

Наукова робота  
на тему:  
«Комплексний підхід до виконання намірів Еигоритр  
по зменшенню енергоспоживання насосними  
системами»

## Зміст

Введення.....	3
1 Основні підходи до вирішення завдання зниження енергоспоживання.....	4
2 Джерела енергії .....	6
3 Привідний двигун насоса.....	7
4 Енергозбереження на рівні насоса.....	11
5 Насосний агрегат з системою управління.....	14
6 Інноваційні шляхи зниження енергоспоживання насосним устаткуванням.....	16
Висновки.....	20
Список літератури .....	21

## Введення

Відомо, що насосне обладнання є одним з найбільш енергоємних у будь-якій країні, причому, чим більше розвинена країна, тим вище питома вага споживаної насосами енергії.

У різних галузях промисловості енергоспоживання насосів складає в середньому [1]:

- у нафтовій промисловості - до 59%;
- у хімічній - до 31%;
- у целюлозно-паперовій - до 26%;
- у водопостачанні та водовідведенні - до 50%.

Відомо також, що зниження споживаної енергії є сьогодні ключовим завданням світового співтовариства. Зокрема Директива Євросоюзу з цього питання передбачає зниження загального енергоспоживання в країнах Європи до 2020 року **на 20%**. При цьому **зниження енергоспоживання насосним обладнанням передбачається на рівні 40%** у поєднанні з одночасним вирішенням екологічних проблем.

У зв'язку з цим Європейська Асоціація виробників і споживачів насосного обладнання Eurorimp приступила до розробки програми по забезпеченню цих вимог.

Для України така задача носить особливу актуальність, враховуючи багатопрофільність її економіки (нафтогазотранспортна система, гірничо-видобувна, нафтопереробна, хімічна і металургійна промисловості, енергетика, водопостачання, теплофікація і т.д.) і надмірну енерговитратність більшості галузей (в 2-4 рази) в порівнянні з рівнем розвинених країн. Крім того, машинобудівна промисловість України є великим виробником насосного обладнання не лише для внутрішніх споживачів, а й на експорт в багато країн, і тому вона не може не враховувати тенденцію розвитку світового ринку в цій галузі. Все це спонукає насособудівників України активно включатися в розробку і реалізацію загальноєвропейських програм зниження енергоспоживання насосним устаткуванням.

**Метою цієї роботи** є спроба встановлення основних напрямків зниження енергоспоживання насосними агрегатами шляхом комплексного аналізу системи «насос-привід-споживач (мережа)».

# 1. Основні підходи до вирішення завдання зниження енергоспоживання

Цілком зрозуміло, що завдання щодо істотного (як уже зазначалося, на 40%) зниження енергоспоживання насосним обладнанням є завданням комплексним, що враховує всі втрати енергії на шляху від джерела енергії до споживача. Очевидно, під «споживачем» слід розуміти рідину (воду, нафту та ін.), якій передається механічна енергія, необхідна для здійснення того чи іншого технологічного процесу.

На рис. 1 наведено перелік напрямів енергозбереження та оцінка їх впливу на енергоспоживання за матеріалами Eurotimp, з яких видно, що розробники цілком справедливо бачать потенційні можливості економії споживаної енергії за рахунок власне насоса, широкого регулювання режимів його роботи відповідно до запитів споживача і програмованого узгодження енергетичних характеристик насосних агрегатів та мережі.



- Створення максимально ефективних насосів.
- Підвищення ефективності діючих насосів за допомогою змінних роторів підрізувань робочих коліс та ін

**Зниження енергоспоживання - 3%.**

- Регулювання режимів роботи насоса за допомогою частотного приводу.
- Створення інтелектуальних систем управління та контролю.
- Підвищення якості монтажу, пусконаладки і обслуговування.

**Зниження енергоспоживання - 20%.**

**Зниження енергоспоживання - 3%.**

- Оптимізація всієї системи.
- Узгодження параметрів мережі і насоса.

**Зниження енергоспоживання - 10%.**

**Зниження енергоспоживання - 4%.**

Рисунок 1.- Перелік напрямів енергозбереження за матеріалами Eurotimp

Погоджуючись в цілому з такою політикою енергозбереження, слід зазначити, що в наведеній схемі явно проглядається намір забезпечити економію тільки електричного виду енергії (на рис.1 скрізь вказаний електромотор в якості приводного двигуна). Проте відомо, що самій електричній енергії передують величезні втрати енергії первинних енергоресурсів (вугілля, торф, газ, ядерна енергія), які становлять у кращому випадку 60-65%. Як нам здається, з точки зору загальнопланетарного енергоспоживання такий підхід є неповним, оскільки творці насосних агрегатів можуть у ряді випадків вибирати тип приводу, більш наближений до первинних джерел енергії.

Крім того, наведені на рис. 1 прогнози шляхи зниження енергоспоживання і можливі досягнення по кожному з напрямків є досить укрупненими і недостатньо обґрунтованими. Тому нижче ми спробуємо, по можливості, більш точно **конкретизувати ці напрямки і запропонувати більш широку програму досягнення поставленої мети.**

Як нам здається, саму стратегію досягнення цієї мети більш доцільно представити у вигляді блок-схеми, наведеної на рис. 2:



Рисунок 2. - Блок-схема стратегії енергозбереження

Як видно з наведеної блок-схеми, стратегія забезпечення суттєвого зменшення енергоспоживання насосним обладнанням базується на комплексному підході до пошуку та реалізації резервів економії енергії у всіх ланках ланцюга енергопередачі від джерела до рідини, що перекачується.

Не претендуючи на вичерпність, розглянемо можливий зміст кожного із зазначених блоків.

## 2. Джерела енергії

Джерелами для привідних двигунів насосів можуть служити не тільки традиційні (водночас зауважимо - вичерпні і екологічно шкідливі) викопні джерела, такі як вугілля, нафта, газ і ядерна енергія, які через відомі процеси перетворення (хімічні, термодинамічні, механічні) найчастіше використовуються насосниками у вигляді електричної енергії за допомогою електродвигунів, втрачаючи при цьому до 70% первинної енергії джерела і завдаючи величезної шкоди навколишньому середовищу у вигляді теплового і хімічного забруднення.

Боротися з цими втратами не є прямою функцією насособудівників. Однак у ряді випадків вони могли б при виборі типу привіду насоса віддати перевагу двигуну, наближеному до первинного джерела, скоротивши ланцюжок перетворень до електричного виду і тим самим зменшивши величину втрат первинної енергії.

Наприклад, природний або супутній газ на нафтопромислах, шахтний газ або технологічні гази металургійних і хімічних виробництв, які часто спалюють у факелах або просто викидаються в атмосферу, могли б слугувати дармовим чи дешевим джерелом енергії для привідних газопоршневих або газотурбінних двигунів.

Добре зарекомендував себе паротурбінний привід головних живильних насосів на блоках теплових електростанцій великої потужності, де пара використовується в якості робочого тіла без перетворення в електричну енергію. Цей енергоносіє можна було б використовувати в принципово новому, пароструминному відцентровому живильному або теплофікаційному насосі, в якому струмені пари, затоплені в саму рідину, що перекачується, служили б енергією для обертання ротора або об'єму рідини в кільцевій камері, створюючи поле відцентрових сил і віддаючи їй свою кінетичну і теплову енергію.

Нарешті, в ряді випадків в якості джерела механічної енергії для привіду насоса можна використовувати енергію вітру, застосувавши для цього ортогональний вітродвигун з вертикальним валом. Такий вітродвигун розроблений і досліджений на кафедрі Прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету на основі спеціальної запатентованої співробітниками кафедри лопаті. На базі такого вітродвигуна кафедрою запропонований і проект створення гідроакумулюючої електростанції на березі Чорного моря, використовуючи місцеві вітри, оборотний гідроагрегат «насос-турбіна» і високогірне озеро як накопичувач.

### 3. Привідний двигун насосу

В даний час в якості привідного двигуна насоса в переважній більшості випадків використовуються електродвигуни всіх необхідних типів - асинхронні, синхронні, постійного або змінного струму. Це обумовлено цілою низкою переваг такого привіду, і слід очікувати, що така тенденція збережеться і в майбутньому. Проте слід мати на увазі, що конструкція більшості таких двигунів була розроблена майже два століття тому, і вони до цих пір зберегли свої переваги і, на жаль, цілий ряд недоліків, які ще в минулому столітті не мали вирішального значення [2].

Сьогодні ж такі електродвигуни має сенс застосовувати в тих випадках, коли переважну кількість часу насос буде працювати в номінальному режимі. Тому що на практиці все частіше зустрічаються режими з неномінальним (частковим) навантаженням, викликані змінами характеристики мережі, тому й від електродвигуна потрібно більш гнучке ставлення до таких режимів, у тому числі за рахунок регулювання частоти обертання. Такі двигуни повинні мати у всьому діапазоні регулювання частоти обертання стабільно високий ККД, по можливості працювати по кривій рівної потужності, при підтримці постійної частоти обертання електродвигун повинен споживати енергію, пропорційну моменту опору (навантаження).

Таким умовам відповідають двигуни постійного струму, але вони дорогі, складні, потребують кваліфікованої експлуатації. Тому застосовується сьогодні комбінація «асинхронний двигун + частотний перетворювач», яка лише частково задовольняє вищезазначеним вимогам. Через погану сумісність такий привід ефективно працює лише при регулюванні частоти обертання в діапазоні  $\pm 30\%$  від номіналу, а прагнення до розширення цього діапазону призводить до істотного ускладнення частотного перетворювача і збільшення його ціни, що в свою чергу, стримує широке застосування регульованого в широкому діапазоні електроприводу, особливо великої потужності.

В даний час у зв'язку з розробкою і освоєнням серійного виробництва керованих транзисторів IGBT і MOSFET з'явилися вентильні електромашини, які добре поєднуються з цифровою системою управління на базі сучасних високопродуктивних мікропроцесорів і дозволяють створити високоефективний регульований електропривід з будь-якою необхідною програмою управління. На думку більшості фахівців, найбільш перспективними серед вентильних електромашин є так звані вентильно-реактивні електродвигуни через більш просту конструкцію їх електромагнітної системи, дешевизни та ефективної системи цифрового управління та силової електронної частини. Слід також зазначити, що для вентильно-реактивних двигунів доступні більш високі частоти обертання

через відсутність необхідності жорстко закріплювати постійні магніти на роторі і високої механічної міцності електротехнічної сталі. В даний час відпрацьовані моноблочні конструкції таких двигунів спільно з блоком управління і глибиною регулювання від 500 до 12000 об / хв.

Такі комплексні вентиляно-реактивні привіди оснащуються системою зв'язку за CAN-протоколом, що дозволяє управляти декількома привідами (до 60) одночасно, що може бути ефективно використане у разі одночасної паралельної або послідовної роботи декількох десятків насосів. Є відомості, що планується випускати вентиляно-реактивні привіди з електромагнітними підшипниками замість механічних, якими буде управляти процесор - що забезпечить істотне підвищення моторесурсу їх привідів (а значить, і насосів при їх моноблочному виконанні).

Однак прогрес в області електропривіда насосів за рахунок застосування вентиляно-реактивних двигунів регульованих не виключає застосування в обґрунтованих випадках і інших типів привідних двигунів. Вже згадувалося (п.2) використання паротурбінного привіду для живильних або теплофікаційних насосів ТЕС. Там же відзначалася можливість використання газу як палива для привідних двигунів у вигляді газових турбін (особливо при великих потужностях) або двигуна внутрішнього згоряння. Такий привід особливо ефективний у разі використання супутного газу на нафтопромислах, шахтного газу у вуглевидобувних регіонах, супутніх технологічних газів металургійних і хімічних виробництв. Важливо відзначити, що таке використання горючих газів крім суттєвої економічної вигоди за рахунок його дешевизни має і велике екологічне значення, так як в основному ці гази сьогодні або спалюються у факелі, або просто викидаються в атмосферу.

Особливий інтерес сьогодні представляє застосування газопоршневого двигуна в якості привіду потужних нафтових насосів при переході на мультифазну (однотрубну) технологію видобутку і транспортування нафти. Незаперечною перевагою такого привіду в порівнянні з електро-, дизельних і газотурбінним привідами є:

- використання в якості палива дешевого попутного газу;
- високий ККД;
- повна незалежність від регіональних енергомереж і від зростання тарифів;
- відсутність витрат на підвідних та розподільчих електромережах або на обладнанні автономних електростанцій;
- усувається необхідність доставки дизельного палива або електроенергії у віддалені райони нафтовидобутку;



- газопоршневий двигун добре пристосований для роботи на часткових навантаженнях і легко регулюється залежно від частоти зміни режиму свердловини;
- найвищий ККД газової турбіни 30-35%, газопоршневого двигуна - 40%. При зниженні ж навантаження на 50% ККД газової турбіни знижується майже в 3 рази, в той час як для газопоршневого двигуна така ж зміна навантаження практично не впливає на ККД;
- так само ККД газопоршневого двигуна майже не змінюється при зміні температури навколишнього повітря від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+30^{\circ}\text{C}$ ;
- проектний термін служби такого привіду в 2 рази більший, ніж у газової турбіни;
- екологічна привабливість газопоршневого двигуна: рівень викидів  $\text{NO}_x$  у нього в 3 рази нижче, ніж у дизельного двигуна, і при цьому корисно використовується попутний газ, усуваючи його спалювання у факелі.

Всі вищевказані переваги газопоршневого двигуна і досвід їх експлуатації наведено у [1] на стор 30-38.

Нажаль, широкого розповсюдження такі привіди в практиці насособудівництва поки що не отримали - і в цьому можна вбачати серйозний резерв для загального зниження енергоспоживання насосним обладнанням. Цілком очевидно, що насоси з таким привідом могли б працювати і в цілому ряді інших галузей, там, де є бросові, відходящі або супутні технологічні гази.

У п. 2 відзначалася також можливість застосування як насосного привіда ортогонального вітродвигуна з вертикальним валом і прямого використання його механічної енергії без перетворення її в електричну. До сказаного раніше слід додати, що такі вітродвигуни добре пристосовані до домінуючих на Україну помірним швидкостями вітру порядку 3-4,5 м / с, не залежать від напряму набігання повітряного потоку і не вимагають початкової розкрутки. Застосовувати їх найбільш доцільно для автономних і малопотужних (10-15 кВт) насосних установок.

У деяких випадках для привіду насоса може бути обраний гідротурбінний або газотурбінний привід, що використовує енергію стисненого газу магістральних газопроводів при необхідності її дроселювання. В останньому випадку при великих обсягах газу можуть бути використані добре відпрацьовані лопатеві турбіни турбодетандерів, а в разі маловитратних трубопроводів (що властиво для ГРП середніх і малих міст) можуть бути використані нещодавно створені вихрові або струменево-реактивні турбіни. Прикладом використання гідродинамічного привіду також можуть бути заглибні свердловинні насоси для видобутку нафти або

геотермальних вод, коли використання заглибного електродвигуна для таких насосів неможливо або недоцільно.

Нарешті, в якості додаткової (а іноді й основної) рушійної сили в насосі можуть бути використані пандеромоторні сили - сили магнітного або електромагнітного походження. Очевидно, така можливість є перш за все для насосів, що перекачують різні струмопровідні рідини-електроліти (розчини солей кислот, лугів і т.д.) або феромагнітні рідини. Проте поки така можливість вивчена дуже слабо і в насособудуванні практично не використовується.

#### 4. Енергозбереження на рівні насоса

Загальновідомо, що зменшення енергоспоживання окремо взятого насоса при забезпеченні їм заданих параметрів напору и витрати досягається за рахунок підвищення його ККД. Багаторічний досвід досліджень, розробок і виробництва насосів провідними компаніями світу [4-9] забезпечує сьогодні досить високі значення цього показника в оптимальному режимі в залежності від питомої швидкості. Тому очікувати якихось істотних проривів і, отже, зниження енергоспоживання тільки за рахунок окремого насоса, не доводиться. Орієнтовно, резерви підвищення ККД можна оцінювати в 2-3% для насосів з питомою швидкістю  $n_s = 300-100$ , 3-5% - для  $n_s = 100-70$  і на 5-10% для  $n_s = 60-30$ . Причому, як показує аналіз балансів енергії, резерви підвищення загального ККД криються не стільки в зменшенні гідравлічних втрат (хоча вони, звичайно, є, особливо для високих  $n_s$ ), скільки в об'ємних і механічних втратах (що особливо характерно для  $n_s = 60-30$ ).

Основний же резерв енергозбереження для лопатевих насосів криється в розширенні робочої зони насоса, тобто в забезпеченні його роботи в режимах недовантаження і перевантаження з ККД, що не дуже відрізняється від оптимального режиму.

На рис 3. представлена типова робоча характеристика відцентрового насоса, поєднана з характеристикою мережі.

На ній можна бачити чотири характерних нерозрахованих режиму роботи насоса:

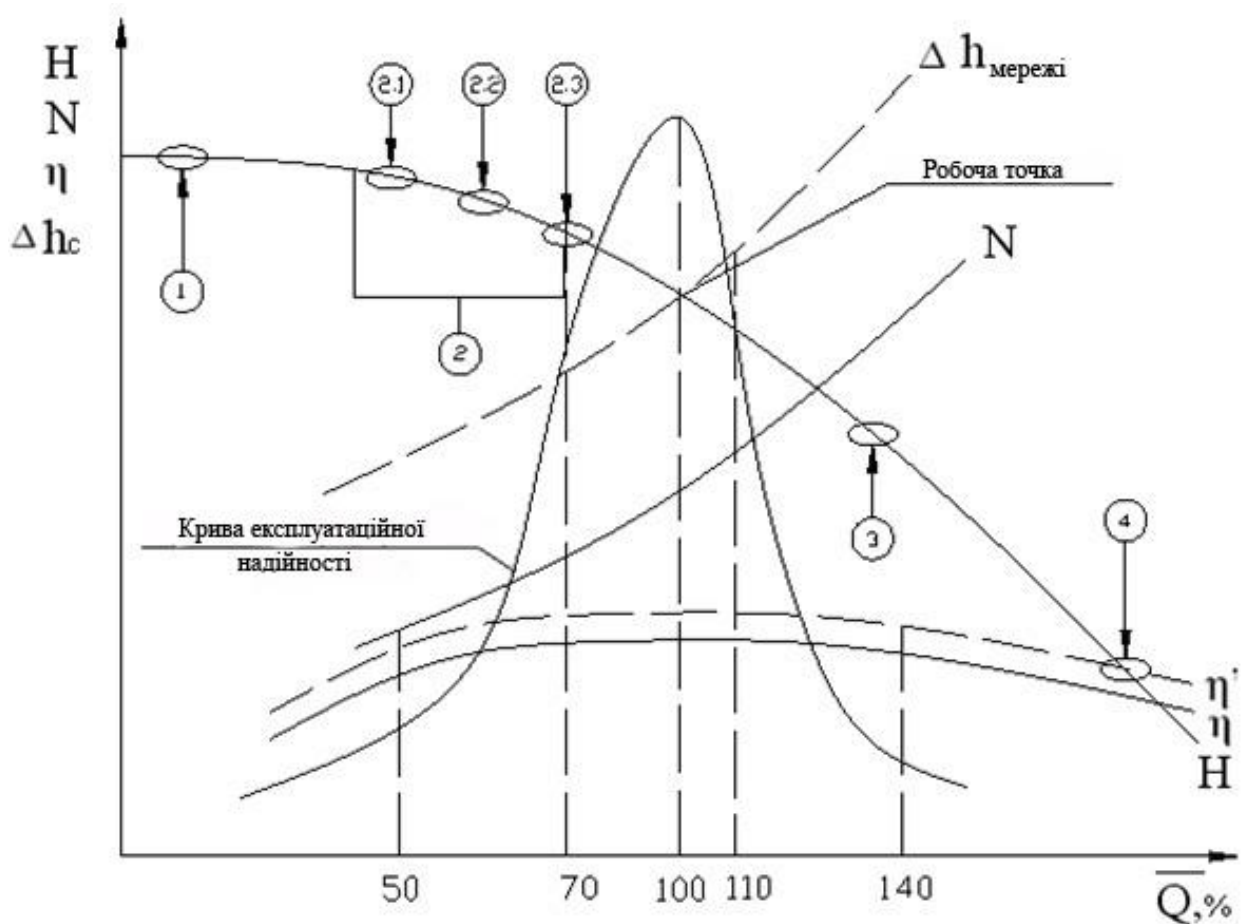


Рисунок 3. - Типова робоча характеристика відцентрового насоса

1. робота з мінімальною витратою на закриту або причинену засувку. Виникає при запуску насоса.
2. експлуатація насоса лівіше робочого діапазону: режим недовантаження. Виникає, як правило, при опорі мережі, більшому розрахункового. При цьому в зоні 2.1 можлива кавітація, в зонах 2.2, 2.3 виникає рециркуляція потоку на вході і виході робочого колеса. Як наслідок - суттєве зниження ККД.
3. експлуатація насоса в діапазоні подач правіше робочого діапазону - режим перевантаження. Виникає при меншому, ніж розрахунковий опір мережі. Характеризується істотним зростанням споживання енергії при зменшенні ККД.
4. режим суттєвої перевантаження ( $Q = 1,5 Q_{\text{опт}}$  і вище). Ще більше енергоспоживання і ще більше зниження ККД. Перевантаження двигуна або комплектування насоса двигуном завищеною потужності.

З рис. 3 також видно, що чим більш пологий графік ККД, тим ширша зона сприятливою експлуатації насоса. Тому крім заходів з підвищення максимального ККД насоса (а це цілий комплекс гідродинамічних, конструктивних і технологічних заходів) слід за рахунок додаткових заходів усунути або зменшити шкідливі гідродинамічні явища, що призводять до

зниження ККД в зонах недовантаження і перевантаження. На рис. 3 такий шлях зниження енергоспоживання ілюструє пунктирна крива  $\eta$  і розширена зона експлуатаційної надійності.

Виконанню завдання зниження енергоспоживання насоса буде також сприяти:

1. ретельний вибір оптимального типу насоса для конкретних умов (поршневий, гвинтовий, лопатевий, вихровий і т.д.);
2. вибір оптимальної конструкції, питомої швидкохідності, робочих коліс, типів підводів і відводів, системи сприйняття осьових сил, кінцевих і міжступеневих ущільнень;
3. більш широке застосування змінних роторів, робочих коліс і направляючих апаратів для забезпечення ефективної експлуатації базового насоса на нерозраховних режимах;
4. продовження роботи з удосконалення проточних частин існуючих насосів і створення нових, більш економічних робочих органів шляхом використання сучасних методів розрахунку течії та експериментального відпрацювання на базі ретельних балансових випробувань;
5. більш широке використання ідеї організації комбінованого робочого процесу в одній ступені (наприклад, відцентрово-вихрового, вісєвихрового типу тощо), підвищення за рахунок цього напірності ступені й коригування форми робочих характеристик (западання напірної характеристики на недовантажних режимах, отримання більш пологої кривої ККД і т.п.);
6. більш глибоке вивчення можливості застосування нетрадиційних лопатевих ґраток, особливо для коліс низької і наднизької питомої швидкохідності (багатоярусних решіток, щілинних лопатей, збільшеного числа лопатей і їх кутів  $\beta_2$ , затиловка вихідних кромки, варіювання величиною циркуляції на вході в робоче колесо, застосування безлопатєвого кільцевого відводу і т.п.);
7. організація гідродинамічного поділу твердої і рідкої фази перекачується рідини для захисту вузьких радіальних і осьових зазорів, в тому числі захисту щілинних ущільнень від абразивного зносу та створення опор вала зі змащенням перекачуваною рідиною;
8. застосування сучасних зносостійких матеріалів, одержуваних методом порошкової металургії, СВС- і нанотехнологій, що дозволить більш широко застосовувати щілинні ущільнення з плаваючими кільцями, що особливо актуально для ступенів наднизької швидкохідності, а також підвищить ресурс роботи торцевих ущільнень і підшипників ковзання;
9. перегляд стандартів у бік посилювання вимог по ККД і експлуатаційним характеристикам насосів з метою надання директивності всім заходам по зниженню енергоспоживання насосним обладнанням і на цій основі обґрунтування необхідності збільшення фінансування НДР та ДКР.

## 5. Насосний агрегат з системою управління

Фахівці справедливо вважають, і це знаходить відображення у програмі Euroimp, що більша половина можливостей зниження енергоспоживання насосним обладнанням криється в узгодженні робочої характеристики насоса та мережі. Іншими словами, насос постійно повинен працювати в режимі, близькому до оптимального.

На жаль, численні обстеження насосних мереж, особливо на переробних підприємствах хімічної, нафтохімічної, целюлозно-паперової, харчової та інших промисловостей, систем водопостачання та водовідведення показують, що навіть спочатку вони були побудовані без урахування робочої характеристики майбутнього насоса. Надалі технологічна необхідність регулювання продуктивності або тиску в мережі лише збільшує різницю між робочим режимом роботи насоса і оптимальним. Та й сам спосіб регулювання шляхом відкриття або закриття засувки не сприяє зменшенню енергоспоживання насоса. До того ж, в абсолютній більшості випадків такі мережі комплектуються насосами з нерегульованим електродвигуном завищеною потужності для забезпечення можливих перевантажуваних режимів.

Покінчити з таким безгосподарним енергоспоживанням можна в основному шляхом комплектування насоса регульованим по частоті обертання двигуном, а в технічному завданні на виготовлення і поставку насосного агрегату споживачем повинна бути відображена необхідна глибина регулювання.

У розділі 3, присвяченому привідним двигунам насосів, зазначалося, що сьогодні вже є можливість забезпечити електропривідний двигун терісторним перетворювачем частоти струму в широкому діапазоні потужностей і частот обертання. Ще більші можливості представляють вентильні і особливо вентильно-реактивні електродвигуни, спеціально пристосовані для умов експлуатації насосів, що працюють із змінним навантаженням.

Тому в розпорядженні конструкторів насосних агрегатів та експлуатаційників сьогодні є можливість застосовувати в поєднанні зі звичайним електродвигуном терісторний перетворювач частоти і забезпечити регулювання режимів роботи насоса найекономічнішим способом - частотою обертання. А з застосуванням вентильно-реактивних електродвигунів з'являється можливість створення комплексних інтелектуальних систем управління на базі відповідних датчиків, командоапаратів та програмного забезпечення. Причому, що особливо цінно, таким управлінням і контролем можна буде забезпечити більш розгалужену мережу, де на різних ділянках

одночасно працюють десятки різних насосів в паралельному і послідовному з'єднанні.

Аналогічно має вирішуватися завдання регулювання роботи насосів при інших типах привідів, тому що всі типи турбінних привідів, дизельні або газопоршневі привіди допускають також регулювання у визначених межах, без помітного зниження власного ККД.

Зниження енергоспоживання насосними агрегатами сприятимуть і такі заходи:

1. оптимізація всієї системи «насос-двигун-мережа» за критерієм ККД системи

$$\eta_{сист} = \frac{N_2}{N_1},$$

де  $N_2$  - енергія, витрачена на подолання опору мережі;

$N_1$  - енергія, забрана приводом насоса від джерела енергії.

2. максимальна мінімізація сумарного опору мережі при заданих параметрах  $Q$  і  $H$ , маючи на увазі, що  $H = H_2 - H_1$ ,

де  $H_1$  - напір на початку мережі;

$H_2$  - напір в кінці мережі.

3. підвищення якості монтажу насосного агрегату і трубопровідної мережі, якісне пусконаладжувальне обладнання з постійним контролем основних механічних і енергетичних параметрів, у тому числі режиму роботи насоса в призначеній за паспортом робочій зоні;
4. вдосконалення технологічних процесів, що використовують насосне обладнання з метою зменшення енергії, необхідної для транспортування рідини або її напору в кінці трубопроводу. Прикладом такого вдосконалення може служити перехід нафтовиків на однострубну (мультифазну) технологію видобутку нафти і газу [1], виробництво етилену та поліетилену за новою технологією при значно більш низькому тиску, ніж за старою технологією.

На думку комісії Eurorimp, тільки за рахунок цих заходів економія споживаної енергії може скласти від 15 до 20%.

## **6. Інноваційні шляхи зниження енергоспоживання насосним обладнанням**

Загальновідомо, що найбільш успішний і перспективний шлях вирішення тієї чи іншої інженерно-технічної проблеми - це наполегливе і сміливе використання свіжих, нетрадиційних пропозицій (зрозуміло, після всебічного і глибокого наукового аналізу, теоретичного та експериментального відпрацювання), а також постійний пошук нових ідей в організації процесу енергопередачі від джерела до споживача - рідини, що перекачується.

У попередніх розділах доповіді вже згадувався ряд таких інноваційних пропозицій:

- використання комбінованого робочого процесу енергопередачі;
- наближення типу приводу насоса до первинного, природного джерела енергії (нагадаємо, що широке використання для цих цілей електроенергії не є гарним прикладом загальнопланетарного споживання енергії, бо завжди їй передують 60-70% втрат первинної енергії від викопних енергоресурсів і відоме теплове і хімічне забруднення навколишнього середовища );
- використання пандеромоторних сил як додаткових для силового впливу на рідину, що перекачується;
- використання нетрадиційних лопатевих решіток в робочому колесі для підвищення його напірності і безлопатевих відводів та перевідних каналів для зниження втрат енергії у відводі;
- широке застосування сучасних методів гідродинамічного розрахунку течії рідини в проточних частинах насоса;
- використання змінних роторів і робочих органів для розширення області ефективного застосування базового насоса;
- комплектування насосного агрегату електродвигунами з частотним регулюванням обертів або вентильно-реактивними двигунами з інтелектуальними системами управління та контролю;
- управління формою напірної характеристики (в режимі недовантаження і перевантаження) і крутизною характеристики ККД з метою розширення робочої зони насоса;
- застосування високостійких сучасних матеріалів, одержуваних методами порошкової металургії, СВС та нанотехнологій;
- застосування газопоршневого двигуна внутрішнього згоряння.

До цього слід додати і деякі зовсім екзотичні, але принципово можливі пропозиції, схеми яких представлені на рис. 4...8:



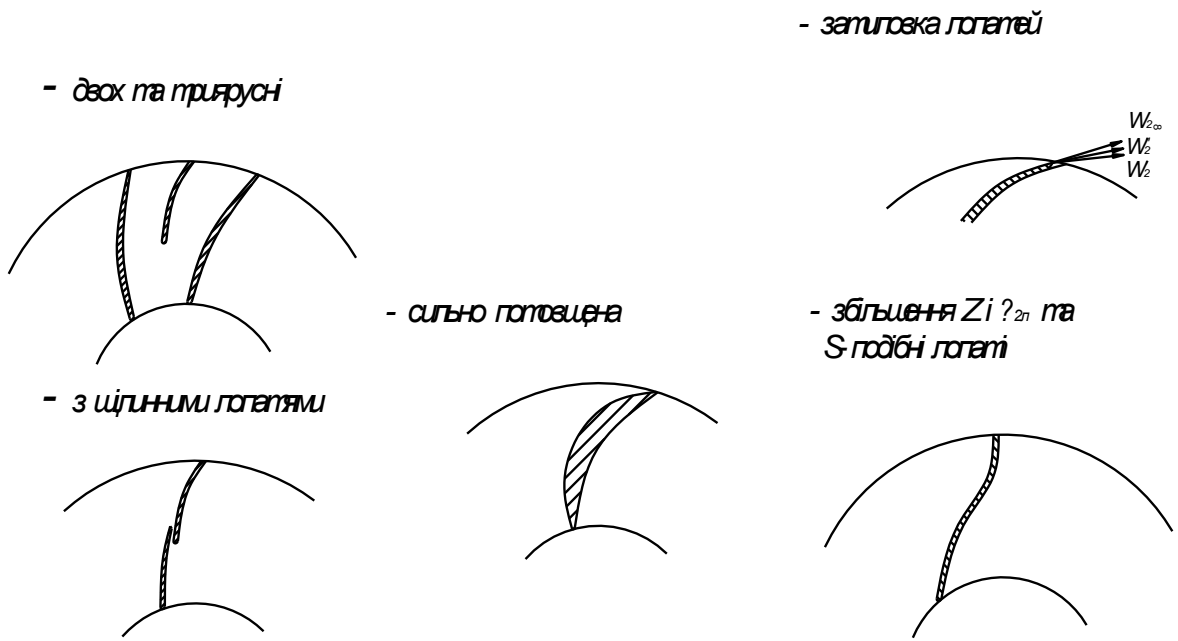
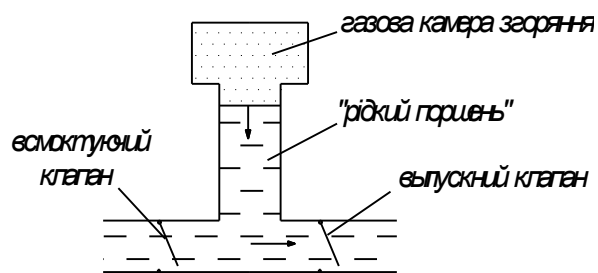


Рисунок 4.- Нетрадиційні лопатеві ґратки

- газовий гідротришівий



- використання ефекту Юліана

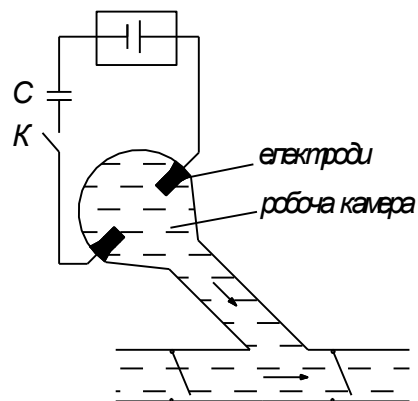


Рисунок 5.- Нетрадиційні джерела споживаної енергії

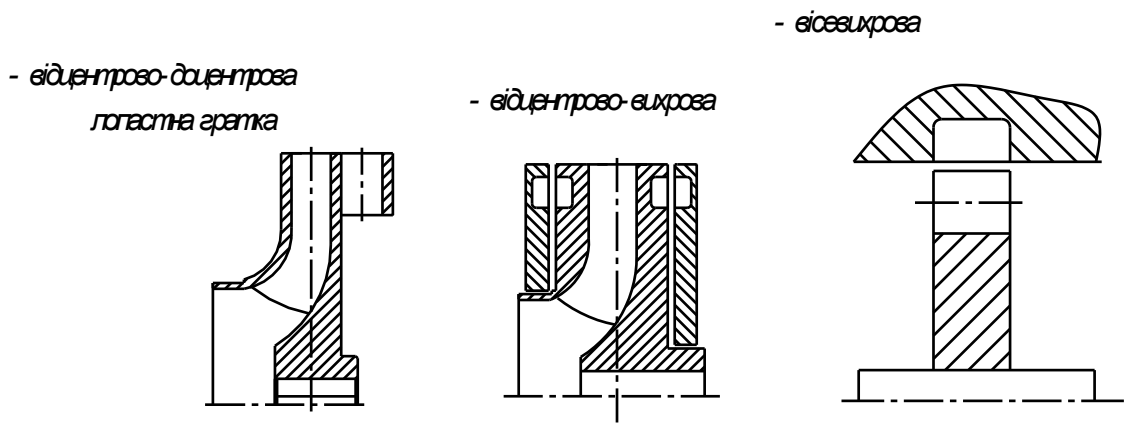


Рисунок 6.- Комбінований робочий процес

герострумний безротарний  
(ас.СССР №40486 від 13.09.1979г.)

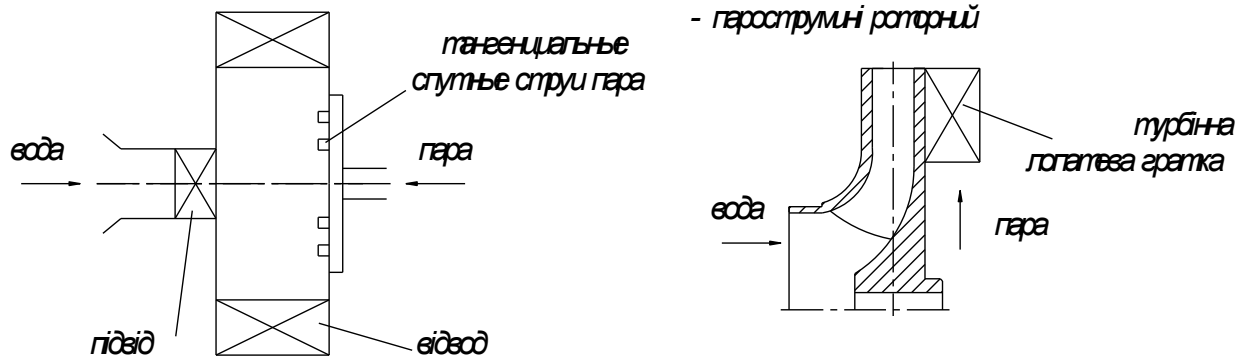


Рисунок 7. – Насос із парострумним привідом

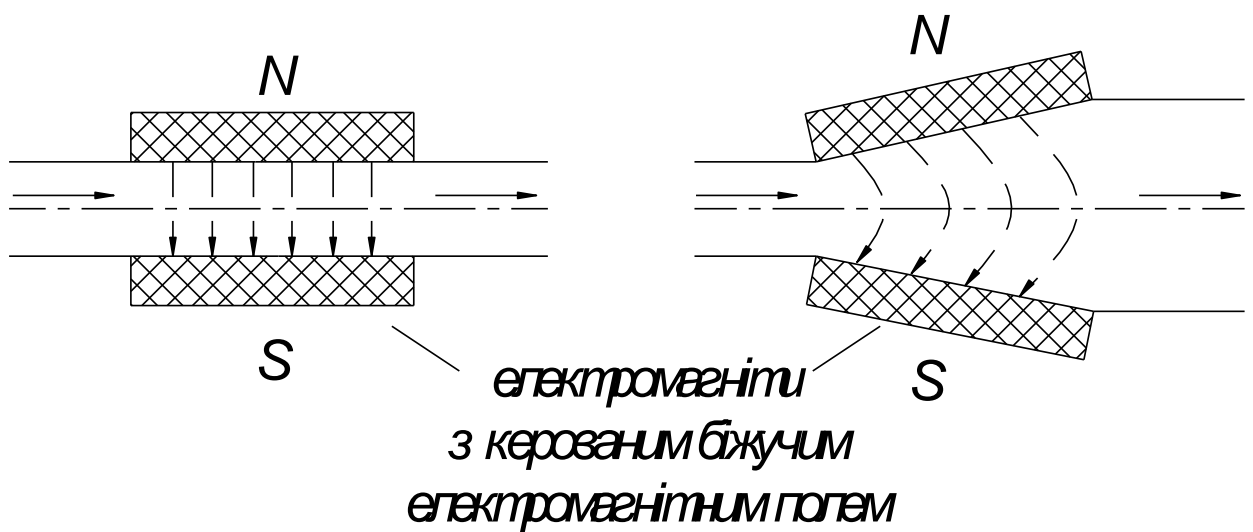


Рисунок 8.- Використання пандеромоторних сил

- пароструминний відцентровий насос, що використовує енергію струменів пари, затоплених в саму перекачувану рідину для розкрутки ротора з лопатевими колесами або розкручування самої рідини в кільцевій камері (безроторний варіант насоса);
- рідинно-поршневий насос, в якому в якості поршня виступає вертикальний циліндричний стовп рідини, що перекачується, над вільною поверхнею якого спалюється газ, як в камері ДВС;
- використання прямого перетворення електричної енергії в енергію тиску рідини (так званого ефекту Юткіна) для створення імпульсного підвищення тиску з регульованою частотою в об'ємі рідини і організація її подальшого переміщення за рахунок цієї енергії.

І подібний перелік можна продовжити. Багато з цих пропозицій потребують серйозного аналізу, теоретичної та експериментальної, деякі з них є просто «сирими». Але кожне з них повинно викликати інтерес, має право бути розглянутим, бо від кожного можна чекати позитивного ефекту. І тільки такий підхід буде забезпечувати подальший прогрес у справі передачі енергії рідині. Старі конструкції та принципи, народжені півтора-два століття тому, можна тільки продовжувати вдосконалювати, вносити ті чи інші конструктивні зміни, але принципових, стрибкоподібних істотних поліпшень чекати не доводиться.

## Висновки

Представлений поелементний аналіз можливостей зниження енергоспоживання насосним обладнанням показує, що:

1. Потенційні резерви для забезпечення до 2020 року зниження енергоспоживання на 40% є.
2. Успішна реалізація цих можливостей стане можливою тільки при створенні необхідних організаційно-директивних, юридичних і фінансово-економічних умов, стимулюючих, заохочуючих і змушуючих зменшувати енергоспоживання насосним обладнанням.
3. Названі вище резерви в основному базуються на сьогоdnішньому рівні науки, інженерно-конструкторських досягнень, досвіді виробників і експлуатаційників, досягнутих у попередні десятиліття. Очевидно, базуючись на них, хоч і з труднощами, але можна забезпечити виконання поставленого завдання щодо зниження енергоспоживання.

Але для забезпечення подальшого прогресу в насособудуванні і його застосуванні слід вже зараз суттєво збільшувати інвестиції в НДР і ДКР для пошуку, досліджень, підготовки до впровадження свіжих ідей, принципів і механізмів у цій галузі техніки, так як на старому багажі протриматися досить довго в умовах зростаючого енергонапруження в світі та його впливу на екологію не вдасться.

4. Аналогічний комплексний підхід до пошуків шляхів зменшення енергоспоживання може бути застосований і в деяких інших енерговитратних галузях. Наприклад, компресоробудуванні і газотранспортних системах, теплових двигунах і, зокрема, двигунах внутрішнього згорання, в яких тільки заміна кривошипно-шатунного механізму на безшатунний чи корисне використання теплової і хімічної енергії вихлопних газів може дати суттєву економію первинного енергоносія.

## Список літератури

1. Материалы V Международной конференции «СИНТ'09» –Воронеж, Научная книга, 2009, 356 с.
2. Вентильно-реактивные электроприводы в насосостроении Ю.Смирнов Энергетика и промышленность России, 2005.
3. Проскура Г.Ф. Гідродинаміка турбомашин. Вид. Академії наук Української РСР. Київ – 1959. 579с.
4. Пфлейдерер К. Лопаточные машины для жидкости и газа – М.: Машгиз, 1960. – 638 с.
5. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы – М.: Машиностроение, 1966. – 364 с.
6. Степанов А.И. Центробежные и осевые насосы – М.: Машгиз, 1960. – 463 с.
7. Айзенштейн М.Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности – М.: Гостотехиздат, 1957. – 363 с.
8. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Основное насосное оборудование тепловых электростанций – М.: Энергия, 1969.
9. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Конструкции и расчёт центробежных насосов высокого давления – М.: Машиностроение, 1971. – 303 с.