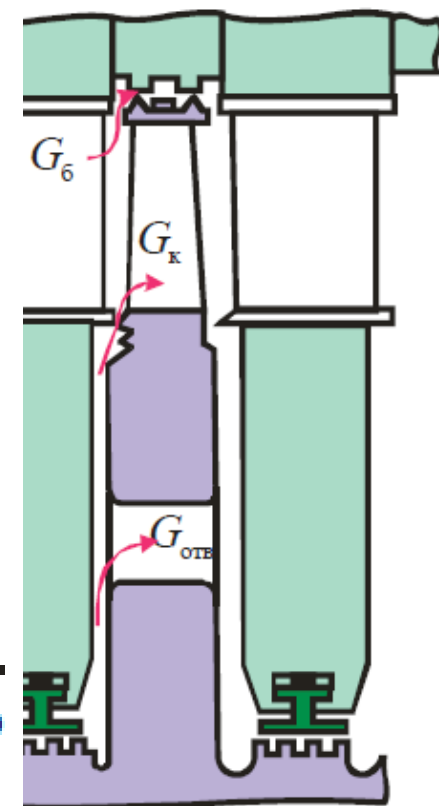
Дополнительные потери в ступени:

- потери от трения поверхности диска, барабана и лопаточного бандажа;
- потери от перетечек в ступени, когда часть пара проходит мимо одной из решеток ступени;
- потери от парциального подвода пара в ступени;
- потери от влажности, имеющие место в ступенях, процесс расширения в которых частично или полностью протекает в области влажного пара.



афрагма

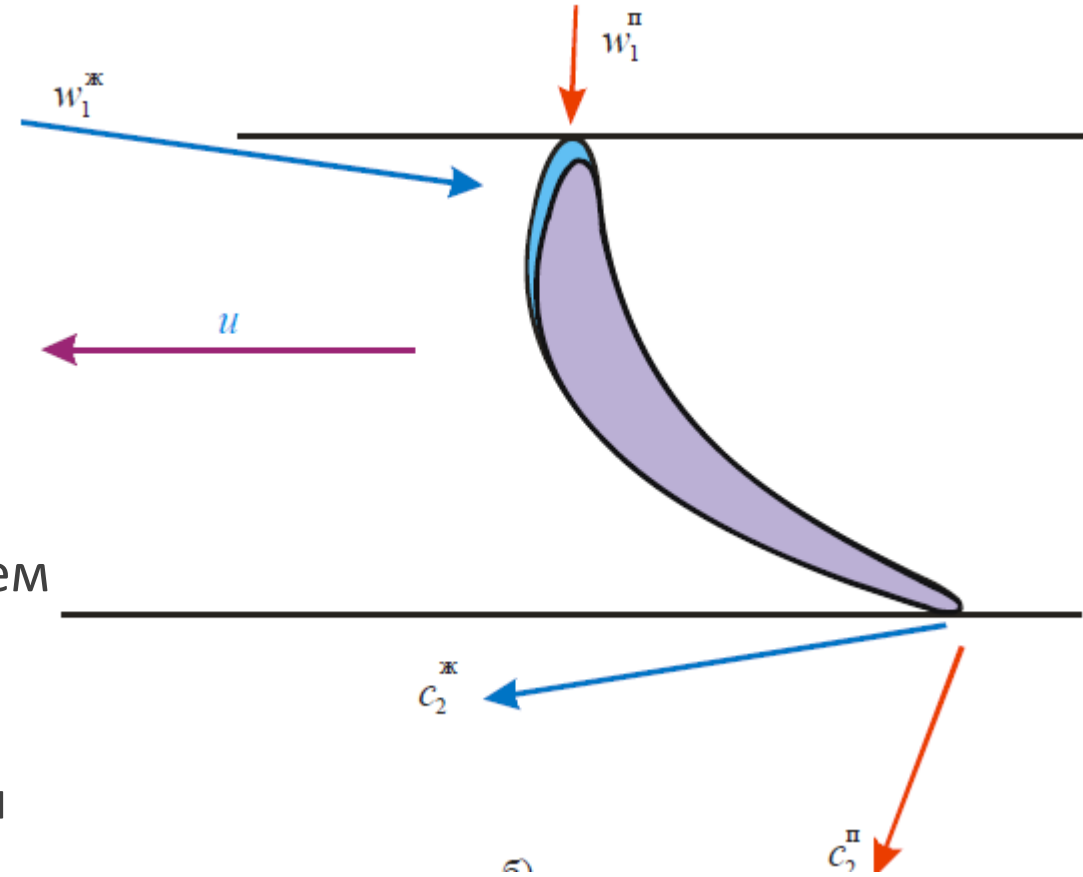
ІСК



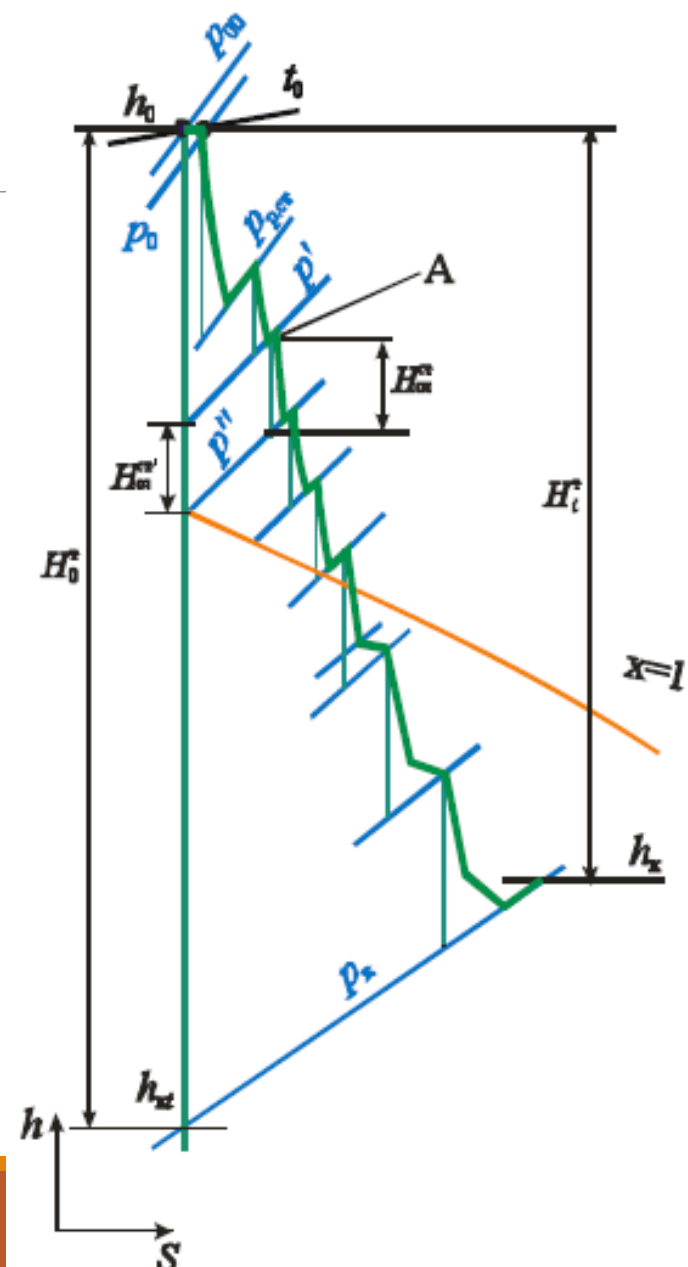
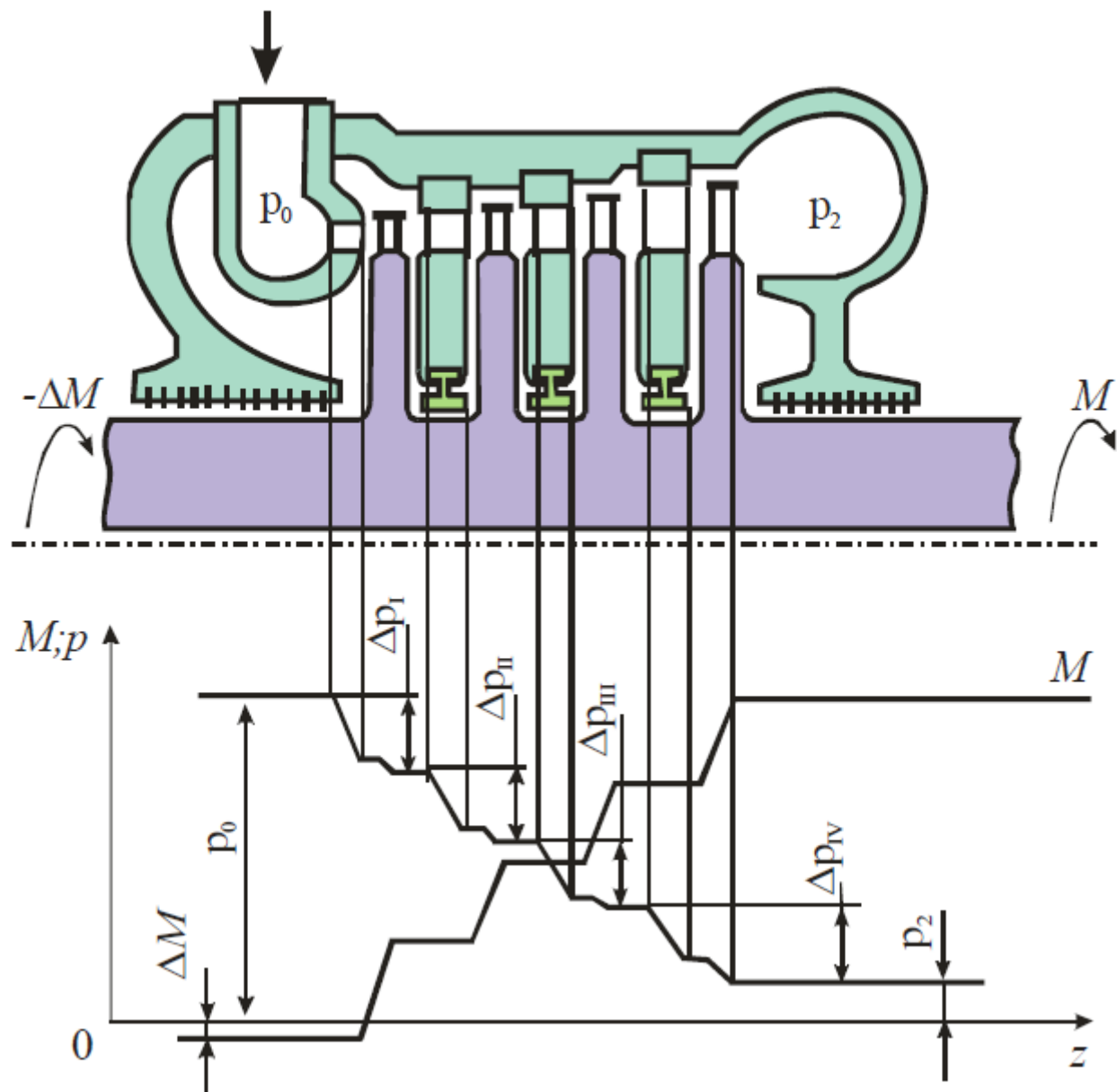
Потери от влажности

Потери энергии от влажности в турбинной ступени включают следующие основные составляющие:

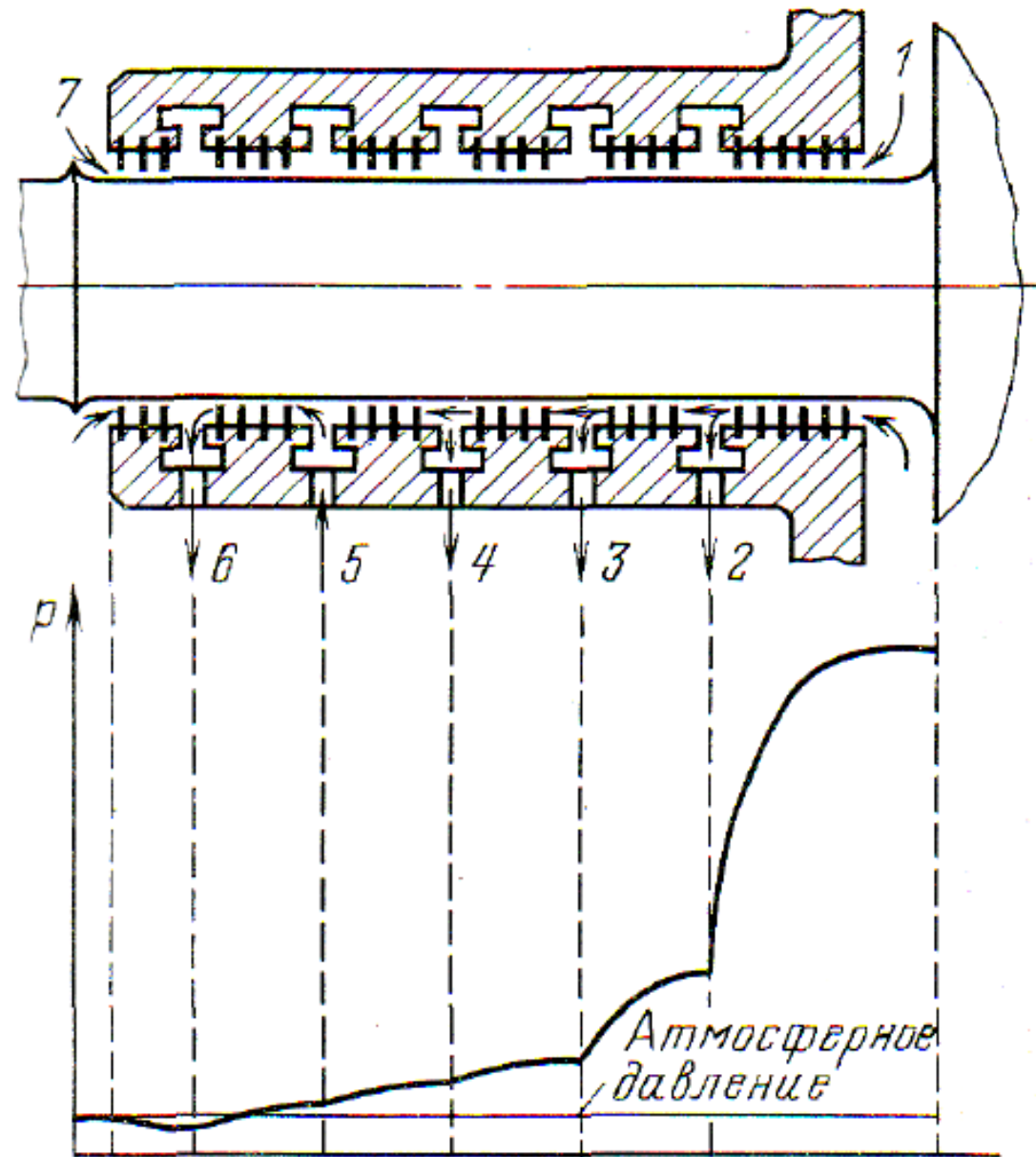
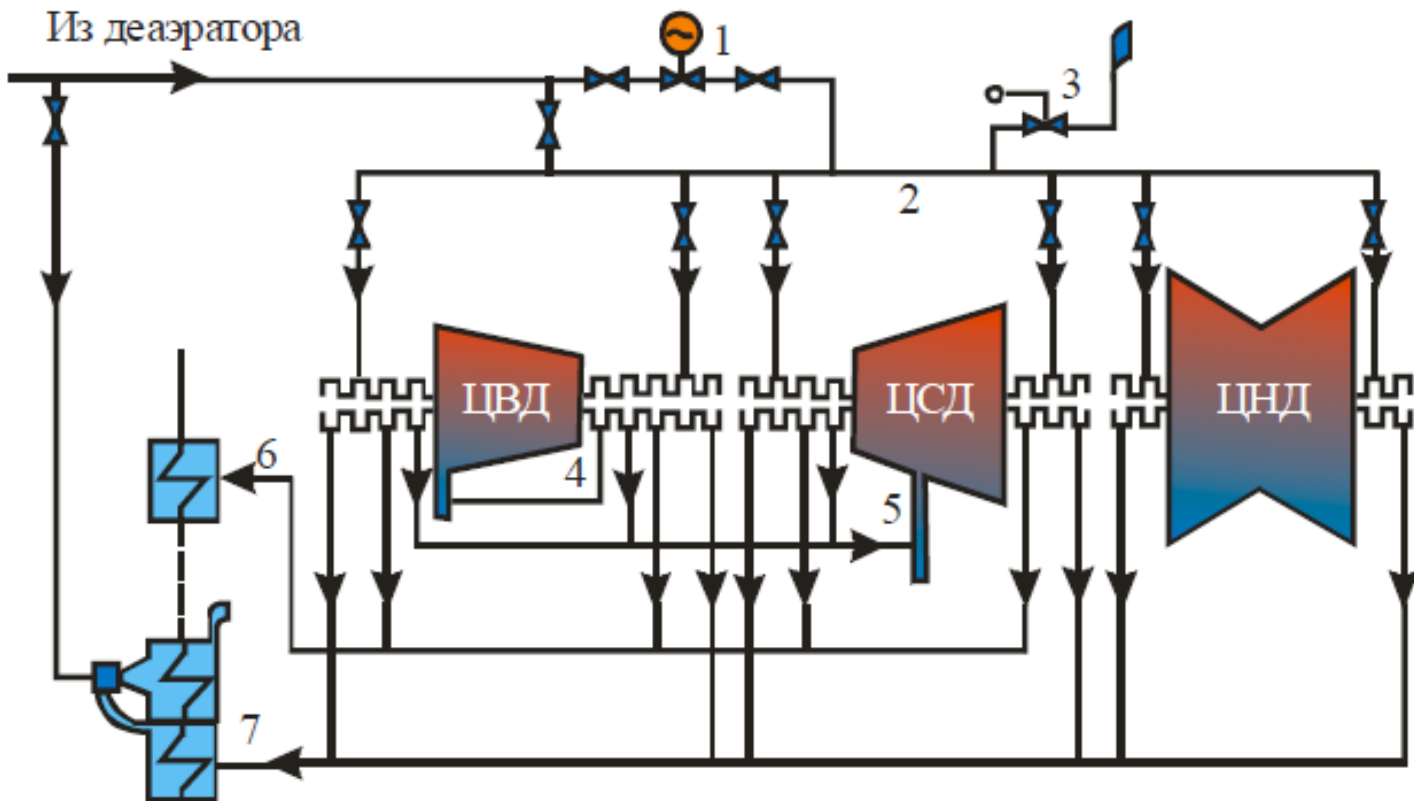
- 1) потери от удара капель влаги со стороны спинки рабочих лопаток как результат тормозящего действия частиц влаги на вращающийся ротор;
- 2) потери от разгона капель влаги паровым потоком – трение на границе раздела фаз;
- 3) потери в пограничном слое, связанные с образованием жидкой пленки на поверхностях проточной части;
- 4) потери от увеличения размеров кромочного следа за счет дробления пленки при сходе ее с выходной кромки лопаток.



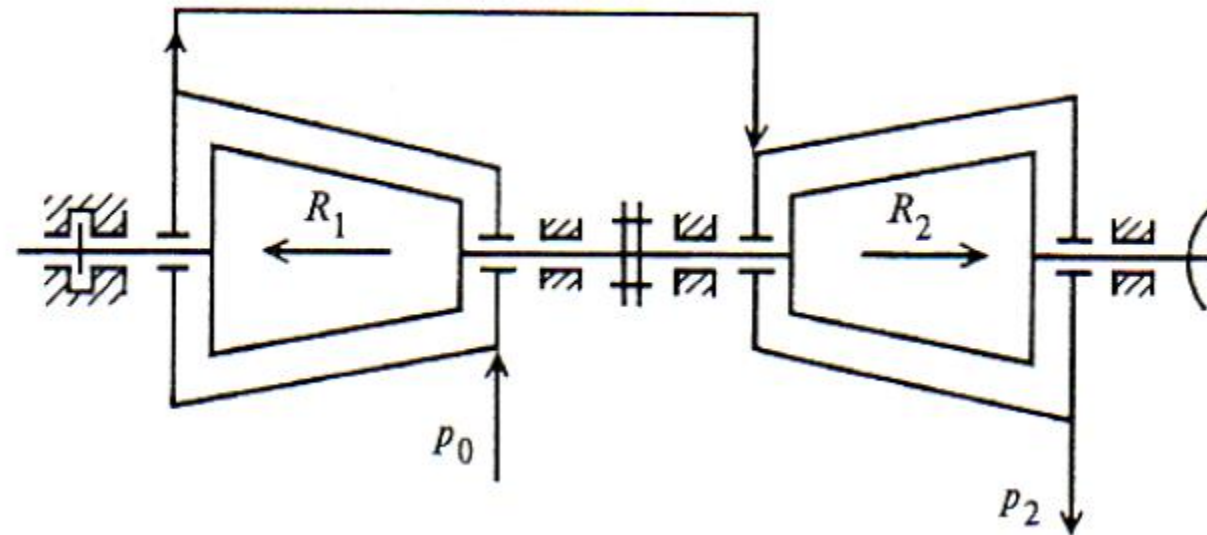
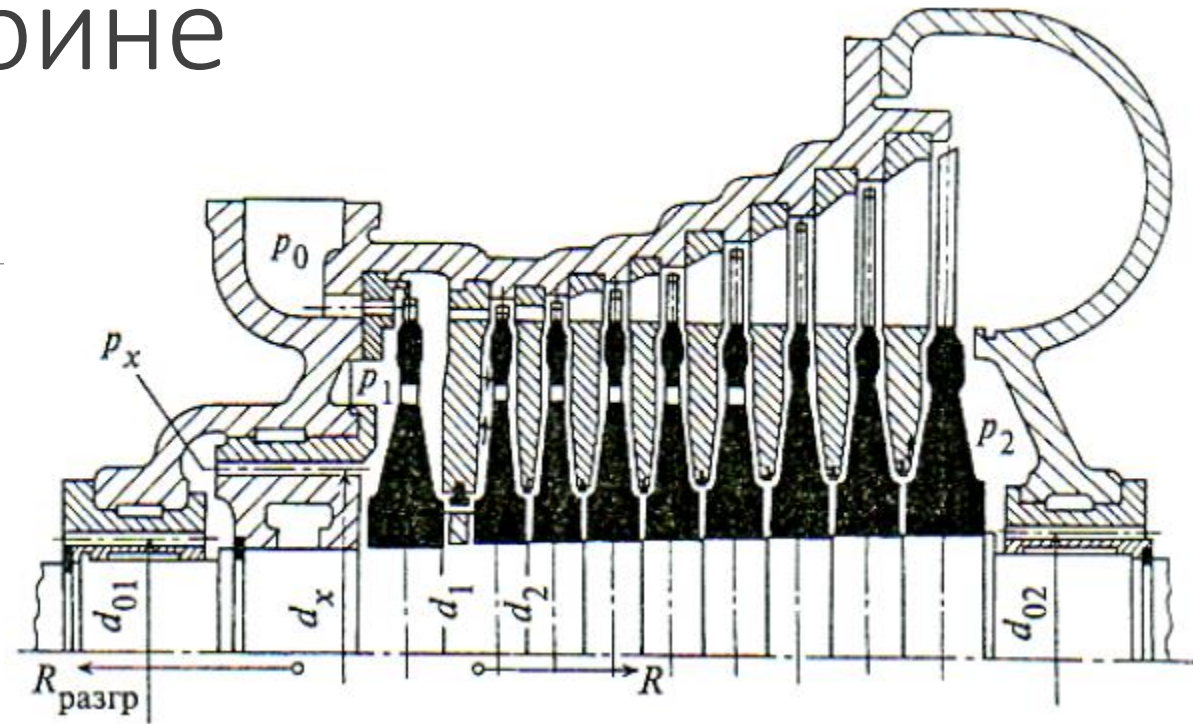
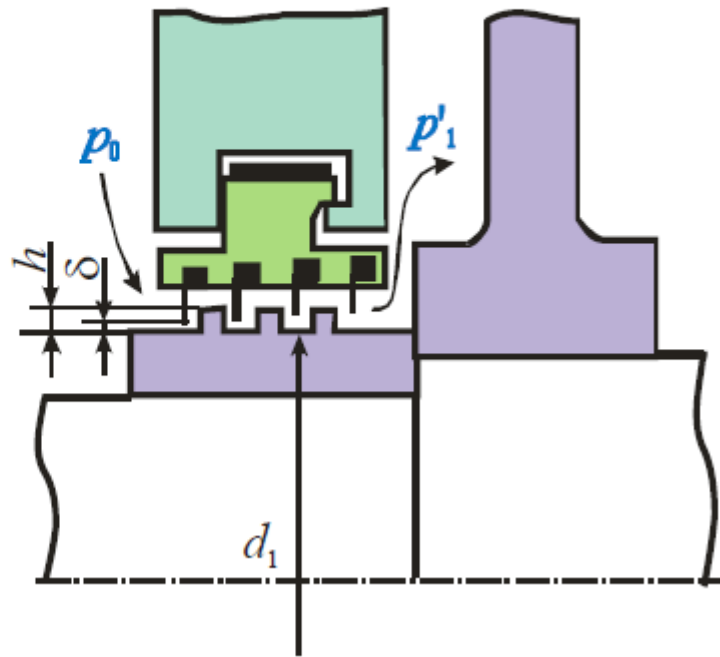
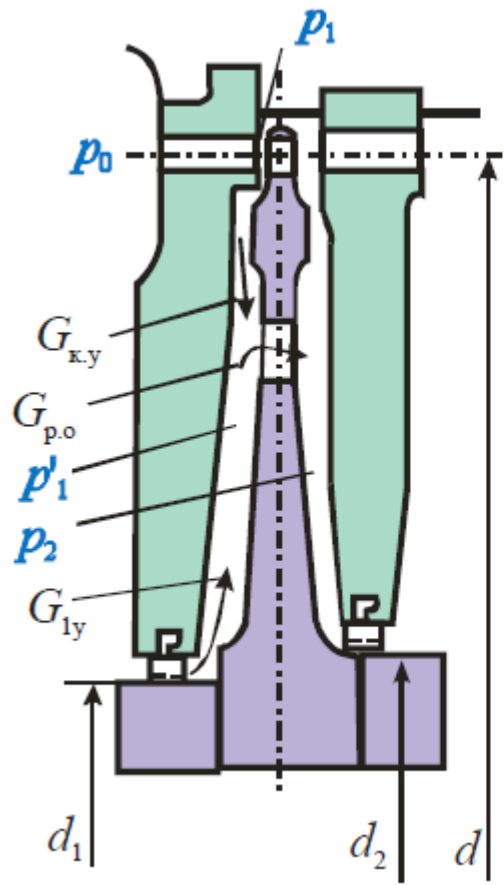
Многоступенчатые турбины



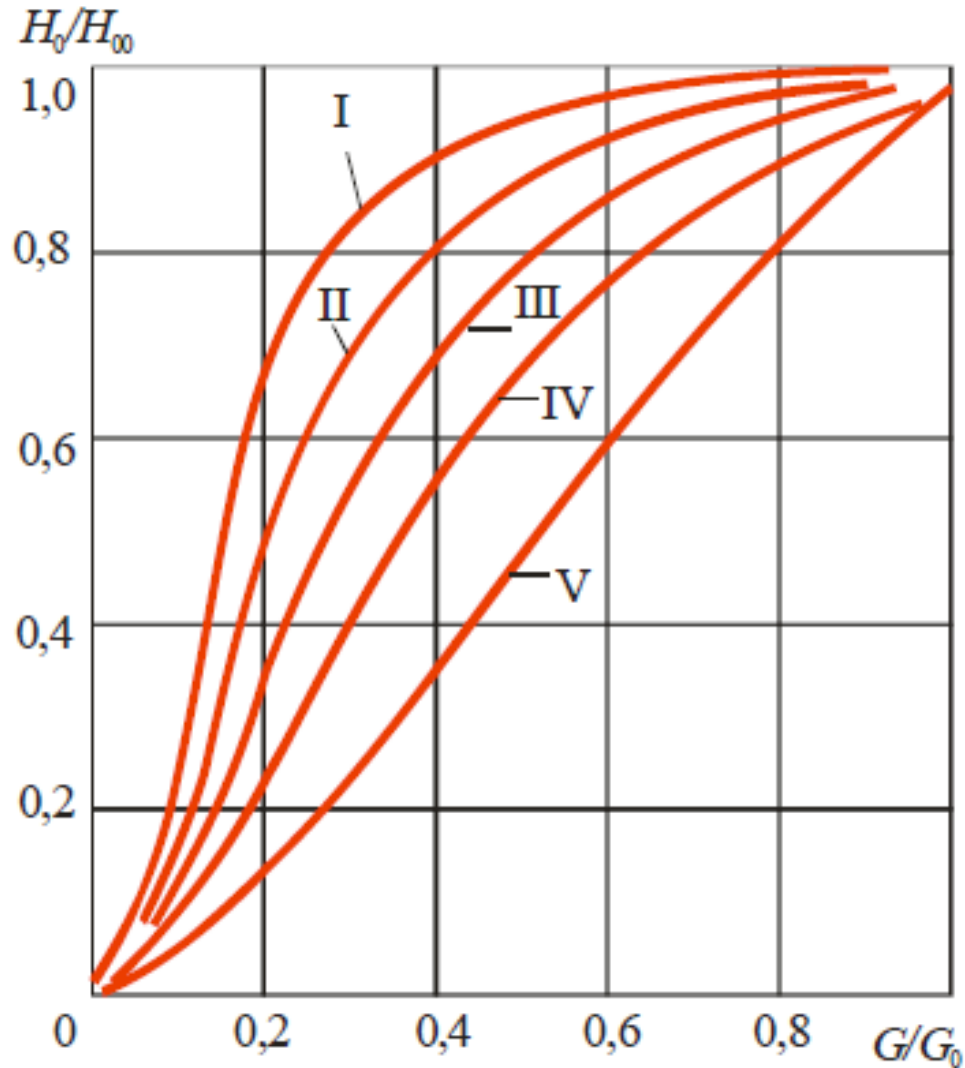
Уплотнения турбин



Осевые усилия в турбине



Переменный режим работы турбины

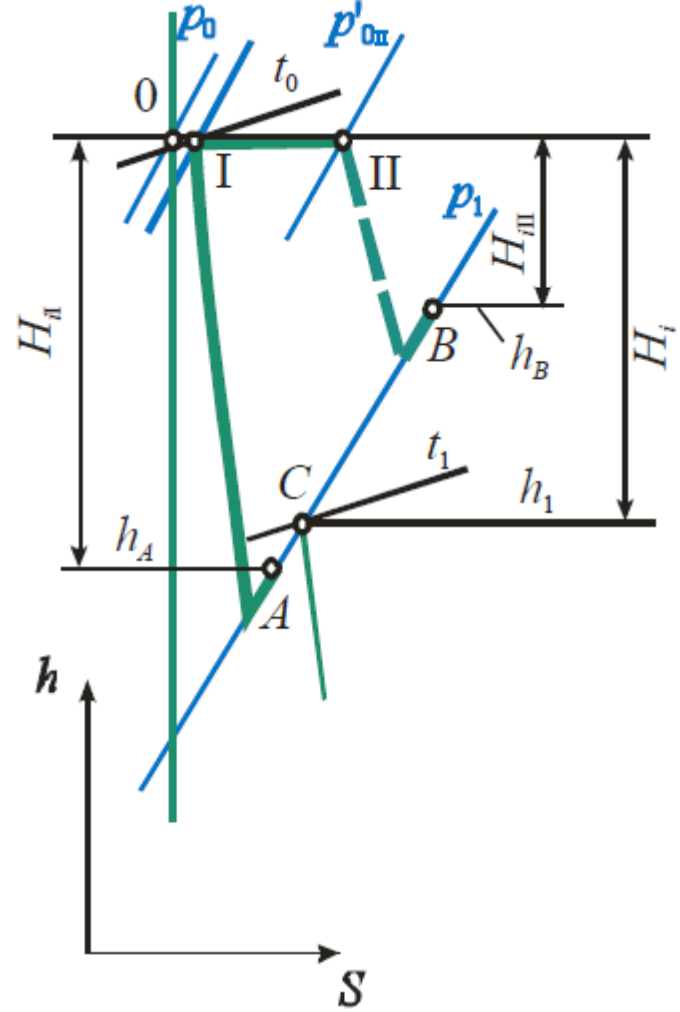
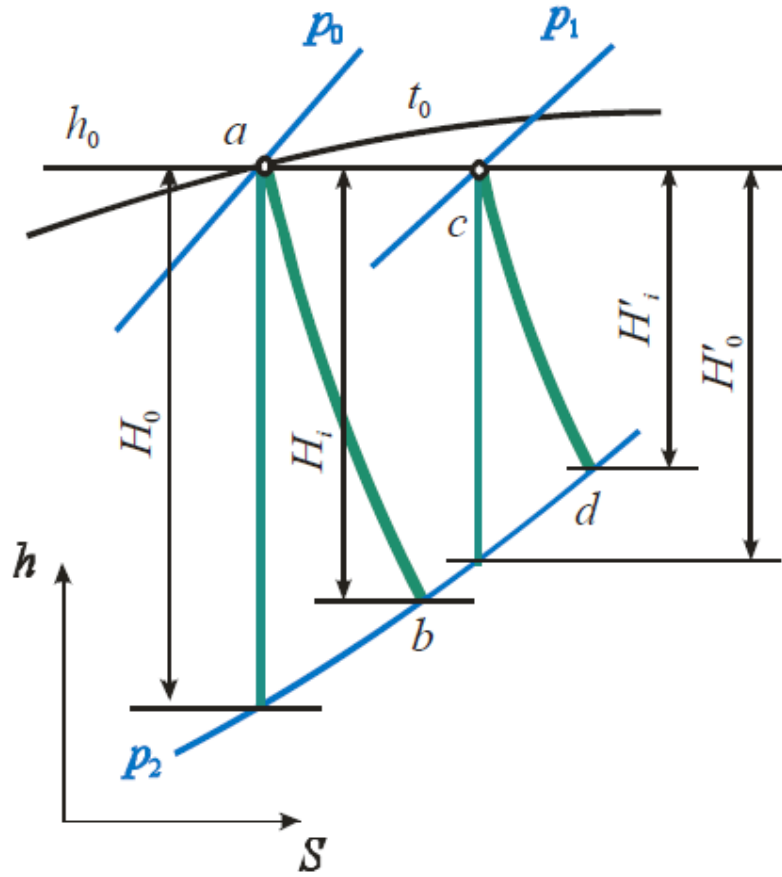
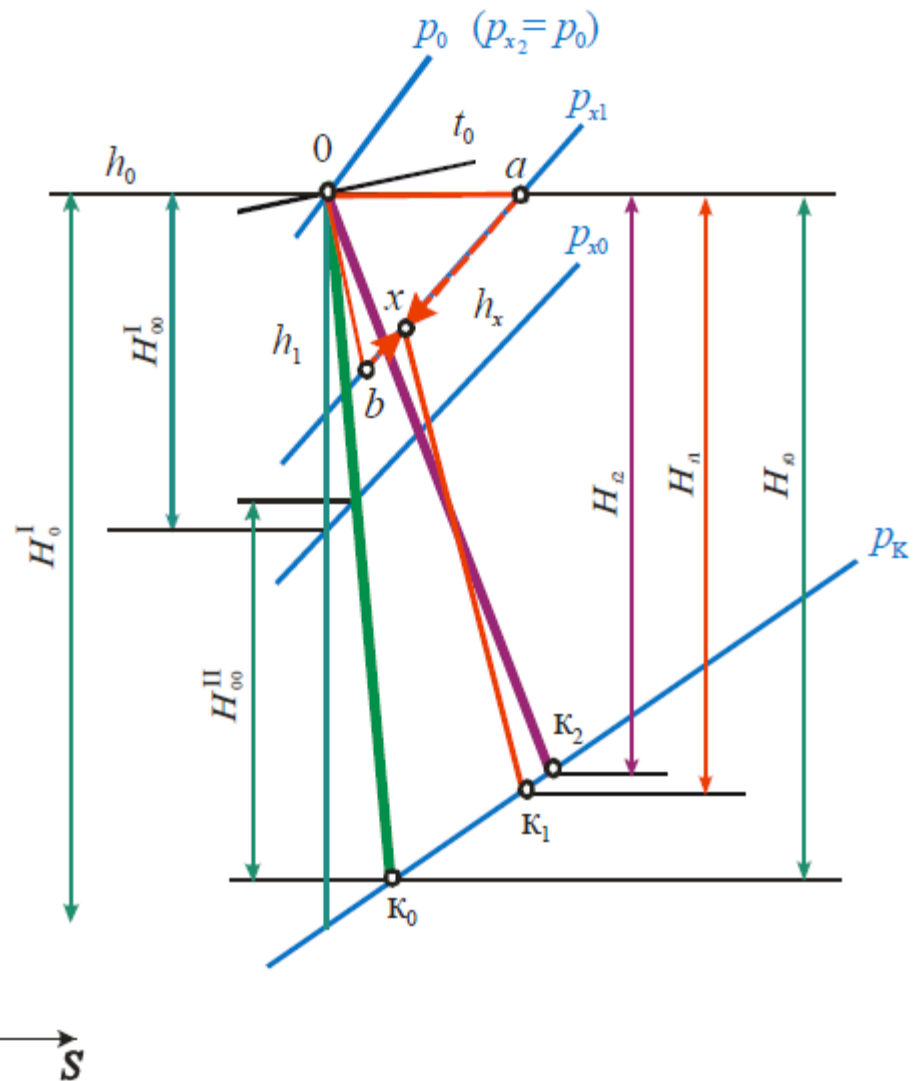


Зависимость давления, расхода и температуры пара для группы ступеней определяется формулой Стодоль-Флюгеля:

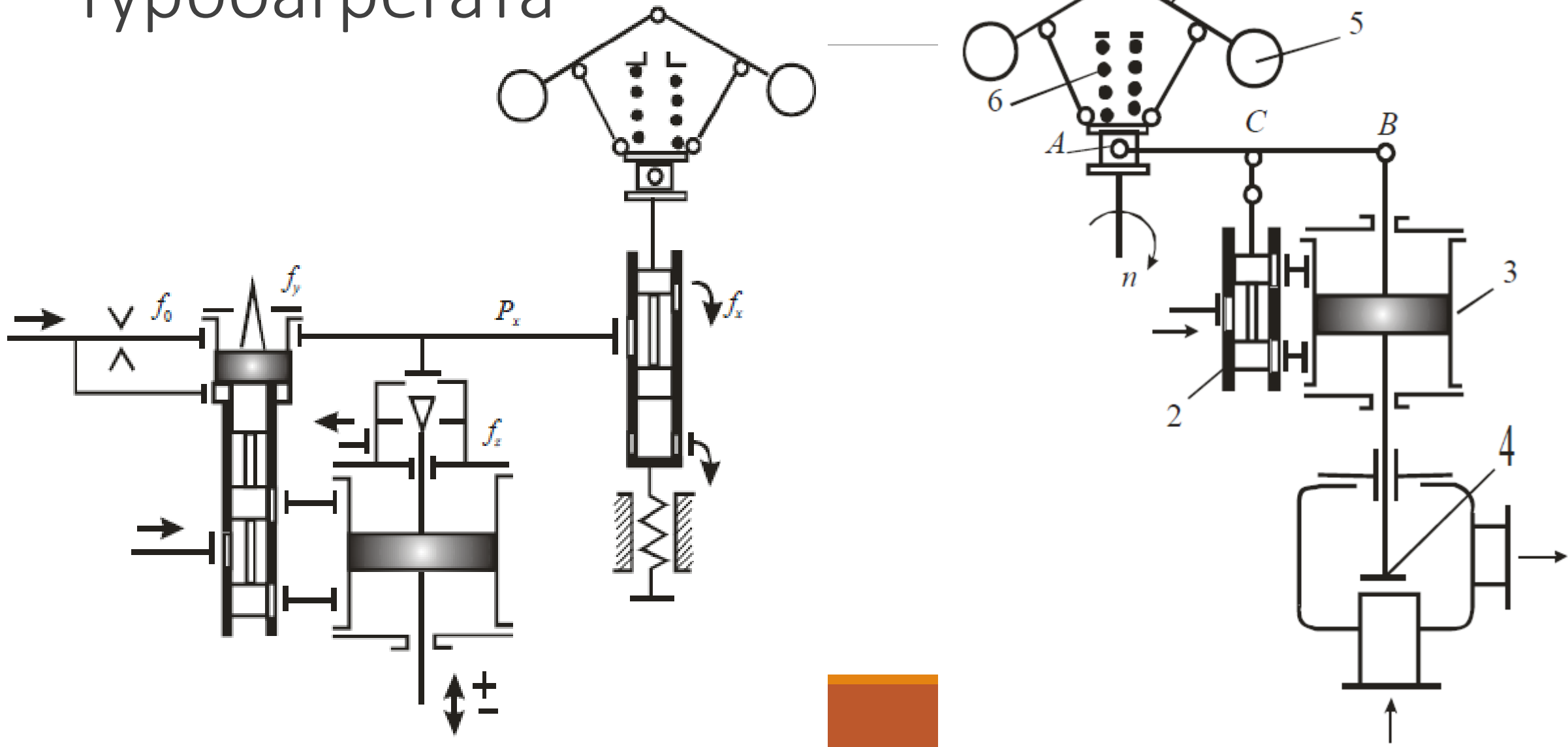
$$\frac{G}{G_0} = \sqrt{\frac{p_{01}^2 - p_{z1}^2}{p_{00}^2 - p_{z0}^2}} \sqrt{\frac{T_{00}}{T_{01}}}$$

$$\frac{G}{G_0} = \frac{p_{01}}{p_{00}} \sqrt{\frac{T_{00}}{T_{01}}}$$

Дроссельное и сопловое регулирование



Регулирование частоты вращения турбоагрегата



Валопровод (вал) турбины

1. Сборный (ротор с насадными дисками).
 1. Сварные
 2. Со шпонками
2. Цельнокованный
3. Комбинированный

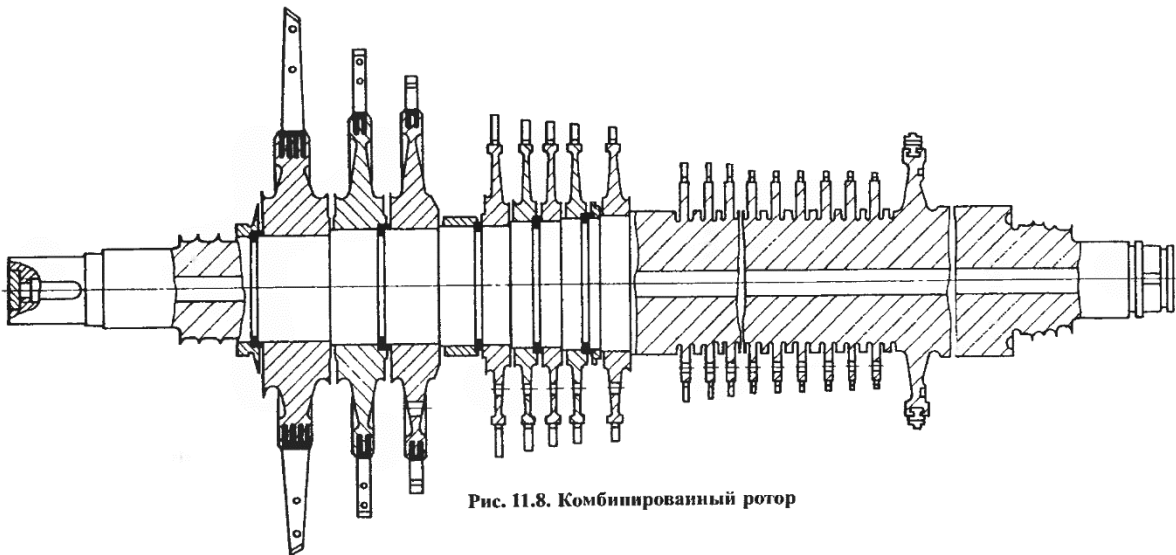
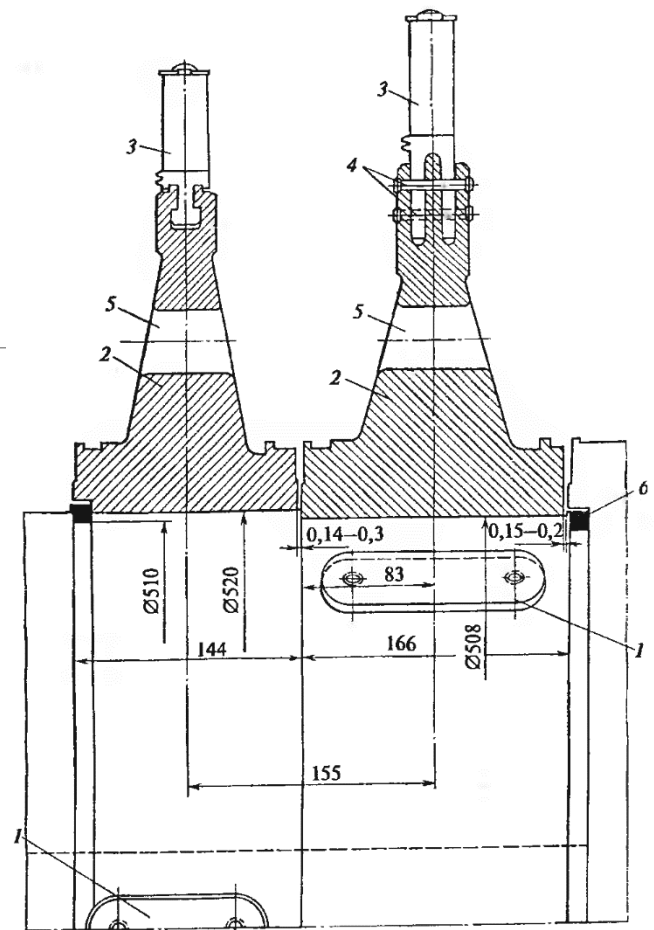
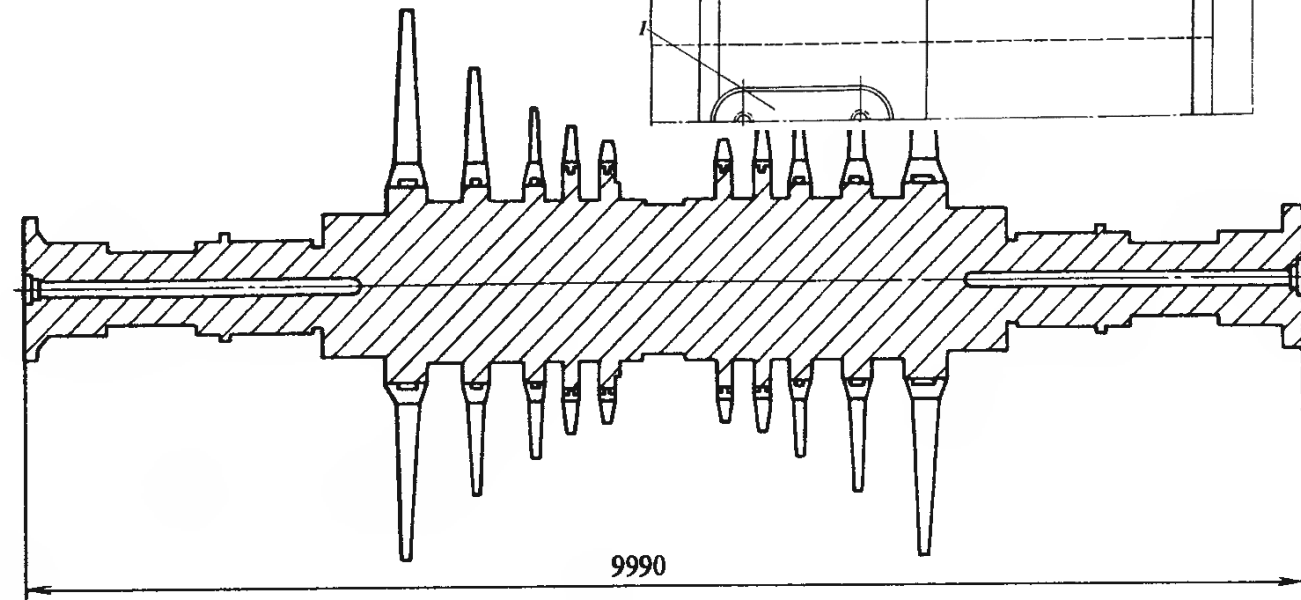
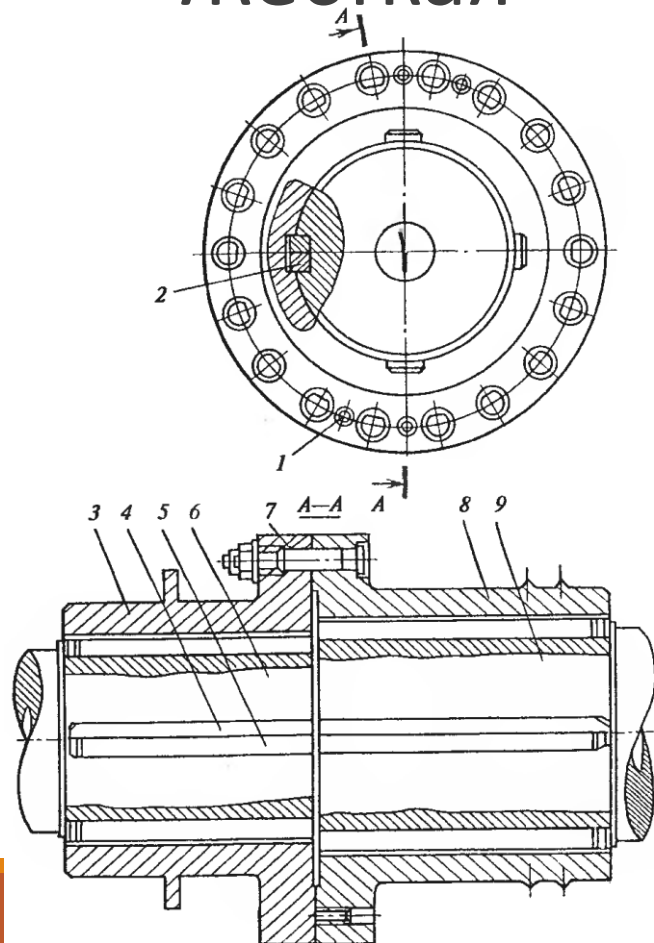


Рис. 11.8. Комбинированный ротор

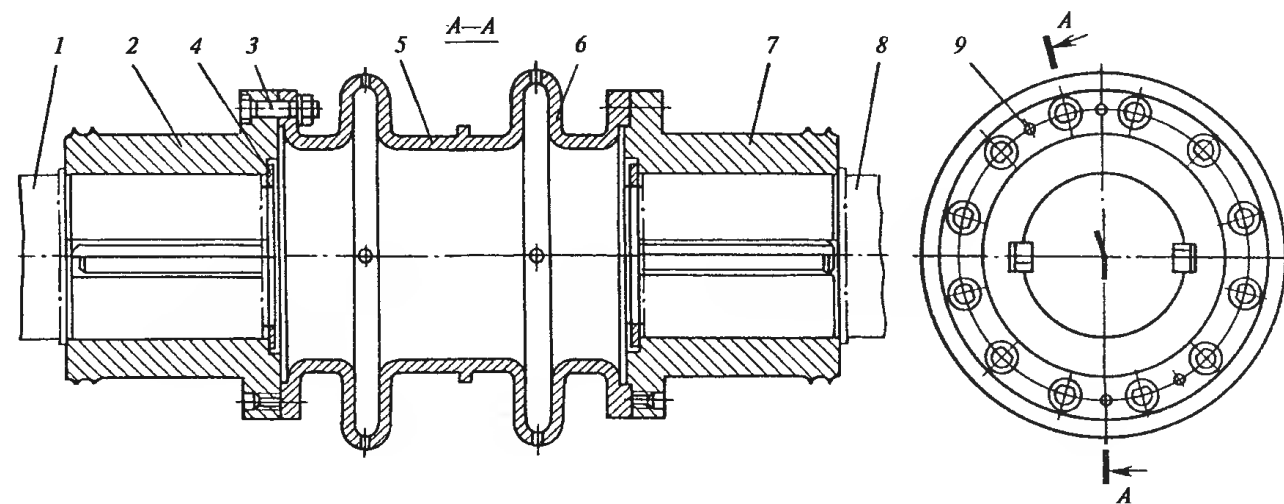


Муфты

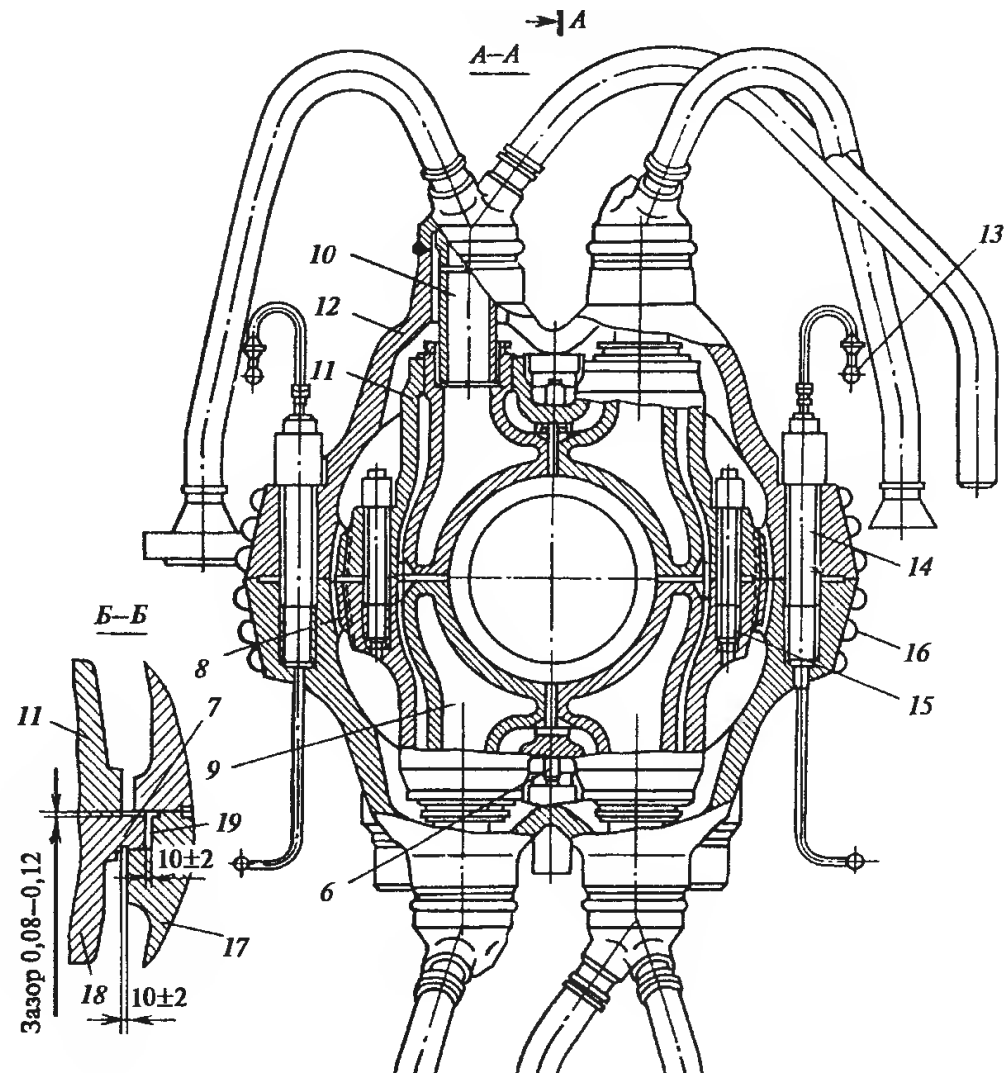
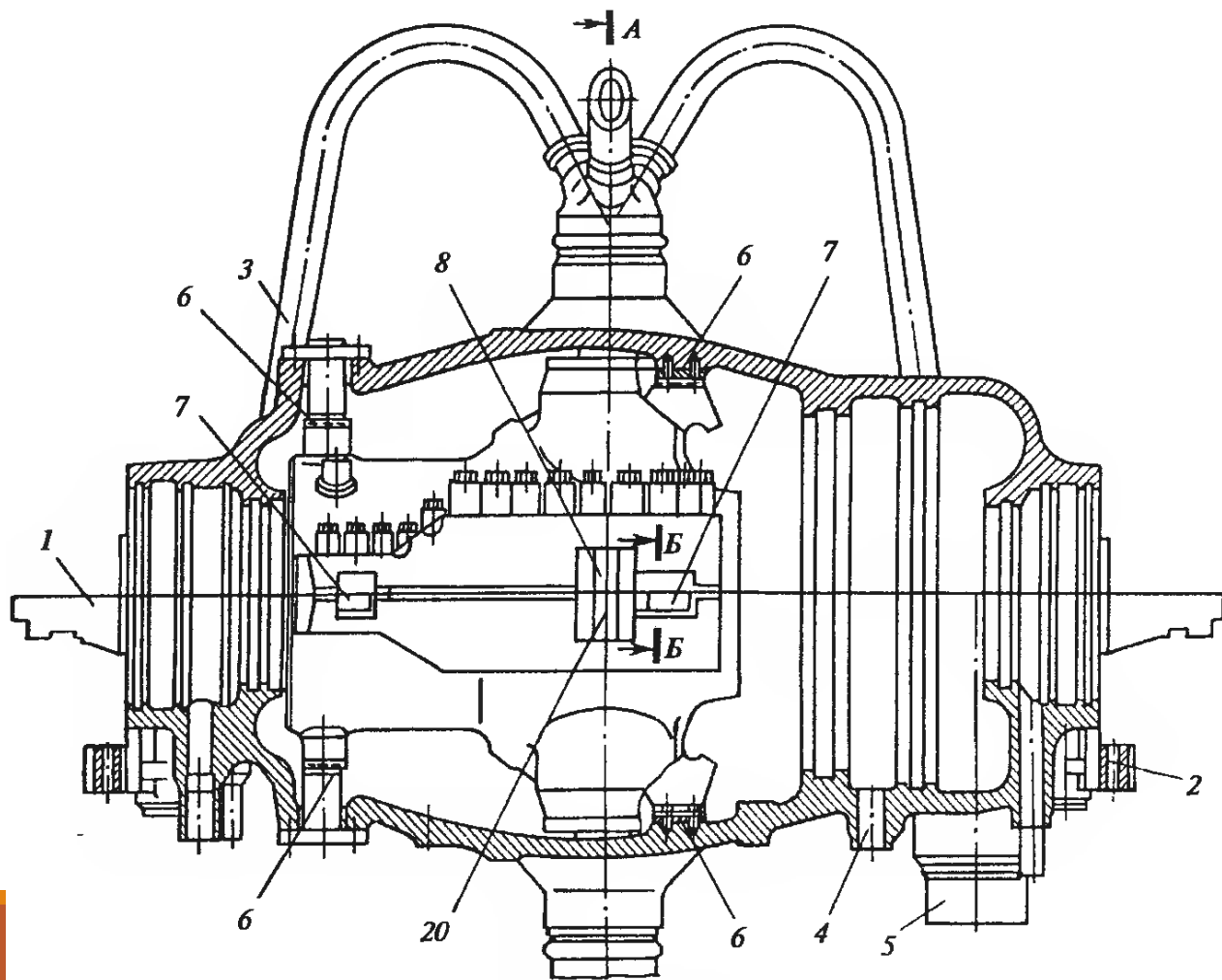
Жесткая



Полужесткая



Статор турбины



Статор (корпус) турбины

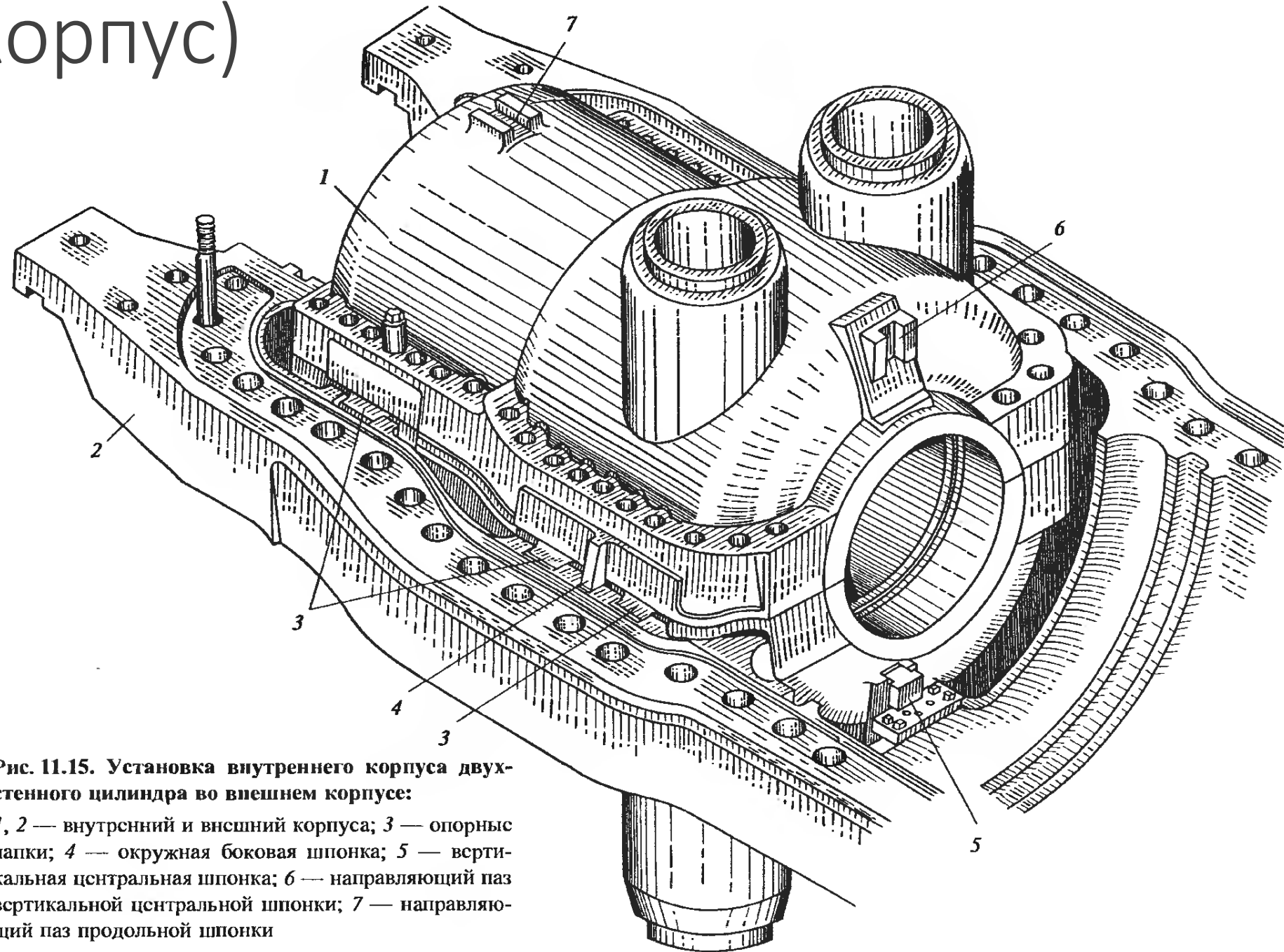
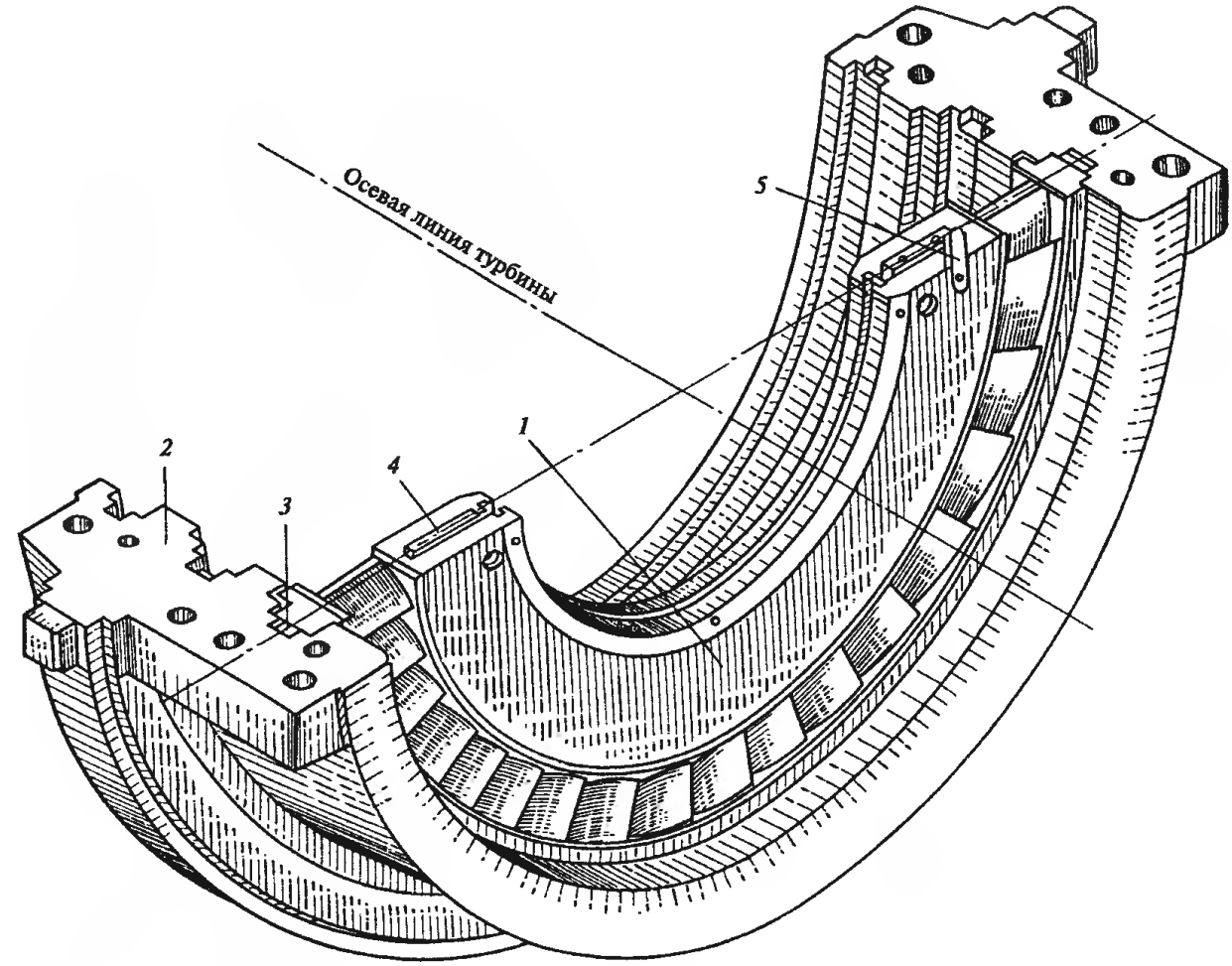
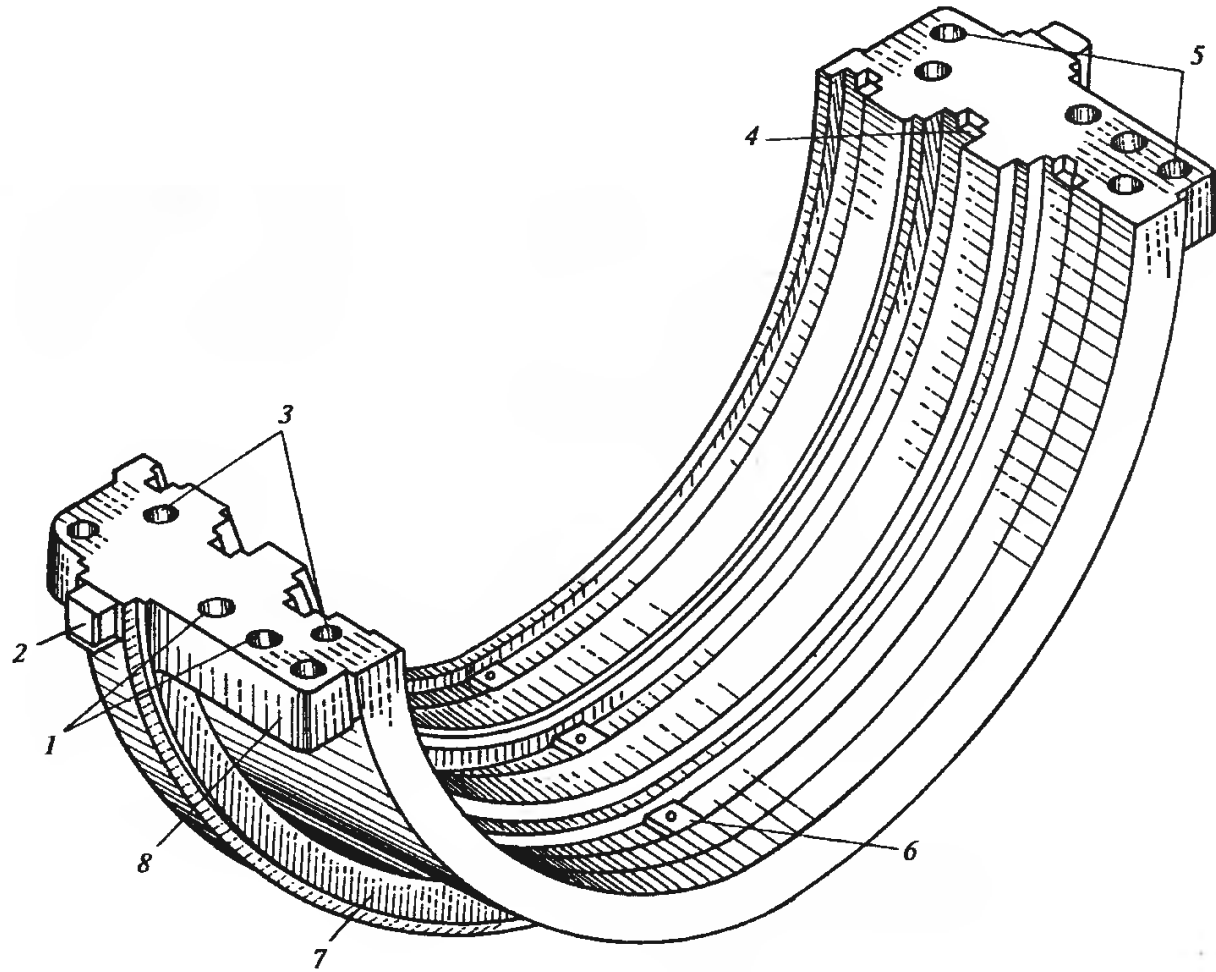


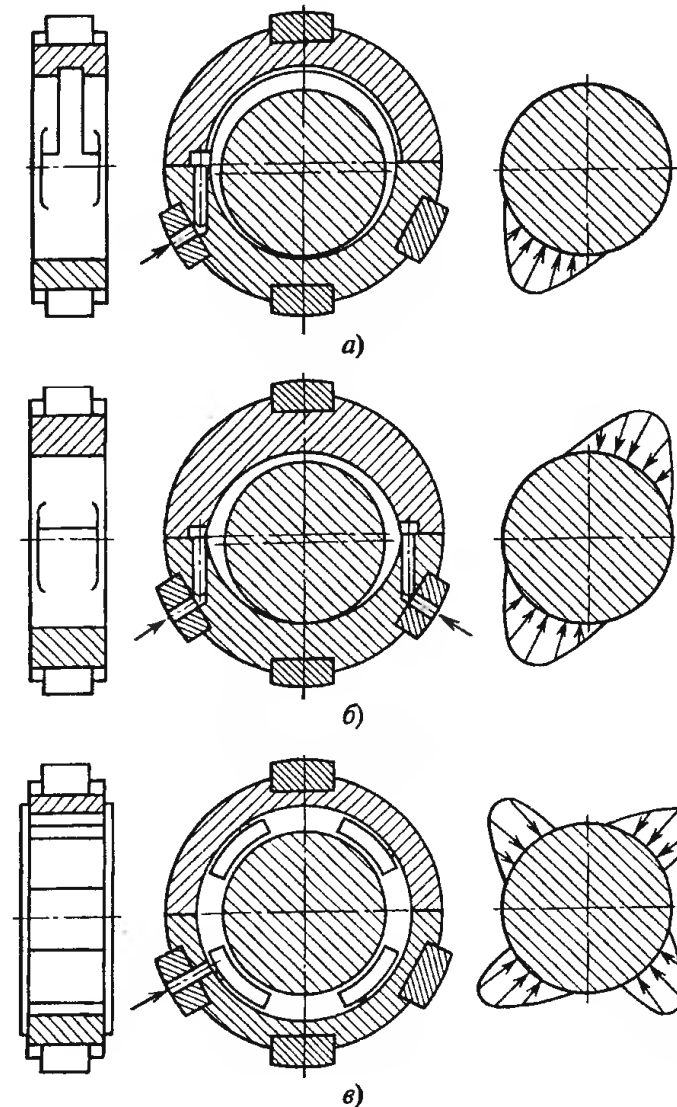
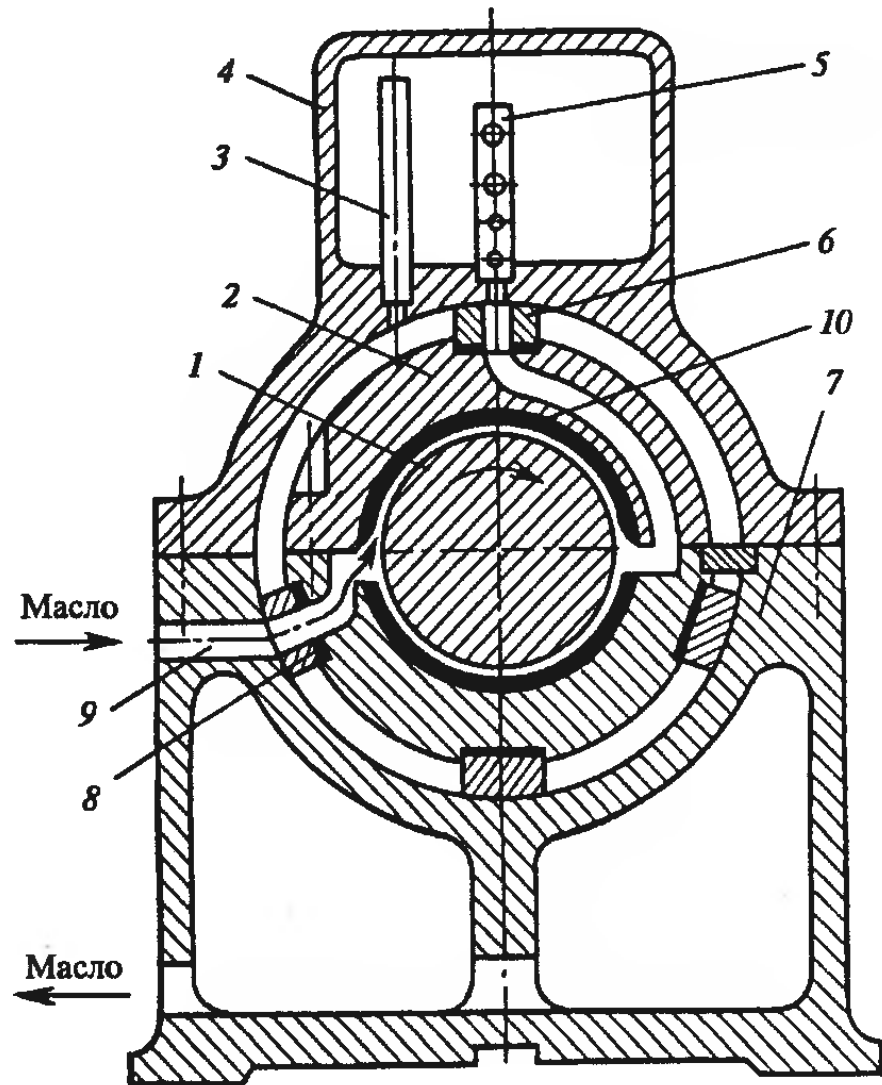
Рис. 11.15. Установка внутреннего корпуса двухстенного цилиндра во внешнем корпусе:

1, 2 — внутренний и внешний корпуса; 3 — опорные лапки; 4 — окружная боковая шпонка; 5 — вертикальная центральная шпонка; 6 — направляющий паз вертикальной центральной шпонки; 7 — направляющий паз продольной шпонки

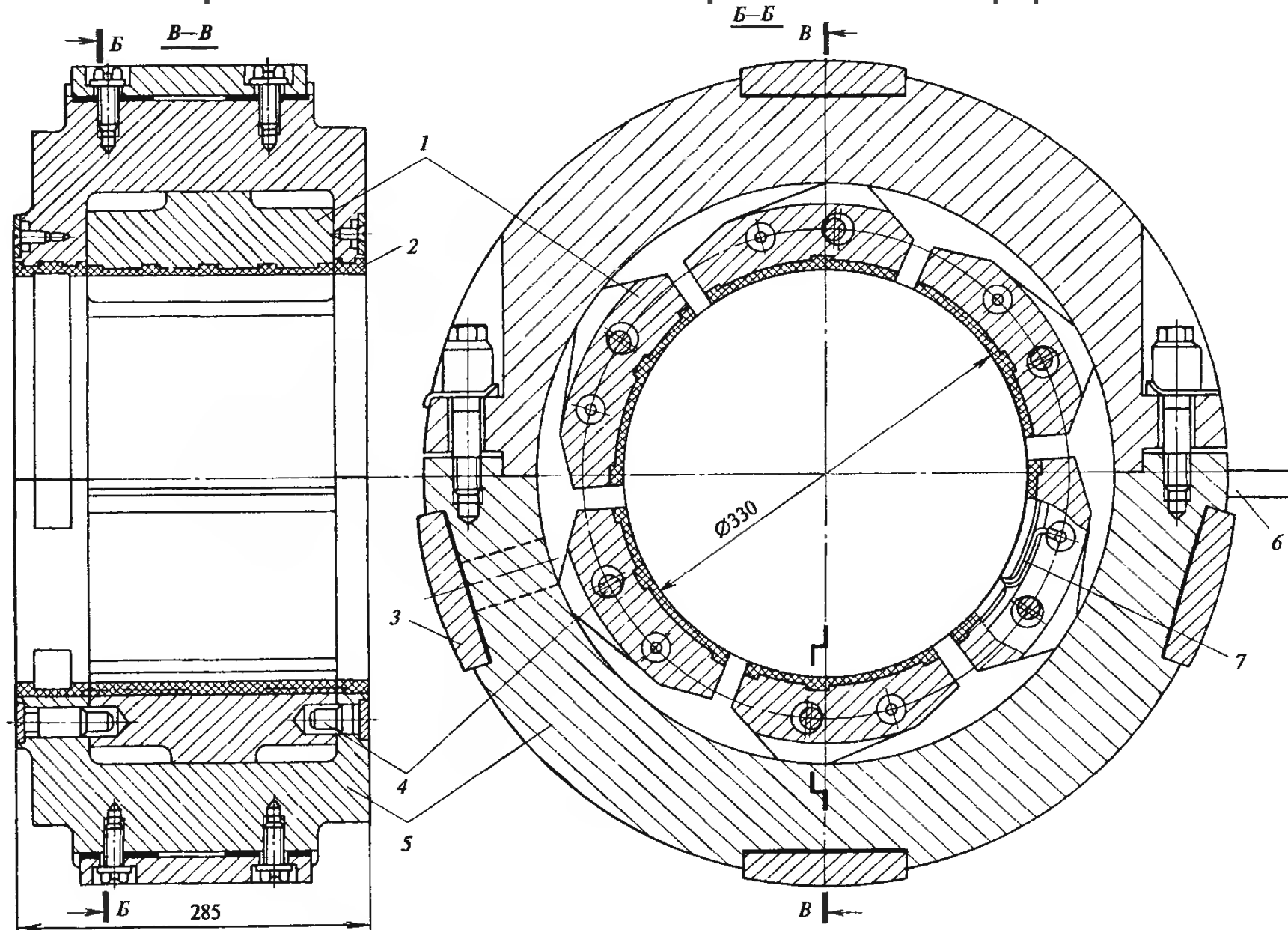
Установка обойм и диафрагм в турбине



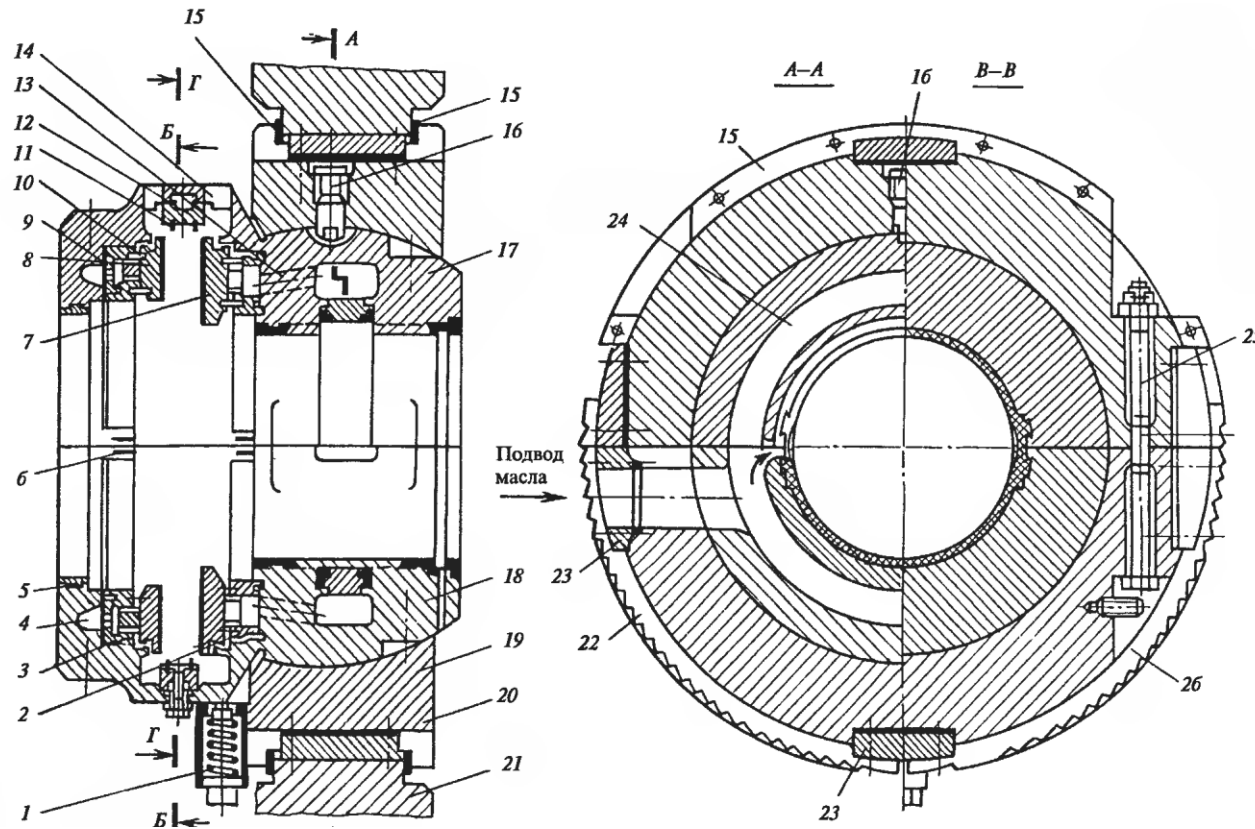
Подшипники турбин



Сегментированный опорный подшипник



Опорно-упорный подшипник



Спасибо за внимание!
