

ВПЛИВ ЗАСТАРІЛИХ ВОДОВОДІВ І ЯВИЩ КАВІТАЦІЇ НА РЕЖИМ РОБОТИ НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ

І.В.Білий, студент гр. ВВ-488

Науковий керівник – к.т.н., доцент Р.О.Ніколова

(Одеська державна академія будівництва та архітектури)

У зв'язку із зростаючими вимогами до нової техніки, працюючої в умовах низьких і високих питомих тисків і швидкостей, вирішення проблеми зносостійкості і довговічності деталей машин стає сьогодні одним з головних завдань сучасної науки. Важливу актуальність при цьому придбаває проблема забезпечення раціональних режимів роботи гідравлічної системи.

Успішне вирішення питання забезпечення раціональних режимів роботи гідравлічної системи неможливе без ліквідації явищ кавітацій, передусім в насосних установках. Боротьба з кавітацією в насосах є важливим доданком надійності і терміну служби гідромашин. Об'єктом дослідження є напірний водовід Хаджибей – Чорне море КНС м. Одеса. Насосна станція побудована у 1969 році і на цей час ще працює, але спостерігається великі перевитрати електроенергії. Тому виникло питання провести своїми силами дослідження із залученням студентів до участі в цій роботі, щоб *поліпшити роботу насосної станції з мінімальними фінансовими витратами*. Економічна криза в світі і зростання цін на енергоносії, диктує жорсткі вимоги до вибору насосів та енергозбереження. Тому економічні режими роботи насосних агрегатів є досить актуальною.

Мета роботи: оцінка гідравлічних властивостей трубопроводу при різних режимах роботи насосів, оцінка корозійного впливу на стінки трубопроводу за весь період експлуатації у зв'язку зі зменшенням подачі насосної станції, збільшенням енерговитрат і явищ кавітаційних процесів.

Завдання: 1. Визначити фактичний опір водоводу та фактичну подачу насосів.

2. Перевірити реальну геометричну висоту всмоктування встановлених насосів і виявити причини кавітації в насосах.

3.Розробити пояснення та обґрунтування помилок, що призвели до негативних наслідків роботи горизонтальних насосів типу «Д».

Методи дослідження:

У процесі роботи проводилися візуальні та інструментальні обстеження. До початку досліджень манометри були впевнені в регіональному центрі стандартизації, метрології та сертифікації

В результаті досліджень встановлено: гідравлічні властивості трубопроводу, визначено ступінь корозійного зносу труб, дані рекомендації що до подальшої експлуатації трубопроводу і режиму роботи насосів та їх регулювання.

Насосні установки щодня переміщують величезні маси води. На перекачування таких кількостей води витрачається щорічно мільярди кВт.ч. енергії, що складає приблизно 20% всієї електроенергії, виробленої енергосистемами країни. За даними [1], **50% щорічної потреби води подається по трубах із корозійними відкладеннями.** Згідно [3] ці відкладення зменшують живий перетин труб до 20% і збільшують гідравлічний опір у 3 рази більш розрахункового. Це у свою чергу, призводить до підвищення напору й перевитраті електроенергії. Опір у водоводах росте з багатьох причин: внутрішня корозія труб, внаслідок якої знижується їхня пропускна здатність; низька якість труб і поганий монтаж трубопроводів; Негативний ефект створюють зварювальні шви, виконані з низькою якістю; низький рівень експлуатації устаткування насосних установок і системи трубопроводів; до збільшення опору призводить недосконала застаріла конструкція трубопровідної арматури; використані, і як регулюючі органи засувки, за даними [2] швидко протягом 0,5-1,0 року, виходять з ладу. Дискові затвори застарілих конструкцій створюють порівняно високий гідравлічний опір потокові води, за рахунок чого мають місце значні втрати енергії.

Виявлення підвищення гідравлічного опору водовода

Виявити такі і ним подібні джерела підвищення гідравлічного опору можна при планових і вибіркових непланових випробуваннях. Для визначення опору системи необхідно точно (за допомогою геодезичних приладів) визначити геометричну величину підйому Н_г, вимірити витратоміром, встановленим на напірному водоводу, витрату Q, а манометром – напір, що розвивається насосом. Тоді за формулою

$$S_{\phi} = (H_m - H_g)/Q^2$$

можна визначити фактичний опір водоводу для найпростішої системи «насос-трубопровід». У ході випробувань були побудовані фактичні характеристики трубопроводів і зроблене їх порівняння з розрахунковими. Збільшення крутості фактичної характеристики в порівнянні з

розрахункової вказує на те, що в трубопроводі є додаткові опори і необхідно прийняти міри до їх виявлення й усунення.

Були проведені позапланові дослідження водоводу. Виявлено, що реальна подача систем знизилася на 16% і більше, при цьому збільшилися витрати електроенергії. Деякі системи працюють з частковим навантаженням в певні години доби, тобто з групи робочих насосів в роботі знаходиться один насос, що призводить до збільшення подачі окремо працюючого насоса і виникненню кавітації в зоні робочого колеса. Тому розробка заходів які забезпечують економічну і надійну роботу гідравлічних систем з подачею, що перевищує зону максимального ККД на спадаючої гілки кривої, є досить актуальною. Найчастіше насоси неможливо замінити на інші, доцільніше стає зниження гідравлічних опорів водоводу і тим самим зниження витрат електроенергії. **Тому метою обстежень були вивчення гідравлічних властивостей існуючого водоводу, а саме, визначення фактичного опору водоводу та фактичного подання насосів, визначення допустимої геометричної висоти всмоктування і вироблення рекомендацій щодо поліпшення всмоктувальної здатності насоса.**

Крім цього ультразвуковими методами дана оцінка трубопроводу з погляду впливу на нього процесів корозії.

Весь комплекс досліджень проводився в один етап. При цьому вирішувалося завдання детального вивчення втрат напору в трубопроводі на різних ділянках по всій його довжині. З шести насосів на НС в експериментах було задіяно чотири насоси, які в практиці забезпечують робочі режими. Вимірювання напору в трубопроводі вироблялося в семи точках по довжині (табл. 1):

1) На вході в НТ; 2) ПК1 + 25; 3) ПК2 + 20; 4) ПК18 + 69; 5) ПК22;

6) ПК25; 7) ПК25 + 60. На насосній станції в різній конфігурації вводилися в робочий режим насосні агрегати із загальною кількістю одночасно працюючих насосів від двох до чотирьох.

Таблиця 1. Визначення гідравлічного опору трубопроводу

№ п/п	Працюючі насоси	Втрати напору по довжині (L=2560 м),м	Витрата в трубопроводі		Гідравлічний опір, $\text{Sc}^2/\text{м}^5$
			м ³ /час	м ³ /сек	
1	3; 4; 5	24,7	17400	4,83	1,057
2	2; 3; 4; 5	32,3	21000	5,83	0,95
3	2; 3; 4	24	19200	5,33	0,85
4	2; 4; 5	25,2	18480	5,13	0,96

$$S_{cp}=0,9569 \text{ c}^2/\text{м}^5$$

Величину гідравлічного опору S визначаємо за формулою:

$$S = h_w / Q^2,$$

де, h_w - втрати напору по довжині, м; Q - витрата, м³/с.

Отримані значення S_{cp} порівнюємо з теоретичним гідравлічним опором досліджуваного трубопроводу:

$$S_{cp} = 1,1 \cdot A \cdot L = 1,1 \cdot 0,00030067 \cdot 2560 = 0,8103 \text{ c}^2 / \text{м}^5,$$

Як видно з результатів розрахунку середнє значення гідравлічного опору трубопроводу S_{cp} , отримане за експериментальними даними, на **18% більше** теоретичного $S_{розрах.}$, що може говорити про нинішній стан труби. Емпіричному значенням гідравлічного опору $S_{cp} = 0,9563 \text{ c}^2 / \text{м}^5$ відповідає **умовний прохід труби 1345,4 мм** (проектне значення внутрішнього діаметра трубопроводу $d_{вн} = 1395 \text{ мм}$).

Аналізуючи отримані результати можна сказати, що після 35 років експлуатації гідравлічний опір трубопроводу з урахуванням місцевих опорів зросла на 18%, при цьому пропускна спроможність труби при різних режимах експлуатації зменшилася на 8-11%.

Висновки по даному питанню:

В результаті проведених досліджень можна відзначити наступне:

1. Обстежений трубопровід знаходиться в напірному режимі при працюючих 3-х або 4-х насосах. У режимі 2-х або одного насоса трубопровід заповітряний (завоздушен). Причини даного стану обстежені далі.

2. У напірному режимі втрати напору на кінцевій ділянці трубопроводу досягають 85% від величини напору на вході трубопроводу.

3. Гідравлічний опір трубопроводу з урахуванням місцевих втрат у порівнянні з теоретичним значенням більше на 18%.

4. Пропускна здатність трубопроводу в порівнянні з теоретичним значенням менше на 11%.

Визначення допустимої геометричної висоти всмоктування

Насоси (Д5000-50 4 роб.+2резер.) встановлені на НС на позначці +2,200 м (вісь насосу). Мінімальний РВ в каналі -0,5 м.

$\Delta h = 8,0 \text{ м}$ (при роботі одного насоса на водовід в кінці робочої зони насоса - це найгірший випадок).

Втрати напору у всмоктувальному трубопроводі з урахуванням рекомендацій ВНДІВОДГЕО (додавати запас $0,5 \div 1,5 \text{ м}$) складають $(0,21 + 0,5) \text{ м} = 0,71 \text{ м}$.

$h_{вс} = 0,71 \text{ м}$ (при мінімальній величині запасу $0,5 \text{ м}$).

Температура води, що перекачується влітку досягає 30°; при цьому тиск насичених парів рідини з урахуванням температури дорівнює 0,43 м (табл.1, стор.35 [5]).

Тоді реальна геометрична висота всмоктування:

$$H_s^{реал} = -(-0,5) + 2,2 = 2,7 \text{ м}; \quad H_s^{реал} > H_s^{доп}.$$

Це говорить про те, що у всмоктувальній лінії будуть спостерігатися явища кавітації. **Щоб уникнути цього не можна допускати роботу одного або двох насосів на водовід.** При роботі чотирьох насосів на водовід, як це було передбачено проектом, кавітаційний запас становить 6,5 м. При цьому:

$$H_s^{доп} = 10 - \Delta h - h_{вс} - h_{тн} = 10 - 6,5 - 0,71 - 0,43 = 2,36 \text{ м}.$$

$$H_s^{реал} = 2,7 \text{ м}.$$

Для нормальної роботи рекомендуємо не допускати УВ в каналі нижче позначки «+0,5 м». Тоді реальна величина геометричної висоти всмоктування складе:

$$H_s^{реал} = 2,2 - 0,5 = 1,7 \text{ м}.$$

Це дає можливість врахувати не мінімальний запас втрат напору у всмоктувальній лінії, а хоча б дати запас 1 м. Перерахуємо при роботі чотирьох насосів при

$$\Delta h = 6,5 \text{ м}; h_{вс} = 1,21 \text{ м}; h_{тнж} = 0,43 \text{ м}:$$

$$H_s^{доп} = 10 - 6,5 - 1,21 - 0,43 = 1,86 \text{ м}. \quad H_s^{реал} = 1,7 \text{ м}. \quad H_s^{реал} < H_s^{доп}.$$

Виявлення причин явищ кавітації

З метою запобігання явищ кавітації, які можуть призвести до руйнування лопатей робочого колеса, рекомендуємо підтримувати рівень води в підвідному каналі на позначці «+0,5 м»². Не допускати роботу одного або двох насосів на один водовід в кінці робочої зони насоса, так як при цьому кавітаційний запас збільшується на 1,5 м і досягає значення $\Delta h = 8 \text{ м}$, що значно погіршить всмоктувальну здатність насосів і призведе до їх руйнування внаслідок кавітації. Таким чином, $H_s^{доп} < H_s^{реал}$, що суперечить умові $H_s^{реал} < H_s^{доп}$, що забезпечує безкавітаційний режим роботи. При такому режимі роботи насос повинен бути розташований під затокою під заливом. **Це одна з основних причин розбалансованості роботи системи.**

Треба відзначити, що визначення допустимої висоти всмоктування з урахуванням геодезичної позначки розташування насоса і температури перекачується рідини є першим і найбільш надійним заходом, спрямованим на ослаблення або запобігання кавітації.

Згідно ДБН В.2.5.-75:2013: у місцях зміни діаметрів всмоктувальних трубопроводів слід застосовувати **ексцентричні переходи з горизон-**

нтальною верхньою частиною для запобігання утворення повітряних порожнин.

При обстеженні на КНС було виявлено, що ці вимоги не дотримані. Виявлені факти завищення геометричній висоти всмоктування в порівнянні з допустимою; відсутність ексцентричного переходу на всмоктувальної лінії;

перевищення швидкості руху води у всмоктувальному трубопроводі в 2 рази в порівнянні з допустимою п.9.1.16. [2];

підключення більше трьох насосів до водоводу при малій величині геометричного напору; різні свідчення манометрів на напірних патрубках однотипних насосів;

робота насосів за межами робочої зони та інше свідчать про наявність кавітаційних процесів при роботі одного і двох насосів на даний водовід.

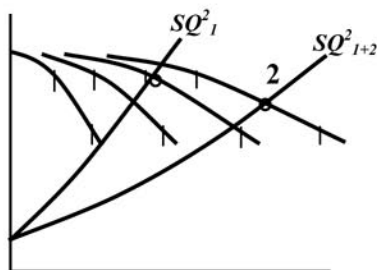


Рис.1.Характеристика паралельной работы 4-х насосів и двух водоводів $d=1000\text{мм}$

Висновки: Враховуючи перераховані недоліки, а також ті обставини, що насосна станція належить до першої категорії надійності дії згідно п.9.1.14. [2] слід передбачати, як правило, не менше 2-х ліній напірних водоводів (рис.1.). Робота досліджуваної системи була б найбільш економічною на 2 нитки водоводу діаметром 1000 мм кожна, тому величина геометричного напору дуже мала. (Відмітка осі труби в точці перегину дорівнює 4,190 м). До дроселювання в

цьому випадку вдавалися б лише короткочасно на час запуску другого насоса. І тоді два насоси забезпечували б безкавітаційну роботу в розрахунковому діапазоні подач.

1.Лезнов Б.С., Чебанов В.Б., Чурганов А.В. Регулирование режимов работы канализационной насосной установки // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. №7 2.ДВН В.2.5.-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. 3.Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика. Стройиздат. Москва, 1972.4.Турк В.И. Насосы и насосные станции. Стройиздат. Москва, 1977. 5.Ніколова Р.О. Гідравлічні та аеродинамічні машини, ОДАБА, 2006. с.202 6.Ніколова Р.О. Интенсификация работы насосных установок в системах водоснабжения и водоотведения «Вістник», №18, с.171-176, ОДАБА.