





# 1. Конструкція насосу 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 росточками 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 обойма 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, потрапляє до порожнини та дає тиск на торцеве ущільнення. Цей тиск обминає

Инд. №пол.	Полл. и дата
Инд. №полуб.	Инд. №полуб.
Взаим. инд.	
Полл. и дата	
Инд. №пол.	

середню швидкість п'яти, яка обертається сумісно з валом, та нерухомим підп'ятником. Для того щоб тиск не став більшим допустимого крізь канал в кришці рідини поступає до кулькового клапану, і далі на всмоктування. Розміри каналу клапану та сідла зумовлені тиском в порожнині, та кількістю рідини, яка протікає крізь ущільнення на утовщенні ведучого гвинта. Сідло клапану виготовляють з протидарного матеріалу як окрему деталь.

При відкритті клапану 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 проволочи. 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.

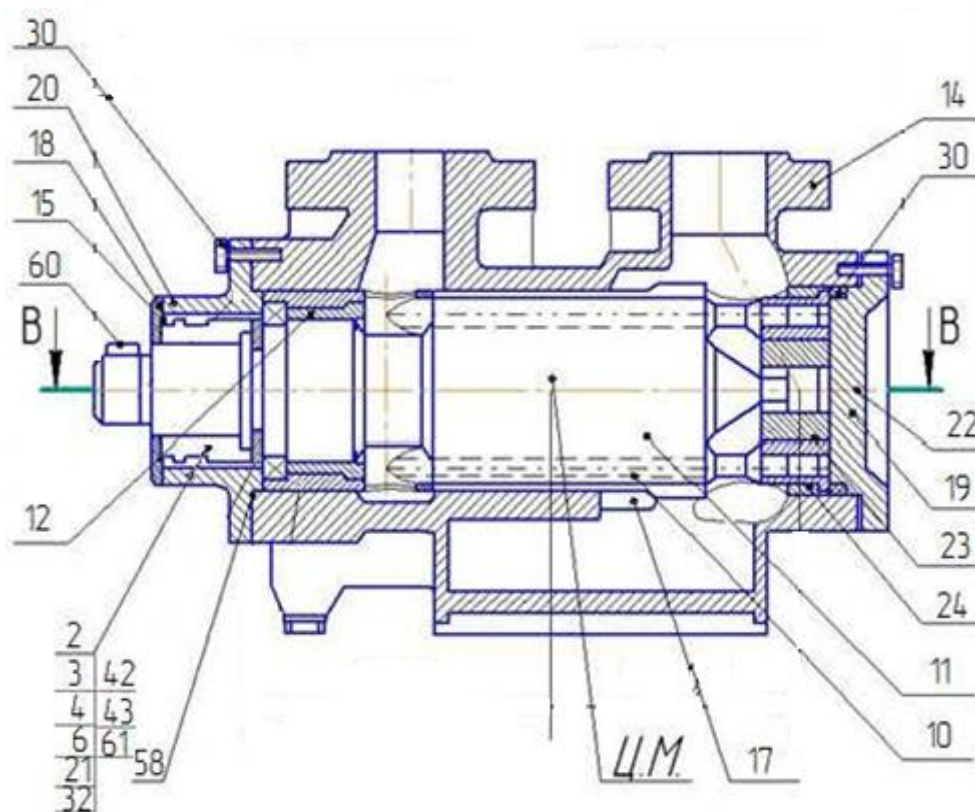


Рисунок 2 - Схема трьохгвинтового насоса

Инд. №пол.	Полл. и дата
Взаим. инд.	Инд. №олуб
Полл. и дата	
Инд. №пол.	

Изд.	Лист	№ докум.	Полл.	Дата	Лист





де  $Q_T$  – теоретичні витрати,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $Q_T = 4,665 \cdot 10^{-3}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $n_p$  – число обертів об/хв;  
 $n_p = 1900$  об/хв.  
 $d_{зв}$  – зовнішній діаметр веденого гвинта, мм.  
 $d_{зв} = 32,9$  мм.

2. Зовнішній діаметр ведучого гвинта:

$$D_H = \frac{5}{3} d_H, \quad (2)$$

$$D_H = \frac{5}{3} \cdot 32,9 = 54,8 \text{ мм.}$$

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

3. Внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта:

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

$$d_B = \frac{1}{3} \cdot 32,9 = 10,97 \text{ мм.}$$

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

4. Хід гвинтової нарізки:

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

$$t = \frac{10}{3} \cdot 32,9 = 109,7 \text{ мм.}$$

де,  $t$  – крок гвинта, мм;

5. Довжина гвинта:

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

$$L = 2 \cdot 109,7 = 219,3 \text{ мм.}$$

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

Полп и дата
Инь №олуб
Взаим инв
Полп и дата
Инь №пол

Инь №пол	Полп и дата	Инь №олуб	Взаим инв	Полп и дата	Инь №пол	Лист





11. Середній питомий тиск на опорну поверхню:

$$K_y = \frac{Pr}{f_{o.n}} \quad (11)$$

$$K_y = \frac{5810,6}{2,8 \cdot 10^{-3}} = 2075214,3 \text{ Па.}$$

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

12. Обертальна швидкість веденого гвинта:

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

$$V = 16,45 \cdot 10^{-3} \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1900}{60} = 3,27 \text{ м/с.}$$

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

$r_3$  – зовнішній радіус веденого гвинта;

$$r_3 = 16,45 \cdot 10^{-3} \text{ мм;}$$

13. Приймальний тиск для бронзи БрО $\varnothing$ 10-1:

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

$$[p] = 3058103 \text{ Па.}$$

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

14. Умова міцності:

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

$$2075214,3 < 3058103 \text{ Па.}$$

Умова виконується.

## 2.2 Профілювання гвинтів насосу:

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

1. Глибина нарізки:

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

$$\Delta = 27,4 - 16,45 = 10,95 \text{ мм.}$$

Имя	№ докум	Дата	Подп	Дата	Лист
Имя	№ докум	Дата	Подп	Дата	Лист

де,  $\Delta$  - глибина нарізки, мм;  
 $R_3$  – зовнішній радіус веденого гвинта;  
 $R_3 = 27,4$  мм;  
 $R_B$  – внутрішній діаметр веденого гвинта, мм;  
 $R_B = 16,45$  мм;

2. Крок розбивки глибини нарізки:

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

$$\Delta' = \frac{10,95}{8} = 1,37 \text{ мм.}$$

де,  $\Delta'$  – крок розбивки глибини нарізки;  
 $i=8$  кіл.

3. Визначення радіуса, точок поділу нарізки:

$$R_1 = R_B + n \cdot \Delta' \quad (17)$$

$$R_0 = 16,45 + 0 \cdot 1,37 = 16,45;$$

$$R_1 = 16,45 + 1 \cdot 1,37 = 17,78;$$

$$R_2 = 16,45 + 2 \cdot 1,37 = 19,11;$$

$$R_3 = 16,45 + 3 \cdot 1,37 = 20,44;$$

$$R_4 = 16,45 + 4 \cdot 1,37 = 21,77;$$

$$R_5 = 16,45 + 5 \cdot 1,37 = 23,1;$$

$$R_6 = 16,45 + 6 \cdot 1,37 = 24,43;$$

$$R_7 = 16,45 + 7 \cdot 1,37 = 25,76;$$

$$R_8 = 16,45 + 8 \cdot 1,37 = 27,09.$$

4. Визначення кутів  $\alpha$  та  $\gamma$  веденого та ведучого гвинта:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{A^2 + r_H^2 - R^2}{2 \cdot r_H \cdot A}\right), \quad (18)$$

$$\gamma = \arccos\left(\frac{A^2 + R^2 - r_H^2}{2 \cdot R \cdot A}\right), \quad (19)$$

де  $A = d_{зв}$  – міжцентрова відстань.

$$r_H = \frac{d_{зв}}{2} = \frac{32,87}{2} = 16,44 \text{ мм.}$$

Перетин променів проведених з центрів веденого та ведучого гвинтів та лежачі на радіусі  $R$  утворюють контур профіля.

$$\alpha_0 = \arccos\left(\frac{32,87^2 + 16,44^2 - 16,45^2}{2 \cdot 16,44 \cdot 32,87}\right) = 2,56^0; \quad (20)$$

$$\alpha_1 = 16,86^0;$$

$$\alpha_2 = 24,23^0;$$

$$\alpha_3 = 30,34^0;$$

$$\alpha_4 = 35,81^0;$$

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

$$\alpha_5 = 40,89^{\circ};$$

$$\alpha_6 = 45,77^{\circ};$$

$$\alpha_7 = 50,52^{\circ};$$

$$\alpha_8 = 55,2^{\circ}.$$

$$\gamma_0 = \arccos\left(\frac{32,87^2 + 16,45^2 - 16,44^2}{2 \cdot 16,45 \cdot 32,87}\right) = 2,56^{\circ}; \quad (21)$$

$$\gamma_1 = 16,26^{\circ};$$

$$\gamma_2 = 20,61^{\circ};$$

$$\gamma_3 = 23,94^{\circ};$$

$$\gamma_4 = 26,23^{\circ};$$

$$\gamma_5 = 27,75^{\circ};$$

$$\gamma_6 = 28,84^{\circ};$$

$$\gamma_7 = 29,54^{\circ};$$

$$\gamma_8 = 29,89^{\circ}.$$

5. Визначаємо кути оберту  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  відповідних радіусів  $R_1, R_2, R_3$ :

$$\beta_1 = \alpha_1 - \gamma_1; \quad (22)$$
$$\beta_1 = 16,86^{\circ} - 16,26^{\circ} = 0,6^{\circ};$$

$$\beta_2 = 3,62^{\circ};$$

$$\beta_3 = 6,4^{\circ};$$

$$\beta_4 = 9,58^{\circ};$$

$$\beta_5 = 13,14^{\circ};$$

$$\beta_6 = 16,93^{\circ};$$

$$\beta_7 = 20,98^{\circ};$$

$$\beta_8 = 25,31^{\circ}.$$

## 2.3 Розрахунок ведучого гвинта

1. Діаметр напірного патрубку:

$$d_H = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[v]_H}} \quad (23)$$

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,665 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,35}} = 66,3 \cdot 10^{-3} \text{ мм},$$

де,  $d_H$  – діаметр напірного патрубку, мм;

$[V]_H$  – допустима швидкість;

$$[V]_H = 1,35 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Полп и дата

Индв №00лвб

Взаим инв

Полп и дата

Индв №00пол

Лист

Изд Лист № докум Полп Дата

2. Діаметр всмоктувального патрубку:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[V]_{\text{вс}}}} \quad (24)$$

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,665 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,84}} = 84,11 \cdot 10^{-3} \text{ мм},$$

де,  $d_{\text{вс}}$  – діаметр всмоктувального патрубка;

$[V]_{\text{вс}}$  – допустима швидкість,  $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$[V]_{\text{вс}} = 0,84$

3. Обертальний момент:

$$M = \frac{P \cdot Q \cdot 60}{\eta \cdot 2\pi \cdot n} \quad (25)$$

$$M = \frac{3,8 \cdot 106 \cdot 4,665 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{0,75 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1900} = 118,9 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де,  $M$  – обертальний момент;

$\eta$  – загальний ККД;

$\eta = 0,75$

4. Діаметр валу:

$$d_{\text{вал}} = \sqrt[3]{\frac{5M}{[\tau]}} \quad (26)$$

$$d_{\text{вал}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 118,9}{24 \cdot 10^6}} = 29,15 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де  $[\tau]$  – допустима напруга на скручення  $24 \cdot 10^6$  Па.

$d_{\text{вал}}$  – діаметр валу;

5. Довжина шпоночного паза:

$$l_{\text{шп}} = \frac{4 \cdot M}{[\sigma_{\text{зм}}] \cdot d_{\text{вал}} \cdot h_{\text{шп}}} \quad (27)$$

$$l_{\text{шп}} = \frac{4 \cdot 118,9}{75 \cdot 10^6 \cdot 29,15 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 54,39 \cdot 10^{-3} \text{ мм}.$$

де,  $h_{\text{шп}}$  – висота шпонки.

$h_{\text{шп}} = 4 \cdot 10^{-3}$ .

$[\sigma_{\text{зм}}]$  – допустиме напруження на зминання

Инв. №пол.	Полл. и дата	Инв. №обл.	Полл. и дата	Взаим. инв.	Полл. и дата	Инв. №пол.	Полл. и дата	Лист

$$[\sigma_{3M}] = 75 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$l_{\text{шп}}$  – довжина шпоночного пазу;

5. Обертальна швидкість розвантажувального утовщення:

$$v_1 = \frac{d_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{2 \cdot 60} \quad (28)$$

$$v_1 = \frac{0,055 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1900}{2 \cdot 60} = 5,47 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

де,  $V_1$  - обертальна швидкість розвантажувального утовщення

6. Припустимий тиск бронзи Бр ОФ10-1:

$$P_{\text{прип 2}} \cdot v_1 = 10^7 \text{ Па} \quad (28)$$

$$P_{\text{прип 2}} = \frac{10^7}{5,47} = 1828153,56 \text{ Па.}$$

де,  $P_{\text{прип2}}$  - припустимий тиск бронзи Бр ОФ10-1.

7. Площа контакту утовщення:

$$f_1 = \frac{P_r}{P_{\text{прип 2}}} \quad (29)$$

$$f_1 = \frac{5810,6}{1828153,56} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

де,  $f_1$  – площа контакту утовщення

$P_r$  – радіальне зусилля;

$P_r$  – 5810,6.

8. Довжина стовщення:

$$l_1 = \frac{2 \cdot f_1}{\pi \cdot d_1} \quad (30)$$

$$l_1 = \frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,055} = 37,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

де,  $l_1$  – довжина утовщення

10. Довжина ущільнення:

Полп и дата
Инь №пол
Взаим инв
Полп и дата
Инь №пол



$$m_{ГВ1} = (0,184 \cdot 10^{-3} + 8,8 \cdot 10^{-5} + 5,923 \cdot 10^{-4}) \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 6,74 \text{ кг},$$

де,  $m_{ГВ1}$  – маса ведучого гвинта;

$\rho_{ст}$  – щільність сталі;

$$\rho_{ст} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}$$

16. Площа перерізу веденого гвинта:

$$f_{ГВ2} = 0,4193 \cdot d_3^2 \quad (36)$$

$$f_{ГВ2} = 0,4193 \cdot 32,87^2 = 4,53 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

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

17. Об'єм веденого гвинта:

$$V_{ГВ2} = f_{ГВ2} \cdot L_{ГВ2} + \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot d_{вс} \quad (37)$$

$$V_{ГВ2} = 4,53 \cdot 10^{-4} \cdot 285,6 \cdot 10^{-3} + \frac{3,14 \cdot 0,0329^2}{4} \cdot 84,11 \cdot 10^{-3} = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

де  $L_{ГВ2} = L + d_H = 219,3 + 66,3 \cdot 10^{-3} = 285,6 \cdot 10^{-3}$

$V_{ГВ2}$  – об'єм веденого гвинта;

18. Маса веденого гвинта:

$$m_{ГВ2} = V_{ГВ2} \cdot \rho_{ст} \quad (38)$$

$$m_{ГВ2} = 2,01 \cdot 10^{-4} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 1,57 \text{ кг}$$

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

19. Площа гвинтів:

$$F_{ГВ} = f_{ГВ1} + 2f_{ГВ2} \quad (39)$$

$$F_{ГВ} = 2,73 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 4,53 \cdot 10^{-4} = 36,36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

де,  $F_{ГВ}$  – площа гвинта;

20. Швидкість гальмування:

$$v_{Гал} = \frac{\theta}{F_{ГВ}} \quad (40)$$

Имя	№ докум	Дата	Подп	Дата	Лист
Имя	№ докум	Дата	Подп	Дата	Лист
Имя	№ докум	Дата	Подп	Дата	Лист

$$v_{\text{гал}} = \frac{4,665 \cdot 10^{-3}}{36,36 \cdot 10^{-4}} = 1,283 \text{ м/с}$$

де,  $v_{\text{гал}}$  – швидкість гальмування ;

21. Довжина гальмування:

$$l_{\text{гал}} = 0,5 \cdot d_3 \quad (41)$$

$$l_{\text{гал}} = 0,5 \cdot 22 \cdot 10^{-3} = 11 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

де,  $l_{\text{гал}}$  – довжина шляха гальмування;

22. Тиск гальмування ведучого гвинта:

$$\Delta P_{\text{гал1}} = \frac{m_{\text{гв1}} \cdot \frac{v_{\text{гал}}^2}{2}}{l_{\text{гал}} \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad (42)$$

$$\Delta P_{\text{гал1}} = \frac{6,74 \cdot 0,823}{11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00037994} = 1,327 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де,  $\Delta P_{\text{гал}}$  – тиск гальмування ведучого гвинта

$l_{\text{гал}}$  – довжина шляха гальмування

23. Діаметр отвору діафрагми ведучого гвинта:

$$\theta_{\text{діаф}} = \frac{\pi d_{\text{діаф}}^2}{4} \cdot \mu \frac{\sqrt{2 \Delta P_{\text{гал}}}}{\rho} \quad (43)$$

$$\theta_{\text{діаф}} = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot v_{\text{гал}} \quad (44)$$

$$\theta_{\text{діаф}} = \frac{3,14 \cdot 0,022^2}{4} \cdot 1,283 = 0,00049$$

$$d_{\text{діаф1}} = d_2 \sqrt{\frac{v_{\text{гал}}}{\mu \frac{\sqrt{2 \Delta P_{\text{гал1}}}}{\rho}}} \quad (45)$$

$$d_{\text{діафр1}} = 22 \sqrt{\frac{1,283}{0,82 \sqrt{\frac{2 * 1,327 * 10^6}{1000}}}} = 3,834 \cdot 10^{-3}$$

де,  $d_{\text{діафр1}}$  – діаметр отвору діафрагми ведучого гвинта

$\mu$  – коефіцієнт витрат діафрагми

Полп и дата
Инь № полуб
Взаим инв
Полп и дата
Инь № полп



$$\mu = \sqrt{\frac{1}{1,5}} = 0,82$$

$\rho$  – щільність води;

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

24. Тиск гальмування веденого гвинта:

$$\Delta P_{\text{гал}2} = \frac{m_{\text{в}2} \cdot \frac{v_{\text{гал}}^2}{2}}{l_{\text{гал}} \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad (46)$$

$$\Delta P_{\text{гал}2} = \frac{1,57 \cdot \frac{1,283^2}{2}}{11 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,022^2}{4}} = 0,309 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де,  $P_{\text{гал}2}$  – тиск гальмування веденого гвинта

25. Діаметр отвору діафрагми веденого гвинта:

$$d_{\text{діаф}2} = d_2 \sqrt{\frac{v_{\text{гал}}}{\mu \cdot \frac{\sqrt{2 \Delta P_{\text{гал}2}}}{\rho}}} \quad (47)$$

$$d_{\text{діаф}2} = 22 \sqrt{\frac{1,283}{0,82 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,309 \cdot 10^6}{1000}}}} = 5,2 \cdot 10^{-3}$$

де,  $d_{\text{діаф}2}$  – діаметр діафрагми веденого гвинта;

## 2.4 Розрахунок переливного клапану 0,0561

$D_{\text{під}}$  – 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;

$$d_{\text{п'яти}} = 28 \text{ мм};$$

1. Середня швидкість:

$$v_{\text{ср}} = \left( \frac{D_{\text{під}} + d_{\text{під}}}{2} \right) \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60} \quad (48)$$

Полп и дата
Инь №пол
Взаим инь
Полп и дата
Инь №пол

Лист

$$v_{\text{ср}} = \left( \frac{30 + 36}{2} \right) \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1900}{60} = 3,28 \text{ м/с}$$

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

2. Площа контакту ущільнення підп'ятника:

$$f_{\text{підп}} = \pi \left( \frac{D_{\text{під}}^2 - d_{\text{під}}^2}{4} \right) \quad (49)$$

$$f_{\text{підп}} = 3,14 \left( \frac{30^2 \cdot 10^{-6} - 36^2 \cdot 10^{-6}}{4} \right) = 311 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

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

3. Площа контакту п'яти:

$$f_{\text{п'ят}} = \frac{\pi(D_{\text{п'ят}}^2 - d_{\text{п'ят}}^2)}{4} \quad (50)$$

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

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

4. Допустимий контактний тиск в ущільненні п'яти:

$$[p] = \frac{10^7}{v_{\text{ср}}} \quad (51)$$

$$[p] = \frac{10^7}{3281,3 \cdot 10^{-3}} = 3,05 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

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

5. Тиск в порожнині ущільнення:

$$p' = [p] \cdot \frac{f_{\text{підп}}}{f_{\text{п'ят}}} \quad (52)$$

Полп и дата
Индв №олуб
Взаим инв
Полп и дата
Индв №полп

Изд Лист	№ докум	Полп	Дата	Лист
----------	---------	------	------	------

$$p' = 3,05 \cdot 10^6 \cdot \frac{311 \cdot 10^{-6}}{578,5 \cdot 10^{-6}} = 1,64 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де,  $p'$  – тиск в порожнині ущільнення

6. Витрати крізь ущільнення:

$$\Delta Q = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot \delta^3}{12 \cdot \mu \cdot l_{\text{ущ}}} (P - P') \quad (53)$$

$$\Delta Q = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 10^{-3} \cdot (0,06 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 54,39 \cdot 10^{-3}} (3,83 - 1,64) \cdot 10^6 = 125 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

де,  $\Delta Q$  – втрати;

$\delta$  – розмір зазора;

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

$\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості;

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

7. Діаметр каналу:

$$d_{\text{кан}} = \sqrt{\frac{4\Delta Q}{\pi[v]}} \quad (54)$$

$$d_{\text{кан}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 125 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 3,28}} = 0,00697 \text{ м}$$

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

$[V]$  – припустима швидкість в каналі

$$[V] = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

8. Критична швидкість руху кільця пружини:

$$v_{\text{кр}} = \frac{\tau_{\text{зд}} \cdot b_{\text{п}}}{\sqrt{2 \cdot \sigma \cdot \rho_{\text{ст}}}} \quad (55)$$

$$v_{\text{кр}} = \frac{630 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,9)}{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 8 \cdot 10^3}} = 1,76 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

де,  $V_{\text{кр}}$  – критична швидкість руху кільця пружини;

$\tau_{\text{зд}}$  – напруження здвигу;



$$P_1 = \frac{3,14 \cdot 0,00697^2}{4} \cdot 1,64 \cdot 10^6 = 62,54 \text{ Н.}$$

де,  $p_1$  – сила попередньої деформації пружини;

$$d_c = d_{\text{кан}};$$

12. Сила робочої деформації пружини:

$$P_2 = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \cdot P' \quad (60)$$

$$P_2 = \frac{3,14 \cdot 0,00951^2}{4} \cdot 1,64 \cdot 10^6 = 116,43 \text{ Н.}$$

де,  $p_2$  – сила робоча деформації пружини;

13. Сила максимальної деформації:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta_{\text{п}}} \quad (61)$$

$$P_3 = \frac{116,43}{1 - 0,1} = 129,37 \text{ Н.}$$

де,  $p_3$  – сила максимальної деформації;

$b_{\text{п}}$  – розмір зазора;

$$b_{\text{п}} = 0,1 \text{ мм};$$

14. Швидкість руху кільця пружини:

$$v_{\text{кул}} = V_{\text{кр}}; \quad (62)$$

$$v_{\text{кул}} = 1,76 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

де:  $v_{\text{кул}}$  – швидкість руху кільця пружини

15. Жорсткість пружини:

$$z = \frac{P_2 - P_1}{h_{\text{к}}} \quad (63)$$

$$z = \frac{116,43 - 62,54}{106,84 \cdot 10^{-6}} = 504,399 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Полл и дата
Имя и Фамилия
Взаим. имя
Полл и дата
Имя и Фамилия

де,  $z$  – жорсткість пружини;

Пружина №300,  $d_{\text{пров}}=1,2$  мм,  $D_{\text{пр}}=8$  мм,  $z_1 = 65,95 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ .

16.Робоче число гвинтів:

$$n = \frac{z}{z_1} \quad (64)$$

$$n = \frac{504,399 \cdot 10^3}{65,95 \cdot 10^3} = 7,65 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

де,  $n$  – робоче колесо витків;

### 3. Розрахунок на міцність

Підшипник №306

$D=30$  мм,  $B=19$  мм,  $C=22000$  кгс,  $C_0 = 1510$  кгс.

1. Еквівалент навантаження:

$$P_0 = x \cdot F_r + \gamma \cdot F_a \quad (65)$$

$$P_0 = 1 \cdot 5810,6 + 0 \cdot 748,9 = 5810,6 \text{ Н.}$$

де  $F_r = R_r = 5810,6$  Н,

$F_a = P_{\text{вісь}} = 748,9$  Н,

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{748,9}{5810,6} = 0,13$$

$x=1$ ,  $\gamma = 0$ , (якщо  $<0,5$ ).

де,  $P_0$  – еквівалентне статичне навантаження;

$R_r$  – радіальне зусилля;

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

2. Номінальне довголіття:

$$L = \left( \frac{C}{P_0} \right)^P \quad (66)$$

$$L = \left( \frac{22000}{5810,6} \right)^3 = 54,28 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Имя, №пол, Полл и дата, Инв, №олуб, Полл и дата, Инв, №пол, Полл и дата, Из Лист, № докум, Полл, Дата

Лист



де,  $\delta_{кр}$  – товщина кришки;

### Розрахунок шпильки:

1. Внутрішня сила тиску:

$$R_i = p \cdot \pi \left( \frac{3 \cdot d_3}{2} + \delta_0 \right)^2; \quad (71)$$

$$R_i = 3,83 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot \left( \frac{3 \cdot 32,87}{2} + 9,86 \right)^2 = 42098 \text{ Н};$$

де,  $R_i$  – внутрішня сила тиску;

2. Сила контакту в ущільненні:

$$R_d = p \cdot k_y \cdot \pi \left[ \left( \frac{3 \cdot d_3}{2} + \delta_{кр} \right)^2 - \left( \frac{3 \cdot d_3}{2} + \delta_0 \right)^2 \right]; \quad (72)$$

$$R_d = 3,83 \cdot 1,4 \cdot 3,14 \left[ \left( \frac{3 \cdot 32,87}{2} + 0,02 \right)^2 - \left( \frac{3 \cdot 32,87}{2} + 9,86 \right)^2 \right] = 15700 \text{ Н};$$

де,  $R_d$  – сила контакту в ущільненні;

$k_y$  – середній питомий тиск на опорну поверхню.

3. Сила затяжки:

$$R_k = R_i + R_d; \quad (73)$$

$$R_k = 42098 + 15700 = 57798 \text{ Н};$$

де,  $R_k$  – сила затяжки;

4. Площа шпильки:

$$\sigma = \frac{R_k}{f_{шп} \cdot z}; \quad (74)$$

де,  $z$  – кількість шпильок;

$z = 8$  шт.

$$f_{шп} = \frac{\pi \cdot d_{шп}^2}{4}; \quad (75)$$

де,  $d_{шп}$  – діаметр шпильки;

$d_{шп} = 12$  мм.









## Будова гвинтового насоса

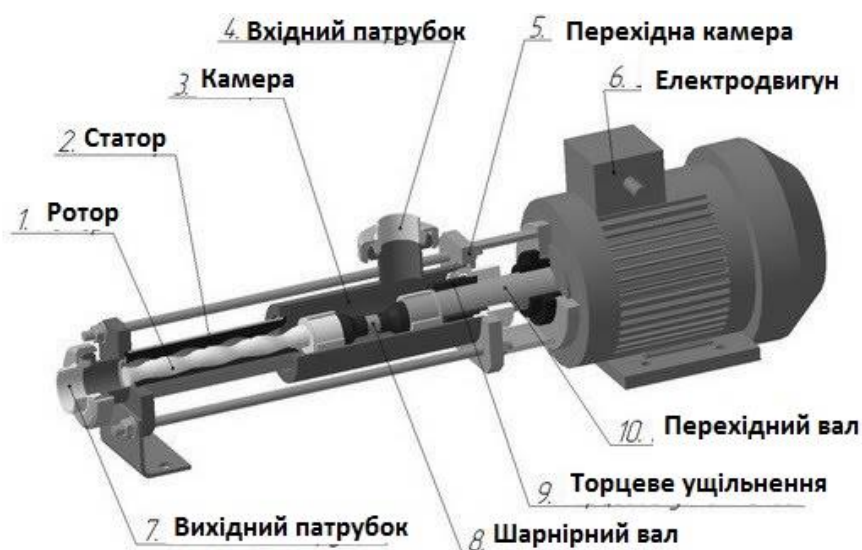


Рис.6 - Будова гвинтового насоса

### 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.

**Тригвинтові** насоси використовуються, як правило, для перекачування неагресивних рідин, які мають змазувальну здатність і не містять абразивних механічних домішок. Мінімальний показник в'язкості обмежений змазувальною

Инд. №пол.	Полл. и дата
Взаим. инв.	Инд. №пол.
Полл. и дата	Взаим. инв.
Инд. №пол.	Полл. и дата

Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Лист
Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	

здатністю рідини, максимальний – потужністю електродвигуна і всмоктувальною здатністю насоса.

## Особливості конструкції

- Довговічність. Гвинт починає рухатися завдяки електродвигуну і в момент обертання не контактує з внутрішньою поверхнею корпуса насоса. Це знижує тертя до мінімуму, за рахунок чого і забезпечується тривалий термін служби.
- Середовище переміщається в насосі з постійним осьовим напрямком течії. Завдяки цьому на виході насос буде видавати продукт рівним потоком, без пульсацій. Насос має низькі показники шумового забруднення. Оскільки рухомі частини насоса мають низьку інерційність, то пусковий момент і вібрація будуть мати низькі значення.
- Насос має високу всмоктувальну здатність
- Для безпечної роботи насоса, двигуна, системи трубопроводів, всі насоси підвищеної потужності обладнані запобіжними клапанами. У разі, коли робочий тиск перевищуватиме максимальний тиск, на який розрахована система (наприклад, нагнітає трубопровід), спрацює запобіжний клапан і надлишки продукту будуть спрямовані через байпас назад у камеру всмоктування.
- 

## Переваги та недоліки

**Популярність гвинтових насосів обумовлена такими особливостями:**

- ККД агрегатів відносно високий - від 50% до 70%.
- Здатні перекачувати рідини з набагато більшою в'язкістю, ніж імперні помпи, забезпечуючи при цьому більш високий натиск.
- Можуть перекачувати суміші з твердими включеннями, при цьому останні не ушкоджуються, як в плунжерних і поршневих насосах.
- Принцип дії гвинтового насоса виключає появу пульсацій під час подачі рідини, характерних для деяких типів обладнання. До того ж

Инд. №пол.	Полл. и дата	Взаим. инв.	Инд. №пол.	Полл. и дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

вона не перемішується, як в відцентровому насосі, що забезпечує збереження структури.

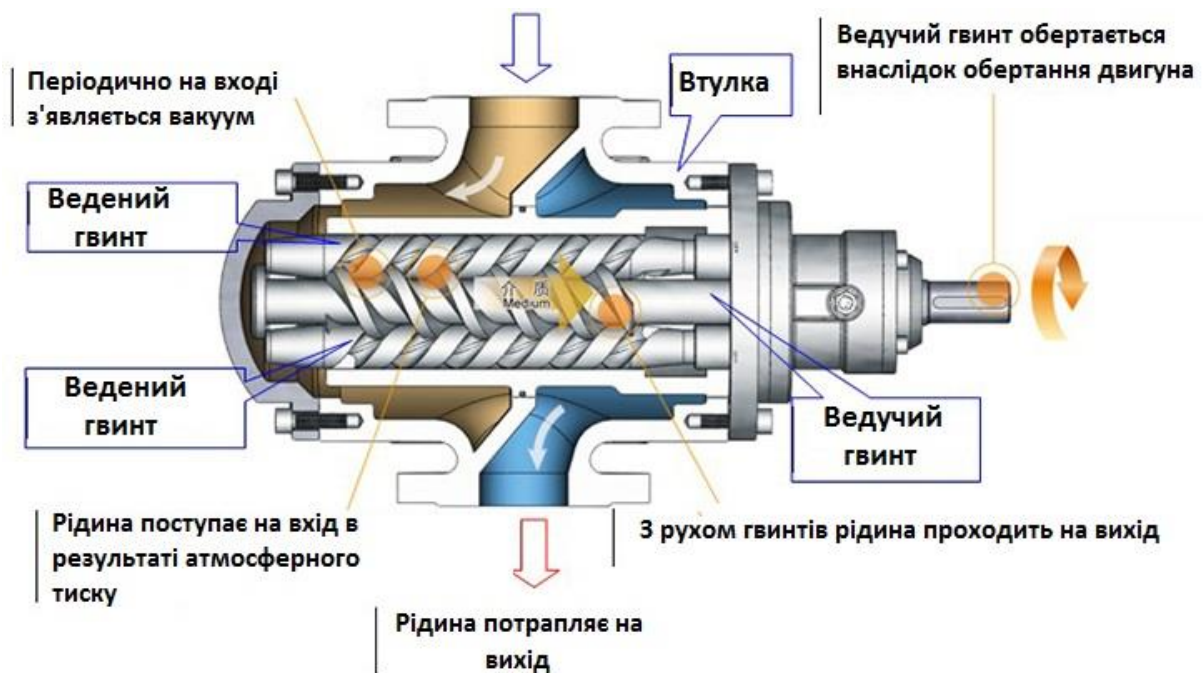
- Гвинтові помпи належать до категорії самоусмоктувальних, при цьому глибина всмоктування може досягати 8,5 м. До наявності вільного газу в середовищі, що перекачується проявляють абсолютну байдужість.
- Конструкція агрегату є надзвичайно простою і включає тільки одну рухому деталь. Клапани та інші елементи, в яких може утворитися затор, не застосовують. Відповідно, спрощується монтаж, експлуатація та обслуговування агрегату.
- Насос є компактним і характеризується низьким рівнем шуму.

### Як і в кожного обладнання, у гвинтових насосів є і слабкі сторони:

- Процес виготовлення відрізняється складністю і високою вартістю.
- Відсутня можливість зміни робочого об'єму.

Насос має «слабку ланку» у вигляді статора, який виготовляється з еластомерних матеріалів (різновид полімерів). Такі деталі мають і небажані властивості:

- Під час роботи вхолосту дуже швидко отримують непереборні пошкодження.
- При температурах понад 150 градусів плавляться.



## Типова схема підключення насоса

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

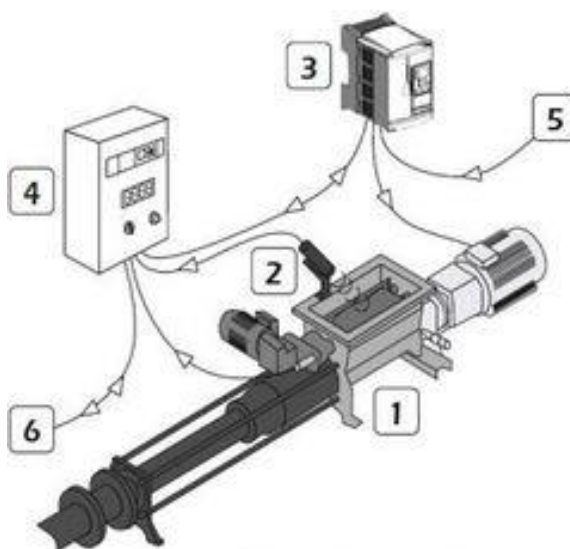


Рис.7 Типова схема підключення насоса

Инд. №пол.	Полл. и дата
Взаим. инд.	Инд. №олуб
Полл. и дата	
Инд. №пол.	Полл. и дата

Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Инд. №пол.	Полл. и дата	Лист
------------	--------------	------------	--------------	------------	--------------	------------	--------------	------------	--------------	------

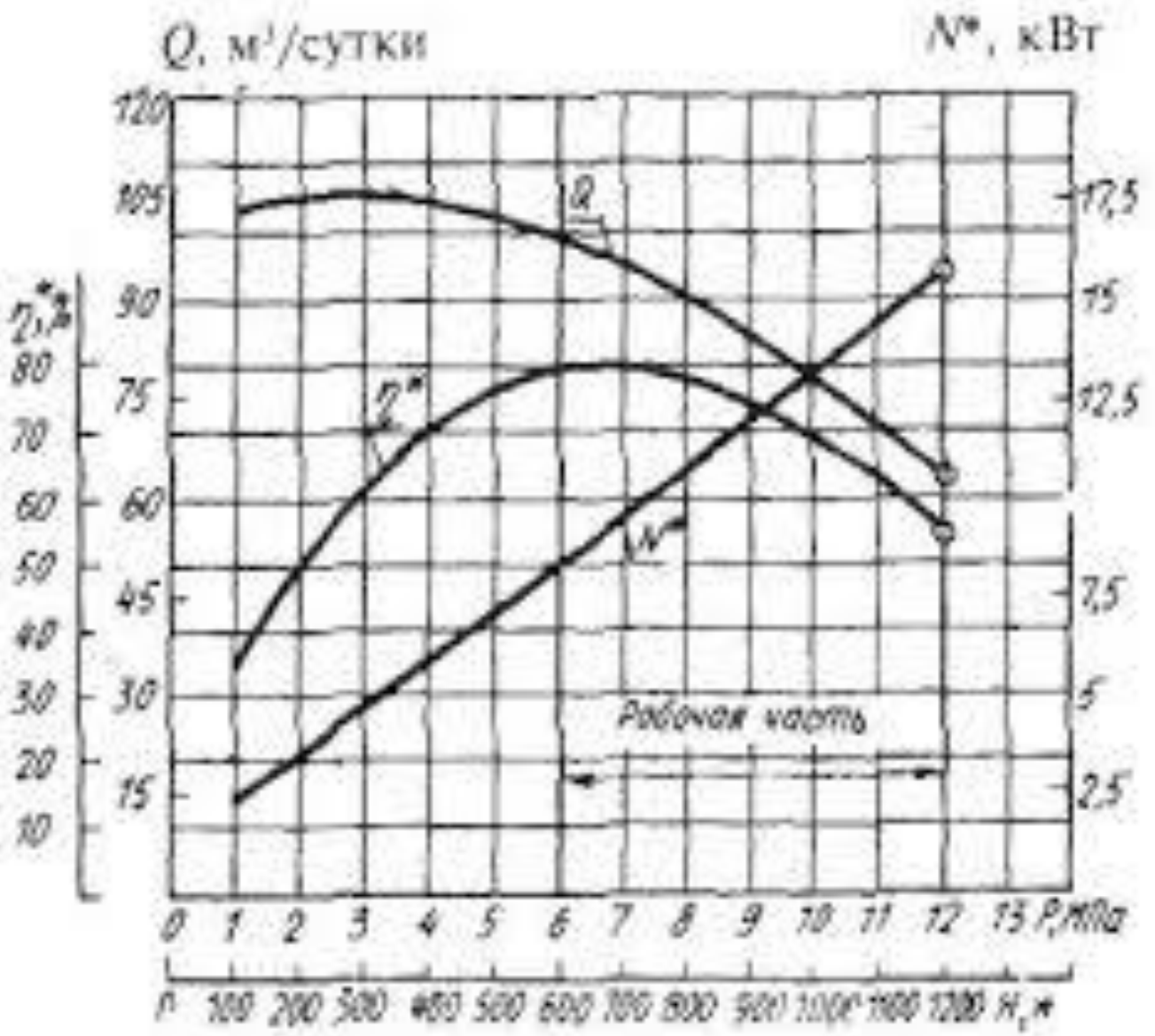


Рис-8.Робочі характеристики гвинтових насосів

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

Изд.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист



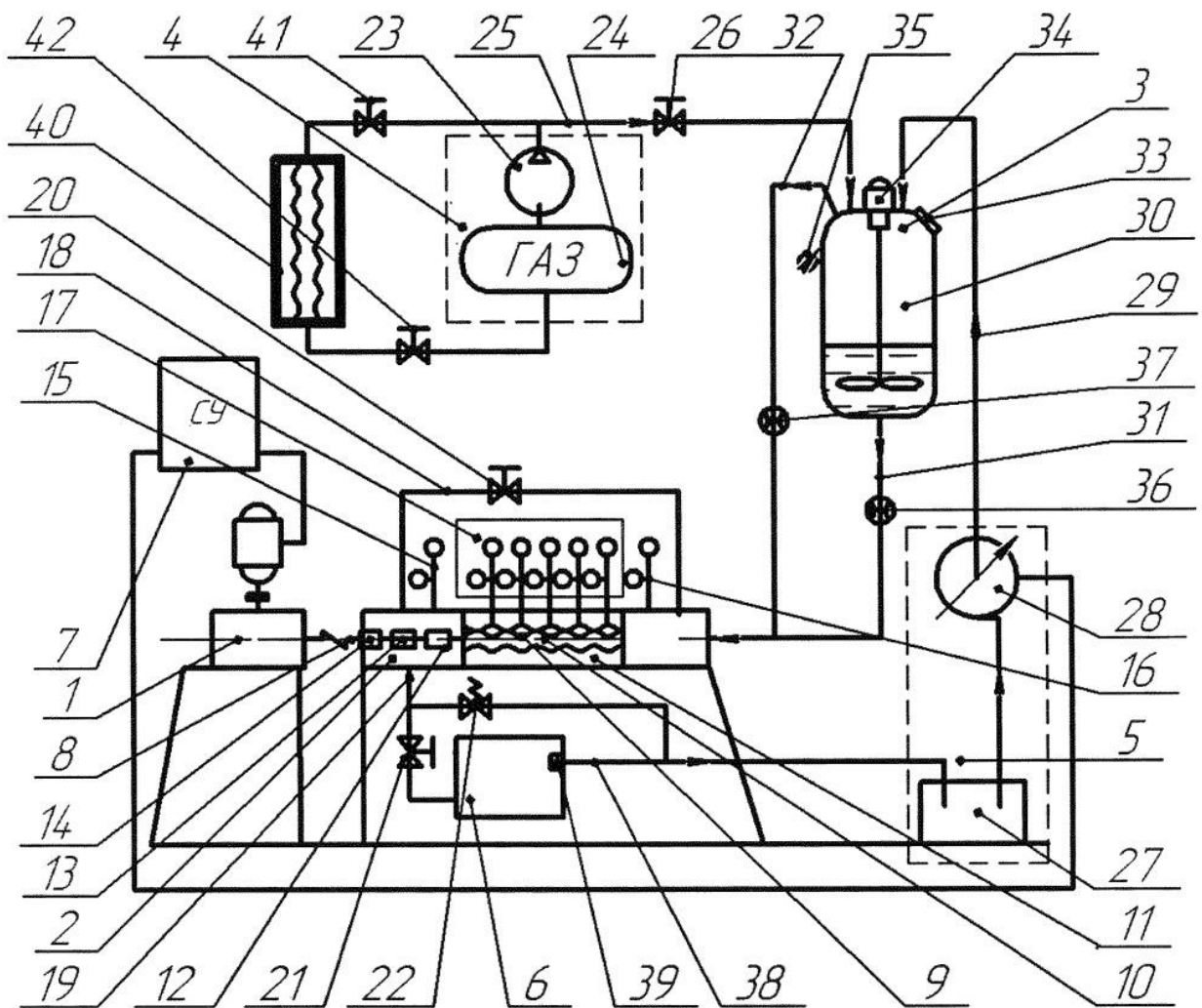


Рис.9 Стенд для випробування гвинтових насосів

Винахід відноситься до дослідження процесів, що відбуваються в свердловинних гвинтових насосах. Стенд для випробування гвинтових насосів містить приводний частина 1, блок 2 контролю і регулювання параметрів роботи, станцію 7 управління, блок 3 підготовки, змішування і подачі рідини, блок 4 підготовки газу, блок 5 підготовки робочої рідини, блок 6 очищення робочої рідини. Блок 3 містить ємність 30, підключену до викидних ліній 25 і 29 блоків 4 і 5 і має викидних лінію 31 для нагнітання газу. Ємність 30 містить патрубков 33 для засипання механічних домішок і шнек 34 для змішування рідини і механічних домішок. Блок 4 містить компресор 23, балон 24, лінію 25 з

Полп и дата

Индв №полуб

Взаим инв

Полп и дата

Индв №полуб

Лист

регулюючою арматурою 26. Лінія 25 підключена до блоку 3. Блок 5 містить ємність 27 з робочою рідиною, відцентровий насос 28, підключений до станції 7, лінію 29, підключену до блоку 3. Блок 6 являє собою ємність з викидний лінією 19, забезпеченою фільтром 39 механічних домішок. Викидна лінія 38 з'єднана з ємністю 27. Винахід направлено на забезпечення можливості застосування робочої рідини, в складі якої є газ і механічні домішки. 1 мул.

Технические характеристики установок

таблица 2

Показатель	УЭВН 5-16-1200	УЭВН 5-25-1000	УЭВН 5-63-1200	УЭВН 5-100-1000	УЭВН 5-100-1200	УЭВН 5-200-900
Подача, м <sup>3</sup> /сутки	16	25	63	100	100	200
Давление, МПа	12	10	12	10	12	9
Напор, м	1200	1000	1200	1000	1200	900
Рекомендуемая рабочая часть:						
подача, м <sup>3</sup> /сутки	16—22	25—36	63—80	100—150	100—150	200—250
давление, МПа	12—6	10—4	12—6	10—2	12—6	9—2,5
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	5,5*	22	22*	32	32
КПД погружного агрегата, %	38,6	40,6**	41,4	45,9**	46,3	49,8
Габаритные размеры погружного агрегата (насос, электродвигатель с гидрозащитой), мм.						
диаметр	117	117	117	117	117	117
длина L	8359	8359***	11104	11104***	13474	13677
Масса погружного агрегата, кг	341	342	546	556	697	713

\* Установки могут быть укомплектованы электродвигателем соответственно мощностью 22 и 32 кВт.

\*\* Для установок с электродвигателем мощностью 22 и 32 кВт соответственно 39,5 и 46,4%.

\*\*\* Для установок с электродвигателем мощностью 22 и 32 кВт соответственно 10671 и 13071 мм.

Таблица 1 - Технічні характеристики установок

Инд. №пол. Полл. и дата  
Инд. №олуб. Инв. №олуб.  
Взаим. инв.  
Полл. и дата  
Полл. и дата  
Инд. №пол.

Изд. Лист № докум. Полл. Дата  
Лист



