



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29320 (13) U
(51) МПК (2006)
F04D 15/00
F04B 51/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ СВЕРДЛОВИННОГО НАСОСА ДЛЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

1

2

(21) u200710077

(22) 10.09.2007

(24) 10.01.2008

(72) ЧОРНИЙ АНАТОЛІЙ ПЕТРОВИЧ, UA

(73) ЧОРНИЙ АНАТОЛІЙ ПЕТРОВИЧ, UA

(56)

(57) 1. Спосіб оптимізації вибору свердловинного насоса для системи водопостачання, що включає вибір за максимальним дебітом свердловини та характеристику трубопроводу, на який він працює, який **відрізняється** тим, що одночасно з визначенням максимальної продуктивності насоса за фактичним максимальним дебітом свердловини на час вибору, який у свою чергу визначають за її фактичною характеристикою динамічного рівня, одержаною шляхом прокачки цієї свердловини будь-яким подібним вибираним насосом з максимальною продуктивністю і напором, що не менші максимальної продуктивності та динамічного рівня свердловини, визначених за її паспортною характеристикою, за фактично зміряним відповідними приладами окремим параметром визначають фактичні загальні характеристики водопідйомного та мережного трубопроводів, на які працює насос, для граничних режимів роботи насоса при мініальному та максимальному водовідборах із мережі споживачами за формулами:

$$H_{mp1} = H_{геод} + H_{дин1} + H_{м1} + Q^2_{min}(S_{вп} + S_{мер1})$$

$$H_{mp2} = H_{геод} + H_{дин2} + H_{м2} + Q^2_{max}(S_{вп} + S_{мер2})$$

де: $H_{mp1,2}$ - фактичні загальні характеристики водопідйомного та мережного трубопроводів;
 $H_{геод}$ - геодезичний напір мережі, який визначається як різниця геодезичних відміток найвищої точки мережі та точки установки манометра або як показання цього манометра, який установлений між мережею та засувкою, зразу після закриття останньої;

$H_{дин1,2}$ - динамічні рівні свердловини при Q_{min} та Q_{max} , які визначають за фактичною характеристикою динамічного рівня свердловини;
 $H_{м1,2}$ - манометричні напори, які визначають за показниками штатного манометра, що

встановлений на гирлі свердловини, при Q_{min} та Q_{max} , де

$Q_{min,max}$ - продуктивності насоса при мініальному та максимальному водовідборах із мережі споживачами, які визначають за показниками витратоміра на виході із свердловини або на початку мережі;

$S_{вп}$ - опір водопідйомного трубопроводу свердловини, який визначають за формулою:

$$H_{нас} = H_{дин} + H_{м} + S_{вп}Q^2,$$

$$\text{звідки } S_{вп} = \frac{H_{нас} - H_{дин} - H_{м}}{Q^2};$$

де: $H_{нас}$ - напір насоса, що визначають за його паспортною (каталожною) характеристикою при будь-якій продуктивності Q , при якій визначають $H_{дин}$ та $H_{м}$;

$S_{мер1,2}$ - опори мережі при мініальному та максимальному водовідборах з неї споживачами, які визначають за формулою:

$$S_{мер1} = \frac{H_{м1} - H_{геод}}{Q^2_{min}};$$

$$S_{мер2} = \frac{H_{м2} - H_{геод}}{Q^2_{max}};$$

і, наносячи їх на поле Q - H паспортної (каталожної) характеристики вибраного насоса, за точками пересічення їх з нею визначають робочу зону вибраного насоса, а за положенням оптимуму його коефіцієнта корисної дії (ККД), який повинен знаходитись в межах робочої зони, остаточно вибирають типорозмір насоса.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при сумісній роботі декількох насосів на мережу на поле Q - H крім паспортних (каталожних) характеристик кожного із них спочатку розраховують і наносять характеристику їх сумісної роботи, потім фактичні характеристики динамічних рівнів кожної свердловини та граничні фактичні загальні характеристики найдовшого водопідйомного та мережного трубопроводів і за точками їх пересічення із характеристикою сумісної роботи насосів спочатку визначають

(13) U

(11) 29320

(19) UA

робочу зону сумісної роботи усіх насосів і по ній остаточно уточнюють робочі зони кожного із вибраних насосів та їх типорозміри.

3. Спосіб за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що за величиною робочої зони роботи насосів в мережі безпосередньо визначають її стан.

Корисна модель відноситься до гідромашинобудування, більш конкретно до свердловинних насосних установок і може бути використана для оптимізації їх експлуатації переважно при технічному переобладнанні та модернізації систем водопостачання, в яких насоси подають воду із свердловини безпосередньо в мережний трубопровід.

Відомий спосіб оптимізації (контролю відповідності насоса і свердловини) вибору свердловинного насоса для свердловини, що полягає у зіставленні характеристик насоса і свердловини з метою визначення його максимальної продуктивності, яка б не призводила до зниження динамічного рівня води у свердловині нижче допустимого і відповідно до зниження надійності роботи свердловинного насоса [1].

Недоліком цього відомого способу є те, що він, гарантуючи надійність роботи насоса, не визначає його оптимальність вибору для мережі трубопроводів з точки зору мінімального енергоспоживання ним через те, що не враховує його взаємозв'язок з мережею системи водопостачання, в яку насос подає воду із свердловини.

Відомий також спосіб оптимізації вибору насоса, який полягає в урахуванні взаємозв'язку його роботи з трубопроводом системи водопостачання, в який він подає воду, тобто насос і його характеристика визначається у залежності від характеристики трубопроводу системи водопостачання, яка визначається формулою

$$H_{mp} = H_{a\ddot{a}\ddot{a}} + SQ^2_{max},$$

де: H_{mp} - характеристика трубопроводу,

$H_{a\ddot{a}\ddot{a}}$ - загальна висота геометричного підйому води, S - опір трубопроводу заданої довжини та діаметра та Q_{max} - максимальна продуктивність свердловини по її паспортній характеристиці, яку визначають при завершенні будівництва нової свердловини шляхом її пробної прокачки ерліфтом. Подальше регулювання режимів роботи насоса, яке передбачається цим способом, виконується за допомогою установленної у трубопроводі на гирлі свердловини засувки шляхом її часткового закриття [2].

Недоліками цього відомого способу є те, що: по-перше - опір S трубопроводу визначається по довідковій літературі для трубопроводу заданих довжини і діаметра, коли насос з ним працюють на злив, і без урахування його стану за час експлуатації, а не для мережі з різними формами, довжинами та діаметрами трубопроводів, в яку на практиці переважно працюють насоси, і визначення опору S якої є складною

розрахунковою задачею навіть для її початкового нового стану; по-друге - максимальна продуктивність свердловини Q_{max} і відповідно її характеристика динамічного рівня з часом, як правило, можуть сильно змінюватись завдяки засміченню фільтра свердловини піском та міграції підземних вод; по-третє - регулювання режимів роботи насоса тільки засувкою призведе до суттєвих марних витрат енергії на подолання їх опору. Таким чином цей відомий спосіб - обмеженого використання, не точний і не забезпечує необхідної оптимальності вибору насоса.

В основу корисної моделі поставлено задачу; у способі оптимізації вибору свердловинного насоса для системи водопостачання шляхом урахування взаємозв'язку роботи насоса з усією системою, в якій він працює, фактичних характеристик свердловини та мережі, які є її складовими, та їх стану на час вибору насоса, одночасно з покращенням надійності роботи насоса підвищити ефективність його роботи завдяки забезпеченню роботи насоса в зоні його максимального коефіцієнта корисної дії (ККД) та розширити можливість використання способу для насосів, що працюють на будь-яку мережу.

Указана мета досягається тим, що при здійсненні способу оптимізації вибору свердловинного насоса для системи водопостачання, який полягає у його виборі по максимальному дебіту свердловини та характеристиці трубопроводу, на який він працює, одночасно з визначенням максимальної продуктивності насоса по фактичному максимальному дебіту свердловини на час вибору, який у свою чергу визначають по її фактичній характеристиці динамічного рівня, одержаній шляхом прокачки цієї свердловини будь-яким подібним вибираемому насосом з максимальними продуктивністю і напором, що не менші максимальних продуктивності та динамічного рівня свердловини, визначених по її паспортній характеристиці, по фактично заміреним відповідними приладами окремим параметрам визначають фактичні суспільні характеристики водопідйомного та мережного трубопроводів, на які працює насос, для граничних режимів роботи насоса при мінімальному та максимальному водовідборах із мережі споживачами по формулам:

$$I_{mp1} = H_{a\ddot{a}\ddot{a}} + I_{a\ddot{e}1} + I_{i1} + Q^2_{mn}(S_{a\ddot{r}} + S_{i\ddot{a}d1}),$$

$$I_{mp2} = I_{a\ddot{a}\ddot{a}} + I_{a\ddot{e}2} + I_{i2} + Q^2_{max}(S_{a\ddot{r}} + S_{i\ddot{a}d2})$$

де: $I_{mp1,2}$ - фактичні суспільні характеристики водопідйомного та мережного

трубопроводів;

$H_{\text{гггг}}$ - геодезичний напір мережі, який визначається як різниця геодезичних відміток найвищої точки мережі та точки установки манометра або як показання цього манометра, який установлений між мережею та засувкою, зразу після закриття останньої;

$H_{\text{дин1,2}}$ - динамічні рівні свердловини при Q_{min} , та Q_{max} , які визначаються по фактичній характеристиці динамічного рівня свердловини;

$H_{\text{м1,2}}$ - манометричні напори, які визначаються по показанням штатного манометра, що установлений на гирлі свердловини, при Q_{min} , та Q_{max} ;

$Q_{\text{min,max}}$ - продуктивності насоса при мінімальному та максимальному водовідборах із мережі споживачами, які визначаються по показанням витратоміра на виході із свердловини або на початку мережі;

$S_{\text{вп}}$ - опір водопідйомного трубопроводу свердловини, який визначається по формулі:

$$S_{\text{вп}} = \frac{H_{\text{нас}} - H_{\text{дин}} - H_{\text{м}}}{Q^2}$$

і де: $H_{\text{нас}}$ - напір насоса, який визначається по його паспортній (каталожній) характеристиці при будь-якій продуктивності Q , при якій визначались $H_{\text{дин}}$ та $H_{\text{м}}$;

$S_{\text{мер1,2}}$ - опори мережі при мінімальному та максимальному водовідборах із неї споживачами, які визначаються по формулам:

$$S_{\text{мер1}} = \frac{H_{\text{м1}} - H_{\text{геод}}}{Q_{\text{min}}^2};$$

$$S_{\text{мер2}} = \frac{H_{\text{м2}} - H_{\text{геод}}}{Q_{\text{max}}^2};$$

і, наносячи їх на поле Q - H паспортної (каталожної) характеристики вибираемого насоса, по точкам пересікання їх з нею визначають робочу зону вибираемого насоса, а по положенню оптимуму його коефіцієнта корисної дії (ККД), який повинен знаходитись в межах робочої зони, остаточно вибирають типорозмір насоса.

Якщо в системі водопостачання на мережу працює не один, а декілька насосів, то на полі Q - H крім паспортних (каталожних) характеристик кожного із них спочатку розраховують і наносять характеристику їх сумісної роботи, потім фактичні характеристики динамічних рівнів кожної свердловини та граничні фактичні суспільні характеристики найдовшого водопідйомного та мережного трубопроводів і по точкам їх пересікання із характеристикою сумісної роботи насосів спочатку визначають фактичну робочу зону сумісної роботи усіх цих насосів і по ній остаточно уточнюють фактичні робочі зони кожного із вибраних насосів та їх типорозміри. По величині робочої зони можуть також безпосередньо

оцінювати стан мережі: чим ця зона більша, тим більше вона зношена.

Ця сукупність відомих суттєвих ознак, що полягають у оптимізації вибору свердловинного насоса по максимальному дебіту свердловини та характеристиці трубопроводу, на який він працює, у взаємодії з новими суттєвими ознаками, що полягають у оптимізації цього вибору одночасно по фактичному максимальному дебіту свердловини та фактичним сумісним характеристикам водопідйомного та мережного трубопроводів, найповніше оптимізує вибір насоса із покращенням одночасно і його надійності і енергоспоживання завдяки забезпеченню роботи його в зоні до критичного дебіту свердловини та оптимального ККД, а також розширює можливість використання способу для насосів, що працюють на будь-яку мережу. Крім цього це дозволяє здійснювати цей спосіб періодично у будь-який час по мірі необхідності технічного переобладнання або модернізації системи водопостачання або по мірі зміни її стану для підвищення її ефективності та зменшення енергоспоживання, а також оцінити її стан зносу.

На Фіг.1 зображено графічно здійснення способу оптимізації роботи одного насоса, на Фіг.2 - двох насосів.

Цей запропонований спосіб можуть використовувати і при запуску в експлуатацію нових систем водопостачання. Але переважно його використовувати при технічному переобладнанні та модернізації діючих систем, тому що він базується на використанні фактичних характеристик свердловини та мережі, які знімаються з часом разом із зміною їх стану при експлуатації.

Спосіб здійснюють наступним чином.

При оптимізації вибору одного насоса, який працює на мережу (Фіг.1), на змонтованій у свердловині насосній установці закривають засувку і включають до роботи штатний насос. Якщо у свердловині не було штатного насоса або штатний насос демонтований через вихід його із ладу, то монтують у неї другий подібний штатному або вибираемому насос, який відповідає йому по діаметру і з максимальними продуктивністю та напором, які не менші максимальних продуктивності та динамічного рівня свердловини, наприклад з характеристикою 1. Далі відомим способом [1] на поле паспортної (каталожної) характеристики Q - H 2 та ККД 3 вибраного попередньо насоса визначають і наносять фактичну характеристику динамічного рівня 4 свердловини. Якщо ця характеристика починає круто зростати при невеликих дебітах і цим не відповідає паспортній, то це означає, що свердловина змінила свій стан завдяки засміченню її фільтра піском або міграції підземних вод і потребує відновлення дебіту відомими способами або списання. Після цього, визначивши попередньо величини мінімального

Q_{min} (як правило в нічний час) та максимального

Q_{max} (як правило в денний час) водовідборів із

мережі споживачами, геодезичного $H_{\text{геод}}$ та манометричного $H_{\text{м}}$ напорів і фактичних напорів S водопідйомного та мережного трубопроводів, і маючи на увазі, що як для трубопроводів [2] так і для мереж [3] втрати напору Σh можуть визначатись залежністю $\Sigma H = SQ^2$, де S опір труби (із відомих джерел інформації звичайно розраховується по формулі; $S = S_0 \ell$, де: S_0 - питомий опір, який розраховується як $S_0 = K/d^m$; K залежить від діаметра d труби і шорсткості K поверхні її стінок, а ℓ - довжина труби, і тому може не відповідати реальному стану труб і до того ж не ураховує шляхових витоків із них), по формулам

$$H_{\text{мп1}} = H_{\text{геод}} + H_{\text{дин1}} + H_{\text{м1}} + Q_{\text{min}}^2 (S_{\text{вп}} + S_{\text{мер1}})$$

$$H_{\text{мп2}} = H_{\text{геод}} + H_{\text{дин2}} + H_{\text{м2}} + Q_{\text{max}}^2 (S_{\text{вп}} + S_{\text{мер2}})$$

де: $H_{\text{мп1,2}}$ - фактичні суспільні характеристики водопідйомного та мережного трубопроводів;

$H_{\text{геод}}$ - геодезичний напір мережі, який визначається як різниця геодезичних відміток найвищої точки мережі та точки установки манометра або як показання цього манометра, який установлений між мережею та засувкою, зразу після закриття останньої;

$H_{\text{дин1,2}}$ - динамічні рівні свердловини при Q_{min} , та Q_{max} , які визначаються по фактичній характеристиці динамічного рівня свердловини;

$H_{\text{м1,2}}$ - манометричні напори, які визначаються по показанням штатного манометра, що установлений на гирлі свердловини, при Q_{min} , та Q_{max} ,

$Q_{\text{min,max}}$ - продуктивності насоса при мініальному та максимальному водовідборах із мережі споживачами, які визначаються по показанням витратоміра на виході із свердловини або на початку мережі;

$S_{\text{вп}}$ - опір водопідйомного трубопроводу свердловини, який визначається по формулі:

$$H_{\text{нас}} = H_{\text{дин}} + H_{\text{м}} + S_{\text{вп}} Q^2, \text{ звідки}$$

$$S_{\text{вп}} = \frac{H_{\text{нас}} - H_{\text{дин}} - H_{\text{м}}}{Q^2} \quad \text{і є постійним для усіх}$$

режимів роботи (тут $H_{\text{нас}}$ - напір насоса, що визначається по його паспортній (каталожній) характеристиці при продуктивності Q , при якій визначається $H_{\text{дин}}$ та $H_{\text{м}}$);

$S_{\text{мер1,2}}$ - опори мережі при мініальному та максимальному водовідборах із неї споживачами, який ураховує стан мережі та шляхові витоків із неї і визначаються по формулам:

$$S_{\text{мер1}} = \frac{H_{\text{м1}} - H_{\text{геод}}}{Q_{\text{min}}^2};$$

$$S_{\text{мер2}} = \frac{H_{\text{м2}} - H_{\text{геод}}}{Q_{\text{max}}^2};$$

розраховують і наносять на поле паспортної (каталожної) характеристики вибираемого насоса граничні суспільні характеристики водопідйомного

та мережного трубопроводів 5 ($H_{\text{мп1}}$) та 6 ($H_{\text{мп2}}$). Точки пересікання цих характеристик А та Б з характеристикою 2 (Q - H) вибираемого насоса визначають його робочу зону (на фігурах заштриховані) у цій системі водоподачі. І якщо оптимум ККД насоса знаходиться приблизно посередині робочої А-Б зони, то це означає, що насос вибраний оптимально. Ширина робочої зони А-Б залежить від стану трубопроводів мережі і шляхових витоків із неї і тому по її ширині можна посередньо оцінити її стан і необхідність її ремонту. В ідеалі при новій мережі точки А та Б і

характеристики $H_{\text{мп1}}$ та $H_{\text{мп2}}$ можуть співпасти і тоді робоча зона роботи насоса у даній системі водопостачання буде визначатись цією одною точкою збігу, а оптимум оптимально вибраного для неї насоса повинен бути близьким до точки збігу.

Якщо на мережу працюють не один, а два і більше насосів, то на поле Q - H крім паспортних (каталожних) характеристиках кожного із насосів спочатку відомим способом [наприклад 4] розраховують і наносять характеристику їх сумісної роботи 1, що як приклад показано для двох паралельно працюючих насосів на Фіг.2. А далі по одержаній як сказано вище робочій зоні А - Б сумісної характеристики 1 на характеристиках 2₁ та 2₂ кожного із насосів визначають робочі зони А₁ - Б₁ та А₂ - Б₂ кожного із них, а по збігу з ними оптимуму ККД 3₁ та 3₂ кожного із насосів та по зіставленню їх характеристик 2₁ та 2₂ із характеристиками динамічних рівнів 4₁ та 4₂ визначають оптимальність вибору насосів. Побудова характеристик для більшої кількості насосів здійснюється подібно викладеному.

Таким чином запропонований спосіб дозволяє не тільки точно, однозначно в будь-який час і для будь якого стану мережі водопостачання оптимально вибрати для неї насоси і забезпечити оптимальне енергоспоживання нею, а і по величині робочої зони оцінити стан мережі та необхідність її оновлення, а по швидкості зниження динамічного рівня свердловини її стан та необхідність відновлення її дебіту або списання свердловини.

Джерела інформації:

1. Деклараційний патент на винахід України №39789, кл. F 04 D 15/00, F 04 B 51/00, 15.11.2002. Бюл. №11.

2. Д. М. Хохловкин. Глубинные насосы для водопонижения и водоснабжения. Издательство «Недра». Москва. 1971, с.93..97.

3. Н. Н. Абрамов. Водоснабжение. Москва. Стройиздат. 1974. с.63.

4. Справочник. Под общей редакцией В. А.

Зимницкого и В. А. Умова. Ленинград.
«Машиностроение». Ленинградское отделение.
1986. с.172...175.

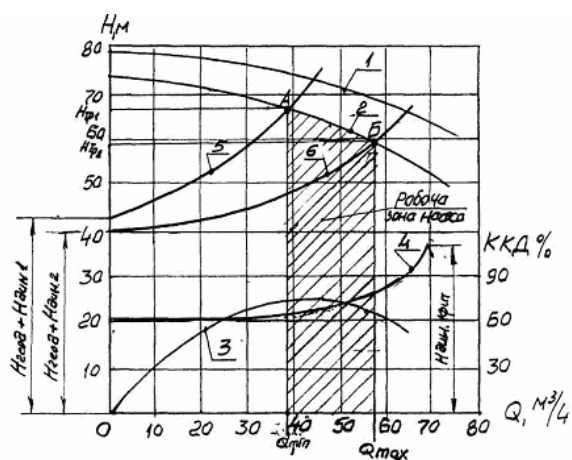


Fig. 1

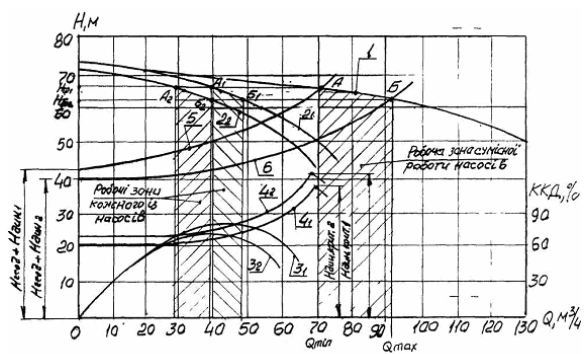


Fig. 2