

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Мытищинский филиал
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МФ-МГТУ им. Н.Э.Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового
строительства

КАФЕДРА ЛТ-4

С. П. Карпачев

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.
Изучение работы регулируемого аксиально-
поршневого насоса.
Экспериментальное исследование энергетических
характеристик насосного агрегата**

Методические указания

2021 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Изучение работы регулируемого аксиально-поршневого насоса.

Экспериментальное исследование энергетических характеристик насосного агрегата

Цель работы: Изучение работы регулируемого аксиально-поршневого насоса. Экспериментальное исследование энергетических характеристик насосного агрегата.

1. Конструктивные особенности регулируемого аксиально-поршневого насоса.

Устройство нерегулируемого аксиально-поршневого насоса подробно описано в лабораторной работе 1. Здесь рассмотрим особенности конструкции и работы регулируемого аксиально-поршневого насоса.

В лабораторном стенде используется насос 313.2.12.390.5 (рис. 1). Этот насос предназначен для обеспечения постоянного давления в гидросистеме посредством регулирования подачи.

Код имеет расшифровку:

- шарикоподшипники узла вала, латунный блок цилиндров;
- рабочий объем – 11,6 см³;
- регулирование постоянного давления;
- с ограничением рабочего объема V_{min} и V_{max} ;
- правое вращение вала со шпоночным исполнением.

Насос (рис. 2) состоит из аксиально-поршневого насоса и двух узлов: блока регулятора и качающего узла.

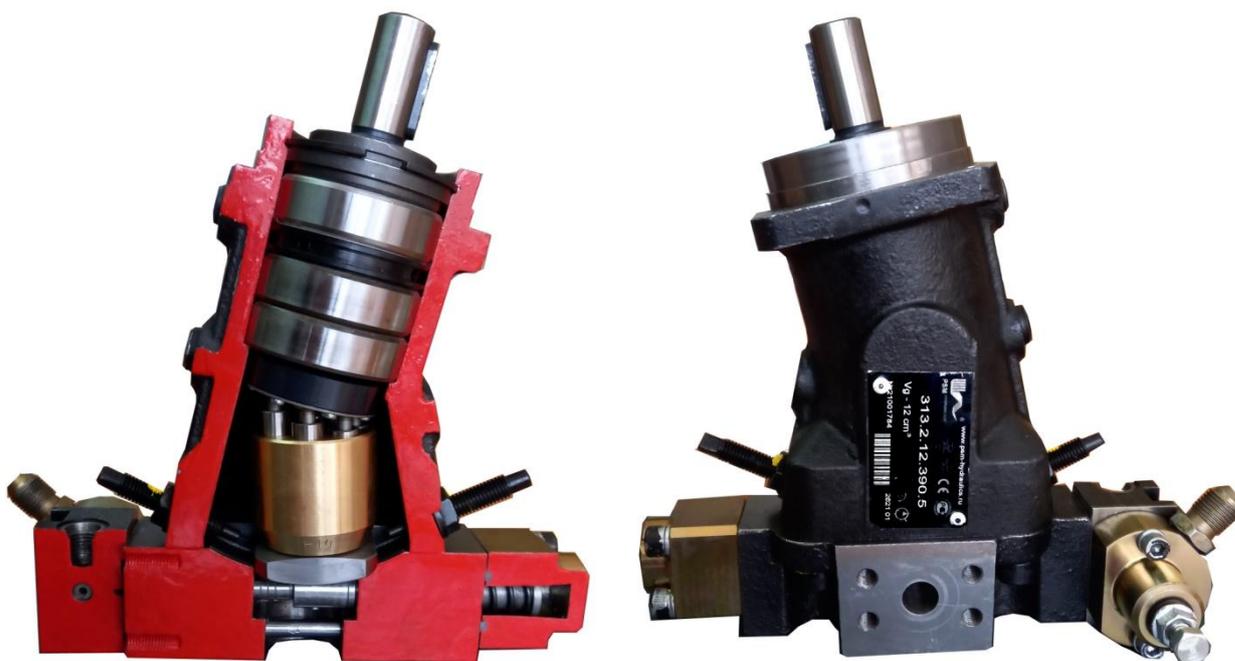


Рис. 1. Аксиально-поршневой регулируемый насос 313.2.12.390.5 в разрезе (изготовитель ПАО «ПНЕВМОСТРОЙМАШИНА»)

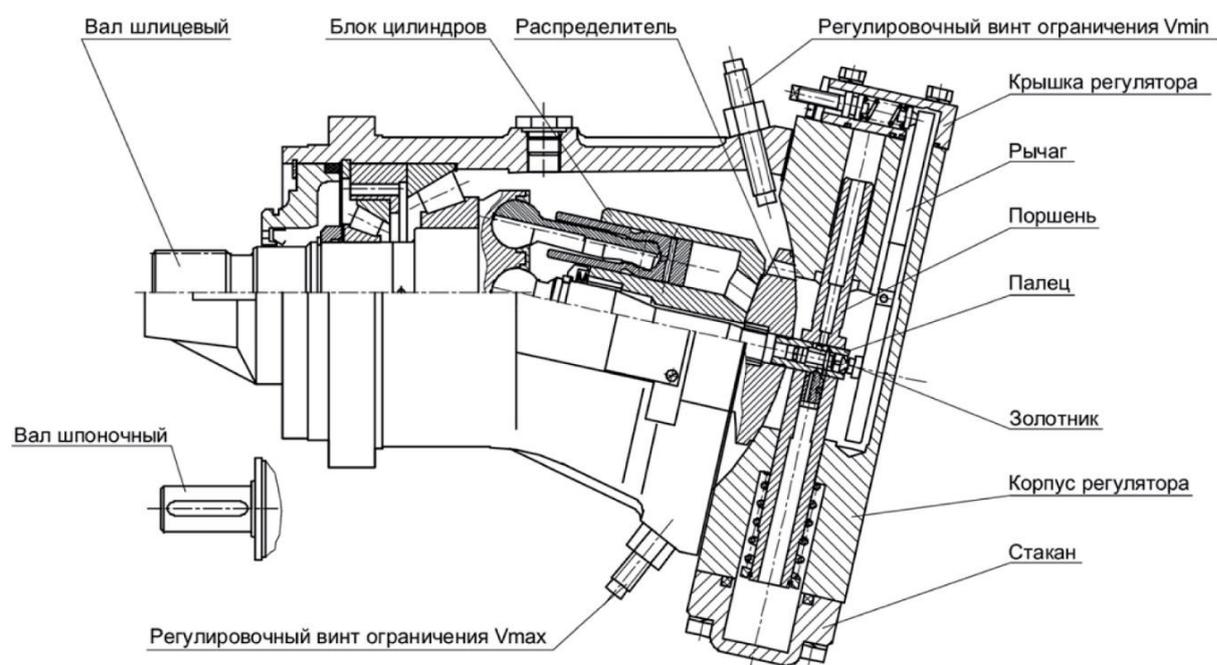


Рис. 2. Схема аксиально-поршневого регулируемого насоса 313 серии

Принцип работы блока регулятора.

Блок регулятора предназначен для изменения рабочего объема насоса. При перемещении поршня регулятора, связанного с качающим узлом, происходит изменение угла наклона блока цилиндров и рабочего объема.

Полость цилиндра меньшего диаметра поршня регулятора постоянно соединена с каналом высокого давления. Рабочая жидкость через отверстия в поршне и пальце поступает на распределительный поясок золотника. Полость под цилиндром большего диаметра через отверстия в пальце, распределительный поясок золотника и отверстие в винте может соединяться либо с высоким давлением, либо с дренажом.

В нейтральном положении золотник обеспечивает равновесие сил, действующих на поршень регулятора. Детали, входящие в крышку в зависимости от исполнения насоса, меняют соотношение моментов на рычаге и положение золотника относительно пальца. Смещение золотника от нейтрального положения вправо или влево вызывает изменение давления в полости большего диаметра поршня и смещение последнего.

Принцип работы качающего узла.

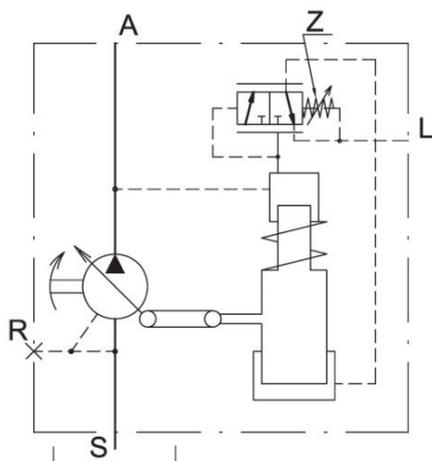
При работе насоса вал приводится во вращение от двигателя. Вращение вала передается шатунам, от них через поршни - блоку цилиндров. Каждый поршень за одну половину оборота вала производит всасывание, за другую - нагнетание рабочей жидкости в гидросистему. Давление на выходе из насоса определяется нагрузкой на рабочий орган и ограничивается предохранительным клапаном гидросистемы.

Давление в гидросистеме, действуя через поршни и шатуны на вал насоса, создает тангенциальную и осевую нагрузки, которые воспринимаются подшипниками.

Подача определяется частотой вращения вала насоса, а также собственным рабочим объемом насоса. Рабочий объем определяется углом наклона блока цилиндров относительно оси вала.

Ограничение минимального и максимального рабочих объемов производится регулировочными винтами в соответствии с рис. 2.

Гидравлическая схема насоса показана на рис. 3.



Обозначения на гидросхеме:

A - линия нагнетания

S - линия всасывания

R - отверстие для выпуска воздуха (заглушено)

L - линия слива регулятора (соединить с гидробаком),
M12x1,5 ГОСТ 25065-90

Z - винт настройки давления начала регулирования P_n

Рис. 3. Гидравлическая схема регулируемого насоса 313.2.12.390.5

2. Работа регулируемому аксиально-поршневого насоса в составе насосного агрегата.

Рассмотрим работу регулируемому аксиально-поршневого насоса в составе насосного агрегата, включающего в себя изучаемый насос и приводной электродвигатель (рис. 4).

Работа насоса

Пока давление в гидросистеме не превышает давление начала регулирования $p_{нач}$, насос находится на максимальном рабочем объеме V_{max} и обеспечивает максимальную подачу Q_{max} (точка 1 рис. 5).

Регулирование

При увеличении рабочего давления p , начиная с давления начала регулирования $p_{нач}$ (точка 1, рис. 5), рабочий объем V насоса начинает плавно автоматически уменьшаться. Достигнув минимального рабочего объема V_{min} при конечном давлении $p_{кон} \approx p_{нач} + 1$ МПа, насос подает минимальный поток, необходимый для компенсации утечек, обеспечивая минимальную потребляемую мощность $N_{n min}$ (точка 2 рис. 5).

Внешние регулировки и ограничения:

- максимальная и минимальная подача насоса может быть отрегулирована изменением рабочего объема насоса регулировочными винтами ограничения;

- поддерживаемое давление и максимальная потребляемая мощность, при необходимости, могут быть отрегулированы винтом Z;

- постоянство давления в гидросистеме обеспечивается насосом только в зоне регулирования, поэтому минимальный рабочий объем V_{min} насоса ограничивать не рекомендуется;

Диапазон давления начала регулирования $p_{нач} = 5 \dots 35$ МПа.

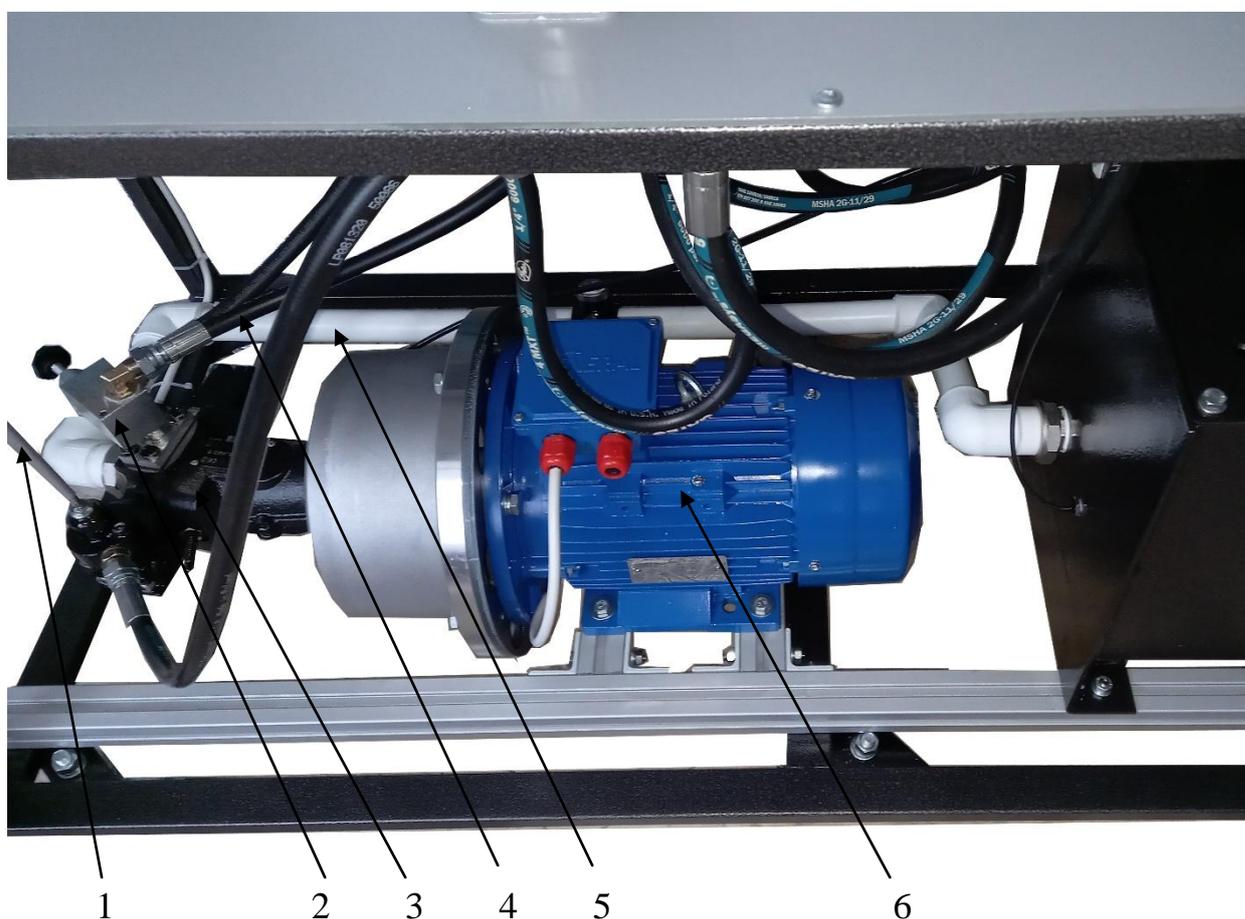


Рис. 4. Насосный агрегат
1 – регулировочный винт насоса, 2 – предохранительный клапан, 3 – регулируемый насос, 4 – напорная гидролиния, 5 – всасывающая гидролиния, 6 – электродвигатель.

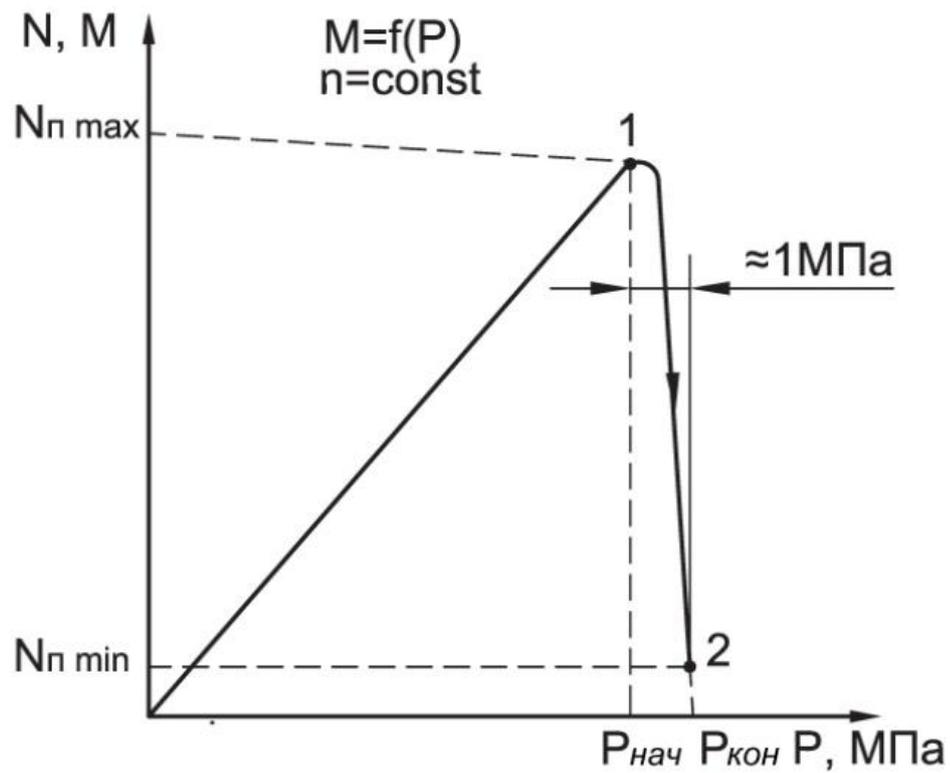


Рис. 5. Графики зависимости крутящего момента M_n и потребляемой мощности N_n от изменения давления p_n

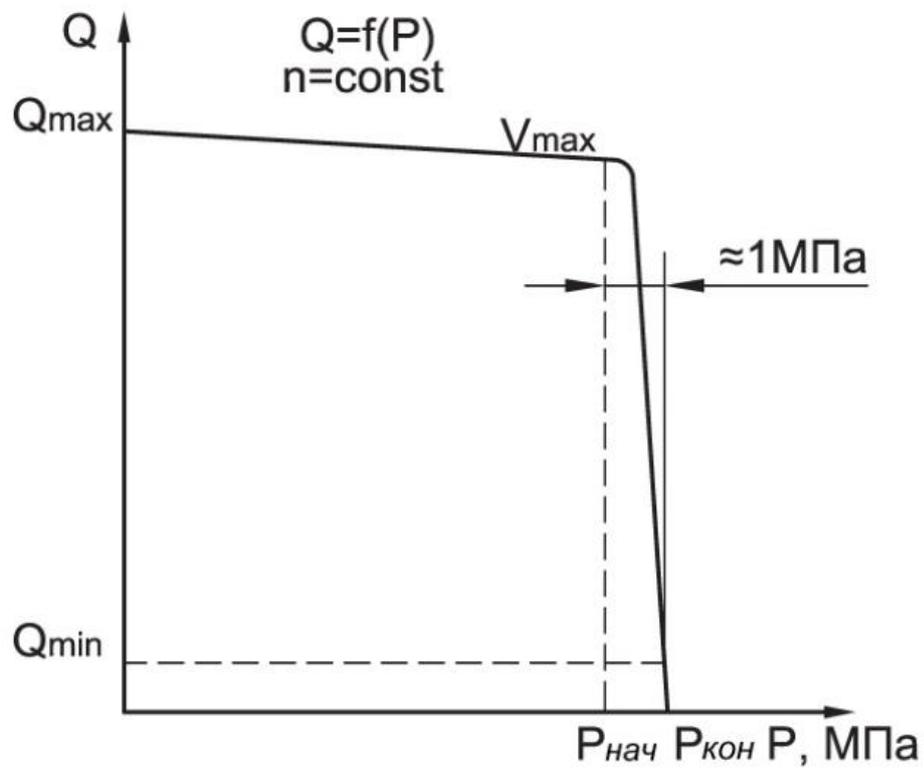


Рис. 6. График зависимости подачи Q_0 насоса от изменения давления p_n

Сравнивая напорно-расходную характеристику гидростанции стенда (рис. 6) и объемного насоса с фиксированным рабочим объемом, работающего с предохранительным клапаном (см. рис. 7), можно заметить, что они практически одинаковы. Однако, при увеличении давления на выходе насоса, автоматическое уменьшение рабочего объема в гидростанции стенда позволяет уменьшить потребляемую мощность, в то время как насос с фиксированным рабочим объемом продолжает потреблять максимальную мощность, направляя большую часть жидкости на слив через предохранительный клапан.

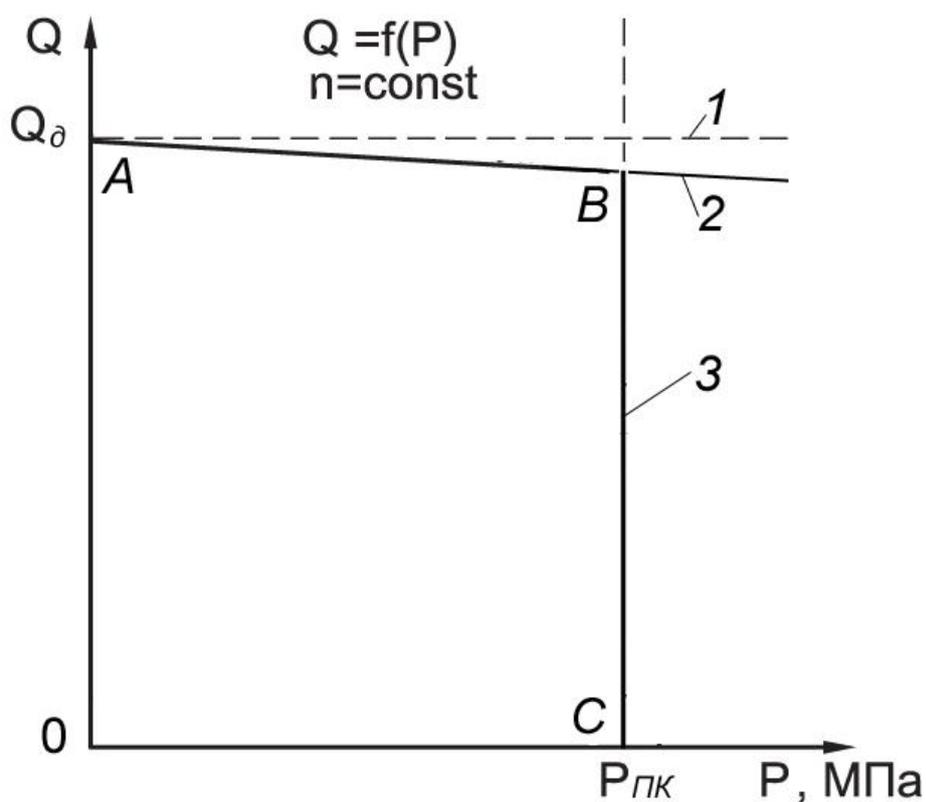


Рис. 7. Напорная характеристика нерегулируемого аксиально-поршневого насоса с предохранительным клапаном

1 - теоретическая напорная характеристика насоса, 2 – действительная напорная характеристика насоса, 3 - давление настройки предохранительного клапана. ABC - характеристика насоса с предохранительным клапаном.

3. Основные расчетные зависимости.

Если вал электродвигателя непосредственно соединен с валом насоса (как на стенде), то мощность на выходном валу электродвигателя будет равна:

$$N_{n_э/двиг} = N_{э/двиг} \cdot \eta_{э/двиг}, \quad (1)$$

где $N_{э/двиг}$ — мощность, потребляемая электродвигателем из сети, Вт;

$\eta_{э/двиг}$ — КПД электродвигателя;

$N_{n_э/двиг}$ — мощность на выходном валу электродвигателя, Вт.

Далее, рассмотрим работу насоса. Полезная мощность насоса будет равна:

$$N_n = N_{э/двиг} \cdot \eta_{э/двиг} \cdot \eta_n = N_{э/двиг} \cdot \eta_{агр}, \quad (2)$$

где N_n — входная мощность насоса, Вт;

η_n — КПД насоса;

N_n — выходная (полезная) мощность насоса, Вт.

Полезная мощность насоса связана с действительной подачей насоса следующей формулой:

$$N_n = Q_d \cdot p_n, \quad (3)$$

где Q_d — действительная подача насоса, м³/с;

p_n — давление насоса, Па.

Зависимость действительной подачи насоса от его рабочего объема определяется формулой:

$$Q_d = V_0 \cdot n \cdot \eta_{об}, \quad (4)$$

где V_0 - рабочий объем насоса, м³;

n - частота вращения вала, с⁻¹;

$\eta_{об}$ — объемный КПД насоса.

4. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с кратким описанием конструкции и принципа работы регулируемых аксиально-поршневых насосов.
2. Подготовить стенд к работе.
3. Изучить часть общей гидравлической схемы стенда, относящуюся к лабораторной работе 2, при положении распределителя Рп - 2 (рис. 9) и 3 (рис. 8).
4. Закрыть кран питания мерной емкости ME2 (рис. 9).
5. Открыть кран питания кп1 мерной емкости ME1.
6. Включить гидростанцию.
7. Перевести гидрораспределитель стенда Рп в положение 3 (рис. 10) на подачу жидкости в мерную емкость ME1.
8. Занести значение начального уровня жидкости $V_{нач}$ в табл. 1
9. Занести значение конечного уровня жидкости $V_{кон}$ в табл. 1
10. Занести время t наполнения мерной емкости ME1 в табл. 1
11. С помощью мерной емкости ME1 вычислить действительный расход жидкости Q_0 (действительную подачу насоса). Результаты вычислений занести в табл. 1.
12. Занести показание манометра М1 в табл. 1
13. Занести показание вакуумметра Вак1 в табл. 1
14. Определить давление насоса p_n по формуле:

$$p_n = p_{M1} + p_{Вак1}, \quad (5)$$

Данные занести в табл. 1.

15. По показаниям панели «Параметры электродвигателя» вычислить мощность, потребляемую электродвигателем по формуле:

$$N_{э/двиг} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot (I_1 + I_2 + I_3) \cdot \cos \varphi, \quad (6)$$

Для определения $\cos \varphi$ воспользоваться рис. 8, где $k_{нг} = I/I_{ном}$ - коэффициент нагрузки, принять $I_{ном} = 6,9$ А.

$$I = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}, \quad (7)$$

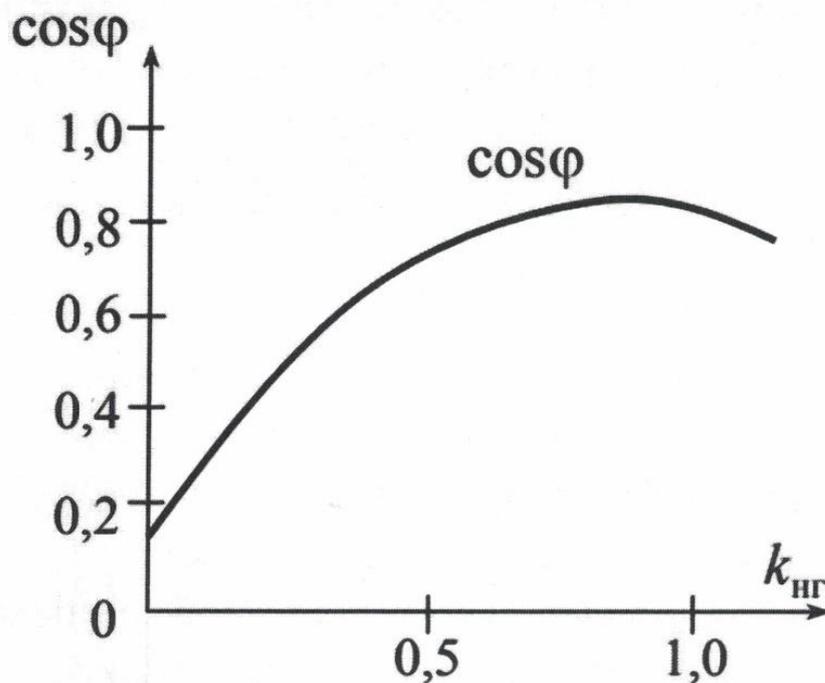


Рис. 7. Графики зависимости $\cos \varphi$ от $k_{\text{HГ}}$

16. Занести значение потребляемой электродвигателем мощности $N_{\text{э/двиг}}$ в таблицу 1
17. По формуле (3) вычислить полезную мощность насоса.
18. По формуле (2) вычислить значение КПД агрегата $\eta_{\text{агр}}$
19. Повторить пункты 6-18 для разных положений дросселя 1.
20. Выключить гидростанцию.
21. По данным таблицы 1 построить график $p_n = f(Q_d)$.
22. По данным таблицы 1 построить график $\eta_{\text{агр}} = f(N_n)$.
23. По данным таблицы 1 построить график $N_{\text{э/двиг}} = f(p_n)$.
24. Проанализировать результаты, сделать выводы.

5. Вопросы к лабораторной работе

1. Как конструктивно осуществляется подача регулируемого аксиально-поршневого насоса?
2. От каких параметров зависит подача регулируемого насоса?
3. Какой показатель характеризует эффективность использования регулируемым насосом подводимой к нему энергии?
4. Какие виды КПД различают у регулируемого насоса?
5. Что влияет на КПД регулируемого насоса?
6. На что влияют утечки регулируемого насоса?
7. Чем отличается теоретическая подача от действительной?
8. Как определить давление регулируемого насоса?
9. Какой вид имеет напорная характеристика регулируемого насоса?
10. Как влияет на напорную характеристику регулируемого насоса винт настройки?

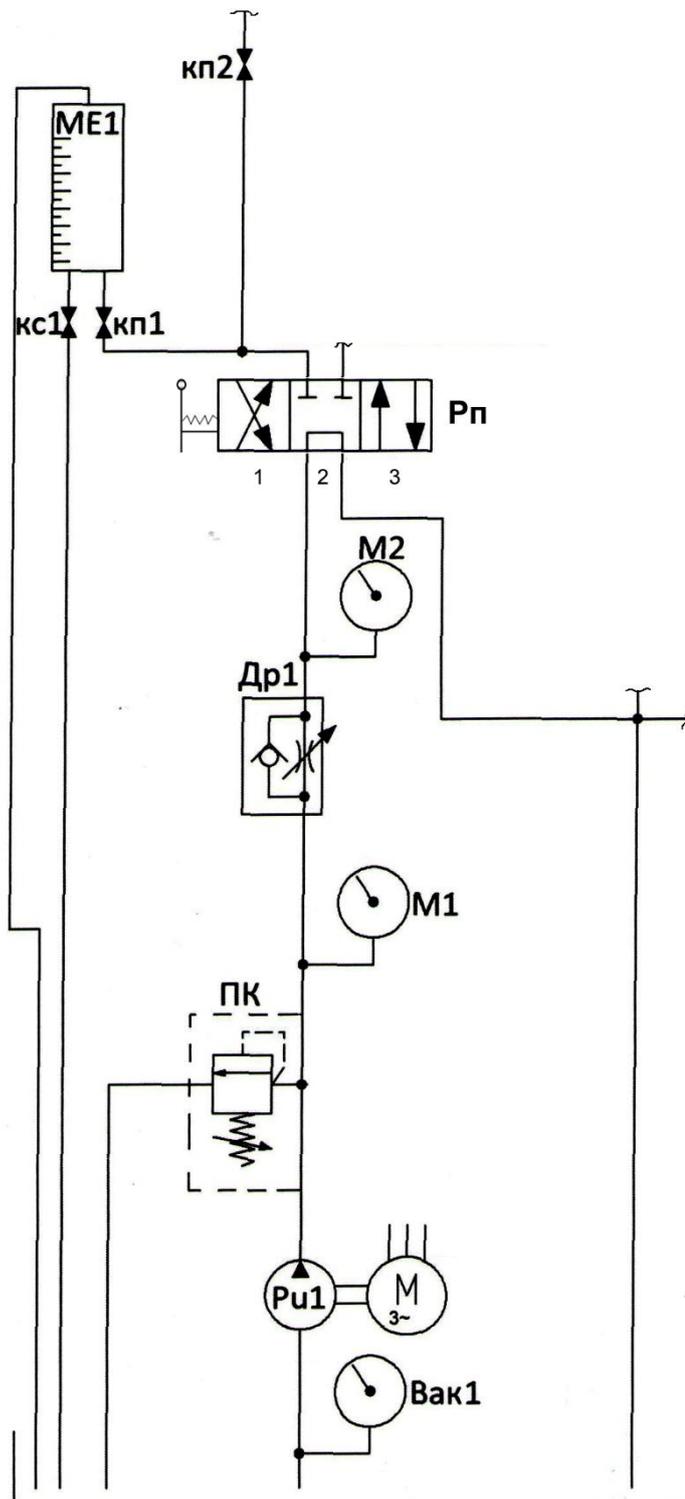


Рис. 8. Гидравлическая схема станда лабораторной работы 2
(распределитель Рп в нейтральном положении 2)

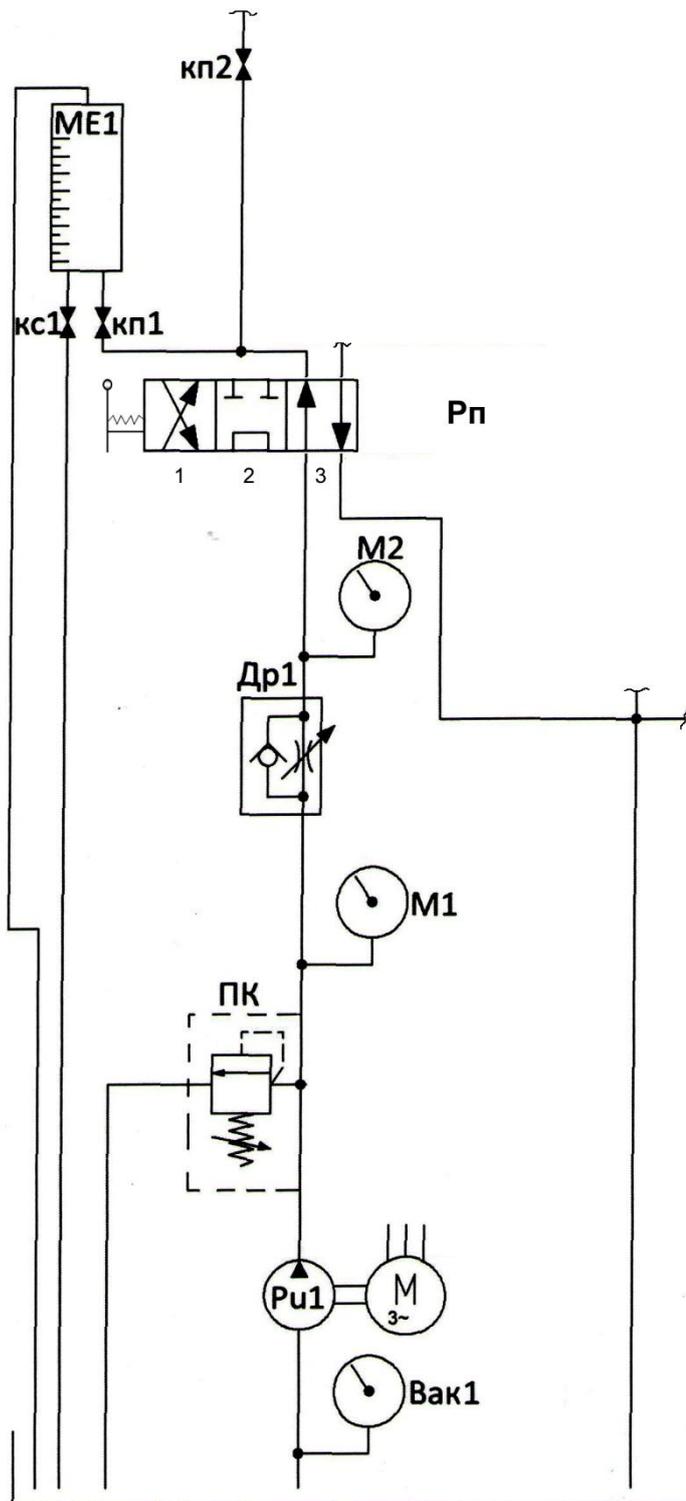


Рис. 9. Гидравлическая схема станда лабораторной работы 2 (распределитель Рп в положении 3)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.

Изучение работы регулируемого аксиально-поршневого насоса.

Экспериментальное исследование энергетических характеристик насосного агрегата

Кафедра ЛТ-4

Дата проведения лабораторной работы _____

Группа _____

Список бригады (инструктаж по технике безопасности прошел):

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

Преподаватель:

проф. Карпачев С.П. _____

Таблица 1.

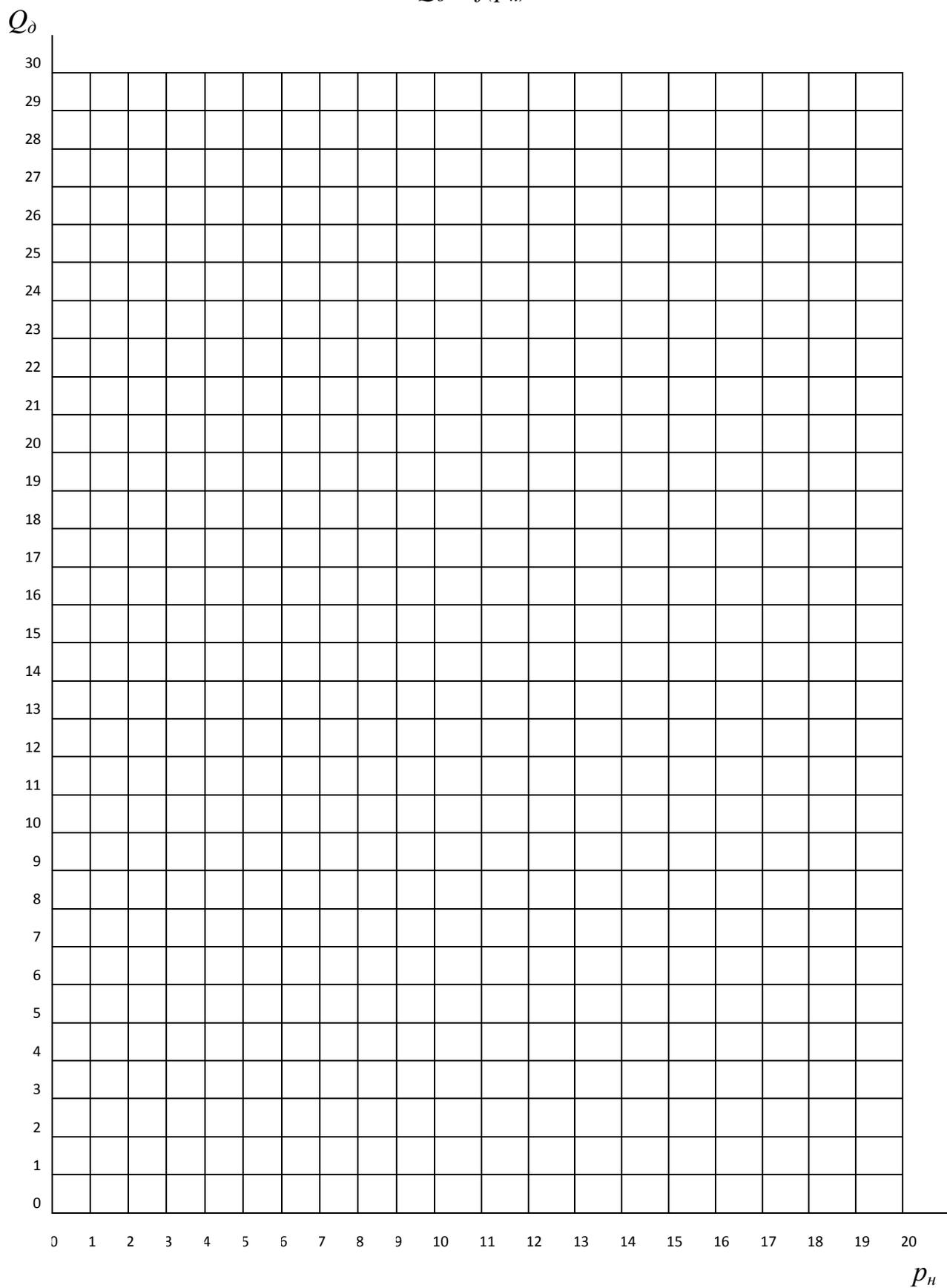
Результаты опытов по определению энергетических характеристик насосного агрегата

Измеряемая (расчетная) величина	№ опыта				
	1	2	3	4	5
Значение лимба открытия дросселя Др1					
Настройка предохранительного клапана ПК, $p_{ПК}$, МПа					
Начальное значение уровня жидкости в МЕ1, $V_{нач}$, мл					
Конечное значение уровня жидкости в МЕ1, $V_{кон}$, мл					
Время t наполнения мерной емкости МЕ1, с					
Действительная подача насоса, мл/с $Q_{\partial} = \frac{(V_{кон} - V_{нач})}{t};$					
Действительная подача насоса, м ³ /с $Q_{\partial_м3/с} = 10^{-6} \cdot Q_{\partial};$					
Показание p_{M1} манометра М1, МПа					
Показание $p_{Вак1}$ вакуумметра Вак1, МПа					

Измеряемая (расчетная) величина	№ опыта				
	1	2	3	4	5
Давление насоса p_n, МПа $p_n = p_{M1} + p_{Вак1}$,					
Полезная мощность насоса, Вт $N_n = Q_d \cdot p_n$,					
U_n , В					
I_1 , А					
I_2 , А					
I_3 , А					
$I = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}$, А					
$k_{нг} = I/I_{ном} - I/6,9$					
$\cos \varphi$					
Мощность э/двигателя, Вт $N_{э/двиг} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \times$ $\times (I_1 + I_2 + I_3) \cdot \cos \varphi$,					
КПД агрегата $\eta_{агр} = \frac{N_n}{N_{э/двиг}}$,					

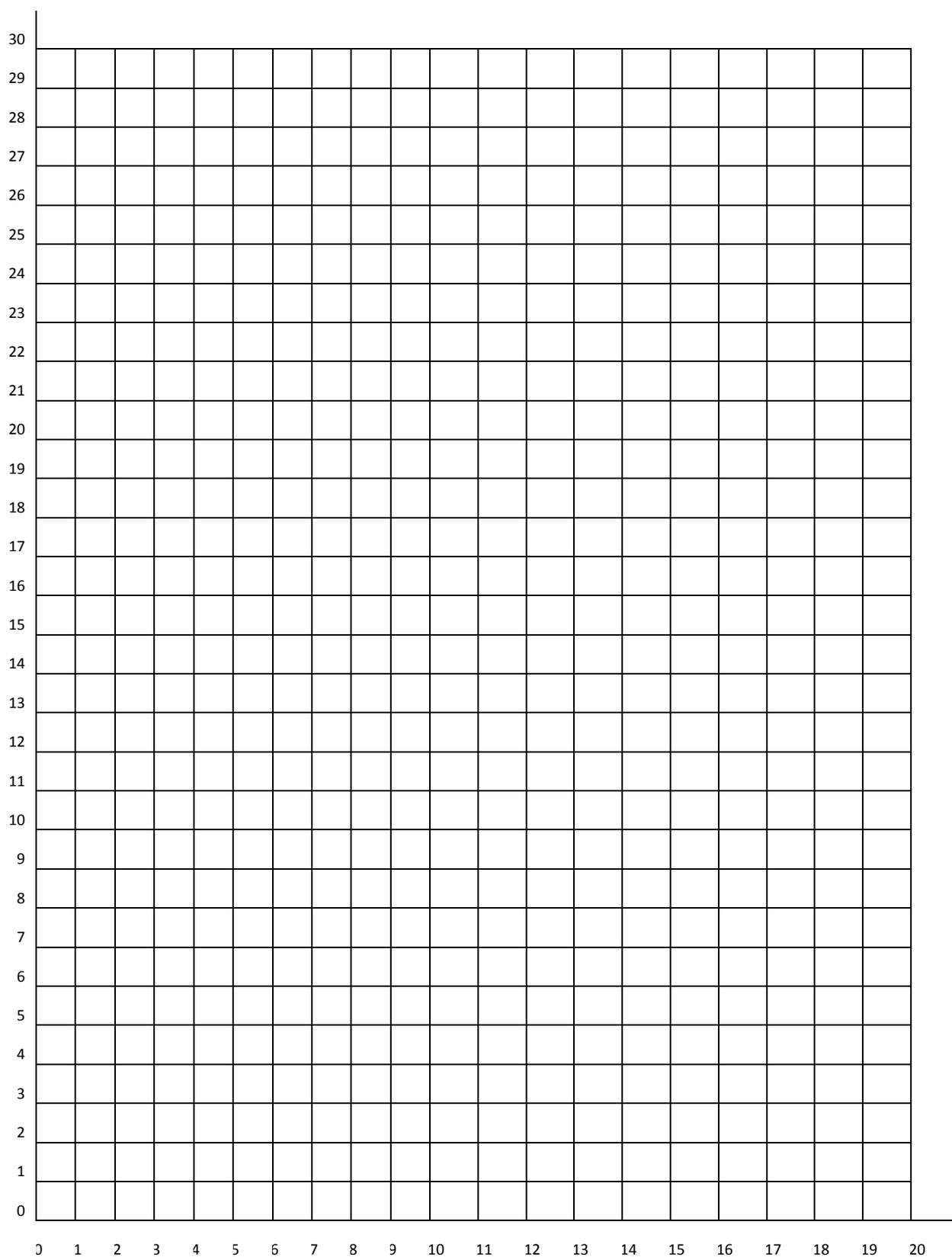
Напорная характеристика регулируемого аксиально-поршневого насоса

$$Q_d = f(p_H)$$



Зависимость мощности электродвигателя от давления регулируемого
аксиально-поршневого насоса $N_{э/двиг} = f(p_H)$

$N_{э/двиг}$



p_H

Зависимость КПД агрегата от полезной мощности регулируемого аксиально-поршневого насоса $\eta_{агр} = f(N_n)$

