

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ ВІДЦЕНТРОВИМИ НАСОСАМИ З РІЗНИМИ НАПІРНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В. С. Бойко, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «КПІ»

просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна

М. М. Юрченко, д.т.н., проф.

Інститут електродинаміки НАН України

просп. Перемоги, 56, 03057, м. Київ, Україна

М. І. Сотник, к.т.н., доц., С. О. Хованський, асп.

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, 40007, м. Суми, Україна

E-mail: serg_83@ukr.net

Наведені результати наукових досліджень енергоефективності роботи системи водопостачання хімічного підприємства. Проаналізовані недоліки функціонування існуючої системи водопостачання, обумовлені нераціональною організацією технологічного процесу. Запропоновані шляхи підвищення енергоефективності цієї системи за рахунок модернізації обладнання та оптимізації процесу водопостачання.

Ключові слова: енергозбереження, система водопостачання, насосний агрегат, енергоефективність.

Вступ. Подальша модернізація господарського комплексу України, впровадження енергоефективних та енергозберігаючих технологій є нагальною потребою нашої країни у зв'язку з підвищенням рівня конкуренції на світовому ринку, поглибленням світової економічної кризи. Особливо актуальним питанням, з огляду на структуру забезпечення країни первинними енергоносіями, є зменшення енергоемності технологічних процесів, скорочення обсягів споживання енергоресурсів [1].

Одним з основних споживачів електричної енергії на підприємствах нафтохімічної промисловості є насосне обладнання, що використовується у водоборотних циклах. Насосне обладнання здебільшого зношене, у багатьох випадках використовується на режимах, що не відповідають його паспортним даним. Заміна такого обладнання є досить серйозною фінансовою та технічною проблемою.

Виходячи з розрахункового та фактичного ресурсу основних деталей насоса, а також використовуючи сучасні технології проектування та модернізації деталей проточних частин, вважається за доцільне проведення модернізації обладнання, що експлуатується, з метою підвищення його енергоефективності. Таку задачу можливо вирішити шляхом підвищення енергетичних показників насосного обладнання, що модернізується, а також узгодження напірних характеристик обладнання та насосних станцій з потребами мережі, на яку вони працюють.

Аналіз попередніх досліджень. *Характеристика існуючої системи водопостачання.* Насосна станція оборотного водопостачання хімічного підприємства укомплектована великою кількістю насосів з різними напірними характеристиками: 20 НДС з числом обертів 980 та 730 об/хв; 18 НДС з числом обертів 980 об/хв; 22 НДС з числом обертів 730 об/хв. Дані про середньостатистичну робочу потужність приводних асинхронних електродвигунів насосних агрегатів (НА) підприємства наведені у табл.1.

Напірні та енергетичні характеристики вказаних вище насосів приведені на рис. 1–4.

Таблиця 1 – Енергетичні характеристики НА

Тип насоса	n, об/хв	P _{паспорт.} , кВт	P _{робоча.} , кВт	Q _{паспорт.} , м ³ /год
20 НДС	980	800	845	3200
20 НДС	730	630	215	2700
18 НДС	980	630	326	2700
22 НДС	730	630	520-630	3600

Кількість працюючих насосних агрегатів визначається кількістю споживачів (колон), задіяних у технологічному процесі. Кожна колона споживає 1650 м³/год технічної води, що обумовлює особливість системи водопостачання, яка полягає у ступінчастій зміні подачі води з кроком регулювання, рівним споживанню однієї колони.

Мета роботи. Оптимізувати режим роботи насосної станції за цільовою функцією (ЕЕ), яка є відношенням робочого навантаження приводного електродвигуна (P) до обсягу перекачаної води насосом (Q) [2] і використовується для розрахунку зменшення витрат електричної енергії (ΔЕЕ) при збереженні показників технологічного процесу водопостачання та підвищення його надійності.

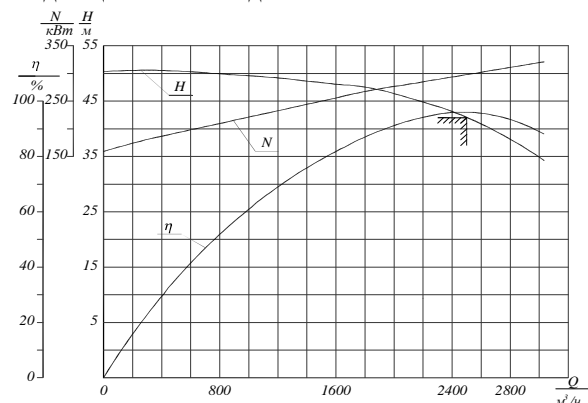


Рисунок 1 – Характеристики насоса 20НДС з частотою обертів 730 об/хв

Матеріал та результати дослідження. Результати наукових досліджень, що викладені у статті, отримані шляхом проведення об'єктно-орієнтованого моделювання роботи системи технічного водопоста-

чання технологічних споживачів хімічного комбінату. Об'єктно-орієнтована модель досліджуваної мережі водопостачання наведена на рис. 5. Як і реальна система водопостачання, модель містить насосну станцію (1), систему магістральних водоводів (2, 3, 4, 5), технологічні споживачі (6, 7, 8, 9, 10).

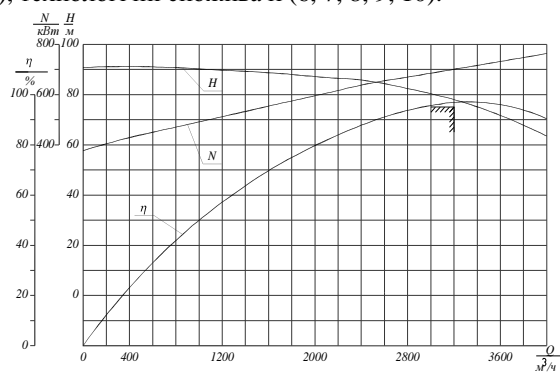


Рисунок 2 – Характеристики насоса 20НДС з частотою обертів 980 об/хв

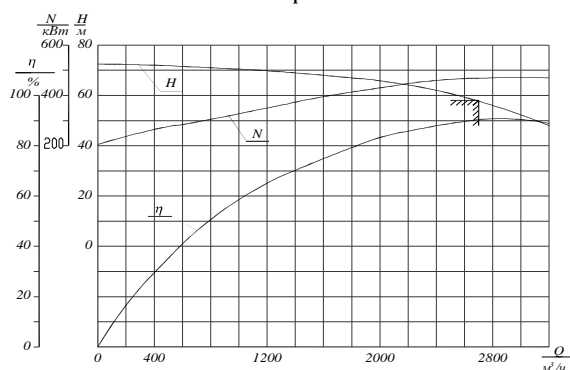


Рисунок 3 – Характеристики насоса 18 НДС з частотою обертів 980 об/хв

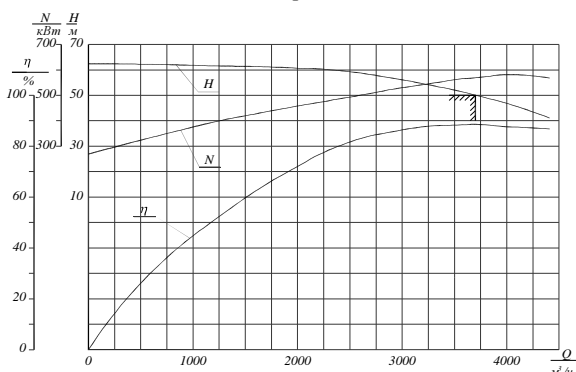


Рисунок 4 – Характеристики насоса 22 НДС з частотою обертів 730 об/хв

Насосна станція складається з 11 насосних агрегатів, напірні й енергетичні характеристики яких наведені на рис. 1 – 4. Технічна вода від насосної станції (1) до технологічних споживачів подається через систему магістральних водоводів 2, яка складається з чотирьох ниток сталевих труб: дві мають умовний діаметр 1000 мм, а дві інші – 600 мм. Від них живиться технологічний споживач 6, що складається з 7 технологічних колон. Для живлення технологічних споживачів 6 використовується також і система водоводів 3, частина 3 а якої має діаметр 800 мм, а після відбору технічної води споживачем 7 переходить у два паралельні водоводи 3 б діаметром 500 мм.

Три колони споживачів 8 живляться від насосної станції 1 через два паралельні водоводи 4, один з яких має діаметр 1200 мм, а інший – 600 мм. Споживачі 9 та 10 живляться від магістральних водоводів діаметром 800 мм.

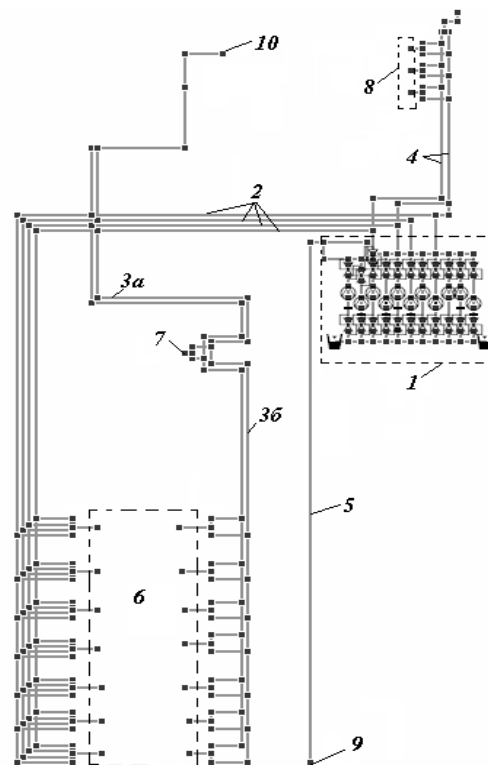


Рисунок 5 – Об'єктно-орієнтована модель існуючої схеми водопостачання

Модель системи водоводів враховує їх реальну конфігурацію, величини кутів повороту, діаметри окремих ділянок, їх протяжність, геодезичні відмітки, місцеві опори та шорсткість внутрішніх поверхонь.

Налагодження об'єктно-орієнтованої моделі системи водопостачання здійснювалось із використанням даних режиму її роботи за 28.10.2010 р., які наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Налагоджувальний режим роботи системи

№ НА	Q, м ³ /год	H, м	P, кВт	ЕЕ, кВт·год/м ³
3	3450	76,6	825	0,2391
7	1967	56,6	394	0,2003
8	2527	54,6	486	0,1923
9	2520	54,6	487	0,1933
Сума	10464		2192	0,2095

Насосний агрегат № 3 типу 20 НДС, розрахований на номінальну подачу $Q_{ном} = 3200$ м³/год та напір $H_{ном} = 75$ м, працював з подачею, близькою до номінальної, однак створював надлишковий напір, оскільки для забезпечення технологічного процесу тиск у напірному колекторі повинен знаходитись у межах 4,8–5,2 кгс/см². У використаному для налагодження моделі режимі тиск у напірному колекторі становив 5,16 кгс/см². Номінальна потужність приводного електродвигуна НА № 3 складає 800 кВт, а його робоча потужність (P) у зазначеному режимі роботи –

825 кВт, що є для нього граничною величиною.

Насосні агрегати № 7, 8, 9 типу 22 НДС, розраховані на номінальну подачу $Q_{\text{ном}} = 3600 \text{ м}^3/\text{год}$ та напір $H_{\text{ном}} = 52 \text{ м}$, працювали також у неоптимальному режимі: з напорами, близькими до номінального, та недовантаженням за подачею. Номінальна потужність приводних електродвигунів НА № 7, 8, 9 складає 630 кВт, а їх робочі потужності (P) у зазначеному режимі роботи приведені у табл. 3. Вони дещо відрізняються одне від одного, що обумовлене різними обсягами подач технічної води.

Із зазначених причин питомі витрати електроенергії (ЕЕ) на перекачування 1 м^3 води мають завищені значення, що свідчить про існування потенціалу енергозбереження у досліджуваній системі.

Результати моделювання наявного режиму роботи максимального навантаження досліджуваної системи водопостачання, який мав місце протягом лютого 2011 р. (наприклад, за 15.02.11), наведені у табл. 3 (варіант 1).

Таблиця 3 – Режим роботи системи з максимальним навантаженням (варіант 1)

№ НА	Q, м ³ /год	H, м	P, кВт	ЕЕ, кВт·год/м ³
4	1215	52,5	224,7	0,1849
6	2510	54,5	484,6	0,1930
8	2497	54,5	482,6	0,1932
9	2490	54,6	481,5	0,1934
10	2497	54,6	482,6	0,1933
11	2535	54,6	488,6	0,1927
Сума	13736		2644,7	0,1924

У досліджуваному режимі тиск у напірному колекторі підтримувався на рівні $5,16 \text{ кгс/см}^2$ за рахунок регулювання режиму дроселюванням напірними засувками. Наведені результати свідчать про експлуатацію насосів в неоптимальному режимі: напір перед регулюючою засувкою перевищує необхідний, а подача – менша за оптимальну.

Проведені наукові дослідження показують наявність декількох шляхів підвищення енергоефективності системи водопостачання. Один з них полягає у оптимізації режиму роботи існуючої системи без зміни характеристик окремих її елементів, наприклад, регулювати технологічний процес подачі води раціональним поєднанням необхідної кількості і типів працюючих насосних агрегатів, яке забезпечує найбільшу економічність.

У табл. 4 наведені результати моделювання того ж самого режиму роботи максимального навантаження системи, який забезпечується іншою кількістю насосних агрегатів (варіант 2).

Результати досліджень, наведені у табл. 3 та 4, свідчать про недоцільність використання НА № 4 у технологічному процесі подачі води через невідповідність його напірної характеристики характеристикам інших насосних агрегатів, з якими він працює паралельно. Краща енергоефективність цього насосного агрегату порівняно з іншими у режимі (варіант 1) пояснюється тим, що режим їх роботи далекий від оптимального. Тому у режимі роботи (варіант 2) показник енергоефективності НА № 4 гірший за показники інших насосних агрегатів. Таким чи-

ном, за рахунок раціонального вибору кількості і типу працюючих насосних агрегатів (з множини наявних на насосній станції), при майже однаковій сумарній подачі води з наявним режимом (варіант 1), загальна робоча потужність приводних електродвигунів зменшилась на 231 кВт, а енергоефективність склала $0,1746 \text{ кВт·год/м}^3$, що менше на 9,25 %.

Таблиця 4 – Режим роботи максимального навантаження системи (варіант 2)

№ НА	Q, м ³ /год	H, м	P, кВт	ЕЕ, кВт·год/м ³
4	1398	51,6	254	0,1817
6	3108	51,6	540	0,1742
8	3101	51,7	540	0,1742
9	3099	51,7	540	0,1742
11	3020	51,7	540	0,1742
Сума	13826		2414	0,1746

Інший шлях підвищення енергоефективності системи водопостачання полягає у модернізації насосних агрегатів з метою узгодження їх напірних характеристик з характеристиками мережі водопостачання та технологічних споживачів. Проектування проточних частин насосів здійснювалось з урахуванням основної цільової функції дослідження.

У статті наведені результати моделювання режиму роботи досліджуваної системи водопостачання, у якій задіяні 8 колон технологічних споживачів із загальним споживанням технічної води $13826 \text{ м}^3/\text{год}$. Цей технологічний процес можливо забезпечити п'ятьма модернізованими насосними агрегатами типу 22 НДС, напірна та енергетичні характеристики якого приведені на рис. 6.

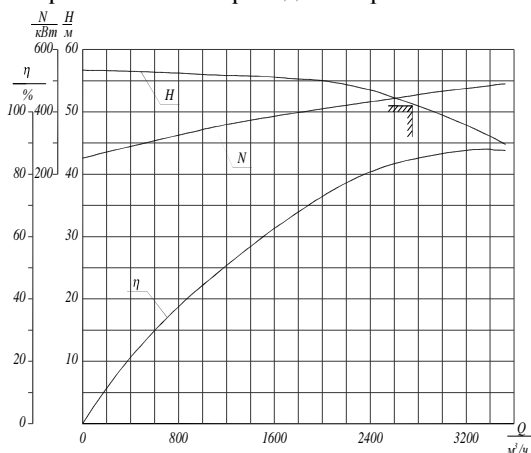


Рисунок 6 – Характеристики модернізованого насоса 22НДС

Результати моделювання режиму роботи максимального навантаження системи, який забезпечується модернізованими насосними агрегатами (варіант 3), наведені у табл. 5.

Режим роботи з максимальним навантаженням забезпечується п'ятьма однаковими насосними агрегатами, напір перед регулюючими засувками яких такий, як і у напірному колекторі, тобто регулювання режиму роботи насосних агрегатів напірними засувками у даному випадку відсутнє. Крім того, модернізовані насосні агрегати працюють у режимі з оптимальним обсягом подачі технічної води.

Таблиця 5 – Режим роботи системи з максимальним навантаженням (варіант 3)

№ НА	Q, м ³ /год	H, м	P, кВт	ЕЕ, кВт·год/м ³
6м	2768	50,2	432,7	0,1563
7м	2756	50,2	431,3	0,1563
8м	2754	50,2	431,0	0,1563
9м	2758	50,2	432,0	0,1563
11м	2789	50,2	435,0	0,1563
Сума	13826		2162	0,1563

Зазначене в цілому дозволило отримати наступне значення покращення енергетичної ефективності роботи системи водопостачання [2]:

$$\Delta EE = \frac{0,1924 - 0,1563}{0,1924} 100 = 18,76 \% .$$

Висновки. У роботі наведені дані, які є частиною комплексного наукового дослідження організації енергоефективної роботи системи водопостачання.

Проведене наукове дослідження і моделювання режиму подачі води від насосної станції хімічного комбінату показало, що технологічний процес водопостачання має низьку енергоефективність через застосування паралельної роботи насосних агрегатів з різними напірними характеристиками, які незадовільно узгоджені між собою та з характеристиками гі-

дравлічної мережі і технологічних споживачів. Особливістю досліджуваної системи водопостачання є наявність розгалуженої мережі водоводів з різними умовними діаметрами труб і їх довжиною та ступінчастий характер зміни навантаження. За таких умов недолік організації водопостачання від насосної станції з великою кількістю різнотипних насосів можна перетворити на перевагу, якщо провести модернізацію гідравлічних частин насосів з метою узгодження їх характеристик між собою, враховуючи потреби мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Энергобережения – приоритетный напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк [відповідальний редактор А.К. Шидловський]. – К: УЕЗ, 1998. – 506 с.
2. Узагальнена оцінка економічності системи водопостачання / В.С. Бойко, М.І. Сотник, С.О. Хованський // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Силова електроніка та енергоефективність. – 2009. – Ч. 3. – С. 46–51.

Стаття надійшла 10.06.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ НАПОРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В. С. Бойко, д.т.н., проф.

*Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев
просп. Победы, 37, 03056, г. Киев, Украина*

Н. Н. Юрченко, д.т.н., проф.

*Институт электродинамики НАН Украины
просп. Победы, 56, 03057, г. Киев, Украина*

Н. И. Сотник, к.т.н., доц., С. А. Хованский, асп.

*Сумский государственный университет
ул. Римского-Корсакова, 2, 40007, г. Сумы, Украина*

Приведены результаты научных исследований энергоэффективности работы системы водоснабжения химического предприятия. Проанализированы недостатки функционирования существующей системы водоснабжения, обусловленные нерациональной организацией технологического процесса. Предложены пути повышения энергоэффективности этой системы за счет модернизации оборудования и оптимизации процесса водоснабжения.

Ключевые слова: энергосбережение, система водоснабжения, насосный агрегат, энергоэффективность.

INCREASING ENERGY SUPPLY SYSTEM AND WATER DISTRIBUTION CENTRIFUGAL PUMPS WITH DIFFERENT PRESSURE CHARACTERISTICS

V. Boyko, D.Sc. (Eng.), Prof.

*National Technical University of Ukraine "KPI", Kyiv
prosp. Peremohy, 37, 03056, Kyiv, Ukraine*

M. Yurchenko, D.Sc. (Eng.), Prof.

*Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine
prosp. Peremohy, 56, 03057, Kyiv, Ukraine*

M. Sotnik, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., S. Khovanskyi, post-grad.

*Sumy State University
vul. Rimskoho-Korsakova, 2, 40007, Sumy, Ukraine*

The results of research efficiency of the water supply of the chemical enterprise. The shortcomings of the functioning of existing water supply system due to irrational organization process are analyzed. Ways to improve the energy efficiency of the system by upgrading equipment and optimizing the water supply are suggested.

Key words: energy saving, water supply, pumping unit, energy efficiency.