



## ВСТУП

Виробництво тригвинтові насосів з циклоїдним зачепленням здійснюється відповідно до ГОСТу 10056-62. цей стандарт поширюється на знову проєктовані і переглядається тригвинтові насоси з подачею до 800 м<sup>3</sup> / год і тиском нагнітання до 250 кг / см<sup>2</sup> у призначені для перекачування рідин без абразивних домішок з в'язкістю від 0,1 до 60 ст. Згідно з цим стандартом тригвинтові насоси повинні виготовлятися двох типів: ЗВ - з одностороннім підведенням рідини і ЗВХ2 - з двостороннім підведенням рідини.

Позначення насоса складається з цифри 3 і великої літери В, позначають його скорочене найменування (тригвинтові), і дробу, чисельник якого вказує округлене значення подачі в літрах на 100 оборотів провідного гвинта, знаменник - тиск нагнітання в кг / см<sup>2</sup>.

Стандартом допускається додавати до позначення дві літери, характеризують призначення насоса і його конструктивне виконання.

Приклади умовних позначень тригвинтові насоса з одностороннім підведенням рідини, з подачею 25 м<sup>3</sup> / год при 2900 об/ хв і тиску нагнітання 40 кг / см<sup>2</sup>.

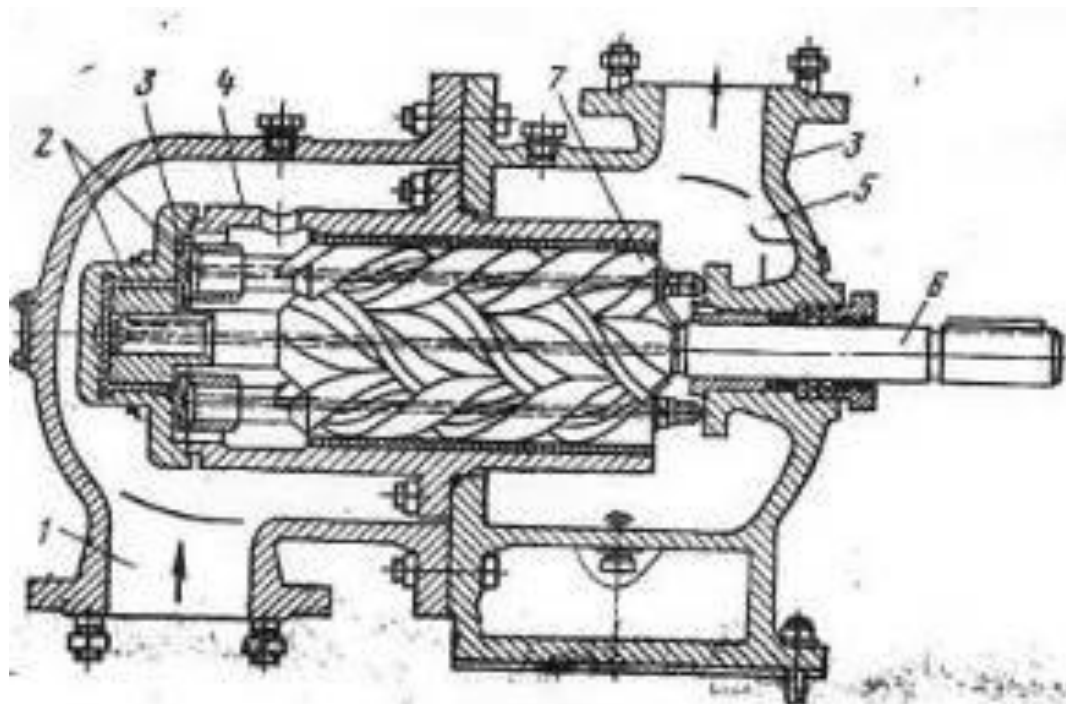


Рисунок 1-Трьохгвинтовий насос.

|              |              |
|--------------|--------------|
| Инд. №пол.   | Полп. и дата |
| Взаим. инв.  | Инд. № инв.  |
| Полп. и дата |              |
| Инд. №пол.   | Полп. и дата |

# 1. Конструкція насоса та принцип дії

На рисунку 1.1 показаний трьохгвинтовий насос. Його основні деталі і вузли: робочий механізм, корпус з кришками, торцеве ущільнення і розвантажувальний клапан. Робочий механізм складається з ведучого гвинта 11 і двох ведених гвинтів, симетрично розташованих відносно провідного гвинта і слугуючих для його ущільнення. Профіль нарізки по боковій поверхні гвинтів утворений циклоїдальний кривими (нарізка двозахідна: на провідному гвинті - ліва, на ведених - права). Гвинти укладені в обойму 17, яка представляє собою блок з трьома суміжними циліндричними рощточками і розміщена в литому корпусі насоса 14. З торців корпус 14 закривається передньою 20 і задньою 22 кришками.

**Принцип дії насоса:** рідина поступає у насос крізь всмоктувальний патрубок Ж, заповнює западини гвинтової нарізки ведучого та ведених гвинтів. По мірі обертання гвинтів в западинах з'являються замкнуті камери наповнені рідиною, які рухаються вздовж гвинтів у бік напірної порожнини. По мірі руху камер, тиск в них збільшується, завдяки перетяжкам рідини з напірної порожнини в бік всмоктувальної порожнини. На гвинт діють вісьові та радіальні зусилля. Радіальні зусилля з ведених гвинтів передаються на обойму. Припустимий тиск ведених гвинтів на обойму залежить від колової швидкості обертання ведених гвинтів та площі опорної поверхні. Якщо припустимий тиск більше питомого тиску, створеного радіальним зусиллям обойми та гвинти працюють як підшипники ковзання.

Розвантаження від вісьового зусилля здійснюється за допомогою поршнів на кінцях ведучого та ведених гвинтів. Для цього в гвинтах виконується канали певного діаметру. Крім поршнів на ведучому гвинті виконується утовщення, яке розвантажує, частково вісьове зусилля, служить підшипником ковзання та щільним ущільнення. Площа контакту утовщення з корпусом розраховується як для підшипника ковзання. Діаметр утовщення приймається рівним зовнішньому діаметру ведучого гвинта. Таким чином, знаючи розміри гвинтової нарізки, діаметр всмоктувального та напірних патрубків, діаметр та довжину вала та утовщення, діаметри та довжину поршнів, розраховується маса гвинтів. Знаючи площу поперечного перерізу гвинтів та витрати насоса розрахувати швидкість з якого гвинти будуть здвигатися у вісьосому перерізу при запуску насоса. Для того щоб загальмувати рух гвинтів та надати їм зштовхатися з циліндрами, діаметр каналу підбирається з урахуванням тиску гальмування гвинтів, кількості рідини, яку потрібно проштовхнути крізь канал, швидкістю руху гвинтів, їх масою. Канал при цьому розглядається як діафрагма, яка має різкі звуження та різке розширення. Отримати напіру по довжині каналу знехтуючи у зв'язку з розмірами каналу. Рідина, яка проходить крізь ущільнення вздовж утовщення,

|             |             |
|-------------|-------------|
| Индв.№полл  | Полл и дата |
| Взаим.инв   | Индв.№полл  |
| Полл и дата |             |
| Индв.№полл  |             |

|            |             |            |             |            |             |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Индв.№полл | Полл и дата | Индв.№полл | Полл и дата | Индв.№полл | Полл и дата |
|            |             |            |             |            |             |

потрапляє до порожнини та дає тиск на торцеве ущільнення. Цей тиск обминає середню швидкість п'яти, яка обертається сумісно з валом, та нерухомим підп'ятником. Для того щоб тиск не став більшим припустимого крізь канал в кришці рідини поступає до кулькового клапана, і далі на всмоктування. Розміри канала клапана та сідла зумовлені тиском в порожнині, та кількістю рідини, яка протікає крізь ущільнення на утовщенні ведучого гвинта. Сідло клапана виготовляють з противдарного матеріалу як окрему деталь.

При відкритті клапана кулька повинна рухатися з швидкістю не більше критичної швидкості стиснення витків пружини, щоб уникнути ударів витків. Виходячи з того що критична швидкість залежить від матеріалу пружини, модуля зсуву, та класу пружини, швидкість руху кульки становить менша, або таку ж величину. Знаючи швидкість руху кульки та витрати крізь канал, можливо вирахувати розміри кульки та зовнішній діаметр пружини.

По зусиллю, яке витримує пружина при згиненому клапані, та в робочому стані, можливо знайти діаметр проволочки. По справочним даним, знаючи жорсткість одного витка аналогічної пружини, знаходимо кількість витків та висоту пружини.

Знаючи розміри гвинтів, тиск та матеріал знаходимо товщину корпусу, кришки, діаметр шпильок.

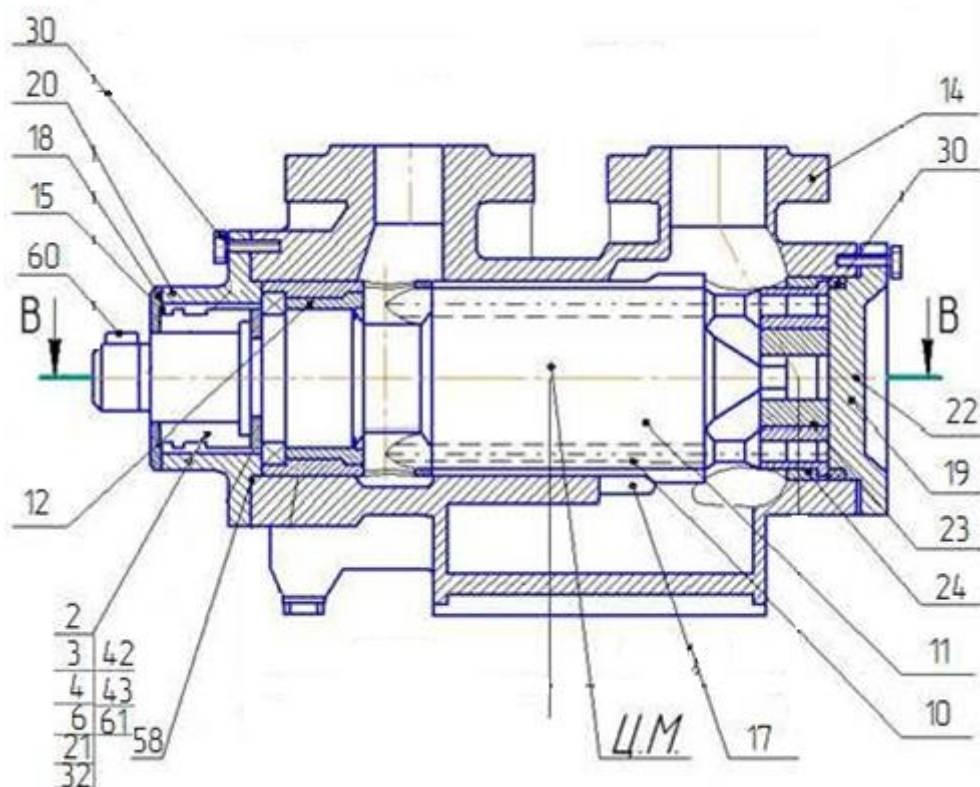


Рисунок 2 - Схема трьохгвинтового насоса

|              |              |
|--------------|--------------|
| Инд. № док.  | Полп. и дата |
| Взаим. инв.  | Инд. № док.  |
| Полп. и дата | Инд. № док.  |
| Инд. № док.  | Полп. и дата |

B-B

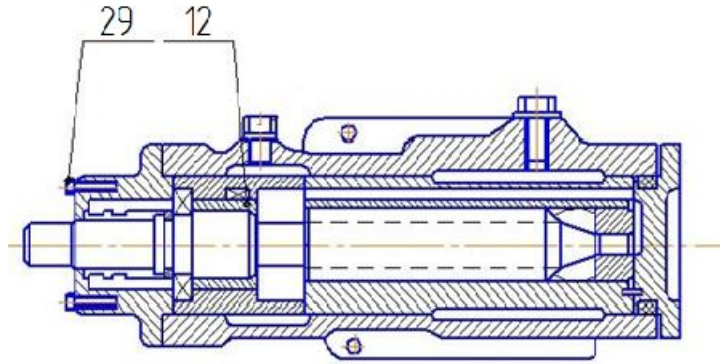


Рисунок 3 - Схема трьохгвинтового насоса

Ущільнення, представлене на рис. 2, складається з під'ятника 2 зі штифтом 61, який заходить в паз кришки сальника, п'яти 3, втулки упорної 4, пружини 6, кільця упорного 21 і гумових ущільнених кілець 42, 43. Упорна втулка 4 зафіксована на ведучому гвинті 11 штифтом 32, який дає їй можливість переміщатися тільки в осьовому напрямку. Для зменшення зносу торцевого ущільнення в порожнині ущільнення вала підтримується тиск 0,2 ... 0,3 МПа. Підтримування тиску в заданому діапазоні забезпечує розвантажувальний клапан, що складається з кульки 57, пружини 7, пробки спеціальної 48, прокладка 50. При підвищенні тиску вище заданого клапан спрацьовує і частина рідини порівнюється через канали в корпусі 14 у всмоктувальну порожнину.

|            |              |             |             |              |      |
|------------|--------------|-------------|-------------|--------------|------|
| Инд. №пол. | Полп. и дата | Взаим. инв. | Инд. № инв. | Полп. и дата | Лист |
|            |              |             |             |              |      |
| Изд.       | Лист         | № докум.    | Полп.       | Дата         |      |

## 2. Гідравлічні розрахунки

### 2.1 Розрахунок гвинтів трьохгвинтового насоса

Для трьохгвинтового насоса з однобічним підведенням рідини зовнішній діаметр веденого гвинта визначається по формулі.

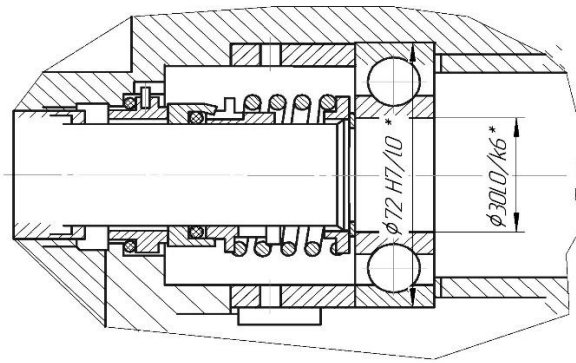


Рисунок 4 – Торцеве утовщення.

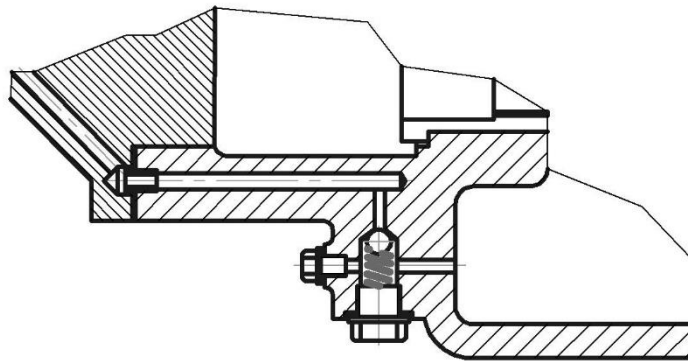


Рисунок 5 – Переливний клапан.

$$d_{зв} = \sqrt[3]{\frac{Q_T * 60}{4,15 * n}}; \quad (1)$$

|             |             |
|-------------|-------------|
| Инвар №пол  | Полп и дата |
| Взаиминвар  | Инвар №люб  |
| Полп и дата | Взаиминвар  |
| Инвар №пол  | Полп и дата |

|            |             |            |             |            |             |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Инвар №пол | Полп и дата | Инвар №люб | Полп и дата | Инвар №люб | Полп и дата |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|

$$d_{зв} = \sqrt[3]{\frac{6,385 * 10^3 * 60}{4,15 * 2600}} = 33 * 10^{-3} \text{ мм};$$

де,  $Q_T$  – теоретичні витрати, м<sup>3</sup>/с;

$$Q_T = 6,385 * 10^3, \text{ м}^3/\text{с};$$

$n_p$  – число обертів об/хв;

$$n_p = 2600 \text{ об/хв.}$$

$d_{зв}$  – зовнішній діаметр веденого гвинта, мм.

$$d_{зв} = 33 \text{ мм.}$$

**Зовнішній діаметр ведучого гвинта:**

$$D_{зв} = \frac{5}{3} d_{зв}; \quad (2)$$

$$D_{зв} = \frac{5}{3} \cdot 33 = 55 \text{ мм.}$$

де,  $D_{зв}$  – зовнішній діаметр ведучого гвинта, мм;

$d_{зв}$  – зовнішній діаметр веденого гвинта, мм;

**Внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта:**

$$d_B = \frac{1}{3} d_{зв}, \quad (3)$$

$$d_B = \frac{1}{3} \cdot 33 = 11 \text{ мм.}$$

де,  $d_B$  – внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта, мм;

**Крок гвинта:**

$$t = \frac{10}{3} d_{зв}, \quad (4)$$

$$t = \frac{10}{3} \cdot 33 = 110 \text{ мм.}$$

де,  $t$  – крок гвинта, мм;

|            |              |          |       |      |  |  |  |  |      |
|------------|--------------|----------|-------|------|--|--|--|--|------|
| Инд. №пол. | Полп. и дата |          |       |      |  |  |  |  |      |
|            | Инд. №обл.   |          |       |      |  |  |  |  |      |
|            | Взаим. инв.  |          |       |      |  |  |  |  |      |
|            | Полп. и дата |          |       |      |  |  |  |  |      |
|            | Инд. №пол.   |          |       |      |  |  |  |  |      |
|            |              |          |       |      |  |  |  |  | Лист |
|            | Изд. Лист    | № докум. | Полп. | Дата |  |  |  |  |      |

Довжина гвинта:

$$L = z \cdot t, \quad (5)$$

$$L = 2 \cdot 110 = 220 \text{ мм},$$

де,  $L$  – довжина гвинта, мм;  
 $z$  – кількість кроків;  
 $z = 2$ ;

Вісьова сила на ведучому гвинті:

$$P_1 = [2,529 \cdot d_{3B}^2 - 0,7854(d_1^2 + d_2^2)] \cdot p, \quad (6)$$

$$P_1 = [2,529 \cdot 33^2 - 0,7854(55^2 + 22^2)] \cdot 2,8 = -4,9$$

де,  $P_1$  – вісьова сила на ведучому гвинті, Н;  
 $d_1$  – діаметр більшого поршня;  
 $d_1 = 55$  мм;  
 $d_2$  – діаметр меншого поршня;  
 $d_2 = 22$  мм;  
 $p$  – робочий тиск, Па;  
 $p = 2800102$ ;

Вісьова сила на веденому гвинті:

$$P_2 = (0,4193 \cdot d_{3B}^2 - 0,7854 \cdot d_3^2) \cdot p, \quad (7)$$

$$P_2 = (0,4193 \cdot 33^2 - 0,7854 \cdot 22^2) \cdot 2,8 \cdot 10^6 = 214,2 \text{ Н}$$

де,  $d_3$  – діаметр поршня;  
 $d_3 = 22$  мм;

Сумарне вісьове зусилля:

$$P_{\text{вісь}} = P_1 + 2P_2 \quad (8)$$

$$P_{\text{вісь}} = -4,9 + 2 \cdot 214,2 = 423,5;$$

де,  $P_{\text{вісь}}$  – сумарне вісьове зусилля, Па;

|             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Полп и дата | Взаиминв    | Инв № обл   | Полп и дата |
|             | Инв № пол   | Полп и дата |             |
| Инв № пол   | Полп и дата | Инв № обл   | Полп и дата |



**Опорна поверхня веденого гвинта:**

$$f_{o.п.} = 1.326 \cdot z \cdot d_{зв}^2, \quad (9)$$

$$f_{o.п.} = 1.326 \cdot 2 \cdot 33^2 = 2,888 * 10^{-3} \text{ м};$$

де,  $f_{o.п.}$  – опорна поверхня веденого гвинта, м;

**Радіальне зусилля:**

$$P_R = 1,401 \cdot p \cdot d_{зв}^2 \quad (10)$$

$$P_R = 1,401 \cdot 2800102 \cdot 33^2 = 4272 \text{ Н}$$

де,  $P_R$  –радіальне зусилля, Н;

**Середній питомий тиск на одну поверхню:**

$$K_y = \frac{P_R}{f_{o.п.}} \quad (11)$$

$$K_y = \frac{4272}{2,888 * 10^{-3}} = 1479224 \text{ Па}$$

де,  $K_y$  –середній питомий тиск на одну поверхню, Па;

**Обертальна швидкість веденого гвинта:**

$$V = r_3 \cdot \frac{2\pi n}{60} \quad (12)$$

$$V = 16,5 * 10^{-3} \frac{2*3.14*2700}{60} = 4.66 \text{ м/с}$$

де,  $V$  – обертальна швидкість веденого гвинта, м/с;

$r_3$  – зовнішній радіус веденого гвинта;

$r_3 = 1.65 * 10^{-3} \text{ мм};$

**Приймальний тиск для Бронзи Бр О $\approx$ 10-1:**

|          |              |            |           |              |      |
|----------|--------------|------------|-----------|--------------|------|
| Инв.№пол | Полл. и дата | Взаим.инв. | Инв.№длуб | Полл. и дата | Лист |
|          |              |            |           |              |      |

$$[p] \cdot v = 10^7; \text{ Па} \quad (13)$$

$$[p] = \frac{10^7}{4,66}$$

$$[p] = 2145923; \text{ Па}$$

де,  $[p]$  - приймальний тиск для Бронзи Бр О $\infty$ 10-1

**Умова міцності:**

$$K_y < [p] \quad (14)$$

$$1479224 < 2222222$$

**Умова виконується!**

## 2.2 Профілювання гвинтів насосу:

Глибина нарізки, дорівнює різниці зовнішнього  $R_n$  та внутрішнього  $R_b$  радіусів гвинта.

**Визначення радіуса, точок ділення глибини нарізки:**

$$\Delta = R_3 - R_b; \quad (15)$$

$$\Delta = 27,5 - 16,5 = 11 \text{ мм}$$

де,  $\Delta$  - глибина нарізки, мм;

$R_3$  – зовнішній радіус веденого гвинта;

$R_3 = 27,5$  мм;

$R_b$  – внутрішній діаметр веденого гвинта, мм;

$R_b = 16,5$  мм;

**Крок розбивки глибини нарізки:**

$$\Delta' = \frac{\Delta}{i} \quad (16)$$

|                   |
|-------------------|
| Полп. и дата      |
| Иинв. № док. и б. |
| Взаим. инв.       |
| Полп. и дата      |
| Иинв. № док.      |

$$\Delta' = \frac{11}{8} = 1,375 \text{ мм};$$

де,  $\Delta'$  – крок розбивки глибини нарізки;

$i$  – 8 кількість.

**Визначення радіуса, точок ділення глибини нарізки:**

$$R_i = R_b + n \cdot \Delta', \quad (17)$$

$$R_0 = 16,5 + 0 \cdot 1,375 = 16,5$$

$$R_1 = 16,5 + 1 \cdot 1,375 = 17,88$$

$$R_2 = 16,5 + 2 \cdot 1,375 = 19,25$$

$$R_3 = 16,5 + 3 \cdot 1,375 = 20,625$$

$$R_4 = 16,5 + 4 \cdot 1,375 = 22$$

$$R_5 = 16,5 + 5 \cdot 1,375 = 23,38$$

$$R_6 = 16,5 + 6 \cdot 1,375 = 24,75$$

$$R_7 = 16,5 + 7 \cdot 1,375 = 26,13$$

$$R_8 = 16,5 + 8 \cdot 1,375 = 27,5$$

**Визначаємо кути розташування точок профелю:**

$$\gamma = \arccos \left( \frac{A^2 + R_1^2 - r_3^2}{2 \cdot R_1 \cdot A} \right), \quad (18)$$

$$\gamma_0 = \arccos \left( \frac{33^2 + 16,5^2 - 16,5^2}{2 \cdot 16,5 \cdot 33} \right) = 0^\circ$$

$$\gamma_1 = 15,63^\circ,$$

$$\gamma_2 = 20,85^\circ,$$

$$\gamma_3 = 24,147^\circ,$$

$$\gamma_4 = 26,384^\circ,$$

$$\gamma_5 = 27,928^\circ,$$

$$\gamma_6 = 28,955^\circ,$$

$$\gamma_7 = 29,599^\circ,$$

$$\gamma_8 = 29,926^\circ.$$

|             |
|-------------|
| Полп и дата |
| Инв № обл   |
| Взаим инв   |
| Полп и дата |
| Инв № пол   |

$$\alpha = \arccos \left( \frac{A^2 + r_3^2 - R1^2}{2 \cdot r_3 \cdot A} \right), \quad (19)$$

$$\alpha = \arccos \left( \frac{33^2 + 16,5^2 - 16,5^2}{2 \cdot 16,5 \cdot 33} \right) = 0^\circ,$$

$$\alpha_1 = 16,974^\circ,$$

$$\alpha_2 = 24,533^\circ,$$

$$\alpha_3 = 30,75^\circ,$$

$$\alpha_4 = 36,336^\circ,$$

$$\alpha_5 = 41,578^\circ,$$

$$\alpha_6 = 46,567^\circ,$$

$$\alpha_7 = 51,463^\circ,$$

$$\alpha_8 = 56,251^\circ.$$

$$\beta_1 = \alpha_1 - \gamma_1, \quad (20)$$

$$\beta_0 = 0^\circ - 0^\circ = 0^\circ,$$

$$\beta_1 = 1,344^\circ,$$

$$\beta_2 = 3,683^\circ,$$

$$\beta_3 = 6,603^\circ,$$

$$\beta_4 = 9,952^\circ,$$

$$\beta_5 = 13,65^\circ,$$

$$\beta_6 = 17,612^\circ,$$

$$\beta_7 = 21,864^\circ,$$

$$\beta_8 = 26,325^\circ.$$

### 2.3 Розрахунки ведучого гвинта

Діаметр напірного патрубку:

$$d_H = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[V]_H}}; \quad (21)$$

|             |
|-------------|
| Полп и дата |
| Иинв № обл  |
| Взаим инв   |
| Полп и дата |
| Иинв № пол  |

|            |            |           |             |            |            |      |
|------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|------|
| Иинв № пол | Иинв № обл | Взаим инв | Полп и дата | Иинв № обл | Иинв № пол | Лист |
|            |            |           |             |            |            |      |

$$d_H = \sqrt{\frac{4 * 6.385 * 10^{-3}}{3.14 * 1.35}} = 77,6 * 10^{-3} \text{ мм};$$

де,  $d_H$  – діаметр напірного патрубку, мм;  
 $[V]_H$  – допустима швидкість;  
 $[V]_H = 1,35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

**Діаметр всмоктувального патрубка:**

$$d_{BC} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[V]_{BC}}}; \quad (22)$$

$$d_{BC} = \sqrt{\frac{4 * 6.385 * 10^{-3}}{3.14 * 0,84}} = 98,4 * 10^{-3} \text{ мм};$$

де,  $d_{BC}$  – діаметр всмоктувального патрубка;  
 $[V]_{BC}$  – допустима швидкість,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  
 $[V]_{BC} = 0,84$

**Обертальний момент:**

$$M = \frac{p * Q * 60}{\eta 2\pi n}; \quad (23)$$

$$M = \frac{2.8 * 10^{-3} * 6.385 * 10^{-3} * 60}{0.75 * 2 * 3.14 * 2600} = 87,597 \text{ Н*м}$$

де,  $M$  – обертальний момент;  
 $\eta$  – загальний ККД;  
 $\eta = 0,75$

**Діаметр валу:**

$$d_{\text{вал}} = \sqrt[3]{\frac{5M}{[\tau]}}; \quad (24)$$

|              |  |
|--------------|--|
| Полп и дата  |  |
| Иинв № 02/лб |  |
| Взаим. инв.  |  |
| Полп и дата  |  |
| Иинв № 02/лб |  |









$$f_{ГВ2} = 0,4193 * 33^2 = 4,566 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

де,  $f_{ГВ2}$  – площа перерізу веденого гвинта;

**Об'єм веденого гвинта:**

$$V_{ГВ2} = f_{ГВ2} * L_{ГВ2} + \frac{\pi d_3^2}{4} * d_{BC} \quad (36)$$

$$V_{ГВ2} = 4,566 * 10^{-4} * 297,62 * 10^{-3} + \frac{3,14 * 22^2}{4} * 98,4 * 10^{-3} = 37 \text{ м}^3$$

де,  $V_{ГВ2}$  – об'єм веденого гвинта;

**Маса веденого гвинта:**

$$m_{ГВ2} = V_{ГВ2} * \rho_{ст}; \quad (37)$$

$$m_{ГВ2} = 2 * 10^{-4} * 7,5 * 10^3 = 1,5 \text{ кг}$$

де,  $m_{ГВ2}$  – маса веденого гвинта

**Площа гвинта:**

$$F_{ГВ} = f_{ГВ1} + 2f_{ГВ2} \quad (38)$$

$$F_{ГВ} = 2,58 * 10^{-3} + 2 * 4,566 * 10^{-4} = 34,932 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

де,  $F_{ГВ}$  – площа гвинта;

**Швидкість гальмування:**

$$V_{гал} = \frac{Q}{F_{ГВ}}; \quad (39)$$

$$V_{гал} = \frac{6,385 * 10^{-3}}{34,932 * 10^{-4}} = 1,828 \text{ м/с}$$

де,  $V_{гал}$  – швидкість гальмування ;

**Довжина шляха гальмування:**

|            |              |             |             |              |           |          |       |      |  |      |
|------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-----------|----------|-------|------|--|------|
| Инд. №пол. | Полп. и дата | Взаим. инв. | Инд. № инв. | Полп. и дата | Изд. Лист | № докум. | Полп. | Дата |  | Лист |
|            |              |             |             |              |           |          |       |      |  |      |



**Тиск гальмування веденого гвинта:**

$$P_{\text{гал2}} = \frac{m_{\text{гв2}} \frac{V_{\text{гал}}^2}{2}}{l_{\text{гал}} \frac{\pi d_2^2}{4}}; \quad (43)$$

$$P_{\text{гал2}} = \frac{1,5 * \frac{1,828^2}{2}}{11 * 10^{-3} \frac{3,14 * 22^2}{4}} = 0,6 \text{ Па}$$

**Діаметр діафрагми веденого гвинта:**

$$d_{\text{діафр2}} = d_2 \sqrt{\frac{V_{\text{гал}}}{\mu \sqrt{\frac{2\Delta P_{\text{гал2}}}{\rho}}}}; \quad (44)$$

$$d_{\text{діафр2}} = 22 \sqrt{\frac{1,828}{0,82 \sqrt{\frac{2 * 0,6 * 10^6}{1000}}}} = 5,6$$

де,  $d_{\text{діафр2}}$  – діаметр діафрагми веденого гвинта;

## 2.4 Розрахунок переливного клапану

$D_{\text{під}}$  – діаметр підшипника;

$D_{\text{під}} = 36 \text{ мм};$

$d_{\text{під}}$  – діаметр отвору підшипника;

$d_{\text{під}} = 30 \text{ мм};$

$D_{\text{п'яти}}$  – діаметр п'яти;

$D_{\text{п'яти}} = 39 \text{ мм};$

$d_{\text{п'яти}}$  – діаметр отвору п'яти;

$d_{\text{п'яти}} = 28 \text{ мм};$

**Колова швидкість:**

$$V_{\text{сер}} = \left( \frac{D_{\text{під}} + d_{\text{під}}}{4} \right) 2 * \pi \frac{n}{60} \quad (45)$$

|               |  |
|---------------|--|
| Полп и дата   |  |
| Иинв № 02/лвб |  |
| Взаиминв      |  |
| Полп и дата   |  |
| Иинв № пол    |  |

$$V_{\text{сер}} = \left( \frac{36 + 30}{4} \right) 2 * 3,14 \frac{2600}{60} = 4,5 \text{ м/с}$$

де,  $V_{\text{сер}}$  – колова швидкість;

**Площа контакта ущільнення підп'ятника:**

$$f_{\text{під}} = \frac{\pi \left( D_{\text{під}}^2 - d_{\text{під}}^2 \right) * 10^{-6}}{4} \quad (46)$$

$$f_{\text{під}} = \frac{3,14(36^2 + 30^2) * 10^{-6}}{4} = 310 * 10^{-6} \text{ м}^2$$

де,  $f_{\text{під}}$  – площа контакта ущільнення підп'ятника;

**Площа контакта п'яти:**

$$f_{\text{п'ят}} = \frac{\pi(D_{\text{п'ят}}^2 - d_{\text{п'ят}}^2) * 10^{-6}}{4} \quad (47)$$

$$f_{\text{п'ят}} = \frac{3,14(39^2 - 28^2)10^{-6}}{4} = 578,5 * 10^{-6} \text{ м}^2$$

де,  $f_{\text{п'ят}}$  – площа контакта п'яти;

**Припустимий контактний тиск в ущільненні п'яти:**

$$[p] = \frac{10^7}{V_{\text{сер}}} \quad (48)$$

$$[p] = \frac{10^7}{4,5} = 2,2 * 10^6 \text{ Па}$$

де,  $[p]$  – припустимий контактний тиск в ущільненні п'яти;

|             |
|-------------|
| Полп и дата |
| Инв № обл   |
| Взаим инв   |
| Полп и дата |
| Инв № пол   |

**Тиск в порожнині ущільнення :**

$$p' = [p] \frac{f_{\text{під}}}{f_{\text{п'ят}}} \quad (49)$$

$$p' = 2,2 * 10^6 \frac{310 * 10^{-6}}{578,5 * 10^{-6}} = 1,2 * 10^6 \text{ Па}$$

де,  $p'$  – тиск в порожнині ущільнення

**Втрати:**

$$\Delta Q = \frac{\pi d_1 \delta^3}{12 \mu * l_{\text{ущ}}} (p - p'); \quad (50)$$

$$\Delta Q = \frac{3,14 * 55 * 10^{-3} (0,06 * 10^{-3})^3}{12 * 1 * 10^{-3} * 44 * 10^{-3}} (2,8001 - 1,2) 10^6 = 70,65 * 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

де,  $\Delta Q$  – втрати;

$\delta$  – розмір зазора;

$\delta = 0,06 * 10^{-3}$ ;

$\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості;

$\mu = 1 * 10^{-3}$ ;

**Діаметр каналу:**

$$d_{\text{кан}} = \sqrt{\frac{4 \Delta Q}{\pi [V]}}; \quad (51)$$

$$d_{\text{кан}} = \sqrt{\frac{4 * 70,65 * 10^{-6}}{3,14 * 4,5}} = 0,005$$

де,  $d_{\text{кан}}$  – діаметр каналу;

$[V]$  – припустима швидкість в каналі;

$[V] = 5 \text{ м/с}$

**Критична швидкість руху кільця пружини:**

|              |              |
|--------------|--------------|
| Инд. № пол.  | Полп. и дата |
| Взаим. инв.  | Инд. № инв.  |
| Полп. и дата |              |
| Инд. № пол.  |              |

|           |          |       |      |  |
|-----------|----------|-------|------|--|
|           |          |       |      |  |
| Инд. Лист | № докум. | Полп. | Дата |  |













$$R_i = p * \pi \left( \frac{3d_3}{2} + \delta_0 \right)^2 ; \quad (67)$$

$$R_i = 2,8 * 10^6 * 3,14 * \left( \frac{3 * 33}{2} + 9,9 \right)^2 = 31021 \text{ Н};$$

де,  $R_i$  – внутрішня сила тиску;

**Сила контакту в ущільненні:**

$$R_d = p * k_y * \pi \left[ \left( \frac{3d_3}{2} + \delta_{кр} \right)^2 - \left( \frac{3d_3}{2} + \delta_0 \right)^2 \right]; \quad (68)$$

$$R_d = 2,8 * 1,4 * 3,14 \left[ \left( \frac{3 * 33}{2} + 17,2 \right)^2 - \left( \frac{3 * 33}{2} + 9,9 \right)^2 \right] \\ = 11330,6 \text{ Н};$$

де,  $R_d$  – сила контакту в ущільненні;  
 $k_y$  – середній питомий тиск на опорну поверхню;

**Сила затяжки:**

$$R_k = R_i + R_d; \quad (69)$$

$$R_k = 31021 + 11330,6 = 42351,6 \text{ Н};$$

де,  $R_k$  – сила затяжки;

**Площа шпильки:**

$$\sigma = \frac{R_k}{f_{шп} * z}; \quad (70)$$

$$f_{шп} = \frac{\pi d_{шп}^2}{4}; \quad (71)$$

$$f_{шп} = \frac{3,14 * 12^2}{4} = 113,04 \text{ м}^2;$$

|             |
|-------------|
| Полп и дата |
| Инв № дуб   |
| Взаим инв   |
| Полп и дата |
| Инв № пол   |



# 4. Інформаційна довідка

## Гвинтові насоси (Архімедів гвинт)

**Гвинтовий або шнековий насос** — насос, в якому створення тиску рідини, що нагнітається, здійснюється за рахунок витіснення рідини одним або декількома гвинтовими металевими роторами, що обертаються всередині статора відповідної форми.

Гвинтові насоси є різновидом роторно-зубчастих насосів, вони легко виходять із шестерінчастих шляхом зменшення числа зубів шестерень і збільшення кута нахилу зубів.

## Історія виникнення

Першим винахідником гвинтового насосу був Архімед. Гвинт призначався для викачування води із корабля, і був названий на честь Архімеда. Його машина - пристрій з обертовим гвинтом у формі леза усередині циліндра. Він приводився у дію вручну, а також міг також бути використаний для передачі води з низинних водойм у зрошувальні канали.

Гвинтовий насос широко почали використовувати для перекачування в'язких рідин і різних розчинів у 1920-х роках. Пристрій відразу ж став популярним у багатьох галузях промисловості (харчова, хімічна, паперова, металообробна, текстильна, тютюнова, нафтова і т.д.). Удосконалений насос запропонував французький інженер Муано (R. Moineau). Новий принцип гідравлічної машини, названий «капсулізмом», дав можливість виключити клапани і золотникові розподільники.

Наприкінці 70-х років, гвинтові насоси вперше були застосовані на нафтових родовищах Канади з важкою нафтою і великим вмістом дрібнодисперсного піску.

|              |              |             |              |             |              |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Инт. № док.  | Полл. и дата |             |              |             | Лист         |
| Взаим. инт.  | Инт. № док.  |             |              |             |              |
| Полл. и дата |              |             |              |             |              |
| Инт. № док.  | Полл. и дата | Инт. № док. | Полл. и дата | Инт. № док. | Полл. и дата |

У 1980-х рр. почалося використання гвинтових насосів для механізованого видобутку. З цієї причини вони поступово проникали в нафтову промисловість.

До 2003 року гвинтові насоси почали використовувати на більш ніж 40 000 свердловин по всьому світу. Видобуток в'язких і високов'язких нафт став більш рентабельним для нафтової промисловості. Гвинтові насоси застосовуються від Аляски до Південної Америки, в горах Японії, в Африці, в Росії.

## Застосування гвинтового насоса

Гвинтові насоси замислювалися як пристрої для перекачування рідин і розчинів з великою в'язкістю. Потреба в таких агрегатах є в багатьох галузях промисловості, наприклад, в харчовій, хімічній, текстильній, металообробної і т.д. У будівництві за допомогою гвинтових pomp здійснюють подачу сумішей для наливних підлог і покрівель.

З плином часу ця технологія ставала все більш досконалою. Тепер гвинтові насоси успішно працюють у десятках тисяч свердловин по всьому світу. Саме ці агрегати інженери-нафтовики вважають найбільш перспективними.

Крім цього, гвинтові насоси застосовують для зневоднення природного газу, запуску опалення у будинках, видобутку мінеральних вод та ін. А ще їх активно застосовують як насоси-дозатори.

Серед власників свердловин на воду велику популярність мають побутові гвинтові насоси. Їх використовують тоді, коли виявляють значну кількість піску у воді. За таких обставин відцентрові насоси швидко зношуються, а вібраційні не можуть застосовуватися через негативний вплив вібрацій на дно джерела. Гвинтові ж насоси не вібрують і витримують наявність твердих механічних домішок. У гірничій промисловості знаходять застосування для відкачування забрудненої води, очищення водозбірників, у технологічних схемах водовугільного палива. Н.г., які серійно виготовляють на подачу 500–600 м<sup>3</sup>/год при тиску до 3 МПа, використовують, зокрема, для перекачування високов'язкої нафти, а також на нафтових родовищах в умовах низьких температур.

|             |              |
|-------------|--------------|
| Инт. № док. | Полл. и дата |
| Инт. № док. | Полл. и дата |
| Инт. № док. | Полл. и дата |
| Инт. № док. | Полл. и дата |
| Инт. № док. | Полл. и дата |

|             |              |             |              |             |              |             |              |             |              |
|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Инт. № док. | Полл. и дата | Инт. № док. | Полл. и дата | Инт. № док. | Полл. и дата | Инт. № док. | Полл. и дата | Инт. № док. | Полл. и дата |
|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|

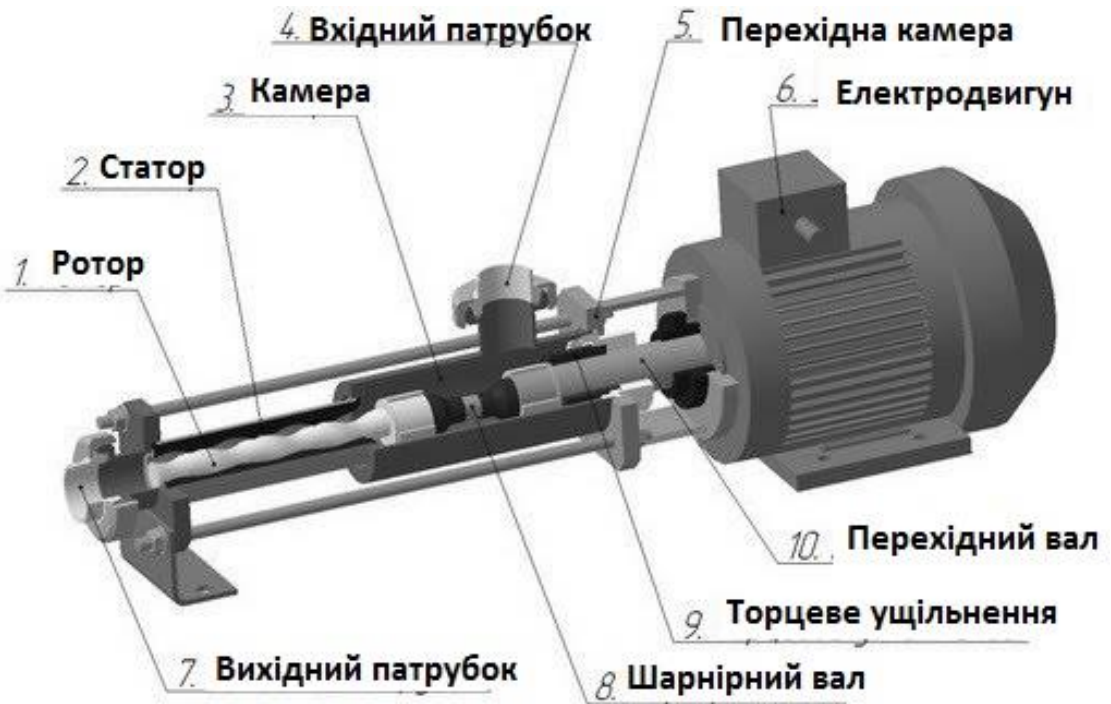


Рис.6 - Будова гвинтового насоса

## Будова гвинтового насоса

### Типи гвинтових насосів. Одногвинтові, двогвинтові, тригвинтові.

**Одногвинтові насоси** – це горизонтальні насоси об’ємного типу. Основні комплектувальні таких насосів – статична гумова обойма, що має двозахідну гвинтову поверхню й однозахідний гвинт, виготовлений з металу, який здійснює обертальні рухи в обоймі. Під час обертання, між гвинтом і поверхнею обойми створюються порожнини, куди спочатку перекачувана рідина засмоктується, а потім рухається уздовж осі гвинта до порожнини нагнітання.

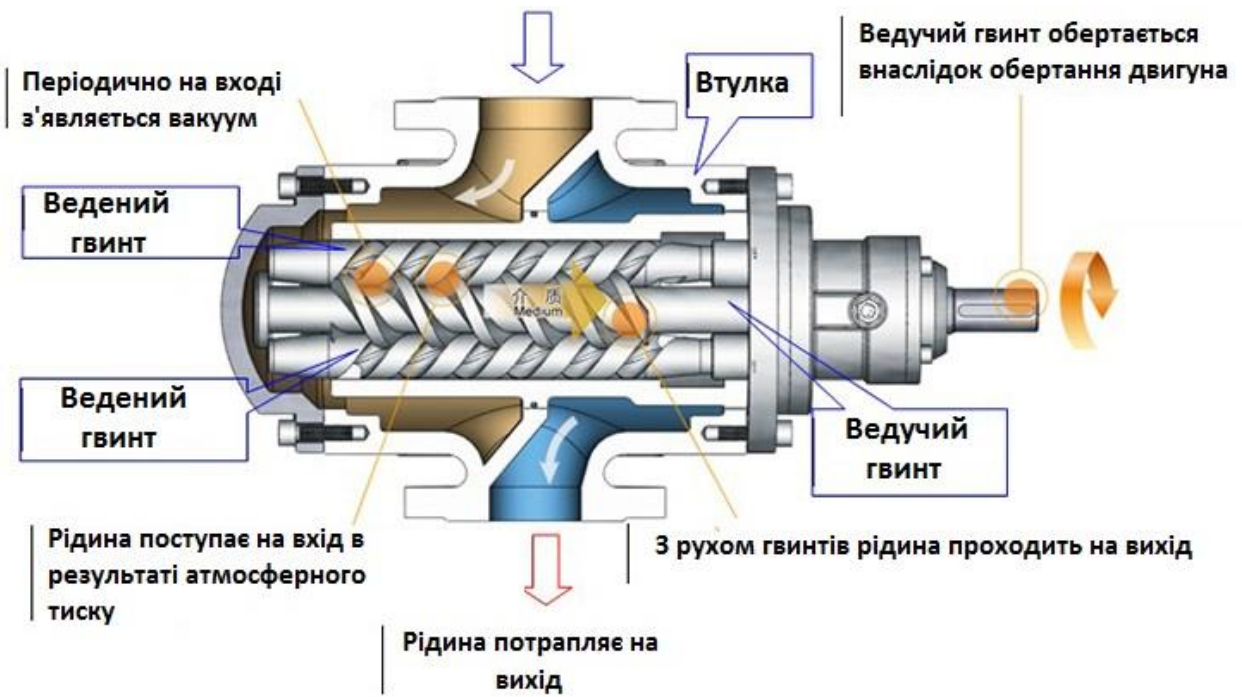
**Двогвинтові** помпи використовують здебільшого під час перекачування морської, прісної та мінеральної води з домішкою нафтопродуктів. Двогвинтові мазутні насоси використовуються, в основному, під час перекачування мазуту та інших в’язких рідин. Такий тип насосів має торцеве одинарне ущільнення, сорочку обігріву, міцну частину виготовлену з конструкційної сталі.

|                     |              |             |            |              |
|---------------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| Инд. №пол.          | Полп. и дата | Взаим. инв. | Инд. №руб. | Полп. и дата |
|                     |              |             |            |              |
| Изд. Лист. № докум. |              |             |            | Полп. Дата   |
|                     |              |             |            | Лист         |









## Типова схема підключення насоса

1. Насос PCM Gavo GTA-GCA-GVA-GBB.
2. Давач рівня рідини, що перекачується в бункері.
3. Частотний перетворювач.
4. Панель управління насоса (програма).
5. Силовий кабель.
6. Керуючі сигнали процесу.

|            |              |             |              |              |              |      |      |          |       |      |      |
|------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------|------|----------|-------|------|------|
| Инд. №пол. | Полп. и дата | Взаим. инв. | Индв. № инв. | Полп. и дата | Полп. и дата | Изд. | Лист | № докум. | Полп. | Дата | Лист |
|            |              |             |              |              |              |      |      |          |       |      |      |



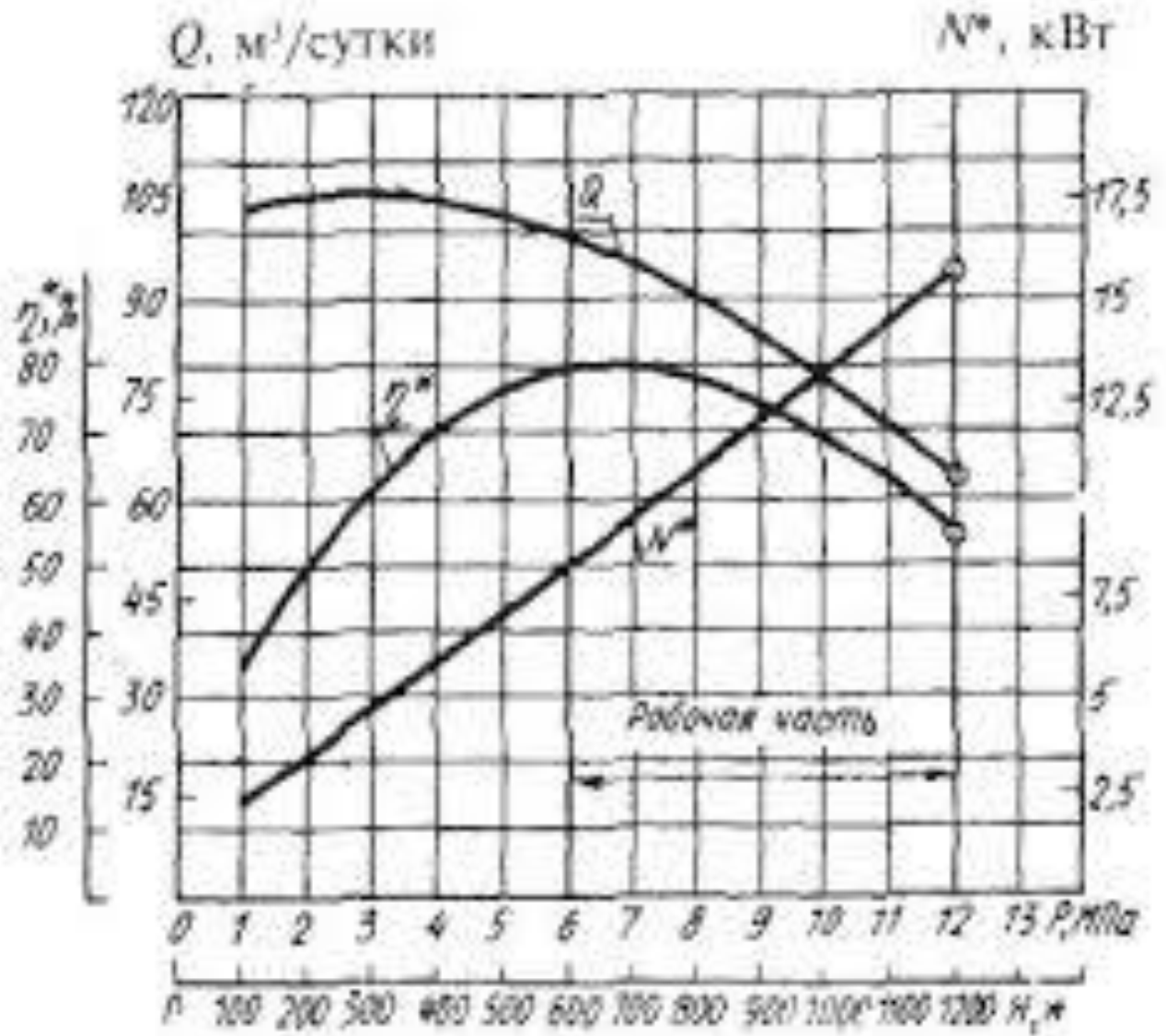


Рис-8.Робочі характеристики гвинтових насосів

|            |              |             |             |              |
|------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Инд. №пол. | Подп. и дата | Взаим. инв. | Инд. № инв. | Подп. и дата |
|            |              |             |             |              |

|      |      |          |       |      |      |
|------|------|----------|-------|------|------|
| Изд. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Лист |
|      |      |          |       |      |      |







