



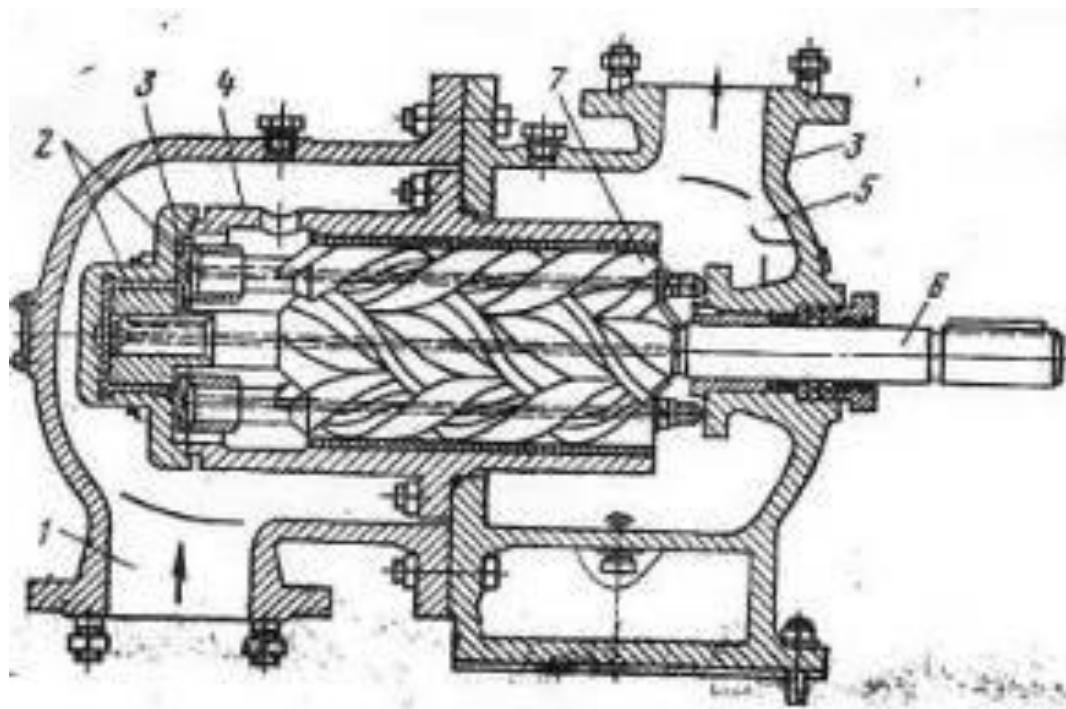
# Вступ

Виробництво трьохгвинтових насосів з циклоїдним зачепленням здійснюється відповідно до ГОСТу 10056-62. Цей стандарт поширюється на знову проєктовані і переглядаються трьохгвинтові 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 трьохгвинтові 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 (трьохгвинтові), 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 трьохгвинтового 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>.



Малюнок 1 - Трьохгвинтовий насос.

Инд. №полл	Полл и дата
Взаим. инв.	Инд. №олуб
Полл и дата	
Инд. №полл	

Изд	Лист	№ докум	Полл	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 двохзахідна: 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 перетечкам 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.

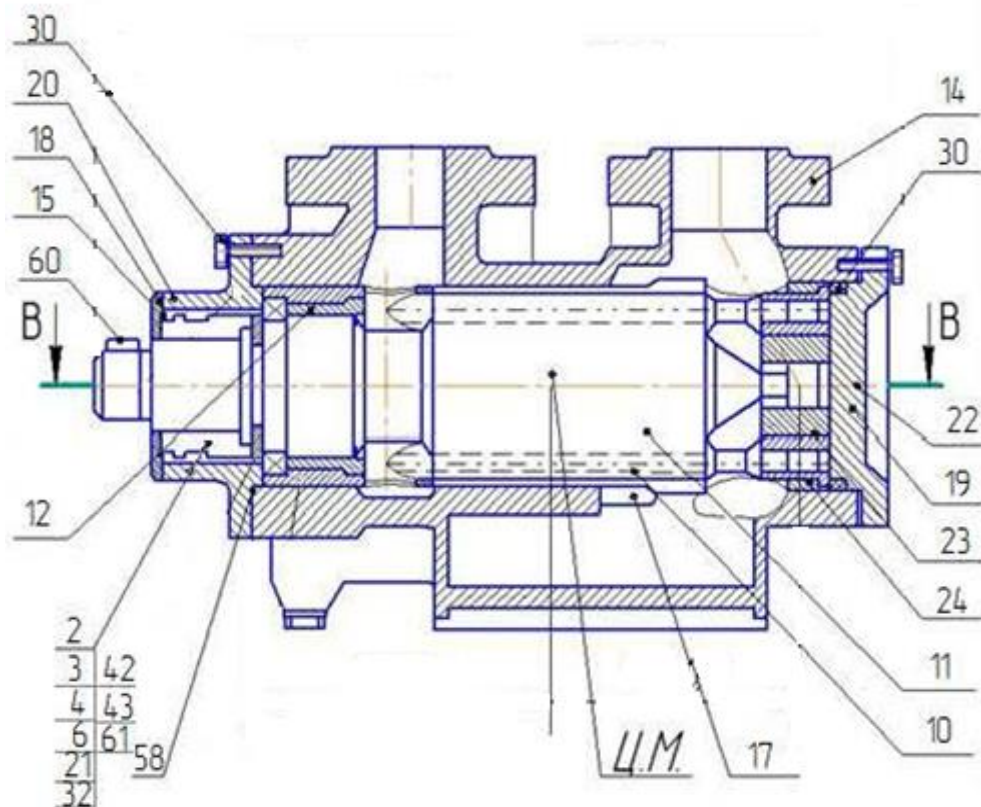
Розвантаження від вісьового зусилля здійснюється за допомогою поршнів на кінцях ведучого та ведених гвинтів. Для цього в гвинтах виконується канали певного діаметру. Крім поршнів на ведучому гвинті виконується утовщення, яке розвантажує, частково вісьове зусилля, служить підшипником ковзання та щільним 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 вісьовому напрямі при запуску насоса. Для того щоб загальмувати рух гвинтів та недати їм зштовхнутися 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 різке звуження та різке розширення. Втрати напіру по довжині каналу знехтують у зв'язку з розмірами каналу. Рідина, яка проходить крізь ущільнення вздовж утовщення, потрапляє до порожнини та створює тиск на торцеве ущільнення. Тиск на п'яту,

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

яка обертається сумісно з валом, та треться о нерухомий підп'ятник визначається середньою швидкістю. Для того щоб тиск не став більшим припустимого, крізь канал в кришці, рідина 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 противдарного 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 менше, або таку ж величину. Знаючи швидкість руху кульки та витрати крізь канал, можливо вирахувати розміри кульки та зовнішній діаметр пружини.

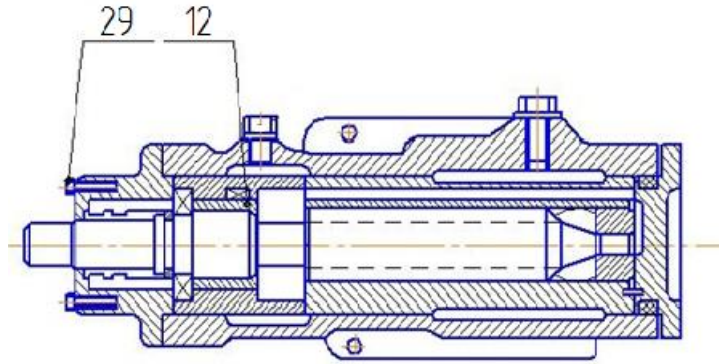
По зусиллю, яке витримує пружина при зігнутому клапані, та в робочому стані, можливо знайти діаметр проволочи. По довідковим даним, знаючи жорсткість одного витка аналогічної пружини, знаходимо кількість витків та висоту пружини. Знаючи розміри гвинтів, тиск та матеріал знаходимо товщину корпусу, кришки, діаметр шпильок.



Малюнок 2 - Схема трёхгвинтового насоса.

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

*B-B*



Малюнок 3 - Схема трьохгвинтового насоса.

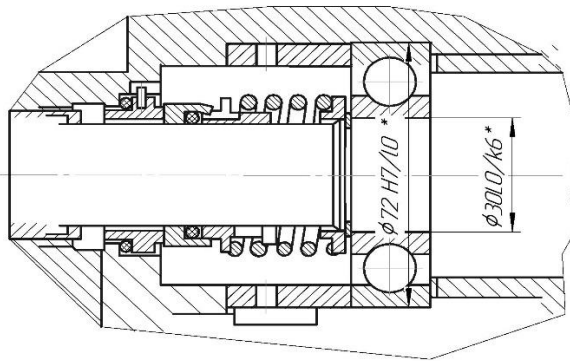
Ущільнення, представлене на мал. 2, складається з під'ятника 2 зі штифтом 61, який заходить в паз кришки сальника, п'яти 3, втулки упорної 4, пружини 6, кільця упорного 21 і гумових ущільнених кілець 42, 43. Упорна втулка 4 зафіксована на ведучому гвинті 11 штифтом 32, який дає їй можливість переміщатися 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.

Инв. №пол.	Полп. и дата	Взаим. инв.	Инв. №пол.	Полп. и дата	Лист

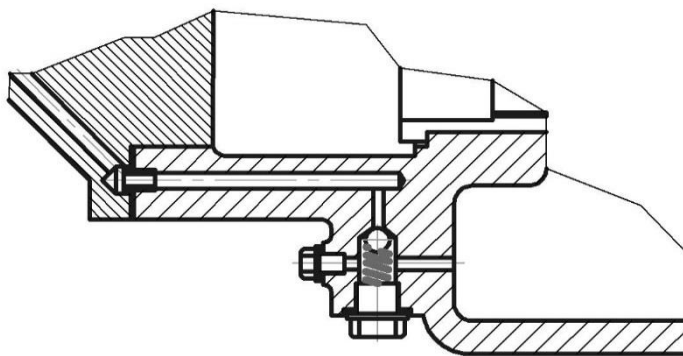
## 2. Гідралічні розрахунки

### 2.1 Розрахунок гвинтів трьохгвинтового насоса

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



Малюнок 4-Торцеве стовщення.



Малюнок 5- Переливний клапан.

$$d_{зв} = \sqrt[3]{\frac{Q_{факт} \cdot 60}{\eta \cdot 4,15}} \quad (1)$$

$$d_{зв} = \sqrt[3]{\frac{5,156 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{4,15 \cdot 2100}} = 32,865 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Полп и дата

Иинв №0лвб

Взаим инв

Полп и дата

Иинв №0пол

Иинв	№ докум	Полп	Дата	

Лист

де,  $Q_{\text{факт}}$  – фактична подача,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$$Q_{\text{факт}} = 5,156 \cdot 10^{-3}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$n$  – число обертів 2100 об/хв;

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

$d_{\text{зв}}$  приймаємо 32,87 мм.

2. Зовнішній діаметр ведучого гвинта:

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

$$D_{\text{зв}} = \frac{5}{3} \cdot 32,87 = 54,78 \text{ мм.}$$

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

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

3. Внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта:

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

$$d_{\text{в}} = \frac{1}{3} \cdot 32,87 = 10,955 \text{ мм.}$$

де,  $d_{\text{в}}$  – внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта, мм.

4. Крок гвинтової нарізки:

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

$$t = \frac{10}{3} \cdot 32,87 = 109,55 \text{ мм.}$$

де,  $t$  – крок гвинта, мм;

5. Довжина гвинта:

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

$$L = 2 \cdot 109,55 = 219,1 \text{ мм}$$

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

Изд. Лист № докум. Полл. Дата

Лист

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

6. Вісьова сила на ведучому гвинті:

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

$$P_1 = [2,529 \cdot 32,87^2 - 0,7854(55^2 + 22^2)] \cdot 3,466793 = -84,5 \text{ Н};$$

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;  
 $p = 3466793$  Па.

7. Вісьова сила на веденому гвинті:

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

$$P_2 = (0,4193 \cdot 32,87^2 - 0,7854 \cdot 22^2) \cdot 3,466793 = 252,228 \text{ Н};$$

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

8. Сумарне вісьове зусилля:

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

$$P_{\text{вісь}} = -84,5 + 2 \cdot 252,228 = 419,956 \text{ Н};$$

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

9. Опорна поверхня веденого гвинта:

$$f_{o.n} = 1,326 \cdot z \cdot d_{зв}^2 \quad (9)$$

$$f_{o.n} = 1,326 \cdot 2 \cdot 0,003286^2 = 2,864 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

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

10. Радіальне зусилля:

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

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





1. Глибина нарізки:

$$\Delta = R_3 - R_B \quad (14)$$
$$\Delta = 27,39 - 16,44 = 10,95 \text{ мм};$$

де,  $\Delta$  - глибина нарізки, мм;

$R_3$  – зовнішній радіус веденого гвинта;

$R_3$  – 27,39 мм;

$R_B$  – внутрішній діаметр веденого гвинта, мм;

$R_B$  – 16,44 мм.

2. Крок розбивки глибини нарізки:

$$\Delta' = \frac{\Delta}{i} \quad (15)$$
$$\Delta' = \frac{10,95}{8} = 1,37 \text{ мм}.$$

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

$i$  – 8 кіл;

3. Визначення радіуса, точок поділу нарізки:

$$R_1 = R_B + n \cdot \Delta' \quad (16)$$
$$R_0 = 16,44 + 0 \cdot 1,37 = 16,44;$$
$$R_1 = 16,44 + 1 \cdot 1,37 = 17,81;$$
$$R_2 = 16,44 + 2 \cdot 1,37 = 19,18;$$
$$R_3 = 16,44 + 3 \cdot 1,37 = 20,55;$$
$$R_4 = 16,44 + 4 \cdot 1,37 = 21,92;$$
$$R_5 = 16,44 + 5 \cdot 1,37 = 23,29;$$
$$R_6 = 16,44 + 6 \cdot 1,37 = 24,66;$$
$$R_7 = 16,44 + 7 \cdot 1,37 = 26,03;$$
$$R_8 = 16,44 + 8 \cdot 1,37 = 27,4.$$

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

$$\alpha = \arccos \left( \frac{A^2 + r_H^2 - R^2}{2 \cdot r_H \cdot A} \right), \quad (17)$$

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

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

$$r_H = \frac{d_{зв}}{2}$$

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

Полп и дата
Индв №полуб
Взаим инв
Полп и дата
Индв №полуб

Индв №полуб	Полп и дата	Индв №полуб	Полп и дата	Индв №полуб	Полп и дата	Индв №полуб	Полп и дата	Лист
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------

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

$$\alpha_0 = \arccos\left(\frac{32,87^2 + 16,44^2 - 16,44^2}{2 \cdot 16,44 \cdot 32,87}\right) = 1,41^\circ; \quad (19)$$

$$\alpha_1 = 17,005^\circ;$$

$$\alpha_2 = 25,324^\circ;$$

$$\alpha_3 = 30,792^\circ;$$

$$\alpha_4 = 36,371^\circ;$$

$$\alpha_5 = 41,593^\circ;$$

$$\alpha_6 = 46,599^\circ;$$

$$\alpha_7 = 51,476^\circ;$$

$$\alpha_8 = 56,281^\circ.$$

$$\gamma_0 = \arccos\left(\frac{32,87^2 + 16,44^2 - 16,44^2}{2 \cdot 16,44 \cdot 32,87}\right) = 1,41^\circ; \quad (20)$$

$$\gamma_1 = 15,66^\circ;$$

$$\gamma_2 = 20,887^\circ;$$

$$\gamma_3 = 24,176^\circ;$$

$$\gamma_4 = 26,408^\circ;$$

$$\gamma_5 = 27,943^\circ;$$

$$\gamma_6 = 28,972^\circ;$$

$$\gamma_7 = 29,611^\circ;$$

$$\gamma_8 = 29,938^\circ.$$

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

$$\beta_1 = \alpha_1 - \gamma_1, \quad (21)$$

$$\beta_1 = 17,005^\circ - 15,66^\circ = 1,345^\circ;$$

$$\beta_2 = 4,437^\circ;$$

$$\beta_3 = 6,16^\circ;$$

$$\beta_4 = 9,963^\circ;$$

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

$$\beta_6 = 17,627^\circ;$$

$$\beta_7 = 21,865^\circ;$$

$$\beta_8 = 26,343^\circ.$$

## 2.3 Розрахунок ведучого гвинта

1. Діаметр напірного патрубку:

$$d_H = \sqrt{\frac{4Q}{\pi[v]_H}} \quad (22)$$

Полп и дата
Инв. № обл.
Взаим. инв.
Полп и дата
Инв. № пол.

Лист

Из Лист. № докум. Полп. Дата







$$V_{ГВ1} = 2,732 \cdot 10^{-3} \cdot 219,1 = 5,988 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

де,  $V_{ГВ1}$  – об'єм різальної частини;  
 $f_{ГВ1}$  – площа нарізної частини;  
 $f_{ГВ1} = 2,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$

15. Маса ведучого гвинта:

$$m_{ГВ1} = (V_{25} + V_{55} + V_{ГВ1}) \cdot \rho_{ст} \quad (35)$$

$$m_{ГВ1} = (0,172 \cdot 10^{-3} + 8,72 \cdot 10^{-5} + 5,988 \cdot 10^{-4}) \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 6,69 \text{ кг.}$$

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:

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

$$V_{ГВ2} = 4,53 \cdot 10^{-4} \cdot 288,89 \cdot 10^{-3} + \frac{3,14 \cdot 0,03287^2}{4} \cdot 88,43 \cdot 10^{-3} = 2,06 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

де  $L_{ГВ2} = L + d_H = 219,1 \cdot 10^{-3} + 69,79 \cdot 10^{-3} = 288,89 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$

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

18. Маса веденого гвинта:

$$m_{В2} = V_{ГВ2} \cdot \rho_{ст} \quad (38)$$

$$m_{ГВ2} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 1,61 \text{ кг.}$$

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

19. Площа гвинтів:

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

Полл и дата
Инь №полл
Взаим. инв.
Полл и дата
Инь №полл

Инь №полл	Полл	Дата	Лист
Инь №полл	Полл	Дата	Лист

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

де,  $F_{\text{ГВ}}$  – площа гвинта.

20. Швидкість гальмування:

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

$$v_{\text{Гал}} = \frac{5,156 \cdot 10^{-3}}{36,36 \cdot 10^{-4}} = 1,418 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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:

$$\Delta P_{\text{Гал1}} = \frac{m_{\text{ГВ1}} \cdot \frac{v_{\text{Гал}}^2}{2}}{l_{\text{Гал}} \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad (42)$$

$$\Delta P_{\text{Гал1}} = \frac{6,69 \cdot 1,005362}{11 \cdot 10^{-3} \cdot 0,037994} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

де,  $\Delta P_{\text{Гал1}}$  – тиск гальмування ведучого гвинта;

$l_{\text{Гал}}$  – довжина шляха гальмування;

$m_{\text{ГВ1}}$  – маса ведучого гвинта.

23. Діаметр отвору діафрагми ведучого гвинта:

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

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

$$\theta_{\text{діаф}} = \frac{3,14 \cdot 0,022^2}{4} \cdot 1,418 = 0,00054$$

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



$$d_{\text{діаф}1} = d_2 \sqrt{\frac{v_{\text{гал}}}{\mu \frac{\sqrt{2\Delta P_{\text{гал}1}}}{\rho}}} \quad (45)$$

$$d_{\text{діаф}1} = 22 \sqrt{\frac{1,418}{0,82 \sqrt{\frac{2 * 1,6 * 10^6}{1000}}} = 3,85 * 10^{-3}}$$

де,  $d_{\text{діаф}1}$  – діаметр отвору діафрагми ведучого гвинта;  
 $\mu$  – коефіцієнт витрат діафрагми;

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

$\rho$  – щільність води;

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

24. Тиск гальмування веденого гвинта:

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

$$\Delta P_{\text{гал}2} = \frac{1,61 \frac{1,418^2}{2}}{11 \cdot 10^{-3} \frac{3,14 \cdot 0,022^2}{4}} = 0,387 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

де,  $\Delta P_{\text{гал}2}$  – тиск гальмування ведучого гвинта;  
 $m_{\text{гв}2}$  – маса веденого гвинта.

25. Діаметр діафрагми веденого гвинта:

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

$$d_{\text{діаф}2} = 22 \sqrt{\frac{1,418}{0,82 \sqrt{\frac{2 * 0,387 * 10^6}{1000}}} = 5,49 * 10^{-3}}$$

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

Полл и дата
Инь № полуб
Взаим инв
Полл и дата
Инь № полл

## 2.4 Розрахунок переливного клапану

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

$D_{\text{під}} = 36$  мм;

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

$d_{\text{під}} = 30$  мм;

$D_{\text{п'яти}}$  – діаметр п'яти;

$D_{\text{п'яти}} = 39$  мм;

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

$d_{\text{п'яти}} = 28$  мм;

1. Середня колова швидкість:

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

$$v_{\text{ср}} = \left( \frac{30 + 36}{2} \right) \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{2100}{60} = 3,6 \text{ м/с.}$$

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

2. Площа контакту ущільнення підп'ятника:

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

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

де,  $f_{\text{під}}$  – площа контакту 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 контакту п'яти.

Полп и дата

Инь №олуб

Взаим инв

Полп и дата

Инь №пол

Лист



$[v]$  – припустима швидкість в каналі

$$[v] = 3,627 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

8. Критична швидкість руху кільця пружини:

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

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

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

$$\tau_{\text{зд}} = 0,3 \cdot v_{\text{в}} = 630 \text{ МПа};$$

$b_{\text{п}}$  – розмір зазора;

$$b_{\text{п}} = 0,1 \text{ мм};$$

$$v_{\text{в}} = 2100 \text{ МПа};$$

$\sigma$  – модуль здвигу  $8 \cdot 10^{10}$  Па;

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

9. Діаметр кульки та сідла:

$$d_{\text{с}} = d_{\text{кан}}; \quad (56)$$

$$d_{\text{с}} = 0,00652 = 6,52 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$d_{\text{кул}} = \sqrt{\frac{4\Delta Q}{\pi V_{\text{кр}}}}; \quad (57)$$

$$d_{\text{кул}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 121 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 1,76}} = 9,36 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

де,  $d_{\text{кул}}$  – діаметр кульки;

$d_{\text{с}}$  – діаметр.

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



$$p_3 = \frac{101,79}{1 - 0,1} = 113,1 \text{ Н.}$$

де,  $p_3$  – сила максимальної деформації;  
 $\delta_{II}$  – перший квалітет;  
 $\delta_{II} = 10\% = 0,1\text{мм.}$

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:

$$z = \frac{p_2 - p_1}{h_k} \quad (63)$$

$$z = \frac{101,79 - 49,39}{105,1 \cdot 10^{-6}} = 498,573 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

де,  $z$  – жорсткість пружини;

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

16. Робоче число гвинтів:

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

$$n = \frac{498,573 \cdot 10^3}{65,95 \cdot 10^3} = 7,56 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

де,  $n$  – робоче колесо витків.

### 3. Розрахунок на міцність

Підшипник №306

$D=30 \text{ м}$ ,  $B=19 \text{ м}$ ,  $C=22000 \text{ кгс}$ ,  $C_0 = 1510 \text{ кгс}$ .

1. Еквівалент навантаження:

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

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

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

$$P_0 = 1 \cdot 5246 + 0 \cdot 420 = 5246 \text{ Н.}$$

$$\text{де } F_r = R_r = 5246 \text{ Н,}$$

$$F_a = P_{\text{вісь}} = 420 \text{ Н,}$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{420}{5246} = 0,08;$$

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

де,  $P_0$  – еквівалентне статичне навантаження;

$R_r$  – радіальне зусилля;

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

2. Номінальне довголіття:

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

$$L = \left( \frac{22000}{5246} \right)^3 = 73,75 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

де,  $L$  – номінальна довговічність;

$c$  – статичне навантаження підшипника.

3. Годинне довголіття:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} \quad (67)$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 73,75}{60 \cdot 2100} = 585,32 \text{ год.}$$

де,  $L_h$  – годинна довговічність.

4. Товщина стінки обійми:

$$\delta_0 = 0,1 \cdot 3d_3; \quad (68)$$

$$\delta_0 = 0,1 \cdot 3 \cdot 32,87 = 9,86 \text{ мм;}$$

де,  $\delta_0$  – товщина стінки обійми;

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

5. Товщина стінки корпусу:

$$\delta_{\text{кор}} = \left( \frac{3 \cdot d_3}{2} + \delta_0 \right) \sqrt{\left( \frac{[\sigma_p] + 0,4 \cdot P}{[\sigma_p] - 1,3 \cdot P} - 1 \right)} + a; \quad (69)$$

$$\delta_{\text{кор}} = \left( \frac{3 \cdot 32,87}{2} + 9,86 \right) \left( \sqrt{\frac{250 \cdot 10^5 + 0,4 \cdot 3,46 \cdot 10^6}{250 \cdot 10^5 - 1,3 \cdot 3,46 \cdot 10^6} - 1} \right) + 5 = 12,95 \text{ мм};$$

де,  $\delta_{\text{кор}}$  – товщина стінки корпусу;

$[\sigma_p]$  – припустиме напруження на розтягування;

$$[\sigma_p] = 250 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$a$  – літійний припуск;

$$a = 5 \text{ мм};$$

6. Товщина кришки:

$$\delta_{\text{кр}} = \left( \frac{3 \cdot d_3}{2} + \delta_0 \right) \sqrt{\frac{0,75 \cdot P}{[\sigma_p]}}; \quad (70)$$

$$\delta_{\text{кр}} = \left( \frac{3 \cdot 32,87}{2} + 9,86 \right) \sqrt{\frac{0,75 \cdot 3,46 \cdot 10^6}{250 \cdot 10^5}} = 19 \text{ мм};$$

де,  $\delta_{\text{кр}}$  – товщина кришки.

Розрахунок шпильки

1. Внутрішня сила тиску:

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

$$R_i = 3,46 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot \left( \frac{3 \cdot 32,87}{2} + 9,86 \right)^2 = 38031 \text{ Н};$$

де,  $R_i$  – внутрішня сила тиску;

2. Сила контакту в ущільненні:

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

Полп и дата

Инь №полуб

Взаим инв

Полп и дата

Инь №пол

Лист

Иэ Лист № докум Полп Дата





## 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.

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

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



## Будова гвинтового насоса

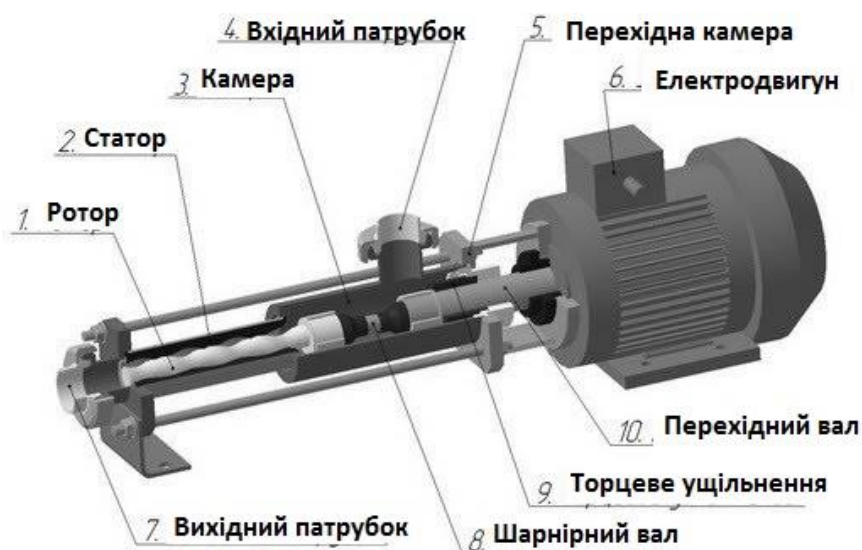


Рис.6 - Будова гвинтового насоса

### 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	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	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 корпусу 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.

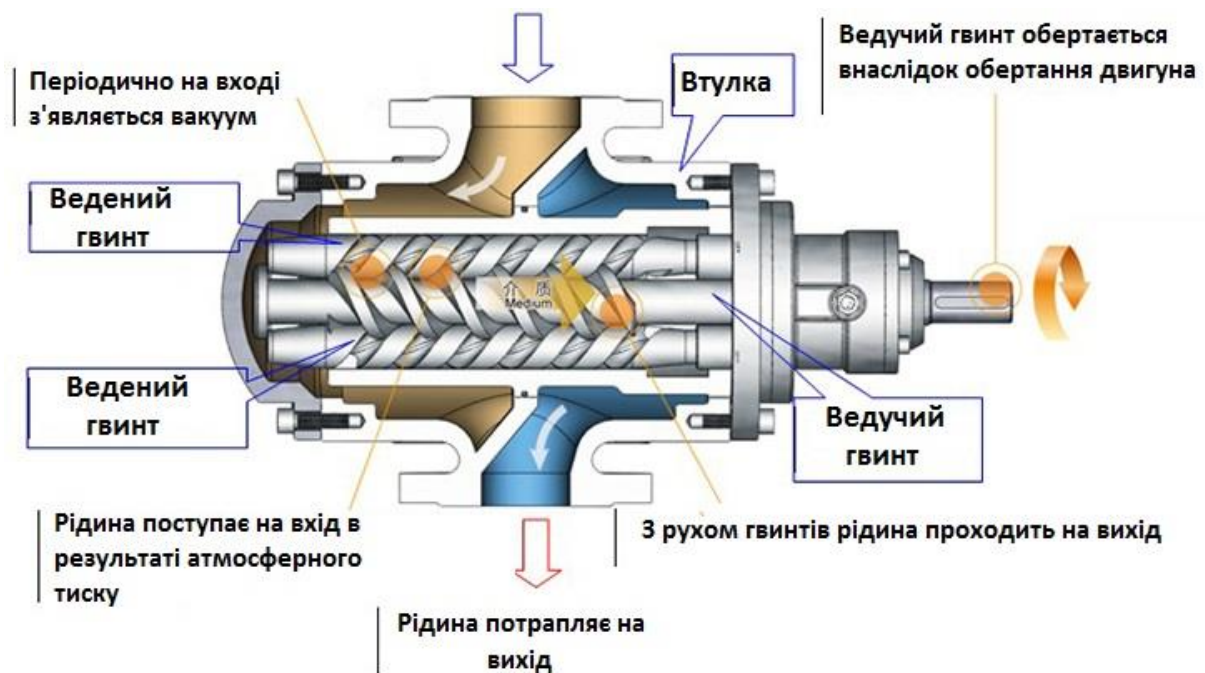
- Гвинтові помпи належать до категорії самоусмоктувальних, при цьому глибина всмоктування може досягати 8,5 м. До наявності вільного газу в середовищі, що перекачується проявляють абсолютну байдужість.
- Конструкція агрегату є надзвичайно простою і включає тільки одну рухому деталь. Клапани та інші елементи, 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.



Полп и дата
Инв. № обл.б
Взаим. инв.
Полп и дата
Инв. № полп

Из Лист № докум	Полп	Дата	Лист
-----------------	------	------	------

## 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.

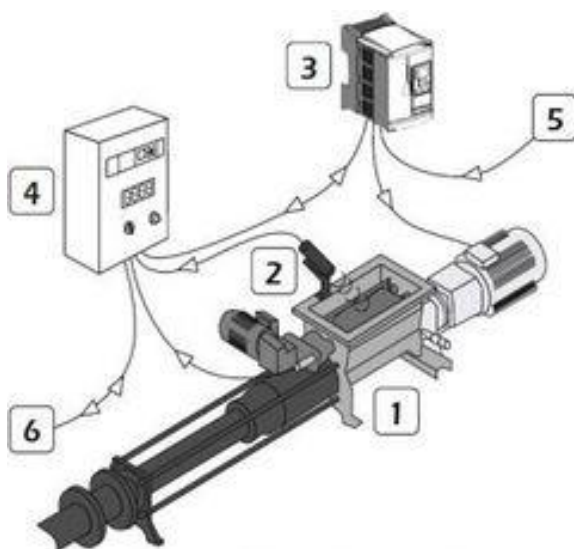


Рис.7 Типова схема підключення насоса

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

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

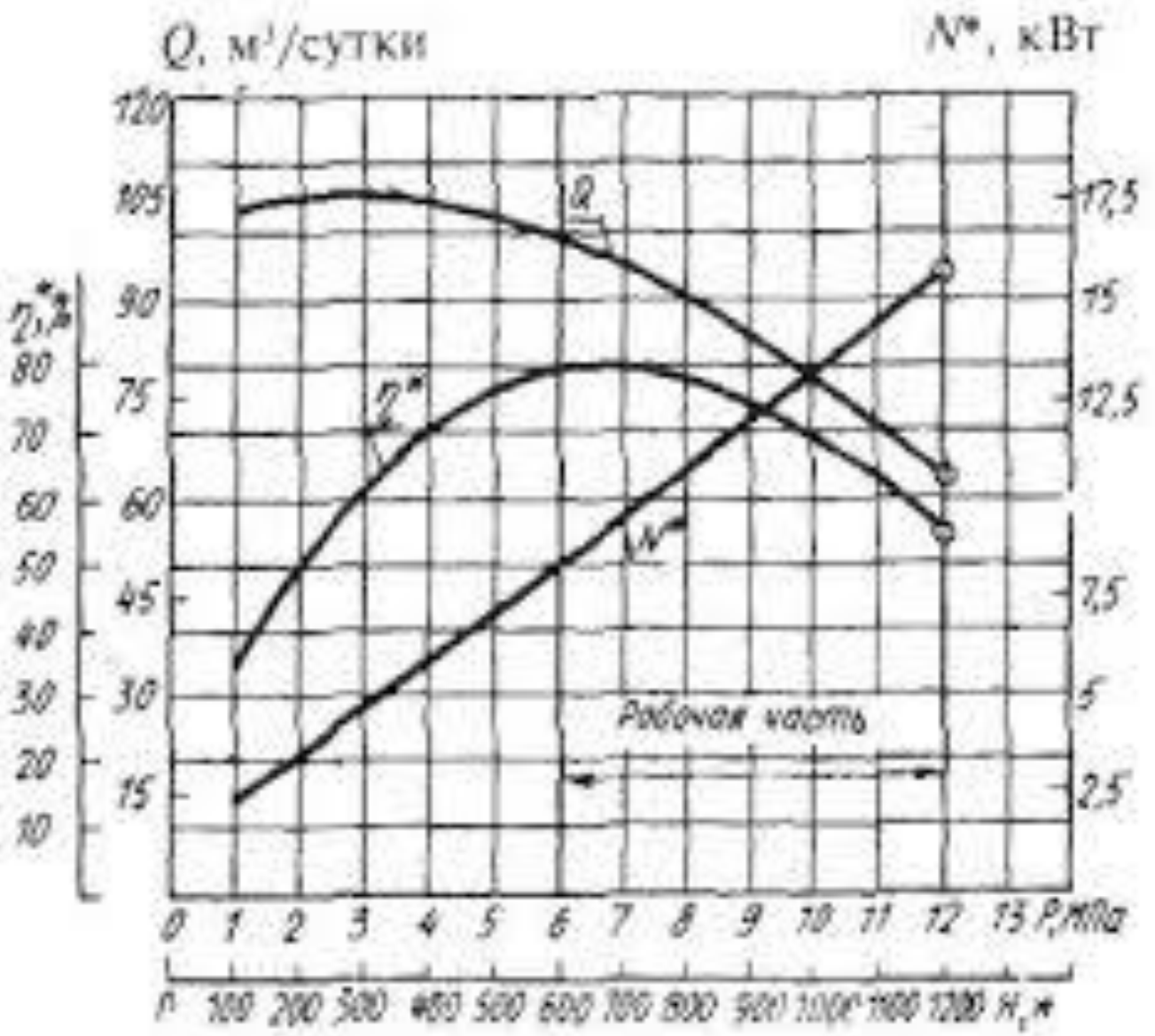


Рис-8.Робочі характеристики гвинтових насосів

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

Изд.	Лист	№ докум.	Полл.	Дата	Лист
------	------	----------	-------	------	------



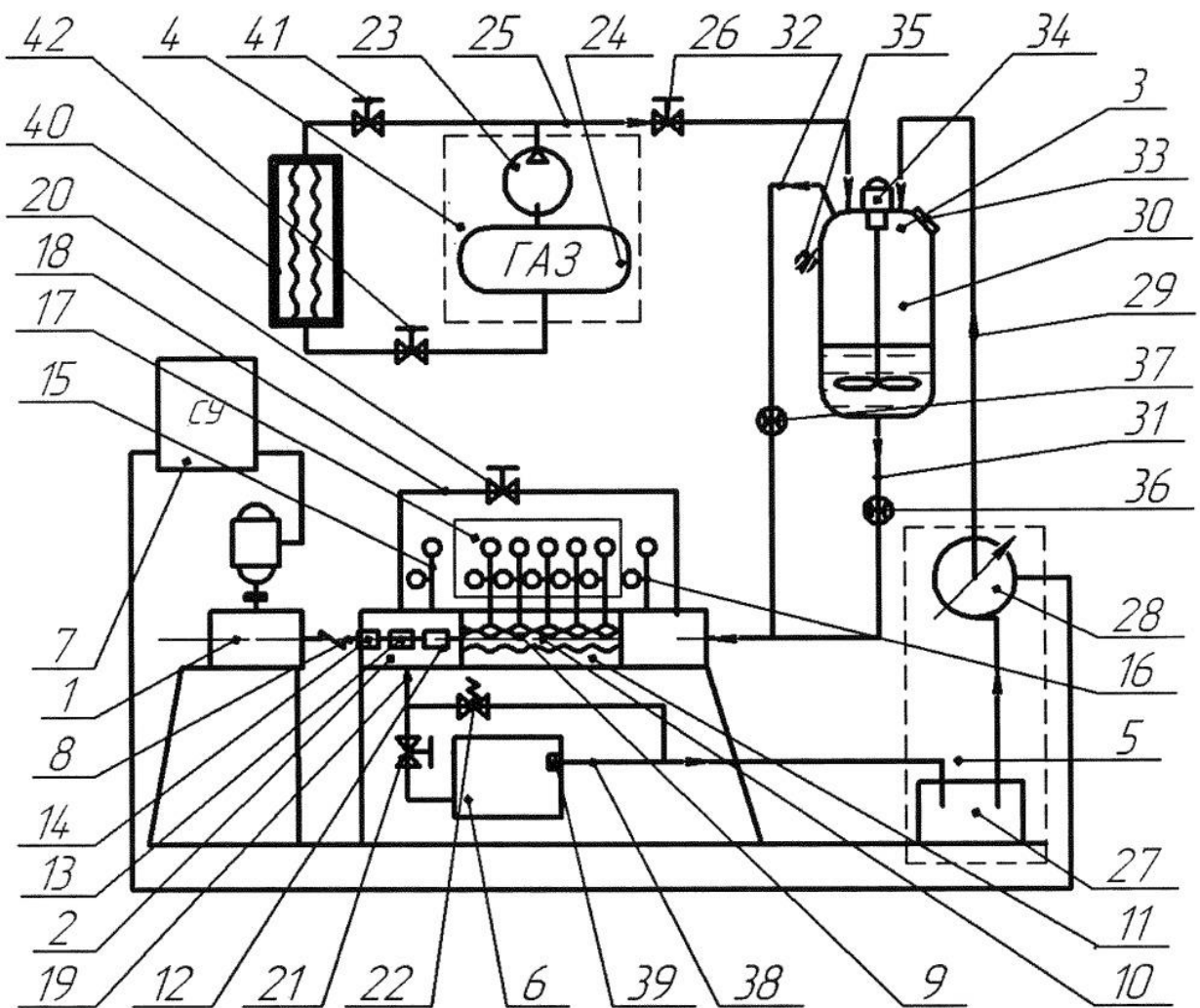


Рис.9 Стенд для випробування гвинтових насосів

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 №олуб

Взаим инв

Полп и дата

Индв №полп

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	УЭВН	УЭВН	УЭВН	УЭВН	УЭВН
	5-16-1200	5-25-1000	5-63-1200	5-100-1000	5-100-1200	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 - Технические характеристики установок

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

Лист

Инд. Лист. № докум. Полл. Дата



