

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

---

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до курсової роботи  
з розробки насосної установки  
для водопостачання промислових  
підприємств**

Донецьк – 2009

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до курсової роботи з розробки насосної установки для  
водопостачання промислових підприємств

(для студентів напряму підготовки «Інженерна механіка» 6.050502,  
спеціальностей «Комп'ютерне керування гідравлічними та пневматичними  
системами» (КГПС) 7.090209, «Комп'ютеризовані енергомеханічні  
системи» (КЕС) 7.090216 і «Комп'ютерне проектування та  
експлуатація хіміко-технологічних комплексів (МХП) 7.090220)

**Розглянуто**

на засіданні кафедри  
Енергомеханічні системи  
Протокол № 4 від 21.10.2009.

**Затверджено**

на засідання навчально-  
видавничої ради ДонНТУ  
протокол №5 від 22.12.09.

Донецьк - 2009

УДК 532.5: 62-82

Методичні вказівки до курсової роботи з розробки насосної установки для водопостачання промислових підприємств (для студентів напряму підготовки «Інженерна механіка» 6.050502, спеціальностей «Комп'ютерне керування гідравлічними та пневматичними системами» (КГПС) 7.090209, «Комп'ютеризовані енергомеханічні системи» (КЕС) 7.090216 і «Комп'ютерне проектування та експлуатація хіміко-технологічних комплексів» (МХП) 7.090220) / Укладачі: Л. М. Козиряцький, А. П. Кононенко, О. А. Геммерлінг. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 67с.

Наведені варіанти завдань, методичні вказівки до них, перераховані вимоги до виконання і оформлення курсової роботи з розробці насосної установки для водопостачання промислових підприємств. Наведено необхідний довідковий матеріал.

Укладачі:

Л. М. Козиряцький, доц.  
А. П. Кононенко, проф.  
О. А. Геммерлінг, доц.

Відповідальний за випуск

М. Г. Бойко, проф.

Рецензент

В. М. Яковлев, доц.

## ЗМІСТ

1. Мета і задачі курсової роботи.....	4
2. Організація роботи.....	4
3. Завдання до роботи.....	5
4. Методичні вказівки до виконання роботи.....	7
5. Оформлення і захист курсової роботи.....	22
Перелік літератури.....	25
Додатки.....	26

## 1. МЕТА І ЗАДАЧІ КУРСОВОЇ РОБОТИ

В обсязі курсової роботи дисципліни "Насосні і вентиляторні установки" студенти розробляють насосну установку водопостачання промислового підприємства.

Ціль роботи – закріпити теоретичні знання і придбати навички рішення інженерних завдань по проектуванню насосних установок.

Розробка насосної установки припускає рішення наступних завдань: вибір і обґрунтування принципової гідравлічної схеми насосної установки; розрахунок і вибір типу насоса і оптимальних діаметрів трубопроводів; визначення робочого режиму насоса; розробка технологічної схеми насосної установки водопостачання промислового підприємства і рекомендацій з її безпечної експлуатації і обслуговування.

Основним критерієм при оцінці виконаної курсової роботи є вміння приймати обґрунтовані технічні рішення, використати нову прогресивну техніку, устаткування і пристрої, застосовувати сучасні методи розрахунок і засоби обчислювальної техніки, користуватися довідковою і патентною літературою.

## 2. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ

Курсова робота виконується під керівництвом викладача, якій є одночасно консультантом і нормоконтролером (контроль за виконанням вимог нормативних документів). Це не позбавляє права студента самому приймати технічні рішення, які повинні бути обґрунтовані і захищені.

Викладач видає завдання на курсову роботу, затверджує календарний план і контролює встановлені строки виконання, консультує студентів відповідно до розкладу занять (консультацій).

Студент зобов'язаний завчасно (за два тижні до захисту для стаціонарної форми навчання і за три тижні до екзаменаційної сесії для заочної форми навчання) здати виконану роботу на перевірку керівнику.

Зауваження необхідно усунути до захисту курсової роботи.

### 3. ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

Завдання складаються із трьох тем, кожна з яких містить десять варіантів. Тему і варіант завдання для студентів стаціонарної форми навчання визначає викладач. Студенти-заочники вибирають завдання залежно від двох останніх цифр шифру: остання цифра визначає тему згідно табл. 3.1, передостання – номер варіанта.

Таблиця 3.1 - Номер теми курсової роботи

Остання цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1

Приклад: студент, що має шифр 608737, одержує завдання: тема 2, варіант - 3.

В обсязі курсової роботи необхідно вибрати тип насосів і приводних електродвигунів, стандартні труби для усмоктувального і напірного (нагнітального) трубопроводів, запірнорегулючу і запобіжну арматури, контрольно-вимірювальні прилади; запропонувати спосіб регулювання насосної установки; розробити технологічну схему водогінної мережі, рекомендації з експлуатації і обслуговування насосної установки, а також вимоги що до безпечного проведення робіт. Вибрати контрольно-вимірювальні прилади (вакуумметри, манометри, витратоміри) та нанести їх на гідравлічну схему.

#### ТЕМА 1

Розробити насосну установку (станція першого підйому) для цілодобового у продовж цілого року постачання промислового підприємства питною водою при середньогодинних витратах  $Q_v$  (табл. 3.2). Геометрична висота підйому води (висота від рівня води в річці до рівня зливу з нагнітального трубопроводу)  $H_2$ . Довжина нагнітального трубопроводу  $l_n$ .

Таблиця 3.2 - Варіанти завдань теми 1

Параметр	Одиниця виміру	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{\text{ч}}$	м <sup>3</sup> /год.	250	710	400	160	620	105	35	80	765	355
$H_2$	м	300	9	14	180	31	210	14	10	10	15
$l_{\text{н}}$	м	450	180	500	150	600	300	200	900	340	700

## ТЕМА 2

Розробити насосну установку (станція другого підйому) для цілодобового у продовж цілого року постачання промислового підприємства питною водою при середньогодинних витратах  $Q_{\text{ч}}$  (табл. 3.3). Геометрична висота підйому води (висота від вільної поверхні в резервуарах чистої води до рівня зливу з нагнітального трубопроводу)  $H_{\text{г}}$ . Довжина нагнітального трубопроводу  $l_{\text{н}}$ .

Таблиця 3.3 - Варіанти завдань теми 2

Параметр	Одиниця виміру	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{\text{ч}}$	м <sup>3</sup> /год.	80	710	40	160	620	105	205	35	765	355
$H_2$	м	550	32	30	140	45	17	450	23	30	38
$l_{\text{н}}$	м	2100	500	1200	400	1100	520	600	800	1300	1100

## ТЕМА 3

Розробити насосну установку прямооточного цілодобового водопостачання промислового підприємства технічною водою при середньогодинних витратах  $Q_{\text{ч}}$  (табл. 3.4). Підприємство не споживає воду по вихідних і святкових днях (робочий тиждень – шестиденний). Геометрична висота підйому води (висота від рівня води в річці до рівня зливу з нагнітального трубопроводу)  $H_2$ , манометричний тиск води в споживача (на виході з нагнітального трубопроводу)  $P_{\text{км}}$ , розрахунковий атмосферний тиск  $P_{\text{а}}$ . Довжина нагнітального трубопроводу  $l_{\text{н}}$ .

Таблиця 3.4 - Варіанти завдань теми 3

Параметр	Одиниця виміру	Номер варіанта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{ч}$	м <sup>3</sup> /год.	60	180	80	43	375	260	195	540	105	755
$H_2$	м	21	250	16	10	12	400	8	15	190	25
$P_{км}$	кгс/см <sup>2</sup>	2,53	4,06	2,03	2,23	3,55	4,06	1,52	5,08	1,11	7,73
$P_a$	мм. рт. ст.	750	725	750	675	725	750	725	675	750	725
$l_n$	м	300	600	560	450	420	180	210	380	240	600

#### 4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Приведена послідовність виконання роботи рекомендується для всіх тем і варіантів завдань.

##### 4.1. Принципові схеми водопостачання і водогінної мережі

Відповідно до варіанта завдання навести і описати принципову схему (додаток 1) [1, с. 78-82, 96-97, 124-127]:

а) постачання промислового підприємства питною водою (насосна станція 1 підйому);

б) постачання промислового підприємства питною водою (насосна станція 2 підйому);

в) прямооточного водопостачання промислового підприємства.

Для схем а) і в) вибрати і обґрунтувати тип берегового водозабірної спорудження, сполученого з насосною станцією; для схеми б) - навести принциповий пристрій насосної станції і водонапірної башти. Вибір типу насосної станції (з розташуванням насоса вище або нижче вільної поверхні води в усмоктувальній камері) обґрунтувати аналізом переваг і недоліків кожної зі схем для конкретних умов застосування [2, с. 182-188].



Для всіх схем визначити найбільш імовірну геометричну висоту усмоктування насоса (геометричний підпір)  $H_g$  і довжину трубопроводу, що підводить,  $l_n$ .

На основі аналізу схем водопостачання, обраних типів водозабірних споруджень, пристроїв насосної станції і водонапірної башти розробити принципову гідравлічну схему водогінної мережі з обліком робочого і резервного встаткування, необхідної запірної, регулюючої і запобіжної арматур і контрольно-вимірювальних приладів (манометри, вакуумметри, витратоміри) [1, с. 220-245; 10, с. 211-237, 11, с. 158-161].

#### 4.2. Необхідні розрахункові подача і напір насоса

Через нерівномірне споживання води протягом доби подача насоса визначається виразом

$$Q_n = k_g \cdot Q_u, \quad (1)$$

де  $k_g$  - коефіцієнт нерівномірного споживання води,  $k_g=1,10\dots1,15$

Необхідний напір насоса в першій наближенні

$$H' = \frac{P_k - P_n}{\rho g} + H_z + i(l + l_g) \quad (2)$$

де  $P_k$  - абсолютний тиск води на виході з нагнітального трубопроводу;

$P_n$  - абсолютний тиск на вільну (умовно вільну) поверхню води, що підлягає перекачуванню;

$\rho$  - щільність води, що перекачується;

$g$  - прискорення вільного падіння;

$l$  - довжина водопровідного трубопроводу;

$l_g$  - еквівалентна довжина місцевих опорів трубопроводу;

$i$  - оптимальний гідравлічний уклон водопровідного трубопроводу,  $i = 0,01 - 0,02$ .

Довжина водопровідного трубопроводу

$$l = l_n + l_n, \quad (3)$$

де  $l_n$  - довжина трубопроводу, що підводить, звичайно  $l_n=10\dots12$ м (прийняти на основі аналізу пристрою водозабірної спорудження).

Еквівалентна довжина місцевих опорів

$$l_{\text{э}} = k_n \cdot \Sigma_0 \xi \cdot \sqrt{\frac{Q_n}{\sqrt{i}}}; \quad (4)$$

де  $\Sigma_0 \xi$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів, для розглянутих схем спочатку можна прийняти  $\Sigma_0 \xi = 30$ ;

$k_n$  - коефіцієнт пропорційності, при  $[Q_n] = \text{м}^3/\text{с}$   $k_n = 10,6$ ; при  $[Q_n] = \text{м}^3/\text{год}$ .  $k_n = 0,177$ .

#### 4.3. Вибір насоса і перевірка стабільності його роботи

Використовуючи графіки робочих зон відцентрових насосів типів ЦНС (відцентровий насос секційний), К (консольного) і Д (двостороннього всмоктування) (додаток 2), [3, 4] вибираємо типорозмір насоса, що забезпечує параметри  $Q_n, H'$ .

Схвалюється вибір інших типів насосів, застосування яких для даних умов є більш доцільним у порівнянні із тими, що рекомендуються.

Робота обраного насоса стала, якщо

$$H_2 \leq 0,95 H_0, \quad (5)$$

де  $H_0$  - напір насоса при нульовій подачі.

Якщо умова (5) не виконується, необхідно прийняти інший тип насоса.

#### 4.4. Визначення діаметрів що підводить і напірного трубопроводів

##### 4.4.1. Визначення розрахункового діаметра трубопроводу, що підводить

Розрахунковий діаметр трубопроводу, що підводить

$$d_{np} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot v_n}}, \quad (6)$$

де  $v_n$  - оптимальна швидкість води в трубопроводі, що підводить,  $v_n = 0,75 - 1,0 \text{ м/с}$ .

Вирішення задачі по визначенню оптимального (мінімізація наведених витрат) діаметра напірного трубопроводу можливо з використанням ЕОМ, що дозволяє виключити одноманітні повторювані розрахунки.

#### 4.4.2. Визначення розрахункового діаметра напірного трубопроводу

Для визначення оптимального розрахункового діаметра напірного трубопроводу задаємося рядом значень швидкостей води  $v_{ni}$  і обчислюємо розрахункові діаметри напірних труб (табл. 4.1);

$$d_{npi} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot v_{ni}}}, \quad (7)$$

Визначається вісім значень  $d_{np}$  (від  $v_{n1}=0,50$  м/с до  $v_{n8}=4,00$  м/с із кроком  $\Delta v_n=0,50$  м/с).

Для кожного розрахункового діаметра  $d_{npi}$  річні приведені витрати на водогінну мережу

$$S_n = S_e + E_n \cdot S_k, \quad (8)$$

де  $S_e$  - експлуатаційні витрати, що включають амортизаційні відрахування, вартість електроенергії, обслуговування і поточні витрати;

$S_k$  - капітальні витрати, що включають вартість труб, арматур і монтажу водопроводу;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,  $E_n = 0,15$ .

З припустимою для даного методу точністю приймаємо вартість обслуговування і поточних витрат, як частину експлуатаційних вкладень, які не залежать, у розглянутому діапазоні, від діаметра напірного трубопроводу. Тому експлуатаційні витрати

$$S_e = S_{ам} + S_{ел}, \quad (9)$$

де  $S_{ам}$  - амортизаційні відрахування;

$S_{ел}$  - вартість електроенергії.

Капітальні витрати

$$S_k = K_a \cdot S_{mp} + S_m, \quad (10)$$

де  $S_{mp}$  - вартість труб;

$S_m$  - вартість монтажу трубопроводу;

$K_a$  - коефіцієнт, що враховує вартість арматури,  $K_a = 1,15 \dots 1,20$ .

Вартість труб

$$S_{mp} = C \cdot m, \quad (11)$$

де  $C$  - ціна труб, за станом на 2009 рік можна прийняти  $C = 6000$  грн./т (при зміні оптових цін необхідно користуватися чинними цінами на даний момент часу);

$m$  - сумарна маса труб,

$$m = \rho_{ст} \frac{\pi}{4} [(d_{нpi} + 2 \cdot \delta_{pi})^2 - d_{нpi}^2] \cdot l_n; \quad (12)$$

$\rho_{ст}$  - щільність сталі, з якої виготовлені труби;

$\delta_{pi}$  - товщина стінки труби.

Щоб визначити необхідну товщину стінки водопроводу, потрібно зробити розрахунок на міцність і врахувати корозійне зношування труб за час експлуатації.

Розрахунковий (найбільший) тиск, що повинен витримати водопровід:

$$P_p = k_p \cdot \rho \cdot g \cdot H' \quad (13)$$

де  $k_p$  - коефіцієнт випробувального тиску, для сталевих трубопроводів  $k_p = 1,25$ .

Відповідно за ДСТ 3845-75 мінімальна товщина стінки труби

$$\delta_{oi} = \frac{P_p \cdot d_{нpi}}{0,8 \cdot \sigma_s}, \quad (14)$$

де  $\sigma_s$  - тимчасовий опір розриву (додаток 5).

З урахуванням корозійного зношування розрахункова товщина стінки труби

$$\delta_{pi} = \frac{100 \cdot [\delta_{oi} + (\delta_{кн} + \delta_{кв}) \cdot t_c]}{100 - k_d}, \quad (15)$$

де  $\delta_{кн}$  - швидкість корозії зовнішньої поверхні труб, 0,1 мм/рік;

$\delta_{кв}$  - швидкість корозії внутрішньої поверхні труб, 0,15 мм/рік;

$t_c$  - термін служби водопровідного трубопроводу,  $t_c = 15-20$  років;

$k_d$  - коефіцієнт, що враховує мінусової допуск товщини стінки,  $k_d = 10-15\%$ .

Величину  $\delta_{pi}$ , виражену в міліметрах, округлити до цілих одиниць.





Вартість монтажу трубопроводу

$$S_m = k_m \cdot \kappa_a \cdot S_{TP}, \quad (16)$$

де  $k_m$  - коефіцієнт, що враховує монтажні витрати залежно від вартості трубопроводів і арматур, що монтуються,  $k_m = 0,35 - 0,40$ .

Амортизаційні відрахування

$$S_a = \frac{S_k}{t_c}, \quad (17)$$

Вартість електроенергії, що спожита насосним агрегатом

$$S_{ел} = C_e \cdot T \cdot n_p \cdot N_{на}, \quad (18)$$

де  $C_e$  - вартість електроенергії,  $C_e = 0,26$  грн./кВт·год. (при зміні цін на електроенергію користуватися "Прейскурантом цін...", що діє для умов енергетичного об'єднання "Донбасенерго");

$T$  - число годин роботи установки в добу;

$n_p$  - число днів роботи установки за рік;

$N_{на}$  - потужність насосного агрегату,

$$N_{на} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_n \cdot Q_n}{\eta_n \cdot \eta_e}, \quad (19)$$

$H_n$  - напір насоса;

$\eta_n$  - ККД насоса (прийняти значення ККД в оптимальному режимі за додатком 3);

$\eta_e$  - ККД електродвигуна, прийняти  $\eta_e = 0,95-0,97$ .

Напір насоса

$$H_n = \frac{P_k - P_n}{\rho g} + H_z + a_T Q_n^2, \quad (20)$$

де  $a_T$  - опір трубопроводу,

$$a_T = a_{np} + a_{np}, \quad (21)$$

$a_{np}$  - розрахунковий опір трубопроводу, що підводить;

$a_{np}$  - розрахунковий опір напірного трубопроводу.

Опори трубопроводів

$$a_{np} = A_{дл.н} \cdot l_{п} + A_{м.н} \cdot \sum \xi_n; \quad (22)$$

$$a_{np} = A_{дл.н} \cdot l_{н} + A_{м.н} \cdot \sum \xi_n, \quad (23)$$

де  $A_{дл.н}$  і  $A_{дл.н}$  - одиничні опори по довжині трубопроводів, що підводить, і напірного;

$A_{м.п}$  і  $A_{м.н}$  - одиничні місцеві опори трубопроводів, що підводить, і напірного;

$\sum \xi_n$  і  $\sum \xi_H$  - суми коефіцієнтів місцевих опорів трубопроводів, що підводить, і напірного.

Значення  $A_{\text{дл.н}}$  і  $A_{\text{МП}}$  визначаються для величини  $d_{\text{нр}}$ , а значення  $A_{\text{дл.н}}$  і  $A_{\text{МН}}$  - для кожного діаметра труби, що обчислюється,  $d_{\text{нр}}$  по таблицях [5, с. 287] або по емпіричним залежностям

$$A_{\text{дл}} = 1,5531 \cdot 10^{13} \cdot d_p^{-5,32644}, \text{ с}^2 / \text{м}^6; \quad (24)$$

$$A_{\text{М}} = 8,02608 \cdot 10^{10} \cdot d_p^{-3,99473}, \text{ с}^2 / \text{м}^5, \quad (25)$$

де  $d_p$  - розрахунковий діаметр трубопроводу, мм.

Значення коефіцієнтів місцевих опорів, вид і кількість яких встановлюється на основі розробленої принципової гідравлічної схеми водогінної мережі або за завданням керівника, визначаються по [5, с. 286-290] або за додатком 4.

Результати розрахунків рекомендується представити у вигляді табл. 4.1.

Із збільшенням діаметра трубопроводу вартість електроенергії, споживаної насосним агрегатом, зменшується, а капітальні витрати і амортизаційні відрахування – збільшуються. Тому приведені витрати, що обчислені по формулі

$$S_{\text{п}} = S_e + (S_{\text{ам}} + E_{\text{н}} \cdot S_{\text{к}}), \quad (26)$$

доцільно представити в табл. 4.1.

Для визначення оптимального діаметра напірного трубопроводу необхідно побудувати графічні залежності

$$S_e = f(d); (S_{\text{ам}} + E_{\text{н}} \cdot S_{\text{к}}) = f(d); S_{\text{п}} = f(d).$$

Мінімальному значенню приведених витрат відповідає оптимальний діаметр напірного трубопроводу.

4.4.3. Визначення розрахункового діаметра напірного трубопроводу з використанням обчислювальної техніки

Визначення розрахункового діаметра напірного трубопроводу здійснюється за допомогою пакета Excel Microsoft Office. Блок схема програми наведена у додатку 12. Програма розрахунку оптимального діаметра напірного трубопроводу знаходиться на кафедрі «Енергомеханічні системи».

Для визначення оптимального діаметра напірного трубопроводу необхідно ввести наступні дані:

Значення подачі насоса, м<sup>3</sup>/год.;



Значення напору насоса, м;  
 Кінцевий манометричний тиск, Па;  
 Геометрична висота, м;  
 Введіть довжину трубопроводу, м;  
 Тимчасовий опір розриву, МПа;  
 Термін служби трубопроводу, років;  
 Вартість труб, грн./т;  
 Вартість електроенергії, грн./кВт·год;  
 Час роботи насоса в добу, год.;  
 Число днів роботи установки за рік;  
 Розрахунковий тиск, МПа.

Визначення оптимального діаметра напірного трубопроводу здійснюється по графічним залежностям

$$S_{\text{ел}} = f(d); (S_{\text{ам}} + E_{\text{н}} \cdot S_{\text{к}}) = f(d); S_{\text{п}} = f(d).$$

Мінімальному значенню приведених витрат відповідає оптимальний діаметр напірного трубопроводу.

#### 4.4.4. Вибір стандартних труб для трубопроводів, що підводить, і напірного

За ДСТ 8732-72 (додаток 6) з урахуванням розрахункових величин  $d_{\text{пр}}$ ,  $d_{\text{нонт}}$  і  $\delta_p$  вибрати зовнішні діаметри і товщини стінок трубопроводів, що підводить,  $d_n \times \delta_n$  і напірного  $d_n \times \delta_n$ . При виборі товщини стінки трубопроводу, що підводить,  $\delta_n$  виходити із забезпечення корозійної стійкості

$$\delta_n > \frac{100 (\delta_{\text{кн}} \delta_{\text{кв}}) t_c}{100 - k_d}. \quad (27)$$

Крім сталевих безшовних гарячекатаних труб (ДСТ 8732-72), допускається обґрунтоване застосування для водогінної мережі інших типів труб (холоднотягнутих, чавунних і ін.).

#### 4.5. Робочий режим насоса

Робочий режим насоса визначається графічно як точка перетинання індивідуальної характеристики насоса [3, 4] (додаток 10) з напірною характеристикою трубопроводу.

Рівняння напірної характеристики трубопроводу

$$H = \frac{P_K - P_H}{\rho g} + H_z + a Q^2 \quad (28)$$

де  $Q$  - витрата води в трубопроводі;

$a$  - опір водопровідного трубопроводу;  $a = a_n + a_H$

$a_n$  - опір трубопроводу, що підводить;

$a_H$  - опір напірного трубопроводу.

Опори трубопроводів  $a_n$  і  $a_H$  обчислюються за аналогічними (22) і (23) залежностями.

У цьому випадку опори  $A_{дл.н}$ ,  $A_{м.н}$  і коефіцієнти  $\sum \xi_n$  визначаються для обраного діаметра  $d_n \times \delta_n$ , а опір  $A_{дл.н}$  і коефіцієнти  $\sum \xi_n$  - для  $d_n \times \delta_n$ .

Для побудови графіка функції  $H = f(Q)$  (28) досить визначити 6-8 розрахункових точок в інтервалі від  $Q = 0$  до  $Q = (1,2 - 1,3) \cdot Q_H$ .

Графічне рішення системи двох рівнянь (характеристик насоса і трубопроводу) дозволяє визначити робочі параметри насоса:  $Q_p$ - подачу;  $H_p$  - напір;  $N_p$  - потужність;  $\eta_p$  - ККД;  $H_{вак}^{дон}(H_e^{дон})$  - вакууметрична (геометрична) висота усмоктування, що допускається.

Якщо характеристики містять залежність кавітаційного запасу, що допускається, від подачі насоса, тоді

$$H_{вак}^{дон} = \frac{P_a - P_{н.н}}{\rho g} - \Delta h_{дон}, \quad (30)$$

де  $\Delta h_{дон}$  - кавітаційний запас, що допускається;

$P_{н.н}$  - тиск насичених парів рідини, що перекачується, при робочій температурі, для води при  $t_p = 20^\circ\text{C}$   $P_{н.н} = 2337\text{Па}$ .

Повинне дотримуватися умова  $Q_p > Q_H$ . У протилежному випадку необхідно збільшувати діаметри трубопроводів або приймати інший тип насоса.

#### 4.6. Перевірка робочого режиму насоса на економічність і відсутність кавітації

Умова економічної роботи насоса в обраному режимі

$$\eta_p \geq 0,85 \cdot \eta_{max}, \quad (31)$$

де  $\eta_{max}$  - максимальний ККД прийнятого насоса.

Якщо ця залежність не дотримується, необхідно змінити діаметр напірного трубопроводу або кількість і вид місцевих опорів.

Умова безкавітаційної роботи насоса

$$H_{\text{вак}} \leq H_{\text{вак}}^{\text{дон}} \quad \text{или} \quad H_{\text{г}} \leq H_{\text{г}}^{\text{дон}}, \quad (32)$$

де  $H_{\text{вак}}$  - дійсна вакууметрична висота усмоктування;

$\pm H_{\text{г}}$  - дійсна геометрична висота усмоктування насоса (геометричний підпір).

Величину  $\pm H_{\text{г}}$  прийняти на основі аналізу схем водозабірною спорудження і насосної станції, розрахункової довжини  $l_n$  і прийнятого типу насоса.

Дійсна вакууметрична висота усмоктування насоса

$$H_{\text{вак}} = \pm H_{\text{г}} + a_n Q_p^2. \quad (33)$$

Якщо умова безкавітаційної роботи насоса не виконується, необхідно змінити конструкції водозабірною спорудження, насосної станції, збільшити діаметр трубопроводу, що підводить, або змінити кількість і вид місцевих опорів.

Якщо виконані в даному розділі перевірки показали, що треба змінити діаметри напірного і трубопроводів, що подає, (або одного з них) або кількість і вид місцевих опорів, необхідно уточнити робочий режим насоса.

#### 4.7. Вибір контрольно-вимірювальних приладів

Контрольно-вимірювальні прилади необхідні для контролю за нормальною експлуатацією насосної установки. При роботі насосної установки необхідно контролювати наступні величини: вакуум у трубопроводі, що підводить, тиск у напірному трубопроводі та витрати рідини на виході з насоса.

Згідно з рекомендацій [10, с. 211-237] та додатка 11 необхідно вибрати контрольно-вимірювальні прилади (вакуумметр, манометр та витратомір) та нанести їх на гідравлічні схеми рис. 1.1 або 1.2, згідно з завданням.

#### 4.8. Захист від гідравлічного удару

Фізичною основою гідравлічного удару є виникнення коливань тисків внаслідок місцевої зміни швидкості в просторі, якій заповнений рідиною.

Гасителі гідравлічних ударів бувають прямої і непрямої дій [2, с. 218-227]. Перші характеризуються тим, що переміщення виконавчого елемента -

зливного клапана, - здійснюється безпосередньо вимірювальним пристроєм. У гасителях непрямой дії ця операція реалізується допоміжним приводом, що використовує енергію підсилювача.

Гасителі прямої дії простіше, але їхня чутливість пов'язана з ущільнюючим зусиллям на клапані. При необхідній чутливості зусилля виявляється недостатнім, що швидко приводить у процесі експлуатації на забрудненій рідині до втрати герметичності. Гасителі непрямой дії вільні від цього недоліку. Для них характерні менші габарити.

Для приклада розглянемо роботу гасителя гідравлічних ударів, розробленого в Донецьком національному технічному університеті [2, с. 227]. Гаситель складається зі зливного клапана 1 (додаток 13, рис. 13.1), гідроприводу 2, клапана 3, що управляє, диференціального поршня 4, блоку 5, що запам'ятовує. Тиск під поршнем 6 змінюється із запізнюванням при перетиканні рідини через отвір великого гідравлічного опору.

При стаціонарному режимі водовідливної установки тиск у всіх внутрішніх порожнинах, пов'язаних із трубопроводом, однаковий. Керуючий і зливальний клапани перекриті. Після відключення насоса тиск у системі падає. На диференціальному поршні порівнюється поточне значення тиску і зберігається в «пам'яті». Коли різниця між ними досягає значення настроювання, поршень переміщується, відкривається керуючий клапан і порожнина гідроприводу з'єднується з атмосферою. Під дією тиску в трубопроводі, що захищається, зливальний клапан досить швидко відкривається, починаються злив води і гасіння гідравлічного удару. Згодом, коли тиск у запам'ятовувальному блоці знизиться, диференціальний поршень повернеться у вихідне положення, клапан, що управляє, закриється і у порожнину гідроприводу почне надходити вода, роблячи плавне перекриття зливу. Швидкість переміщення клапана, що зливає, визначається гідравлічним опором лінії, що підводить воду в порожнину гідроприводу.

Зробимо розрахунок гасителя гідроудару на прикладі.

Визначити приріст тиску і частоту коливань водяного стовпа в трубопроводі, викликане гідравлічним ударом, якщо довжина трубопроводу  $l = 1000$  м, діаметр трубопроводу  $d_{np} = 0,25$  м, подача насоса  $Q_n = 360$  м<sup>3</sup>/ч, швидкість розповсюдження ударної хвилі  $C = 1300$  м/с, щільність води  $\rho = 1020$  кг/м<sup>3</sup>.

1. Знаходимо фазу гідравлічного удару

$$T = 2 \cdot l / C = 2 \cdot 1000 / 1300 = 1,54 \text{ } \ddot{\text{н}}; \quad (34)$$

де  $l$  – довжина трубопроводу між місцем виникнення збурювання і місцем відображення;

$C$  – швидкість розповсюдження ударної хвилі;  $C=1300$  м/с.

2. Визначаємо середню швидкість води в трубопроводі:

$$v_n = \frac{4 \cdot Q_n}{3600 \cdot \pi \cdot d_{np}^2} = \frac{4 \cdot 360}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,062} = 1,88 \text{ м/с.}$$

3. Зниження швидкості до нуля ( $\Delta v = 1,88 \text{ м/с}$ ) відбувається за час, менший фази, тому в трубопроводі відбувається прямий гідравлічний удар і збільшення тиску визначиться по формулі:

$$\Delta p_{\delta} = \rho \cdot \tilde{N} \cdot \Delta v = 1020 \cdot 1300 \cdot 1,88 = 2,49 \cdot 10^5 \text{ Па} = 2,49 \text{ МПа} . \quad (35)$$

де  $\rho$  - щільність рідини;

$\Delta v$  - зміна швидкості.

Частота коливання тиску:

$$f = C/4 \cdot l = 1300/4 \cdot 1000 = 0,325 \text{ с}^{-1}; \quad (37)$$

що порівняно із частотою власних коливань трубопроводу.

#### 4.9. Вибір приводного електродвигуна

Уточнюємо необхідну потужність приводного електродвигуна

$$N_p = \frac{\rho \cdot g \cdot H_p \cdot Q_p}{\eta_p} . \quad (38)$$

За значеннями потужності і частоті обертання ротора прийнятого насоса вибирається приводний електродвигун [3, 4] (додаток 7) і наводиться його технічна характеристика (тип, потужність, частота обертання, ККД і напруга).

#### 4.10. Оцінка економічності регулювання насосної установки

Оцінка економічності регулювання провадиться шляхом порівняння величин потужності насоса при різних способах регулювання.

Регулювання насосної установки з метою зниження подачі насоса від значення  $Q_p$  до необхідної величини  $Q_n$  можна здійснити трьома способами (додаток 8) [6, с. 191-194].

#### 4.10.1. Дроселювання нагнітального трубопроводу

При цьому способі регулювання характеристика насоса не змінюється, а робочий режим із точки  $M(Q_p, H_p)$  переміститься в точку  $M_{dp}(Q_n, H_{dp})$  у результаті зміни крутості напірної характеристики трубопроводу (пояснити, за рахунок чого і зобразити на графіку). Потужність насоса

$$N_{dp} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{dp} \cdot Q_n}{\eta_{dp}}, \quad (39)$$

де  $\eta_{dp}$  - ККД насоса при параметрах  $Q_n, H_{dp}$ .

#### 4.10.2. Зміна частоти обертання ротора насоса

Зміна частоти обертання ротора приводить до зміни характеристики насоса при збереженні характеристики зовнішньої мережі. При цьому робочий режим із точки  $M(Q_p, H_p)$  переміститься в точку  $M_{чв}(Q_n, H_{чв})$ .

Потужність насоса

$$N_{чв} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{чв} \cdot Q_n}{\eta_{чв}}, \quad (40)$$

де  $\eta_{чв}$  – ККД насоса при параметрах  $Q_n, H_{чв}$  і частоті обертання  $n_{чв}$ .

Для визначення величини  $\eta_{чв}$  необхідно побудувати криву пропорційності, що проходить через точку  $M_{чв}$  [6, с. 178-180]. ККД насоса при подачі  $Q'_{чв}$  і паспортній частоті обертання (точка  $M'_{чв}$  – точка перетину характеристики насоса і кривій пропорційності) дорівнює величині  $\eta_{чв}$ .

Визначити необхідну частоту обертання  $n_{чв}$  ротора насоса при даному способі регулювання.

#### 4.10.3. Частковий перерозподіл води на виході з насоса

Для зменшення витрати в зовнішній мережі до величини  $Q_n$  частина води з нагнітального трубопроводу насоса по пропускній трубі з регулювальною засувкою направляється в трубопровід, що підводить. Робочий режим насоса переміщається в точку  $M_{неп}(Q_{неп}, H_{неп} = H_{чв})$ . Потужність насоса:

$$N_{неп} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{неп} \cdot Q_{неп}}{\eta_{неп}}, \quad (41)$$

де  $\eta_{неп}$  – ККД насоса при параметрах  $Q_{неп}, H_{неп}$ .

Порівнявши отримані значення  $N_{др}$ ,  $N_{чв}$  і  $N_{пер}$ , визначити найбільш економічний спосіб регулювання насосної установки.

4.11. Технологічна схема водогінної мережі. Особливості експлуатації насосної установки і техніка безпеки.

Технологічна схема водопроводу розробляється на основі принципової схеми.

На технологічній схемі додатково повинні бути зазначені:

- а) тип насосів і комплектуючих електродвигунів;
- б) діаметри трубопроводів, що підводить, і напірного;
- в) тип запірно-запобіжної апаратури [1, с. 117-119; 7] (додаток 9);
- г) тип контрольно-вимірювальних приладів (манометра, вакуумметра, витратоміра) [8, с.356-370] (додаток 11);
- д) трубопроводи заливання насосів (або встаткування, необхідні для цього), випуску повітря і дренажу (із вказівкою умовного діаметра і запірної апаратури).

Необхідно розробити габаритне креслення обраного насосного агрегату (додаток 10) і поздовжній розріз проточної частини насоса [6, с. 219-225].

Викласти особливості експлуатації і технічного обслуговування відцентрового насоса (пуск, зупинка, контроль роботи і профілактичні заходи), вимоги техніки безпеки (захист людей від поразки електричним струмом, захоплення частинами насосного агрегату, що обертаються, і ін.) [9, с. 130-170].

## 5. ОФОРМЛЕННЯ І ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

ПОЯСНЮВАЛЬНА записка курсової роботи повинна містити: титульний лист, завдання з календарним планом, реферат, зміст, основну частину, список літератури і додаток (якщо буде потреба). Основна частина складається із вступу, розділів курсової роботи і висновку.

Реферат відображає основний зміст курсової роботи. Заголовком служить слово РЕФЕРАТ, послідовність викладу інформації в ньому наступна: обсяг тексту (с.), кількість рисунків (рис.), креслень (кресл.), таблиць (табл.), текст реферату, перелік ключових слів (від 5 до 15 іменників у називному відмінку). Текст реферату містить задачу роботи, контрольні відомості, що розкривають зміст основної частини курсової роботи, короткі висновки про

ефективність отриманих результатів і можливості їхнього практичного застосування. Оптимальний обсяг реферату 1000 - 1200 знаків.

У змісті послідовно приводяться заголовки всіх розділів (включаючи введення і висновок), список літератури і додатка із зазначенням номерів сторінок, на яких вони поміщені.

У вступі коротко характеризується сучасний стан технічного питання, якому присвячена курсова робота, формулюється мета роботи.

Розділи (а якщо буде потреба - і підрозділи) основної частини курсової роботи відображають розрахунок і вибір устаткування, трубопроводів, арматури і ін., а також питання регулювання і безпечної експлуатації насосної установки.

Висновок повинний містити оцінку результатів з погляду їх відповідності вимогам завдання.

Перелік літератури оформляється так, як це виконано в даних методичних вказівках.

Пояснювальна записка повинна викладатися технічною мовою, коротко, але не на шкоду змісту.

Всі розрахунки і чисельні значення параметрів технічних характеристик гідромашин повинні бути наведені в одиницях системи СІ.

Дозволяється поруч із чисельним значенням величини, вираженої в одиницях СІ, у дужках указувати значення цієї величини в раніше, що застосовувалася системі, вимірів.

Виклад розрахунку повинне містити формулювання виробленої дії, розрахункову формулу, роз'яснення літерних позначень формули із вказівкою їхніх числових значень і посиланням на джерела (якщо буде потреба), підстановку числових значень у формулу і остаточний результат з одиницею розміру.

Приклад.

Оптимальний внутрішній діаметр труби

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_n}{\pi \cdot v_o}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,003}{3,14 \cdot 2,0}} = 0,0138 \text{ м} \approx 14 \text{ мм}$$

де  $Q_n$  - номінальна подача насоса,  $Q_n = 0,003 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;

$v_o$  - оптимальна швидкість,  $v_o = 2,0 \text{ м/с}$  [5].

Літерне позначення параметра і його значення розшифровується в роботі один раз. Остаточний результат обчислень округляється зі ступенем точності, що не перевищує точності вимірів даної величини (звичайно три значущі цифри).



Рекомендується використати в тексті загальноприйняті скорочення (наприклад, ККД та ін.).

Результати однотипних розрахунків повинні зводитися в таблиці. Таблицями варто також оформляти технічні характеристики гідромашин. Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, що міститься в один рядок зі словом «Таблиця 1. 1 - \_\_\_\_\_». Перше число вказує номер розділу, друге - номер таблиці. Нумерація таблиць крізна в межах одного розділу, виконується арабськими цифрами.

Рисунки розміщаються відразу після посилання на них у тексті. Кожен рисунок повинен мати назву, що розташовується після слова «Рисунок 1.1 - \_\_\_\_\_». Перше число вказує номер розділу, друге – номер рисунка. Нумерація рисунків крізна в межах одного розділу, виконується арабськими цифрами.

Оформляємося записка на стандартних аркушах форматом А4 (210x297мм) Всі аркуші курсової роботи (у тому числі і з рисунками), за винятком першого титульного, нумеруються арабськими цифрами, що проставляють у правому верхньому куті.

Аркуші, на яких міститься реферат, зміст і креслення (схеми) забезпечуються основними написами встановленого зразка. Інші аркуші записки допускається обводити рамкою без основного напису.

Заголовки розділів основної частини роботи виконуються основним шрифтом заголовними літерами. Переноси слів у заголовках не допускаються. Відстань між заголовком і попереднім текстом - 15мм, між заголовком і наступним текстом - 10мм. Розділи нумеруються арабськими цифрами, вступ і висновок не нумеруються. Графічна частина роботи складається з:

- 1) схеми водопостачання промислового підприємства, обраного типу водозабірною спорудження (теми 1, 3) або насосної станції і водонапірної башти (тема 2);

- 2) принципової гідравлічної схеми водогінної мережі;

- 3) графічних залежностей, за допомогою яких визначаються оптимальний діаметр напірного трубопроводу і робочий режим насосної установки, а також ілюструються способи регулювання відцентрового насоса;

- 4) технологічної схеми насосної установки водопостачання промислового підприємства;

- 5) габаритного креслення насосного агрегату і принципової схеми поздовжнього розрізу проточної частини насоса.

Формат креслень – А4 (допускається А3), сумарний обсяг графічної частини – не менш одного аркуша формату А1. Рисунки повинні розташовуватися відразу після посилання на них у тексті і супроводжуватися підписами під рисунками. Рисунки і формули повинні мати крізну, у межах розділу роботи, нумерацію.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гидравлика, водоснабжение и канализация: Учеб. для вузов/ В.И.Калицун, В.С.Кедров, С.М.Ласков и др. - М.: Стройиздат, 1980. – 359с.
2. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учеб, для вузов. - М.; Недра, 1987. - 270 с.
3. Центробежные насосы общего назначения типов К и КМ: Каталог. -М.; ЦИНТИхимнефтемаш, 1977. - 18 с.
4. Центробежные насосы двухстороннего входа: Каталог. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1982, - 24 с.
5. Гидравлика и гидропривод / В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Г. Боруменский и др.: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1981. - 295 с.
6. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учеб. для машиностр. вузов Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. - М.: Машиностроение, 1982. - 423 с.
7. Арматура энергетическая: Каталог-справочник К6 - 70. - М.; НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1971. - 145 с.
8. Тепло- и маслообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Е.В. Аметистов, В.Л. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.; Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. - М.: Энергоиздат, 1982. - 512 с.
9. Малашкина В.А., Малеев В.Б. Ремонт и эксплуатация стационарного оборудования шахт: Справочник рабочего. - М.: Недра, 1990. - 329 с.
- 10.Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. Пособие для вузов / Н.Н.Евтихийев, Я.А. Купершмидт, В.Ф. Папуловский, В.Н.Скугоров; Под общ. ред. Н.Н.Евтихьева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 352 с.
11. Картавый Н.Г. Стационарные машины: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1981. - 327 с.

### 1.1. Водопостачання промислових підприємств із забором води з ріки

При питному водопостачанні промислових підприємств річкова вода надходить у водозабірне спорудження, з якого насосами станції I підйому подається на очисні спорудження. Очищена вода надходить у резервуари чистої води, звідки забирається насосами станції II підйому для подачі по водопроводам і магістральним трубопроводом у водогінну мережу, що розподіляє воду по підприємству (рис. 1.1).

На території (звичайно на височині) споруджується водонапірна башта, що, як і резервуари чистої води, служить для зберігання і акумулювання запасів води. Необхідність устрою вежі пояснюється наступними обставинами. Витрата води з водогінної мережі значно коливається протягом доби. Подача води насосами станції II підйому відносно рівномірна. У ті годинники доби, коли насоси подають у мережу води більше, ніж її витрачається, надлишок надходить у водонапірну башту. У години максимальної витрати води споживачами, коли витрата, що подається насосами, недостатня, використовується вода з вежі.

При проектуванні насосної станції I підйому врахувати, що вода у відстійнику (рис. 1.1) перебуває під атмосферним тиском.

При прямоточному водопостачанні промислового підприємства річкова вода через водоприймач надходить у водоприймальне відділення, звідки насосами подається безпосередньо споживачеві технічної води (рис. 1.2).

### 1.2. Водозабірні спорудження берегового типу

Водозабірні спорудження берегового типу складаються з водоприймального відділення (берегового колодязя) до насосної станції (рис. 1.3). По фронті водоприймальне відділення ділиться на окремі секції, число яких приймається рівним числу усмоктувальних ліній. Кожна секція водоприймального колодязя розділена перегородкою на дві камери: прийомну і усмоктувальну, куди опускаються усмоктувальні труби насосів. Вода з ріки надходить у прийомну камеру через отвори, обладнані із зовнішньої сторони знімними ґратами, а із внутрішньої сторони - затворами дросельного або шиберного типу. Зазор моду стрижнями ґрати приймають рівним 40-50мм, розміри ґрат забезпечують пропуск води зі швидкістю 0,2-0,6м/с при

максимальній витраті. При великому коливанні рівнів води в ріці прийомні отвори виконують у два або три яруси. Верхні отвори служать для забору верхніх порівняно чистих шарів води під час паводка.

У будинках водозабірних насосних станцій розмішують насоси і двигуни до них, трубопроводи, засувки, контрольно-вимірювальні прилади, водоміри, електроустаткування і ін.

Агрегати (насос і двигун) розташовують перпендикулярно або паралельно поздовжньої осі будинку в один або два ряди, а також у два ряди в шаховому порядку.

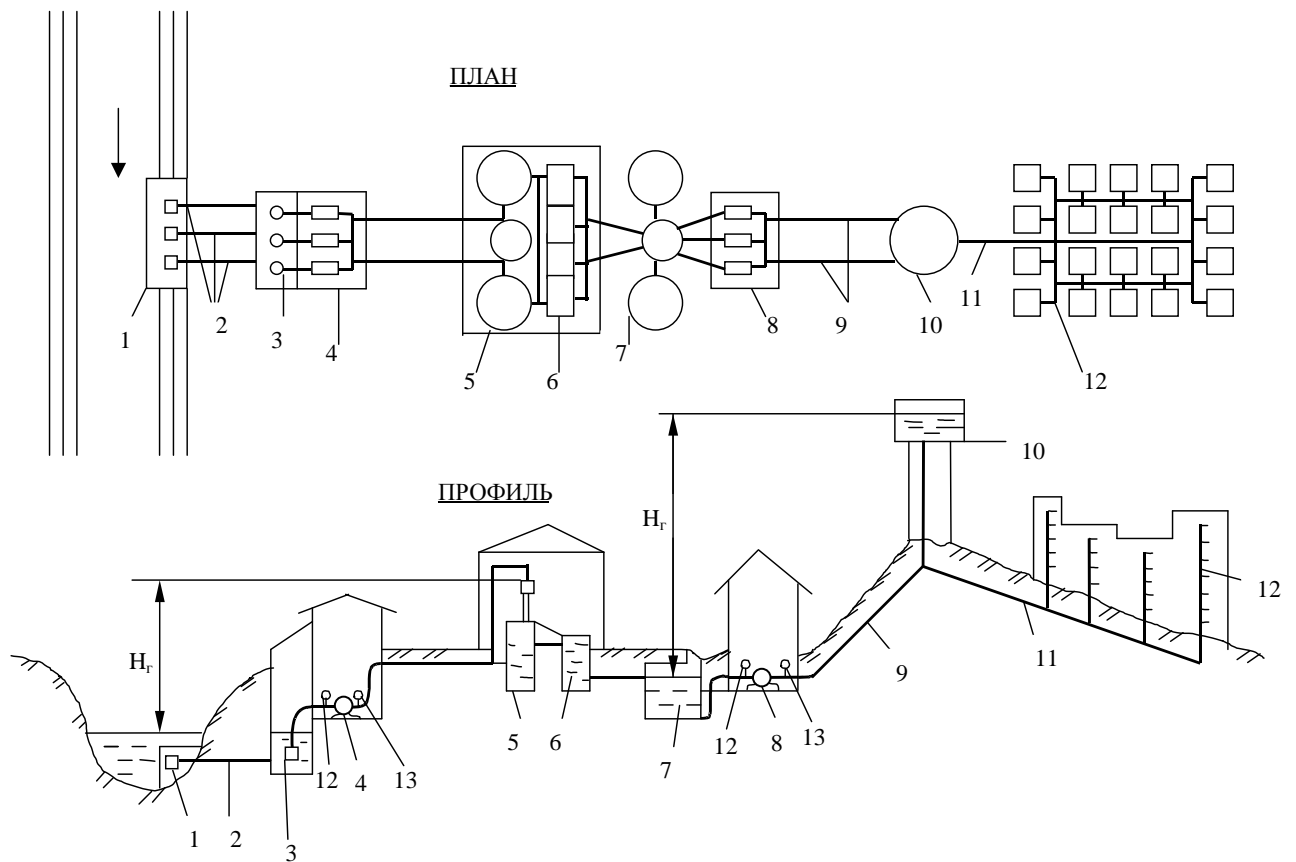


Рисунок 1.1 - Схема постачання промислового підприємства питною водою:

1 – водоприймач; 2 – самотечна труба; 3 – водоприймальне відділення; 4 – насосна станція I підйому; 5 – відстійник; 6 – фільтри; 7 – запасні резервуари чистої води; 8 – насосна станція II підйому; 9 – підведення; 10 – водонапірна башта; 11 – магістральні трубопроводи; 12 – розподільні трубопроводи, 12 – вакуумметр, 13 – манометр.

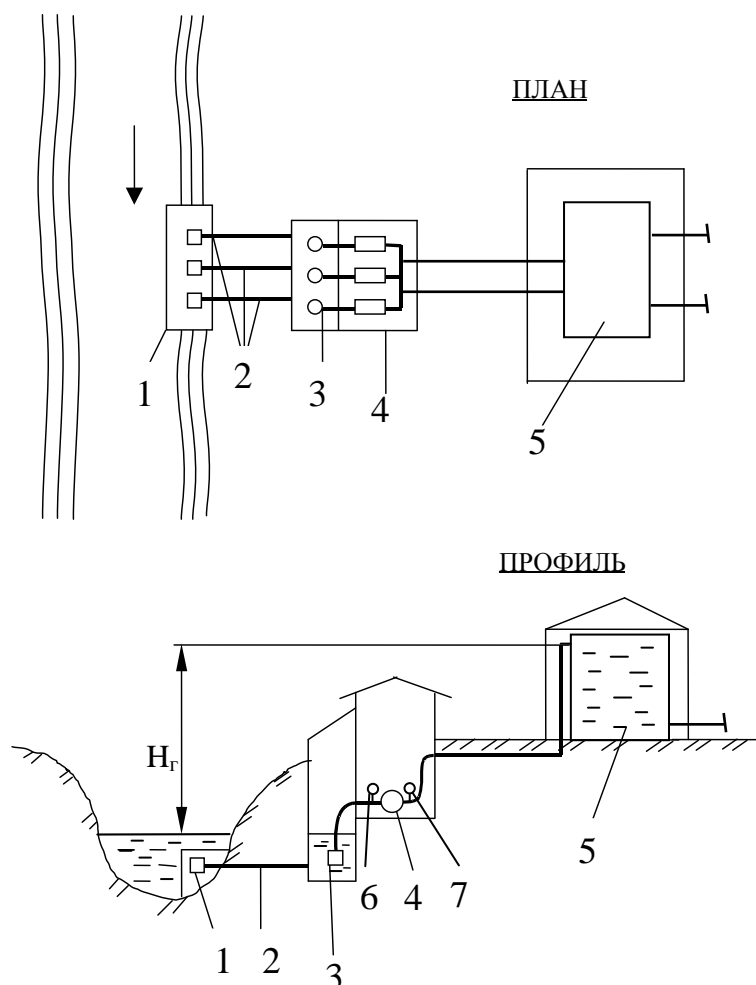


Рисунок 1.2 - Схема прямоточного водопостачання промислового підприємства:

1 – водоприймач; 2 – труба, що підводить; 3 – водоприймальне відділення; 4 – насосна станція; 5 – споживач технічної води, 6 – вакуумметр, 7 – манометр.

Поблизу насосних станцій з великою подачею на напірних трубопроводах улаштовують камеру, у якій розмішають засувки, витратоміри, запобіжні і зворотні клапани. Це дозволяє зменшити розміри будинків самих станцій.

### 1.3. Водонапірні башти

Водонапірна башта складається з наступних основних елементів: водонапірного бака, що підтримує конструкції (стовбура) і намету, що утеплює, навколо бака. Вода в бак подається по трубі 1, що закінчується на рівні найбільшого наповнення (рис. 1.4). Кінець її може бути обладнаний поплавковим клапаном 5, що автоматично закриває трубу, що подає, при наповненні бака. Роздача води з бака відбувається по трубах 1 і 2.

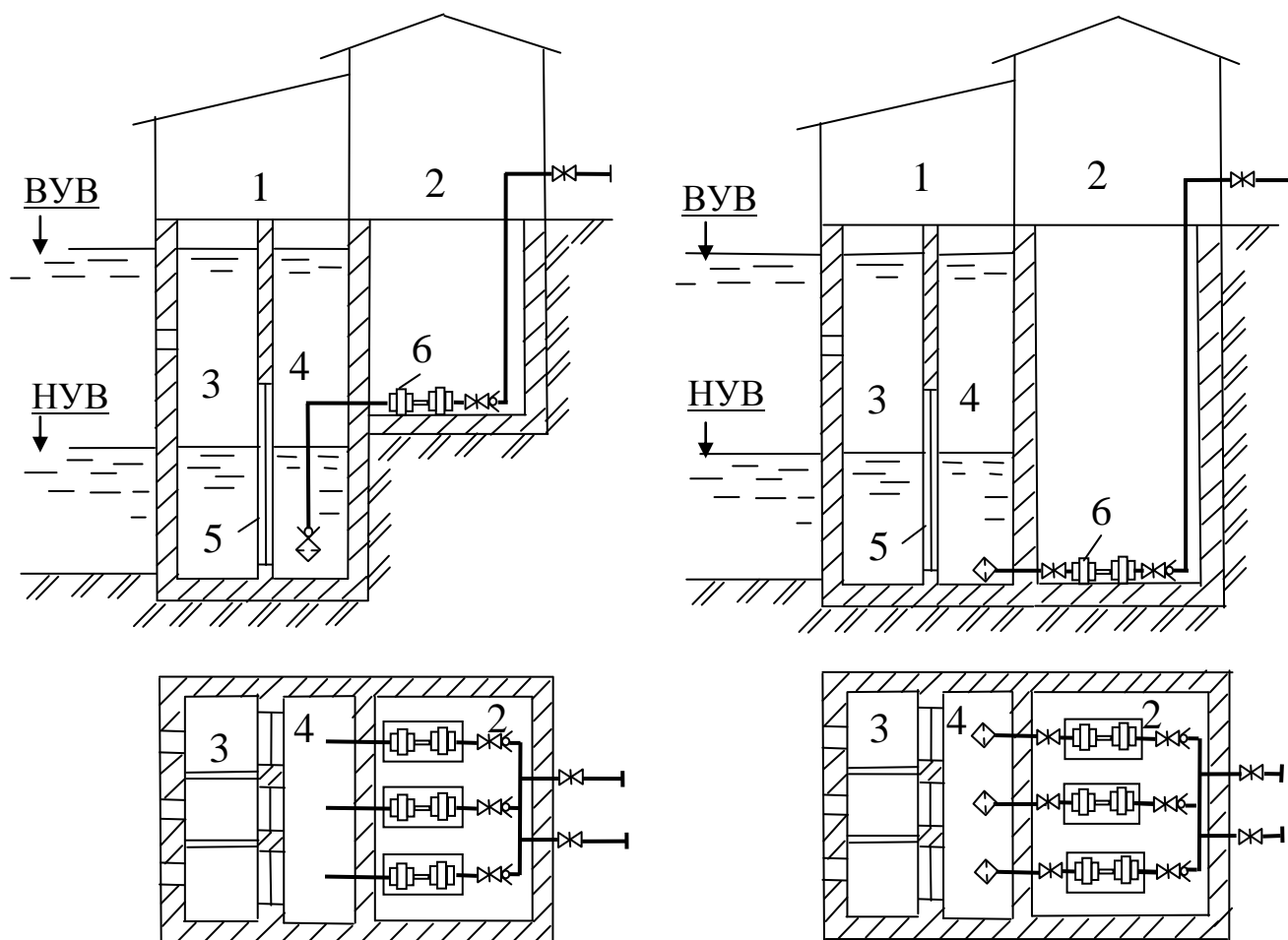


Рисунок 1.3 - Схеми водозабірних споруджень берегового типу:

1 - водоприймальне відділення; 2 - насосний зал; 3 - прийомна камера; 4 - усмоктувальна камера; 5 - водоприймальна сітка; 6 - горизонтальний відцентровий насос; ВУВ - найвищий рівень води; НУВ - найнижчий рівень води.

На трубі 2 встановлюють зворотний клапан 3, що перешкоджає надходженню води в бак по цій трубі. Кінець труби 2 розташовують над дном бака і обладнують сіткою 4. Трубу 1, що служить для подачі води в бак і розбору води з нього, називають подающеразводящей. Засувка 10 служить для відключення водонапірної башти від мережі. Подача води в бак і розбір води з нього можуть здійснюватися по окремих трубах.

Для зливу води у випадку переповнення бака служить переливна труба 9, що закінчується у верхній частині вирвою 6. До переливної труби приєднана грязьова труба 7 із засувкою 8, призначена для періодичного видалення осаду, що накопичується на дні бака, а також для відводу води при промиванні бака.

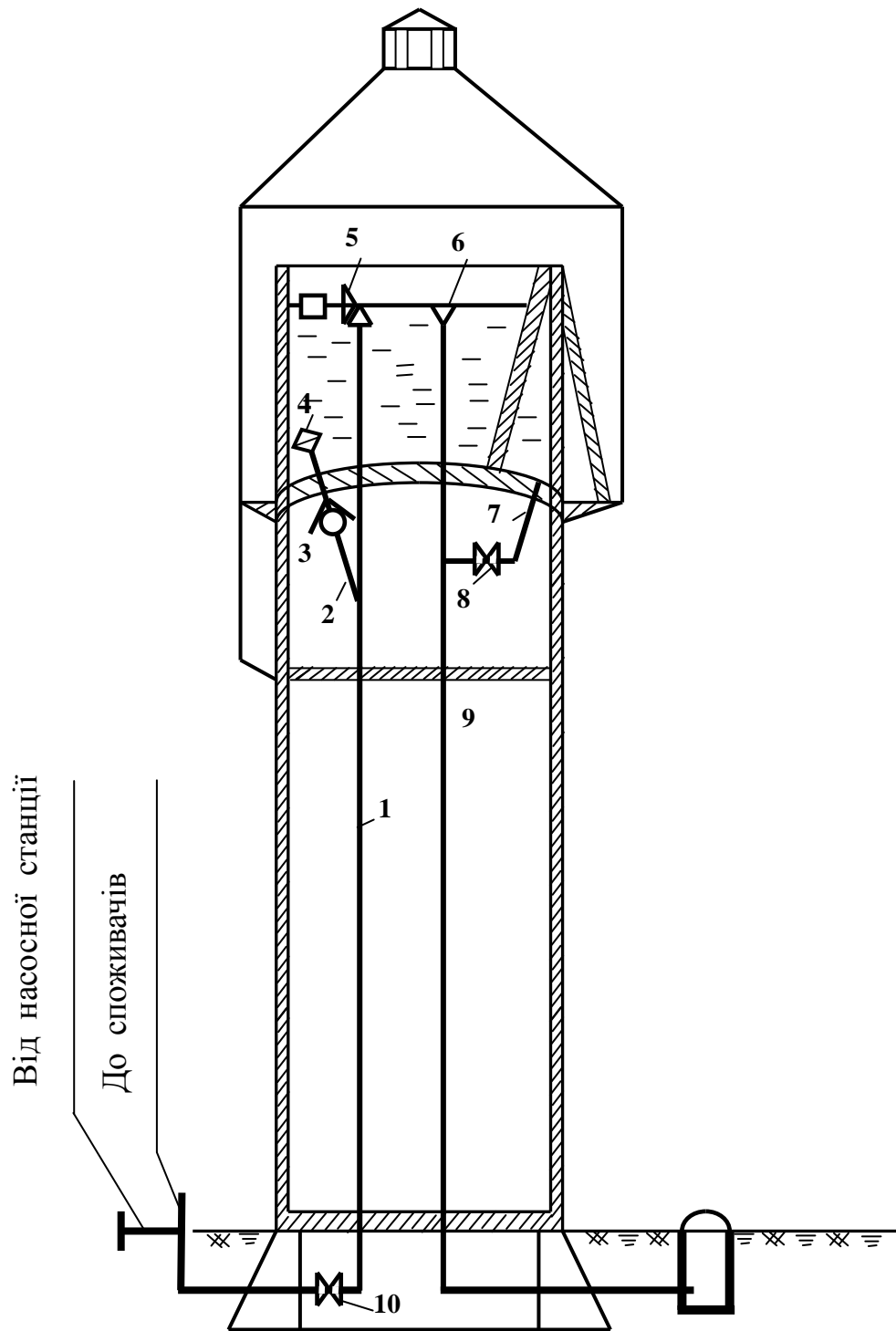


Рисунок 1.4 - Схема встаткування водонапірної башти:

1 - напірний трубопровід; 2 - зливальний трубопровід; 3 - зворотний клапан; 4 - прийомний пристрій; 5 - поплавковий клапан; 6 - воронка; 7 - грязьова труба; 8, 10 - засувка; 9 - переливна труба.



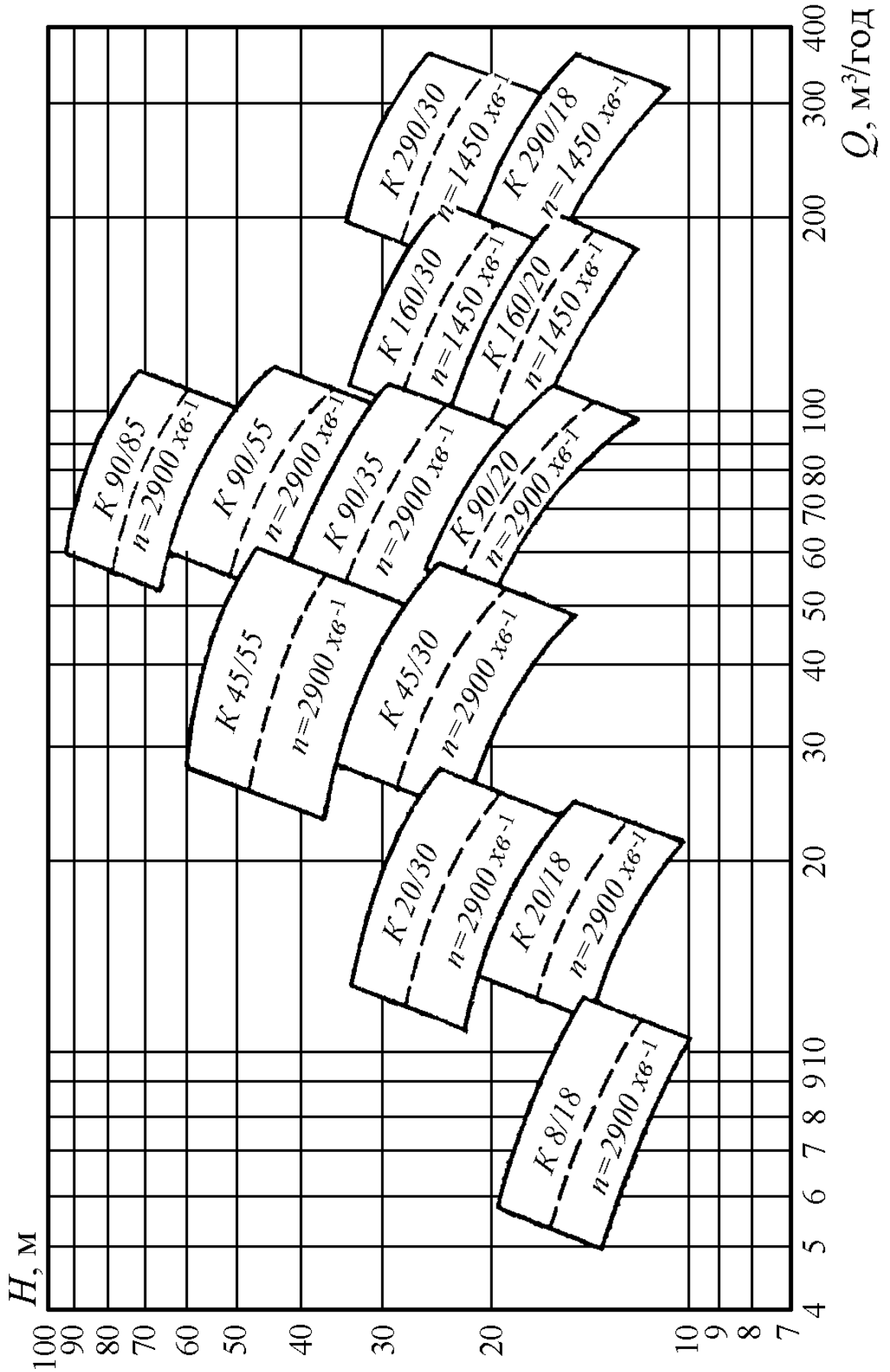


Рисунок 2.1 - Робочі зони насосів типу К

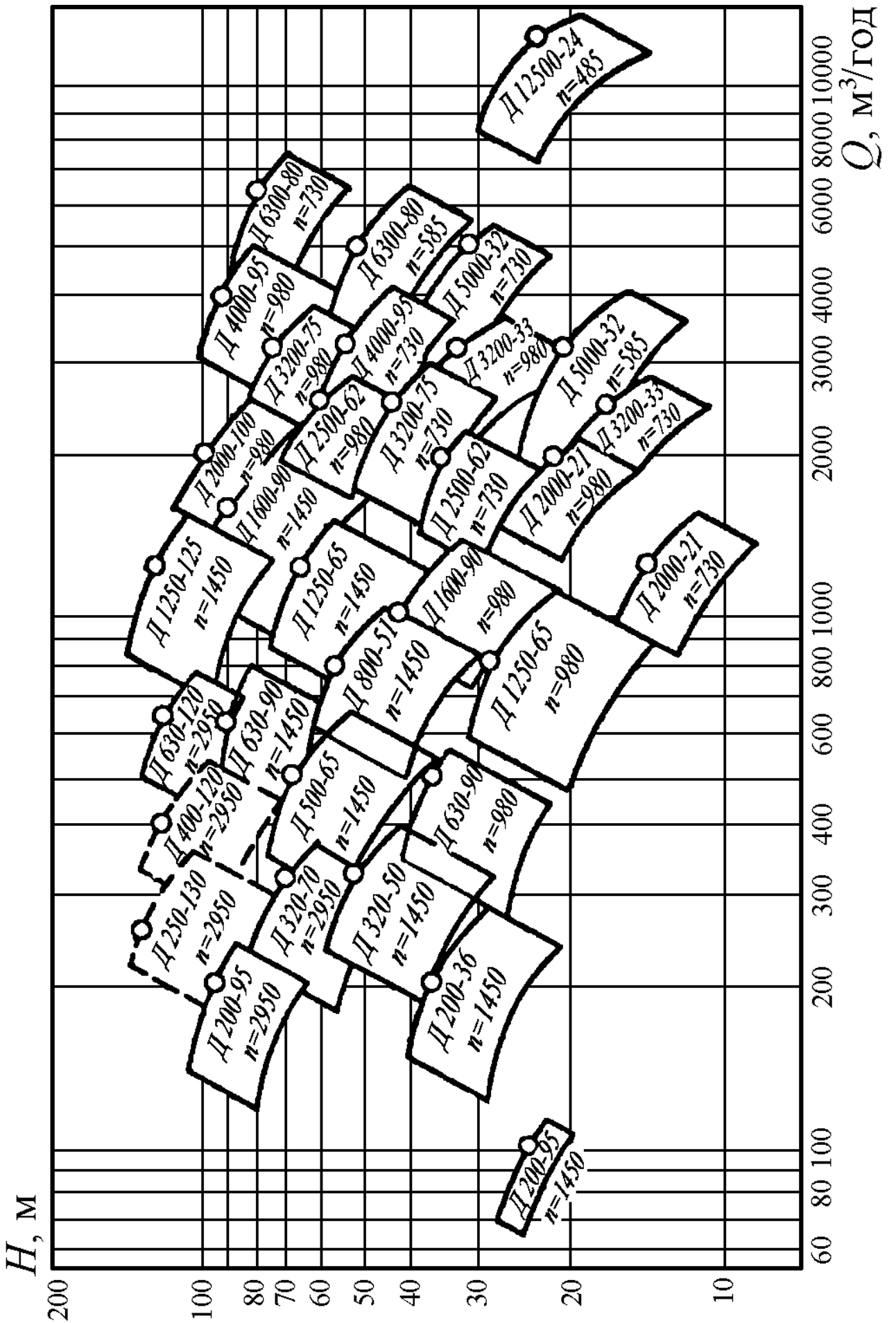


Рисунок 2.2 - Робочі зони насосів типу Д

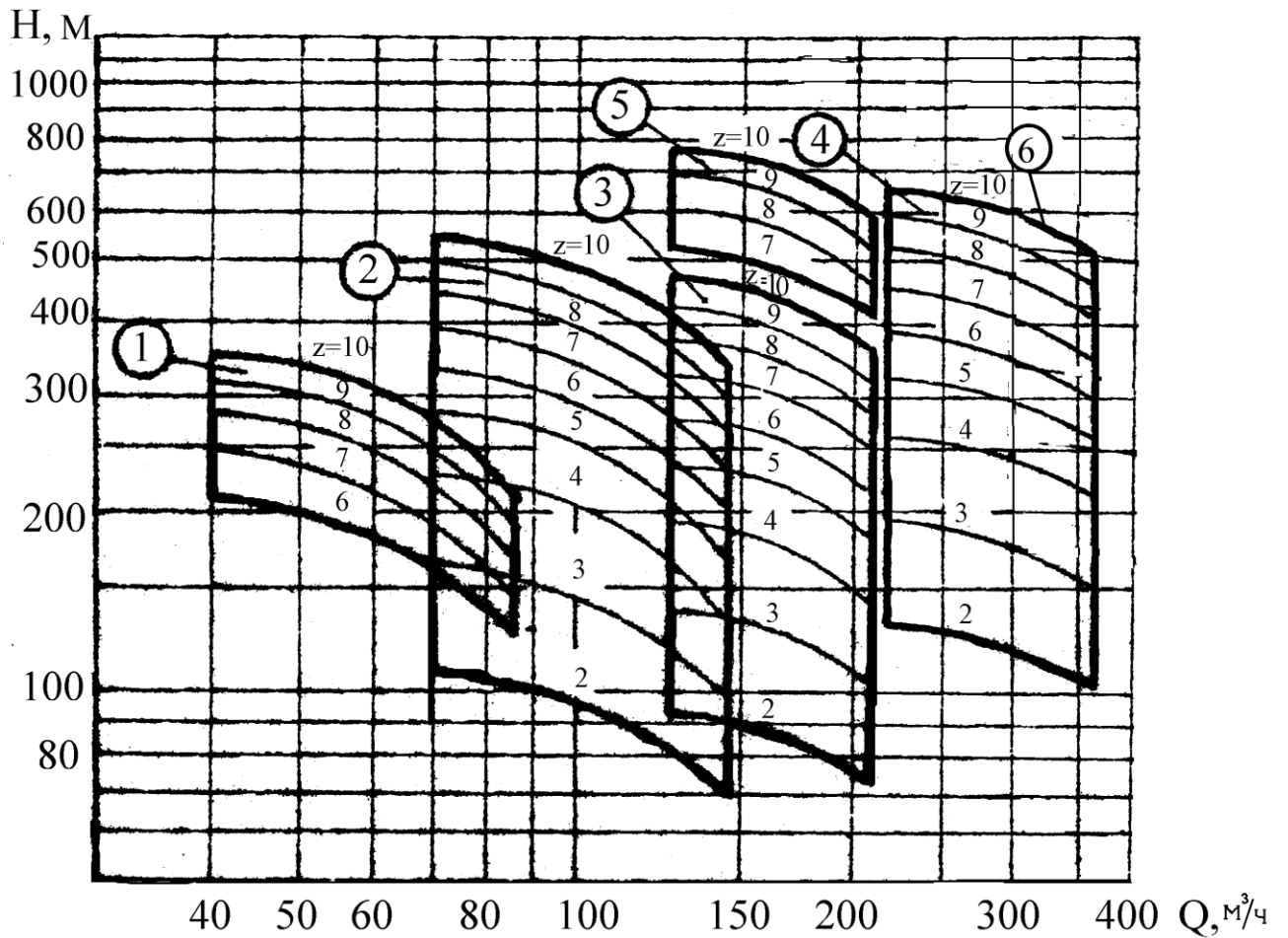


Рисунок 2.3 - Робочі зони насосів типу ЦНС

- 1 - ЦНС 60-198...490;
- 2 - ЦНС 105-98..490;
- 3 - ЦНС 180-85...425;
- 4 - ЦНС 300-120...600;
- 5 - ЦНС 180-476...680;
- 6 - ЦНСШ 300-140...800;

## Характеристики насосів типу К, Д, ЦНС

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика насосів К

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /год.	Напір, м	Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	Кавітаційний запас, що допускається, м	Потужність насоса, кВт	Діаметр робочого колеса, мм	ККД насоса, %
К 8/18	8	19	2900	4	0,8	128	51
	8	15			0,65	115	49
	8	12			0,56	105	47
К 20/18	20	18			1,45	129	67
	20	14			1,2	118	64
	20	10			0,9	106	60
К 20/30	20	30			2,65	162	63
	20	25			2,1	148	65
	20	19			1,6	132	64
К 45/30	45	30		4,5	5,4	168	70
	45	19,5			3,4	143	70
К 45/55	45	55			10,5	218	64
	45	40			8	195	61
К 90/20	90	20		5,5	6,5	148	78
	90	14			4,6	136	75
К 90/35	90	35	11		174	77	
	90	27	9		163	73	
К 90/55	90	55	18,5		218	73	
	90	43	15,8		200	67	
К 90/85	90	85	33		272	65	
	90	75	29		250	64	
К 160/20	160	20	1450		4,5	10,9	264
	160	14,5		9,9		240	75
К 160/30	160	30		18		328	78
	160	27		16,5		310	71
	160	20		13		290	68
К 290/18	290	18		16,5		268	84
	290	14		14,5		250	79
К 290/30	290	30		28		315	82
	290	21,5		22		300	76

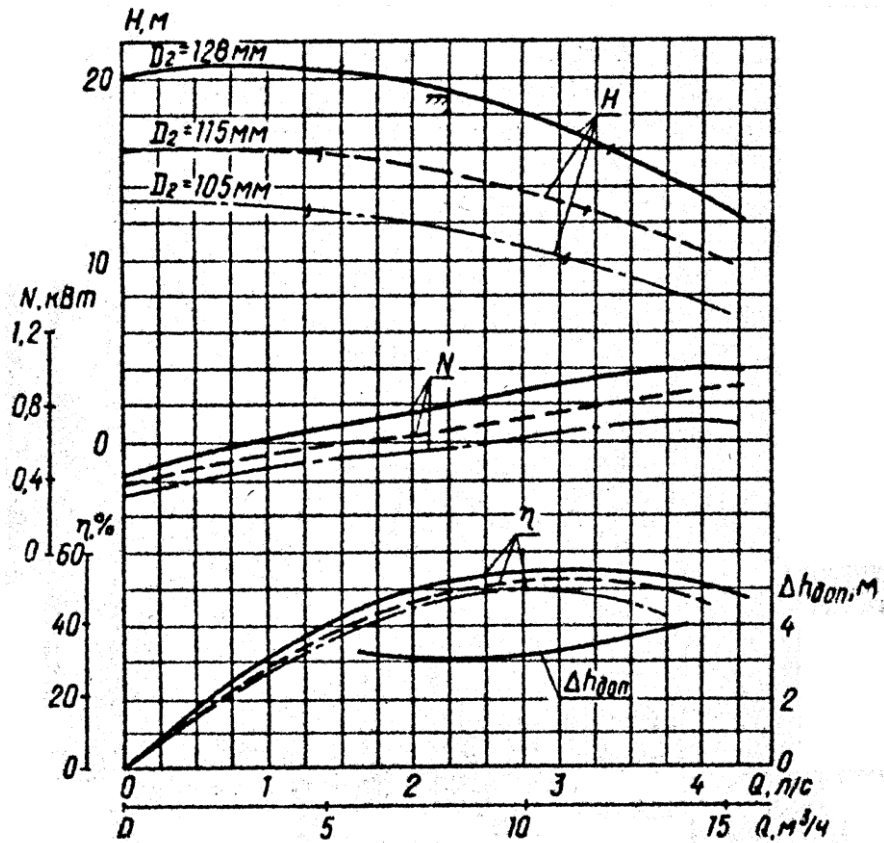


Рисунок 3.1 – Характеристика насоса К 8/18,  $n=2900 \text{ об/мин}$

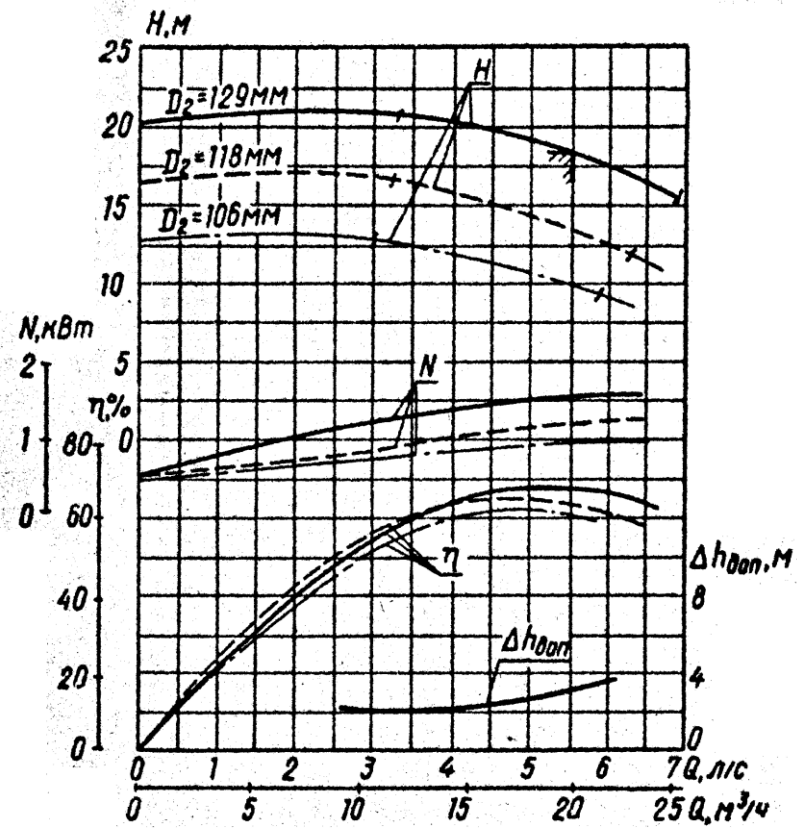


Рисунок 3.2 – Характеристика насоса К 20/18,  $n=2900 \text{ об/мин}$

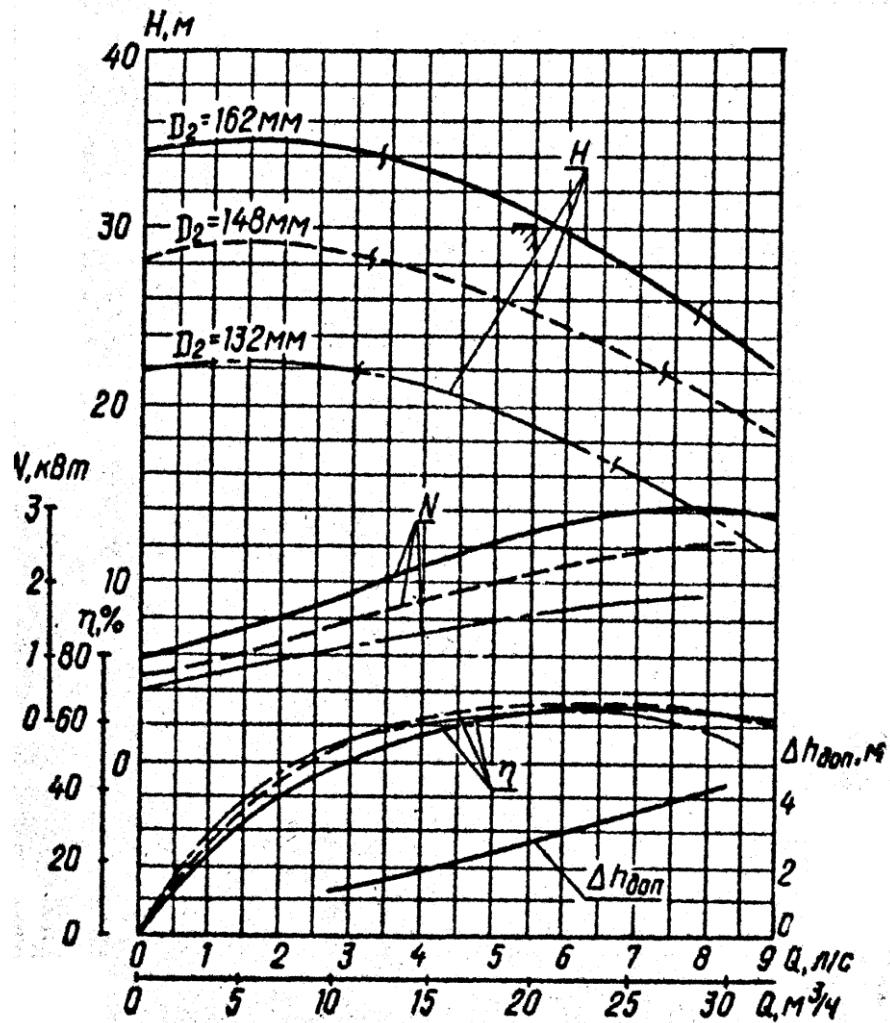


Рисунок 3.3 – Характеристика насоса К 20/30,  $n=2900 \text{ об/мин}$

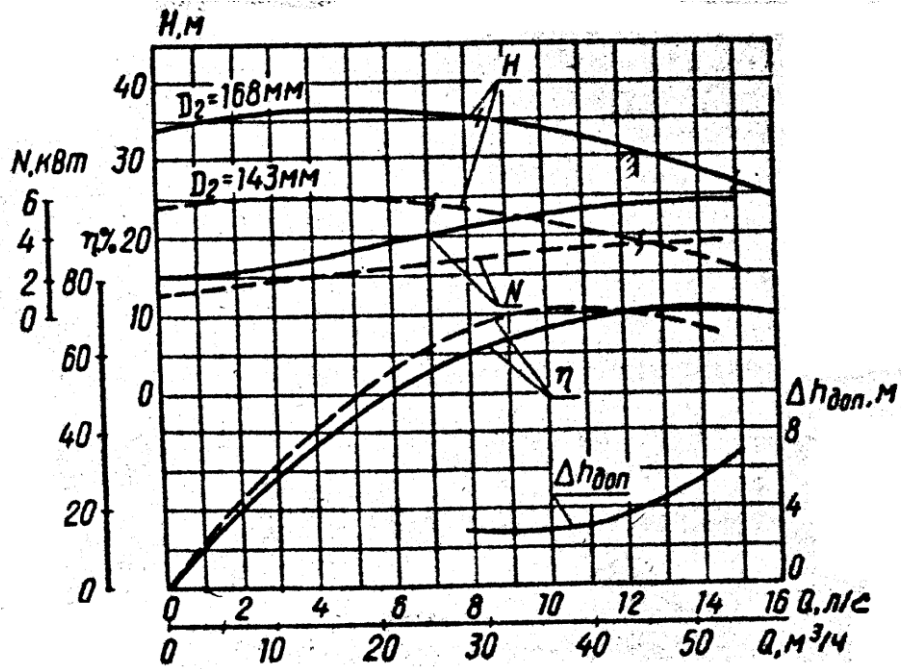


Рисунок 3.4 – Характеристика насоса К 45/30,  $n=2900 \text{ об/мин}$

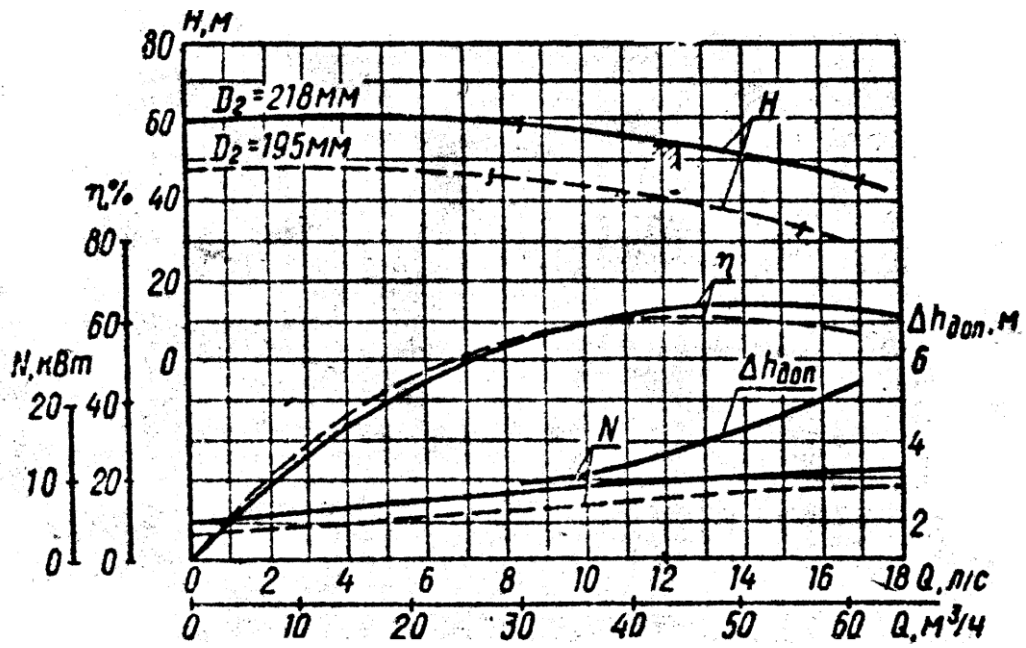


Рисунок 3.5 – Характеристика насоса К 45/55,  $n=2900 \text{ об}^{-1}$

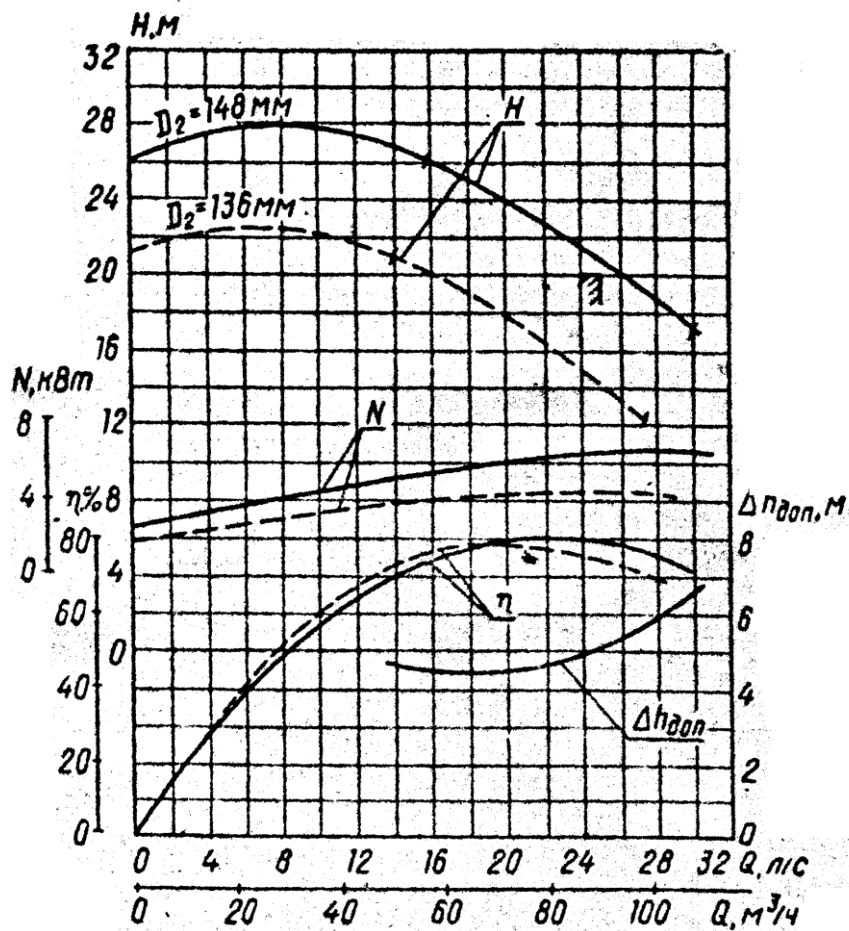


Рисунок 3.6 – Характеристика насоса К 90/20,  $n=2900 \text{ об}^{-1}$

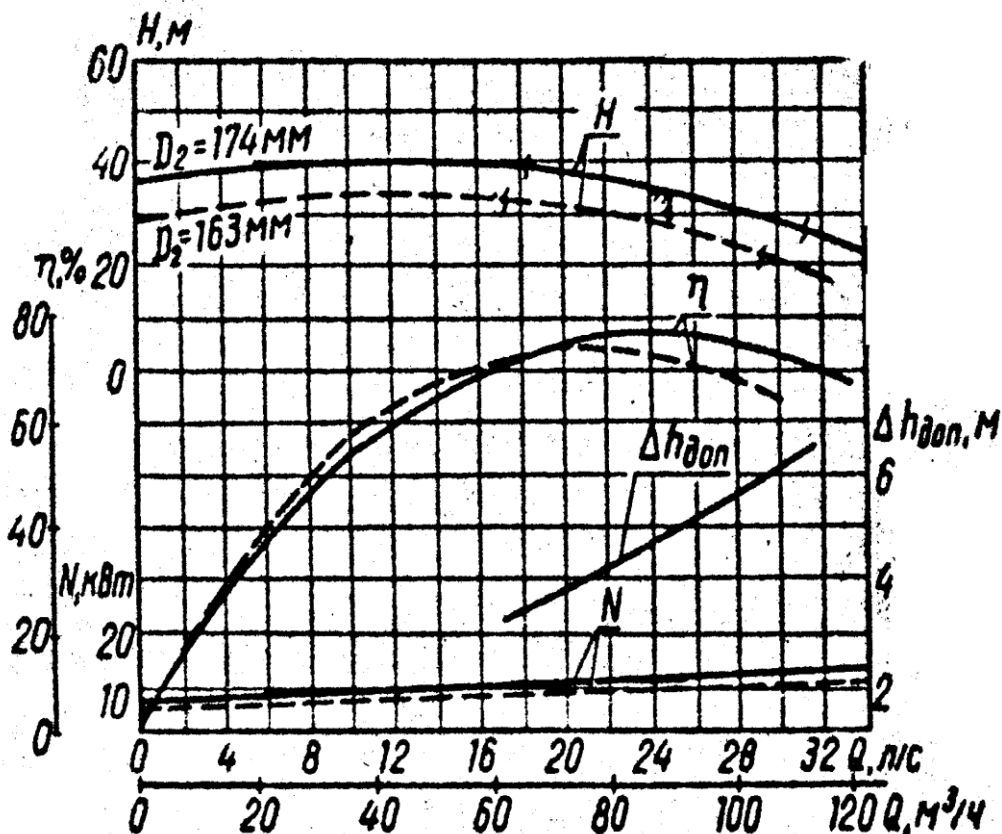


Рисунок 3.7 – Характеристика насоса К 90/35,  $n=2900 \text{ об}^{-1}$

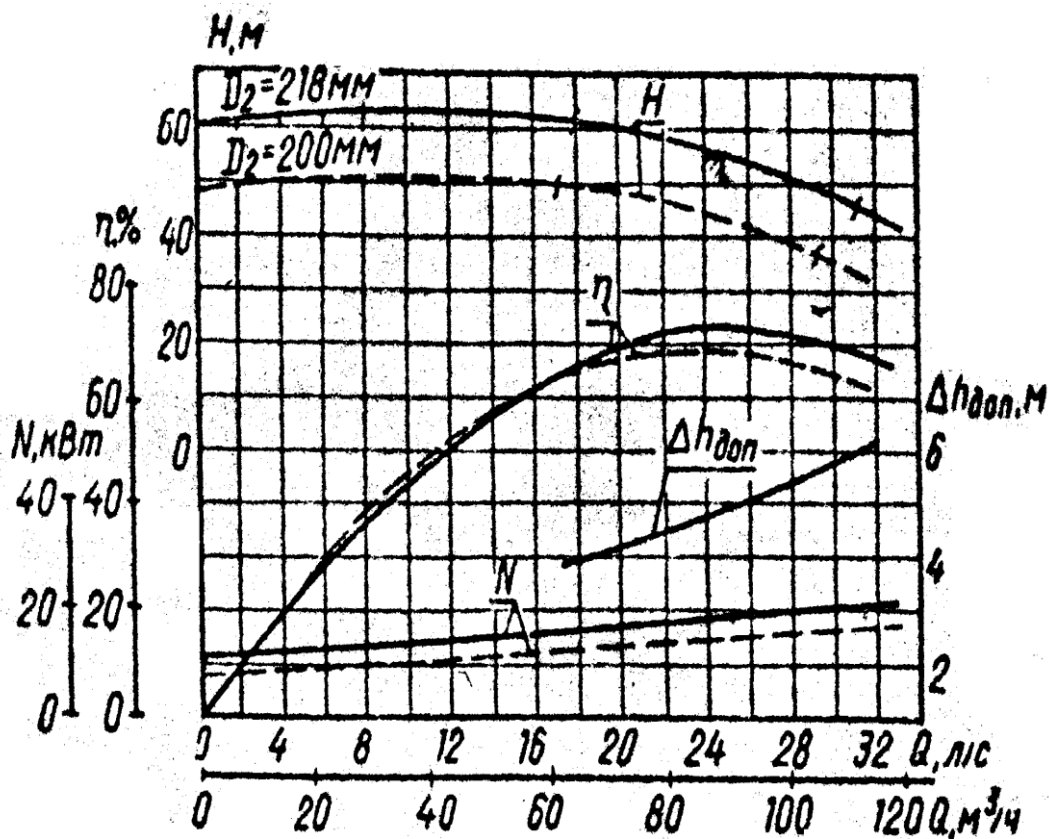


Рисунок 3.8 – Характеристика насоса К 90/55,  $n=2900 \text{ об}^{-1}$



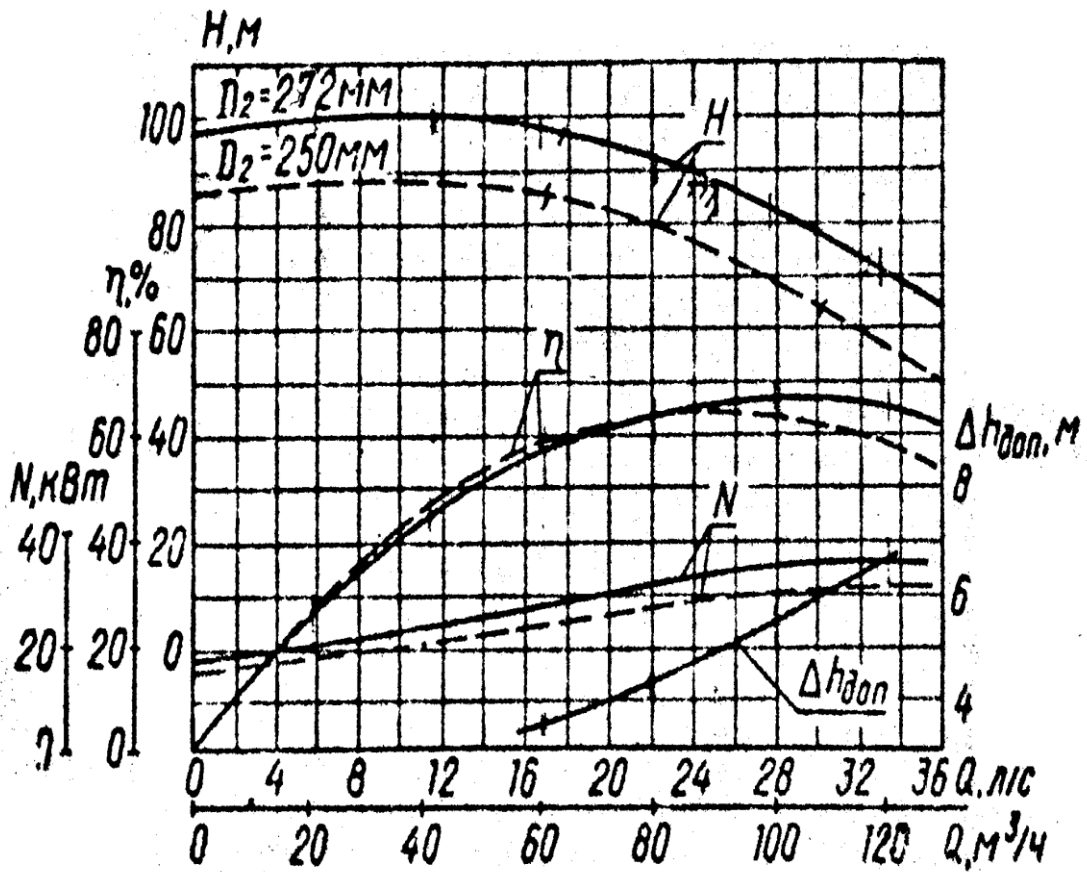


Рисунок 3.9 – Характеристика насоса К 90/85,  $n=2900 \text{ об}^{-1}$

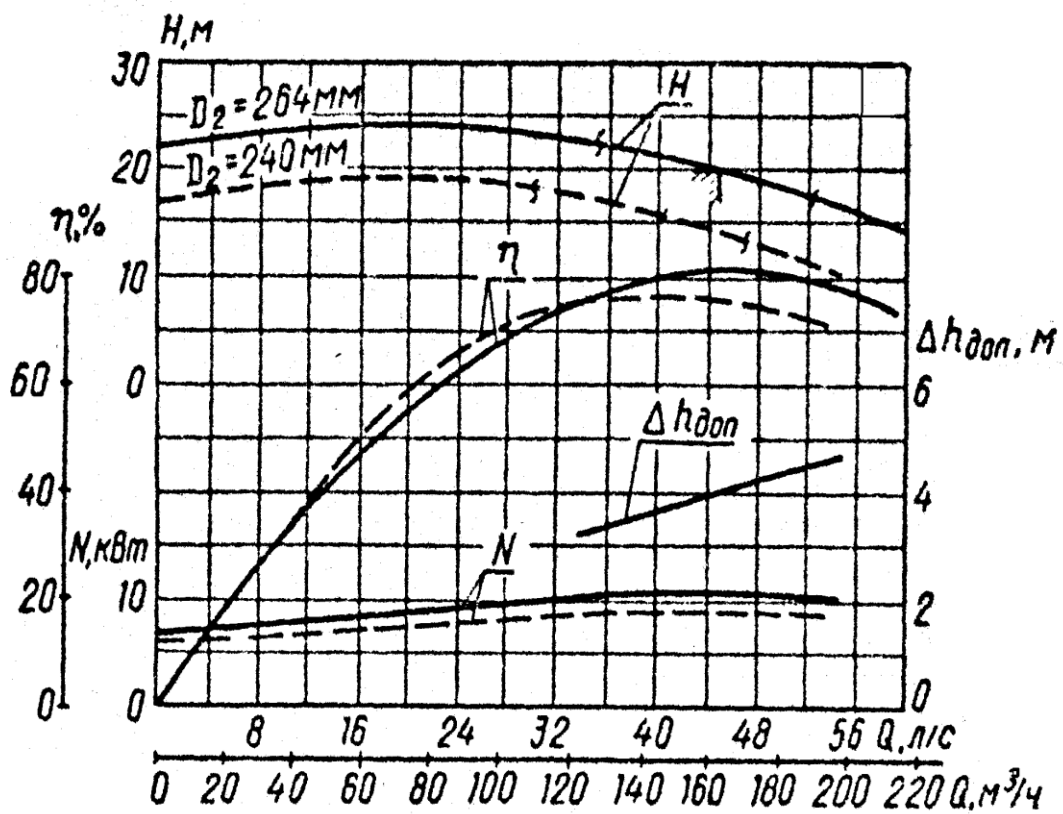


Рисунок 3.10 – Характеристика насоса К 160/20,  $n=1450 \text{ об}^{-1}$

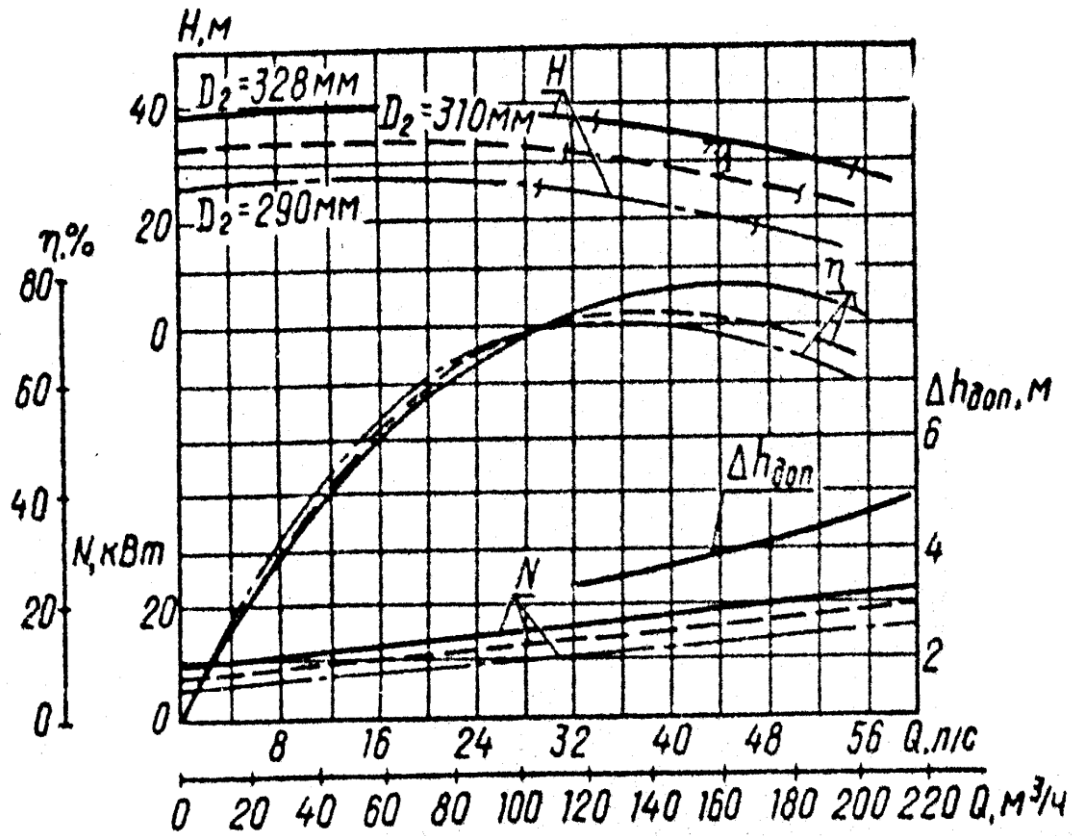


Рисунок 3.11 – Характеристика насоса К 160/30,  $n=1450 \text{ об/мин}$

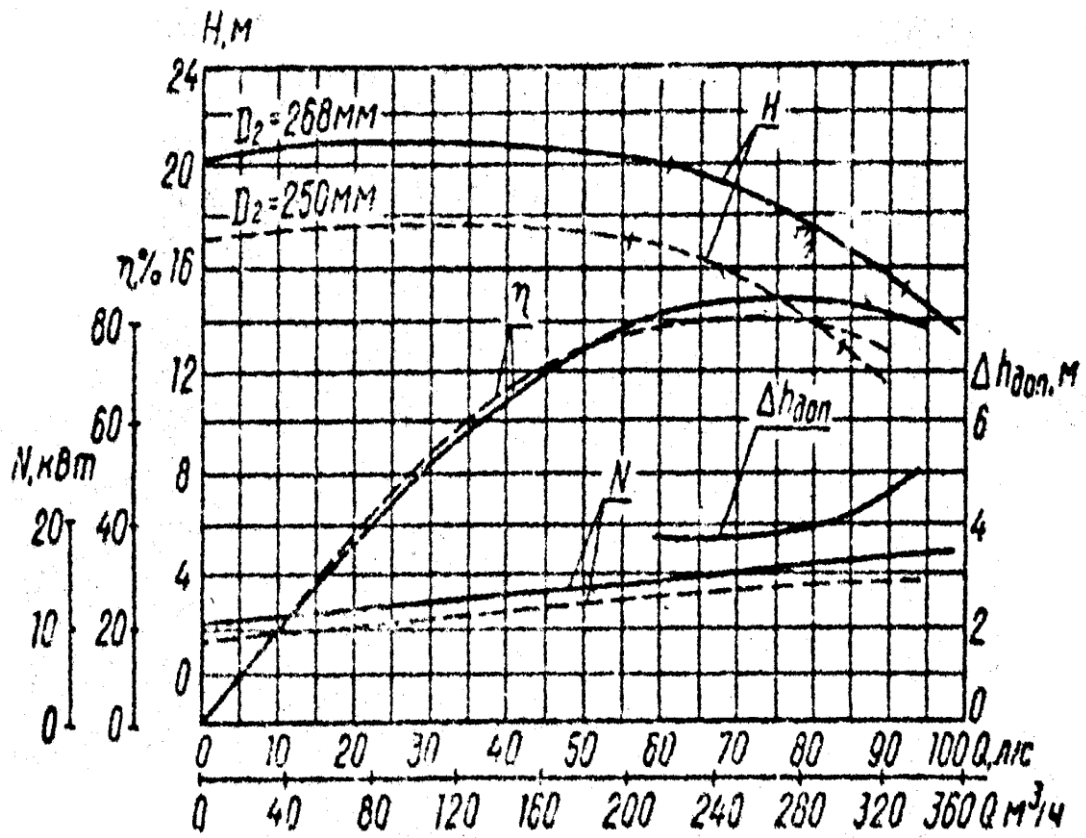


Рисунок 3.12 – Характеристика насоса К 290/18,  $n=1450 \text{ об/мин}$

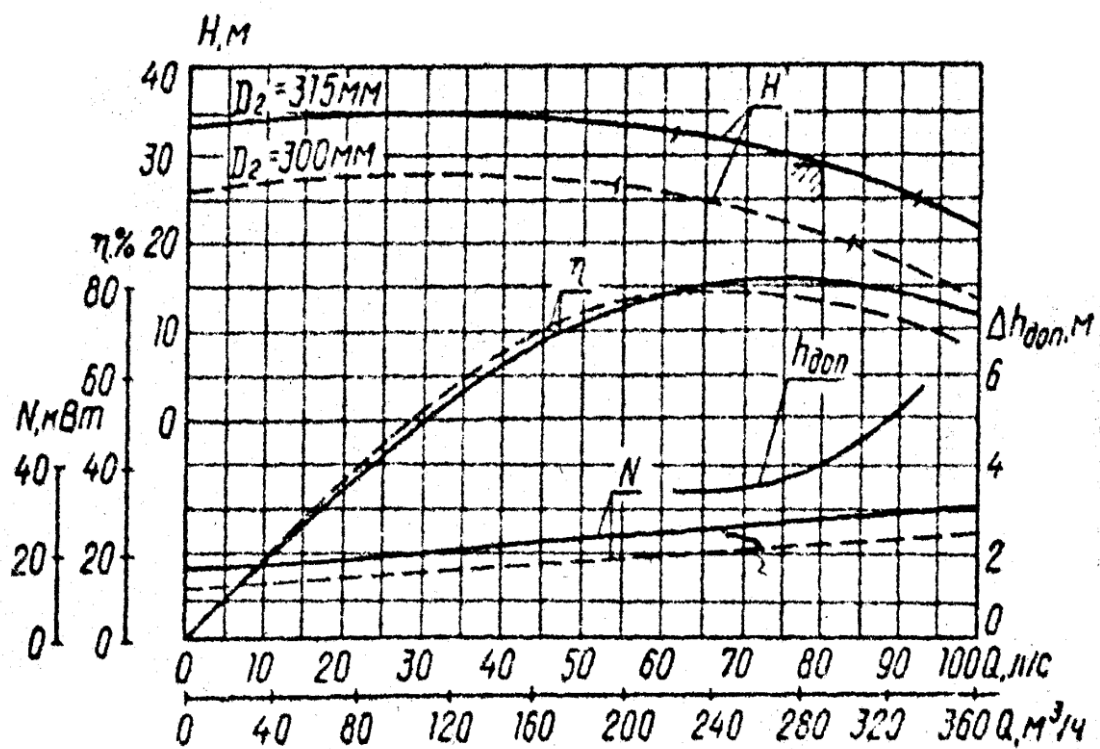


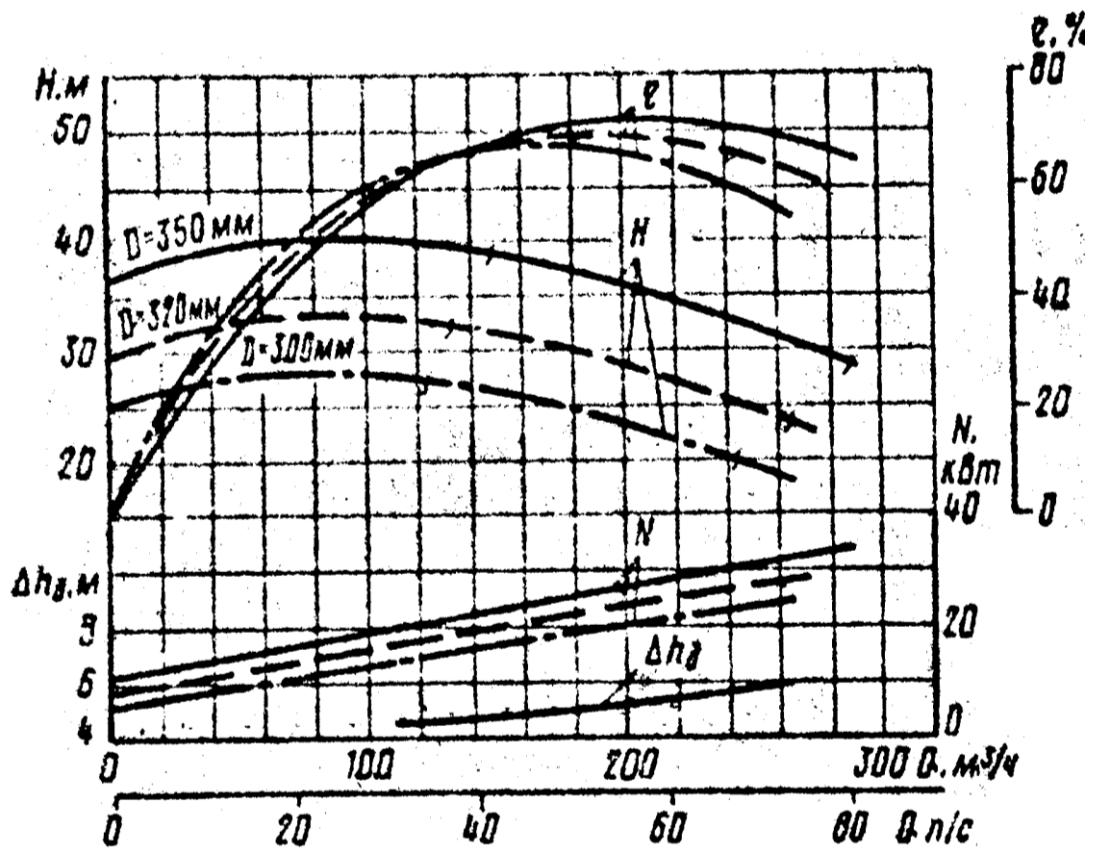
Рисунок 3.13 – Характеристика насоса К 290/30,  $n=1450 \text{ об/мин}$

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика насосів Д

Марка насоса	Діаметр робочого колеса, мм	Подача, м <sup>3</sup> /год	Напір, м	Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	Потужність насоса, кВт	ККД насоса, %	Припустимий кавітаційний запас, м
Д 200-95	280	100	23	1450	10	70	3,5
	255	100	19,8	1450	10	70	3,5
	280	200	95	2950	85	70	6,5
	255		77				
240	64						
Д 200-36	350	200	36	1450	35	72	5,5
	320		28				
	300		230				
Д 320-70	242	320	70	2950	90	78	6
	220	320	53				
	205	300	44				
Д 320-50	405	320	50	1450	76	76	4,5
	365		37				
	340		29				
Д 500-65	465	500	65	1450	135	76	4,5
	432		53				
	390		40				
Д 630-90	525	630	90	1450	265	75	6,5
	490		76				
	450		63				
	525	500	36	960	94	75	5
	490	490	28				
	450	440	23				
Д 800-57	432	800	57	1450	177	82	4
	405		47				
	360		33				
Д 1250-65	480	1250	65	1450	314	86	6
	430		50				
	390		38				

Продовження табл. 3.2

Марка насоса	Діаметр робочого колеса, мм	Подача, м <sup>3</sup> /год	Напір, м	Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	Потужність насоса, кВт	ККД насоса, %	Припустимий кавітаційний запас, м
	460		28				
	430	800	22,5	960	95	86	4,5
	390		17,5				
Д 1250-125	625		125				
	570	1250	98	1450	620	76	5
	535		83				

Рисунок 3.14 – Характеристика насоса Д 200-36,  $n=1450$  хв<sup>-1</sup>

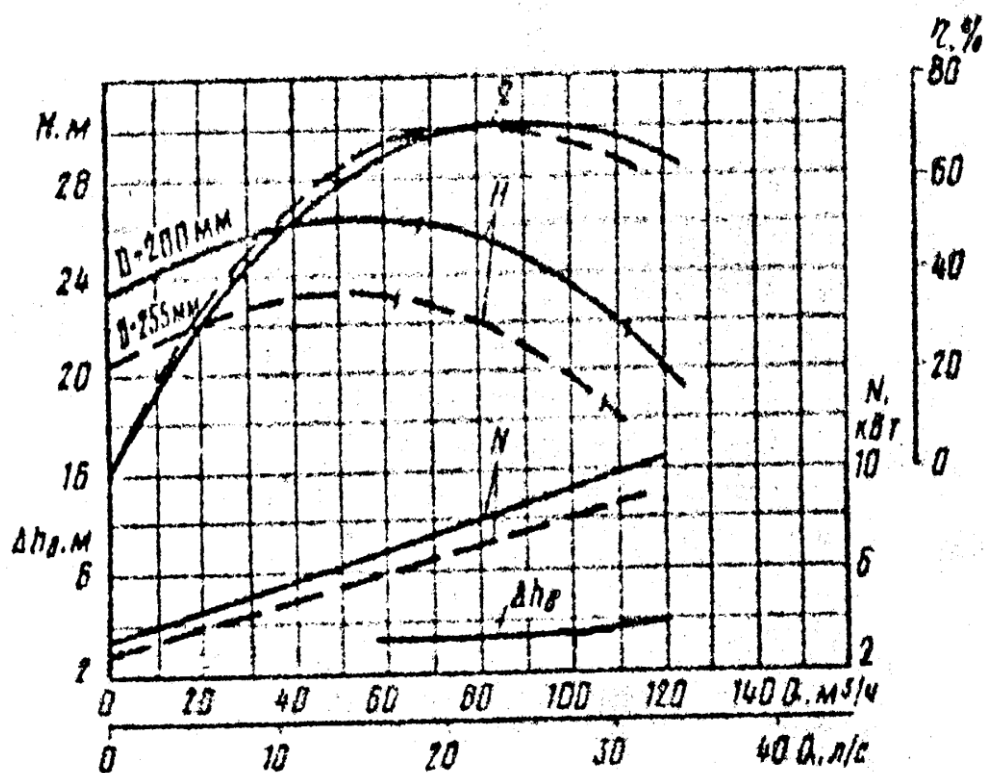


Рисунок 3.15 – Характеристика насоса Д 200-95,  $n=1450\text{хв}^{-1}$

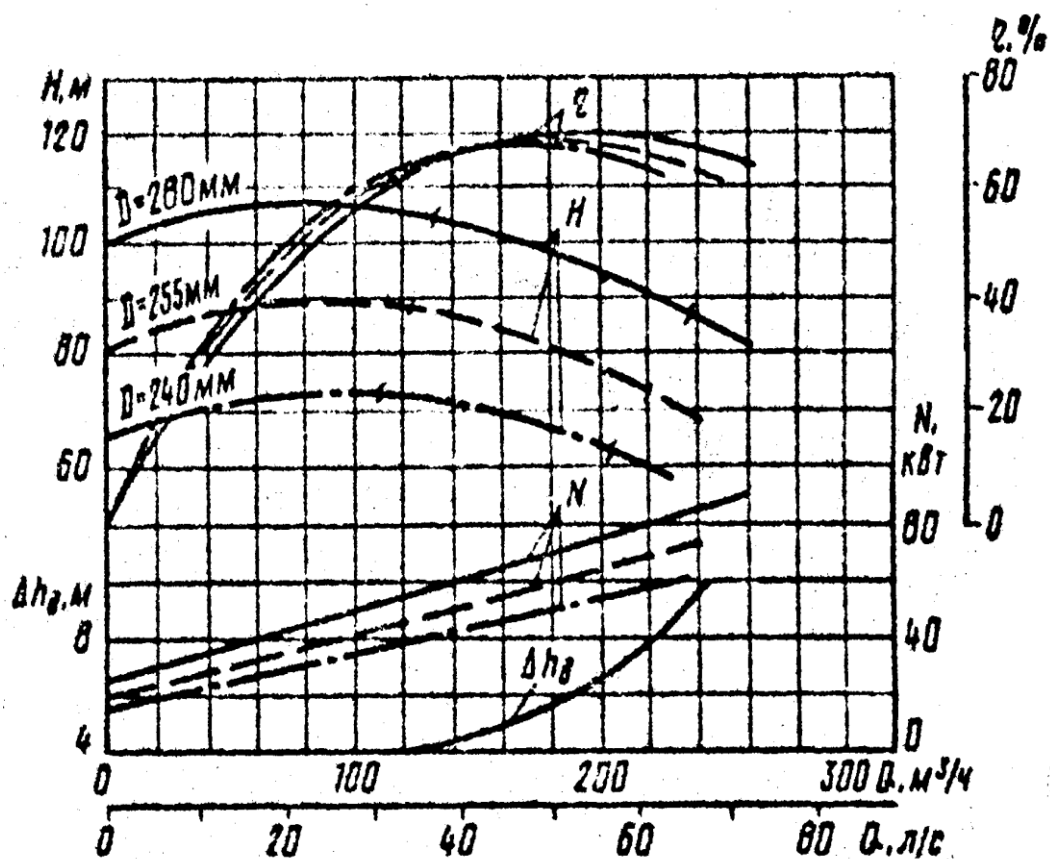


Рисунок 3.16 – Характеристика насоса Д 200-95,  $n=2950\text{хв}^{-1}$

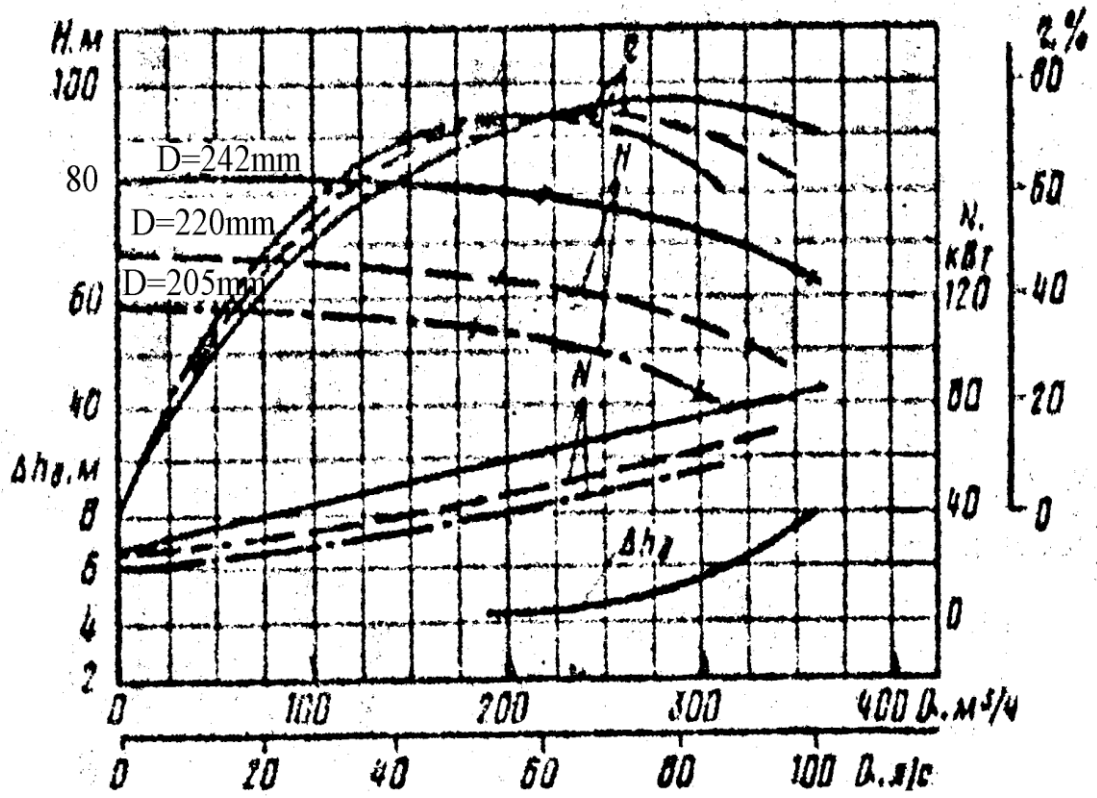


Рисунок 3.17 – Характеристика насоса Д 320-70,  $n=2950 \text{ об}^{-1}$

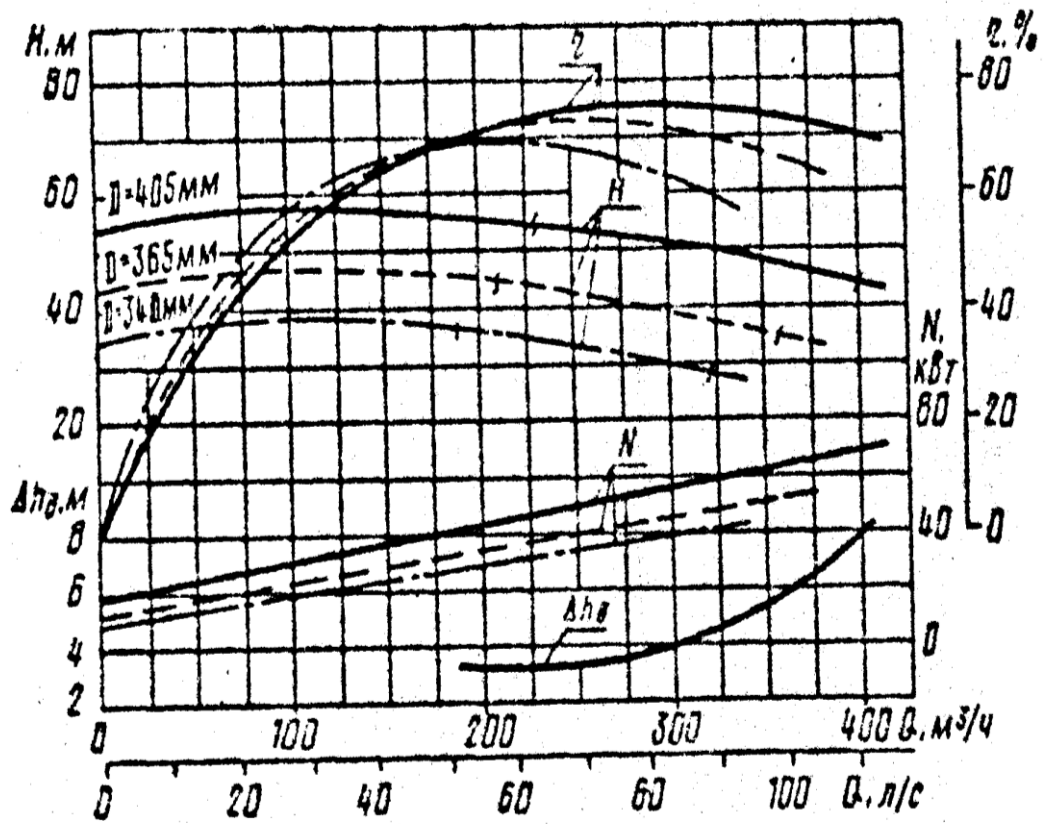


Рисунок 3.18 – Характеристика насоса Д 320-50,  $n=1450 \text{ об}^{-1}$

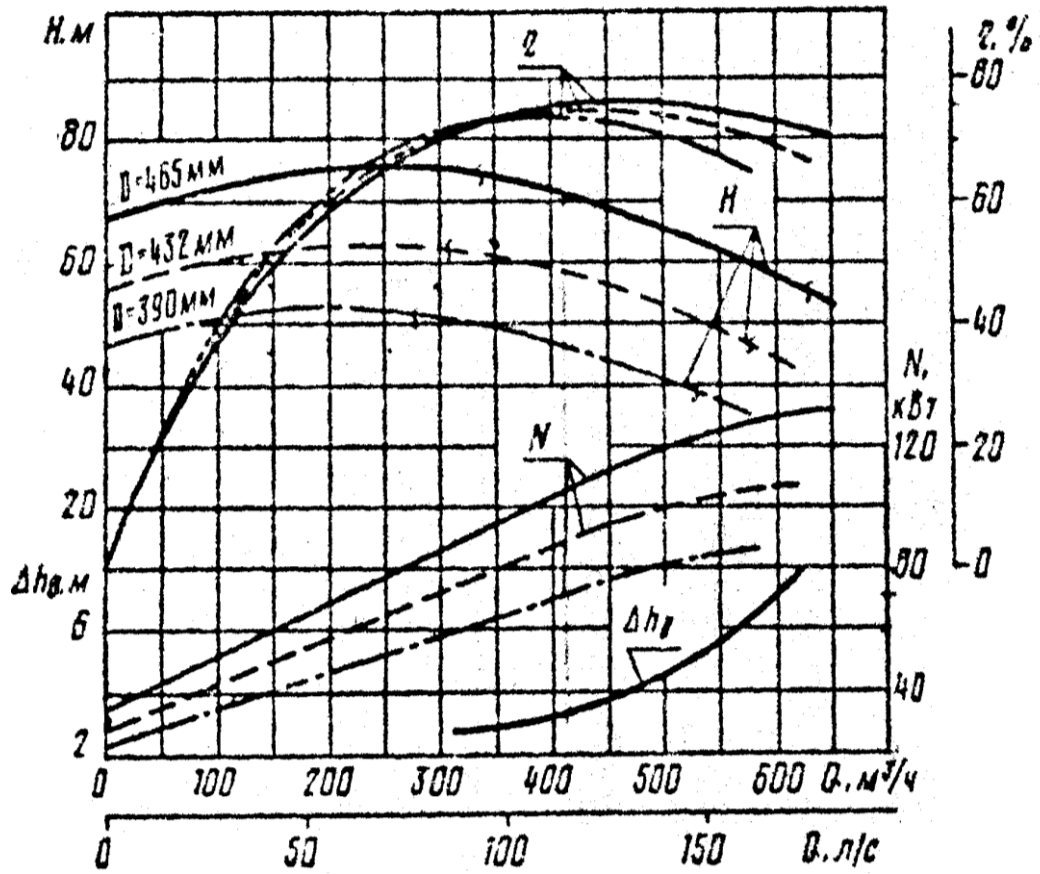


Рисунок 3.19 – Характеристика насоса Д 500-65,  $n=1450 \text{ об/мин}$

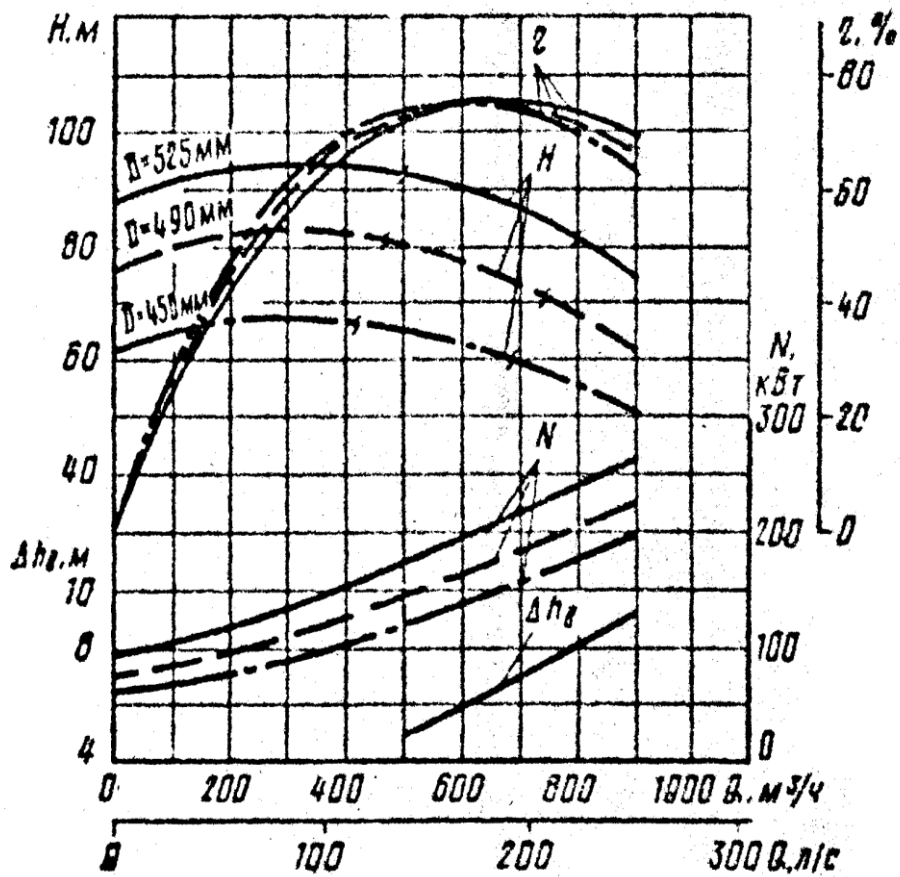


Рисунок 3.20 – Характеристика насоса Д 630-90,  $n=1450 \text{ об/мин}$



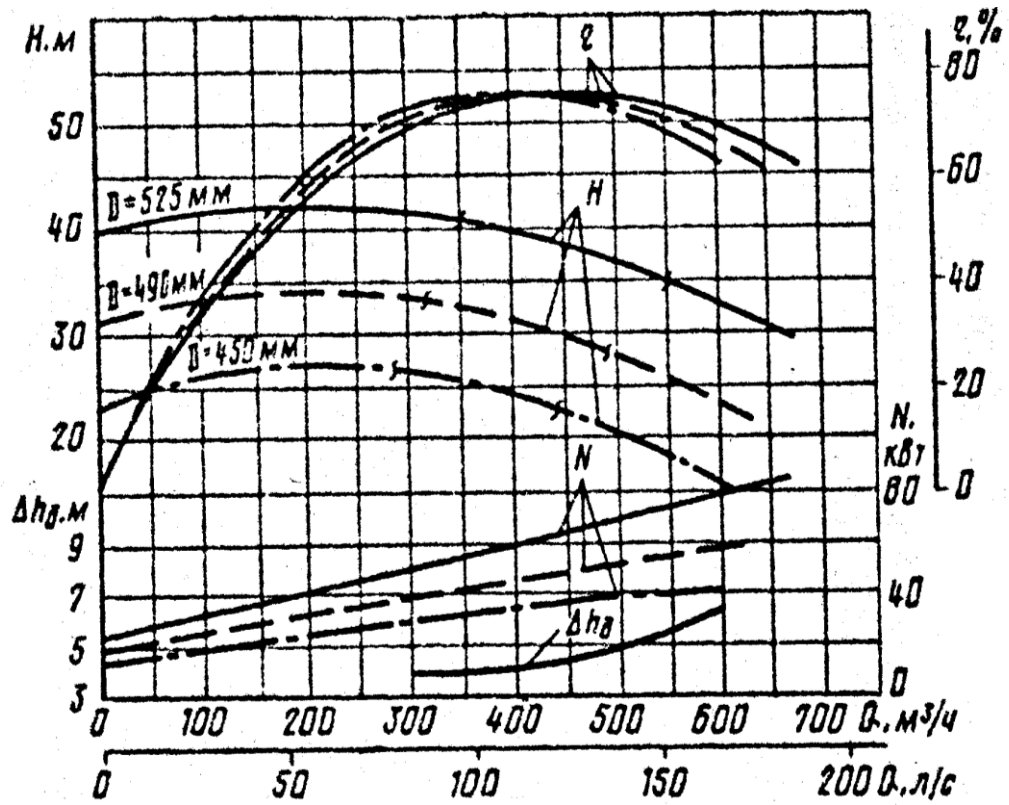


Рисунок 3.21 – Характеристика насоса Д 630-90,  $n=960\text{хв}^{-1}$

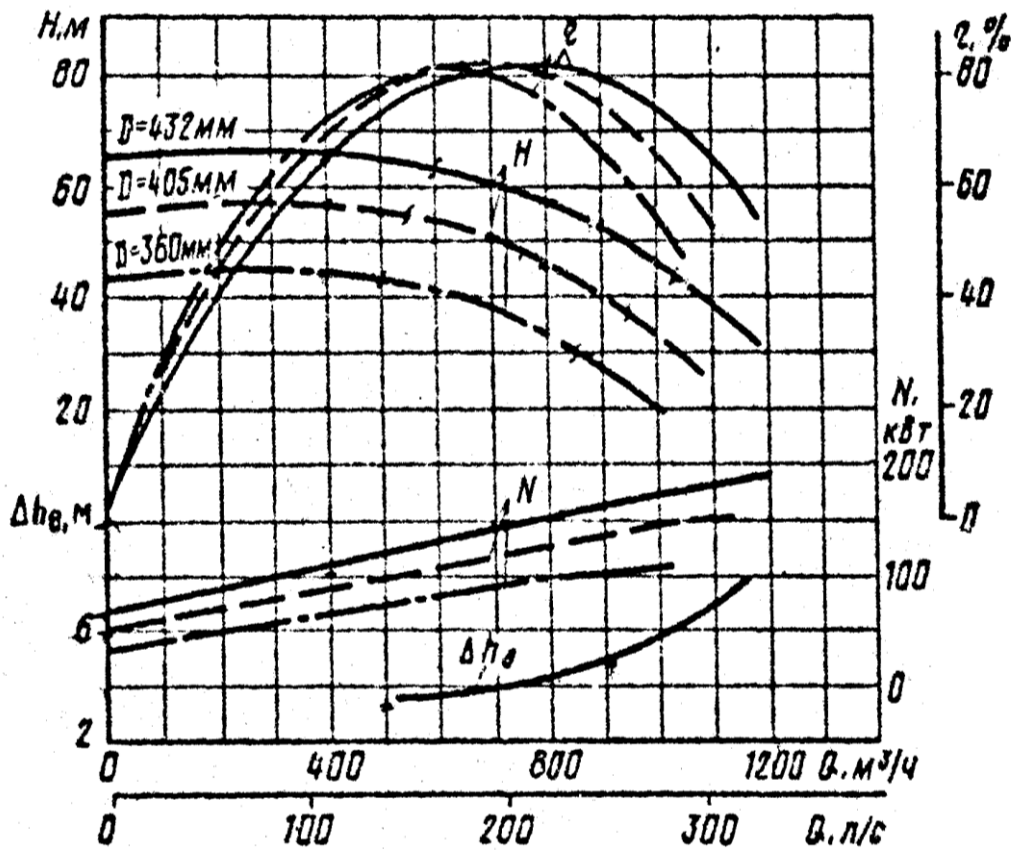


Рисунок 3.22 – Характеристика насоса Д 800-57,  $n=1450\text{хв}^{-1}$

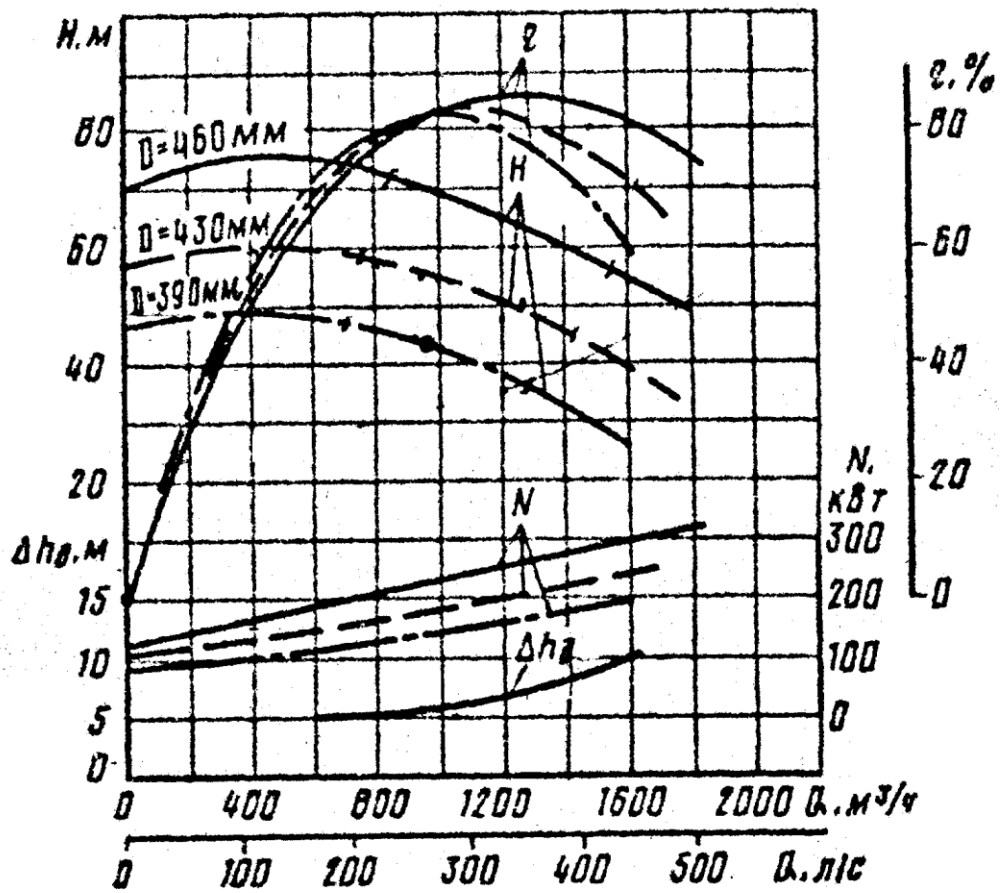


Рисунок 3.23 – Характеристика насоса Д 1250-65,  $n=1450 \text{ об/мин}$

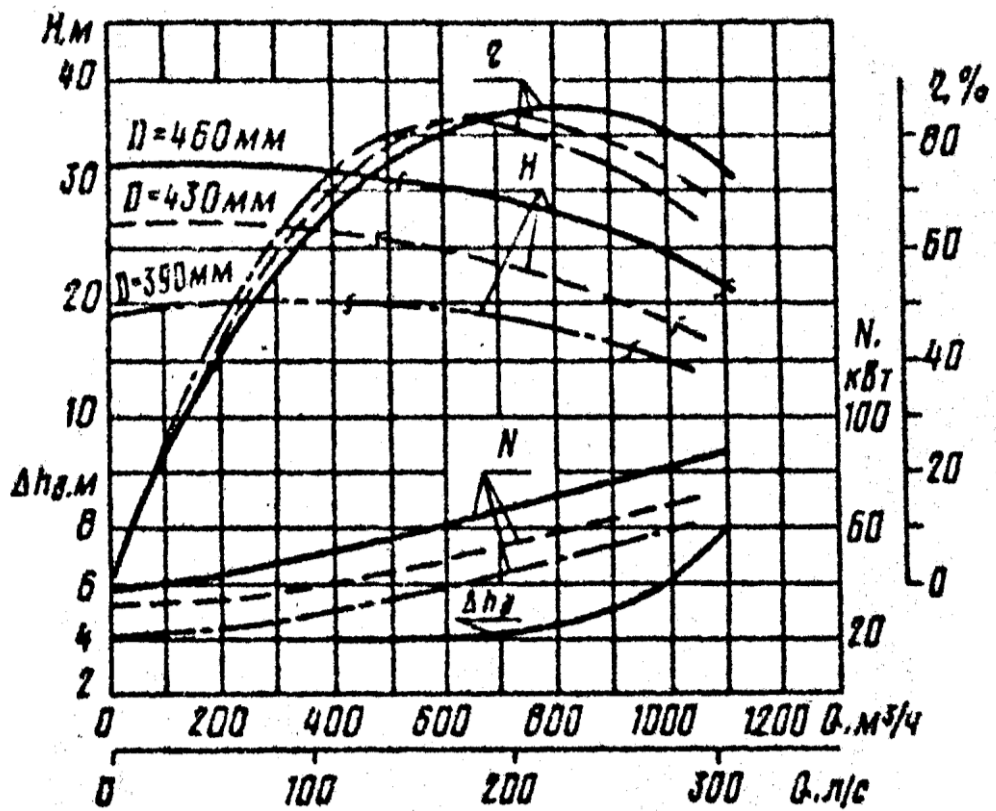


Рисунок 3.24 – Характеристика насоса Д 1250-65,  $n=960 \text{ об/мин}$

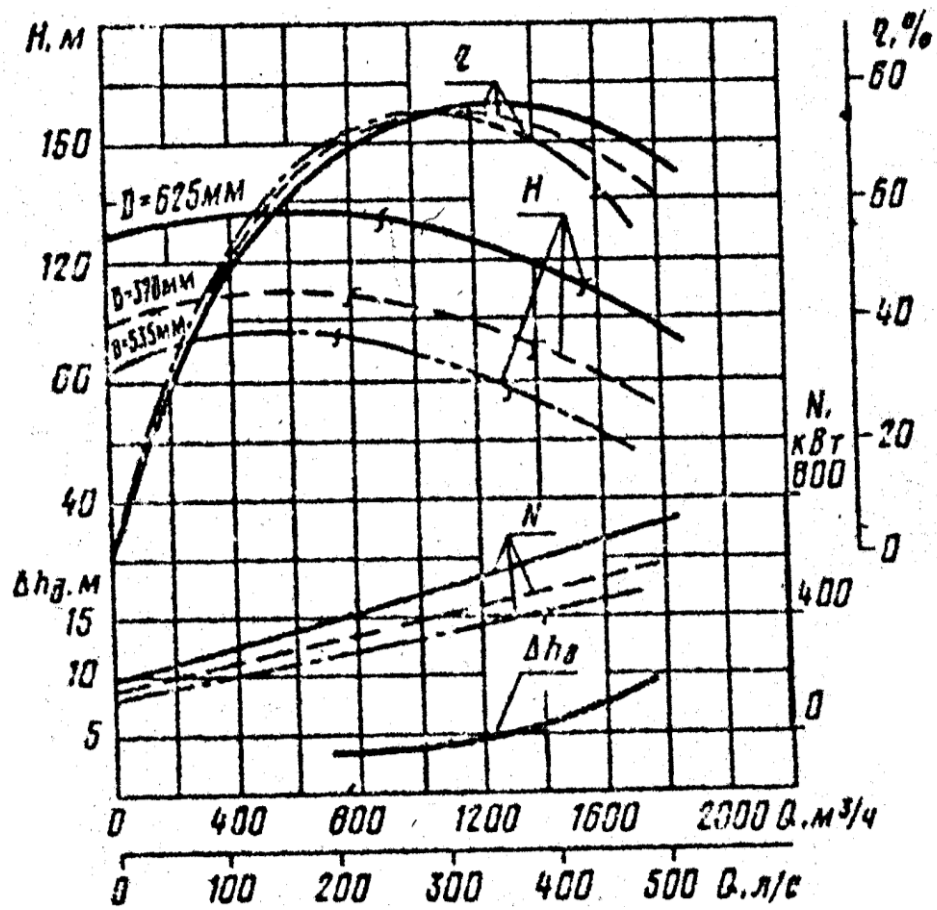


Рисунок 3.25 – Характеристика насоса Д 1250-125,  $n=1450 \text{ в}^{-1}$

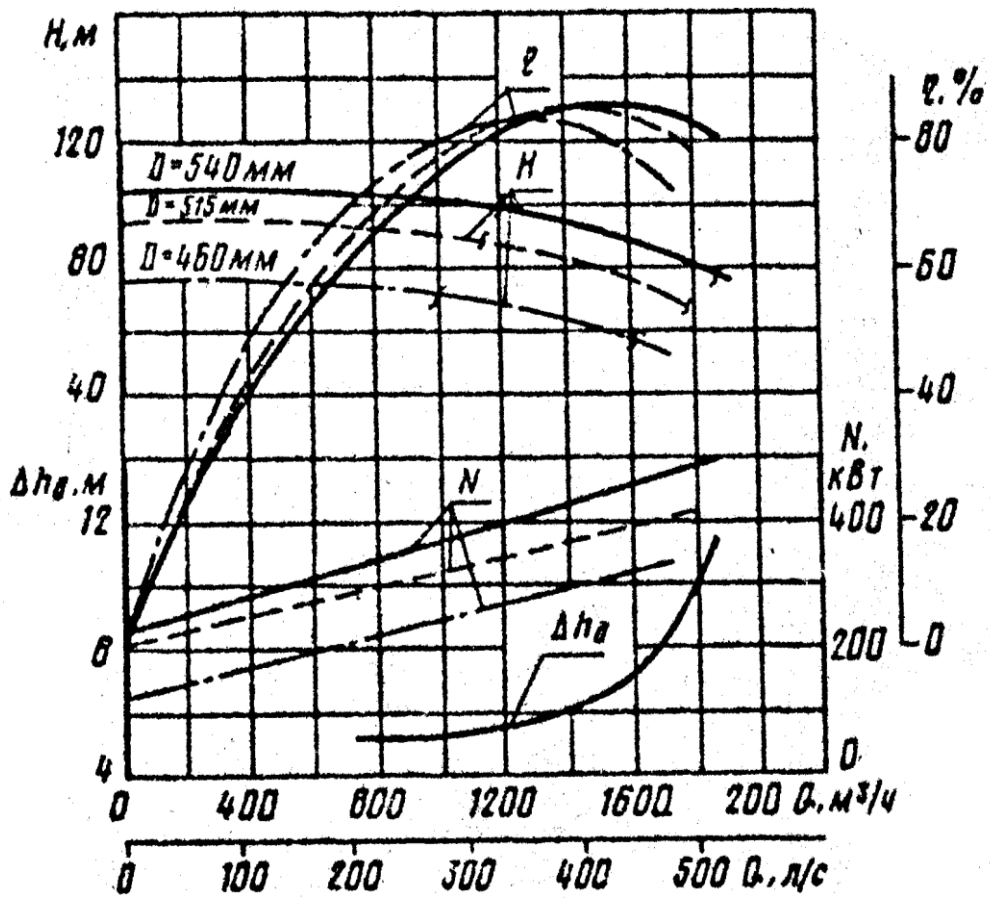


Рисунок 3.26 – Характеристика насоса Д 1600-90,  $n=1450 \text{ в}^{-1}$

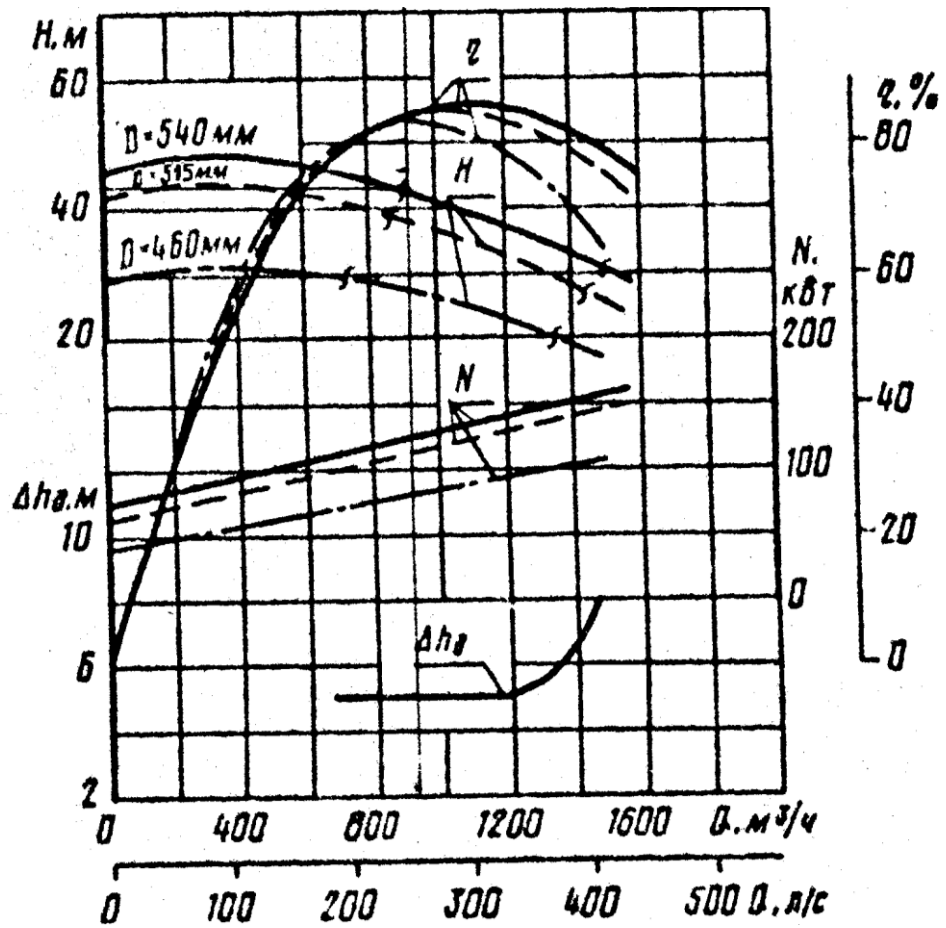


Рисунок 3.27 – Характеристика насоса Д 1600-90,  $n=960\text{хв}^{-1}$

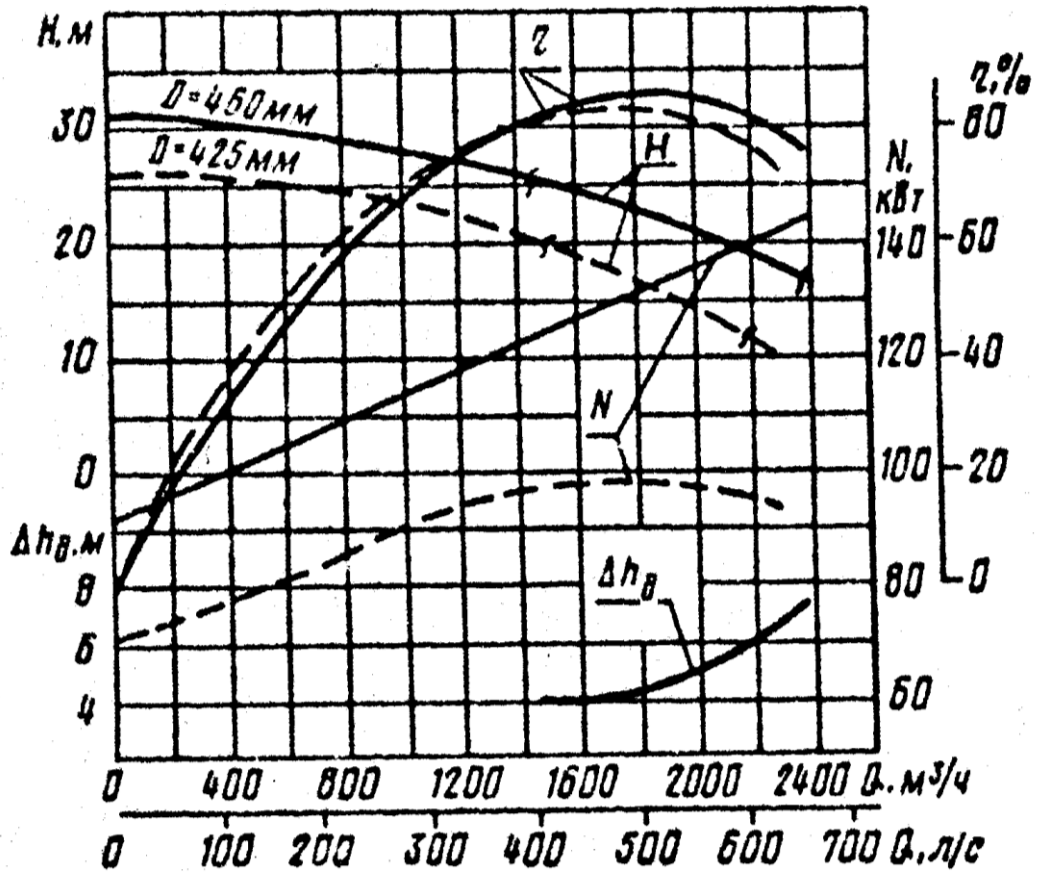


Рисунок 3.28 – Характеристика насоса Д 2000-21,  $n=980\text{хв}^{-1}$

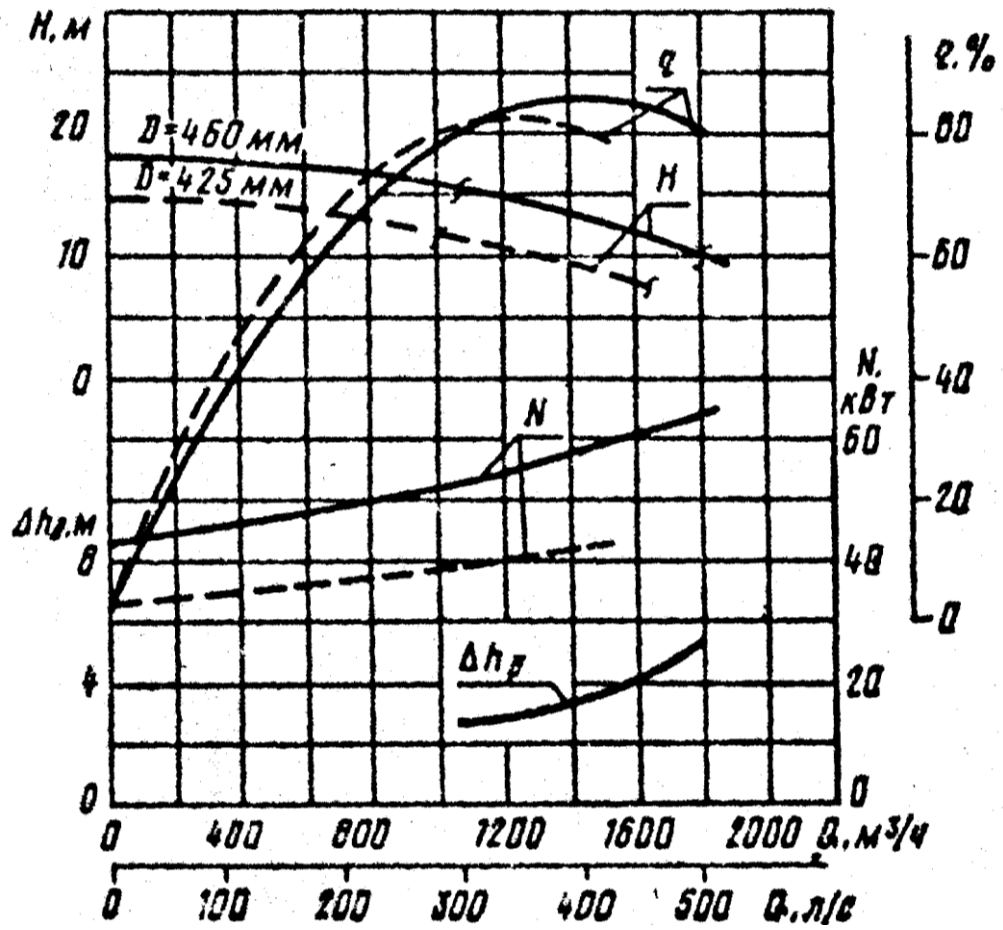


Рисунок 3.29 – Характеристика насоса Д 2000-21,  $n=730 \text{ хв}^{-1}$

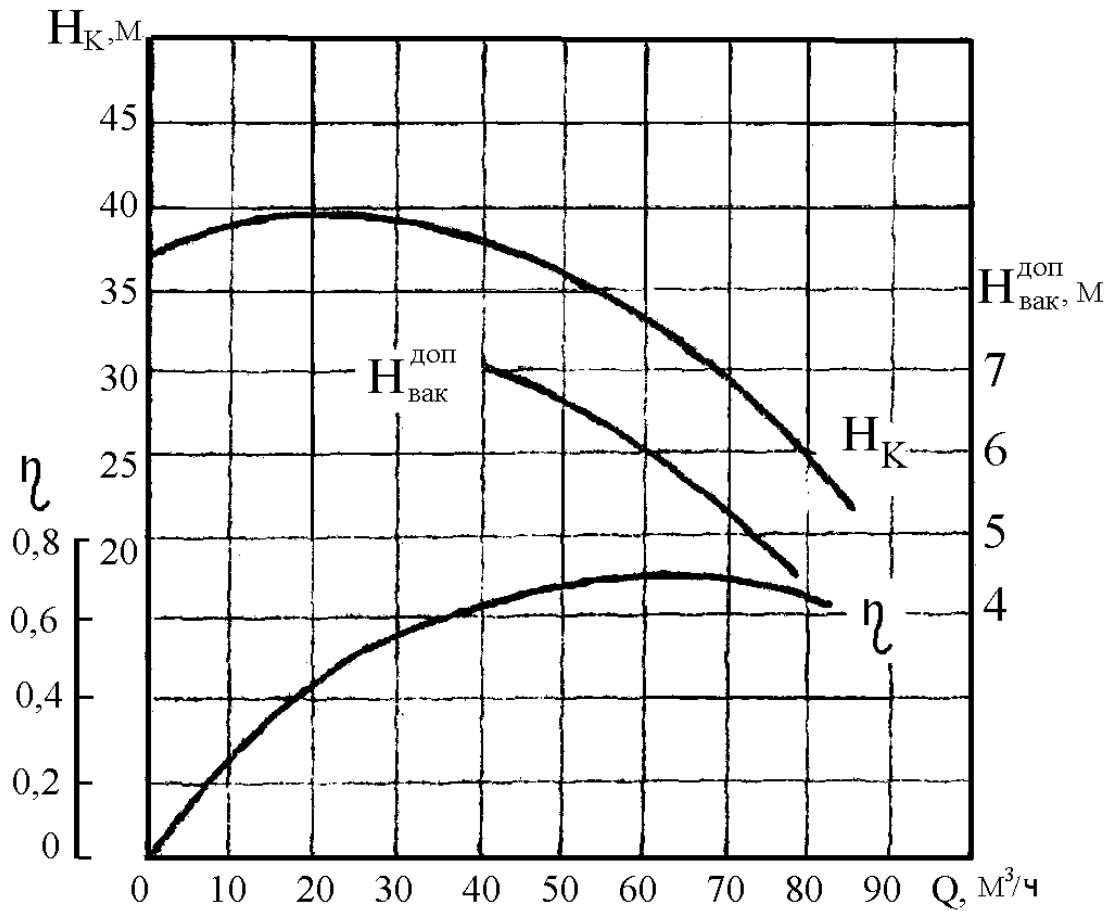


Рисунок 3.30 - Характеристика насоса ЦНС 60-198...330

$$H = z(39,6 + 5,1 \cdot 10^{-2} Q - 2,74 \cdot 10^{-3} Q^2)$$

$$\eta = 2,94 \cdot 10^{-2} Q - 1,56 \cdot 10^{-4} Q^2 + 6,58 \cdot 10^{-8} Q^3$$

$$n = 2950 \text{ хв}^{-1}$$

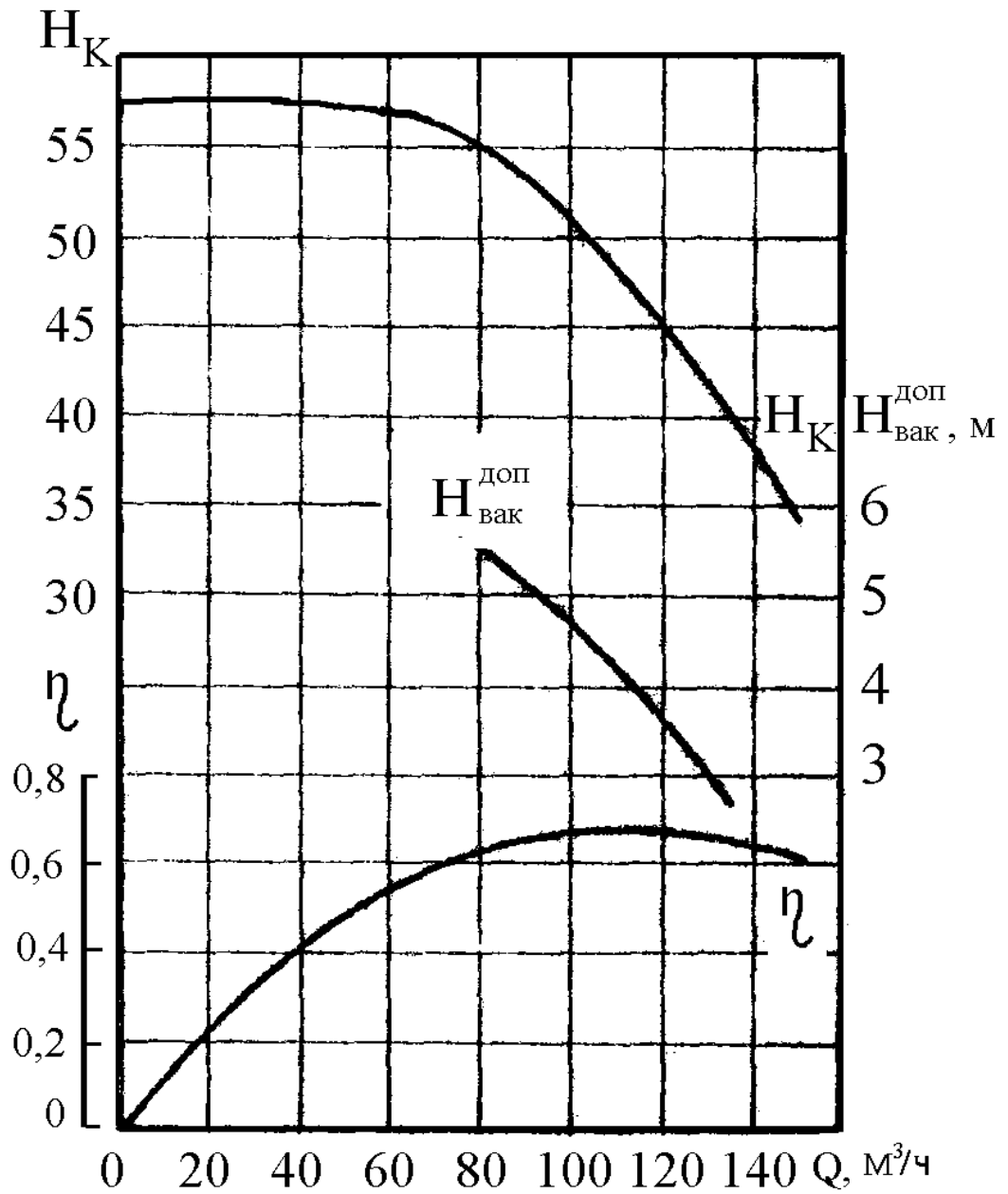


Рисунок 3.31 - Характеристика насоса ЦНС 105-98...490

$$H = z(53,9 + 16,4 \cdot 10^{-2} Q - 2,02 \cdot 10^{-3} Q^2)$$

$$\eta = 14,07 \cdot 10^{-3} Q - 9,12 \cdot 10^{-5} Q^2 + 1,92 \cdot 10^{-7} Q^3$$

$$n = 2950 \text{ хв}^{-1}$$

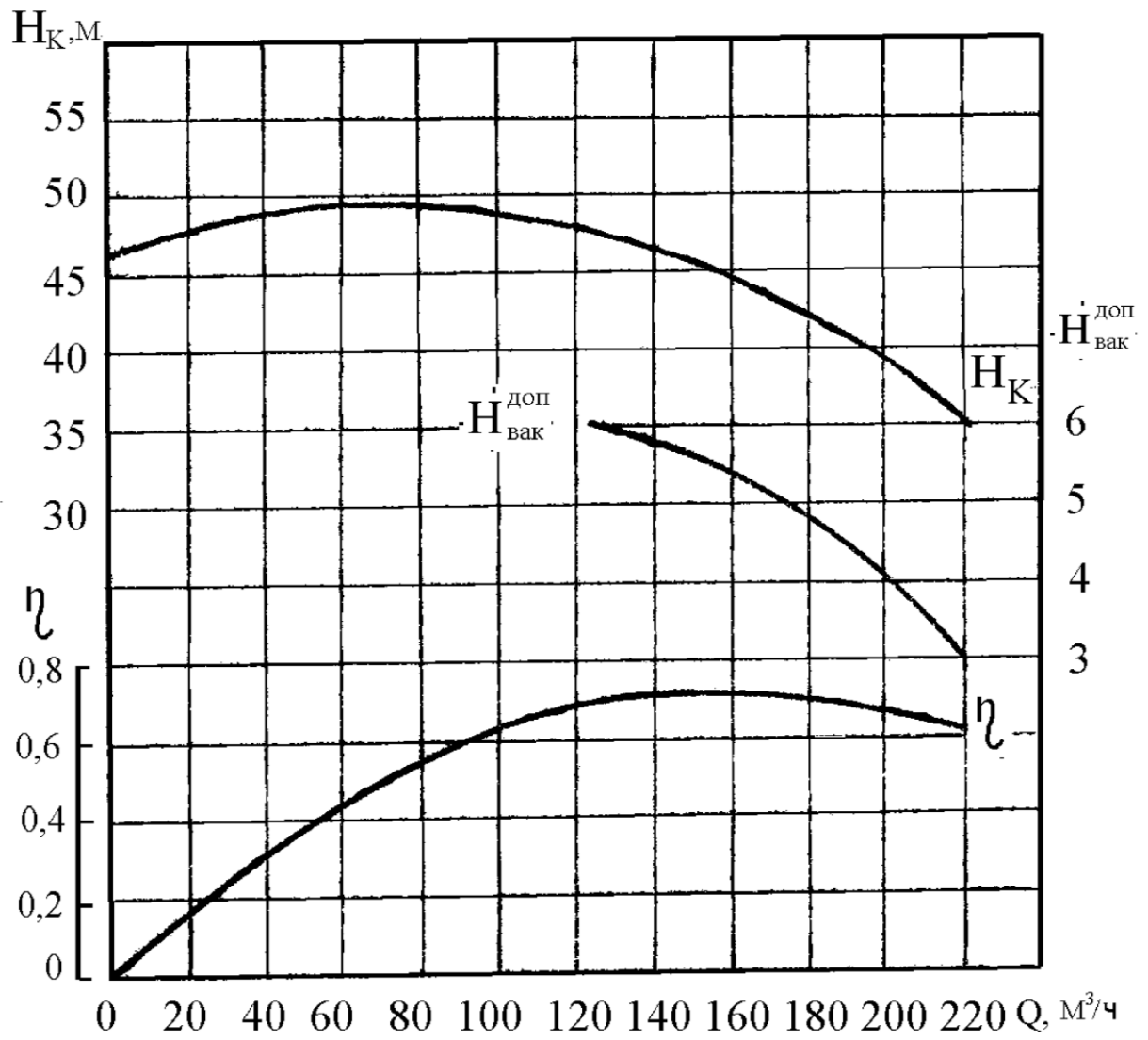


Рисунок 3.32 - Характеристика насоса ЦНС 180-85...425

$$H = z(47,4 + 6,33 \cdot 10^{-2} Q - 5,35 \cdot 10^{-4} Q^2)$$

$$\eta = 8,92 \cdot 10^{-3} Q - 2,92 \cdot 10^{-5} Q^2 + 6,88 \cdot 10^{-9} Q^3$$

$$n = 1450 \text{ хв}^{-1}$$



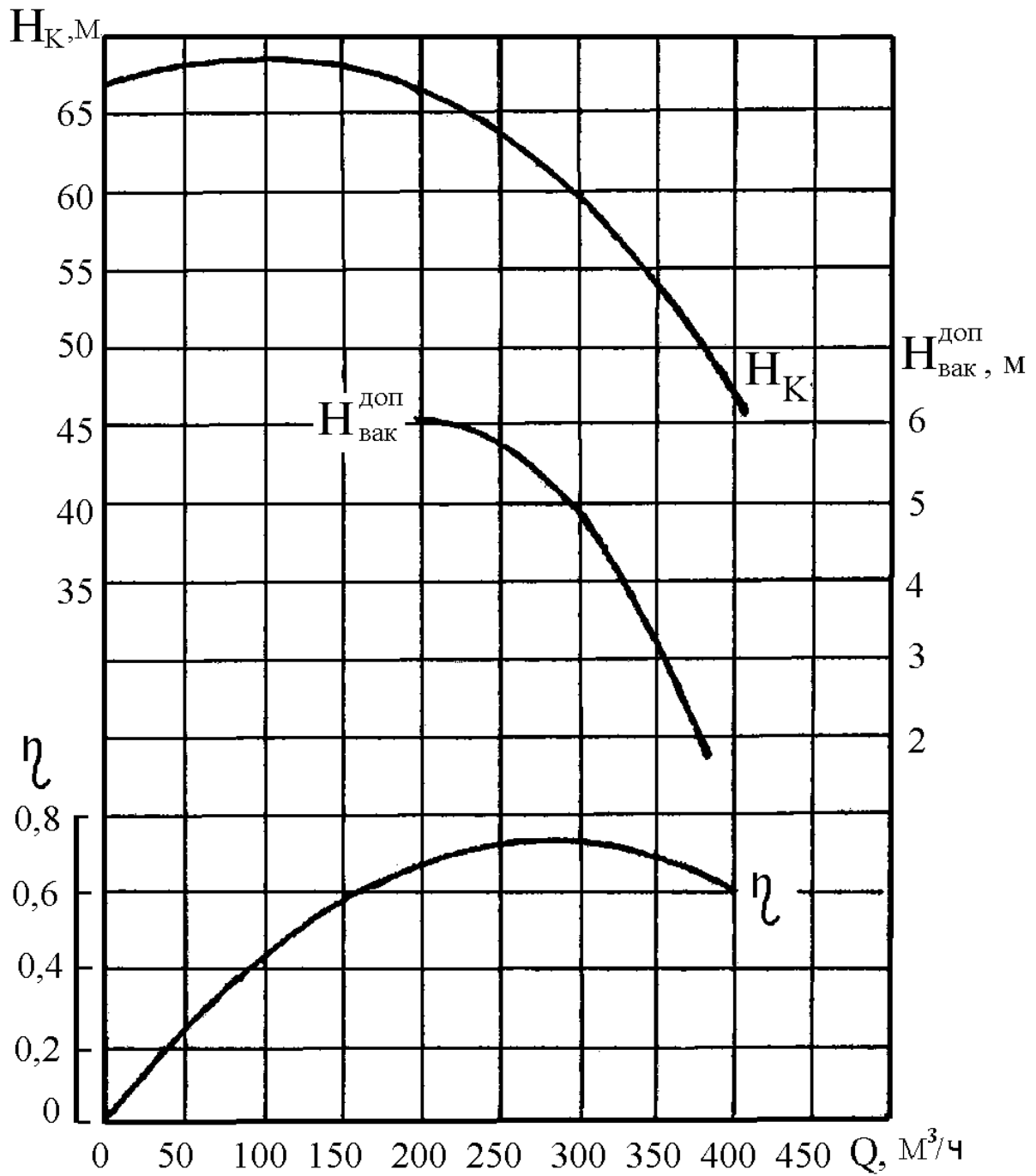


Рисунок 3.33 - Характеристика насоса ЦНС 300-120...600

$$H = z(66,9 + 4,01 \cdot 10^{-2} Q - 2,20 \cdot 10^{-4} Q^2)$$

$$\eta = 5,97 \cdot 10^{-3} Q - 1,47 \cdot 10^{-5} Q^2 + 9,69 \cdot 10^{-9} Q^3$$

$$n = 1450 \text{ хв}^{-1}$$

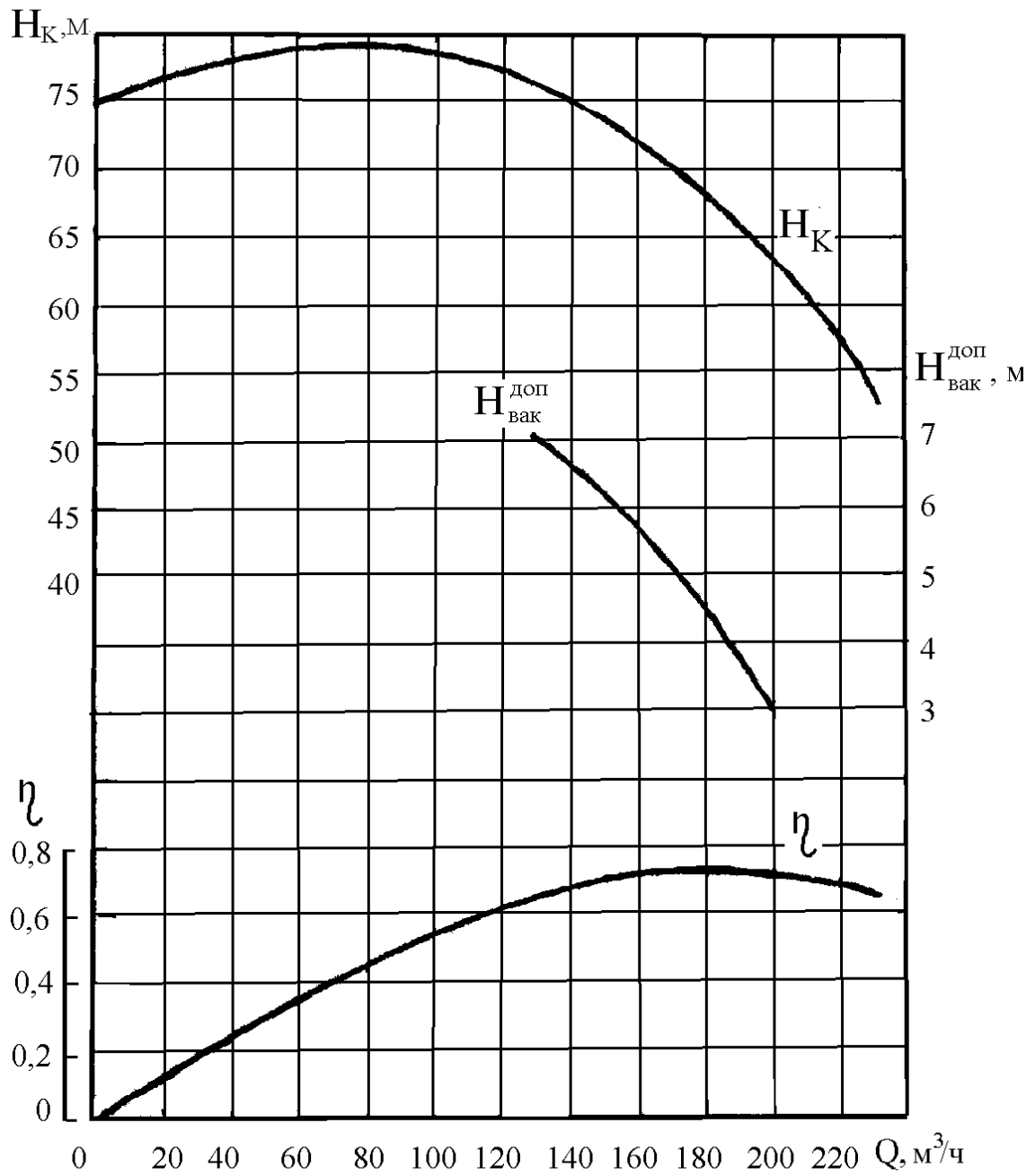


Рисунок 3.34 - Характеристика насоса ЦНС 180-476...680

$$H = z(82 + 7,94 \cdot 10^{-2} Q - 9,54 \cdot 10^{-4} Q^2)$$

$$\eta = 7,8 \cdot 10^{-3} Q - 1,33 \cdot 10^{-5} Q^2 + 4,15 \cdot 10^{-8} Q^3$$

$$n = 2950 \text{ хв}^{-1}$$

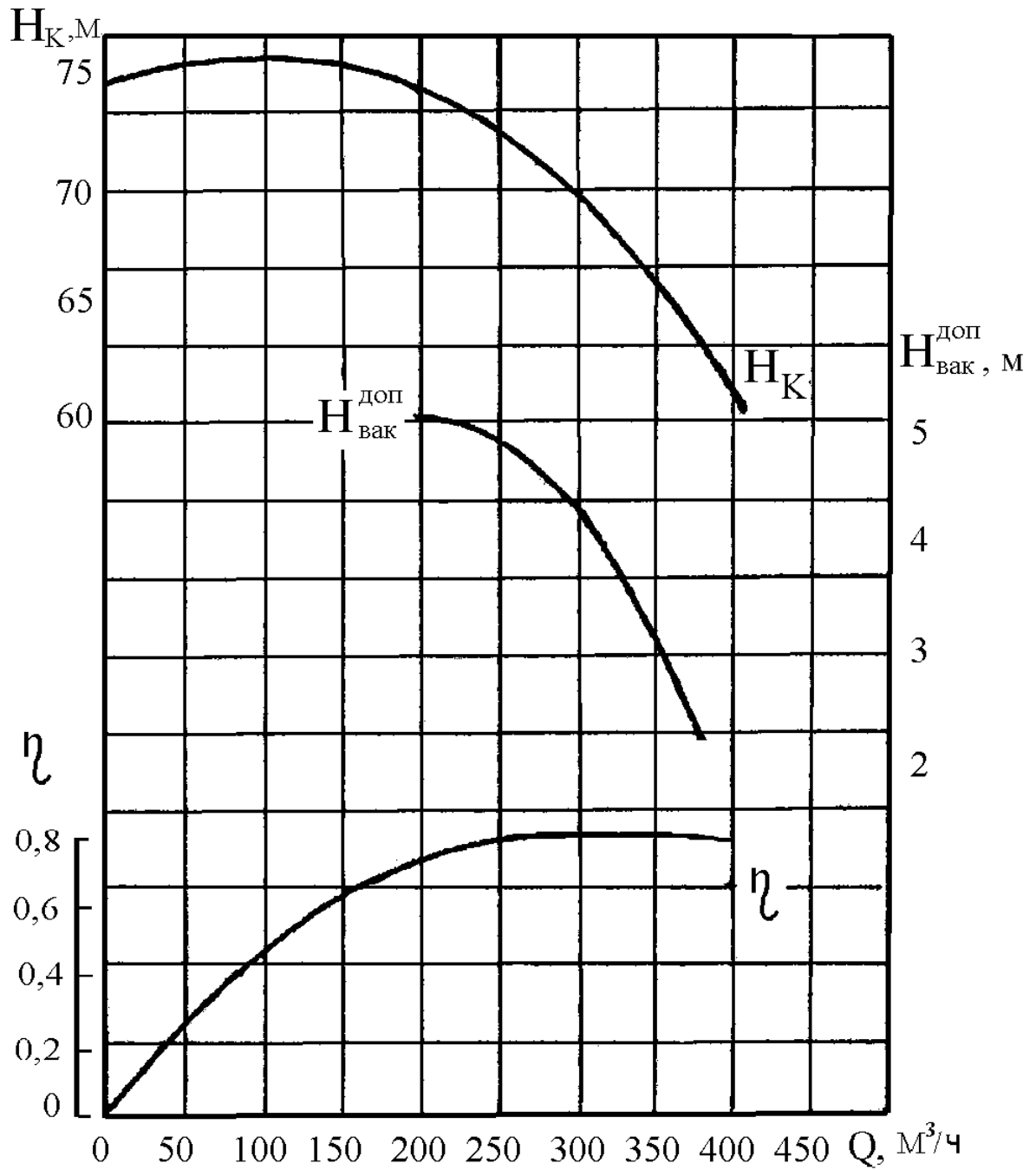


Рисунок 3.35 - Характеристика насоса ЦНСШ 300-140...800

$$H = z(74,8 + 4,01 \cdot 10^{-2} Q - 2,20 \cdot 10^{-4} Q^2)$$

$$n = 1480 \text{ хв}^{-1}$$

## Додаток 4

## Коефіцієнти місцевих опорів

## 1. Засувка

$d_y$	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
$\xi$	4,0	4,1	4,4	4,7	5,1	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0

## 2. Зворотний клапан

$d_y$	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
$\xi$	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8

## 3. Приймний пристрій (сітка зі зворотним клапаном)

$d_y$	80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
$\xi$	8,0	7,0	5,5	4,8	4,0	3,7	3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,5

4. Вхід у трубу  $\xi = 0,5$ .

5. Вихід із труби (у резервуар більших розмірів або в атмосферу)  $\xi = 1,0$

6. Відвід (коліно із закругленням)

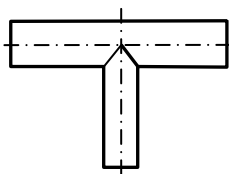
$$\xi = \left[ 0,0131 + 0,163 \cdot \left( \frac{R}{d} \right)^{-3,5} \right] \cdot \frac{\delta}{90^\circ}$$

де  $R$  - радіус вигину відводу;

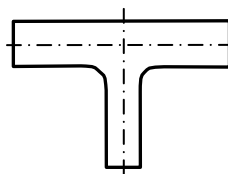
$d$  - діаметр трубопроводу;

$\delta$  - кут повороту, градус.

7. Трійники розділові.

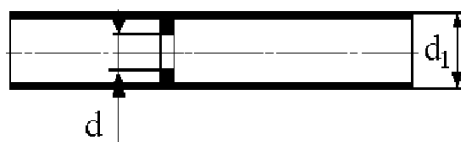


$$\xi = 1,3$$



$$\xi = 0,73$$

8. Звуження (вимірювальна діафрагма).



$$m = \left( \frac{d}{d_1} \right)^2$$

<i>m</i>	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
$\xi$	249	105	53	31	19	9	4	2	1,6	1,4

Для промислових систем рекомендується застосовувати вимірювальні діафрагми зі значеннями модулів  $m = 0,5-0,7$ .

Додаток 5

Тимчасовий опір розриву

Марка сталі, з якої виготовлена труба	$\sigma_s$ , МПа
Ст 2 сп	$\geq 350$
Ст 4 сп	420
Ст 5 сп	500
Ст 6 сп	600

Додаток 6

Таблиця 6.1 - Труби сталеві безшовні гарячекатані ДСТ 8732-72

Зовнішній діаметр, <i>мм</i>	Товщина стінки, <i>мм</i>	Зовнішній діаметр, <i>мм</i>	Товщина стінки, <i>мм</i>
108	4...18	194	5...18
114	4...18	203	6...18
121	4...18	219	6...18
127	4...18	245	7...18
133	4...18	273	7...18; 20; 22
140	4,5; 5...18	299	8...18; 20; 22
146	4,5; 5...18	325	8...18; 20; 22
152	4,5; 5...10	351	8...10; 20; 22
159	4,5; 5...10	377	9...18...18; 20; 22
168	5...18	402	9...18; 20; 22
180	5...18	426	9...18; 20; 22

Примітка. В інтервалах, позначених крапками, товщина стінки збільшується дискретно з кроком 1мм.

Таблиця 7.1 - Типи і параметри деяких приводних асинхронних електродвигунів

Потужність, кВт	Частота обертання 2900(2950), хв <sup>-1</sup>		Частота обертання 1450, хв <sup>-1</sup>		Частота обертання 960, хв <sup>-1</sup>	
	Тип двигуна	Напру- га, В	Тип двигуна	Напруга, В	Тип двигуна	Напруга, В
1,1	АОЛ2-12-2	220-380				
1,5	АОЛ2-21-2	- // -				
2,2	АОЛ2-22-2	- // -	АОЛ2-22-4	220/380		
3,0	АО2-3І-2	- // -	АОЛ2-31-4	- // -		
4,0	АО2-32-2	- // -	АОЛ2-32-4	- // -		
5,5	АО2-41-2	- // -	АО2-41-4	- // -		
7,5	АО2-42-2	- // -				
10	АО2-51-2	- // -	АО2-52-4	- // -		
13	АО2-52-2	- // -	АО2-61-4	- // -		
17	АО2-62-2	- // -	АО2-62-4	- // -		
22	АО2-71-2	- // -	АО2-71-4	- // -		
30	АО2-72-2	- // -	АО2-72-4	- // -		
40	АО2-8І-2	- // -	АО2-8І-4	- // -		
50	АО2-82-2	- // -	АО2-82-1	- // -	АО2-91-6	220/380
75	АО2-9І-2	- // -	АО2-9І-4	- // -	АО2-92-6	- // -
90	4А250М2	- // -				
100	АО2-92-2	- // -	АО2-92-4	- // -	АО101-6М	- // -
110	4А28ОS2	- // -	4А28ОS4	380/660	АО3-3І5S-6	- // -
132			4АН28ОS4	- // -	А3-3І5М-6	- // -
160			4АН28ОМ4	- // -	АО114-6	6000
200			АО3-315М-4	- // -		
250			АО3-355S-4	380/660		
320			АО113-4М	- // -		
400			4АН355М4	380/660		
500			А12-41-4	6000		
630			А12-52-4	- // -		

## Робочий режим насоса

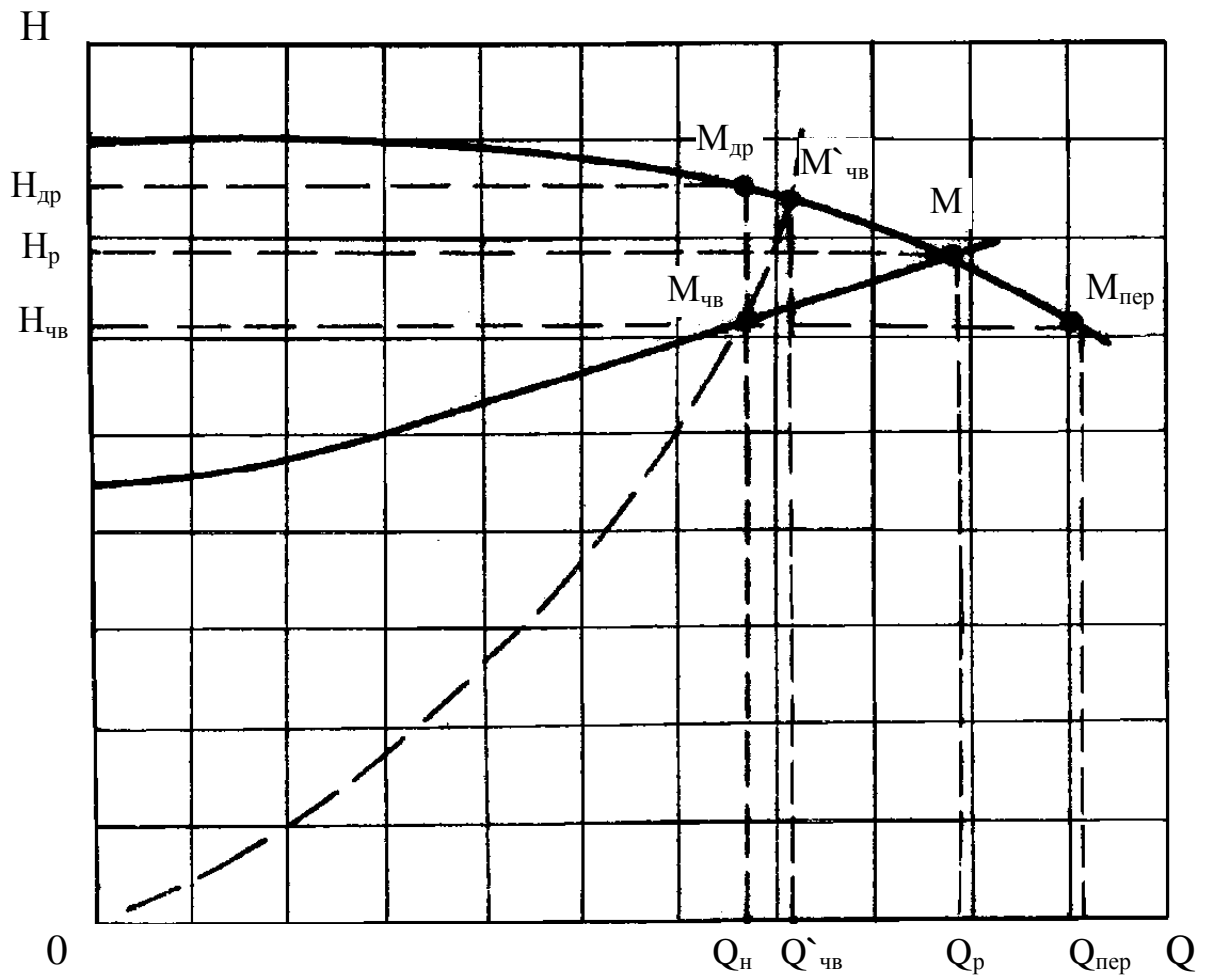


Рисунок 8.1 - Зміна режимів роботи насоса при регулюванні

Таблиця 9.1 - Перелік засувок для води

Діаметр умовний $D_y$ , мм	Засувка			
	с маховиком для ручного керування	с приводною головкою із зубчастою передачею циліндричної	с приводною головкою із зубчастою передачею конічної	клинова лита
100	В-405	В-405-Н		3КЛІ2-100-16
125				3КЛІ2-125-40
150		В-407-Ц		3КЛІ2-150-16
175		В-408-Ц		3КЛІ2-175-40
200	2с-6-2	2с-7-2	2с-8-2	3КЛІ2-200-16
225		В-410-Ц		
250	2с-6-3	2с-7-3	2с-8-3	3КЛІ2-250-16
300		2с-7-4	2с-8-4	3КЛІ2-300-16
350		2с-7-5	2с-8-6	3КЛІ2-350-16
400				3КЛІ2-400-16
500				3КЛІ2-500-16
600				3КЛІ2-600-16

Додаток 10

Додаток оформлено окремою книгою і зберігається на кафедрі «Енергомеханічні системи».

Додаток 11

Прилади для виміру тиску, вакууму і засоби виміру витрат

Ряд меж виміру тиску і вакууму серійними приладами із трубчастою пружиною:

1. манометри - 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160 і т.д. до 1600 кгс/см<sup>2</sup>;
2. вакуумметри 0,6 і 1,0 кгс/см<sup>2</sup> ;
3. мановакуумметри - вакуум 1 кг/см<sup>2</sup> ; надлишковий тиск 0,6-24 кгс/см<sup>2</sup>.



Таблиця 11.1 - Технічні характеристики манометрів, що показують, вакуумметрів і мановакуумметрів загального призначення

Прилади	Тип	Клас точності	Параметр корпусу, мм	Межі виміру, кгс/см <sup>2</sup>
Манометри	МТП - 100	1,5 і 2,5	100	0-0,6; 0-1; 0-1,6; 0-2,5; 0-4; 0-6; 0-10; 0-16; 0-25; 0-40; 0-60; 0-100; 0-160; 0-250; 0-400; 0-600
Манометри	МТП - 160	1,5	160	0-0,6; 0-1; 0-1,6; 0-2,5; 0-4; 0-6; 0-10; 0-16; 0-25; 0-40; 0-60; 0-100; 0-160; 0-250; 0-400; 0-600; 0-1000; 0-1600.
Манометри	МП-5	1,5	250	0-6; 0-10; 0-16; 0-25; 0-45; 0-60; 0-100; 0-160; 0-250; 0-400; 0-600
Мановакуумметри	ОБМВ1-100	2,5	100	-1 - 0 - +0,6
	МВТП-100	1,5 і 2,5	100	-1 - 0 - +3
	МВТП-160	1,5	160	-1 - 0 - +24
Вакуумметри	ОБВ1-100	2,5	100	-1 - 0
	ВТП-100	1,5 і 2,5	100	-1 - 0
	ОБВ1-160	1,5	160	-1 - 0
	ВТП- 160	1,5	160	-1 - 0

Прилади з додатковими пристроями і самописні:

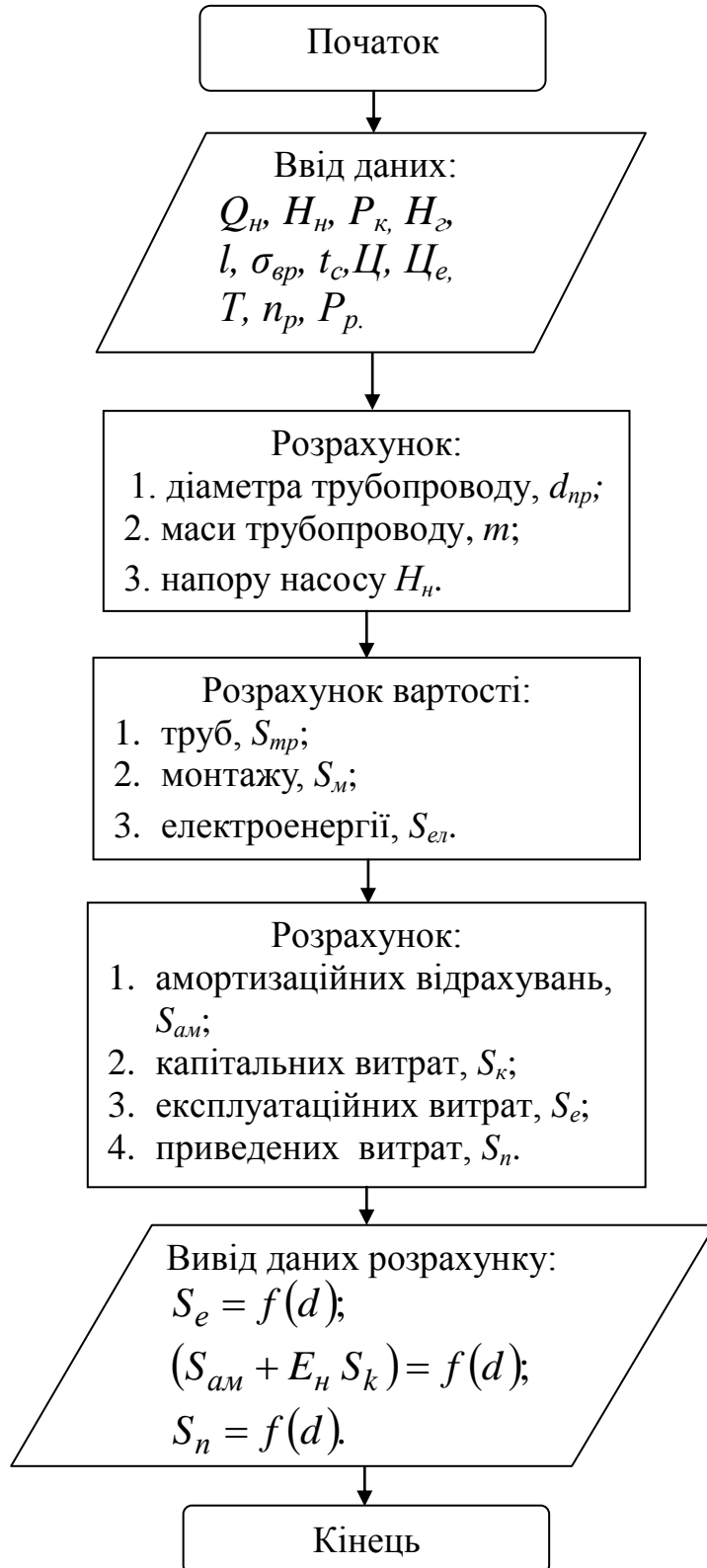
МП4 (манометри), ВП4 (вакуумметри) і МШ4 (мановакуумметри) - сигнальним пристроєм, пневматичним або електричним перетворювачем;

МТС (манометри), МВТ (вакуумметри) і МВТС (мановакуумметри) - самописні.

Таблиця 11.2 - Характеристики засобів виміру витрат

Тип приладу	Діапазон параметрів вимірюваного середовища			Погрішність виміру	Діаметр трубопроводу в якому встановлений витратомір, мм	Рід вимірюваного середовища	Особливі вимоги або умови
	Витрата, м <sup>3</sup> /Г	Температура, °С	Тиск, кгс/см <sup>2</sup>				
1. Сужаючі пристрої	1 і більше	До 1200	До 600	1,0-1,15 і більше	50-1000	Однорідні рідини, газу або пара	Низька точність на початковій ділянці шкали (до 20-25%)
2. Витратоміри обтікання	$2,5 \cdot 10^{-4}$ - 200	До 150	До 400	1,0-1,5, індивідуально до 0,3	До 250	Рідини, газу, пари	Необхідність вертикальної установки для більшості різновидів приладів
3. Перетворювачі: - електромагнітні	0,125-25000	До 150	До 25	1,0-1,5	2-3600	Електропровідні рідини або іонізовані газу	Можливий вимір пульп, суспензії
- тахометричні	$2 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-4}$	-240-+700	До 2500	0,5 і менш	2-750	Рідини або газу	На показання впливає в'язкість
- ультразвукові	$5 \cdot 10^{-3}$ і більше	До 100	До 500	1,5-2	Від 10	Рідини	Відсутність газових міхурів
- меточні	$3 \cdot 10^{-4}$ до більше	До 50	До 10	1,0-1,5, індивідуально до 0,5	4-6000	Рідини або газу	Виміри дискретні

Блок-схема програми для розрахунку оптимального діаметру трубопроводу



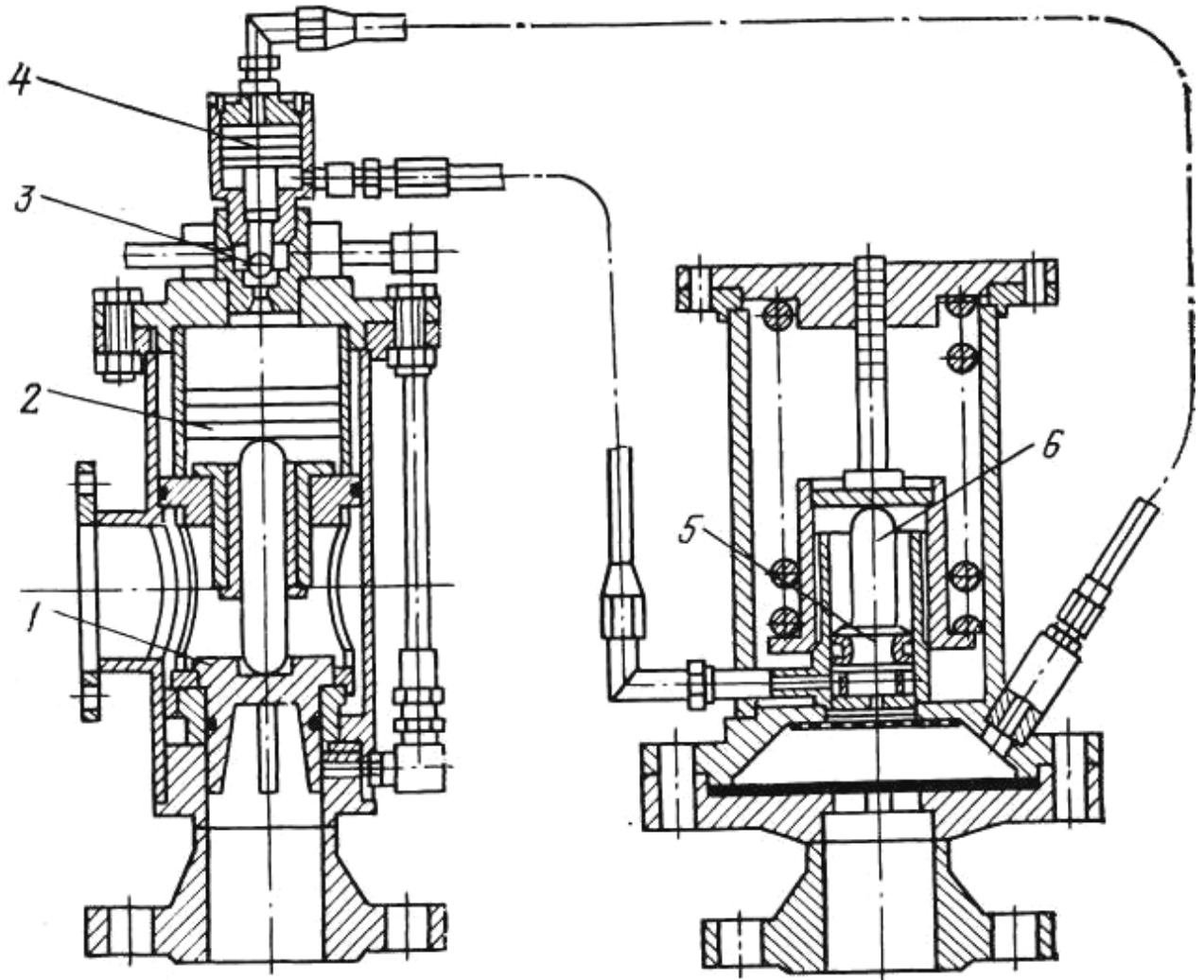


Рисунок 13.1 - Гаситель гідравлічного удару

- 1 - зливальний клапан, 2 - гідропривід, 3 - керуючий клапан,  
 4 - диференціальний поршень, 5 - запам'ятовувальний блок,  
 6 - поршень.

Навчальне видання  
до курсової роботи з розробки насосної установки  
для водопостачання промислових підприємств  
(для студентів напряму підготовки «Інженерна механіка» 6.050502,  
спеціальностей «Комп'ютерне керування гідравлічними та пневматичними  
системами» (КГПС) 7.090209, «Комп'ютеризовані енергомеханічні  
системи» (КЕС) 7.090216 і «Комп'ютерне проектування та  
експлуатація хіміко-технологічних комплексів» (МХП) 7.090220)

Укладачі:

Леонід Микитович Козиряцький

Анатолій Петрович Кононенко

Олег Альбертович Геммерлінг