**Практична робота № 8**

**Тема:** Розрахунок і підбір насосного обладнання для забезпечення водопостачання приватного будинку зі свердловини.

**Мета:** Навчитися підбирати занурювальні насоси для свердловин з урахуванням параметрів, визначити тип і мінімальний переріз електричного кабелю для підключення насоса, розвинути практичні навички у використанні гідравлічних і електротехнічних розрахунків для вибору оптимального насосного обладнання та супутніх компонентів.

**Хід роботи:**

1. Провести аналіз початкових даних свердловини і будинку.
2. Виконати розрахунки для вибору насоса, що забезпечує водопостачання відповідно до вимог.
3. Розрахувати мінімальний об’єм гідроакумулятора для заданих умов.
4. Розрахувати тип і переріз кабелю для підключення насоса.
5. Узагальнити отримані результати у вигляді рекомендацій для практичного застосування.

**Приклад виконання завдання:**

**Підбір насоса для свердловини:**

*Вихідні дані:*

*Глибина свердловини: 40 м.*

*Статичний рівень: 10 м.*

*Динамічний рівень: 20 м.*

*Горизонтальна ділянка труби: 40 м.*

*Пікове водоспоживання: 1,5 м³/год (25 л/хв).*

*Номінальний тиск у будинку: 2,5 атм (25 м водяного стовпа).*

Формула для розрахунку напору насоса:

$$Н\_{насоса}=Н\_{гео}+Н\_{тр}+Н\_{дод},$$

де:

$Н\_{гео}$ – геодезична висота.

$Н\_{тр}$ – втрати на тертя в трубах.

$Н\_{дод}$ – необхідний тиск у будинку.

**Розрахунок:**

1. **Геодезична висота** $(Н\_{гео})$**:** Це висота підйому води від динамічного рівня до будинку:

$$Н\_{гео}=20 м,$$

1. **Втрати на тертя в трубопроводах (**$Н\_{тр})$**:** Визначаються довжиною труб і їх опором.

Довжина трубопроводу:

$$L=40 м \left(горизонтально\right)+20 м \left(вертикально\right)=60 м.$$

Опір для пластикової труби діаметром 32 мм:

$$R=0,25 м/м$$

$$Н\_{тр}=R∙L=0.25∙60=15 м.$$

1. **Додатковий тиск (**$Н\_{дод}$**​):** Потрібний тиск у системі (2,5 атм або 25 м):

$$Н\_{дод}=25 м$$

1. Загальний напір насоса (HнасосаH\_{насоса}Hнасоса​):

$$Н\_{насоса}=Н\_{гео}+Н\_{тр}+Н\_{дод}=20+15+25=60 м.$$

Висновок:

Потрібен насос із напором 60 м і продуктивністю 1,5 м³/год.

**Рекомендовані насоси**

1. **Grundfos SQ 2-55:**
	* Продуктивність: до 2 м³/год.
	* Напір: до 55 м.
	* Переваги: захист від сухого ходу, м'який старт.
2. **Pedrollo 4SR1m/13-P:**
	* Продуктивність: до 2 м³/год.
	* Напір: до 70 м.
	* Переваги: корпус із нержавіючої сталі, енергоефективність.
3. **Wilo Actun First 4-inch:**
	* Продуктивність: до 3 м³/год.
	* Напір: до 100 м.
	* Переваги: стійкість до піску, висока надійність.

**Розрахунок мінімального об'єму гідроакумулятора:**

*Вихідні умови:*

*Пікове водоспоживання: 1,5 м³/год (25 л/хв).*

*Кількість запусків насоса: не більше 20 за годину.*

*Мінімальний запас води: 80 л.*

1. Розрахунок об’єму гідроакумулятора за кількістю запусків:

$$V=\frac{Q}{1-\frac{P\_{1}}{P\_{2}}},$$

де:

V – об’єм гідроакумулятора (л).

Q – обсяг води, що витрачається за один цикл роботи насоса (л).

$P\_{1}$– мінімальний тиск у системі (атм) - 2,5атм – це мінімальне значення для комфортного використання води в приватному будинку.

$P\_{2}$ – максимальний тиск у системі (атм) - 3,5атм – тиск відключення насоса (рекомендовано на 1 атм вище).

$$Q=\frac{Пікове споживання}{Кількість запусків за годину}$$

Для насоса, що забезпечує 1,5 м³/год (25 л/хв), і максимум 20 запусків за годину:

$$Q=\frac{25}{20}=1,25\frac{л}{хв}$$

$$V=\frac{1,25}{1-\frac{2,5}{3,5}}=4,37 л$$

Однак цей об’єм стосується тільки розрахунків для мінімізації запусків і виключає запас води.

2. Розрахунок об’єму гідроакумулятора за запасом води:

Ефективний об’єм залежить від:

$$V\_{ефективний}=V\_{гідроакумулятора}∙(1-\frac{P\_{1}}{P\_{2}})$$

де:

$V\_{ефективний}=80 л $

$\frac{P\_{1}}{P\_{2}}=0,714$

$$V\_{гідроакумулятора}=\frac{80}{1-0,714}=280 л$$

**Висновок**

Об’єм гідроакумулятора визначається більшим із двох розрахунків:

* Для мінімізації запусків: **4,37 л** (не достатньо для забезпечення запасу води).
* Для запасу води: **280 л**.

Рекомендований об’єм: **280 л** для оптимального функціонування системи і забезпечення запасу води. Для нашої системи рекомендується встановити гідроакумулятор об’ємом від **100 л** (мінімум) до **280 л** (оптимально) залежно від потреб.

*Розрахунок пікового споживання:*

$$Q\_{Пікове споживання}=\sum\_{i=1}^{n}q\_{i}$$

де:

$Q\_{Пікове споживання}$​ – загальне пікове споживання (л/хв або м³/год).

$q\_{i}$​ – витрата води окремого споживача (л/хв).

n– кількість споживачів.

**Типові витрати води для різних пристроїв:**

|  |  |
| --- | --- |
| **Споживач** | **Витрата води (**$q\_{i}$ л/хв) |
| Кран у ванній кімнаті | 6–8 |
| Кран на кухні | 8–10 |
| Душова кабіна | 10–15 |
| Ванна | 15–20 |
| Пральна машина | 10–15 |
| Посудомийна машина | 10–12 |
| Поливальний кран | 15–25 |

*Приклад розрахунку:*

У вашому будинку є такі споживачі:

2 крани (один у ванній, один на кухні): 2×8=16 л/хв

1 душова кабіна: 12 л/хв

1 пральна машина: 10 л/хв

1 поливальний кран: 20 л/хв

Сумарне пікове споживання:

$$Q\_{Пікове споживання}=16+12+10+20=58\frac{л}{хв}.$$

У годинах:

$$Q\_{Пікове споживання}=\frac{58}{60}=0,97 м^{3}/год$$

На практиці всі споживачі рідко працюють одночасно. Тому застосовують коефіцієнт одночасності ($К\_{Одночасності}=0,6 до 0,8$), який враховує ймовірність одночасної роботи споживачів.

Кориговане пікове споживання:

$$Q\_{Кор. пікове}=Q\_{Пікове споживання}∙К\_{Одночасності}=58∙0,7=40,6\frac{л}{хв} або 0,68 м^{3}/год$$

*Формула для розрахунку кількості запусків:*

$$N=\frac{Q\_{ споживання}}{V\_{ефектинвий}}$$

де:

N – кількість запусків насоса за годину (разів/год).

$Q\_{ споживання}$– середня витрата води системою (л/год).

$V\_{ефектинвий}$ – об’єм води, що подається з гідроакумулятора між мінімальним і максимальним тиском (л).

$$V\_{ефективний}=V\_{гідроакумулятора}∙(1-\frac{P\_{1}}{P\_{2}})$$

Приклад:

Для гідроакумулятора об’ємом 50 л, P1=2,5 атм, P2=3,5 атм:

$$V\_{ефективний}=V\_{гідроакумулятора}∙\left(1-\frac{P\_{1}}{P\_{2}}\right)=50∙0,286=14,3 л$$

$$Q\_{ споживання}=Q\_{ пікове}∙К\_{використання}$$

де:

$Q\_{ пікове}$​ – пікове споживання води (л/хв або м³/год), обчислене раніше.

$К\_{використання}$​ – коефіцієнт тривалості використання системи (зазвичай 0,3–0,6).

$$Q\_{ споживання}=58∙0,4=23,2 л/хв$$

Переведемо в літри на годину:

$$Q\_{ споживання}=23,2∙60=1392 л/год$$

Кількість запусків:

$$N=\frac{Q\_{ споживання}}{V\_{ефектинвий}}=\frac{1392}{14,3}=97 разів/год$$

Це занадто велике значення, тому слід збільшити об’єм гідроакумулятора.

*Збільшення гідроакумулятора:*

Для зменшення кількості запусків до оптимального рівня (20–30 запусків/год):

$$V\_{гідроакумулятора}=\frac{Q\_{ споживання}}{N∙\left(1-\frac{P\_{1}}{P\_{2}}\right)}=\frac{1392}{20∙0,286}=243 л$$

 Для забезпечення оптимальної роботи системи з обмеженням до 20 запусків/год, гідроакумулятор має бути об’ємом **240–250 л**. Якщо об’єм гідроакумулятора менший, кількість запусків насоса збільшиться, що скоротить його ресурс.

 **Підбір кабелю для підключення насоса:**

*Умови:*

*Потужність насоса: 1,1 кВт.*

*Напруга: 220 В.*

*Довжина кабелю: 80 м.*

Формула для розрахунку струму:,

$$І=\frac{Р}{U∙\cos(φ)}=\frac{1100}{220∙0.9}=5,56 A,$$

де:

$Р$ – потужність насоса (Вт або кВт). Значення береться з технічного паспорта насоса.

U – напруга (В): зазвичай 220 В для однофазних насосів.

$\cos(φ)$– коефіцієнт потужності (зазвичай 0,85–0,95 для насосів).

Формула для розрахунку падіння напруги:

$$∆U=I∙R∙L$$

де:

$∆U$ – падіння напруги (В).

I – сила струму (А).

R – питомий опір кабелю (Ом/м), залежить від матеріалу і перерізу.

L – довжина кабелю в обидва боки (м).

Допустиме падіння напруги:

$$∆U\leq 220⋅0,05=11В$$

Опір мідного кабелю залежить від перерізу:

Для 2,5 мм2:$R=0,0175 Ω/м$

Для 4 мм2:$R=0,011 Ω/м$

Довжина кабелю (L) враховується як подвоєна довжина, оскільки струм проходить у два боки (до насоса і назад до джерела):

$$L=80∙2=160 м$$

Втрати для кабелю 2,5 мм2:

$$∆U=5,56∙0,0175∙160=15,61 В$$

 Це перевищує допустиме значення (11 В), тому кабель2,5 мм2 не підходить.

Втрати для кабелю 4 мм2:

$$∆U=5,56∙0,011∙160=9,81 В$$

Це значення менше допустимих 11 В, тому кабель 4 мм2 підходить.

**Рекомендований кабель:**

Для насоса 1,1 кВт на довжину 80м :

**Переріз**: 4 мм2

**Тип кабелю**: мідний оскільки мідь має низький опір і найчастіше використовується для насосів, а алюміній хоч і дешевший, але має вищий опір і вимагає збільшення перерізу. Для свердловинних насосів потрібні герметичні кабелі, стійкі до вологи та температурних змін (наприклад герметичний H07RN-F).