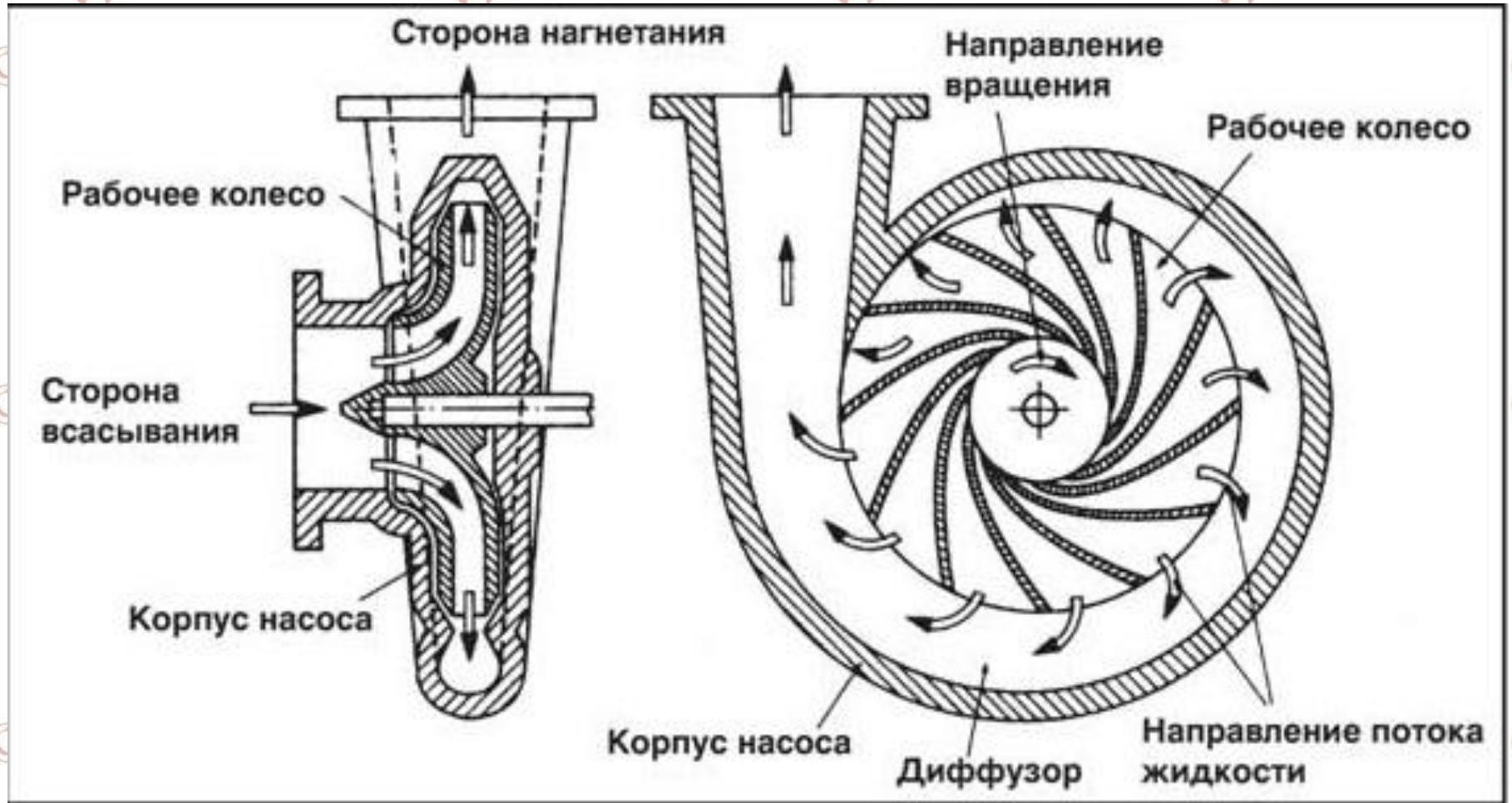


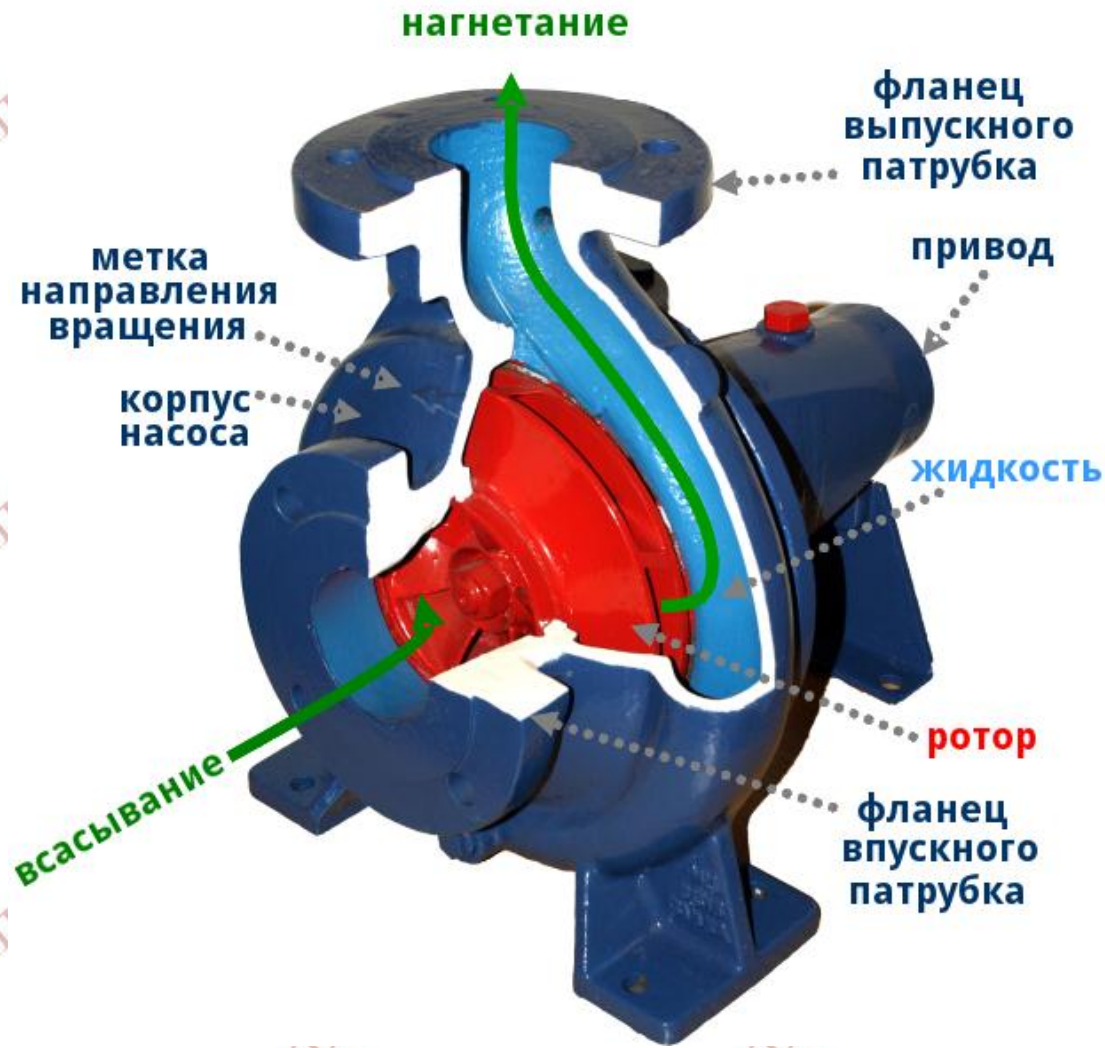
# Центробежные насосы

Эти насосы входят в группу **динамических насосов**. В них всасывание и нагнетание жидкости происходит за счёт вращения рабочего колеса с лопатками.

# Схема ЦБН



# Схема ЦБН



Это колесо помещено в корпус эксцентрично ему. При этом между колесом и корпусом образуется канал переменного сечения (улиткообразный канал). Жидкость из всасывающего патрубка попадает на лопатки рабочего колеса и начинает участвовать в двух движениях: вместе с лопаткой и вдоль неё. Скорость этого движения очень высокая.

Но после схода с лопатки и попадания в канал скорость резко падает. Согласно уравнению Бернулли кинетическая энергия потока переходит в его потенциальную энергию, т.е. в энергию давления, что нам и требовалось. На выходе получили высокое давление. На входе же в насос создалось разрежение, за счёт которого жидкость начинает непрерывно поступать на рабочее колесо.

Но вот если жидкости в насосе нет, то он работать не будет. Т.е. ЦБН как не самовсасывающие!

Поэтому важное условие: **перед пуском насос должен быть заполнен жидкостью**. А чтобы она не выливалась при остановке, на приёме насоса устанавливается **клапан**. **Клапан** — это **устройство, обеспечивающее перемещение среды в одном направлении**.

Пуск ЦБН без жидкости называют «сухим ходом» или «сухим трением». Для предотвращения такого пуска на насосе устанавливается датчик сухого хода, которые не позволяет пустить насос без его заполнения.

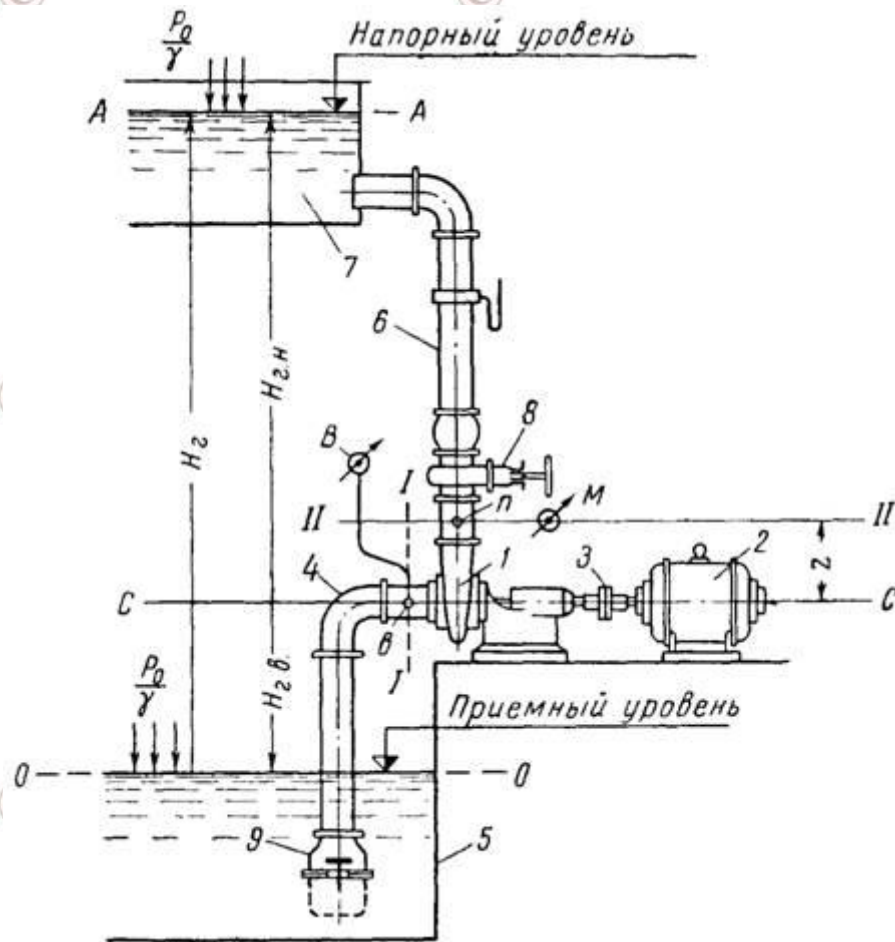
Это первая особенность эксплуатации ЦБН.

Но есть и ещё одна. Если включить насос на сеть с открытой задвижкой на нагнетательном трубопроводе, то возможно два сценария развития событий. При первом двигатель насоса не справится с нагрузкой и сгорит.

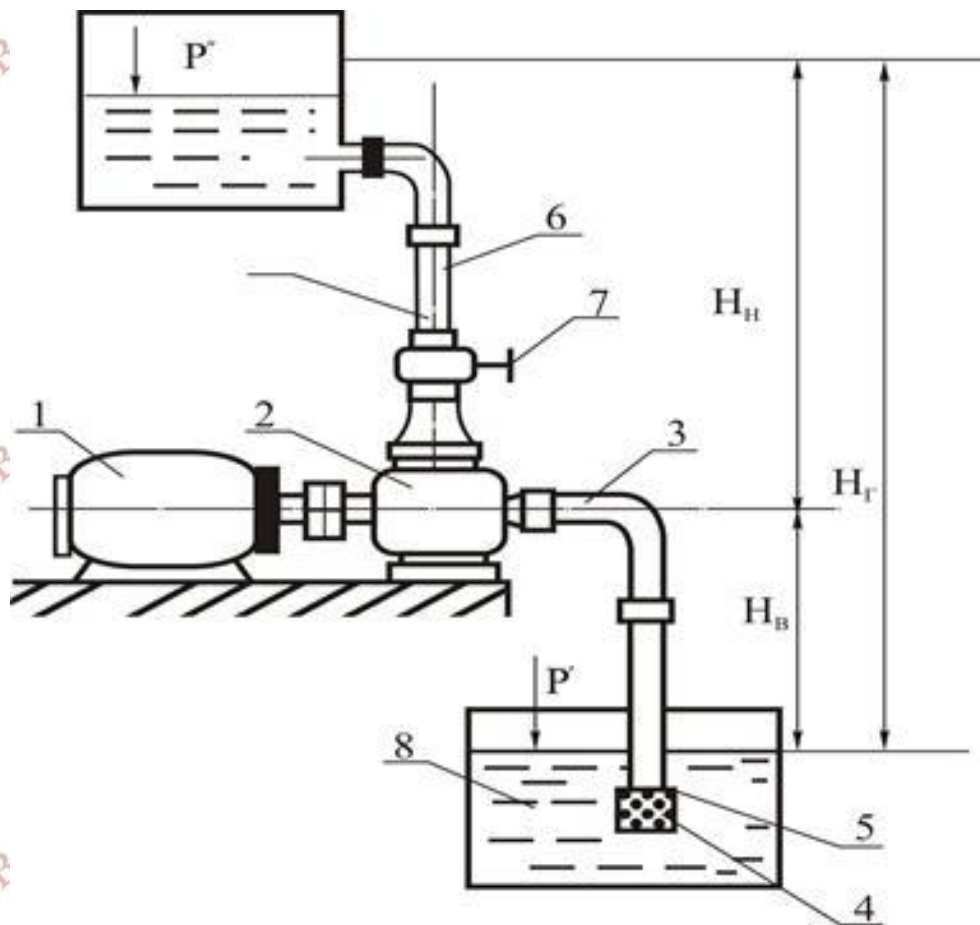


При втором двигатель справится с нагрузкой, и насос за очень короткое время сообщит жидкости огромную энергию. В результате появится так называемый гидравлический удар. Отсюда вторая особенность эксплуатации ЦБН: они запускаются только с закрытой задвижкой на напорном трубопроводе.

**Пуск центробежного насоса осуществляется только «на закрытую задвижку»! (№8 на схеме)**

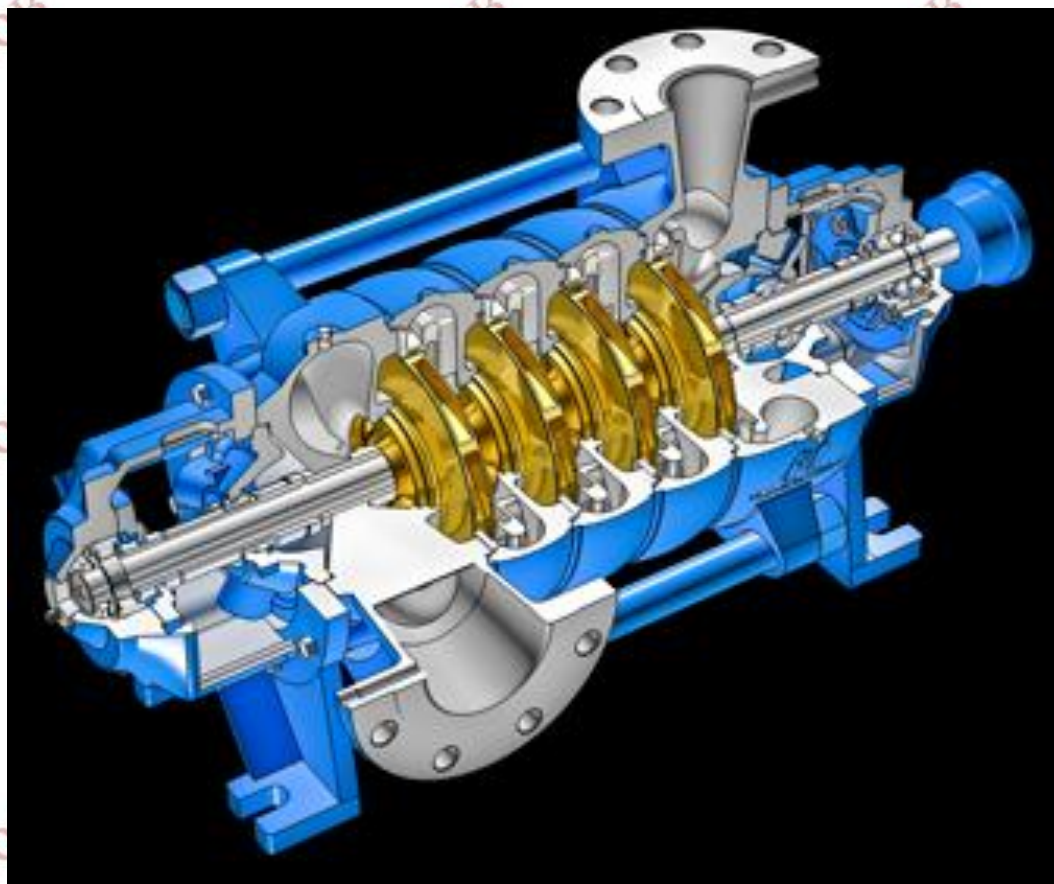


**Пуск центробежного насоса осуществляется только «на закрытую задвижку»! (№7 на схеме)**



Обычный ЦБН даёт напор не более 100 м столба перекачиваемой жидкости. Это довольно скромно. Чтобы увеличить напор, делают насосы с несколькими рабочими колёсами на одном валу. Их называют **многоступенчатыми.**

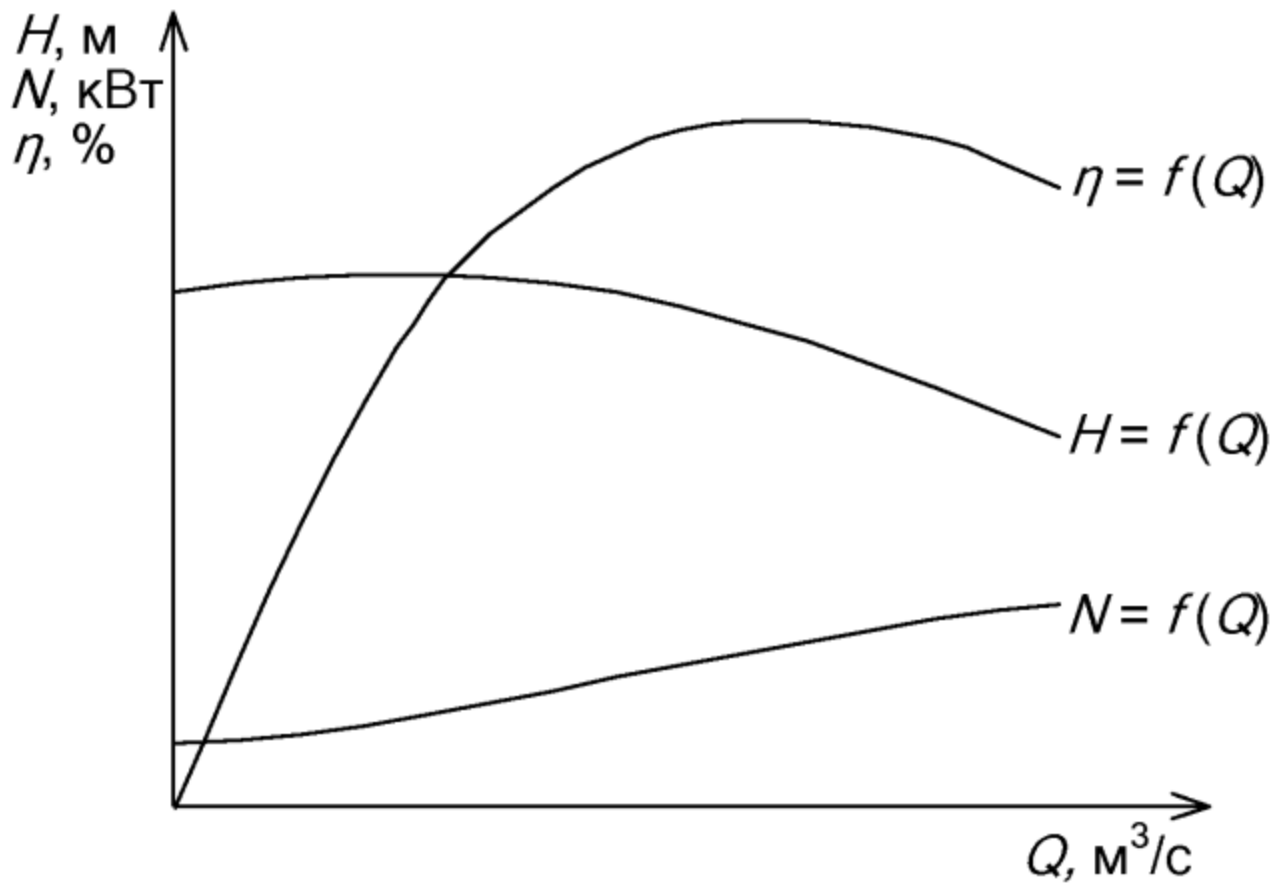
Бывают двухступенчатые, трёхступенчатые и т.д. насосы. Примерно можно считать, что напор такого насоса равен произведению напора одного колеса на число колёс.



Интересно, что для добычи нефти с больших глубин (порядка 5 км и более) применяются погружные ЦБН с числом рабочих колёс от 84 до 332, длиной до 5,5 м и диаметром не более 123 мм (по диаметру скважины)!

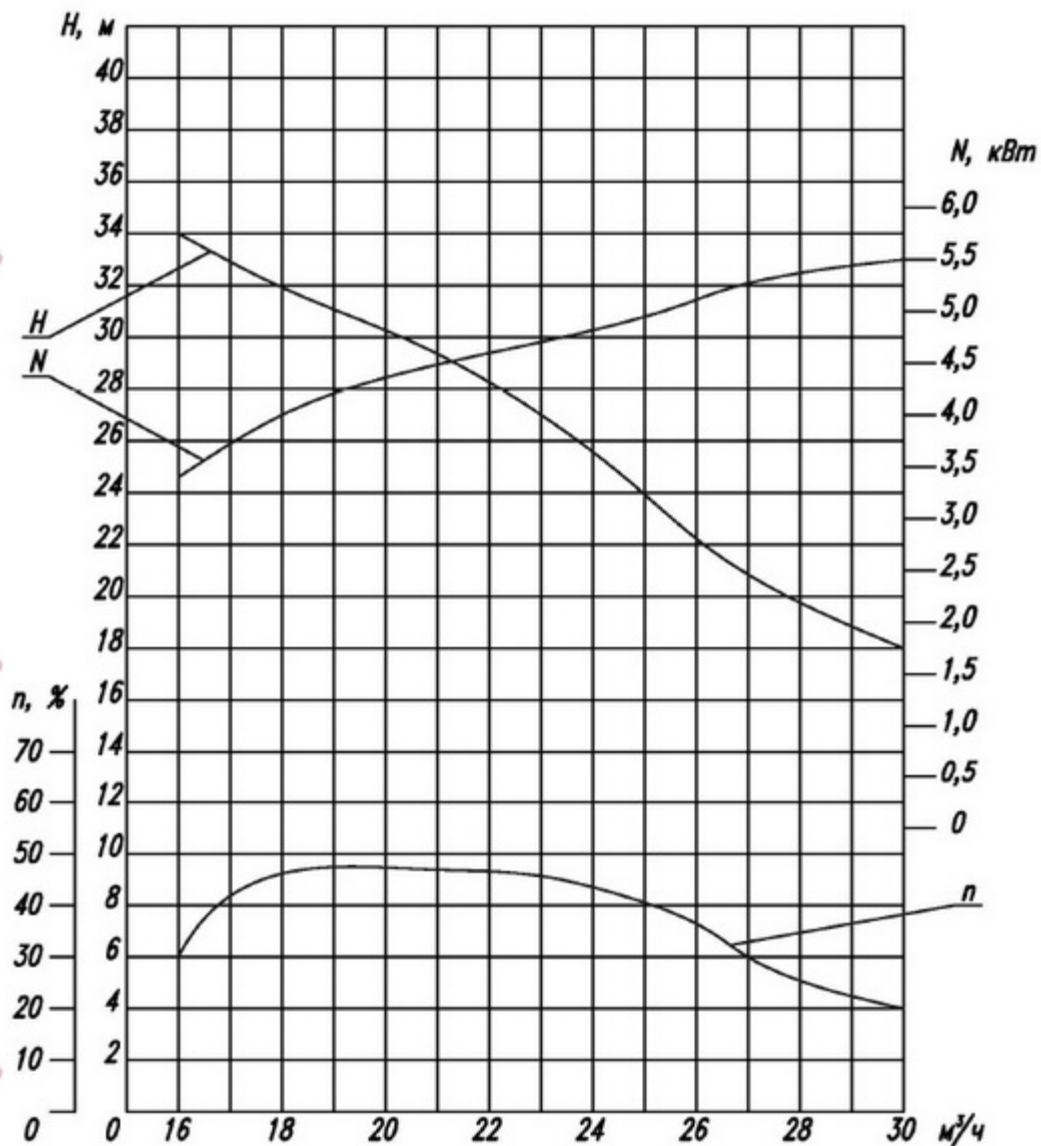
# Характеристики центробежного насоса

Характеристиками ЦБН называется графическое изображение зависимости напора  $H$ , мощности  $N$  и к.п.д. насоса  $\eta$  от производительности  $Q$ . На одном графике показываются три эти зависимости.





Насос центробежный ОНЦ 1-18/32 М  
 Напорная, мощностная, КПД характеристики  
 (испытания на воде)

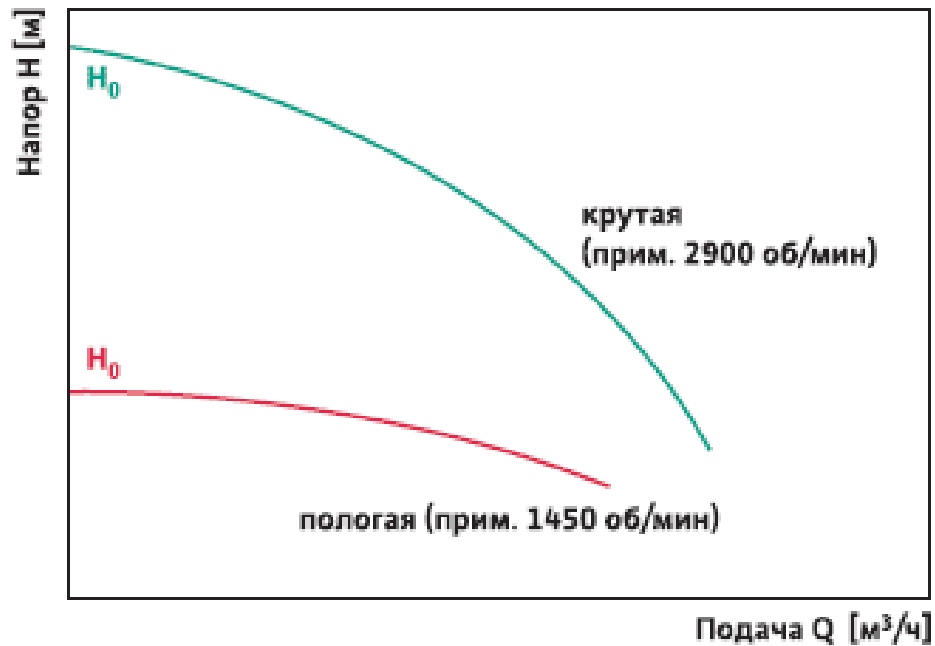


Вот этот насос. Его подача  $18 \text{ м}^3/\text{час}$ , напор  $32 \text{ м}$ .



# На характеристики ЦБН влияет число оборотов рабочего колеса

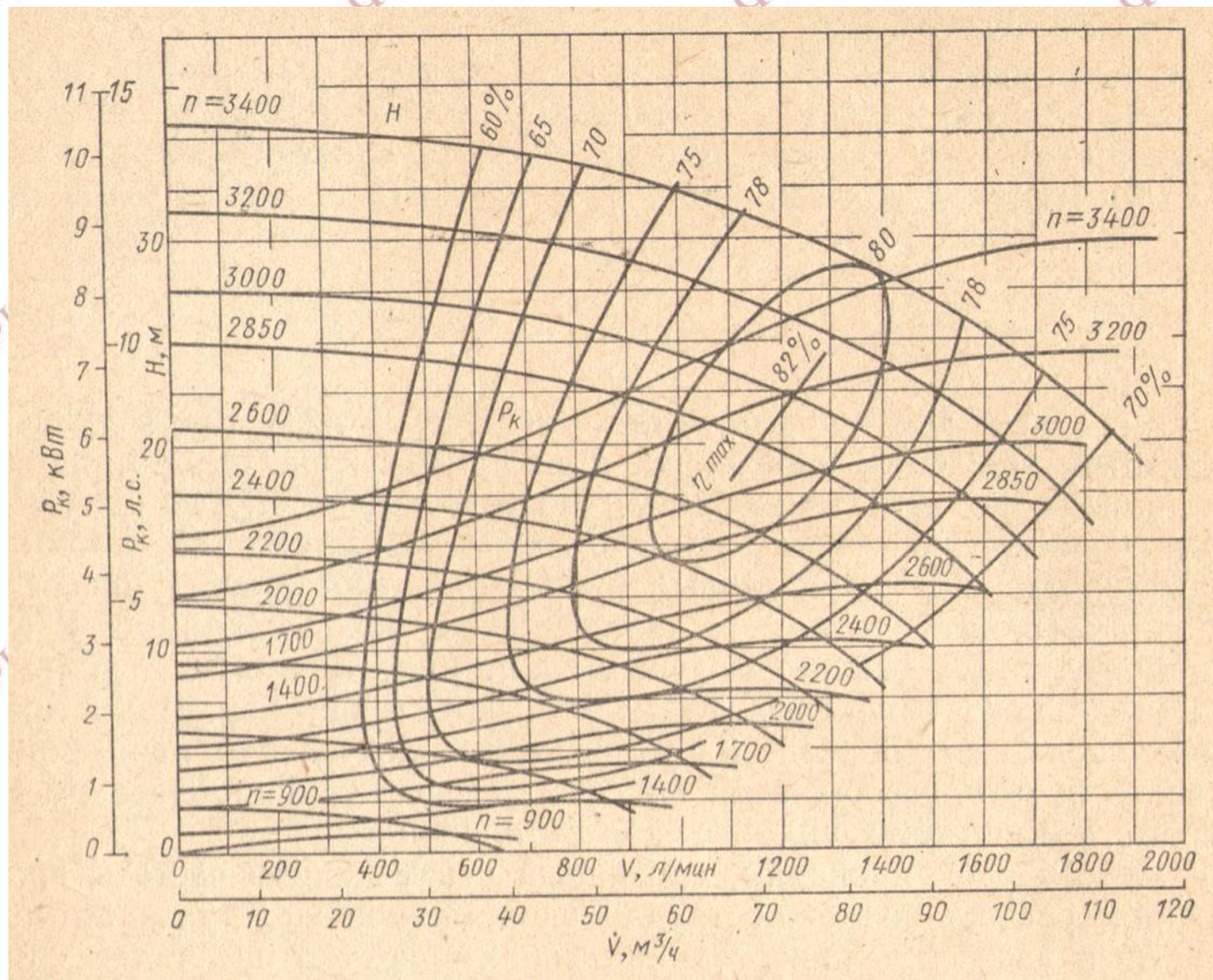
(<http://www.promsnab.kiev.ua/articles>)



При применении центробежных насосов требуется знать не только зависимость подачи и напора при одном числе оборотов, но и при других числах оборотов. Поэтому насос должен иметь семейство характеристик  $H=f(Q)$  при разных числах оборотов. Такое семейство называют **универсальной характеристикой ЦБН.**

Для получения универсальной рабочей характеристики насоса снимают экспериментальным путем характеристики  $H=f(Q)$  и  $\eta=f(Q)$  при разных числах оборотов  $n_1, n_2, n_3$  и т.д. Затем кривые  $H=f(Q)$  с пометками значений  $\eta$  сводят в один график и через точки с равными значениями КПД соединяют плавными линиями. В результате получается график, показанный на следующем слайде. Это и есть универсальная характеристика насоса.

# Универсальная характеристика ЦБН



# Работа насоса на сеть.

## Рабочая точка насоса

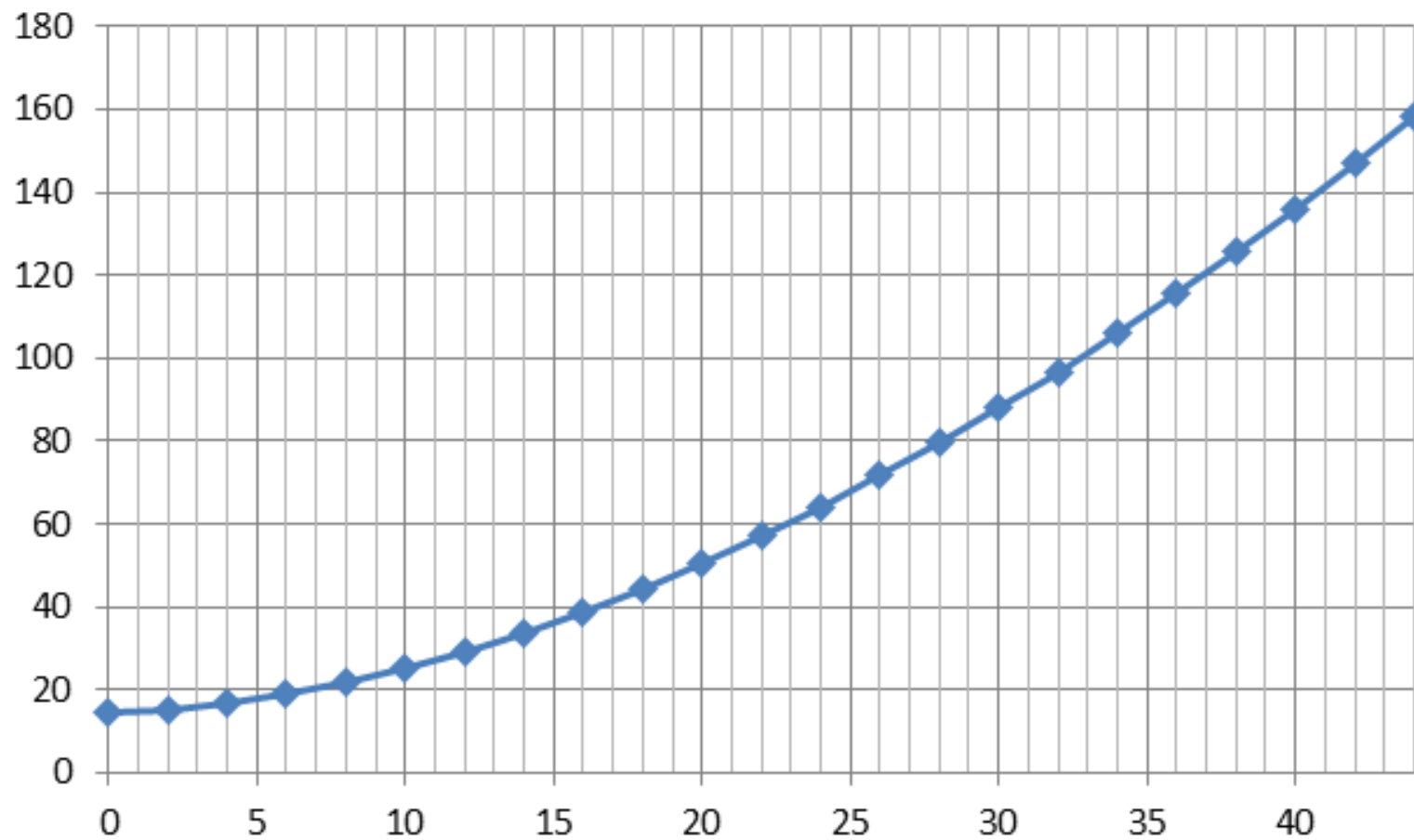
Насос подбирается на конкретную сеть.

Вспомним: сетью называется совокупность трубопроводов, аппаратуры и арматуры.

Арматура сети — это различные элементы, служащие для управления потоком и регистрации его параметров.

На рисунке показана её характеристика.

Напор, м

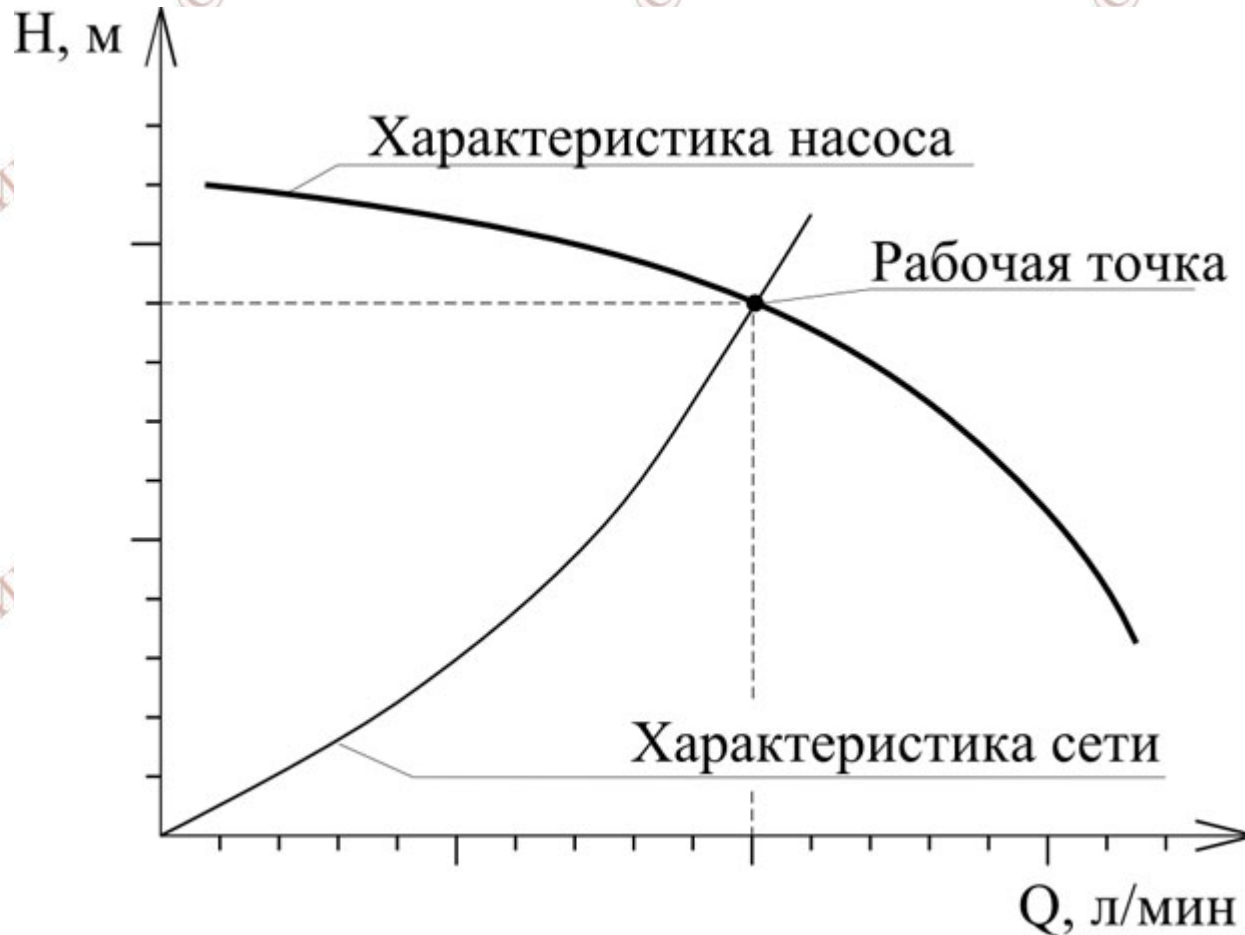


Объёмный расход, м³/час



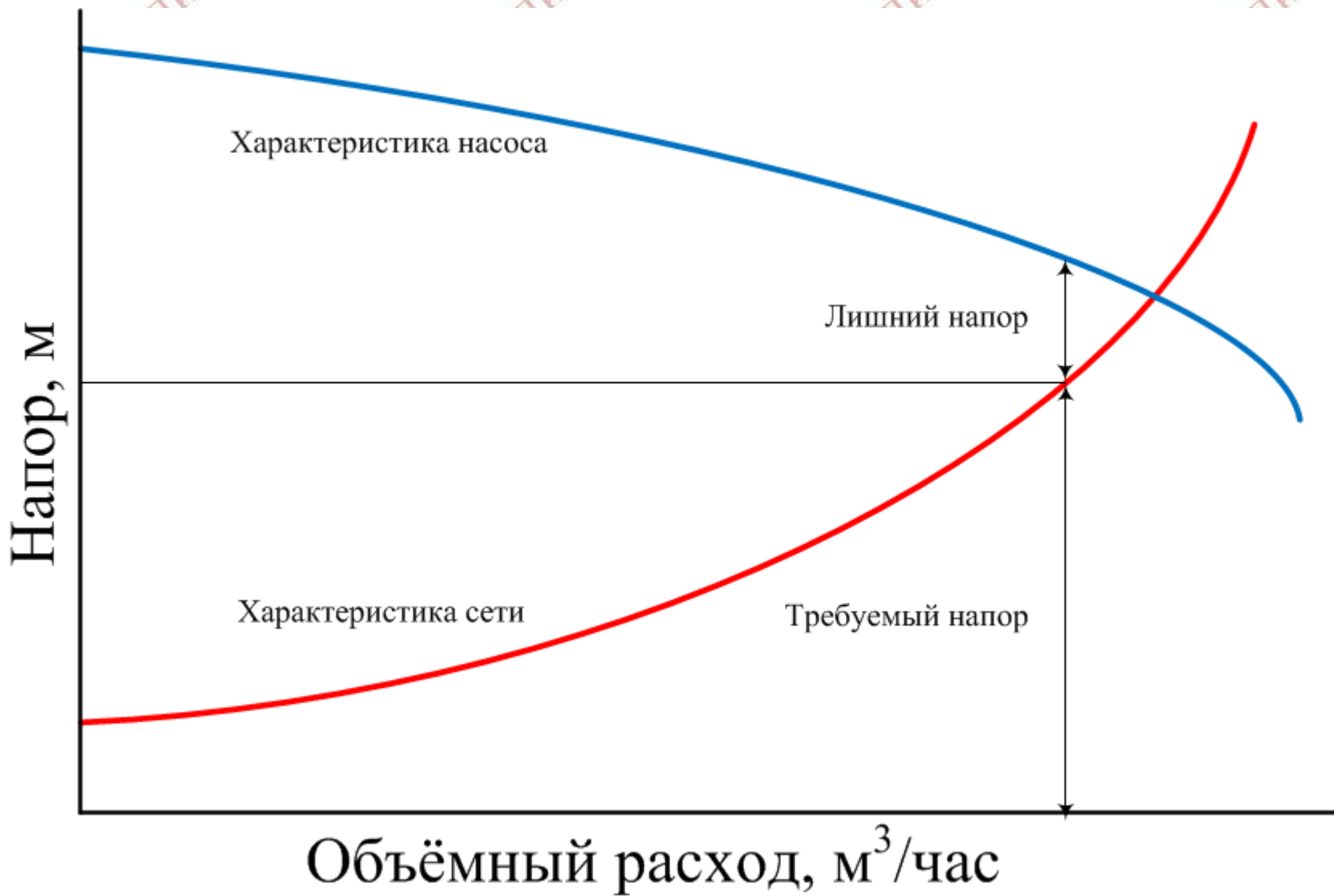
Для этой конкретной сети заданы расход  $V$  (или  $Q$ ) и требуемый напор. Вот по этим параметрам и подбирается насос. Идеальным будет вариант, когда насос сообщает жидкости ровно столько энергии (напора!), сколько ей требуется для достижения конечной точки.

Вот он – идеальный случай. Попали в так называемую рабочую точку А.



Но подобрать насос так, что бы попасть в рабочую точку, довольно трудно. Обычно насос сообщает энергии несколько больше, чем требуется.

[\(http://promsis.spb.ru/%D1%87%D1%82%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5-%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%8F-%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%B0/\)](http://promsis.spb.ru/%D1%87%D1%82%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5-%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%8F-%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%B0/)



# Законы пропорциональности центробежных насосов

Производительность  $Q$ , напор насоса  $H$  и потребляемая мощность  $N$  зависят от числа оборотов рабочего колеса  $n$  и его диаметра  $D$ .

Зависимости эти выглядят так.

$$Q_2 = Q_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right),$$

$$H_2 = H_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2,$$

$$N_2 = N_1 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^3.$$

Т.е. при увеличении числа оборотов в два раза подача насоса увеличивается тоже в два раза. Напор возрастает в четыре раза.

А мощность - в восемь раз.

Регулировать число оборотов

электродвигателя очень просто — мы это

делаем в нашей лаборатории с помощью

частотного преобразователя.

Влияние диаметра рабочего колеса:

$$Q_2 = Q_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right),$$

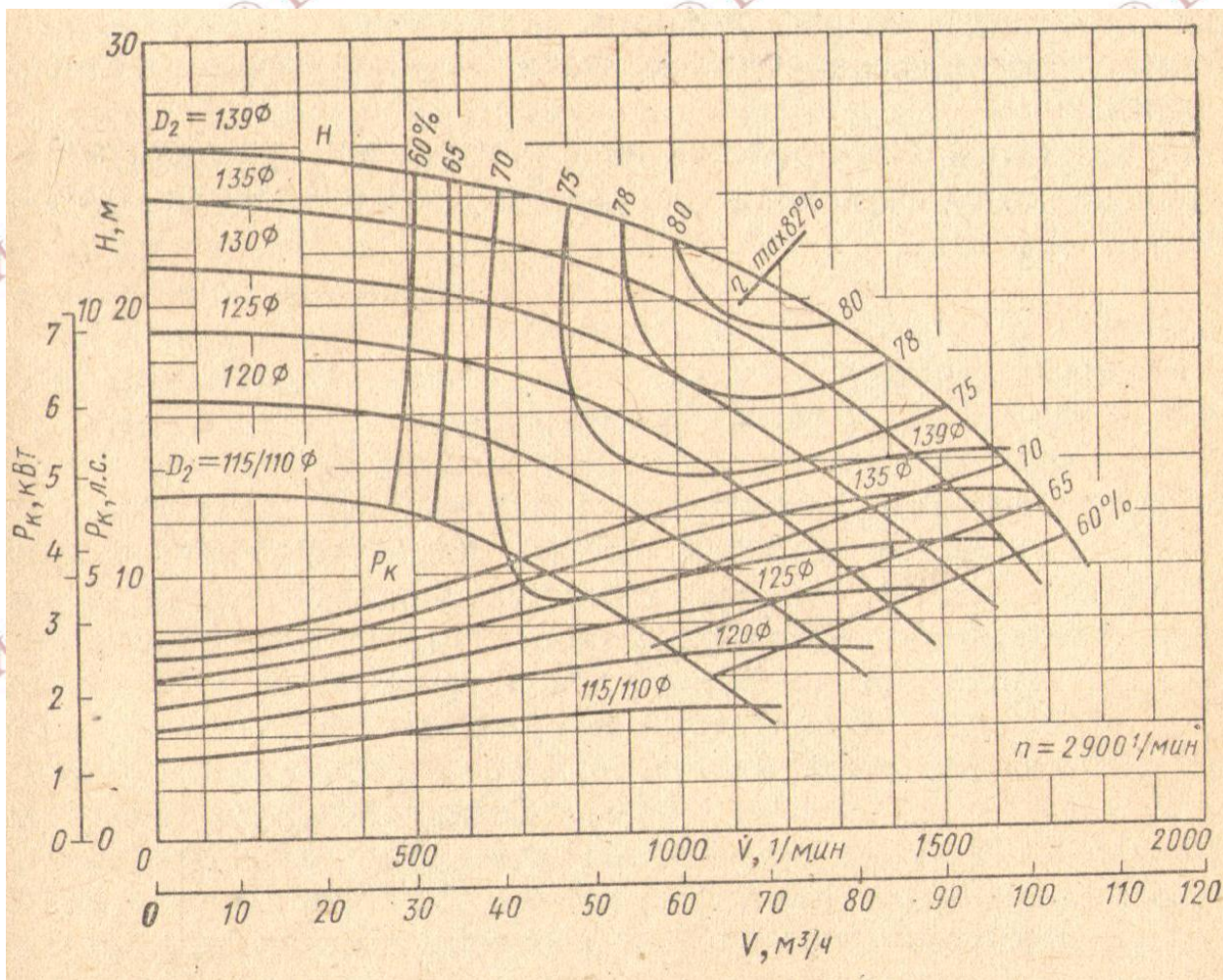
$$H_2 = H_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2,$$

$$N_2 = N_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3.$$

Раньше у механиков на стеллажах лежало по несколько рабочих колёс разного диаметра.



# Характеристика ЦБН при различных диаметрах рабочего колеса:



Слабым местом ЦБН является выход вала из корпуса. Это место необходимо тщательно уплотнять с помощью специальных сальников. А можно совсем избавиться, сделав передачу вращения с помощью магнитов

# Насос фирмы Klaus Union с магнитным приводом



# Достоинства и недостатки центробежных насосов

Достоинства:

1. Высокая производительность и равномерная подача, т.е. поток не пульсирует.
2. Небольшие размеры при большой производительности.
3. Связь с электродвигателем без передаточных устройств.

4. Плавное протекание переходных процессов при изменении режима работы гидросистемы.

5. Изменение показателей насосов  $H$ ,  $Q$ ,  $\eta$  за счет различных факторов: обточки диаметра рабочего колеса, изменения частоты вращения, изменения частоты электропитания.

6. Невысокая стоимость насоса из-за использования в конструкции насоса сравнительно дешёвых конструкционных материалов: сталь, чугун, полимерные материалы, **керамика**.

7. Простота технического обслуживания и эксплуатации.

8. Высокая надёжность в работе.

9. Возможность перекачивания неоднородных загрязнённых жидкостей (канализационные насосы).

## Недостатки:

1. Невысокий напор, который падает при увеличении расхода.
2. Требуется предварительная заливка корпуса перекачиваемой жидкостью.
3. Насосы малой и средней производительности имеют невысокий к.п.д. (60-75%, к.п.д. электродвигателя 85%).

4. Подача  $Q$  и напор  $H$  и резко падают при увеличении вязкости перекачиваемой жидкости.

5. Склонность к кавитации.

### Вывод

Центробежные насосы целесообразно использовать в области больших подач жидкости  $Q$  и низких и средних напоров жидкости  $H$ .



Интересно, что доля импортного насосного оборудования на типовом НПЗ на момент введения санкций против РФ (2015 г.) составляла 75%. При этом импорт на 50% может быть заменён продукцией отечественного производства.