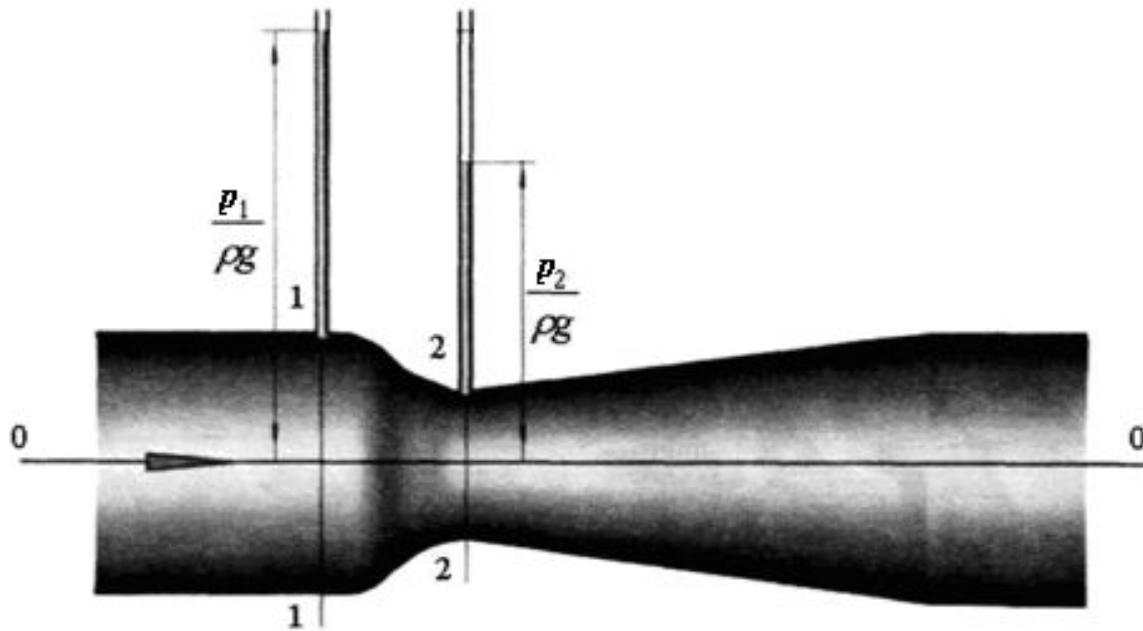
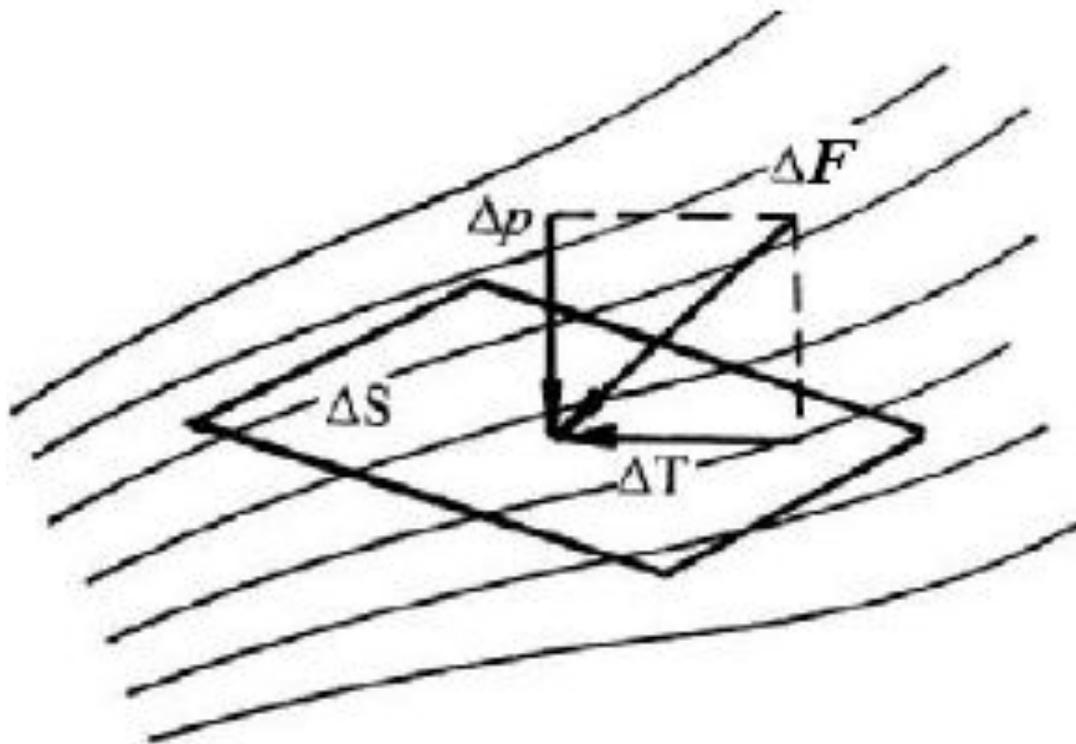


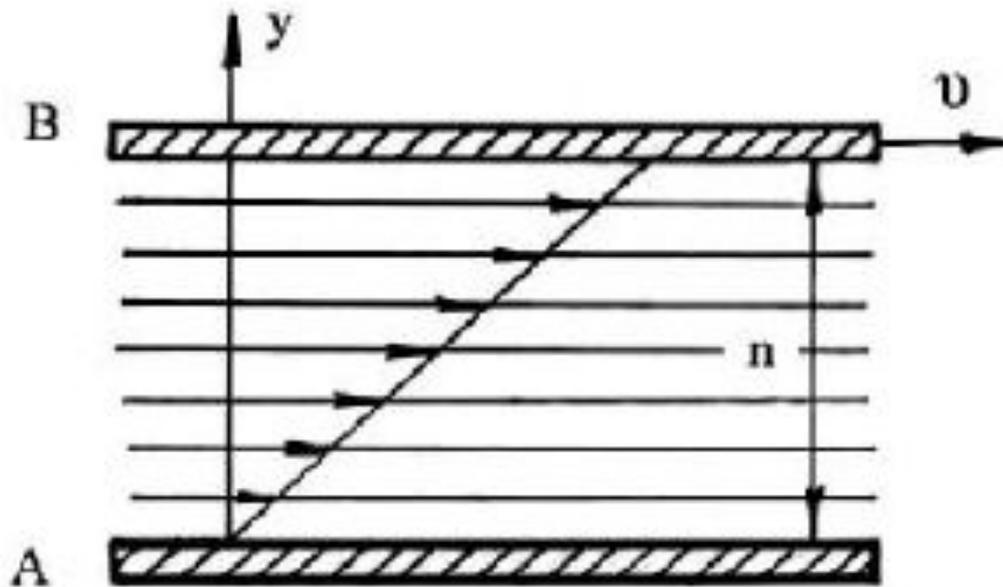
Гидравлика



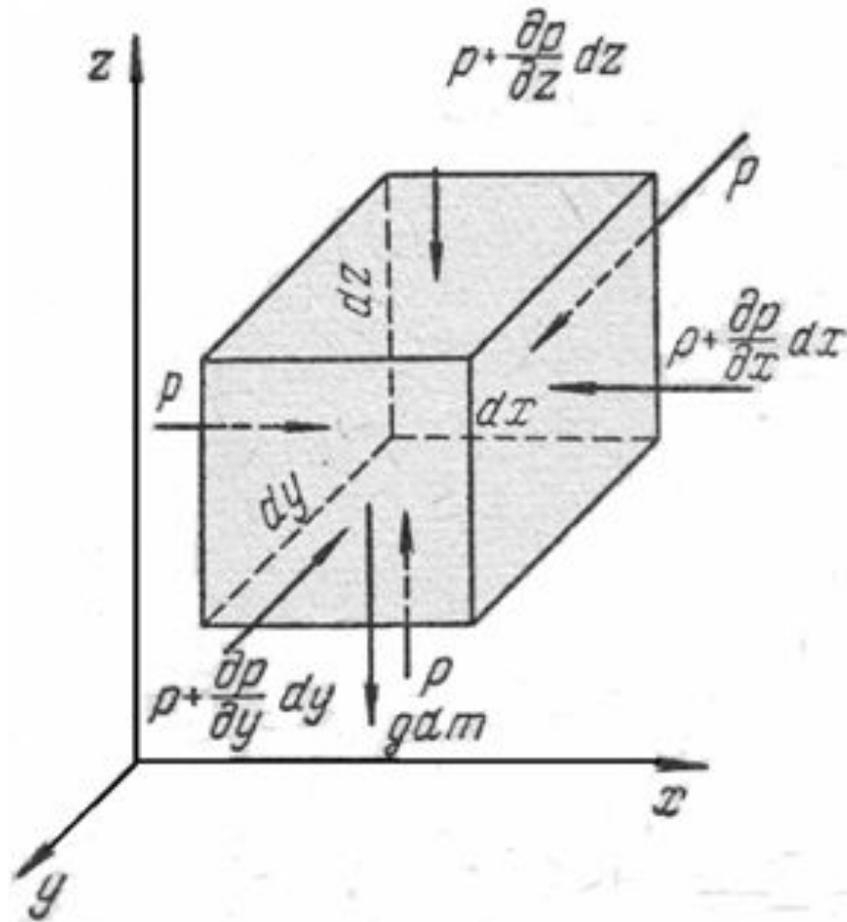
Поверхностные силы



Вязкость



Дифференциальные уравнения Эйлера



Основное уравнение гидростатики

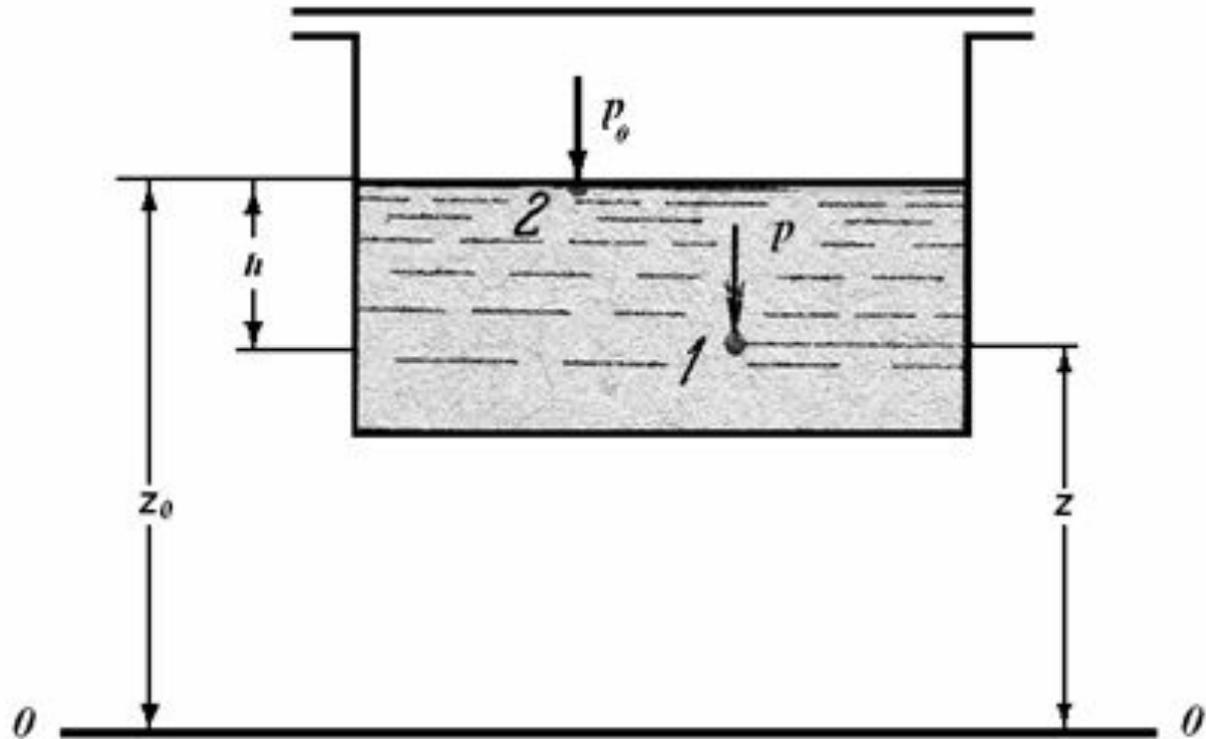


Схема измерения избыточного давления пьезометром

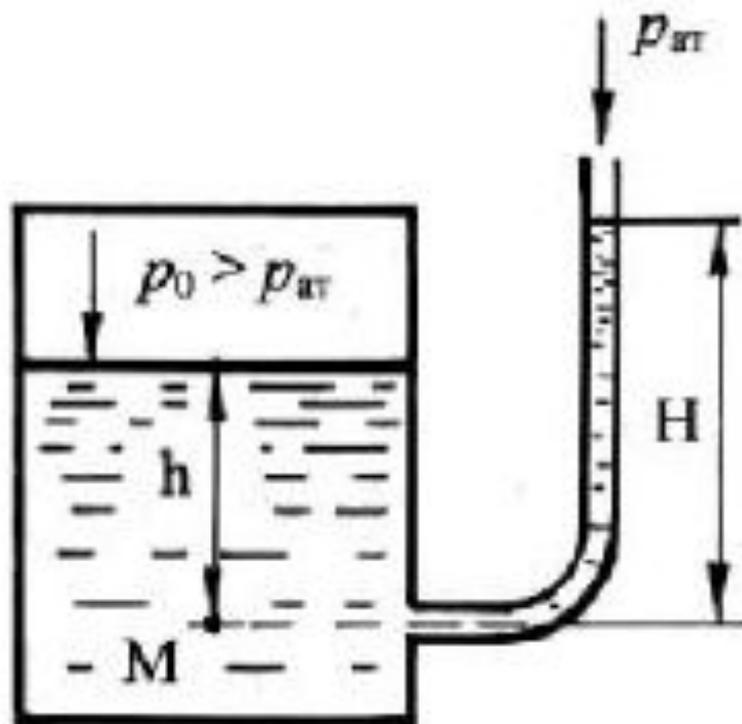
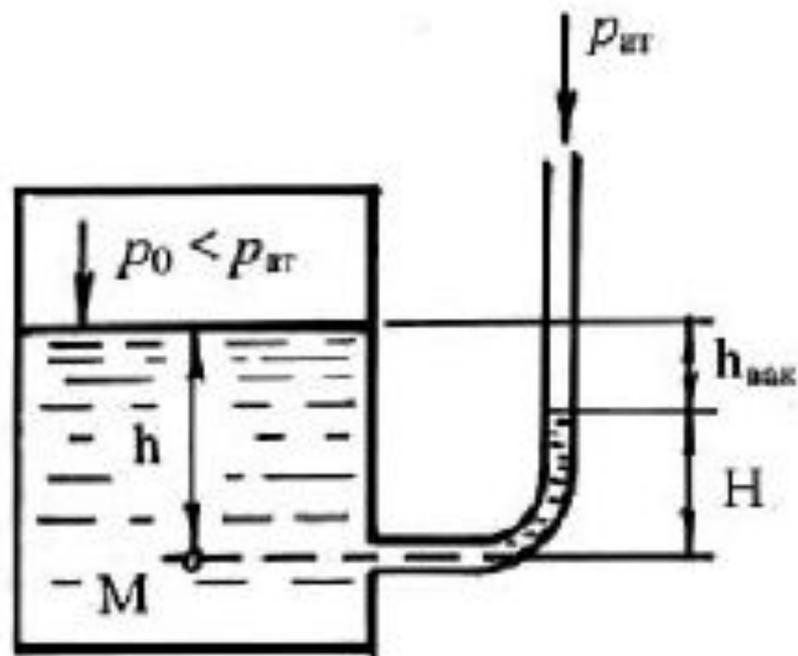
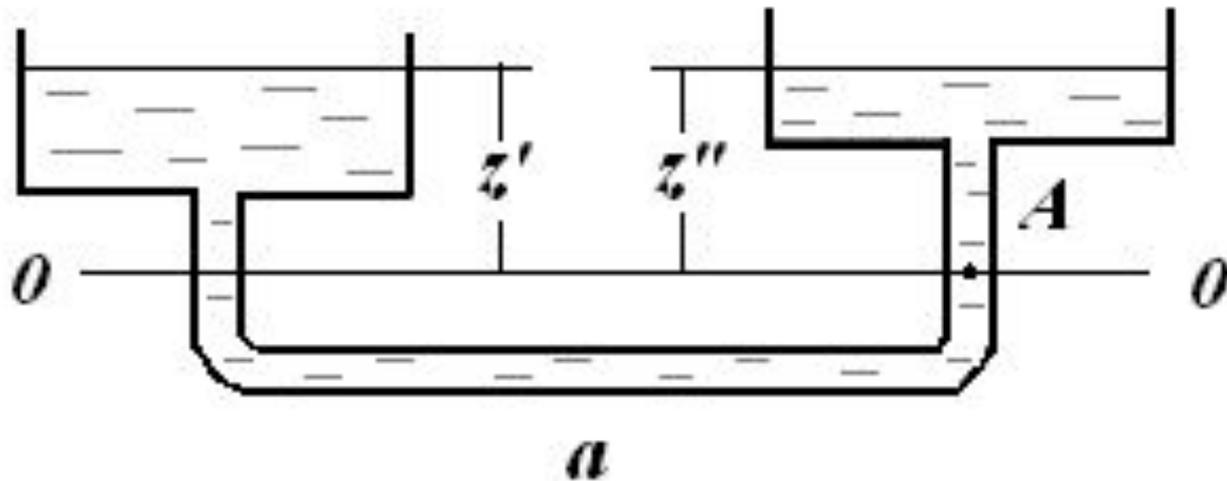


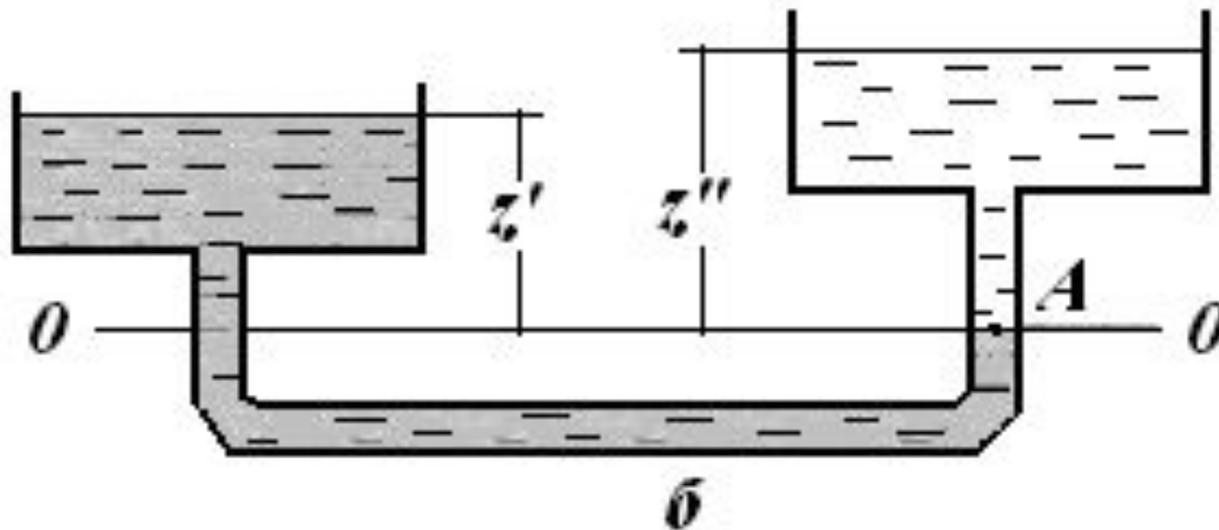
Схема для определения вакуумметрического давления



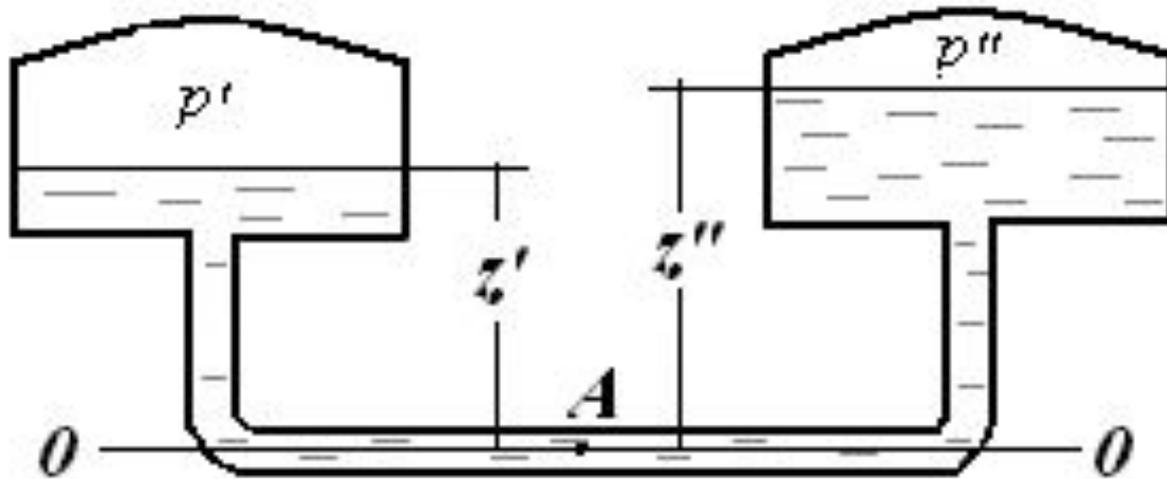
Принцип сообщающихся сосудов и его использование



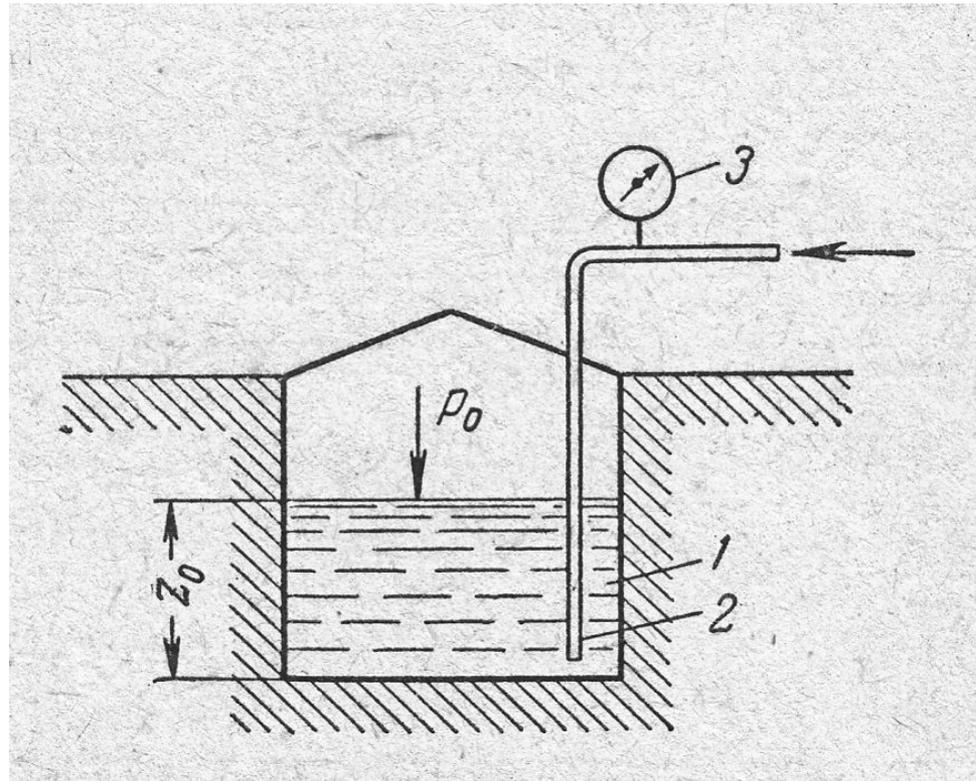
Принцип сообщающихся сосудов и его использование



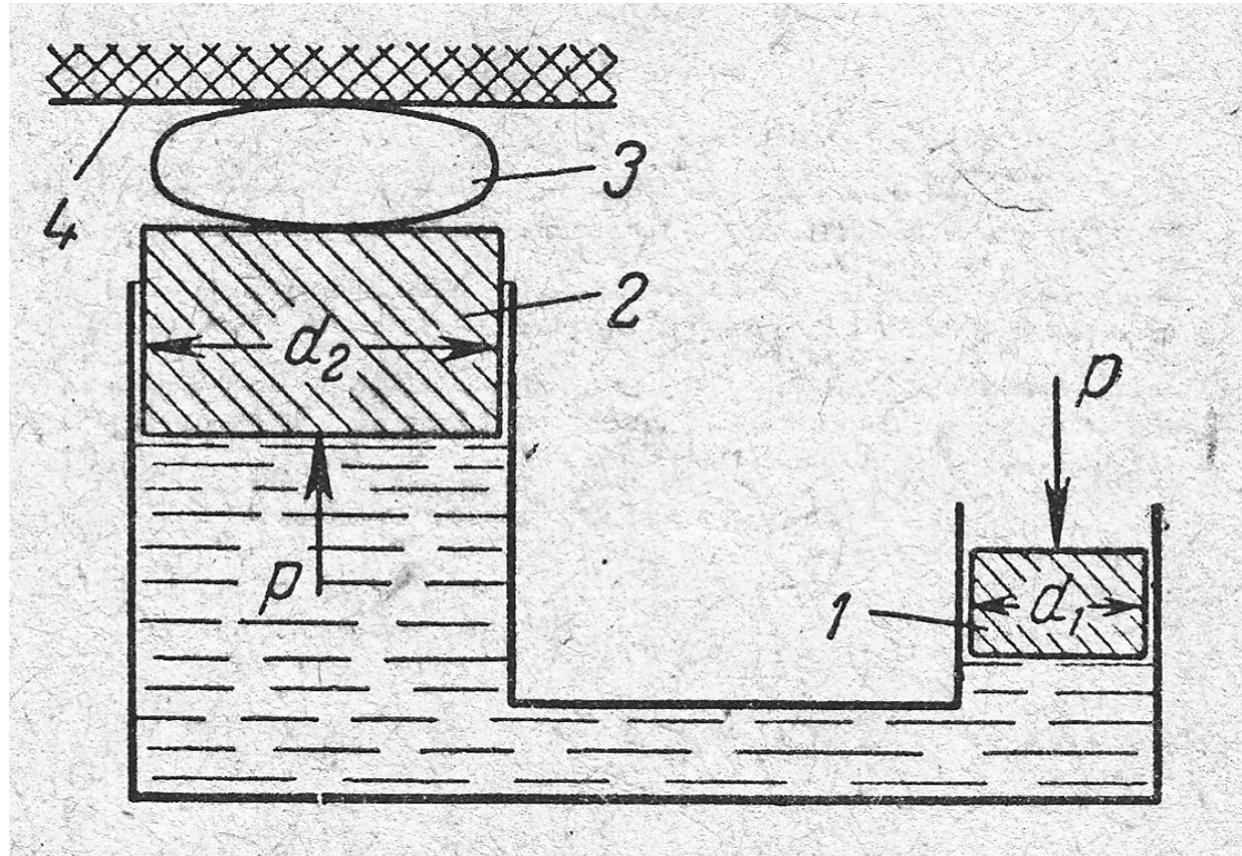
Принцип сообщающихся сосудов и его использование



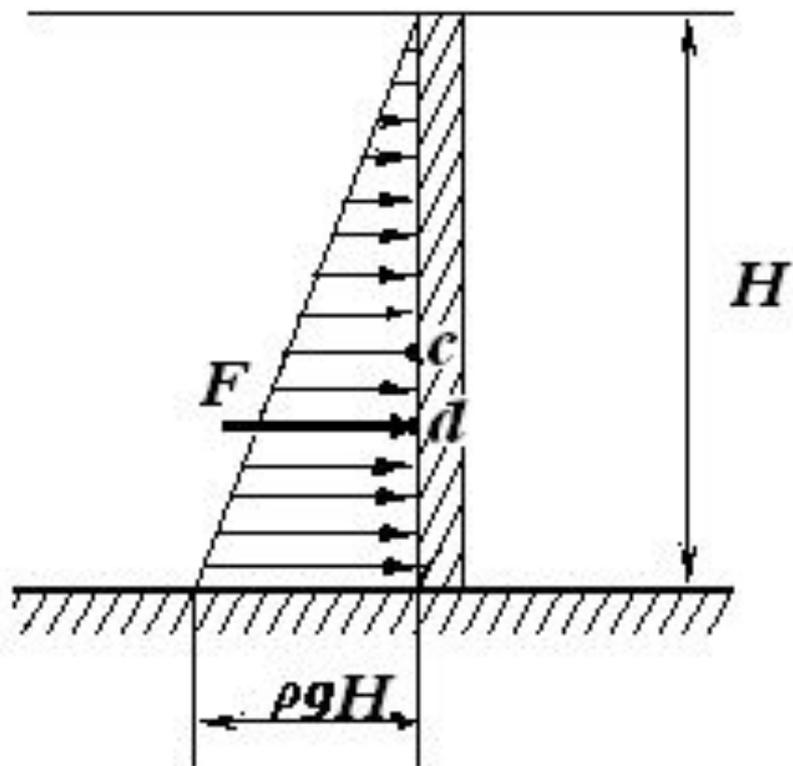
Пневматическое измерение количества жидкости в резервуаре



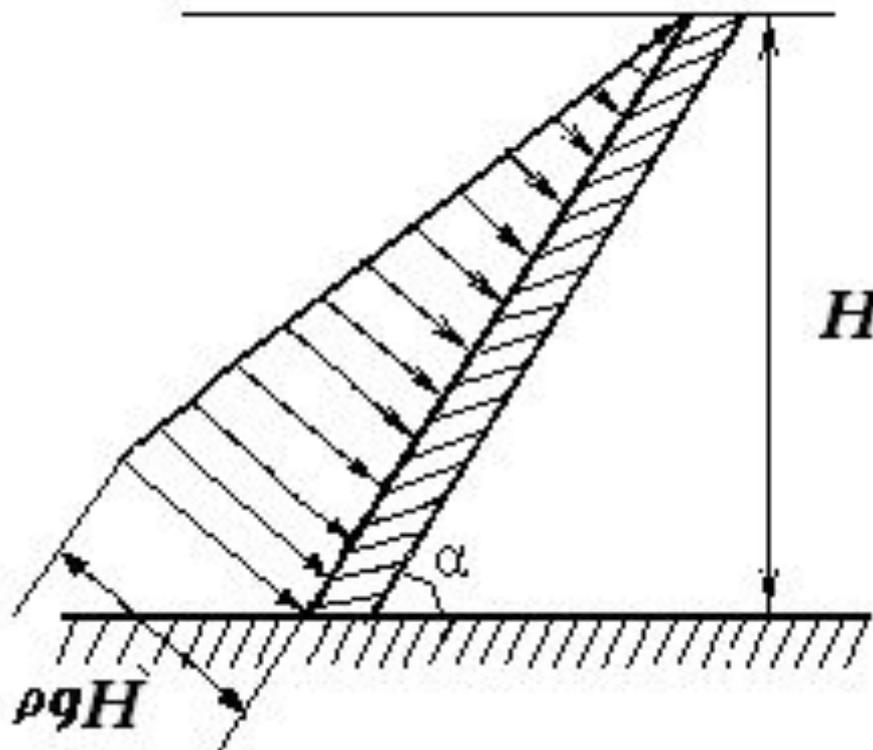
Гидростатические машины



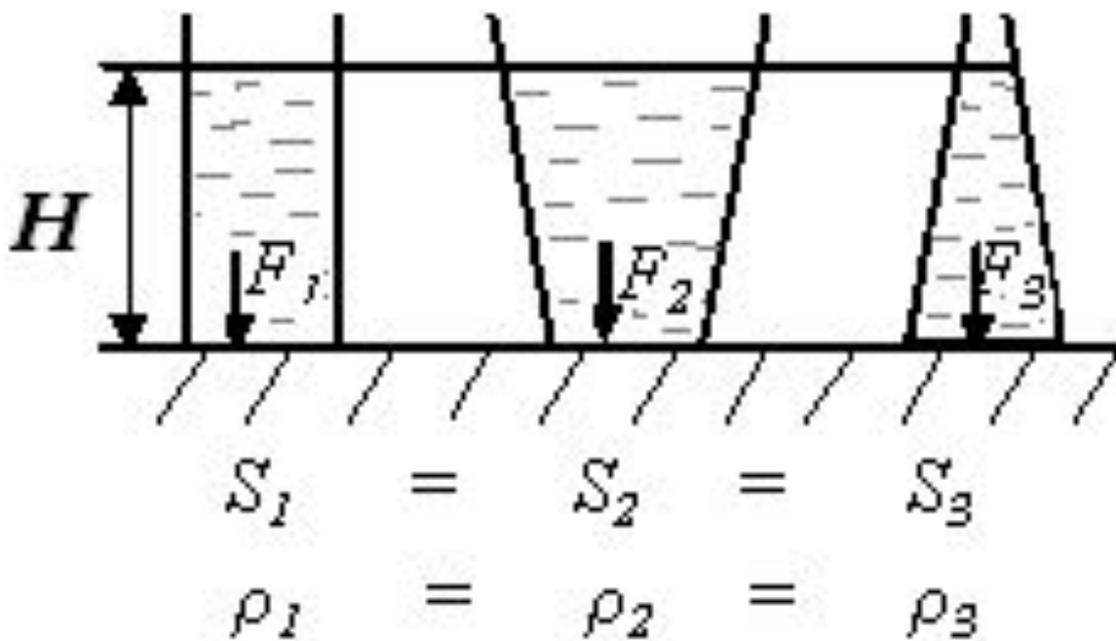
Сила давления на плоскую стенку



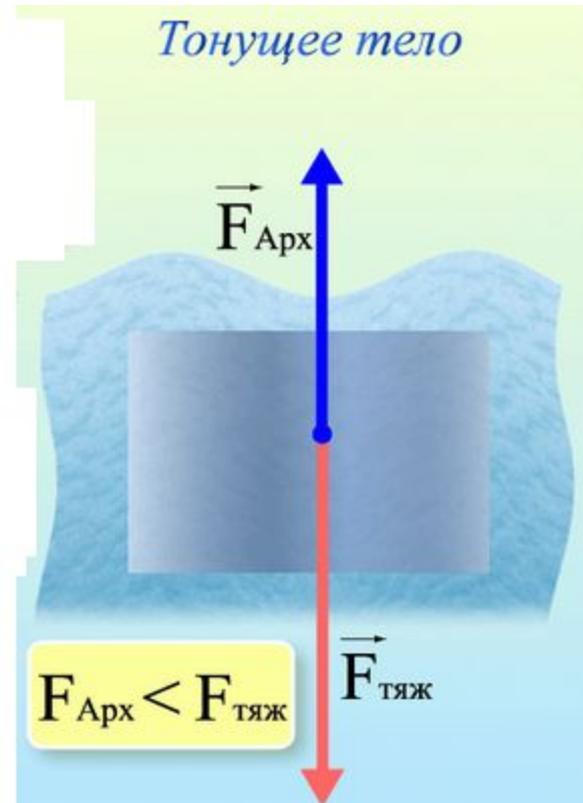
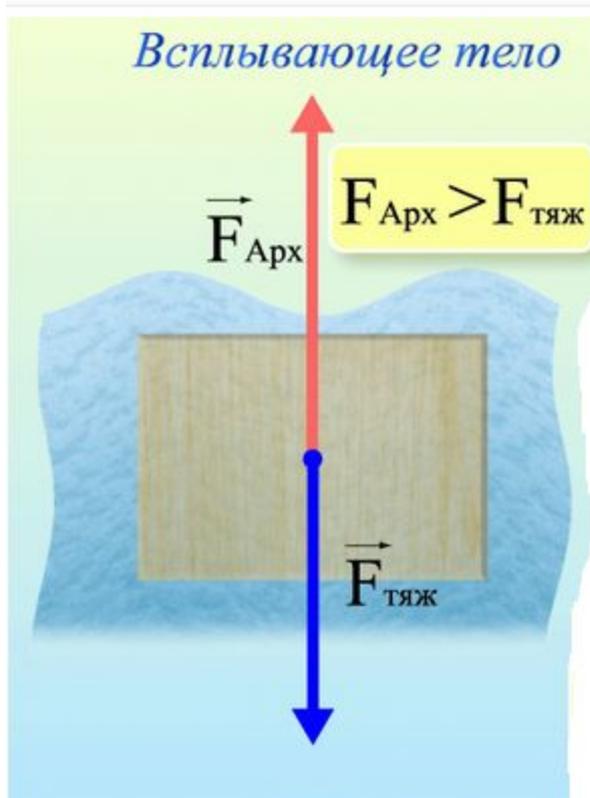
Сила давления на плоскую стенку



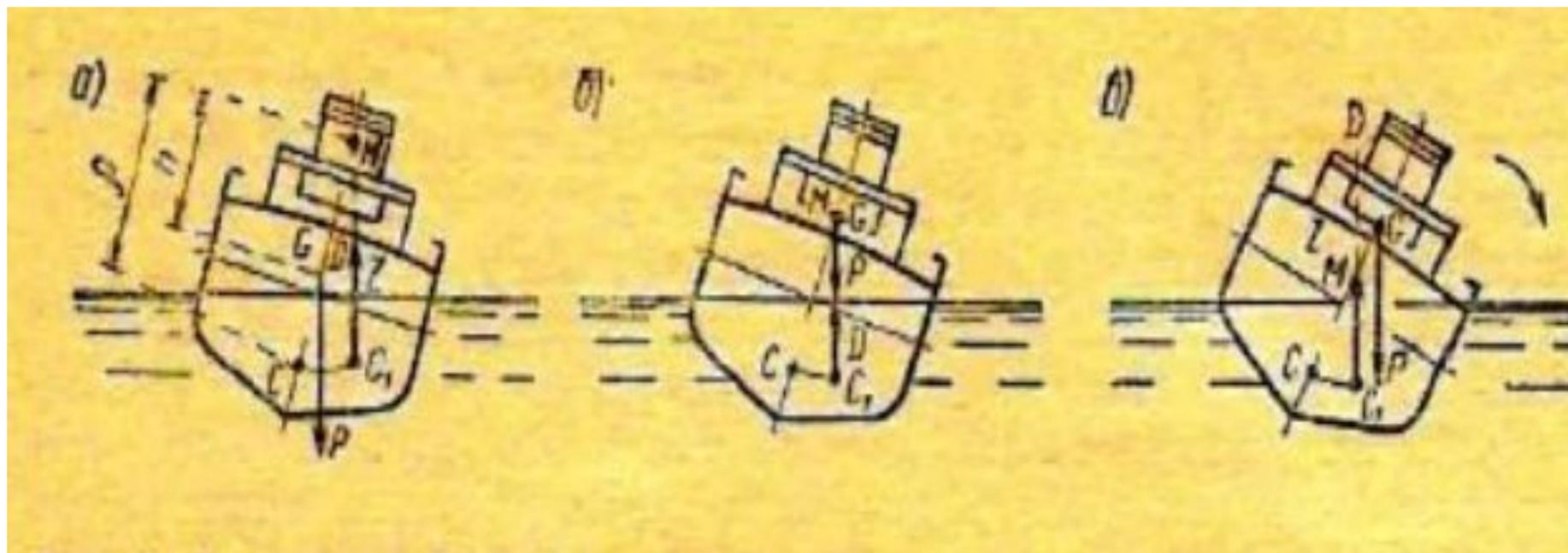
Гидростатический парадокс



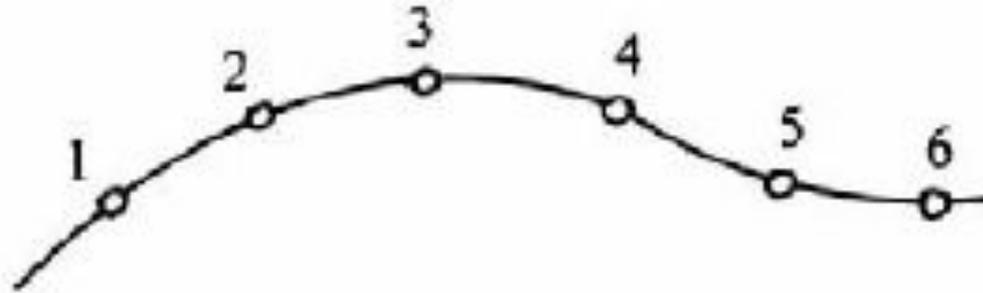
Закон Архимеда



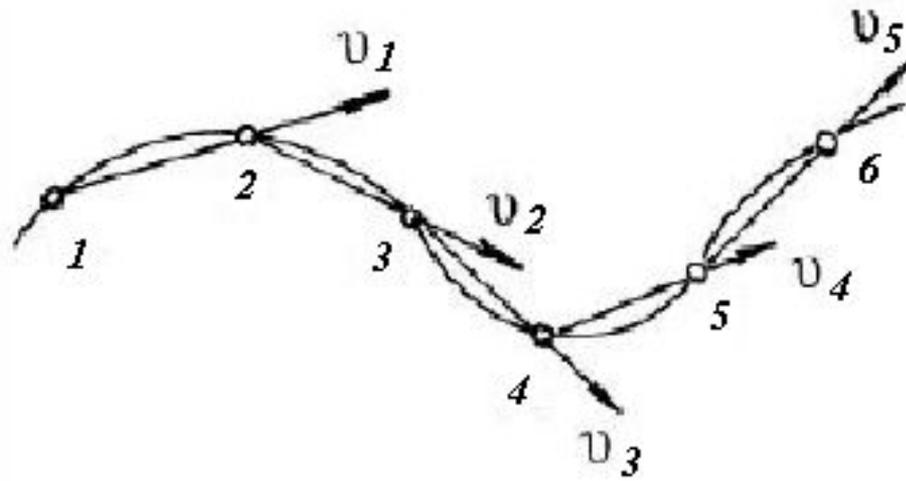
Остойчивость судна



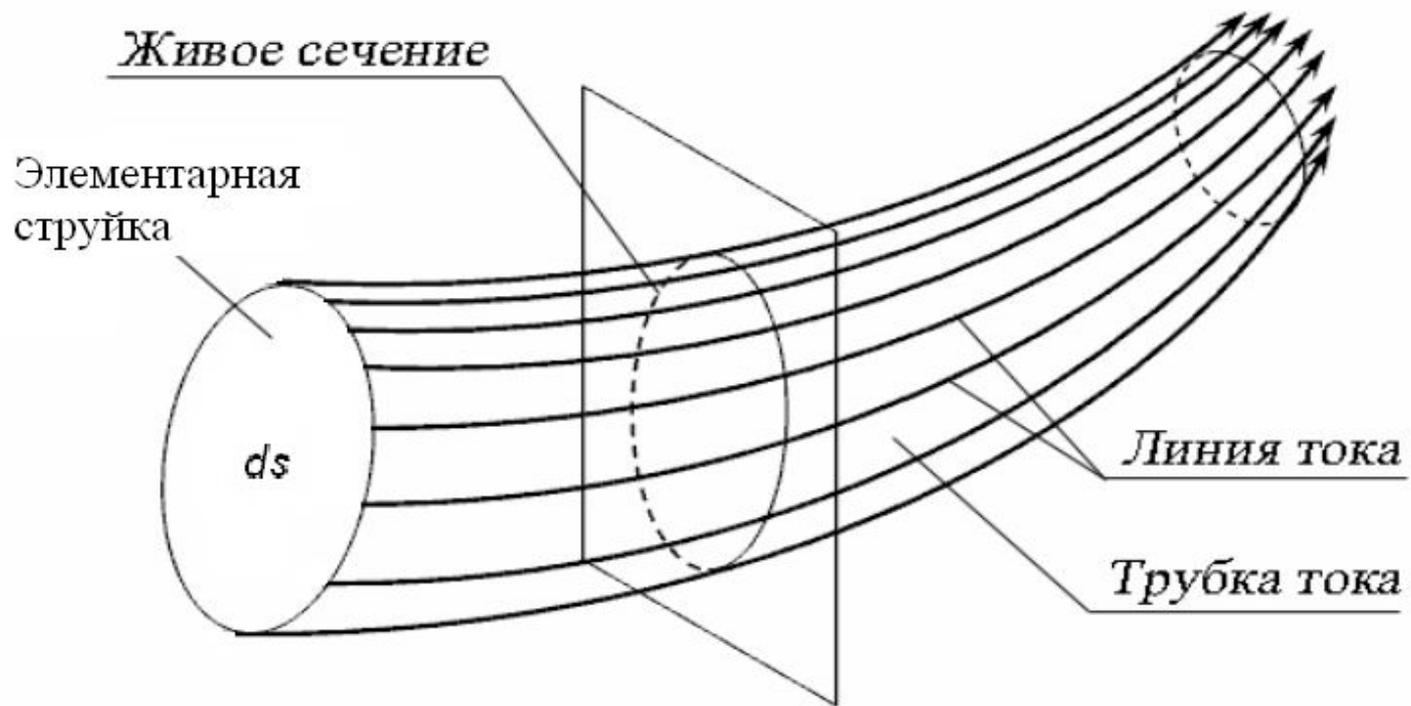
Гидродинамика



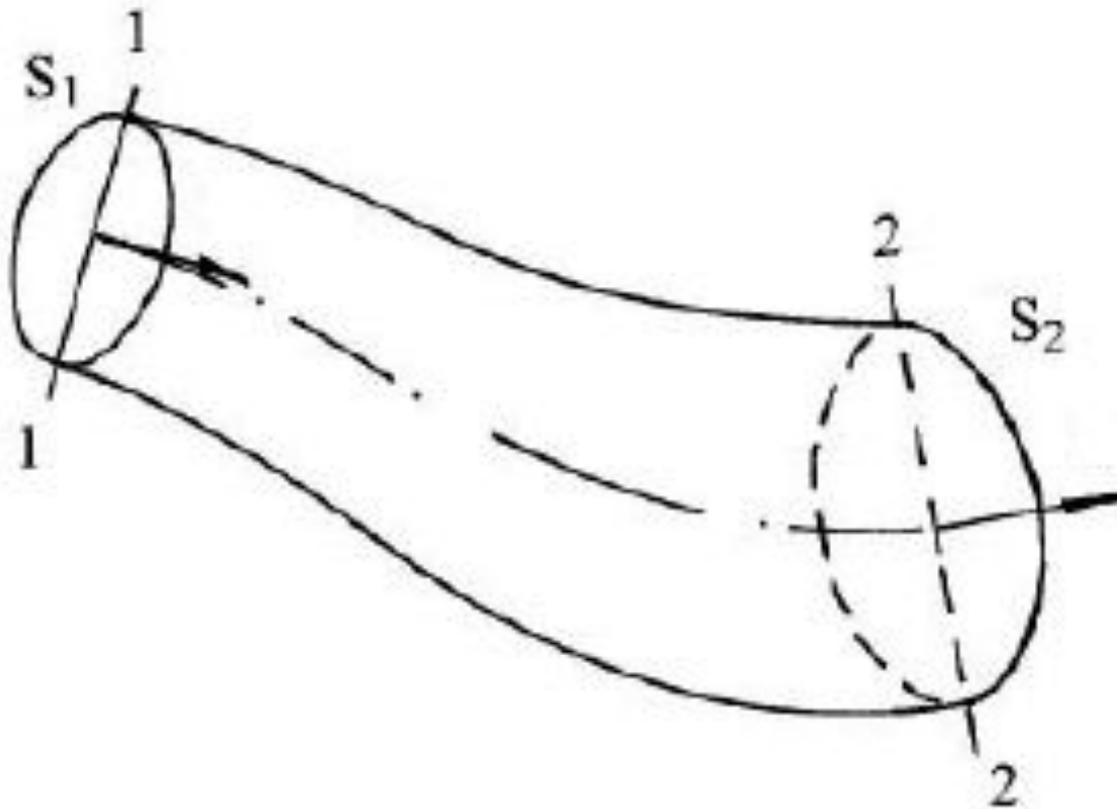
Траектория движения частицы жидкости

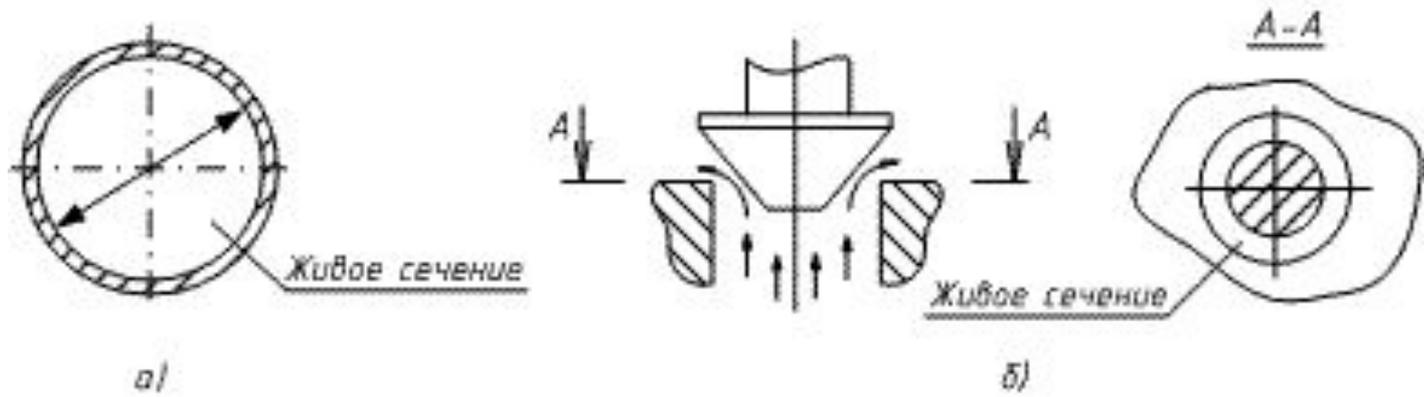


Линия тока



ПОТОК

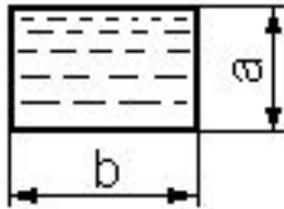




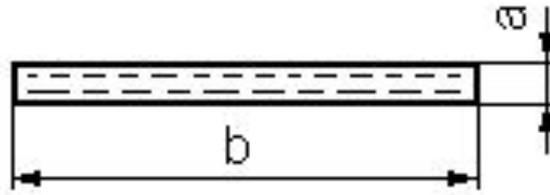
Живые сечения: а - трубы, б - клапана



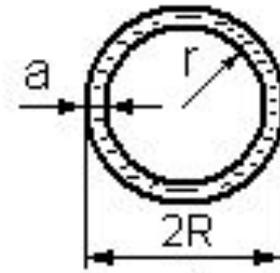
Определение гидравлического радиуса



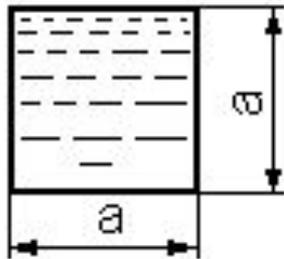
a)



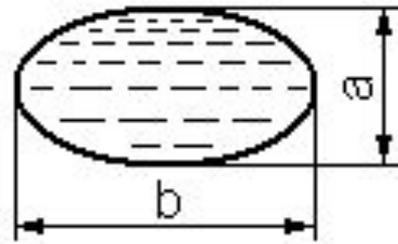
б)



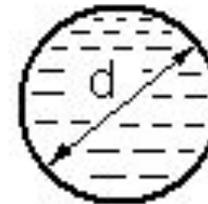
в)



г)

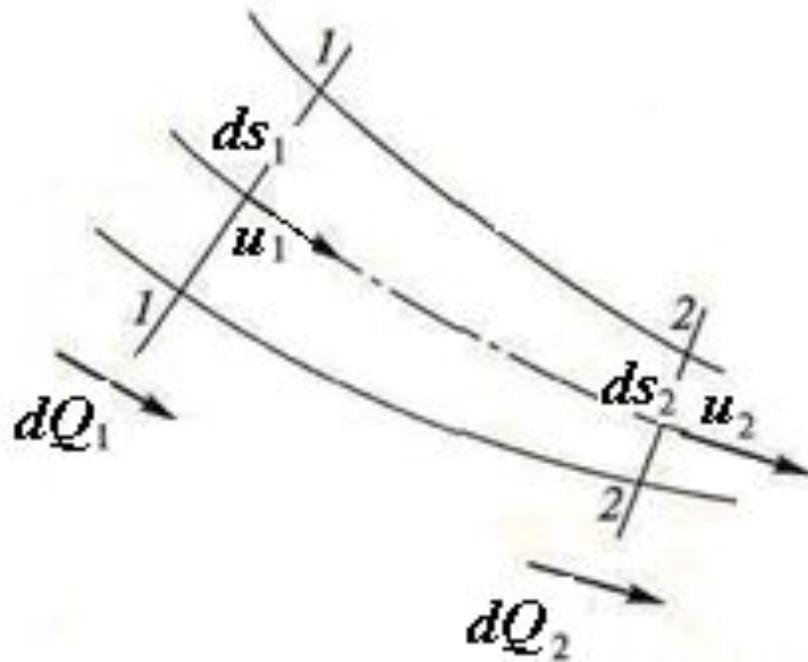


д)



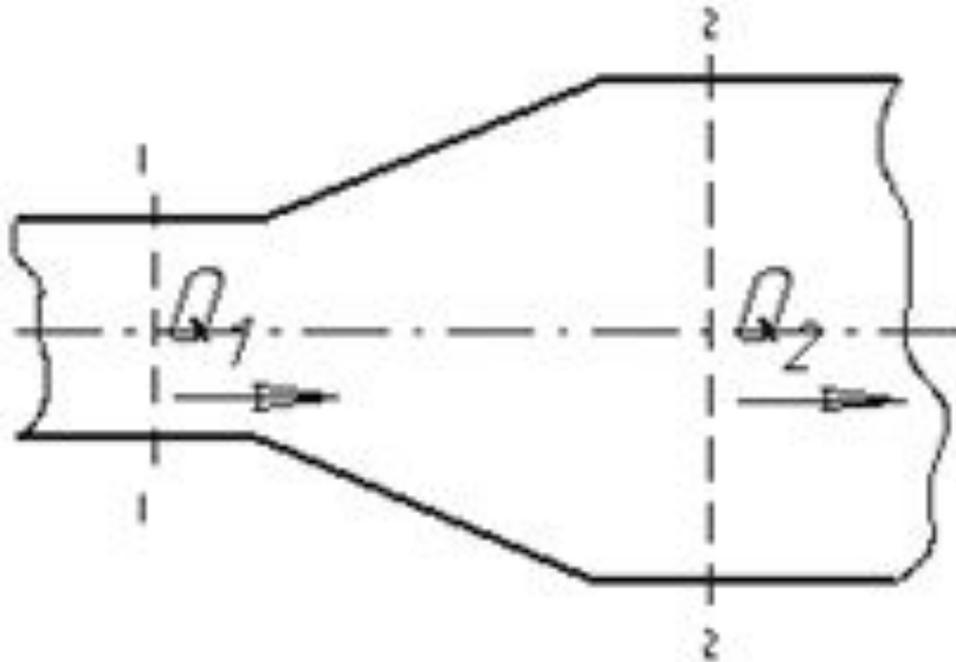
е)

Уравнение неразрывности

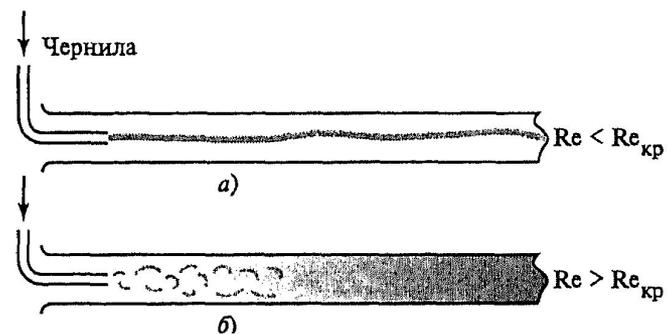
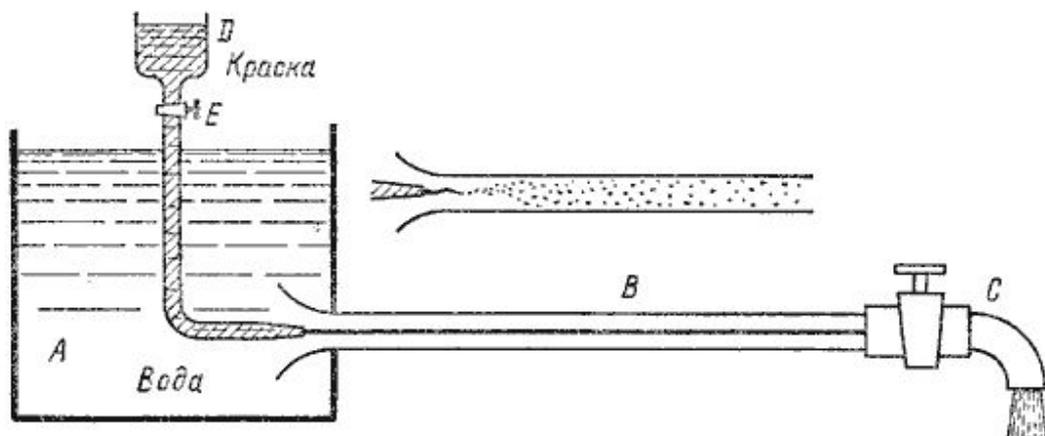


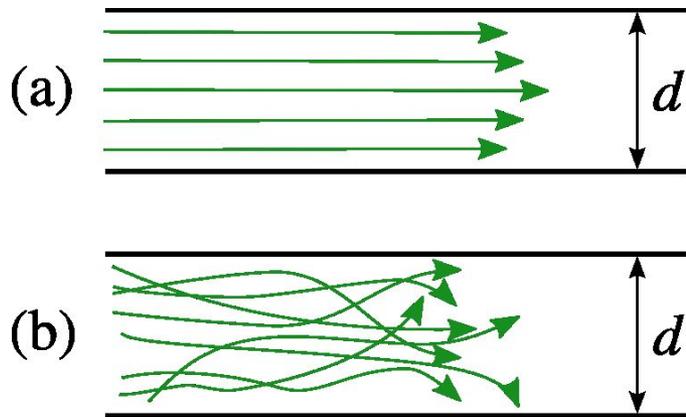
элементарная струйка жидкости

Уравнение неразрывности для потока жидкости

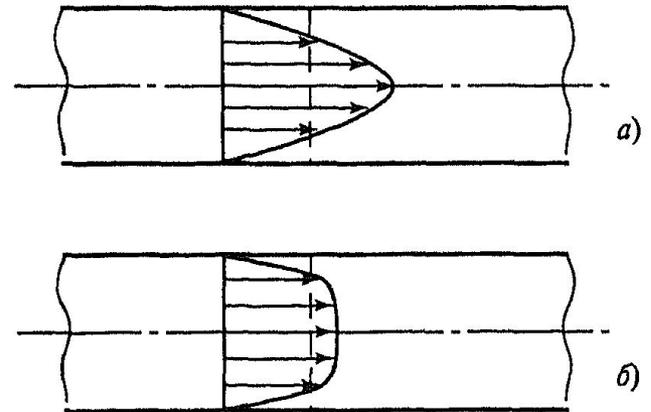


Опыт Рейнольдса



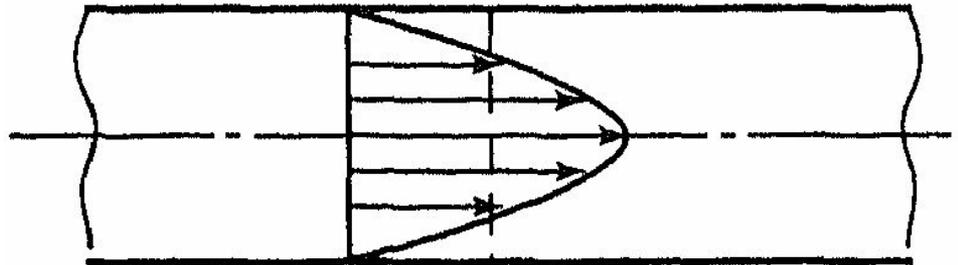
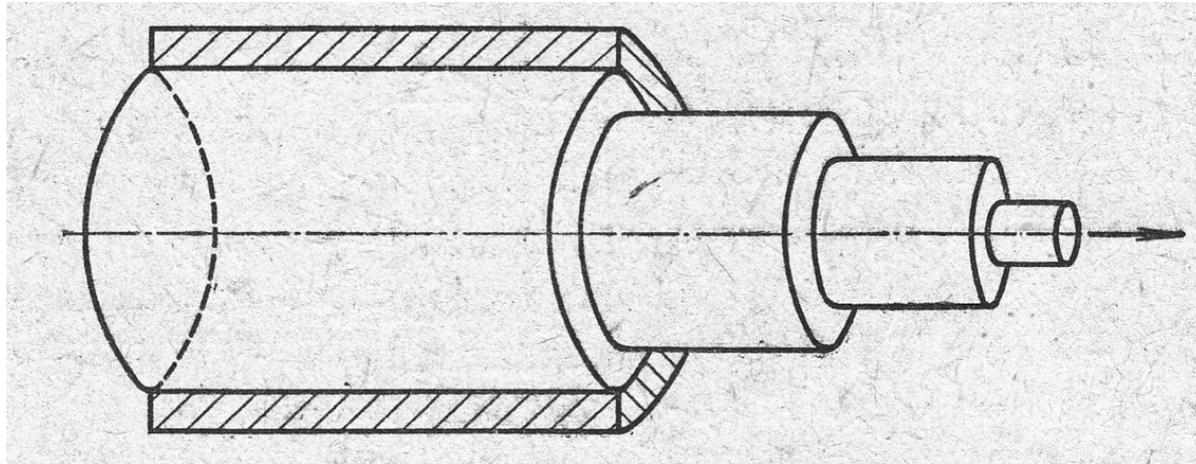


Схематичное изображение ламинарного (a) и турбулентного (b) течения в плоском слое

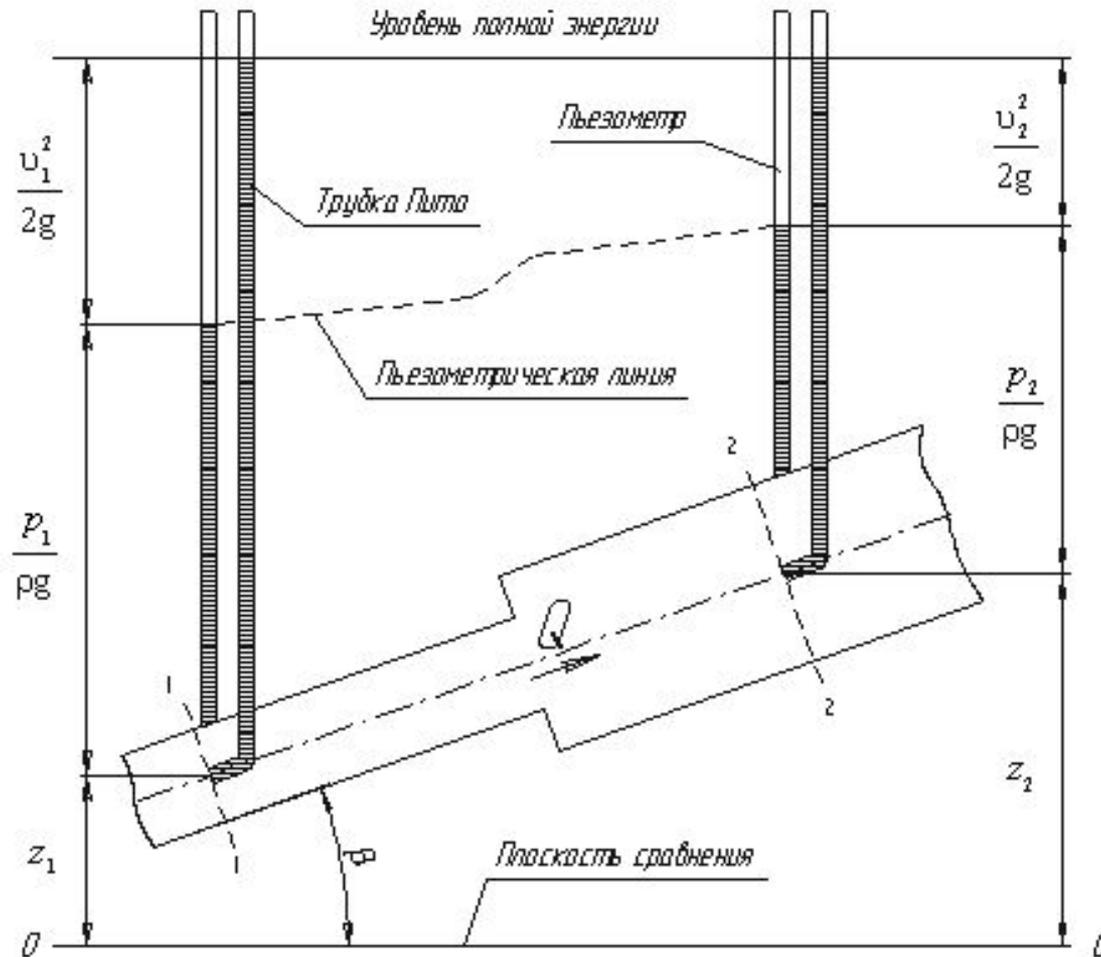


Сопоставление формы профиля скорости ламинарного (a) и турбулентного течения. Вертикальная пунктирная линия – эюра средней по сечению скорости.

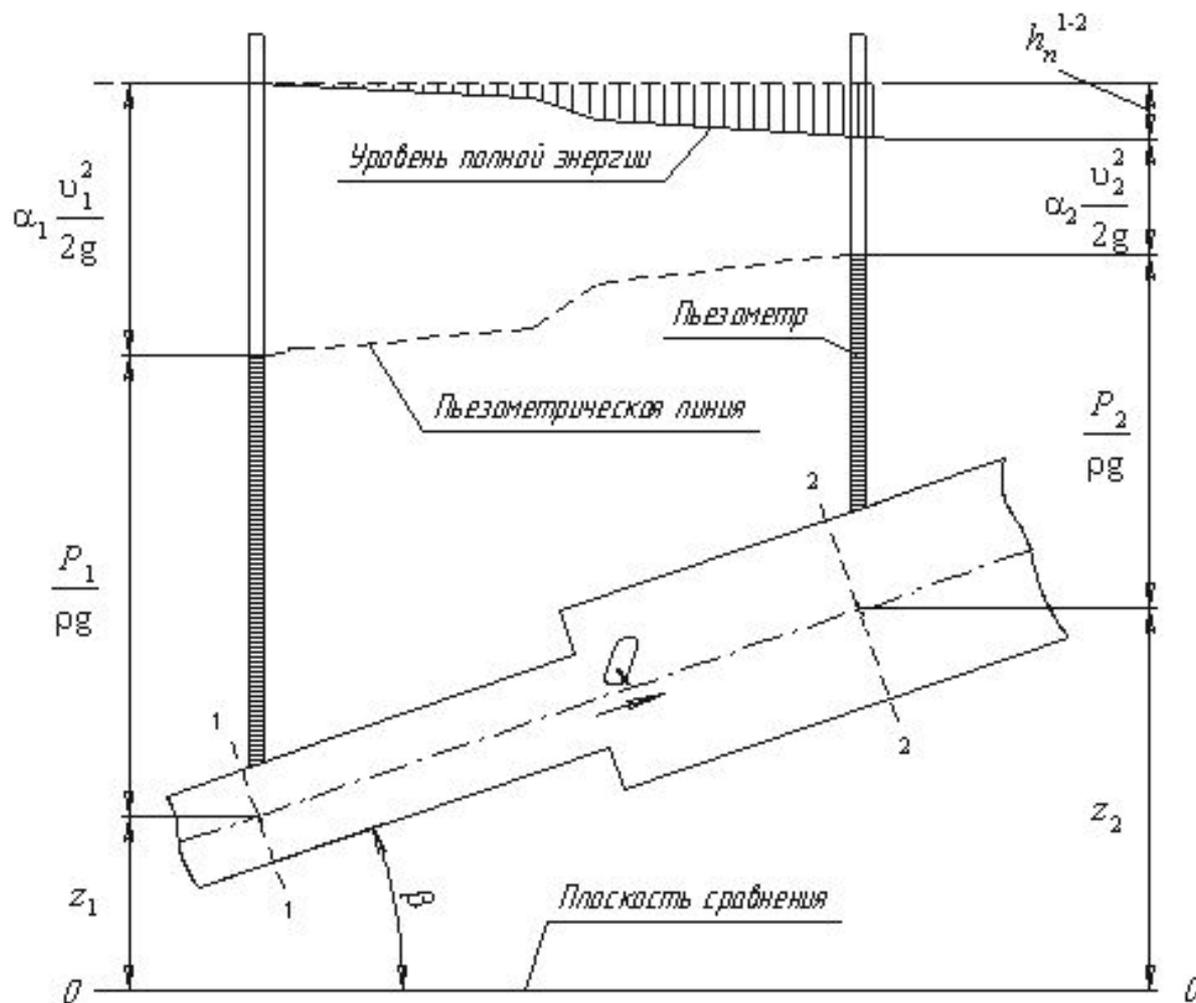
Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке



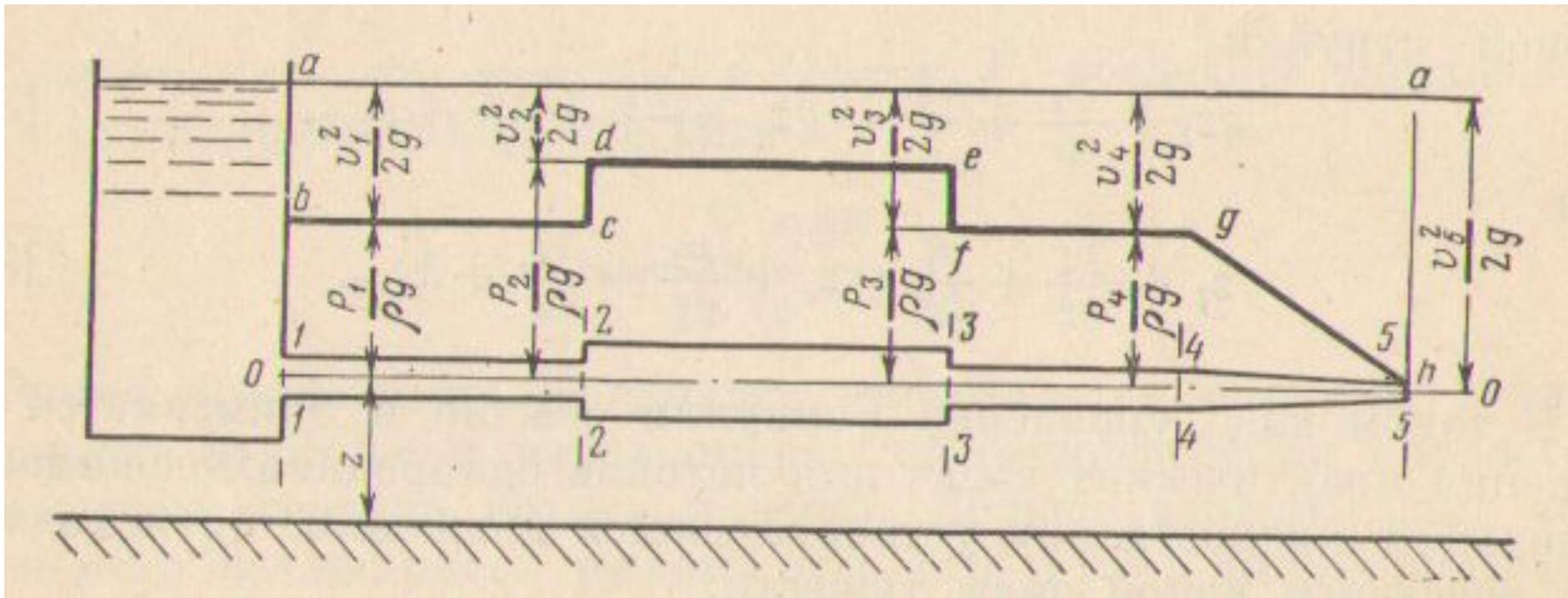
Уравнение Д. Бернулли для идеальной жидкости



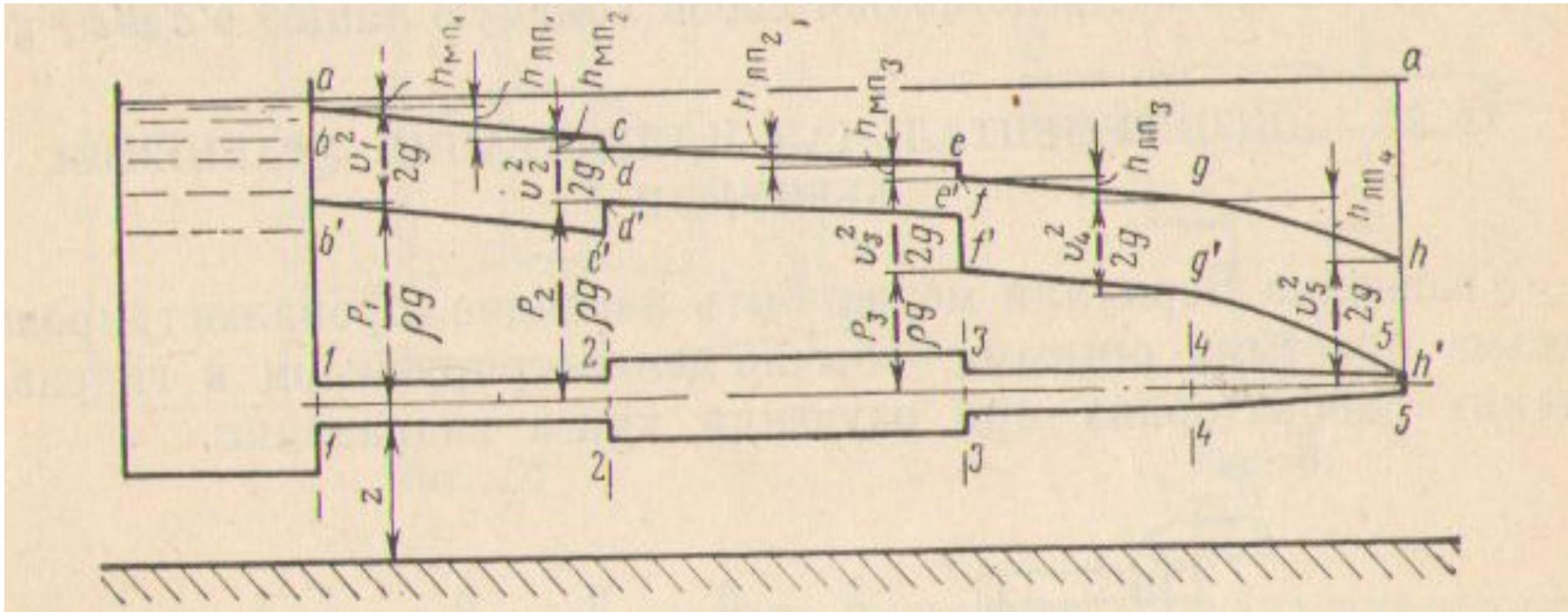
Уравнение Д. Бернулли для реальной жидкости



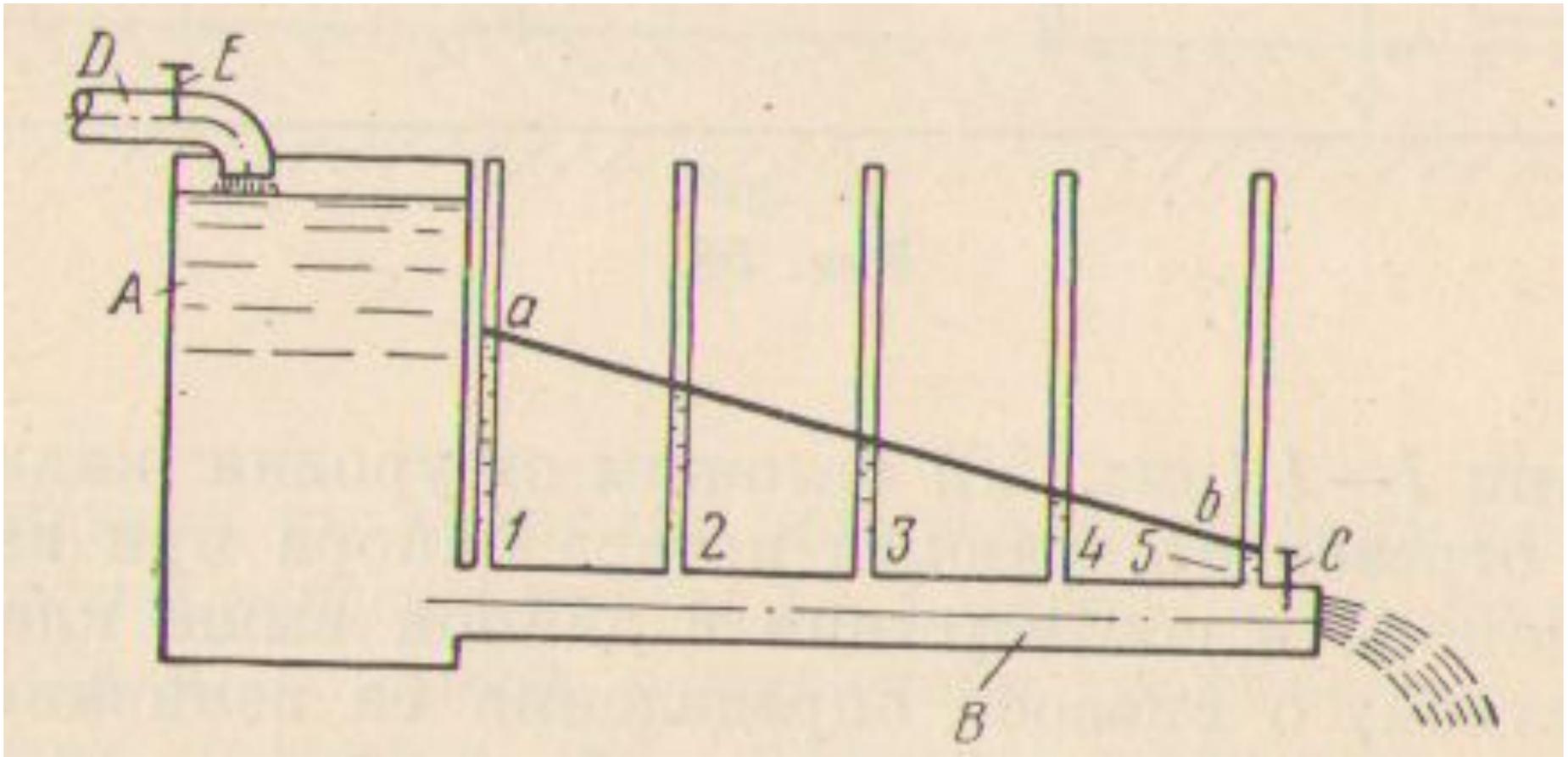
Идеальная жидкость



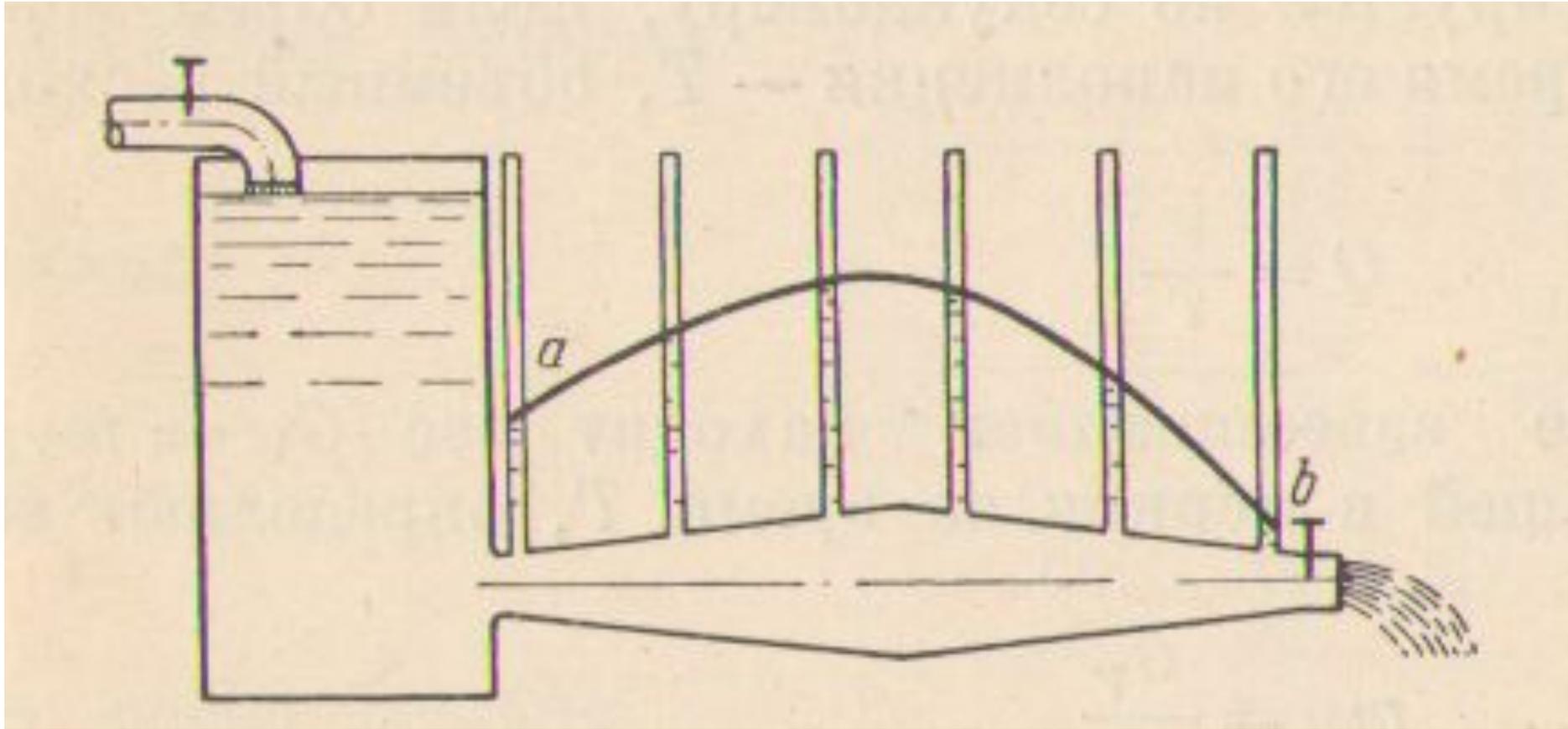
Реальная жидкость



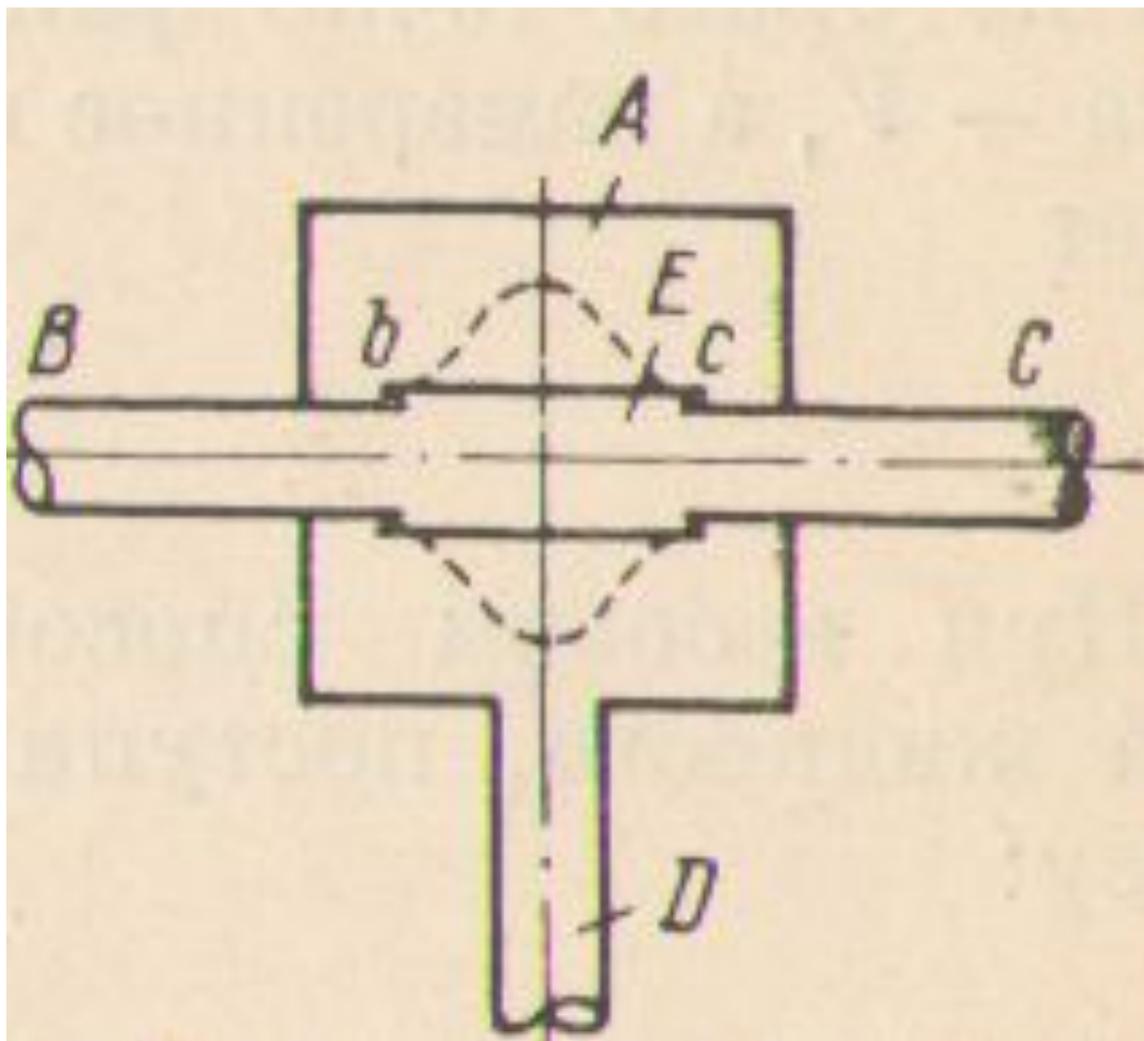
Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли



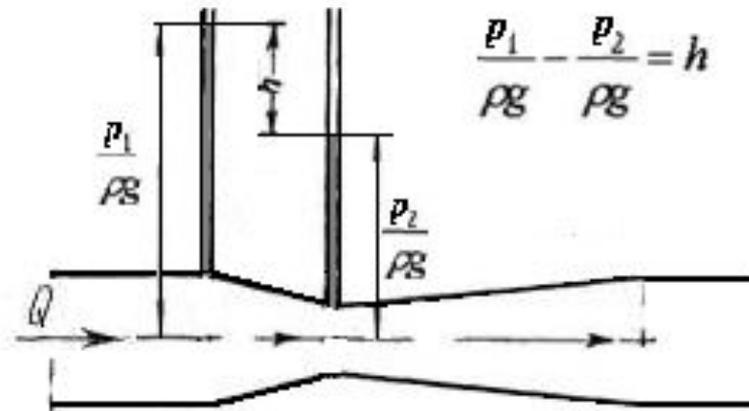
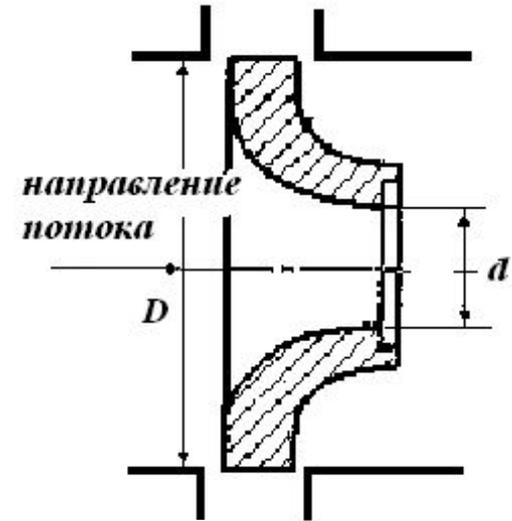
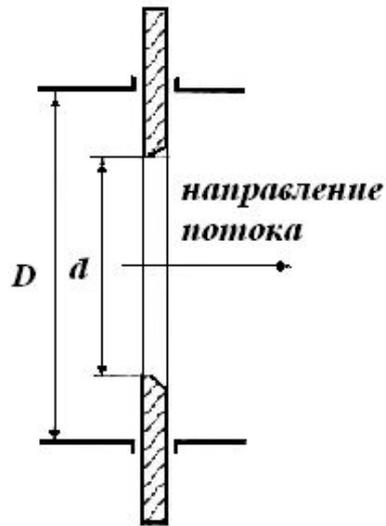
Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли



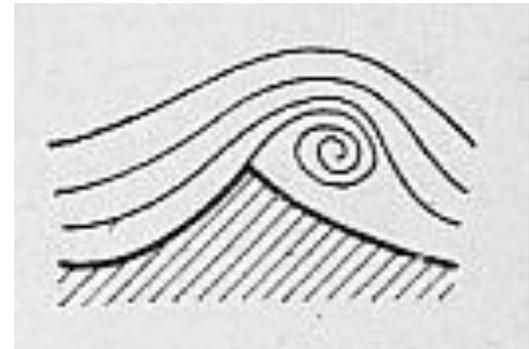
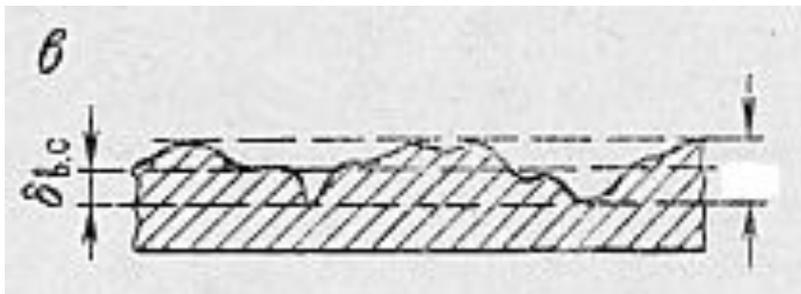
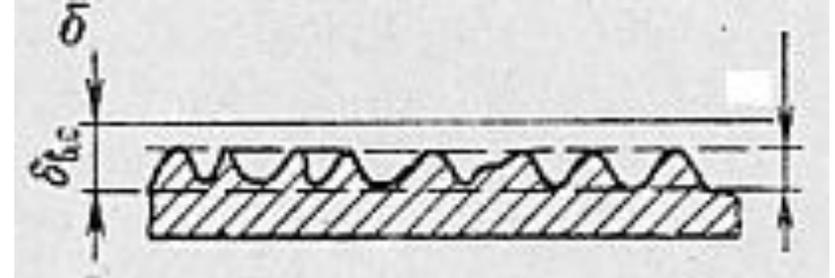
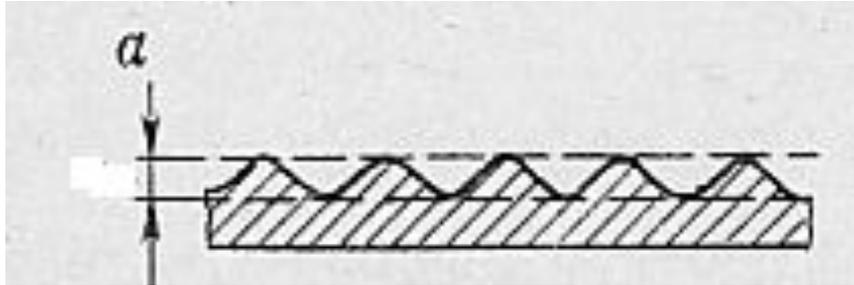
Гидродинамический парадокс



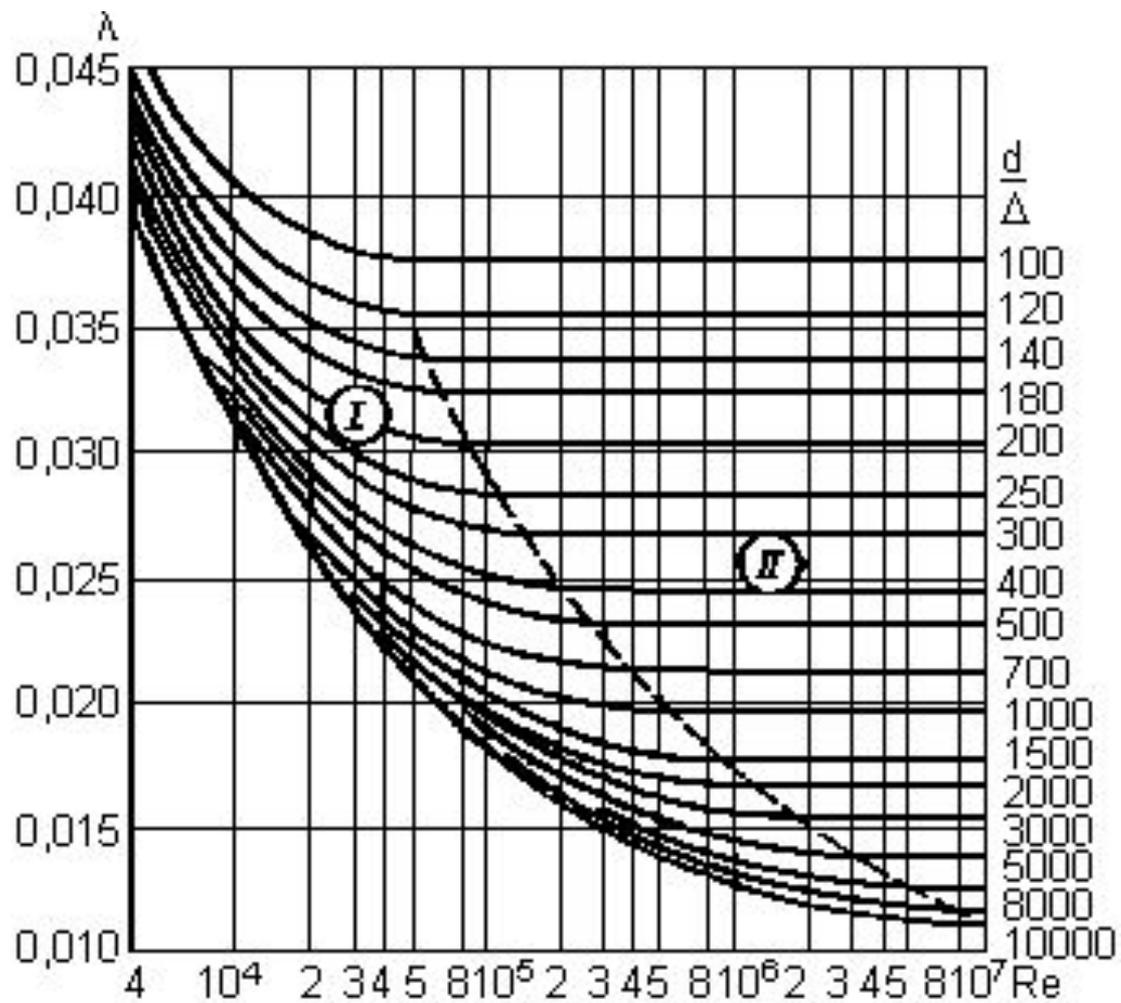
Измерение расхода жидкости с помощью дроссельных расходомеров



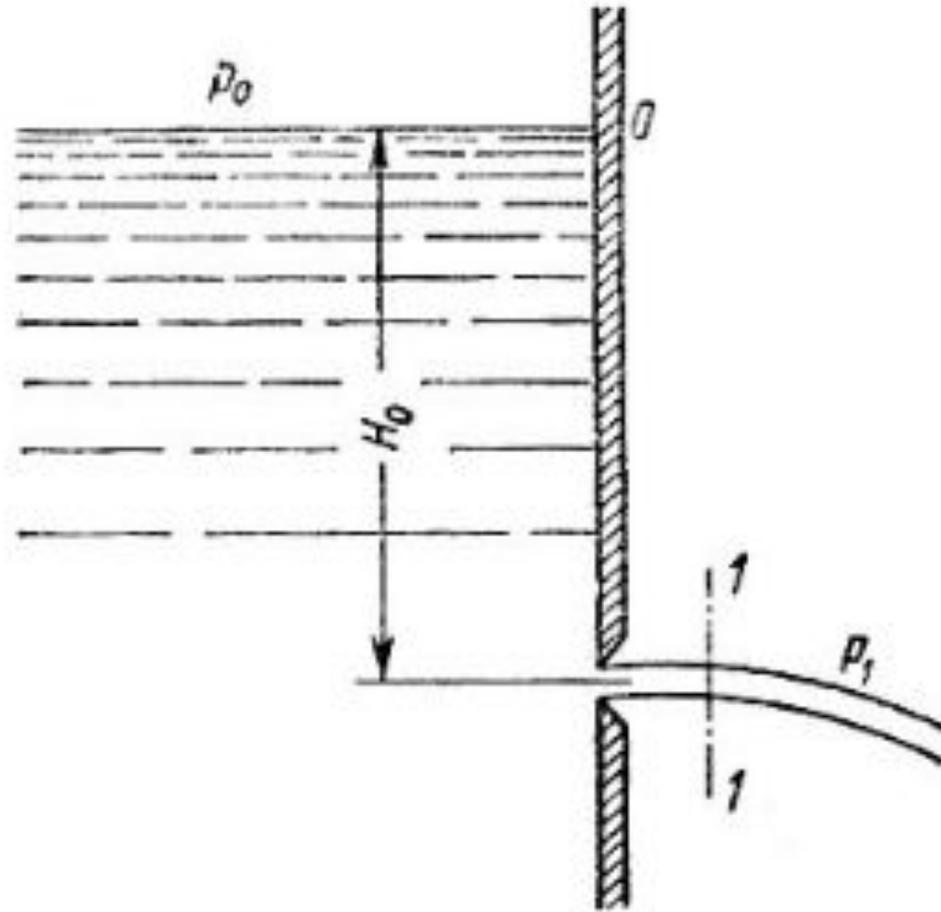
Шероховатость стенок



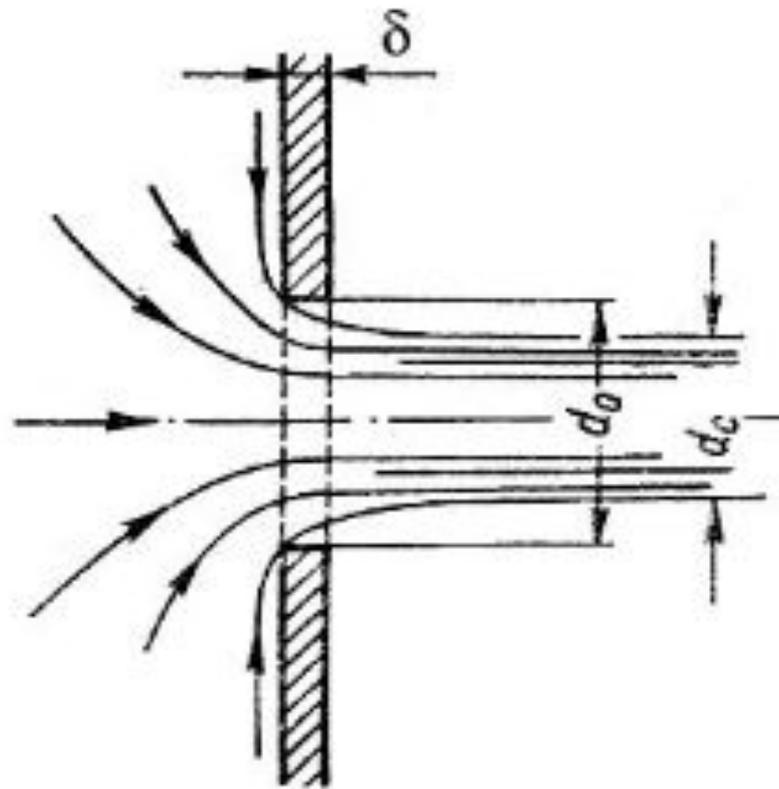
Потери напора



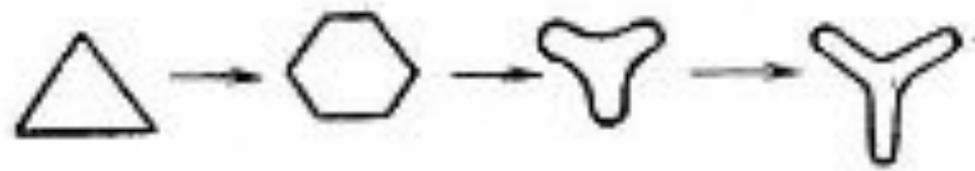
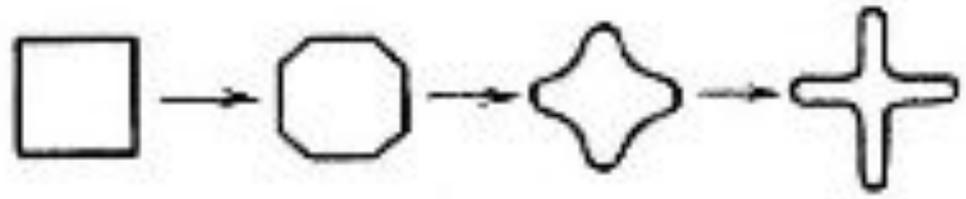
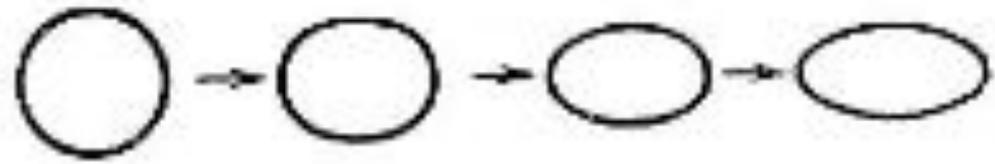
Истечение жидкости в тонкой стенке



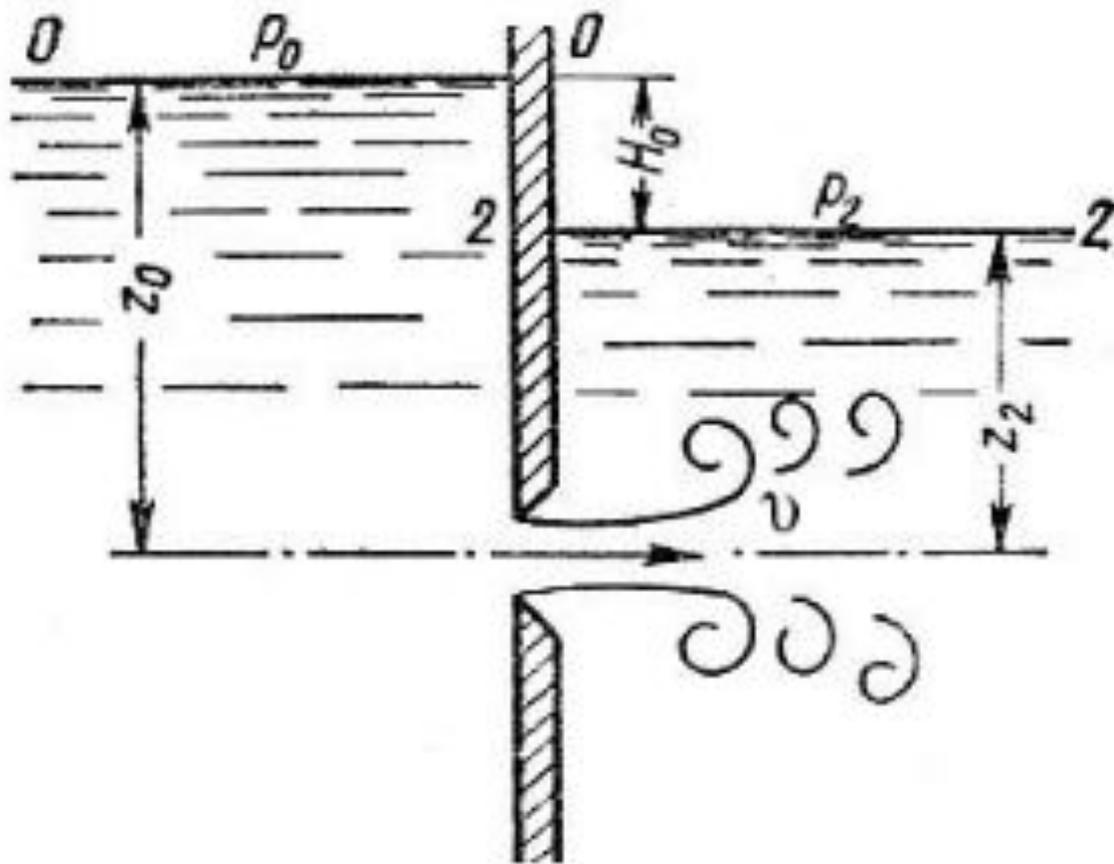
Истечение жидкости через круглое отверстие



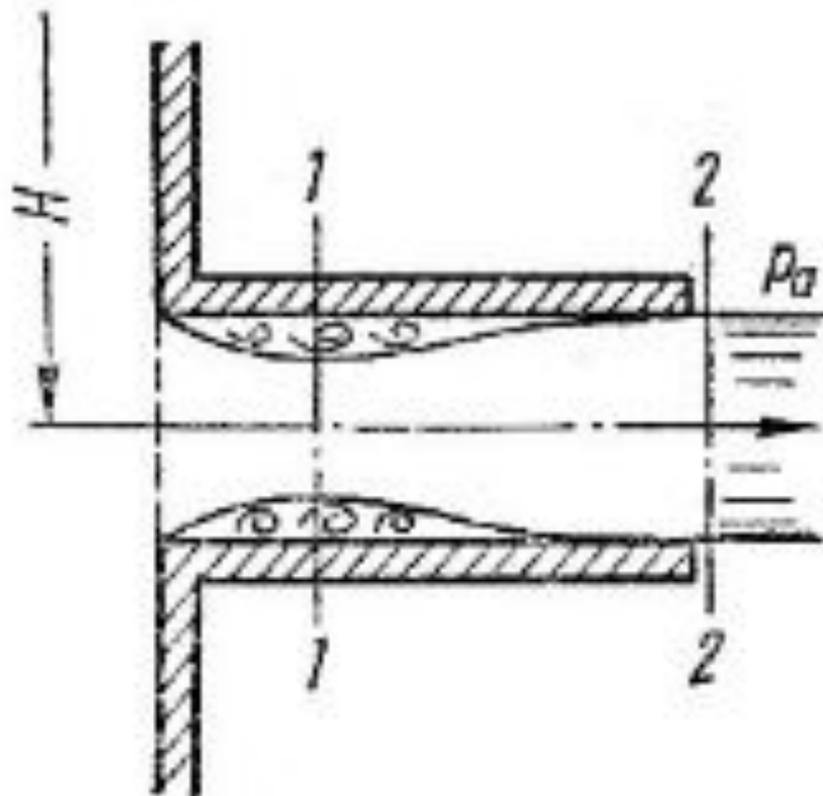
Инверсия струй



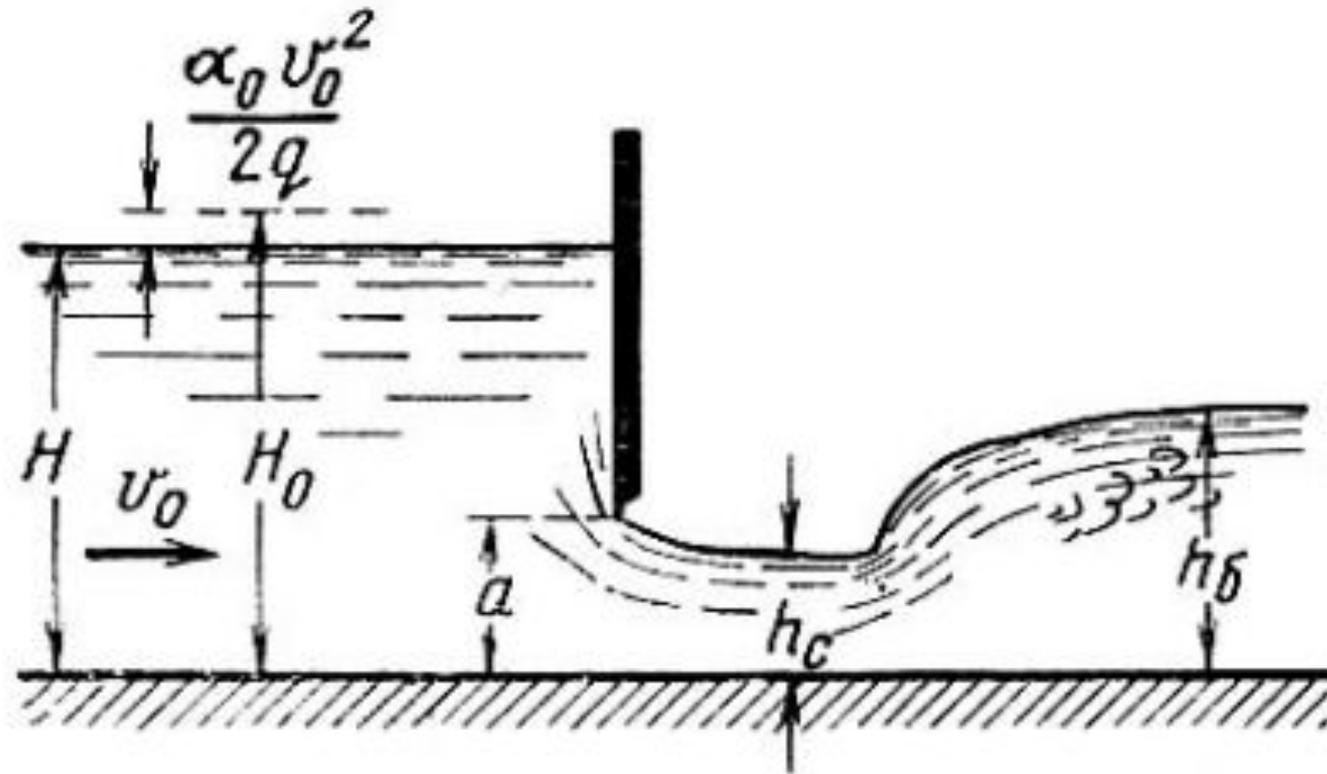
Истечение под уровень



Истечение через насадок



Истечение из под затвора через незатопленное отверстие



Истечение из-под затвора при затопленном отверстии

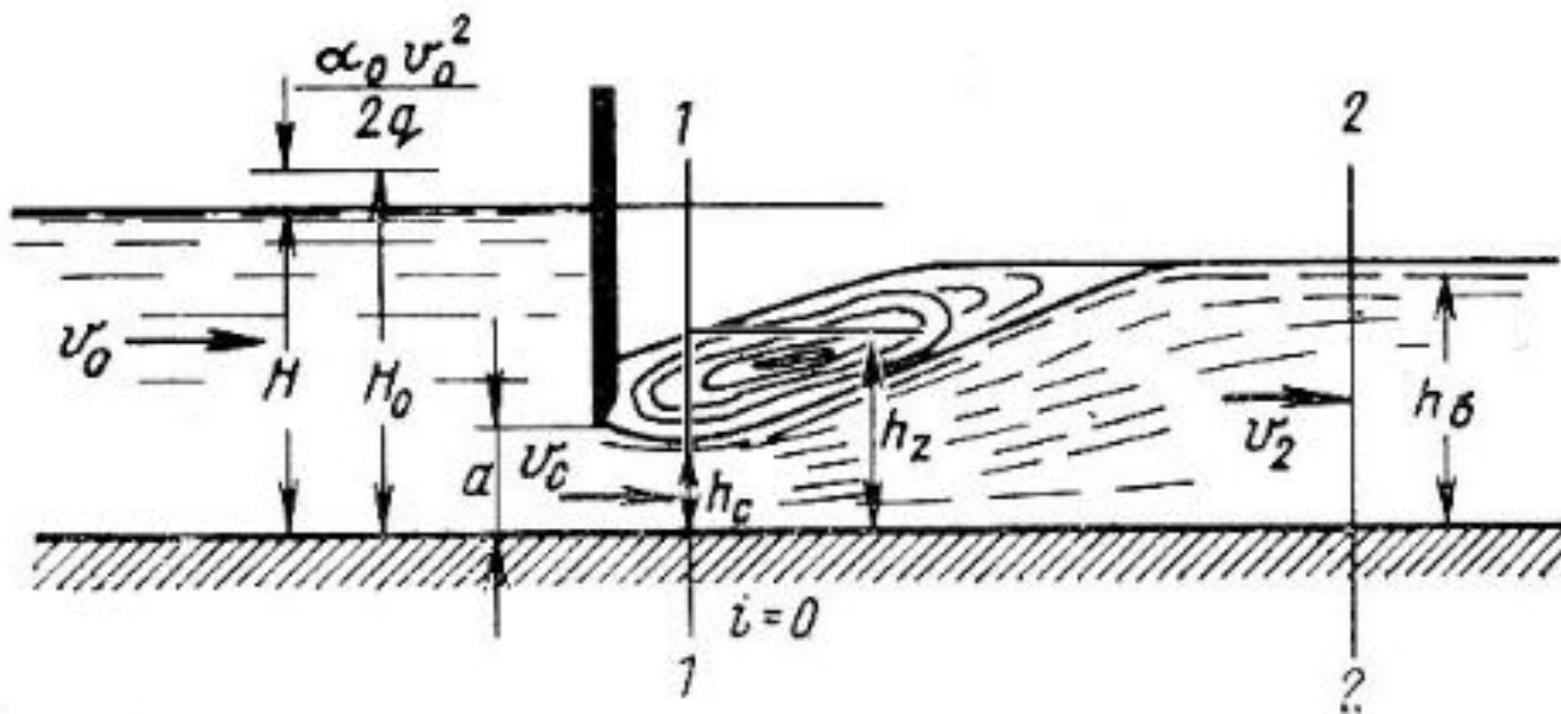
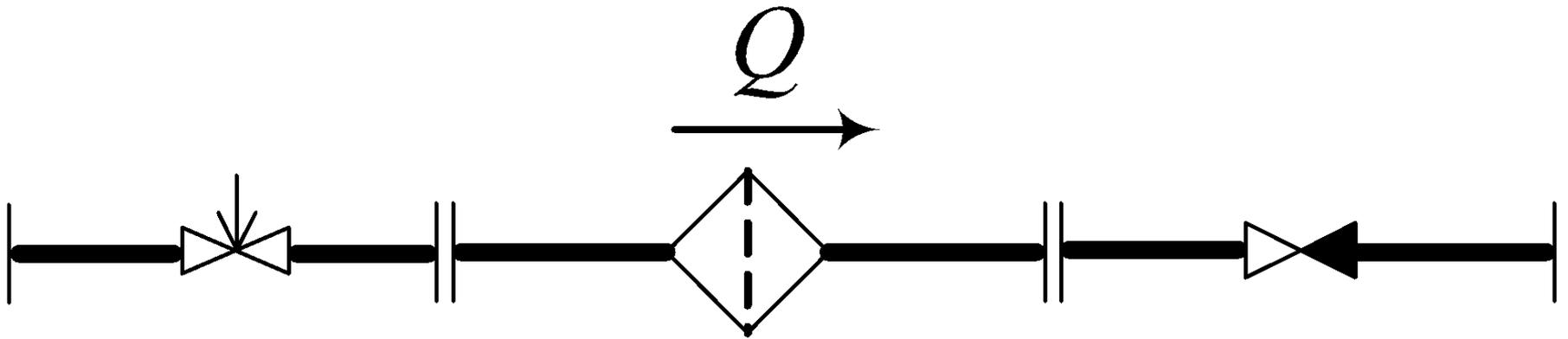


Схема последовательного трубопровода



Истечение жидкости через отверстия, насадки

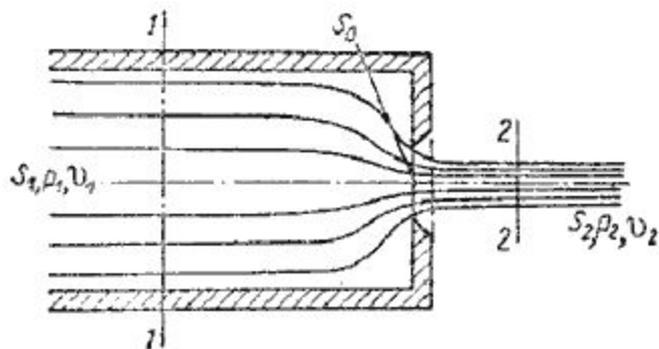


Схема несовершенного
сжатия струи

Характеристика последовательно соединенного трубопровода

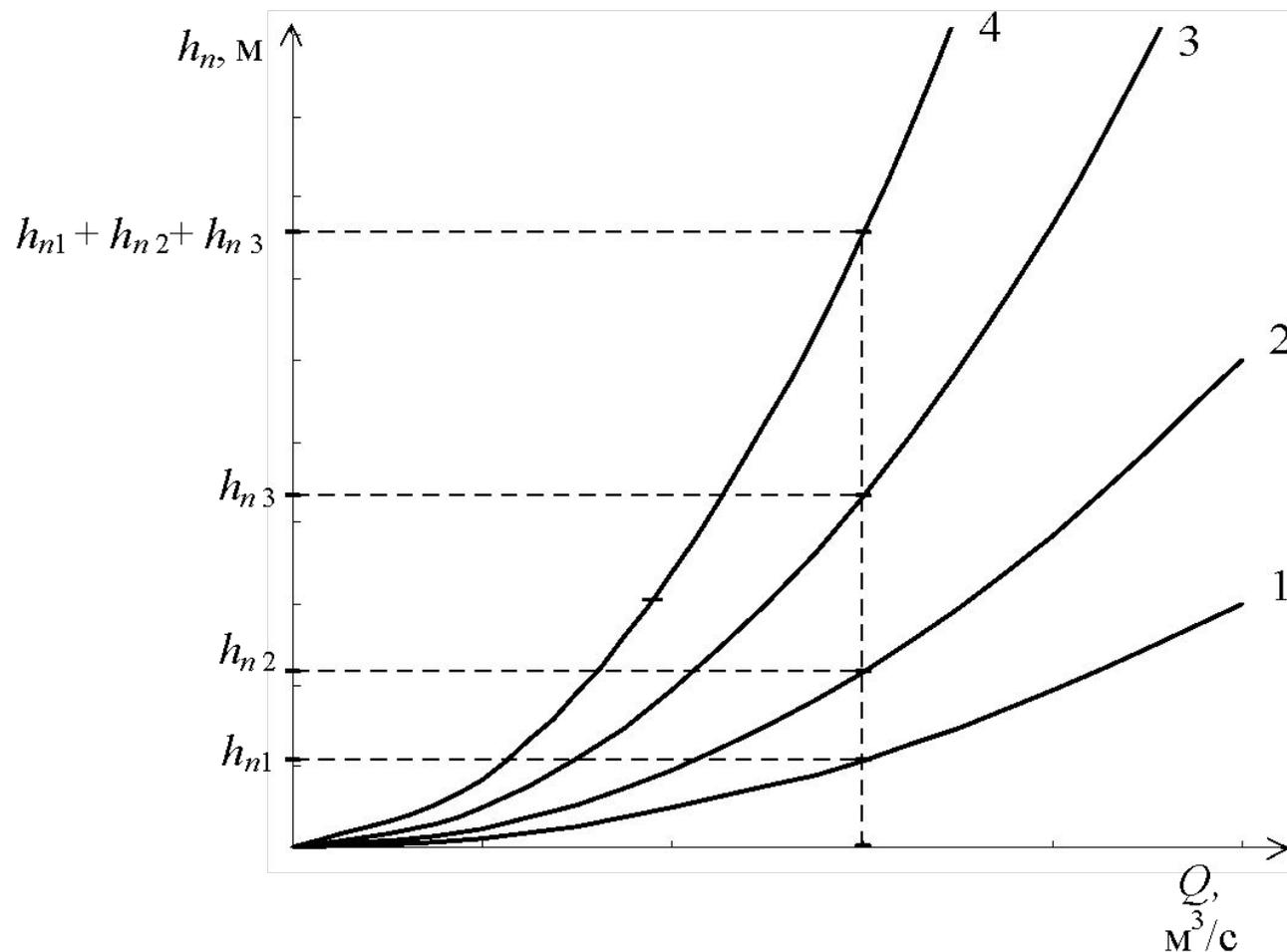
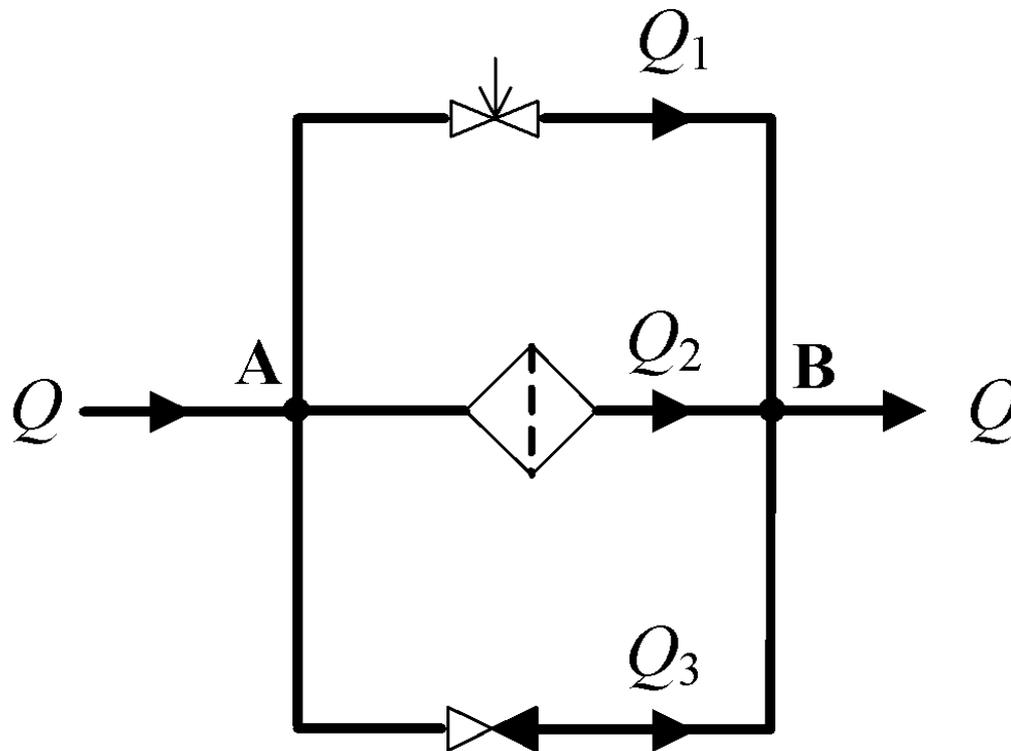


Схема параллельного трубопровода



Характеристика параллельно соединенного трубопровода

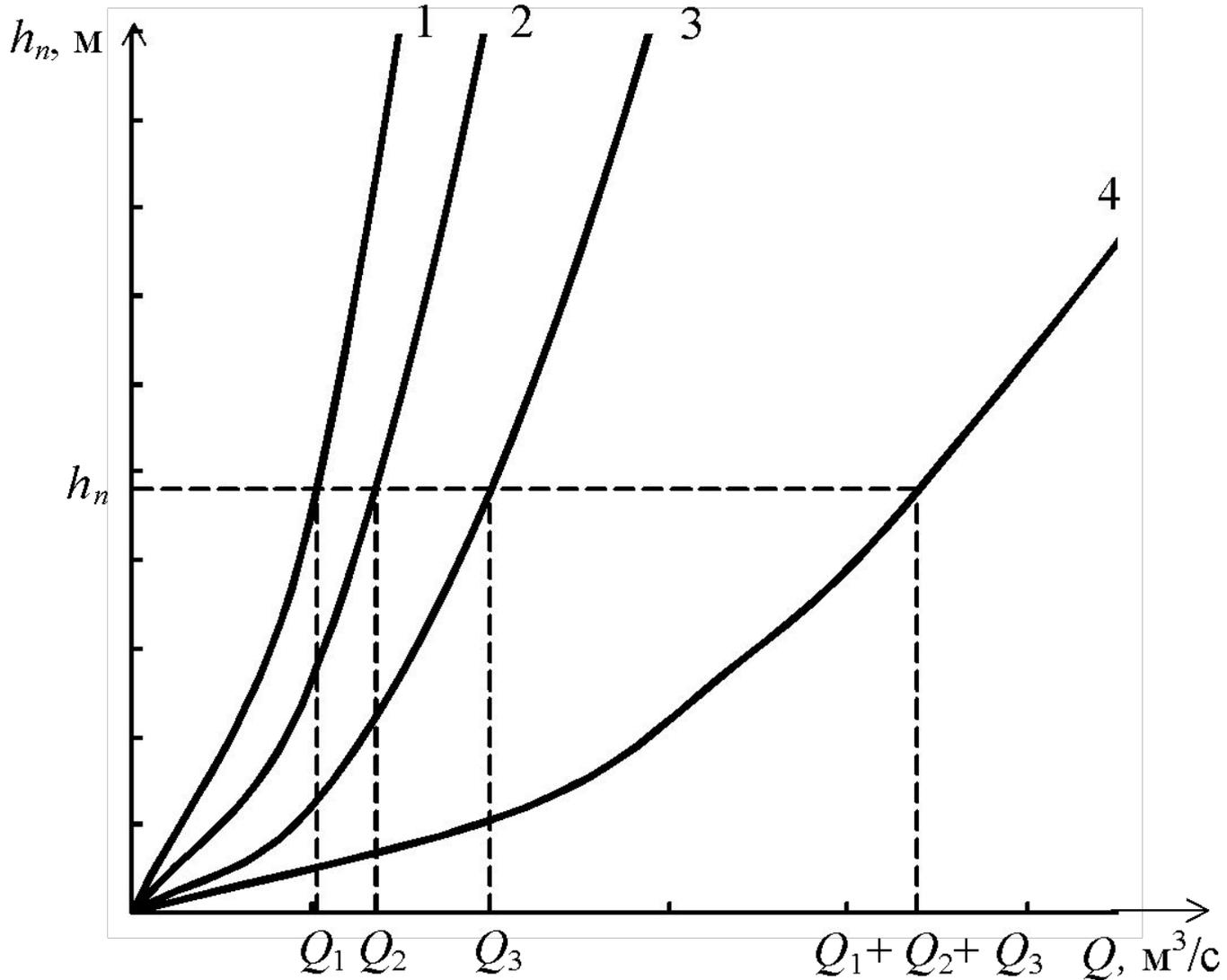
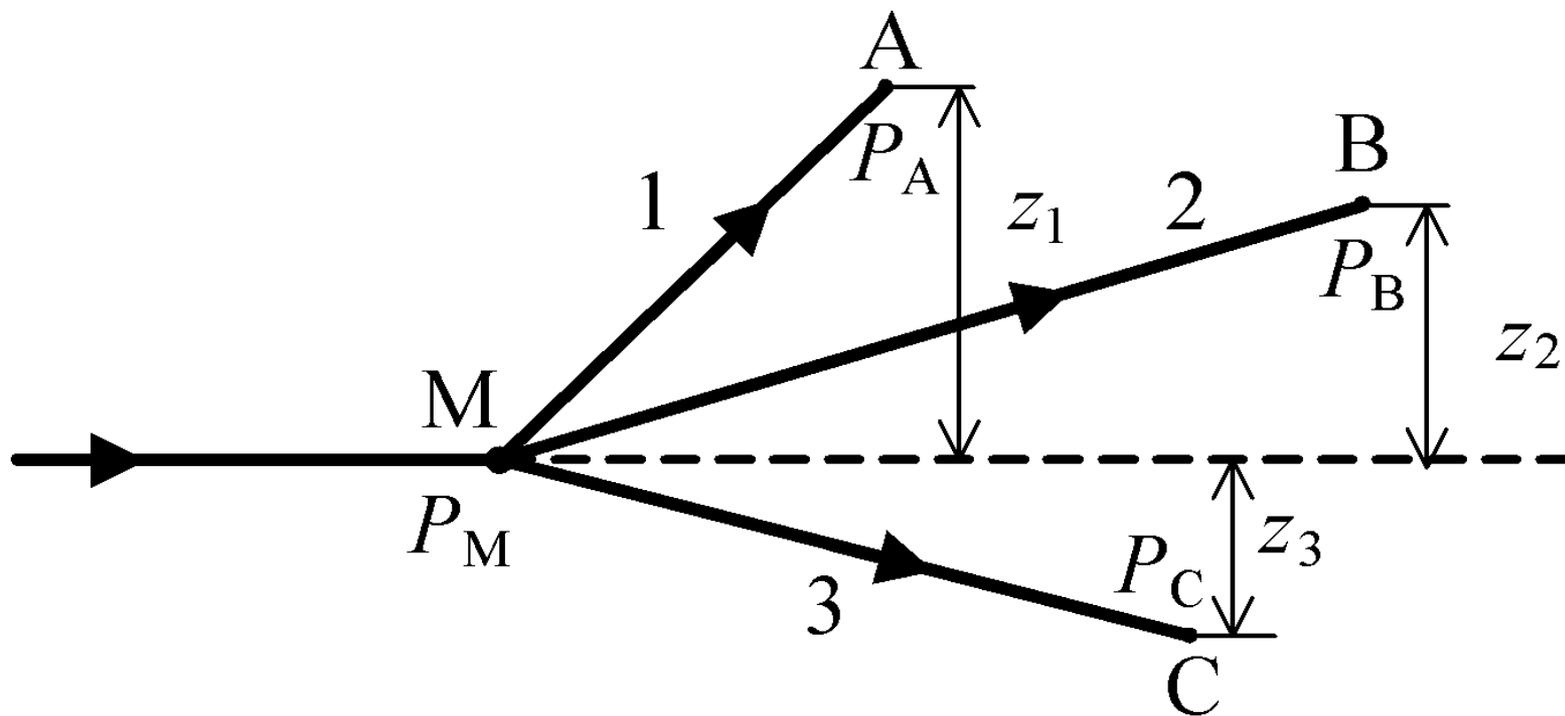


Схема сложного разветвленного трубопровода



Характеристика сложного разветвленного трубопровода

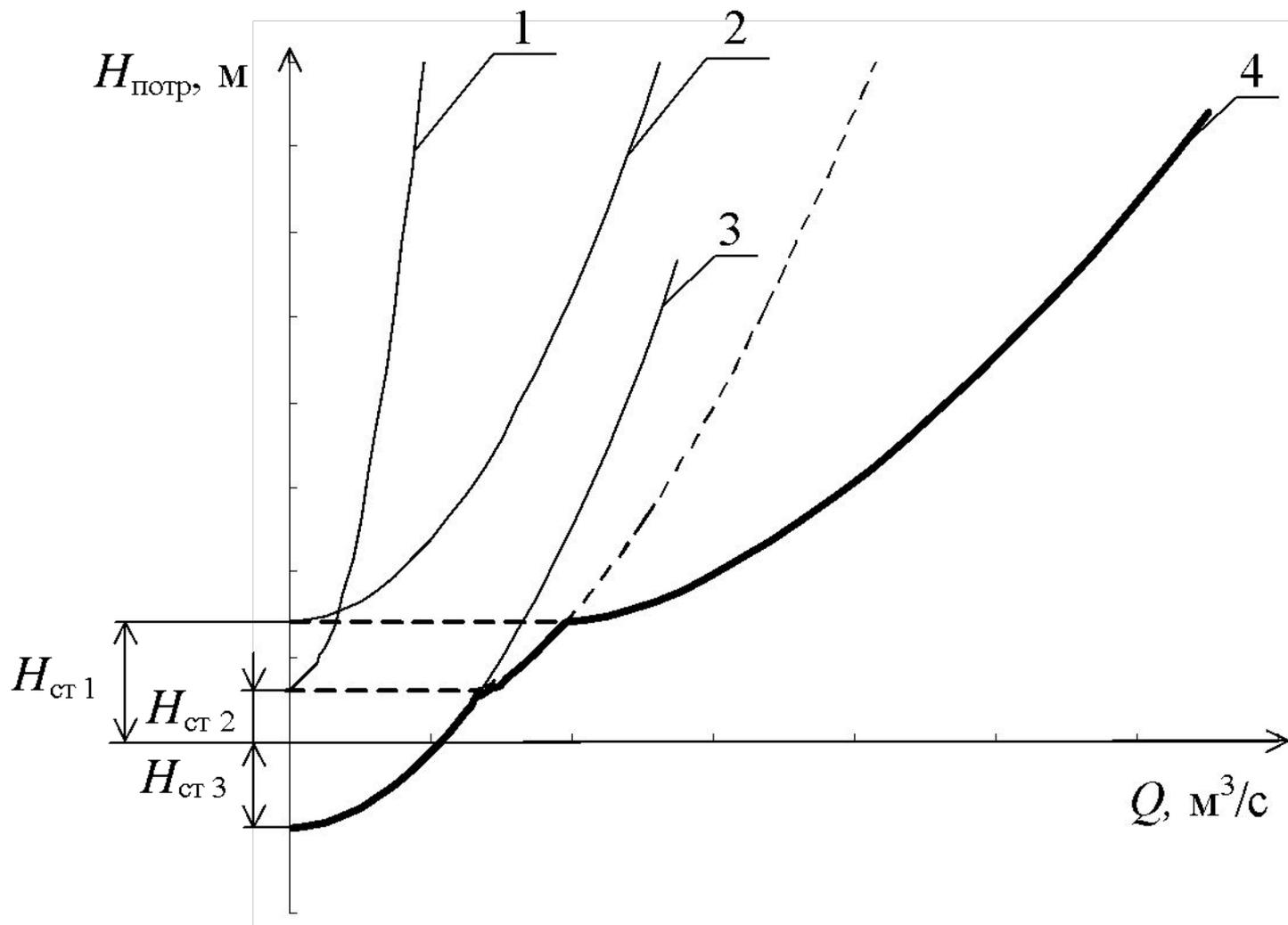
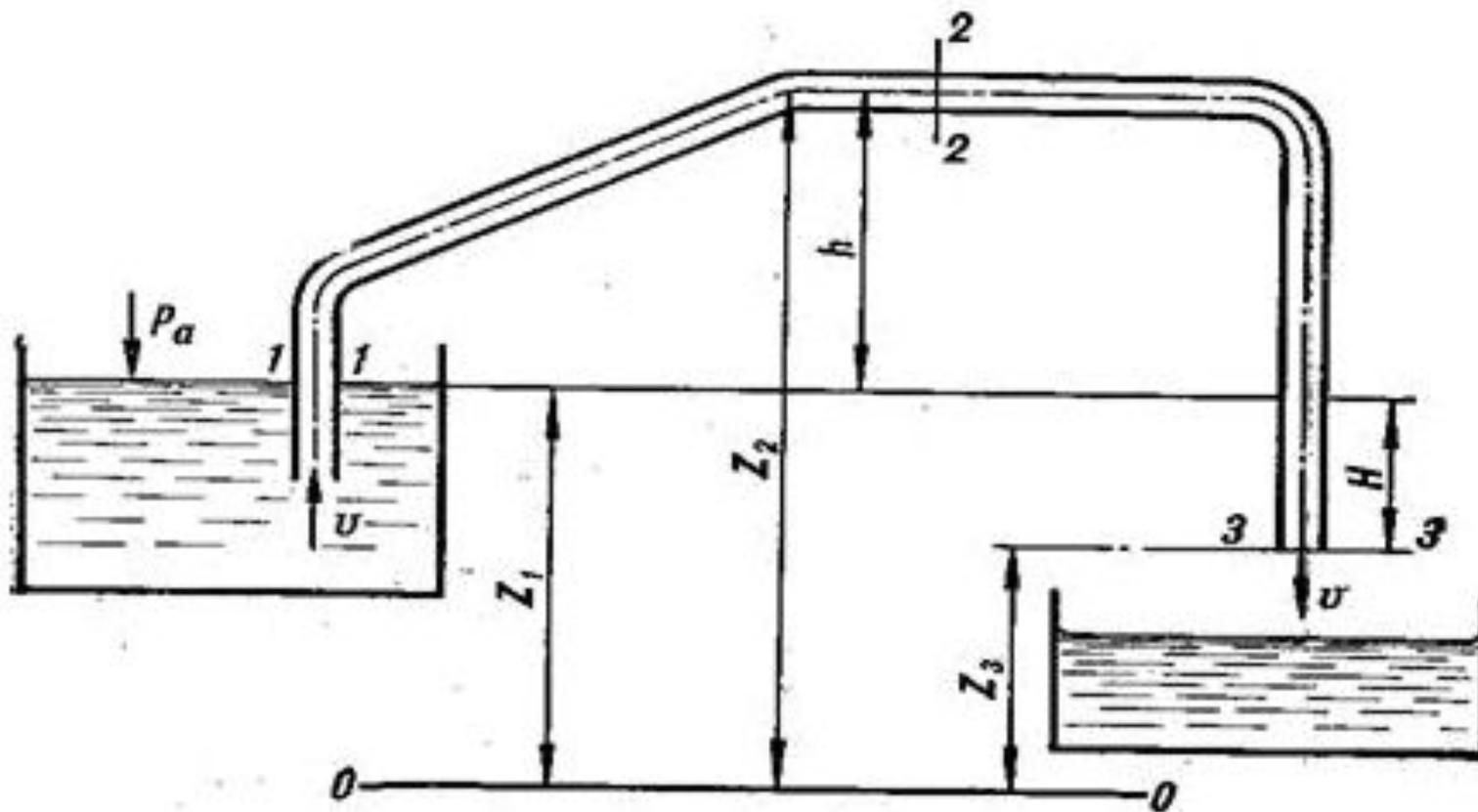
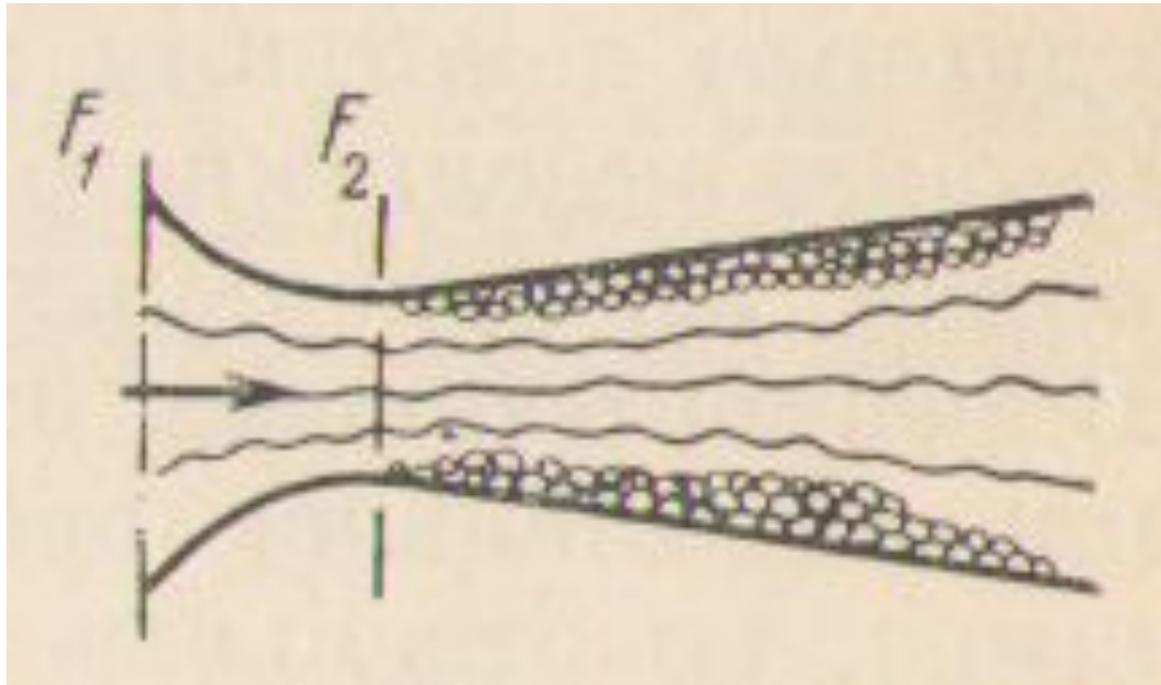


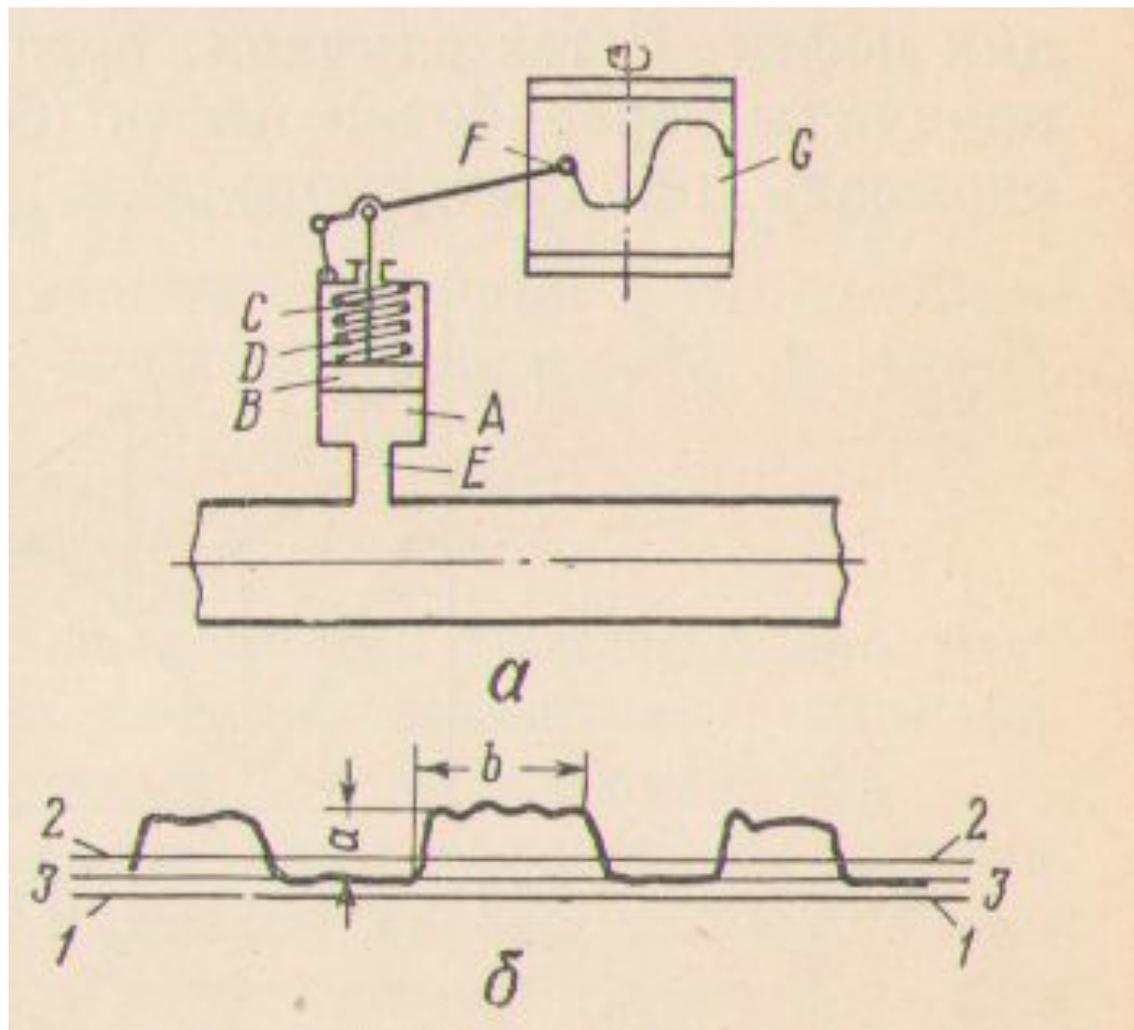
Схема работы сифонного трубопровода



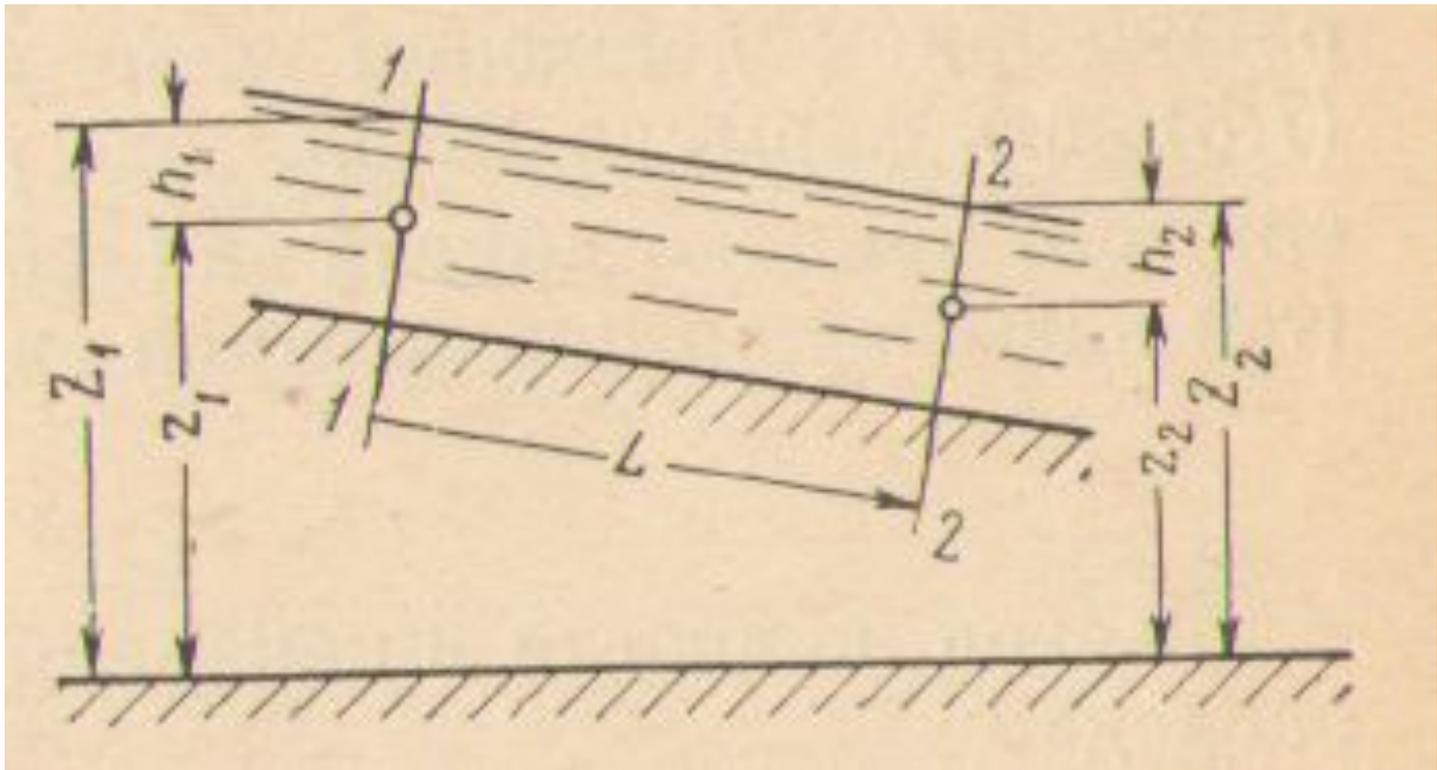
Кавитация

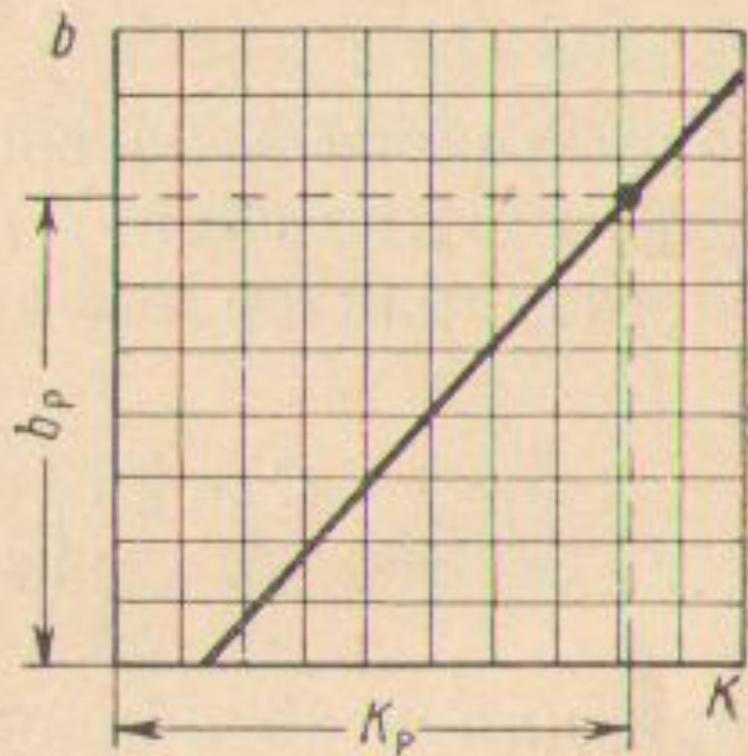
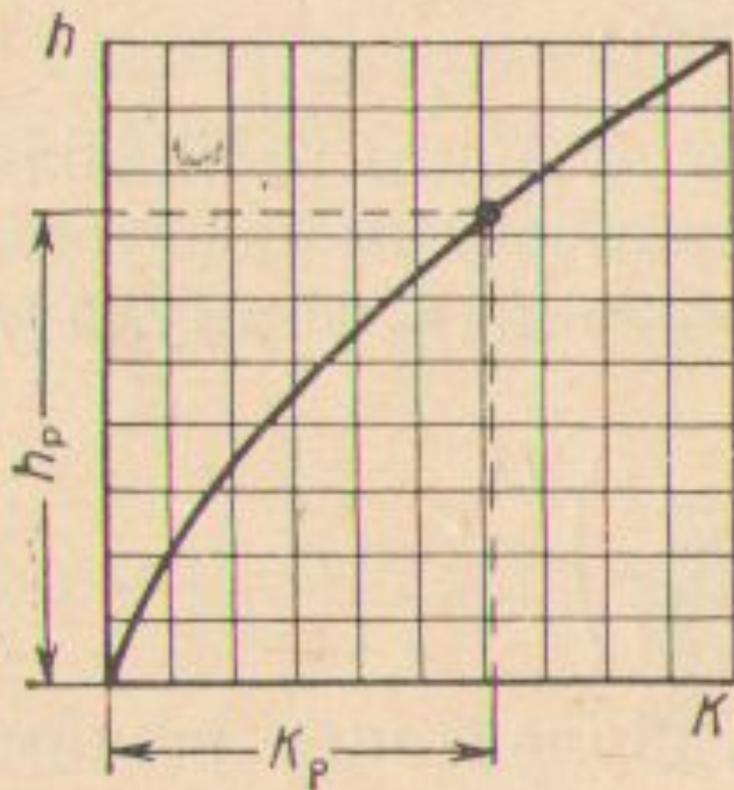


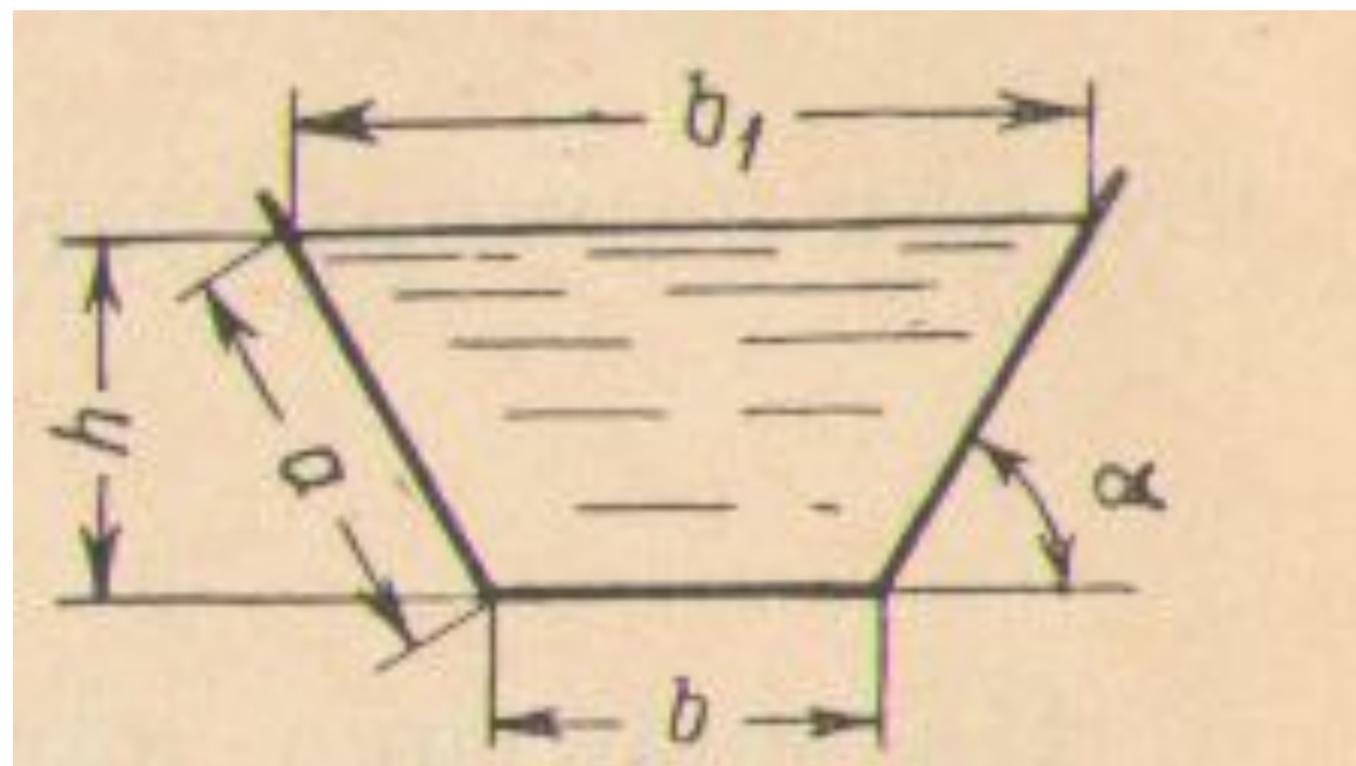
Гидравлический удар в трубах



Равномерное движение жидкости в открытых каналах







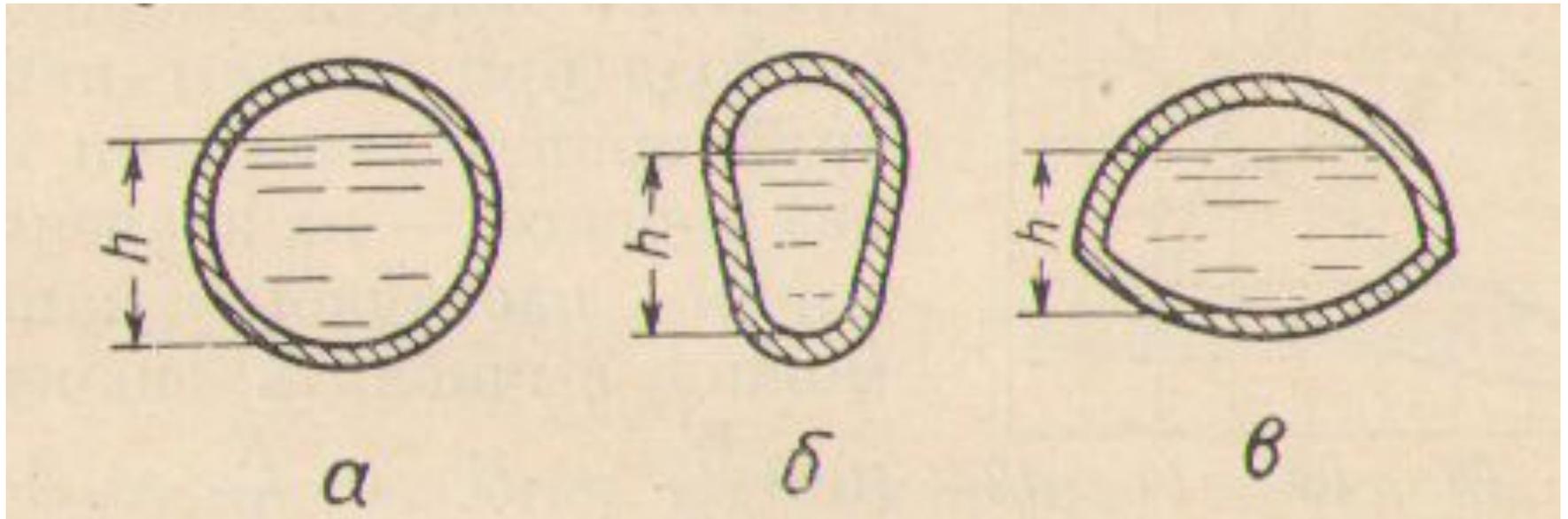
Допустимые скорости

Таблица 52

Грунт	Скорость v , м/с
Супесь слабая, пылеватый песок	0,7—0,8
Супесь уплотненная	1,0
Суглинки легкие (в том числе лёссовид- ные)	0,7—0,8
Суглинки средние	1,0
Суглинки плотные	1,1—1,2
Глины мягкие	0,7
Глины нормальные	1,2—1,4
Глины плотные	1,5—1,8
Илистые грунты	0,5—0,6

Примечание. При $R > 3$ м скорости могут быть увеличены в отношении $\left(\frac{R}{3}\right)^{0,1}$.

Движение жидкости в самотечных трубах



Водосливы и их классификация

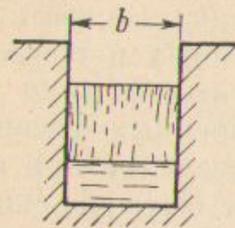


Рис. 198

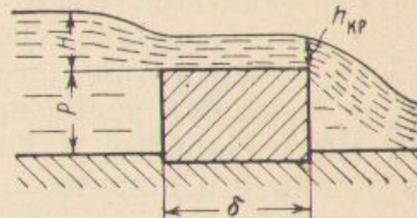
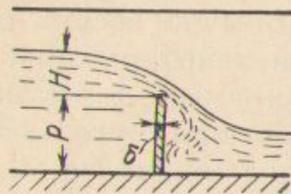


Рис. 199

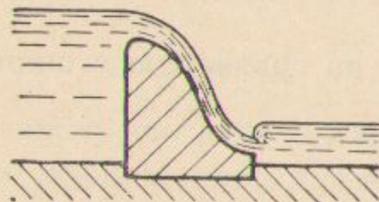


Рис. 200

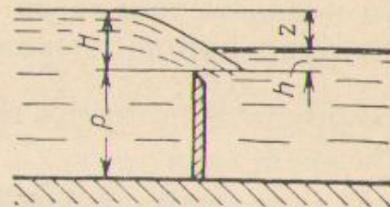
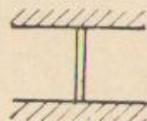
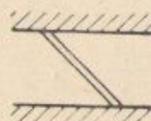


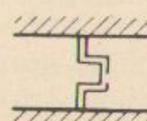
Рис. 201



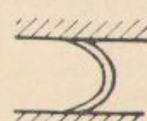
a



б



в



г

Рис. 202

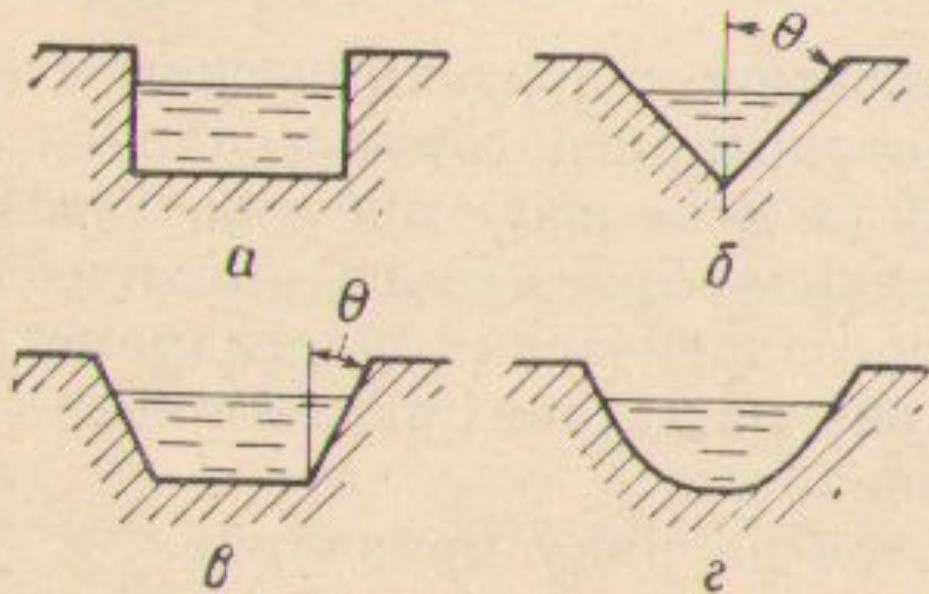


Рис. 203

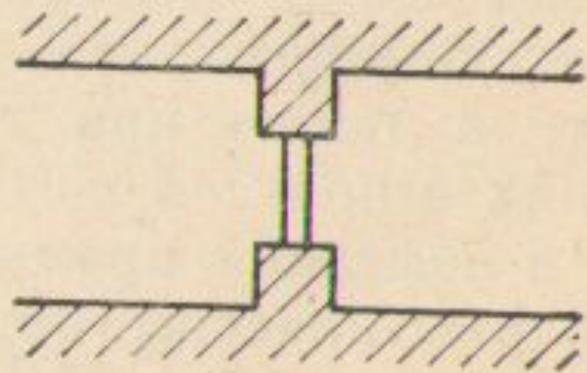
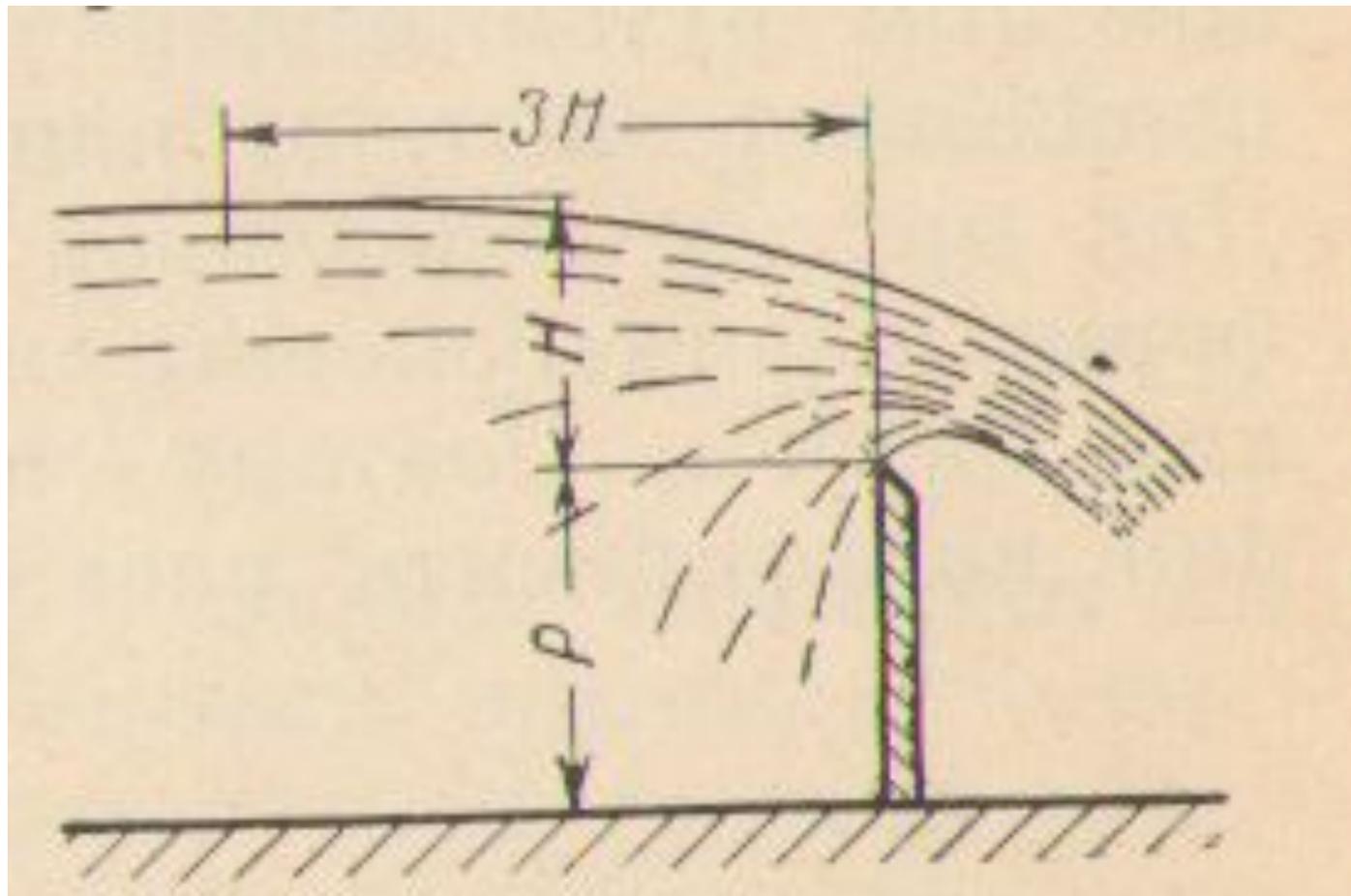
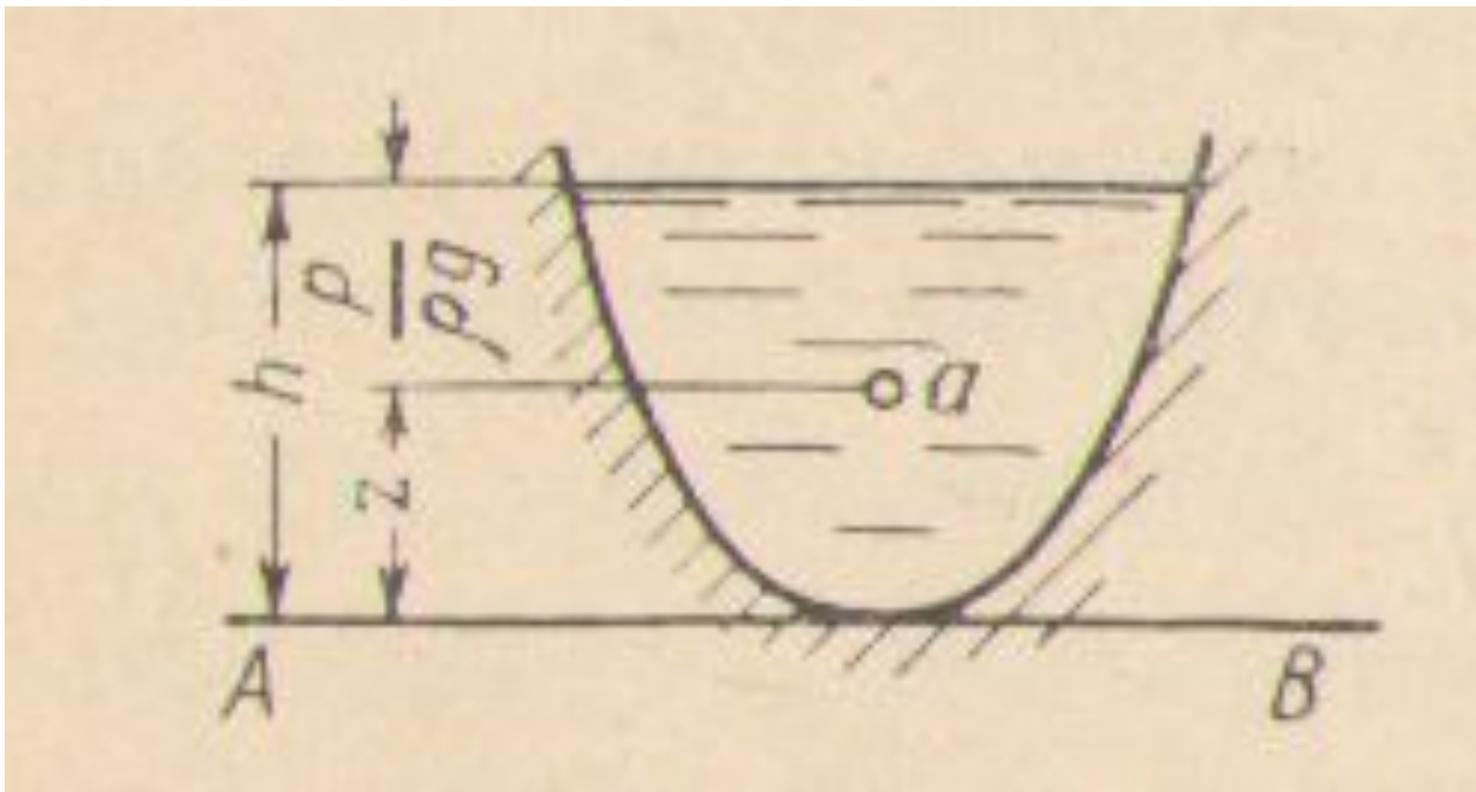


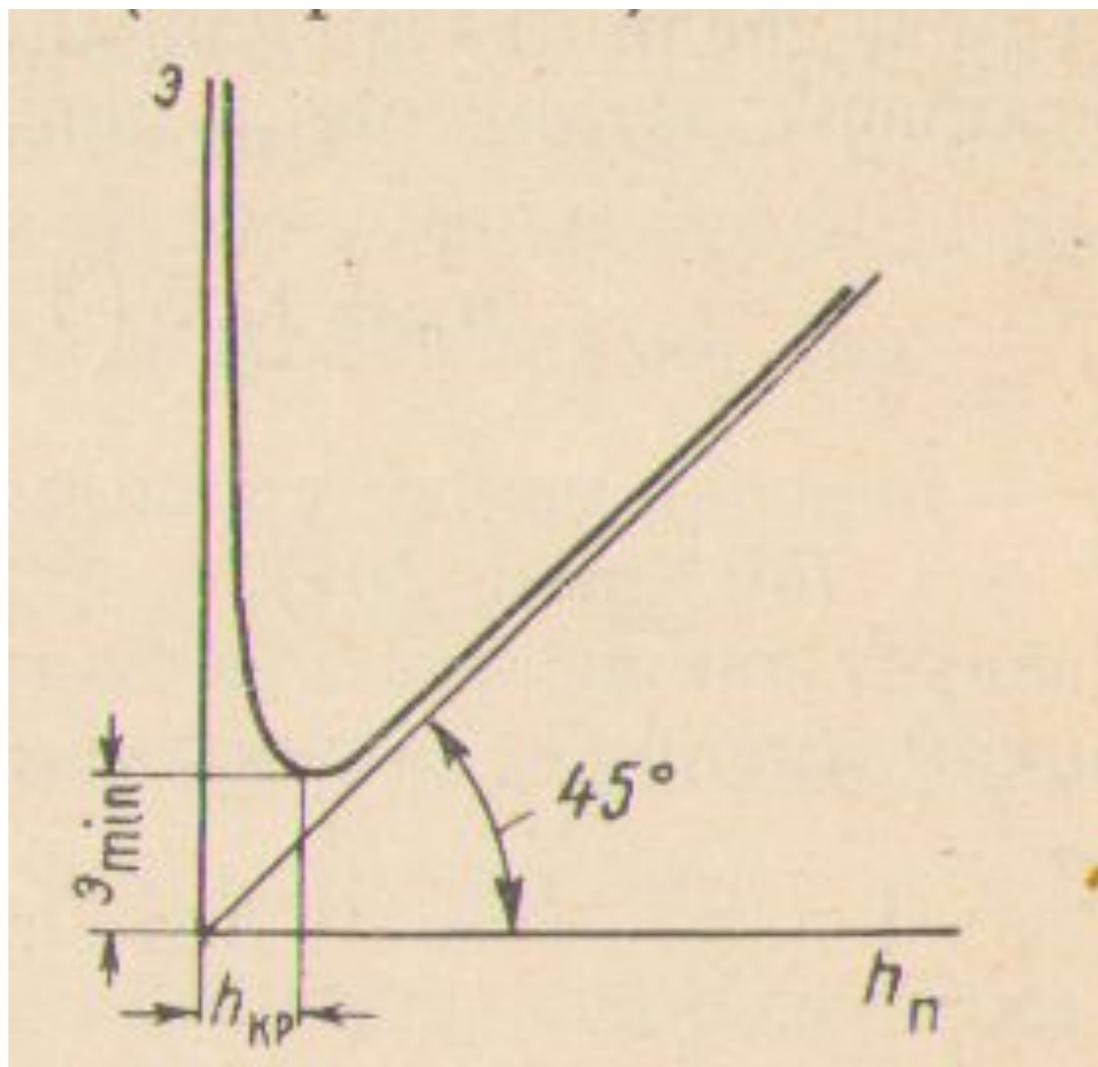
Рис. 204

Водосливы с тонкой стенкой



Водосливы с широким порогом





Значение коэффициентов

Тип порога	m	φ	k
Водослив с острым входным ребром (рис. 208, а)	0,32	0,85	0,59
Водослив с закругленным входным ребром (рис. 208, б)	0,35	0,92	0,63
Водослив со срезанной входной гранью (рис. 208, в)	0,37	0,97	0,66

Схема насосной установки

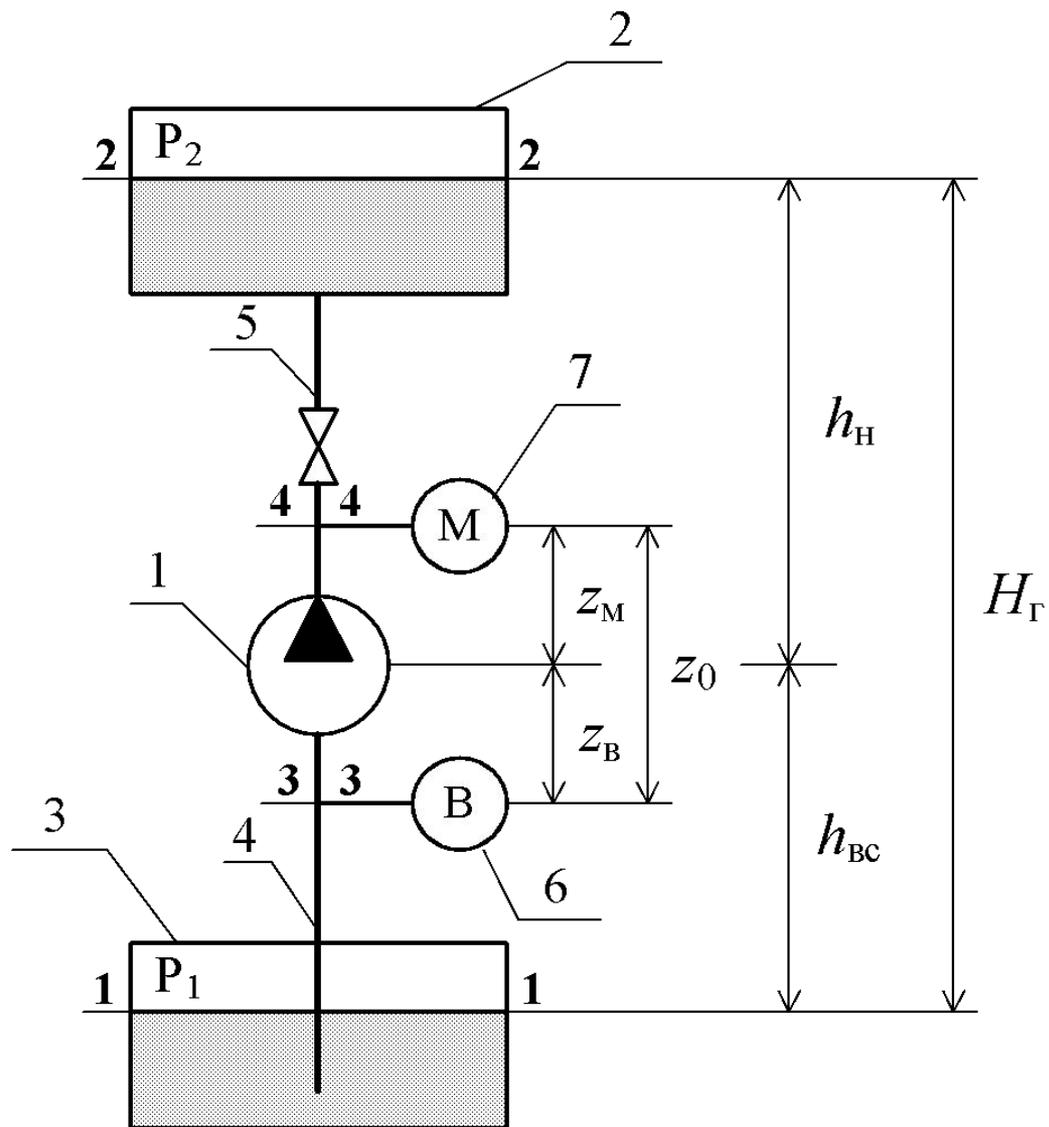
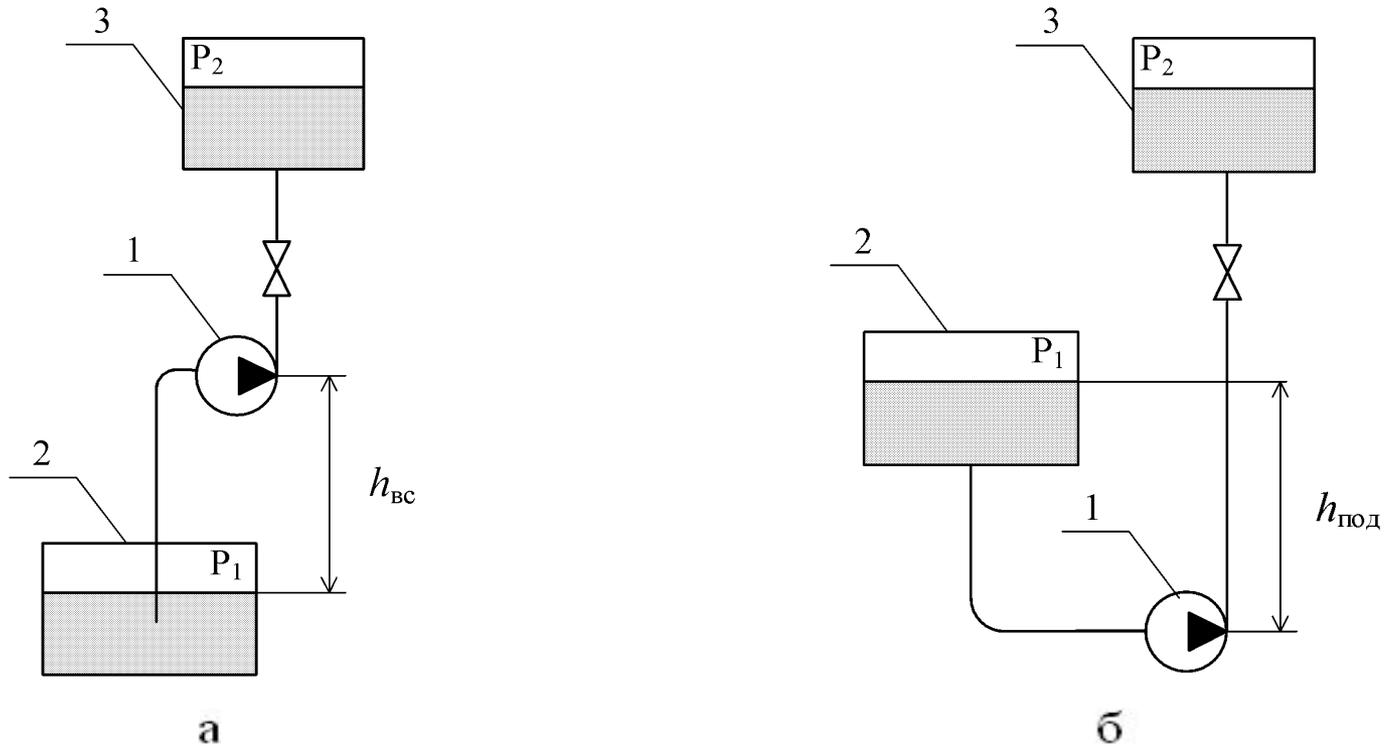
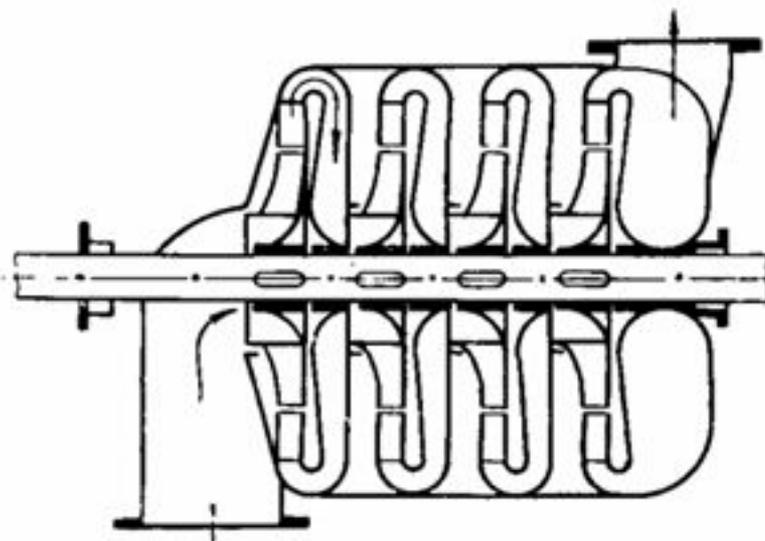


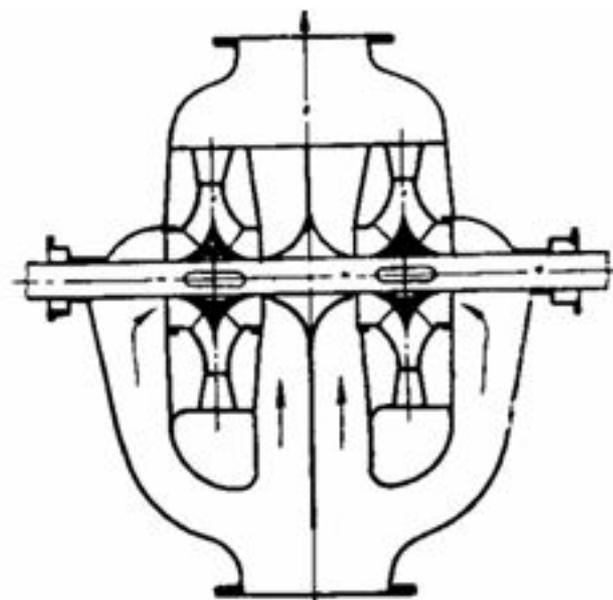
Схема установки насоса



а – ось насоса расположена выше уровня жидкости в исходном резервуаре ($h_{\text{вс}} > 0$); б – ось насоса расположена ниже уровня жидкости в исходном резервуаре ($h_{\text{вс}} < 0$);
1 – насос; 2 – исходный резервуар; 3 – приемный резервуар



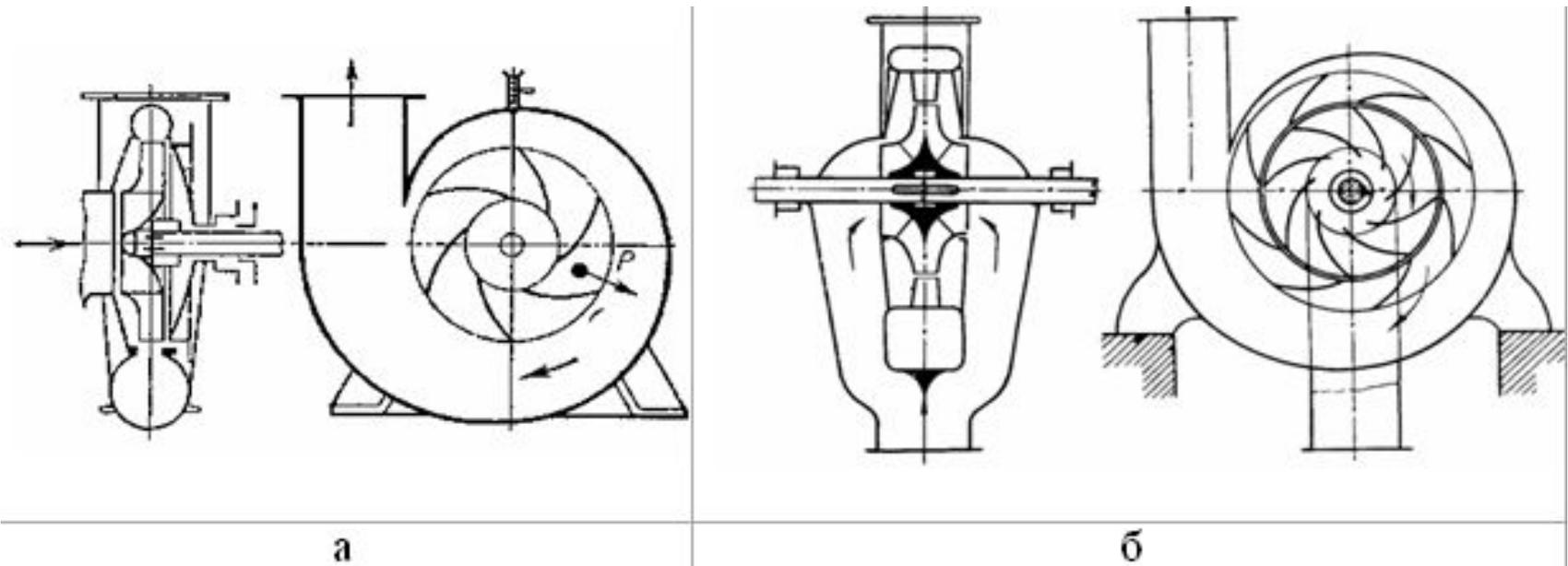
а



б

Схема многоступенчатого насоса:

а – многоступенчатый центробежный насос; б – многоступенчатый центробежный насос двустороннего входа



а

б

Рис. 3 - Схема одноступенчатых насосов:

а) с односторонним входом, б) с двухсторонним входом

Центробежный насос:

1 – корпус; 2 – рабочее колесо; 3 – лопатки; 4 – линия для залива насоса перед пуском; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – обратный клапан; 7 – фильтр; 8 – нагнетательный трубопровод; 9 – вал; 10 – сальник

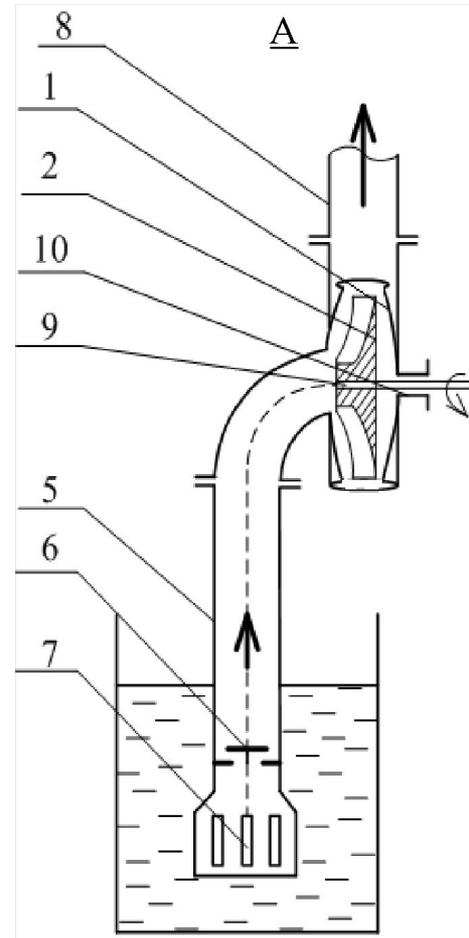
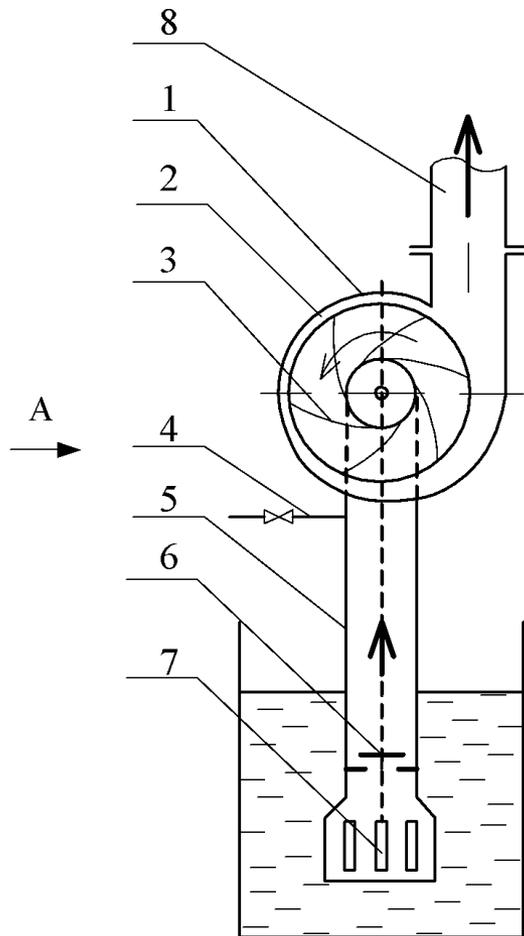
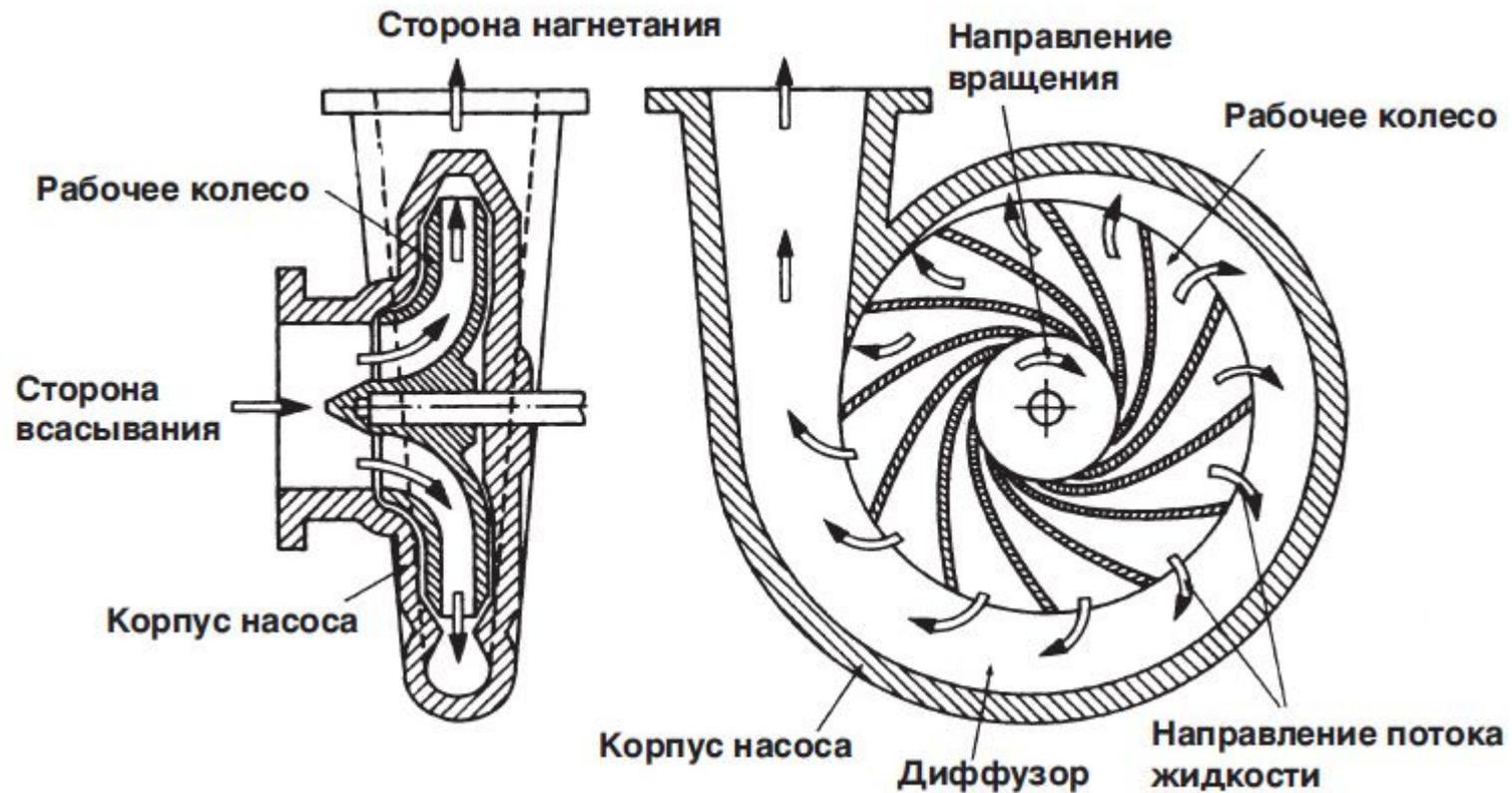
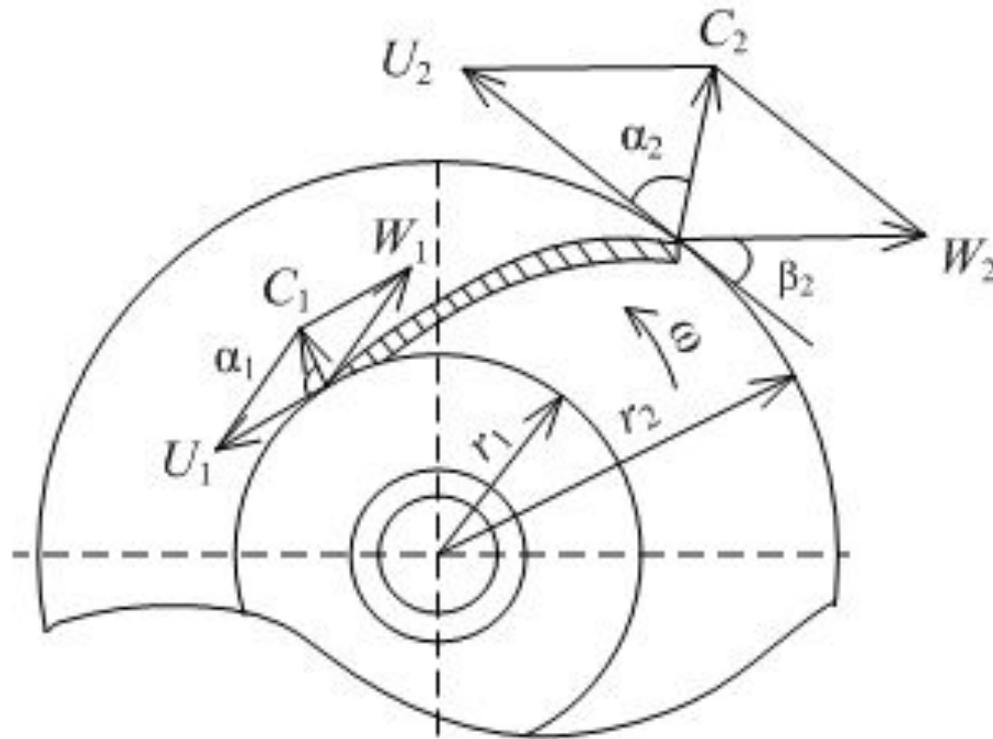


Схема устройства одноколесного (одноступенчатого) центробежного насоса



Параллелограмм скоростей



Основное уравнение центробежного насоса

$$H_T = \frac{1}{g} (C_2 \cdot U_2 \cos \alpha_2 - C_1 \cdot U_1 \cos \alpha_1)$$

где H_T – теоретический напор центробежного насоса, м;

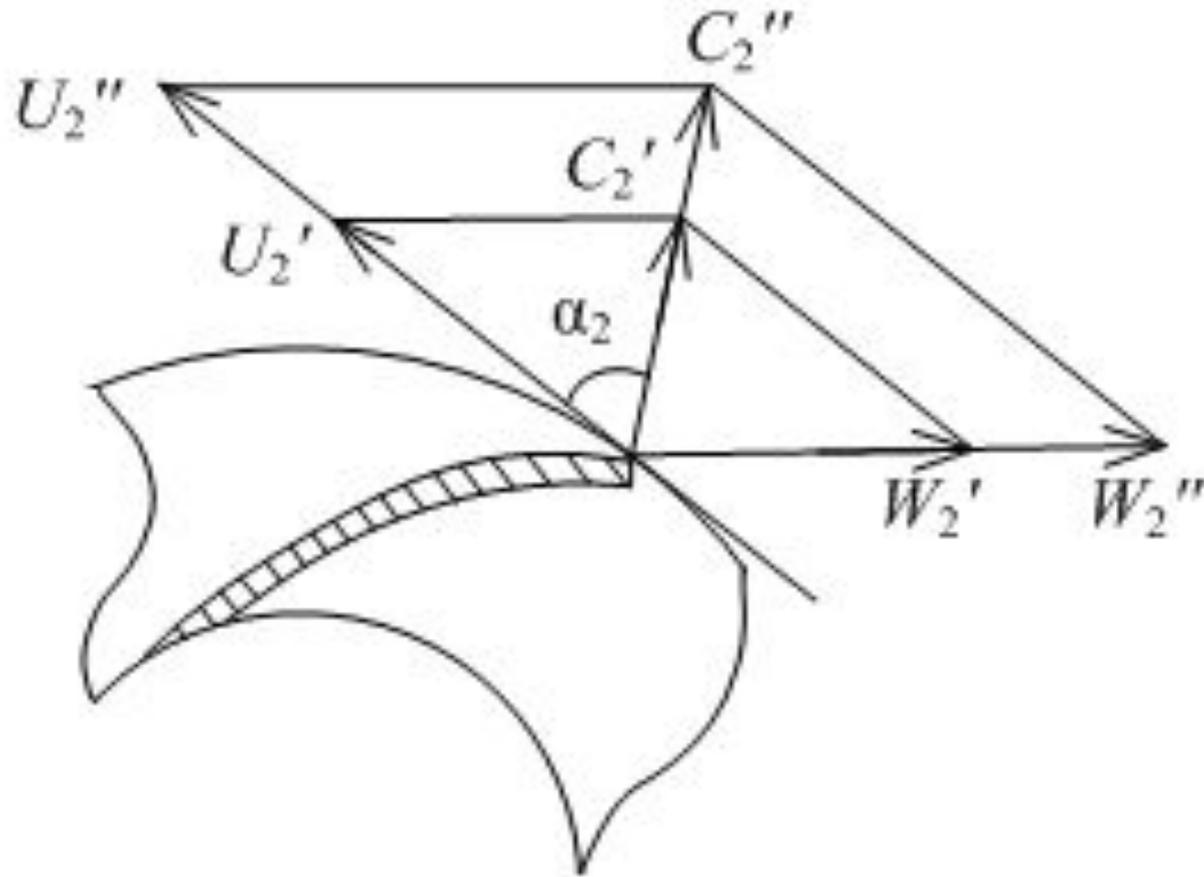
C_1, C_2 – абсолютные скорости на входе в рабочее колесо и на выходе из него соответственно, м/с;

U_1, U_2 – окружные скорости на входе в рабочее колесо и на выходе из него соответственно, м/с;

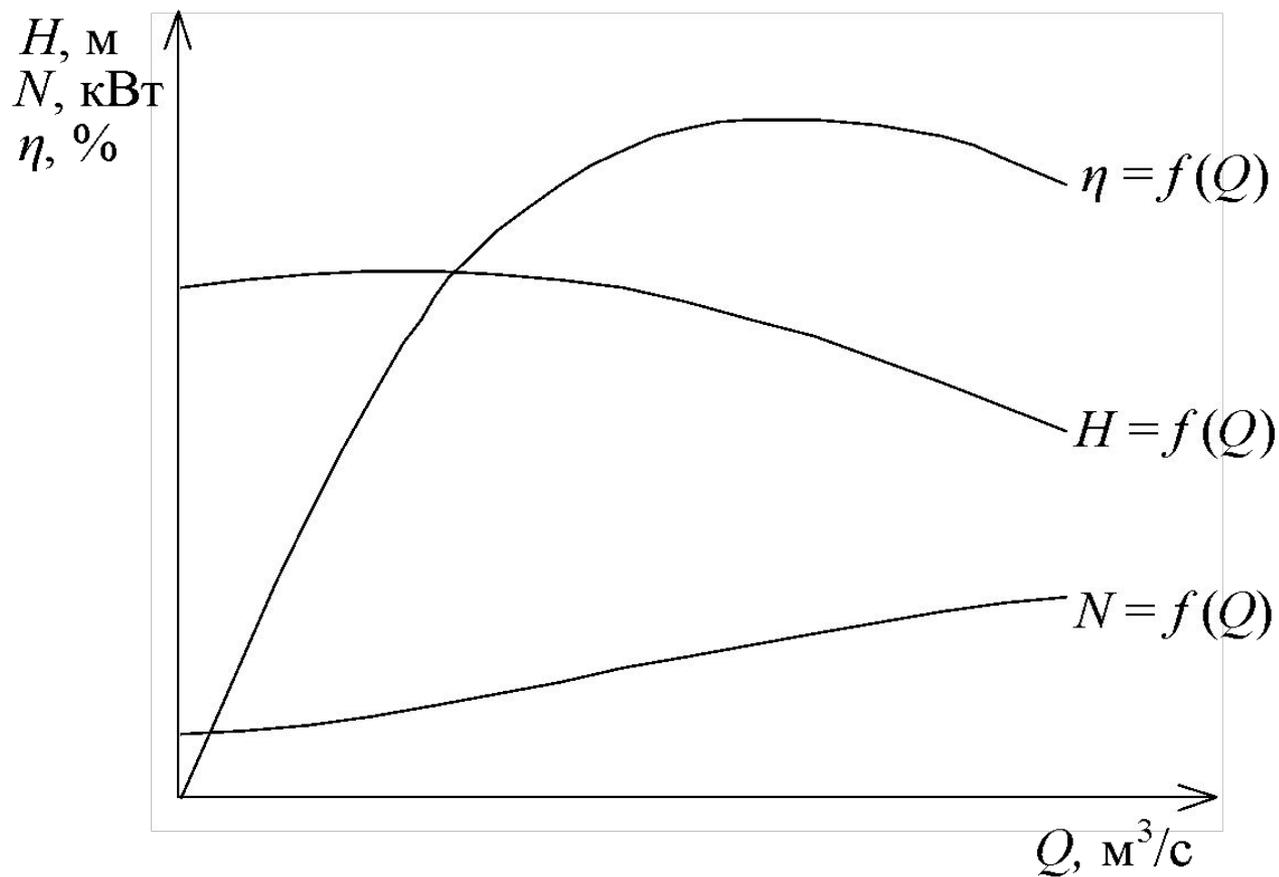
α_1, α_2 – угол направления абсолютной скорости на входе в рабочее колесо и на выходе из него соответственно;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Законы пропорциональности центробежного насоса

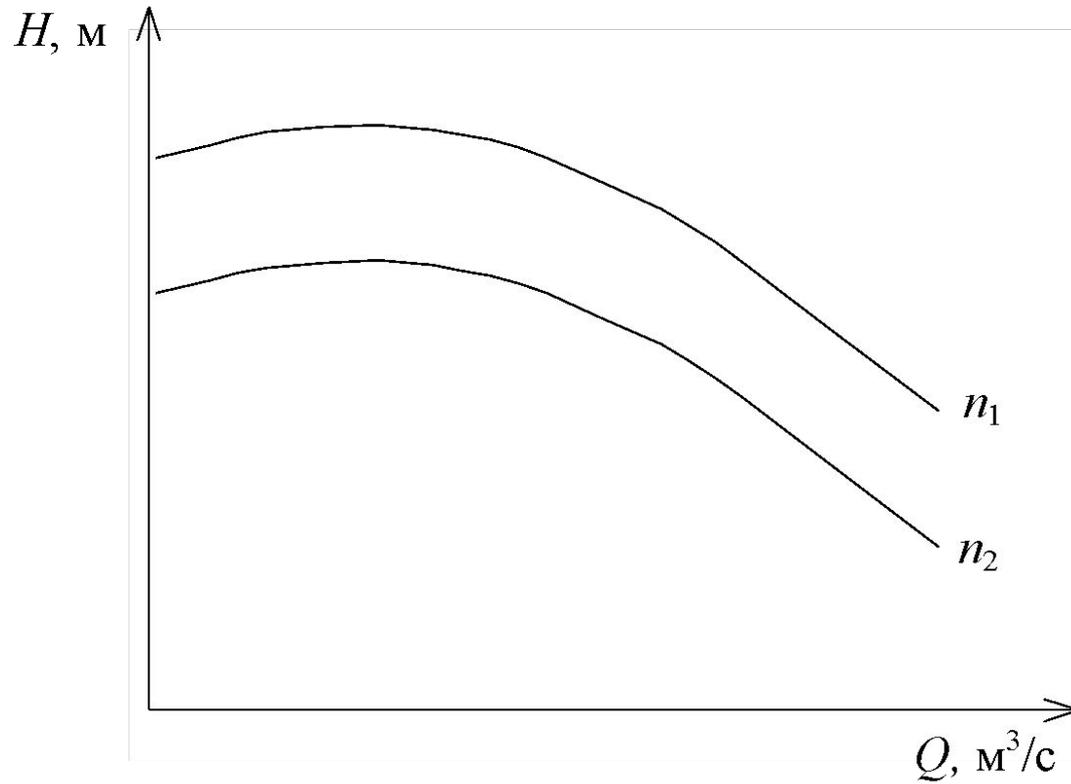


Действительные характеристики центробежного насоса

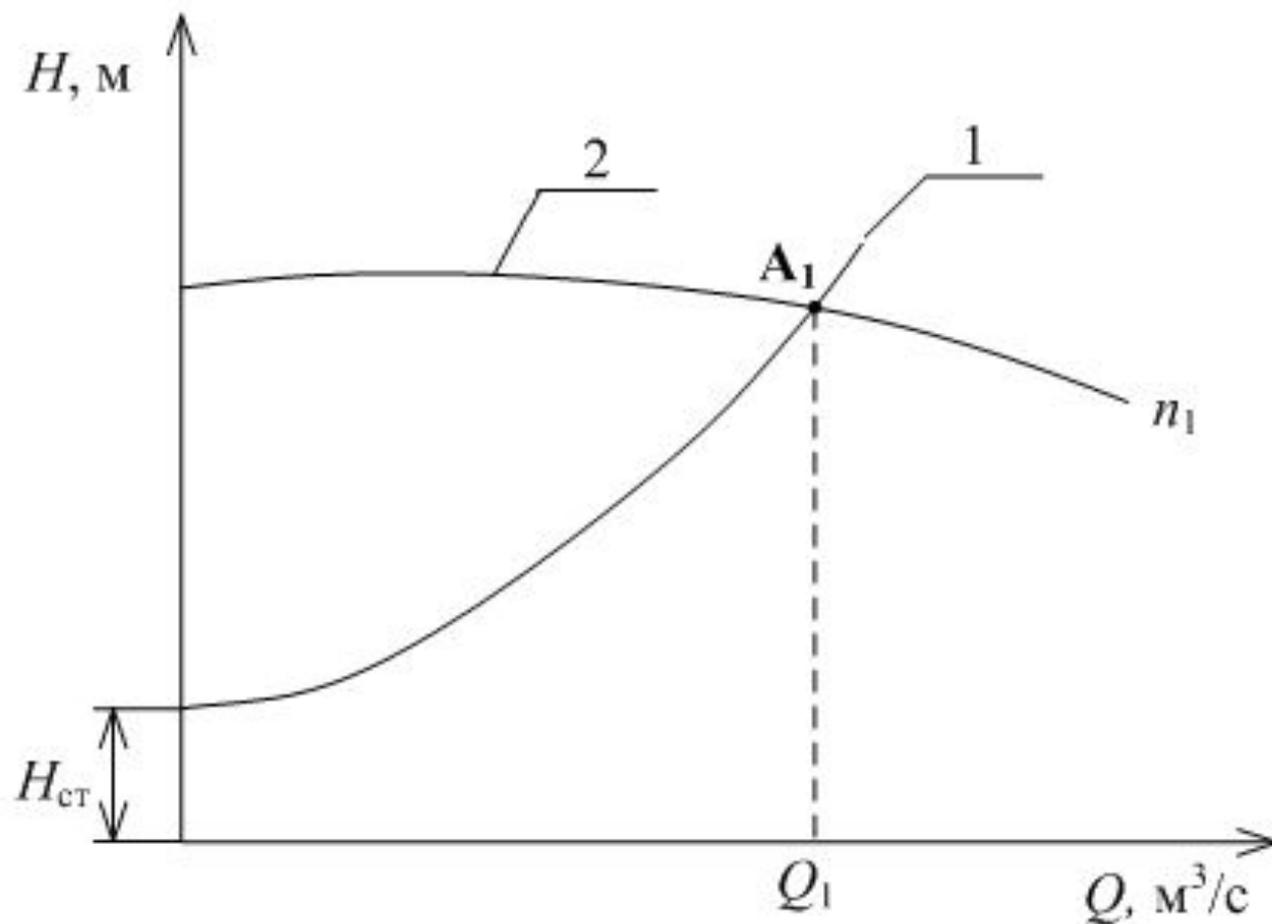


Характеристика центробежного насоса при разных частотах вращения рабочего колеса

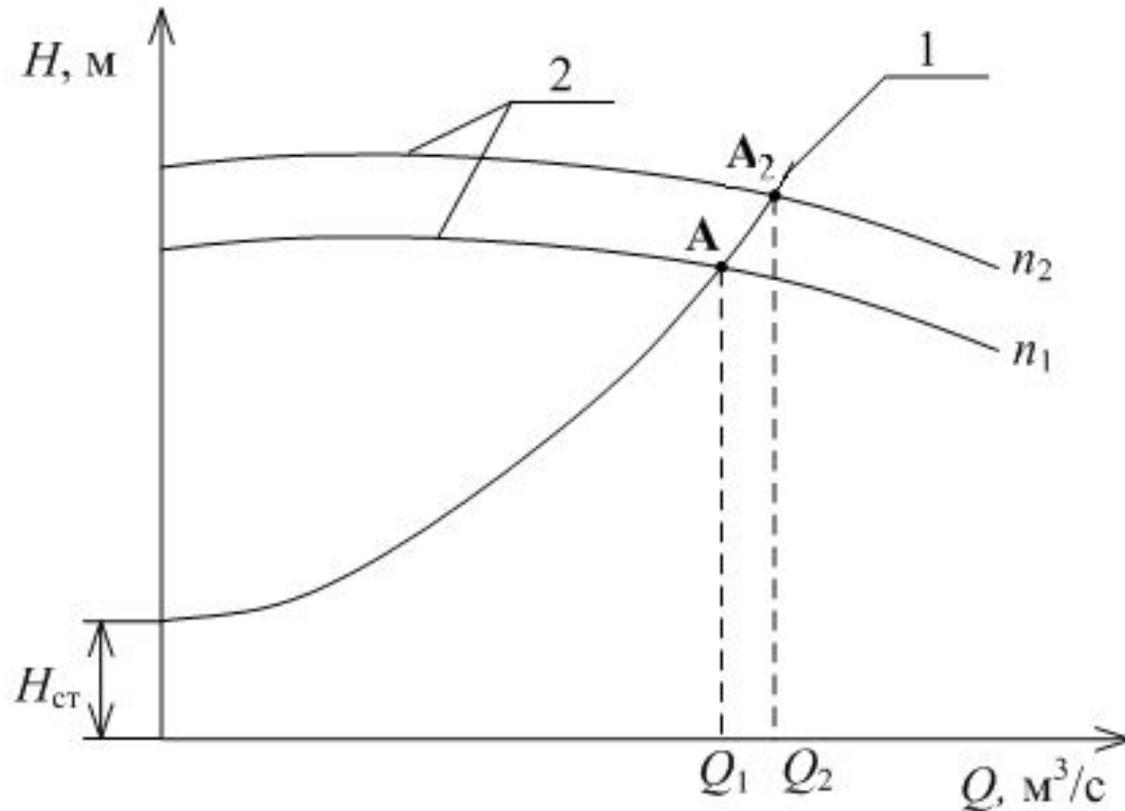
$$(n_1 > n_2)$$



Работа центробежного насоса на сеть

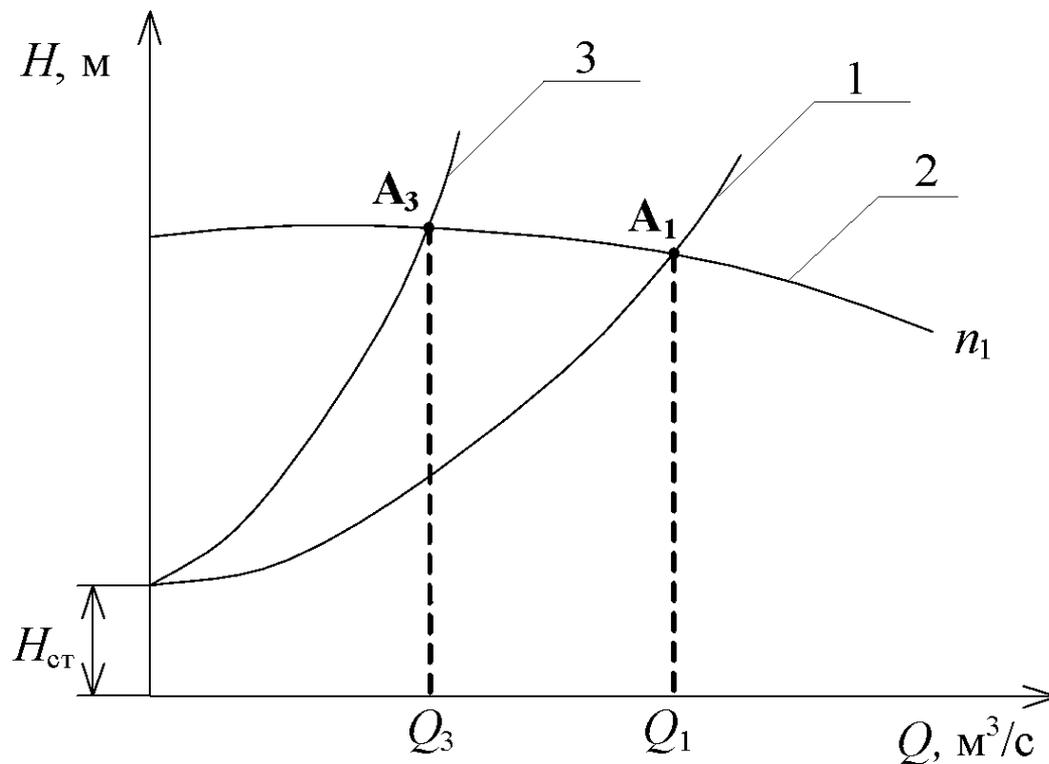


Совместная характеристика центробежного насоса и сети



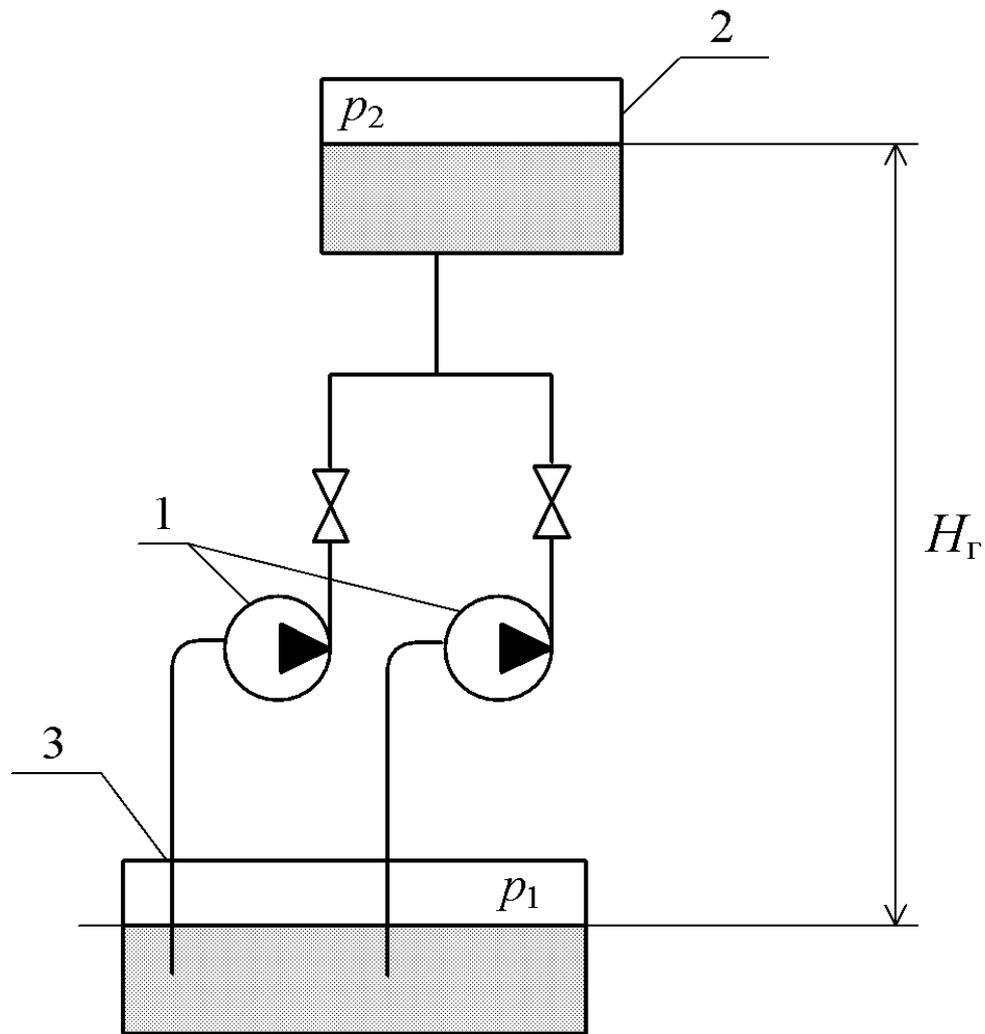
- 1 – характеристика сети;
- 2 – характеристика центробежного насоса при разных частотах вращения рабочего колеса ($n_2 > n_1$)

Совместная характеристика центробежного насоса и сети

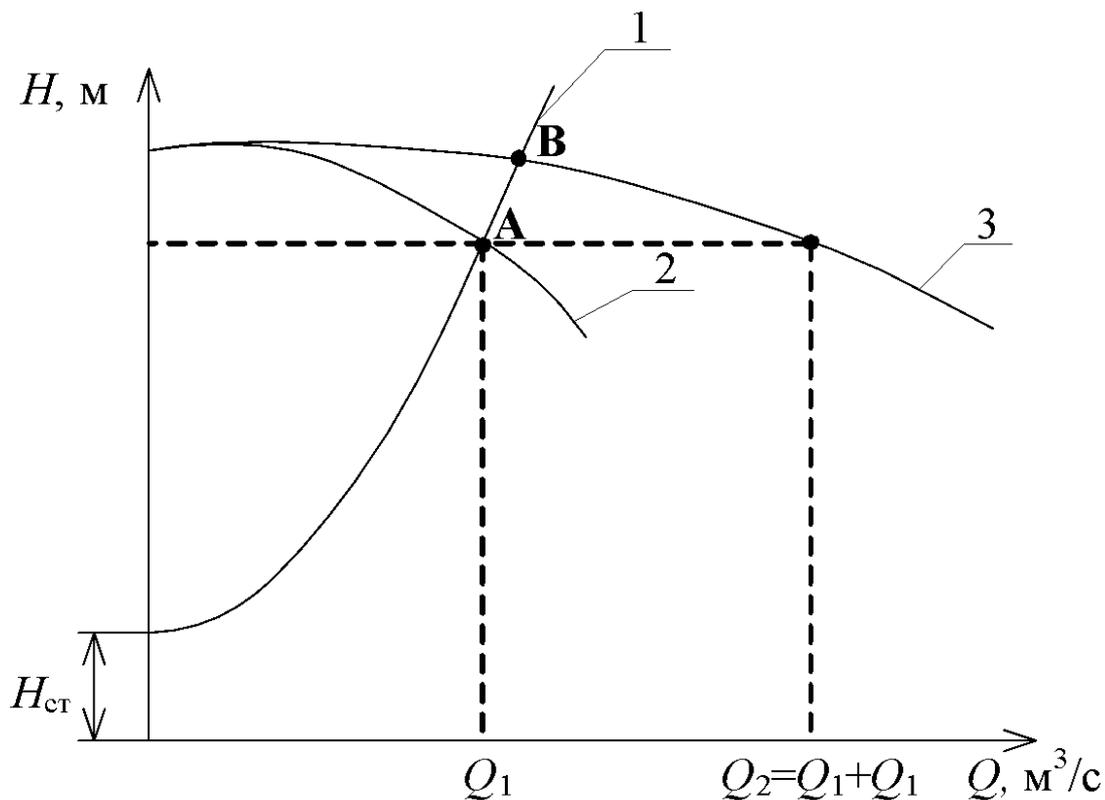


1 – характеристика сети; 2 – главная характеристика центробежного насоса,
3 – характеристика сети после регулирования подачи

Схема параллельной работы двух центробежных насосов

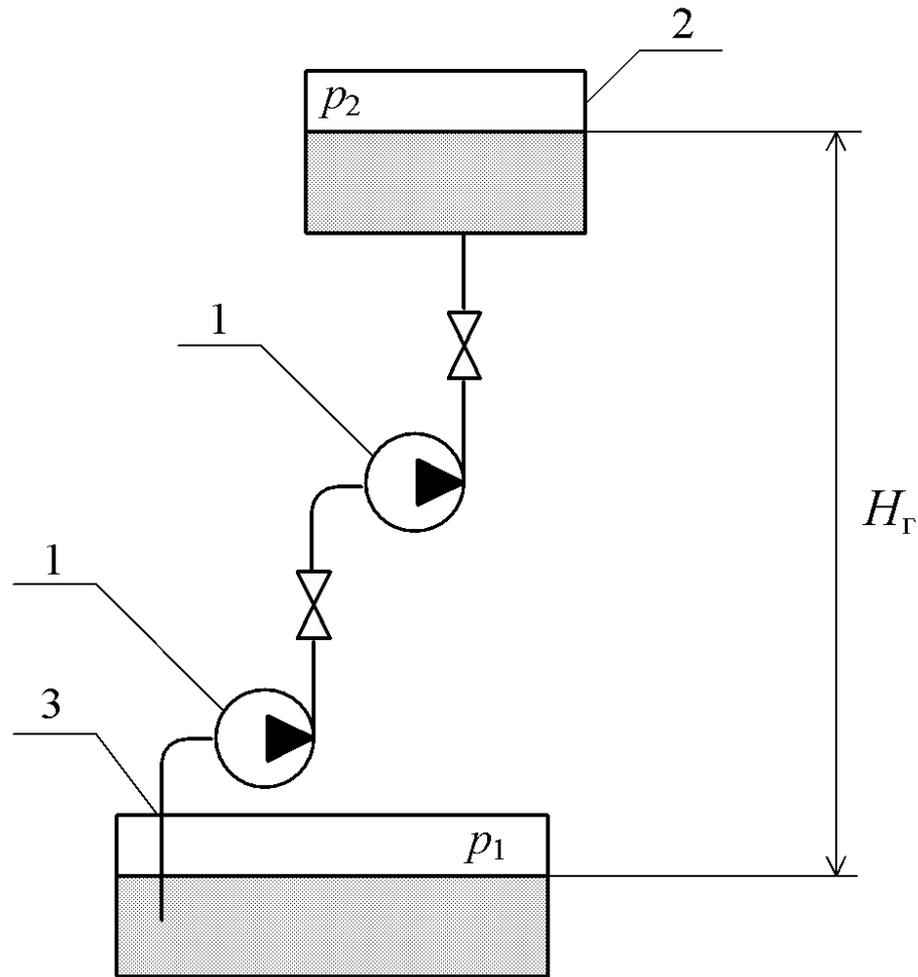


Характеристика двух одинаковых центробежных насосов, работающих параллельно

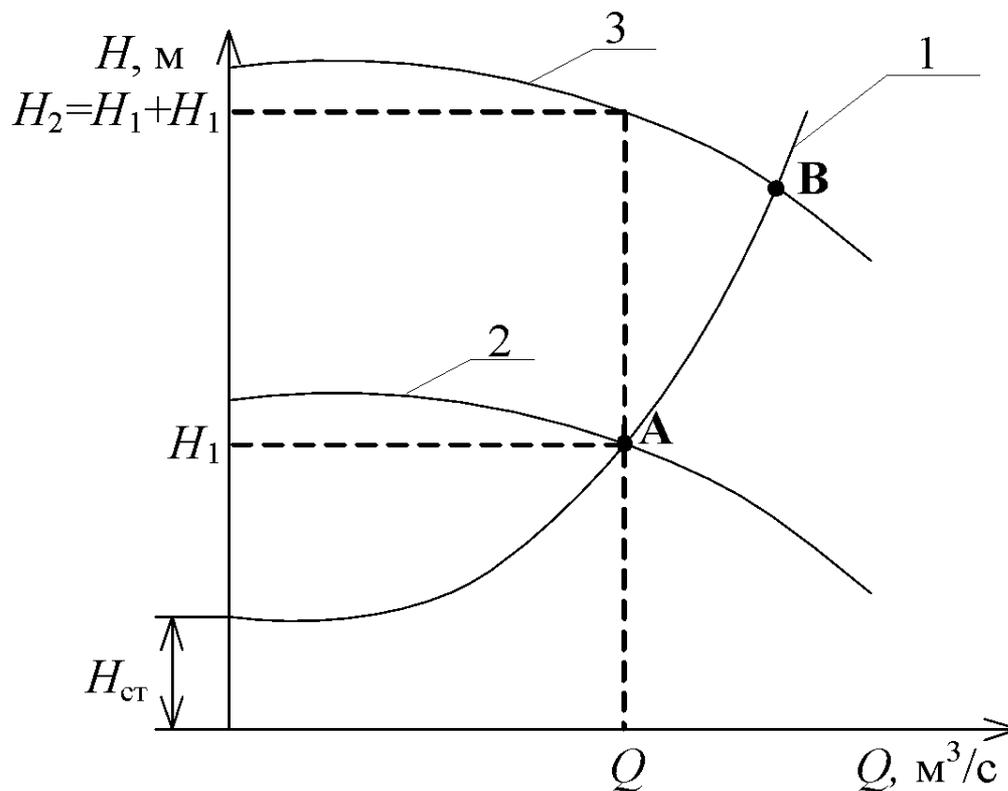


- 1 – характеристика сети; 2 – характеристика центробежного насоса;
3 – характеристика двух одинаковых центробежных насосов, работающих параллельно

Схема последовательной работы двух центробежных насосов

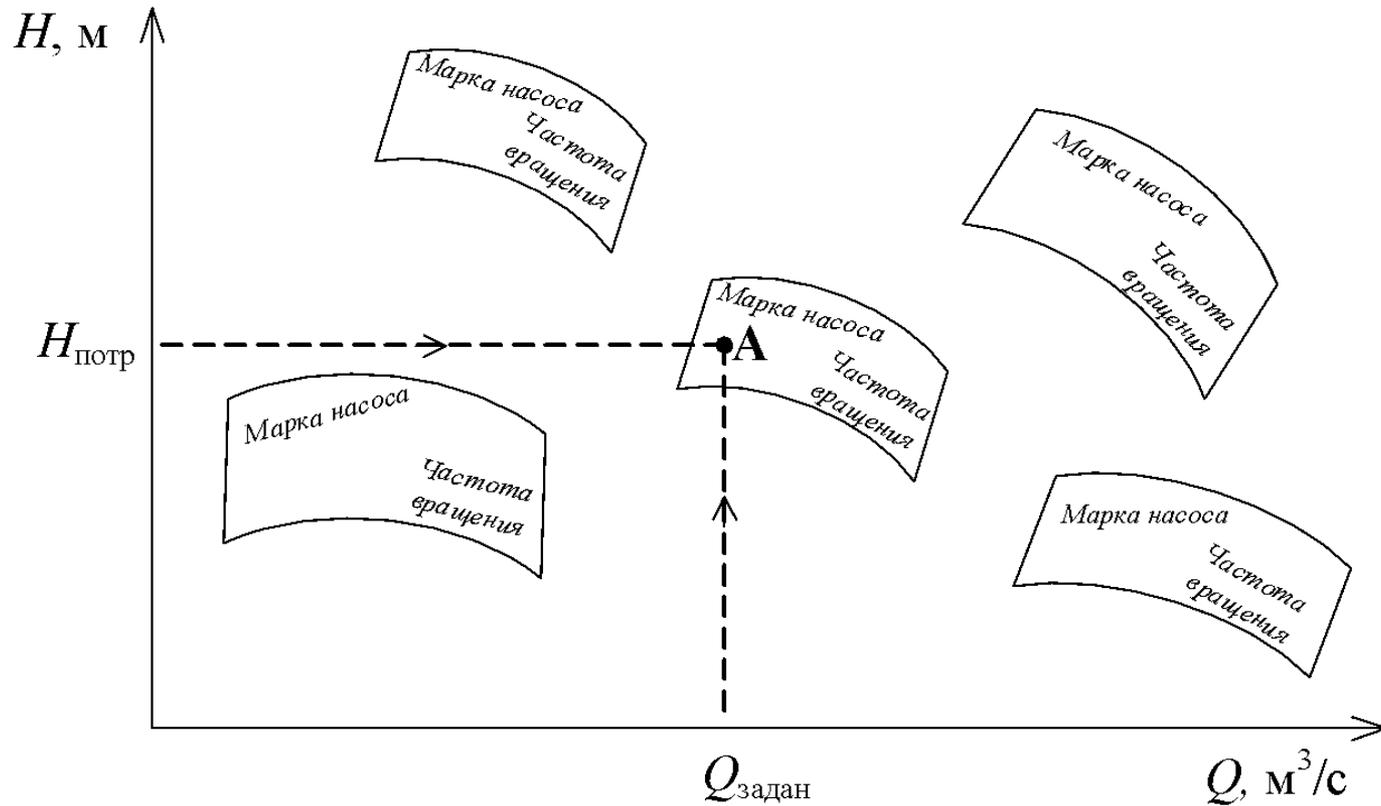


Характеристика двух одинаковых центробежных насосов, работающих последовательно

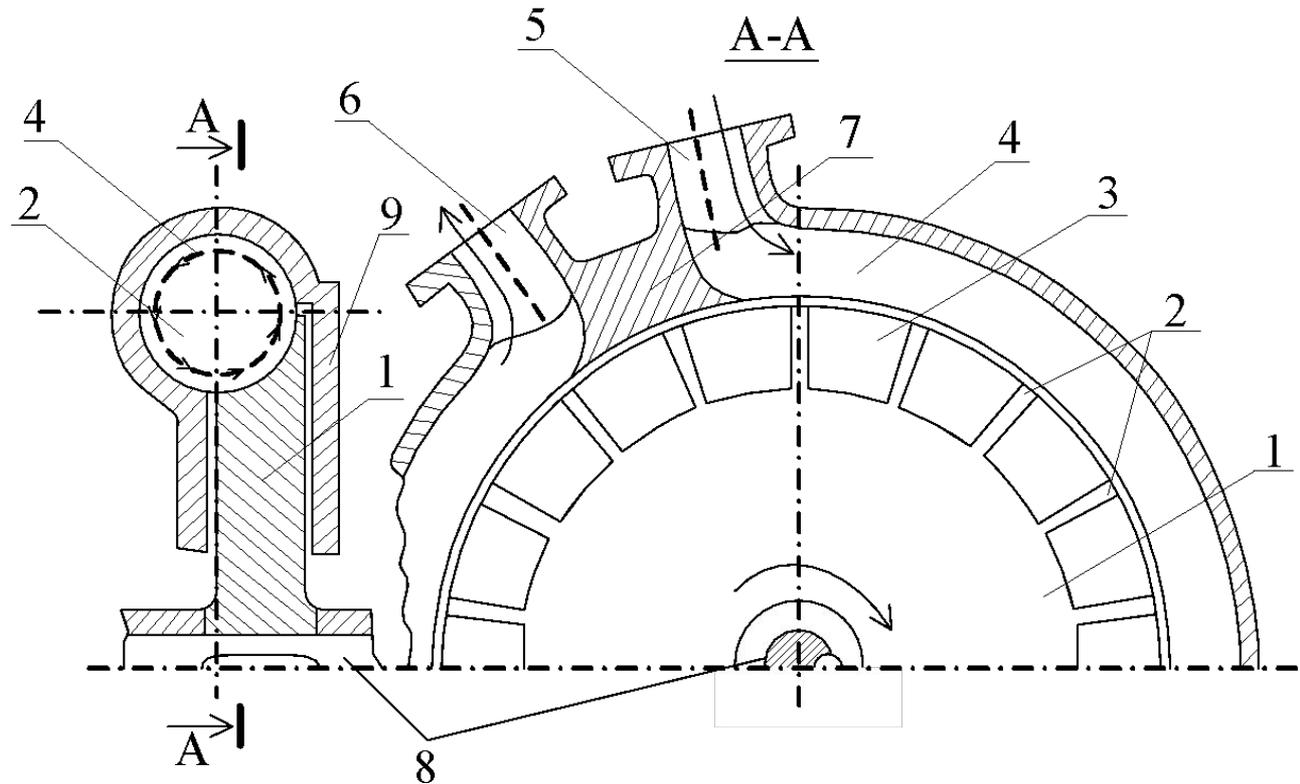


- 1 – характеристика сети; 2 – характеристика центробежного насоса;
3 – характеристика двух одинаковых центробежных насосов, работающих последовательно

Сводный график подач и напоров



ВИХРЕВЫЕ НАСОСЫ



1 – рабочее колесо; 2 – лопатки рабочего колеса; 3 – межлопастные каналы; 4 – кольцевой отвод; 5 – всасывающий патрубок; 6 – нагнетательный патрубок; 7 – разделитель потоков; 8 – вал рабочего колеса; 9 – корпус

$$n_s = 3,65 \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}},$$

где n_s – коэффициент быстроходности,

n – частота вращения рабочего колеса, об/мин,

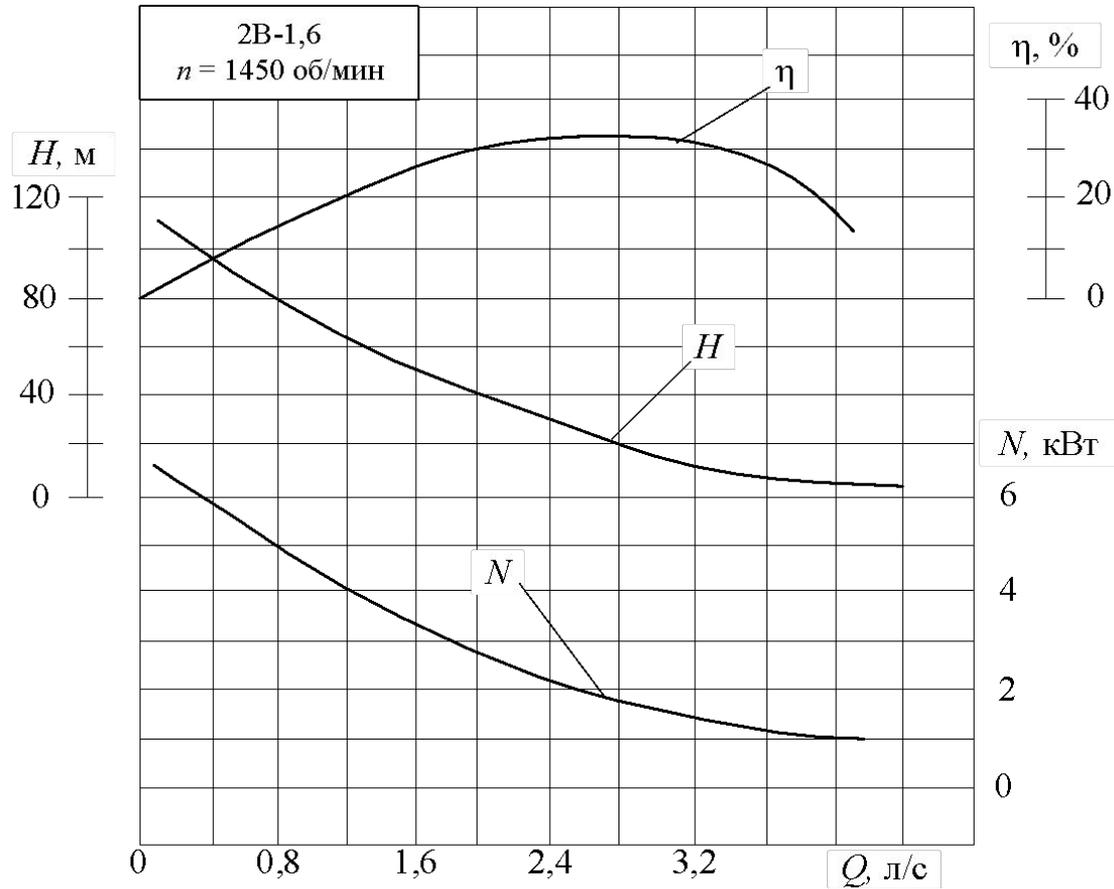
Q – подача в оптимальной точке характеристики насоса, м³/с;

H – напор в оптимальной точке характеристики насоса, м

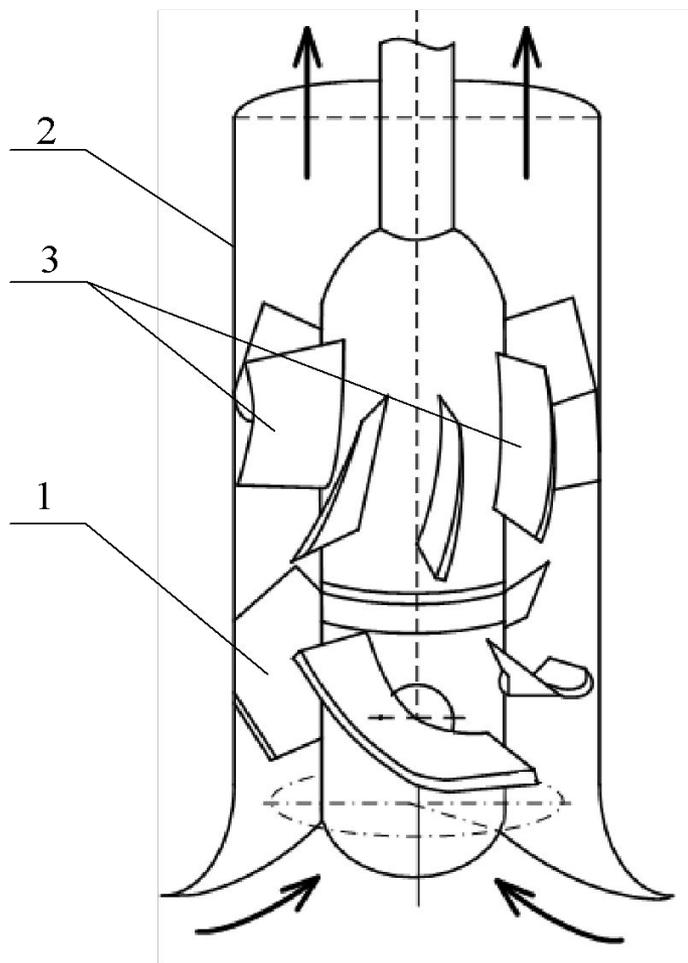
$$H = \psi \frac{D \cdot \omega}{2g},$$

где ψ – опытный коэффициент, равный примерно 2,5 – 5,5 (нижнее значение соответствует верхнему пределу по n_s и наоборот).

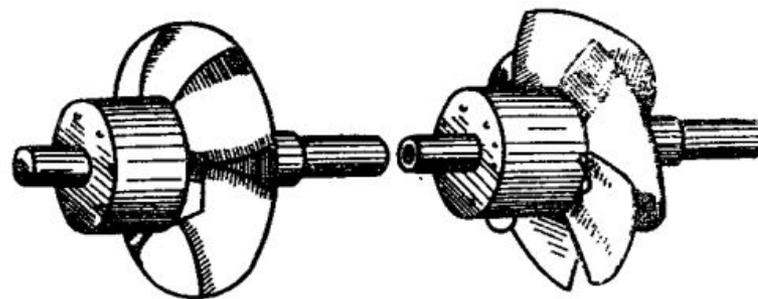
Характеристика вихревого насоса



ОСЕВЫЕ (ПРОПЕЛЛЕРНЫЕ) НАСОСЫ

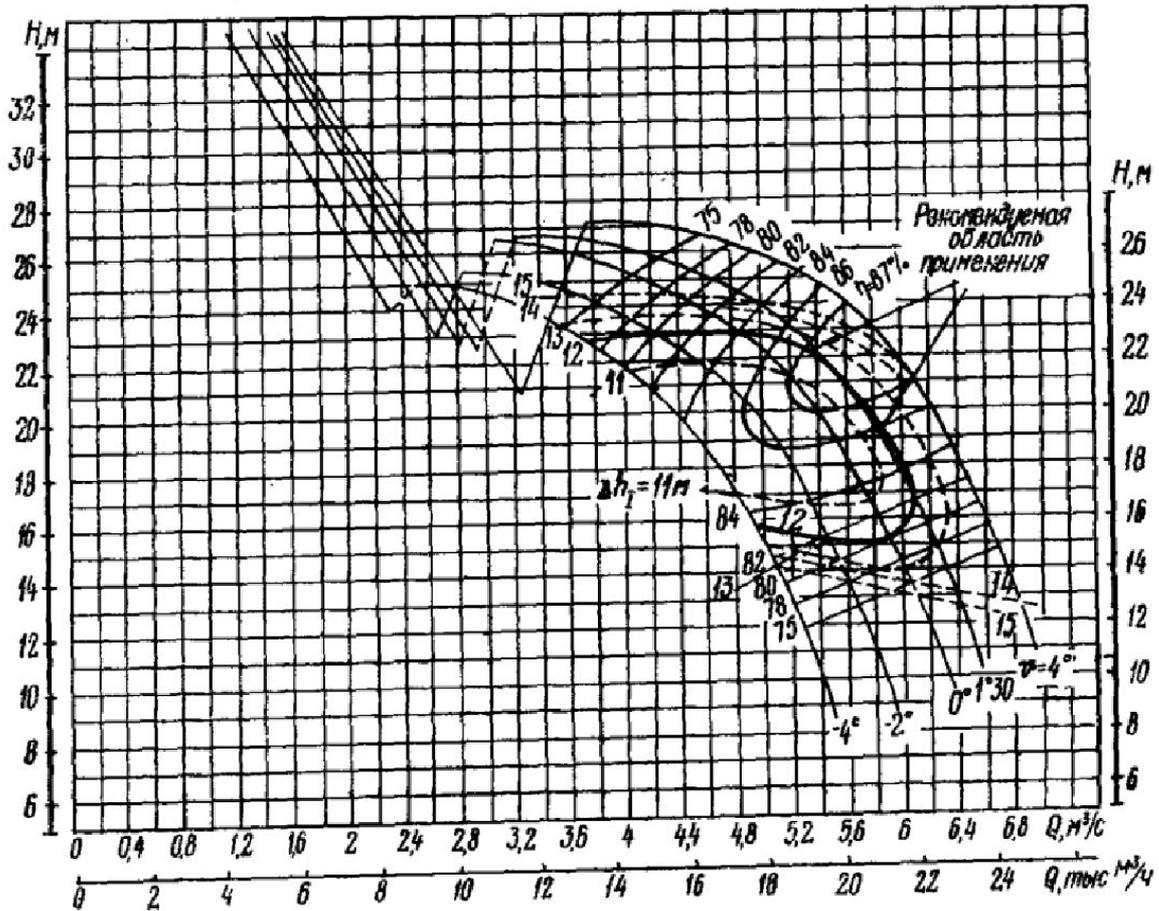


1 – рабочее колесо с лопатками;
2 – корпус; 3 – направляющий аппарат



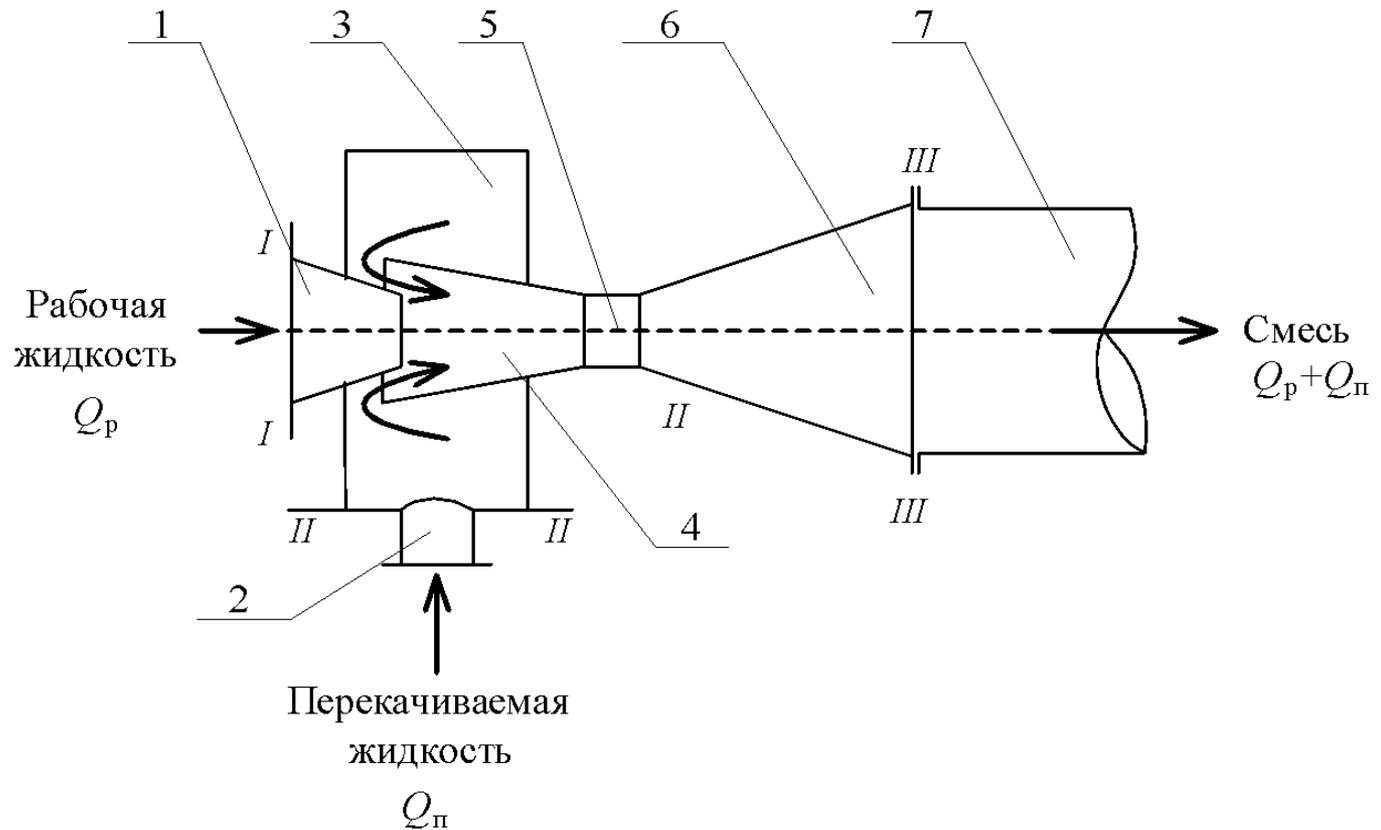
Рабочее колесо винтового насоса

Характеристики осевых насосов



Струйный насос:

- 1 – сопло; 2 – патрубок для подачи перекачиваемой жидкости;
3 – эжекционная камера; 4 – камера смешения (конфузор);
5 – горловина; 6 – диффузор; 7 – трубопровод



Основными параметрами струйного насоса являются:

– рабочий напор, равный разности полных напоров в сечениях *I* и *III*:

$$H_p = H_I - H_{III}.$$

– полезный напор насоса, равный разности напоров на входе в сечениях *III* и *II*:

$$H_n = H_{III} - H_{II}.$$

– расход рабочей жидкости Q_p ;

– расход перекачиваемой жидкости Q_n ;

– КПД струйного насоса, равный отношению полезной мощности к затрачиваемой:

Для характеристики работы струйного насоса используются следующие безразмерные параметры:

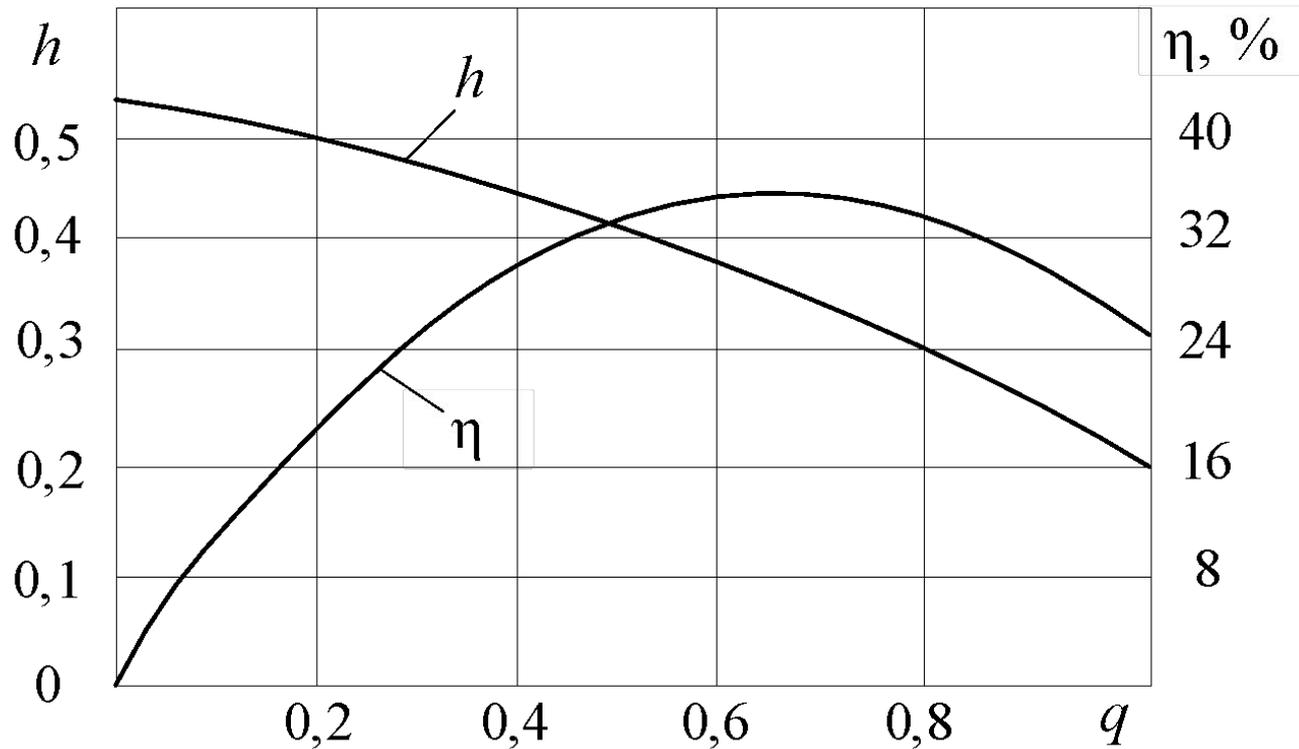
– относительная подача насоса: $q = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{р}}}$;

– относительный напор: $h = \frac{H_{\text{п}}}{H_{\text{п}} + H_{\text{р}}}$.

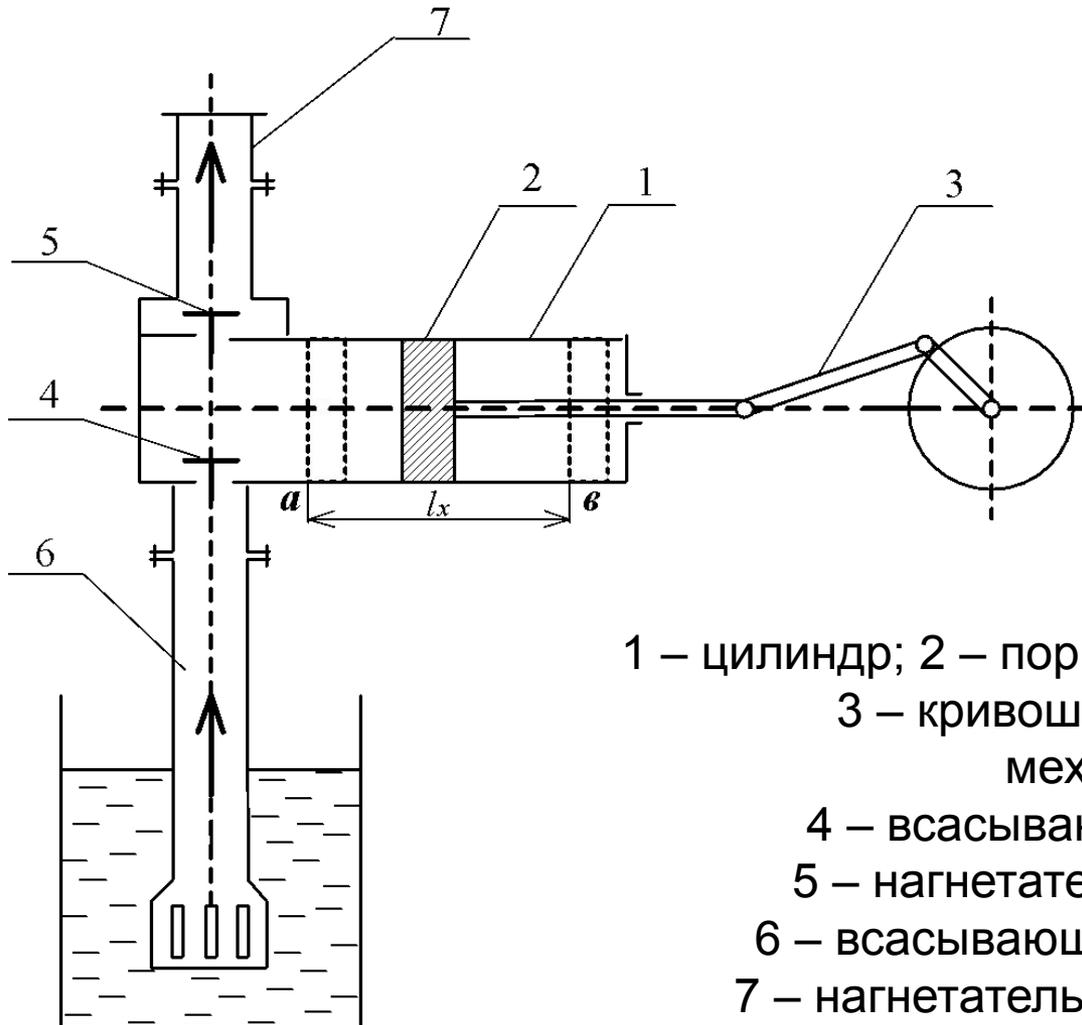
Таким образом, КПД струйного насоса может быть найден по формуле

$$\eta = \frac{h}{1-h} q.$$

Характеристики струйных насосов

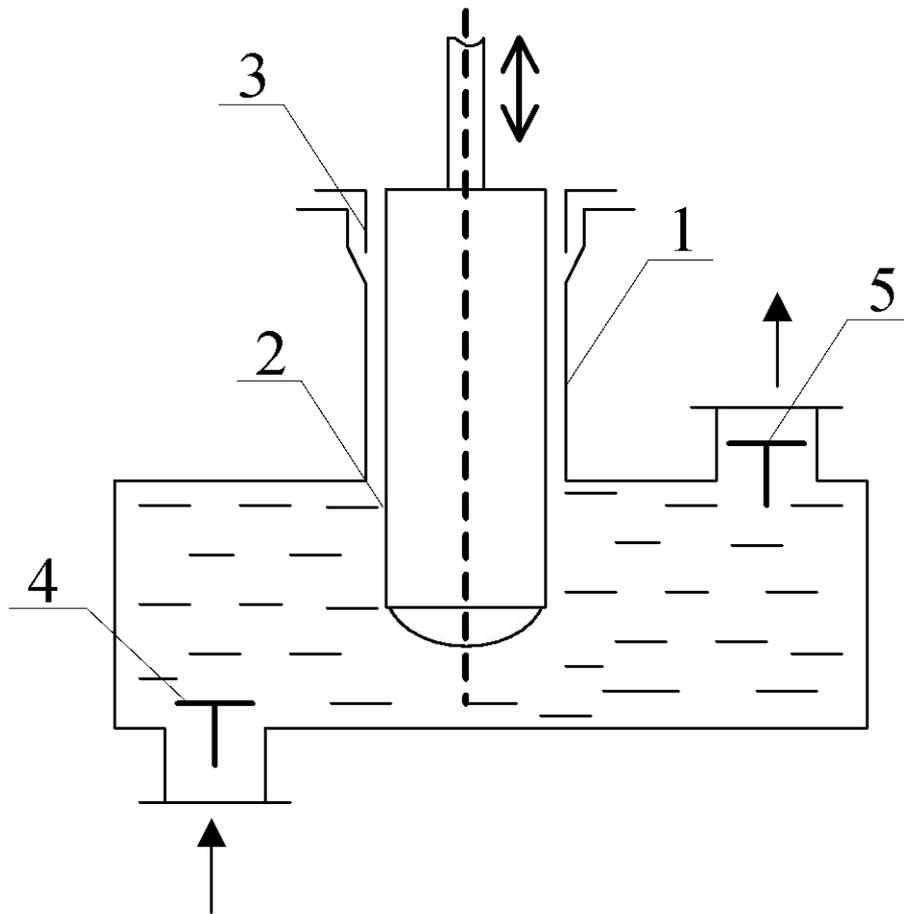


Поршневые насосы



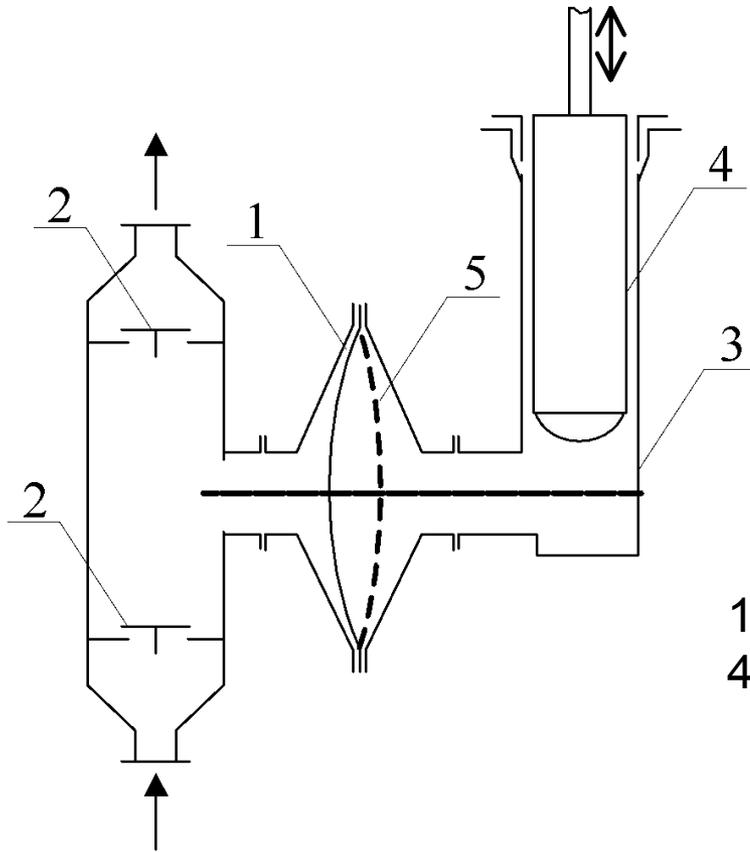
- 1 – цилиндр; 2 – поршень (l_x – ход поршня);
3 – кривошипно-шатунный механизм;
4 – всасывающий клапаны;
5 – нагнетательный клапаны;
6 – всасывающий трубопроводы
7 – нагнетательный трубопроводы

Плунжерный вертикальный насос простого действия



- 1 – цилиндр; 2 – плунжер;
- 3 – сальник;
- 4 – всасывающий клапаны;
- 5 – нагнетательный клапаны

Диафрагменный (мембранный) насос



1 – корпус; 2 – клапаны; 3 – цилиндр;
4 – плунжер; 5 – диафрагма

$$Q_T = \frac{S_{\Pi} \cdot l_X \cdot n}{60},$$

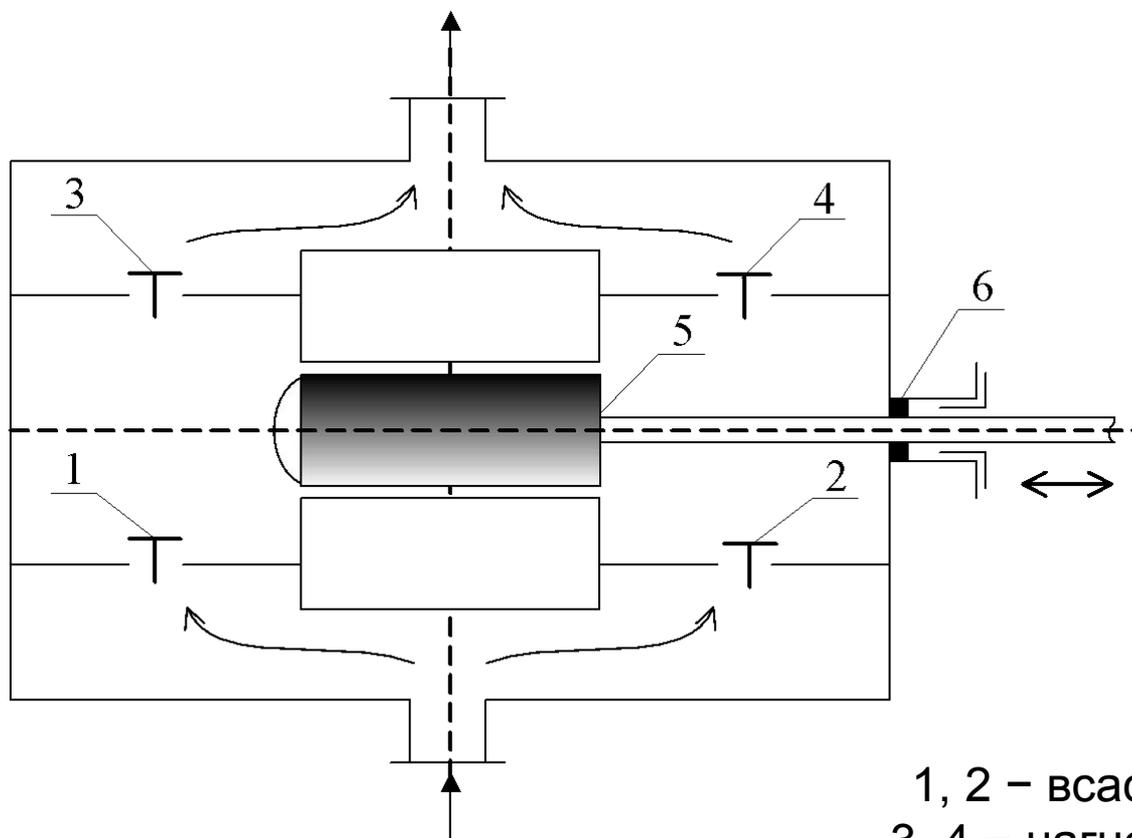
где Q_T – теоретическая подача поршневого насоса, м³/с

S_{Π} – площадь поперечного сечения поршня, м²;

l_X – ход поршня, м,

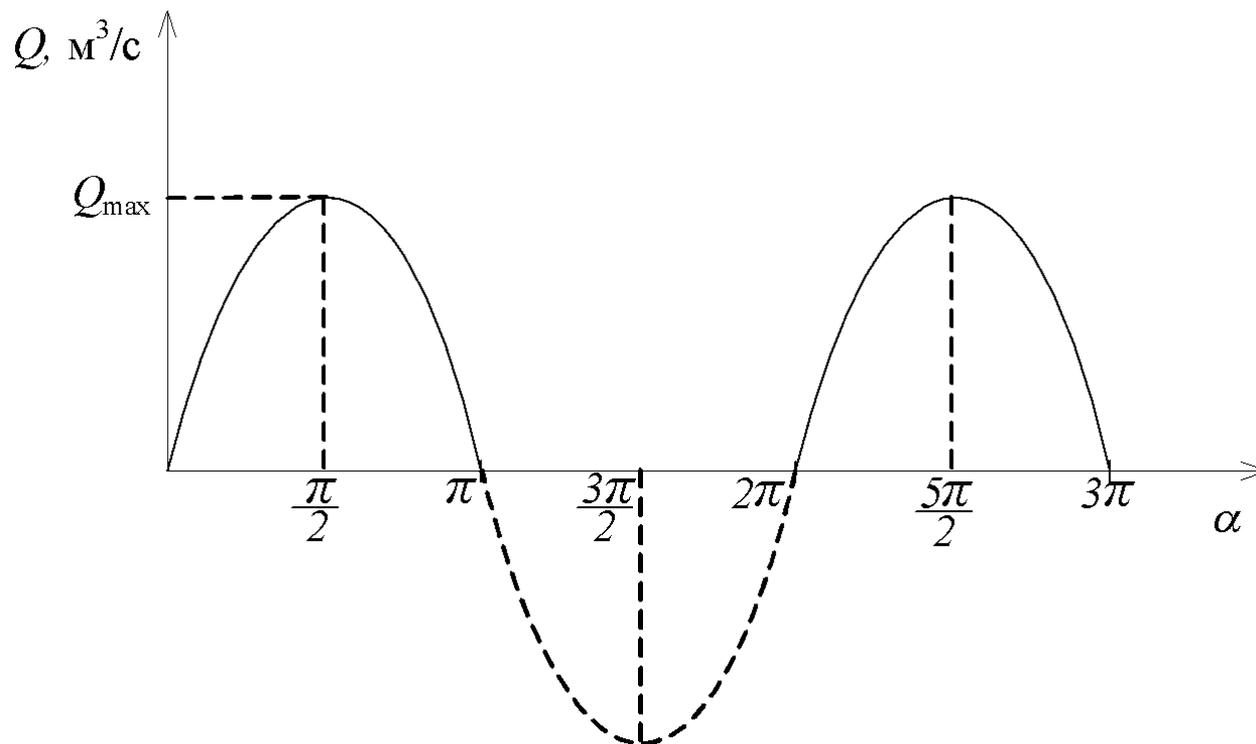
n – частота вращения вала кривошипно-шатунного механизма, мин⁻¹.

Горизонтальный плунжерный насос двойного действия



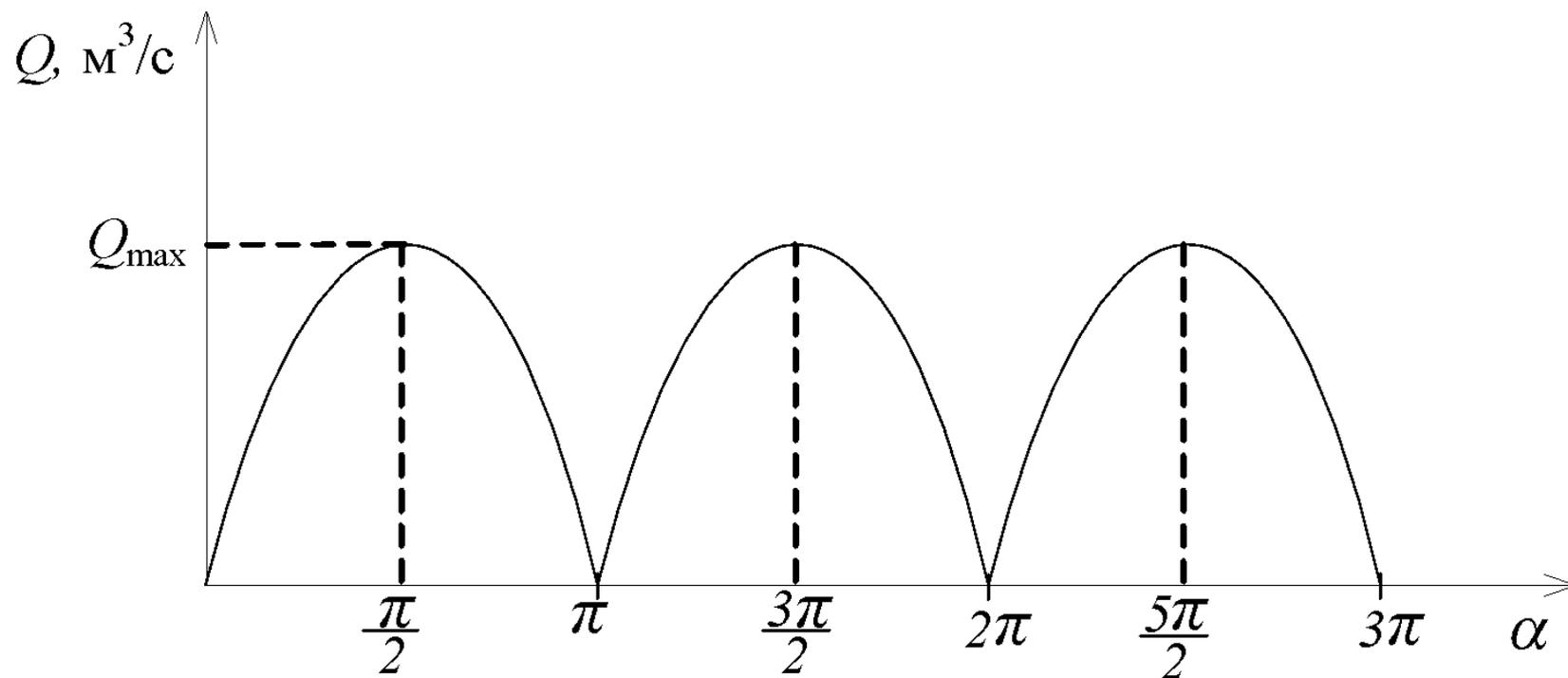
1, 2 – всасывающие клапаны;
3, 4 – нагнетательные клапаны;
5 – плунжер; 6 – сальник

Диаграмма подачи жидкости поршневым насосом простого действия

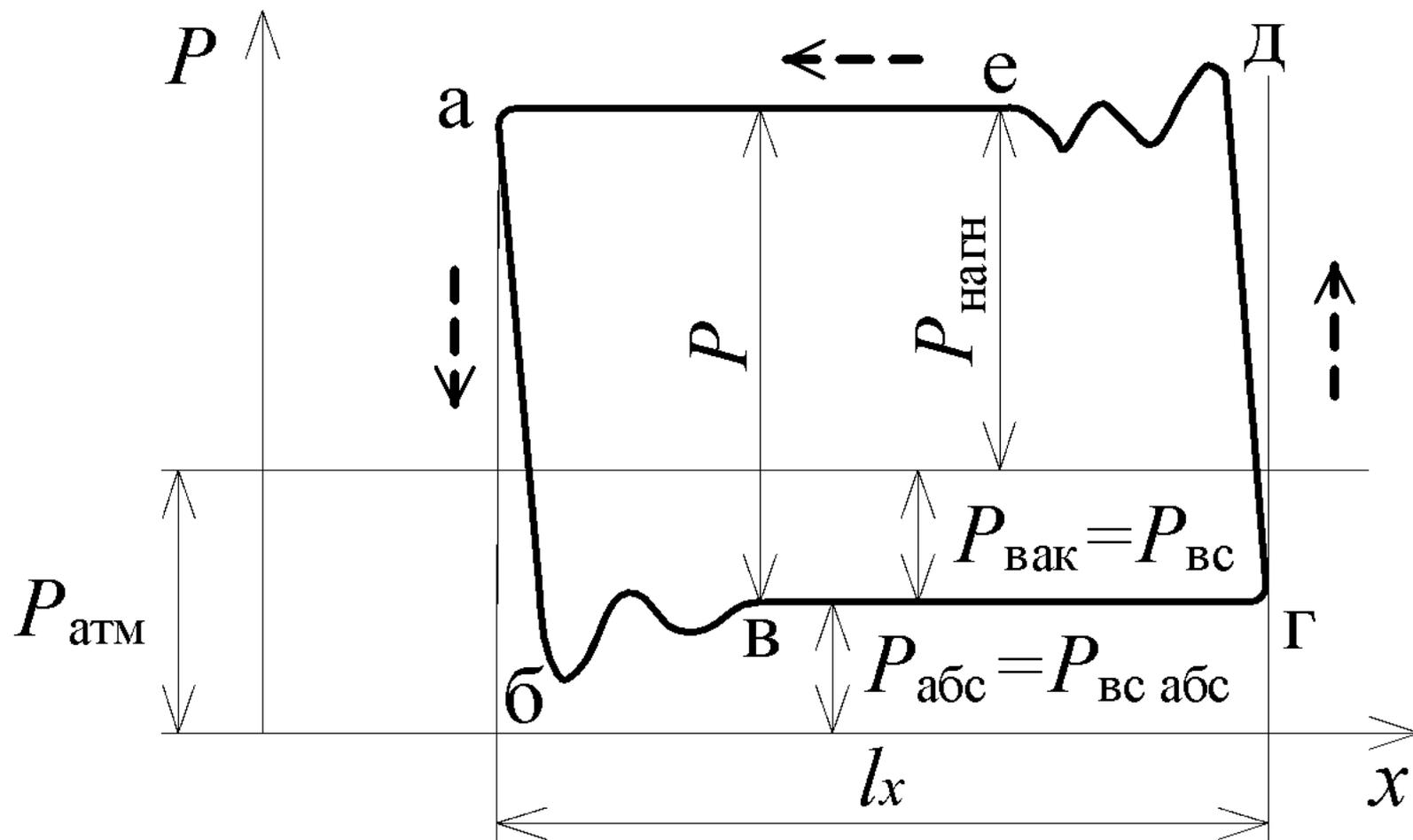


$$\alpha = f(\tau) \text{ гол поворота кривошипа}$$

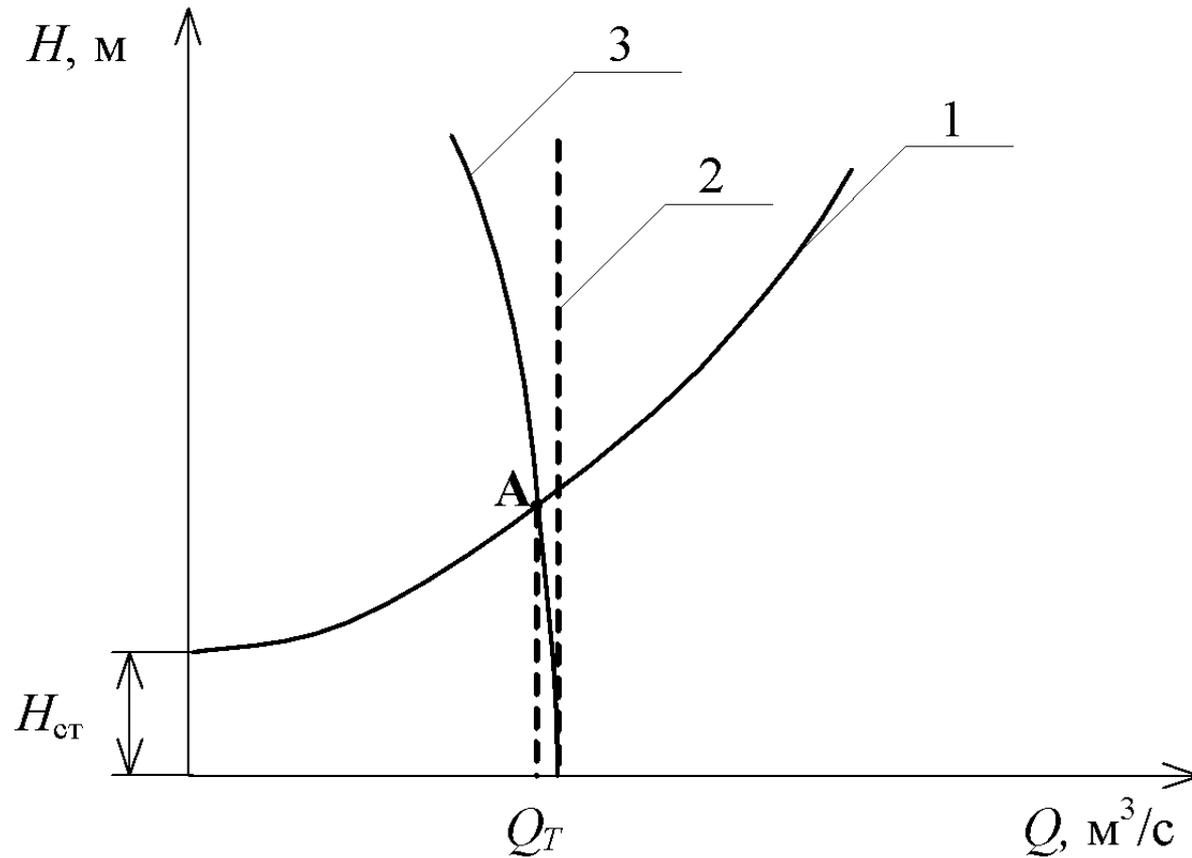
Диаграмма подачи жидкости поршневым насосом двойного действия



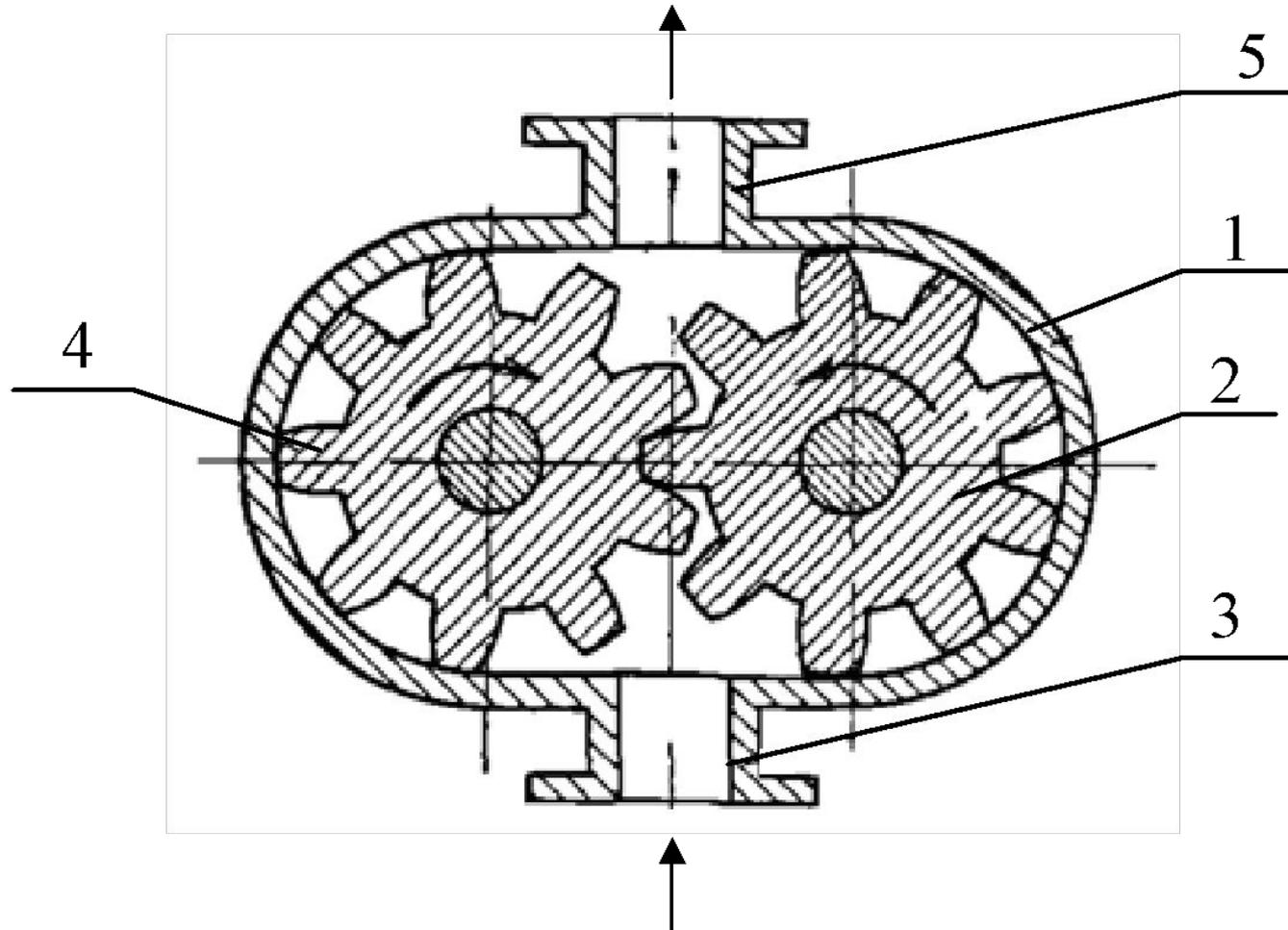
Индикаторная диаграмма



Совместная характеристика поршневого насоса и сети



Шестеренные насосы



1 – корпус; 2, 4 – шестерни; 3 – всасывающий патрубок;
5 – нагнетательный патрубок

Подача шестеренного насоса определяется выражением

$$Q = \frac{2S_{\text{ВП}} \cdot l_z \cdot z \cdot n \cdot \eta_v}{60}$$

где Q – подача шестеренного насоса, м³/с;

$S_{\text{ВП}}$ – площадь поперечного сечения впадины между зубьями, м²;

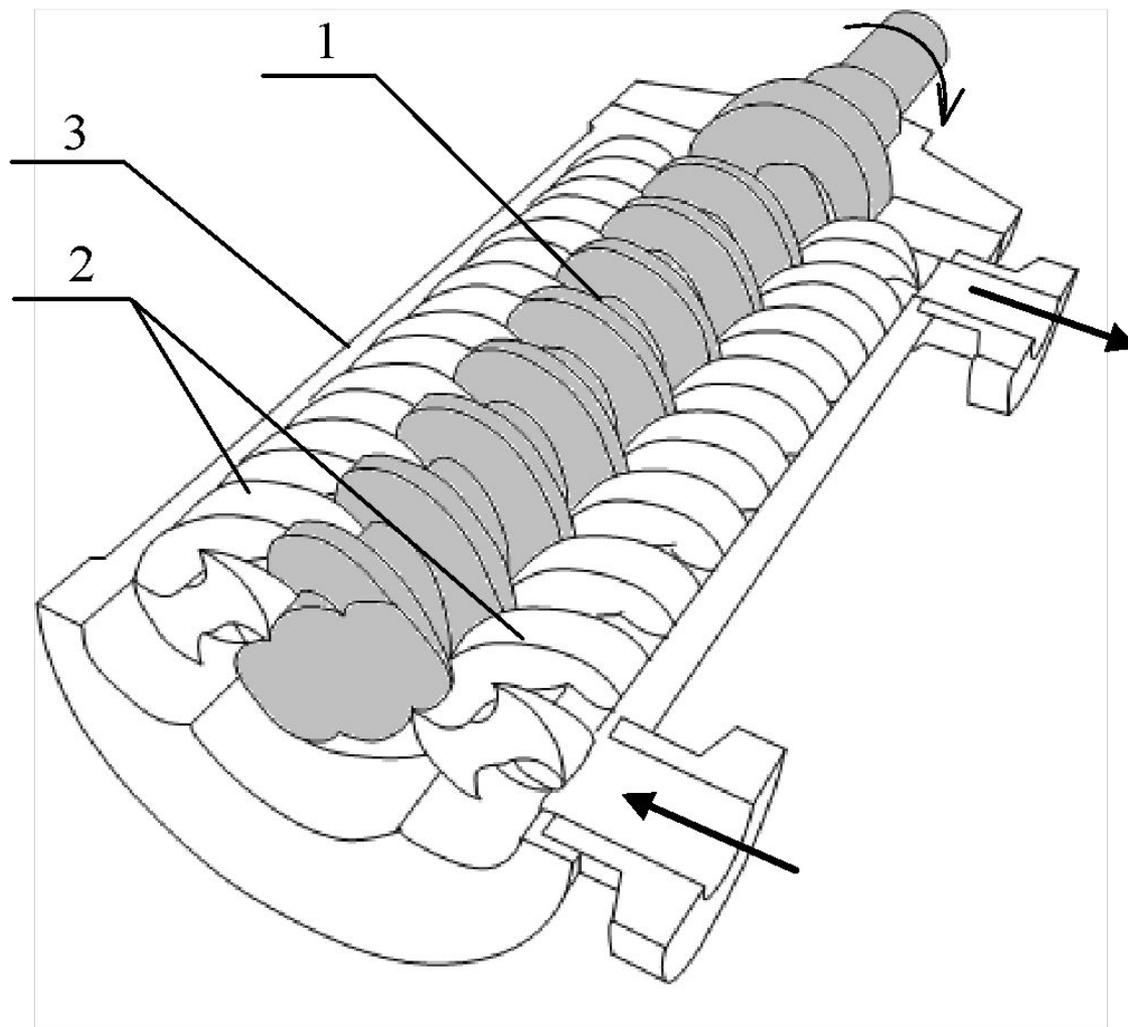
l_z – длина зуба шестерни, м;

z – число зубьев;

n – частота вращения шестерен, об/мин;

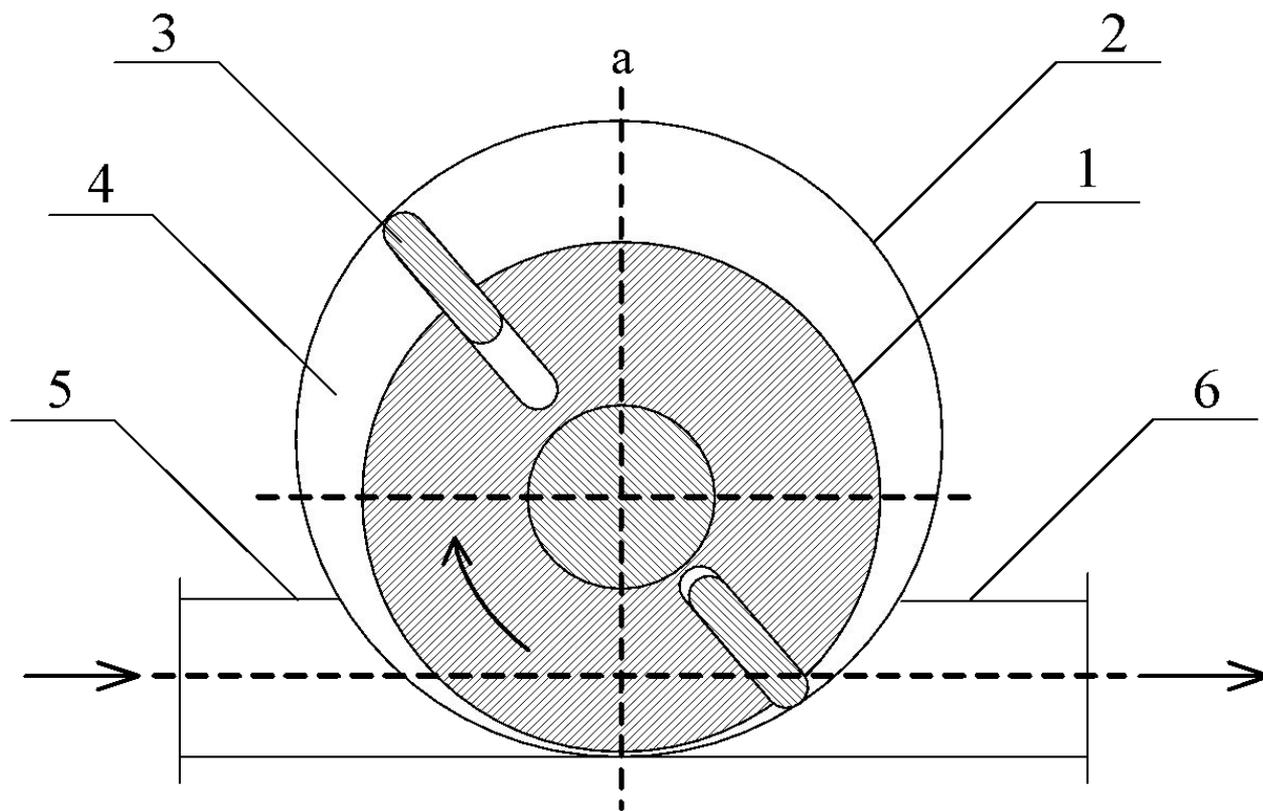
η_v – объемный коэффициент полезного действия, или коэффициент подачи

Винтовые насосы



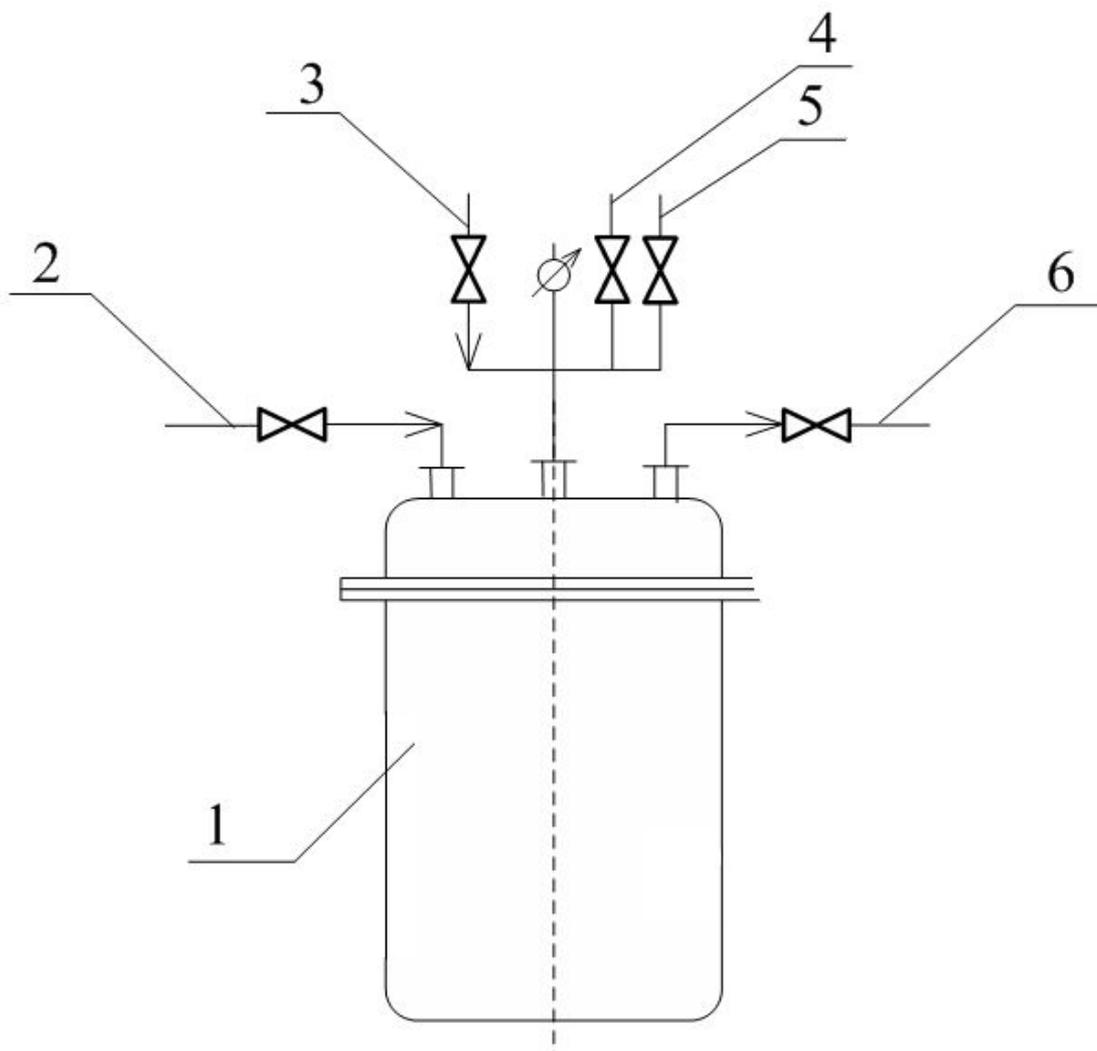
- 1 – ведущий винт;
- 2 – ведомые винты;
- 3 – кожух

Пластинчатый ротационный насос



1 – ротор, 2 – корпус; 3 – пластины; 4 – рабочее пространство;
5 – всасывающий патрубок; 6 – нагнетательный патрубок

Монтажу



- 1 – корпус;
- 2 – линия подачи перекачиваемой жидкости;
- 3 – линия подачи сжатого газа;
- 4 – воздушник;
- 5 – линия вакуума;
- 6 – нагнетательный трубопровод