

НЕФТЕЮГАНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ  
(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Югорский государственный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**для обучающихся по выполнению практических занятий**

Тема 3 Монтаж, расчет, принцип работы и эксплуатации нефтегазопромыслового  
оборудования и инструмента

Тема 4 Технологические операции по техническому обслуживанию наземного  
оборудования и подземному ремонту скважин

ПМ.02.Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования

МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования

**Специальность 21.02.01 Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений**


Нефтеюганск  
2020

РАССМОТРЕНО

Предметной (цикловой) комиссией  
специальных нефтегазовых  
дисциплин

протокол № 1 от « 10 » сентября 2020г.

Председатель П(Ц)К

 Ребенок Г.А..

Методические указания разработаны на основании программы  
профессионального модуля по специальности 21.02.01 Разработка и  
эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Разработчик: Ребенок Г.А. – преподаватель НИК (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»

## Правила выполнения практических работ

Практические работы выполняются в ученической тетради в клетку, на обложке которой должны быть указаны название МДК, индивидуальный вариант по списку в журнале.

Задания практической работы переписывать полностью. При необходимости записи сопровождать схемами, рисунками, таблицами. Записи выполняются чернилами или пастой черного (фиолетового) цвета, четко и разборчиво.. При расчетах следует записать формулу, а только затем числовые вычисления. Выполнение расчетов и их запись должны носить последовательный характер. Не допускается подставлять формулу значения какой-либо величины, а ниже производить вычисления этого числа. Каждое значение начинать с новой страницы.

Графическая часть практической работы выполняется аккуратно, с использованием чертежных инструментов. Все рисунки и схемы должны быть пронумерованы в порядке их расположения. По тексту при оформлении каждой из задач необходимо делать ссылку на номер рисунка или схемы. На рисунках (схемах) необходимо нанести известные и искомые параметры.

При оформлении заданий практической работы должна соблюдаться следующая последовательность (каждый пункт выполняется с красной строки):

1. Задание практической работы,
2. Исходные данные для решения задачи, (единицы измерения перевести в систему СИ);
3. Рисунок (схема),
4. Ниже изложение хода решения задачи с пояснениями,

Студент допускается к экзамену по МДК, если его работы зачтены. Если в работе допущены ошибки работа возвращается студенту. Получив прорецензированную практическую работу, студент должен исправить ошибки и дать необходимые дополнения к ответам, если этого требует рецензия. Работу над ошибками следует проводить в этой же тетради. Если исправлений требуется слишком много, работу следует выполнить заново и сдать ее вместе с ранее выполненной.

Пропущенные практические занятия студент должен отработать на консультации.

## Тема: Насосы

### Методические указания

#### по выполнению практического работы № 1

#### Расчет и построение графика движения поршня

**Цель:** Усвоить характер изменения скорости и ускорения поршня в насосе объемного типа.

**Задача :** Построить графики скорости и ускорения поршня в насосе объемного типа,

#### Общие сведения

Согласно теории кривошипно-шатунных механизмов следует, что изменение мгновенной скорости движения поршня во времени с достаточной степенью приближения следует синусоидальному закону:

$$v = r \cdot \omega \cdot \sin \alpha \quad \text{м/с,}$$

(1)

где  $r$  - радиус кривошипа, м

$\omega$  - угловая скорость вращения кривошипа,  $\text{с}^{-1}$

$\alpha$  - угол поворота кривошипа

Следовательно, скорость движения поршня – величина переменная, изменяется по синусоиде (см. рисунок 1, б). В мёртвых положениях при  $\alpha = 0^\circ$  и  $\alpha = 180^\circ$  скорость поршня равна нулю ( $\sin \alpha = 0$ ), т.к он останавливается чтобы изменить направление движения. Максимальное значение скорость поршня приобретёт при  $\alpha = 90^\circ$  и  $\alpha = 270^\circ$ , т.е. при среднем положении поршня ( $\sin \alpha = 1$ ).

Ускорение поршня является первой производной от скорости по времени и определяется по формуле:

$$a = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \alpha \quad \text{м/с}^2, \quad (2)$$

Из формулы следует, что ускорение поршня изменяется по косинусоиде (см. рисунок 1, в) и в противоположность скорости в мёртвых положениях поршня (при  $\alpha = 0^\circ$  и  $\alpha = 180^\circ$ ) будет иметь максимальное значение, при чем во второй половине хода со знаком минус. Нулевое значение ускорение будет иметь при  $\alpha = 90^\circ$  и  $\alpha = 270^\circ$ .

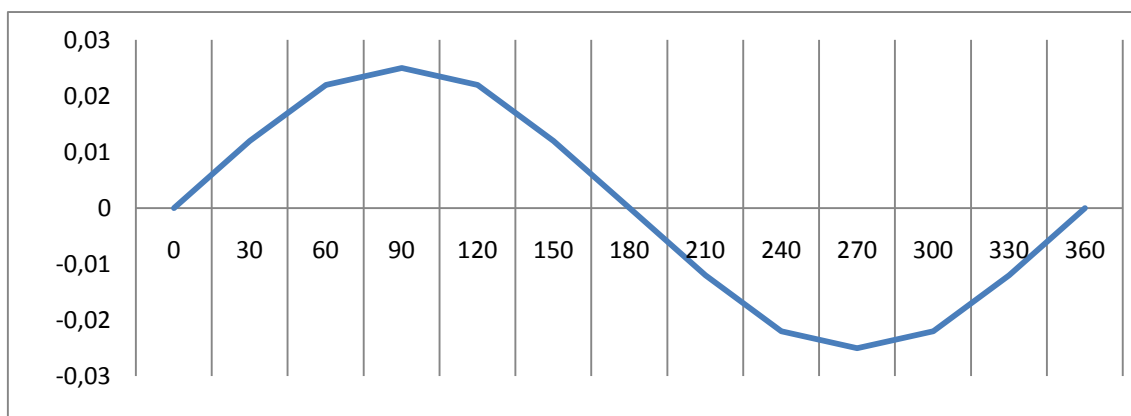


Рисунок 1- График скорости движения поршня (синусоида)

## Задача

Построить графики скорости и ускорения поршня по исходным данным (таблица 1).

Таблица 1

Вариант	Число поршней z	Число рабочих камер i	Число двойных ходов поршня n, мин <sup>-1</sup>	Длина хода поршня S, м	Диаметр цилиндра D, м	Давление нагнетания P <sub>n</sub> , МПа	Диаметр штока d, м
1	3	3	135	0,25	0,18	18,5	0,06
2	3	3	120	0,25	0,12	25	0,06
3	3	3	135	0,25	0,18	11,3	0,065
4	3	3	120	0,20	0,12	24	0,065
5	2	2	65	0,40	0,2	9,6	0,07
6	2	2	65	0,30	0,13	12	0,07
7	2	2	65	0,30	0,2	14,2	0,07
8	2	2	65	0,40	0,13	10	0,07
9	3	3	135	0,25	0,18	17	0,07
10	3	3	135	0,20	0,13	31	0,07
11	3	3	125	0,18	0,18	19	0,06
12	3	3	125	0,29	0,14	18	0,06
13	3	3	125	0,30	0,18	24	0,06
14	3	3	125	0,40	0,14	20	0,06
15	2	2	60	0,45	0,2	10	0,065

### Ход работы

1. Построить график скорости поршня  $\vartheta$  в зависимости от угла поворота кривошипа  $\alpha$ . Для построения графика выбираем интервал угла поворота кривошипа  $30^0$  и рассчитываем соответствующее каждому углу значение скорости. Данные заносим в таблицу.

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\alpha$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$\sin \alpha$													
$\vartheta$													

Скорость поршня рассчитываем для 13 параметров по формуле 1, где радиус кривошипа рассчитывается:  $r = S/2$ , м; угловая скорость вращения кривошипа рассчитывается  $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ , с<sup>-1</sup>.

2. Построить график ускорения поршня. Для построения графика также выбираем интервал угла поворота кривошипа  $30^0$  и рассчитываем соответствующее каждому углу значение ускорения. Данные заносим в таблицу.

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\alpha$	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$\cos \alpha$													
$v$													

Для определения ускорения воспользуемся формулой 2.

Сделать вывод.

### Контрольные вопросы:

1. Описать график движения поршня насоса двойного действия
2. При каких значениях  $\alpha$  скорость максимальная?
3. По какому закону изменяются скорость и ускорение движения поршня?
4. В какой зависимости находится радиус кривошипа от длины хода поршня?
5. Как связана подача с углом поворота кривошипа?
6. При каких значениях  $\alpha$  ускорение равно 0?

### Методические указания

#### по выполнению практического занятия № 2

#### Расчет основных параметров поршневого насоса

**Цель:** Формирование умения рассчитывать параметры поршневых насосов

**Задача:** Произвести расчет основных параметров поршневого насоса по исходным данным (таблица 1).

Таблица 1

Вариант	Число поршней $z$	Число рабочих камер $i$	Число двойных ходов поршня $n$ , мин <sup>-1</sup>	Длина хода поршня $S$ , м	Диаметр цилиндра $D$ , м	Давление нагнетания $P_n$ , МПа	Диаметр штока $d$ , м
1	3	3	135	0,25	0,18	18,5	0,06
2	3	3	120	0,25	0,12	25	0,06
3	3	3	135	0,25	0,18	11,3	0,065
4	3	3	120	0,20	0,12	24	0,065
5	2	2	65	0,40	0,2	9,6	0,07
6	2	2	65	0,30	0,13	12	0,07
7	2	2	65	0,30	0,2	14,2	0,07
8	2	2	65	0,40	0,13	10	0,07
9	3	3	135	0,25	0,18	17	0,07
10	3	3	135	0,20	0,13	31	0,07
11	3	3	125	0,18	0,18	19	0,06
12	3	3	125	0,29	0,14	18	0,06
13	3	3	125	0,30	0,18	24	0,06
14	3	3	125	0,40	0,14	20	0,06
15	2	2	60	0,45	0,2	10	0,065

Поршневой насос является насосом объёмного действия, и имеет жёсткую техническую характеристику. Это значит, что его подача не зависит от давления, как это имеет место в центробежных насосах

Несмотря на многообразие машин для перекачки жидкостей и газов, можно выделить ряд основных параметров, характеризующих их работу: производительность, потребляемая мощность и напор.

Производительность (подача, расход) – объем среды, перекачиваемый насосом в единицу времени. Обозначается буквой Q и имеет размерность м<sup>3</sup>/час, л/сек, и т.д. В величину расхода входит только фактический объем перемещаемой жидкости без учета обратных утечек. Отношение теоретического и фактического расходов выражается величиной объёмного коэффициента полезного действия:

Однако в современных насосах, благодаря надежной герметизации трубопроводов и соединений, фактическая производительность совпадает с теоретической. В большинстве случаев подбор насоса идет под конкретную систему трубопроводов, и величина расхода задается заранее.

Напор – энергия, сообщаемая насосом перекачиваемой среде, отнесенная к единице массы перекачиваемой среды. Обозначается буквой H и имеет размерность метры. Стоит уточнить, что напор не является геометрической характеристикой и не является высотой, на которую насос может поднять перекачиваемую среду.

Потребляемая мощность (мощность на валу) – мощность, потребляемая насосом при работе. Потребляемая мощность отличается от полезной мощности насоса, которая затрачивается непосредственно на сообщение энергии перекачиваемой среде. Часть потребляемой мощности может теряться из-за протечек, трения в подшипниках и т.д. Коэффициент полезного действия определяет соотношение между этими величинами.

Для различных типов насосов расчет этих характеристик может отличаться, что связано с различиями в их конструкции и принципах действия.

### **Расчет производительности для различных насосов**

Для поршневого насоса простого действия формула расхода будет выглядеть следующим образом:

$$Q = F \cdot S \cdot n \cdot \eta_v$$

Q – расход (м<sup>3</sup>/с)

F – площадь поперечного сечения поршня, м<sup>2</sup>

S – длина хода поршня, м

n – частота вращения вала, сек-1

$\eta_v$  – объёмный коэффициент полезного действия

Для поршневого насоса двойного действия формула расчета производительности будет несколько отличаться, что связано наличием штока поршня, уменьшающего объем одной из рабочих камер цилиндра.

$$Q = F \cdot S \cdot n + (F-f) \cdot S \cdot n = (2F-f) \cdot S \cdot n$$

$Q$  – расход, м<sup>3</sup>/с

$F$  – площадь поперечного сечения поршня, м<sup>2</sup>

$f$  – площадь поперечного сечения штока, м<sup>2</sup>

$S$  – длина хода поршня, м

$n$  – частота вращения вала, сек<sup>-1</sup>

$\eta V$  – объемный коэффициент полезного действия

Если пренебречь объемом штока, то общая формула производительности поршневого насоса будет выглядеть следующим образом:

$$Q = N \cdot F \cdot S \cdot n \cdot \eta V$$

где  $N$  – число действий, совершаемых насосом за один оборот вала.

Как было отмечено выше, напор не является геометрической характеристикой и не может отождествляться с высотой, на которую необходимо поднять перекачиваемую жидкость. Необходимое значение напора складывается из нескольких слагаемых, каждое из которых имеет свой физический смысл.

Общая формула расчета напора (диаметры всасывающего и нагнетающего патрубком приняты одинаковыми):

$$H = (p_2 - p_1) / (\rho \cdot g) + H_r + h_n$$

$H$  – напор, м

$p_1$  – давление в заборной емкости, Па

$p_2$  – давление в приемной емкости, Па

$\rho$  – плотность перекачиваемой среды, кг/м<sup>3</sup>

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

$H_r$  – геометрическая высота подъема перекачиваемой среды, м

$h_n$  – суммарные потери напора, м

Первое из слагаемых формулы расчета напора представляет собой перепад давлений, который должен быть преодолен в процессе перекачивания жидкости. Возможны случаи, когда давления  $p_1$  и  $p_2$  совпадают, при этом создаваемый насосом напор будет уходить на поднятие жидкости на определенную высоту и преодоление сопротивления.

Второе слагаемое отражает геометрическую высоту, на которую необходимо поднять перекачиваемую жидкость. Важно отметить, что при определении этой величины не учитывается геометрия напорного трубопровода, который может иметь несколько подъемов и спусков.

Третье слагаемое характеризует снижение создаваемого напора, зависящее от характеристик трубопровода, по которому перекачивается среда. Реальные трубопроводы неизбежно будут оказывать сопротивление току жидкости, на преодоление которого необходимо иметь запас величины напора. Общее сопротивление складывается из потерь на трение в трубопроводе и потерь в местных сопротивлениях, таких как повороты и отводы трубы, вентили,



расширения и сужения прохода и т.д. Суммарные потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле:

$H_{об}$  – суммарные потери напора, складывающиеся из потерь на трение в трубах  $H_T$  и потерь в местных сопротивлениях  $H_{МС}$

$$H_{об} = H_T + H_{МС} = (\lambda \cdot l) / d_{э} \cdot [w_2 / (2 \cdot g)] + \sum \zeta_{МС} \cdot [w_2 / (2 \cdot g)] = ((\lambda \cdot l) / d_{э} + \sum \zeta_{МС}) \cdot [w_2 / (2 \cdot g)]$$

где

$\lambda$  – коэффициент трения

$l$  – длина трубопровода, м

$d_{э}$  – эквивалентный диаметр трубопровода, м

$w$  – скорость потока, м/с

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

$w_2 / (2 \cdot g)$  – скоростной напор, м

$\sum \zeta_{МС}$  – сумма всех коэффициентов местных сопротивлений

### Расчет потребляемой мощности насоса

Выделяют несколько мощностей в зависимости от потерь при ее передаче, которые учитываются различными коэффициентами полезного действия. Мощность, идущая непосредственно на передачу энергии перекачиваемой жидкости, рассчитывается по формуле:

$$N_{П} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$N_{П}$  – полезная мощность, Вт

$\rho$  – плотность перекачиваемой среды, кг/м<sup>3</sup>

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>

$Q$  – расход, м<sup>3</sup>/с

$H$  – общий напор, м

Мощность, развиваемая на валу насоса, больше полезной, и ее избыток идет на компенсацию потерь мощности в насосе. Взаимосвязь между полезной мощностью и мощностью на валу устанавливается коэффициентом полезного действия насоса. КПД насоса учитывает утечки через уплотнения и зазоры (объемный КПД), потери напора при движении перекачиваемой среды внутри насоса (гидравлический КПД) и потери на трение между подвижными частями насоса, такими как подшипники и сальники (механический КПД).

$$N_{В} = N_{П} / \eta_{Н}$$

$N_{В}$  – мощность на валу насоса, Вт

$N_{П}$  – полезная мощность, Вт

$\eta_{Н}$  – коэффициент полезного действия насоса

В свою очередь мощность, развиваемая двигателем, превышает мощность на валу, что необходимо для компенсации потерь энергии при ее передаче от двигателя к насосу. Мощность электродвигателя и мощность на валу связаны коэффициентами полезного действия передачи и двигателя.

$$N_{Д} = N_{В} / (\eta_{П} \cdot \eta_{Д})$$

$N_D$  – потребляемая мощность двигателя, Вт

$N_B$  – мощность на валу, Вт

$\eta_{II}$  – коэффициент полезного действия передачи

$\eta_H$  – коэффициент полезного действия двигателя

Окончательная установочная мощность двигателя высчитывается из мощности двигателя с учетом возможной перегрузки в момент запуска.

$$N_y = \beta \cdot N_D$$

$N_y$  – установочная мощность двигателя, Вт

$N_D$  – потребляемая мощность двигателя, Вт

$\beta$  – коэффициент запаса мощности

### **Контрольные вопросы**

1. Обозначение и размерность подачи насоса;
2. От чего зависит расхода поршневого насоса простого действия;
3. Вывести формулу расхода поршневого насоса двойного действия;
4. От чего зависит полезная мощность насоса;
5. Чему равен КПД насоса;
6. Что учитывает КПД насоса учитывает;
7. Назвать тип насоса с указанием технических характеристик.

### **Методические указания**

#### **по выполнению практического занятия № 3**

#### **Построение рабочих характеристик центробежных насосов**

**Цель:** Закрепление знаний по теме, отработка навыков работы с графиками

**Задача :** Построить рабочую характеристику , определить оптимальную зону работы насоса.

### **Методические указания**

Зависимость между основными параметрами работы центробежного насоса при постоянном числе оборотов вала и работе насоса на воде удобно для наглядности изобразить в прямоугольной схеме координат. Для этого подачу откладываем по оси абсцисс, а напор, мощность и КПД по оси ординат. Полученный график называется рабочей характеристикой насоса (рис. 1).

Рабочая характеристика строится на заводе -изготовителе после испытания насоса и прикладывается к паспорту. Характеристика нужна для правильной эксплуатации насоса. Точка А , соответствующая максимальному КПД, точкой, а параметры работы насоса при максимальном КПД -оптимальными. По этим параметрам проводится маркировка насоса.

Пример: Насос ЦНС 300-360 имеет при максимальном КПД подачу 300 м<sup>3</sup>/час. и напор 360м. При эксплуатации насоса допускается снижение максимального КПД на 5-7%. Работа в таком режиме считается экономически целесообразной, а зона работы оптимальной или рабочей.

### Порядок расчетов:

1. Выбрав масштаб для каждого параметра, построить рабочую характеристику и определить оптимальную зону работы насоса.

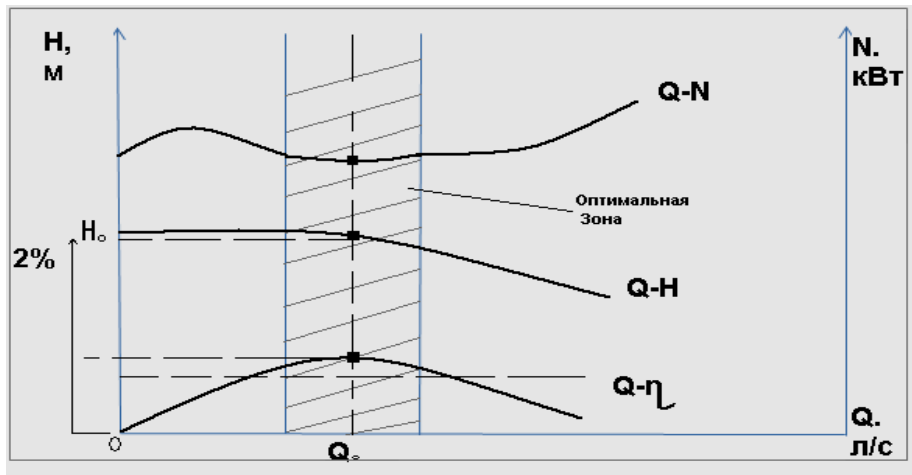


Рисунок 1 – Рабочая характеристика центробежного насоса

2. Определить коэффициент быстроходности по формуле 1:

$$n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{H_0^{\frac{3}{4}}} \quad (1)$$

где  $n$  - частота вращения вала в минуту;

$Q_0$  – оптимальная подача, м<sup>3</sup>/с;

$H_0$  – оптимальный набор насоса, м;

Для насосов, имеющих рабочее колесо с двухсторонним входом жидкости, в формулу 1 подставить значения  $0,5Q$ .

3. По значению коэффициента быстроходности определить тип насоса: тихоходный, нормальный и быстроходный (см. таблицу 2)

Таблица 2 - Классификация центробежных насосов

Тип насоса	Тихоходный	Нормальный	Быстроходный
Значение коэффициента быстроходности $n_s$	40 - 100	100 - 200	200 - 350

4. Определить допустимую высоту всасывания насоса по формуле 2:

$$H_B^{дон} = 0,75 \left[ 10 - 10 \left( \frac{n \sqrt{Q_0}}{c} \right)^{\frac{4}{3}} \right] \text{ м}, \quad (2)$$

где  $C$  – кавитационный коэффициент быстроходности, зависящий от коэффициента быстроходности (см. таблицу 3).

Таблица 3 - Значения кавитационного коэффициента быстроходности

$n_s$	50 - 70	70 - 80	80 - 150	150 - 200
$C$	600 - 750	750 - 800	800 - 1000	1000 - 1200

## Контрольные вопросы

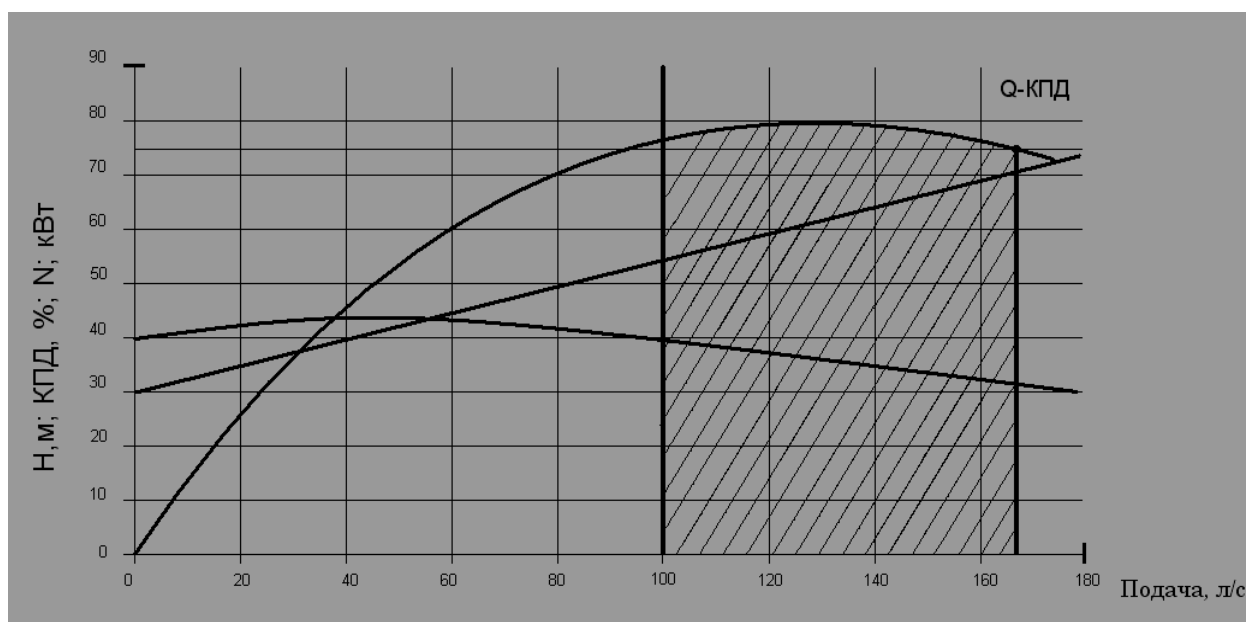
1. Назначение рабочей характеристики?
2. Где найти рабочую характеристику любого насоса на практике?
3. Что называется оптимальным режимом работы насоса?
4. Как определить оптимальную зону работы насоса?
5. На какой жидкости строится рабочая характеристика?

## Пример

Исходные данные:

Параметры	Значения									
Q, л/с	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
H, м	40	41	42	43	42	41	39	37	34	30
$\eta$ %	0	24	48	60	70	75	79	80	78	73
N, кВт	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74

1. Выберем масштаб построения характеристики для параметров H,  $\eta$ , N – 1:10, для Q – 1:0. Строим график рабочей характеристики (рис. 2).



Q	0	20	40	60	80	100	120	140
H	23	36	35	32	27	22	15	15
$\eta$	0	40	62	71	75	70	59	35
N	15	21	27	33	40	46	52	58
n	1450							

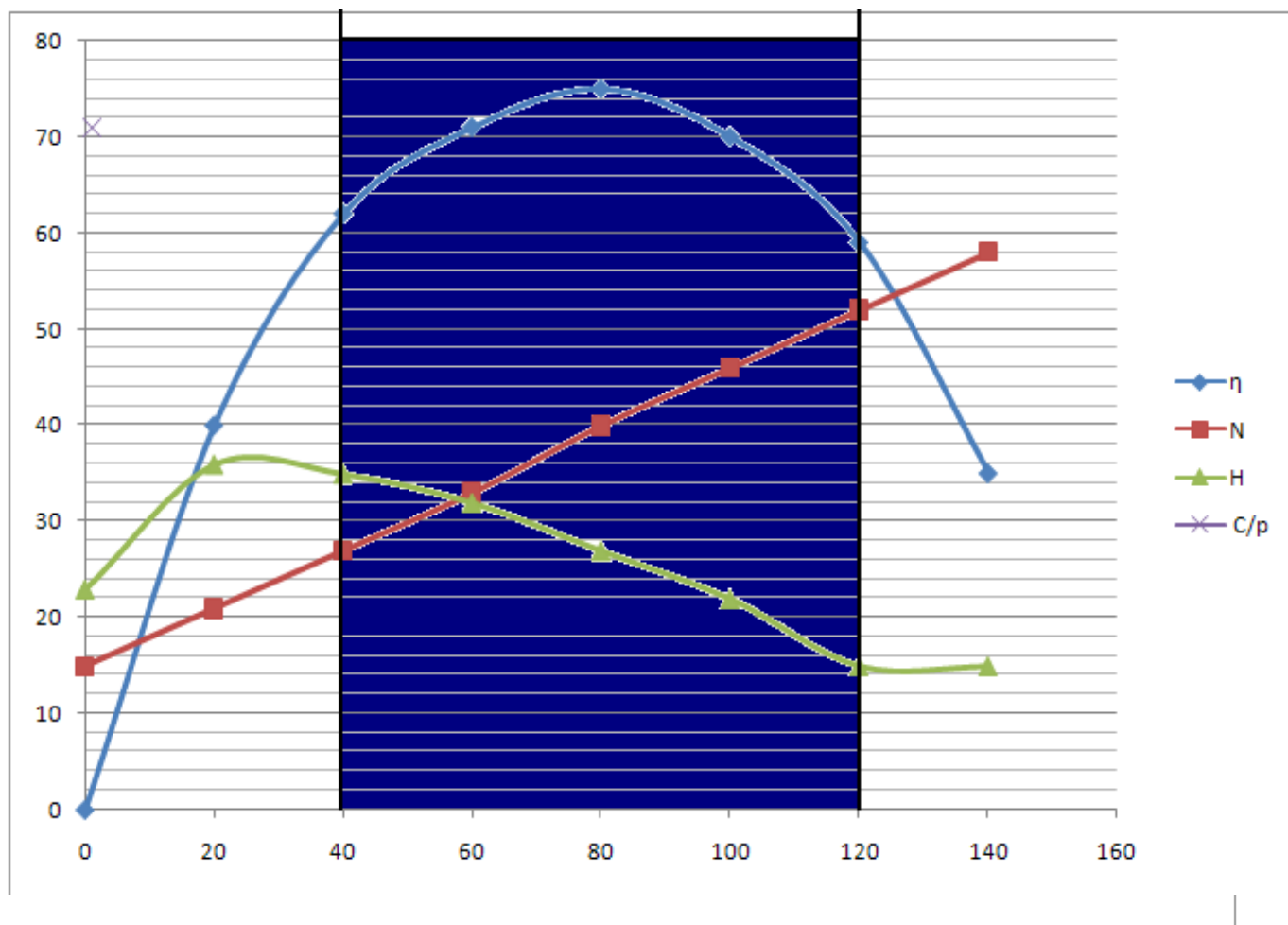


Рисунок 2 – Графики рабочей характеристики насоса, построенные по исходным данным

2. Оптимальный режим работы насоса соответствует значению самому большому значению  $\eta = 80\%$  (выделен в таблице исходных данных другим цветом букв):

$$Q = 140 \text{ л/с}; \quad H = 37 \text{ м}; \quad N = 64 \text{ кВт}$$

3. Для построения оптимальной зоны определяем значения минимально допустимого КПД, при котором работа насоса будет считаться экономически целесообразной:  $\eta_{\min} = 80 - 5 = 75\%$

где 5% - допускаемое снижение КПД.

Из точки на оси ординат, соответствующей значению  $\eta = 75\%$ , проводим горизонтальную прямую. Точки пересечения этой прямой с кривой  $Q - \eta$  отмечаем и

проводим через них вертикальные прямые. Зона работы насоса в интервале подач 100 – 170 л/с и будет оптимальной зоной работы насоса.

4. Определяем коэффициент быстроходности по формуле 1:

$$n_s = 3,65 \frac{960 \sqrt{0,5 \cdot 140 \cdot 10^{-3}}}{37^{3/4}} = 61$$

5. По таблице 2 определяем тип насоса: тихоходный.

6. Определяем допускаемую высоту всасывания насоса по формуле 2:

$$H_B^{\text{дон}} = 0,75 \left[ 10 - 10 \left( \frac{960 \cdot \sqrt{140 \cdot 10^{-3}}}{700} \right)^{\frac{4}{3}} \right] = 3,1 \text{ м}$$

**Исходные данные:**

Вариант	Параметры	Значения									
1	Q, л/с	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
	H, м	43	44	45	46	45	44	42	40	37	33
	η, %	0	26	50	62	73	78	84	85	71	67
	N, кВт	30	36	39	46	53	58	63	67	72	78
	n, мин <sup>-1</sup>	960									
2	Q, л/с	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
	H, м	36	37	38	38	37	36	34	32	28	25
	η, %	0	30	50	62	71	78	80	79	78	70
	N, кВт	14	20	26	31	37	43	49	55	61	67
	n, мин <sup>-1</sup>	960									
3	Q, л/с	0	40	80	120	160	200	240	280	320	-
	H, м	33	33	32	32	31	29	27	24	20	-
	η, %	0	35	56	71	80	87	88	82	72	-
	N, кВт	21	30	39	47	56	65	74	83	92	-
	n, мин <sup>-1</sup>	960									
4	Q, л/с	0	40	80	120	160	200	240	280	320	-
	H, м	24	25	24	23	22	21	18	14	10	-
	η, %	0	35	61	75	82	83	82	79	65	-
	N, кВт	7	17	27	37	47	58	68	78	88	-
	n, мин <sup>-1</sup>	960									
5	Q, л/с	0	25	50	75	100	125	150	175	200	-
	H, м	69	72	75	72	71	68	61	55	40	-
	η, %	0	32	52	65	72	75	76	71	60	-
	N, кВт	40	52	64	76	88	100	112	124	136	-
	n, мин <sup>-1</sup>	1450									
6	Q, л/с	0	20	50	75	100	125	150	175	200	-
	H, м	55	60	62	62	60	55	50	41	25	-
	η, %	0	34	54	67	74	76	75	68	43	-
	N, кВт	30	41	52	63	74	85	96	107	118	-
	n, мин <sup>-1</sup>	1450									
7	Q, л/с	0	40	80	120	160	200	240	280	320	-
	H, м	65	64	63	62	61	60	59	58	30	-
	η, %	0	30	55	70	78	80	82	80	50	-
	N, кВт	70	84	98	112	126	140	154	168	182	-
	n, мин <sup>-1</sup>	1450									
8		0	20	40	60	80	100	120	140	-	-
	H, м	55	58	58	56	52	47	38	25	-	-
	η, %	0	35	59	72	78	76	68	45	-	-

	N,кВт	22	31	40	49	58	67	76	85	-	-
	n,мин <sup>-1</sup>						1450				
9	Q,л/с	0	40	80	120	160	200	240	280	-	-
	H,м	90	95	98	98	92	88	80	65	-	-
	η,%	0	38	59	72	79	81	70	48	-	-
	N,кВт	72	100	128	156	184	212	240	268	-	-
	n,мин <sup>-1</sup>						1450				
10	Q,л/с	0	20	40	60	80	100	120	140	-	-
	H,м	43	46	45	42	37	32	25	15	-	-
	η,%	0	40	62	71	75	70	59	35	-	-
	N,кВт	15	21	27	33	40	46	52	55	-	-
	n,мин <sup>-1</sup>						1450				
11	Q,л/с	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
	H,м	53	54	55	56	55	54	52	50	47	43
	η,%	0	26	50	62	73	78	84	85	71	67
	N,кВт	30	36	39	46	53	58	63	67	72	78
	n,мин <sup>-1</sup>						960				
12	Q,л/с	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
	H,м	46	47	48	48	47	46	44	42	38	35
	η,%	0	30	50	62	71	78	80	79	78	70
	N,кВт	14	20	26	31	37	43	49	55	61	67
	n,мин <sup>-1</sup>						960				
13	Q,л/с	0	40	80	120	160	200	240	280	320	-
	H,м	43	43	42	42	41	39	37	34	30	-
	η,%	0	35	56	71	80	87	88	82	72	-
	N,кВт	21	30	39	47	56	65	74	83	92	-
	n,мин <sup>-1</sup>						960				
14	Q,л/с	0	40	80	120	160	200	240	280	320	-
	H,м	33	35	34	33	32	31	28	24	20	-
	η,%	0	35	61	75	82	83	82	79	65	-
	N,кВт	7	17	27	37	47	58	68	78	88	-
	n,мин <sup>-1</sup>						960				
15	Q,л/с	0	25	50	75	100	125	150	175	200	-
	H,м	79	82	85	82	81	78	71	65	50	-
	η,%	0	32	52	65	72	75	76	71	60	-
	N,кВт	40	52	64	76	88	100	112	124	136	-
	n,мин <sup>-1</sup>						1450				
16	Q,л/с	0	20	50	75	100	125	150	175	200	-
	H,м	65	70	72	72	70	65	60	51	35	-
	η,%	0	34	54	67	74	76	75	68	43	-
	N,кВт	30	41	52	63	74	85	96	107	118	-
	n,мин <sup>-1</sup>						1450				