

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА УКРАИНЫ

„Киевский политехнический институт“

МАШИНОСТРОЕНИЕ



Основан в 1964 г.

2008

54

УДК 612.7

Распространение и тиражирование без
официального разрешения издательства
запрещены

Вестник национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт".
Машиностроение. – К.: НТУУ "КПИ".–2007.–54.

Публикуются результаты научных исследований ведущих научных работников и аспирантов в области механики твердого деформируемого тела, динамики и прочности машин, их долговечности и надежности, численных методов расчета деталей машин, новых технологий обработки металлов и сплавов и др.

Для научных и инженерно – технических работников всех специальностей машиностроения.

Публікуються результати наукових досліджень провідних науковців та аспірантів в галузі механіки твердого деформівного тіла, динаміки і міцності машин, їх довговічності та надійності, чисельних методів розрахунку деталей машин, нових технологій обробки металів і сплавів тощо.

Для науковців та інженерно – технічних працівників усіх спеціальностей машинобудування.

Редакционная коллегия: Н.И.Бобырь, д-р техн. наук, проф. (отв. ред.), А.Ф.Луговской, д-р техн. наук, проф. (зам. отв. ред.), В.М.Гуць (отв. секр.), О.М.Яхно, д-р техн. наук, проф., Ю.М.Данильченко, д-р техн. наук, проф., Н.С.Равская, д-р техн. наук, проф., В.Б.Струтинский, д-р техн. наук, проф., Ю.Н.Кузнецов, д-р техн. наук, проф., Ю.В.Петраков, д-р техн. наук, проф., А.П.Гавриш, д-р техн. наук, проф., В.С.Коваленко, д-р техн. наук, проф., В.А.Титов, д-р техн. наук, проф., В.И.Стеблюк, д-р техн. наук, проф., В.С.Майборода, д-р техн. наук, проф.

Адрес редакционной коллегии: 03056, киев, проспект Победы, 37, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", механико – машиностроительный институт.

тел. 236-10-43.

Рассмотрено и рекомендовано к печати на заседании ученого совета Механико – машиностроительного института НТУУ "КПИ" (протокол № 8 от "21" апреля 2008 г.)

Материалы статей представлены в редакции авторов.

Издано по заказу НТУ Украины "Киевский политехнический институт"

© ММІ НТУУ "КПІ", 2008

Тітов В.А., Мозговий О.В. Вплив алмазного вигладжування поверхні сталей на розсіяння механічної енергії	131
Чигиринский В.В., Качан А.Я., Бень А.Н. Обобщенная теория пластичности. Модель сложной пластической среды	141
Титов В.А., Шмельова Л.В., Калантырь С.Ф., Акопян В.В. Кинематическая модель закрытой прошивки заготовки коническим пуансоном	149
Яхно О.М., Кобринець А.К. Про розрахунок радіального підшипника ковзання при незмінному положенні лінії центрів вала і підшипника.....	154
Дидык Р.П., Безрукавая В.А., Грязнова Л.В., Лисняк А.Г. Влияние предварительной ударно-волновой обработки на параметры борирования низколегированной стали	163
Ковалев В.А., Серый А.Н. Исполнительные механизмы автоматизированного склада на базе элементов пневматики	168
Сороченко В.Г., Шепелев А.А. К вопросу о контактном взаимодействии в процессах алмазно-абразивной обработки полимерных композиционных материалов	175
Чуклин А.А. Проблемы применения термопар в системе внутривапорного контроля.....	185
Кучер Н.К., Скрипченко В.И., Данильчук Е.Л. Закономерности деформирования полиамидных технических нитей на основе нейлона 6.6	190
Бондарев С.В., Горбатенко Ю.П. Оценка прочности деталей и узлов эскалатора при Многоцикловом нагружении на этапе проектирования	199
Загирняк М.В., Драгобецкий В.В., Троцко О.В. Расчёт оптимальных параметров деформации при формоизменении листовых заготовок.....	214
Дрозденко В.М., Перфілов В.Е., Піддубний П.О., Ципоренко В.О. Струтинський В.Б., Литвин О.В., Гейчук В.М., Кравець О.М. Науково-технічні проблеми верстатобудування та їх вирішення при розробці нової гама металорізальних верстатів київського верстатобудівного концерну	220
Евтушенко А.О., Гусак О.Г., Федотова Н.А. Розрахункове дослідження впливу діагональності поверхні струму і змінності товщини шару на гідравлічні характеристики гратки профілів робочого колеса типової лопатевої системи	239
Гусак О.Г., Сотник М.І., Іванов М.М. Смертьяк С.Ю., Хованський С.О., Бойко В.С. Техніко-економічні вимоги до насосних станцій водопровідних мереж житлово-комунального господарства.....	247
Гусак О.Г., Євтушенко А.О., Панченко В.О., Островський І.В. Регулювання режиму роботи насосу з лопатевою системою типу НР.....	252
Вертячих О.В., Карапузова М.В., Неня В. Г., Неня А.В. Гідродинамічні аспекти блочно- модульного конструювання проточних частин насосів гідродинамічного принципу дії на ділянці «вихід з робочого колеса- вхід у відвід».....	256
Фомовська О.В., Саленко О.Ф. Формування мікрогеометрії закрайки різку при гідроструминному різанні: вплив технологічних факторів на параметр шорсткості поверхні Ra	265
Зубахин А.Н. Влияние геометрических параметров на радиальные гидродинамические силы в щелевых уплотнениях центробежных насосов	274
Луговая С.О., Ольштынский П.Л., Твердохлеб И.Б. Поиск способов изменения рабочей характеристики многоступенчатых насосов: а) с целью смещения местоположения оптимума по подаче; б) с целью улучшения формы напорной характеристики.....	279
Евтушенко А.А., Каплун И.П., Шепеленко А.А. Применение разрезных лопастей в рабочем колесе малогабаритной осевой ступени шнекового типа.....	289

О.Г.Гусак¹ канд.техн.наук, М.І.Сотник¹ канд.техн.наук, М.М.Іванов¹

С.Ю. Смертяк¹, С.О.Хованський¹, В.С.Бойко² д-р.техн.наук

1–Сумський державний університет, м.Суми, України;

2–НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

В данной статье рассматриваются основные требования к оборудованию насосных станций системы водоснабжения жилищно-коммунального хозяйства. Проанализировано существующее состояние данной отрасли и перспективы развития.

In given clause the basic requirements to the equipment of pump stations of system of water supply of housing and communal services are considered. The existing condition of the given branch and prospect of development is analysed.

Вступ

Зважаючи на те, що Україна є енергодифіцитною країною, підвищення енергоефективності технологій, економія енергоносіїв визначена найважливішим стратегічним напрямком енергетичної політики України [1]. Житлово-комунальне господарство за обсягами енергоносіїв посідає третє місце в Україні після енергетики та металургії [1]. У зв'язку з реформуванням житлово-комунального господарства та підвищенням вартості енергоносіїв актуальним є питання оптимізації режимів роботи обладнання та зменшення витрати енергоносіїв, що використовуються в житлово-комунальному господарстві при наданні послуг з водопостачання та водовідведення. Системи водопостачання належать до числа найбільш ресурсномістких технологічних об'єктів у комунальному господарстві і промисловості.

Основною складовою витрат у системі водопостачання є електроспоживання, частка енерговитрат у тарифах на зазначенні послуги складає більше 50 %, тому питання ефективності використання насосного обладнання є першочерговим.

Іншою складовою витрат є втрати питної води, при транспортуванні та споживанні, природні запаси якої обмежені. Сьогодні надлишок тиску (напору) води на більшості насосних станцій та гідравлічних мереж на 20...30 % перевищує об'єктивно необхідний рівень, в результаті чого витоки води становлять до 40 % добової подачі, виникає різке зниження тиску в години “пік” і значне підвищення тиску в мережах у нічний час, що призводить до виникнення аварійних ситуацій.

Третьою складовою витрат у системах комунального водопостачання є висока вартість технологічного устаткування, його експлуатації та обслуговування (як насосного агрегату так і трубопроводних систем) термін служби якого залежить і від частоти виникнення перевантажень. Слід також відмітити, що ціни на електроенергію в усьому світі, у тому числі і в Україні, ростуть швидше, ніж ціни на устаткування, що є передумовою для впровадження енергозберігаючого обладнання, та дозволяє створити більш досконалу технологію водопостачання із плавним регулюванням робочих

параметрів насосних агрегатів і широких можливостей підвищення економічної ефективності функціонування систем водопостачання.

Враховуючи вищезазначене, закономірною є актуальність науково-технічної проблеми зниження енергоємності технологічного процесу водопостачання. Вирішення цієї проблеми має як соціальні так і економічні наслідки, а саме поліпшення умов життя людей, підвищення економічного потенціалу держави, зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище.

Традиційний підхід до проектування насосних станцій

Традиційно в містобудуванні розрахунок водогінних мереж виконується на 20-річну перспективу розвитку. В сучасних же умовах стрімкого розвитку будівельної галузі збільшується не тільки кількість будинків, але і їх поверховість, що призводить до того, що існуючі міські мережі не завжди забезпечують належний тиск у гілках мережі, що знижує комфортність послуг з водопостачання. Варто відмітити, що 30 років тому багато водопровідних систем проектувалися виходячи з рівномірного графіку подачі води, що виправдано тільки наявністю дуже великих регулюючих ємностей у мережі (до 50 % добової подачі) або регуляторів напору. Але у системах комунального водопостачання мають місце добові, тижневі та сезонні коливання водоспоживання, внаслідок чого реальні робочі режими насосних агрегатів знаходяться поза робочими зонами їх характеристик, що призводить до необхідності регулювання гідравлічних параметрів насосних агрегатів. На рис. 1 представлений реальний графік добового водопостачання одного з ЦТП м. Суми, що демонструє добове коливання споживання питної води.

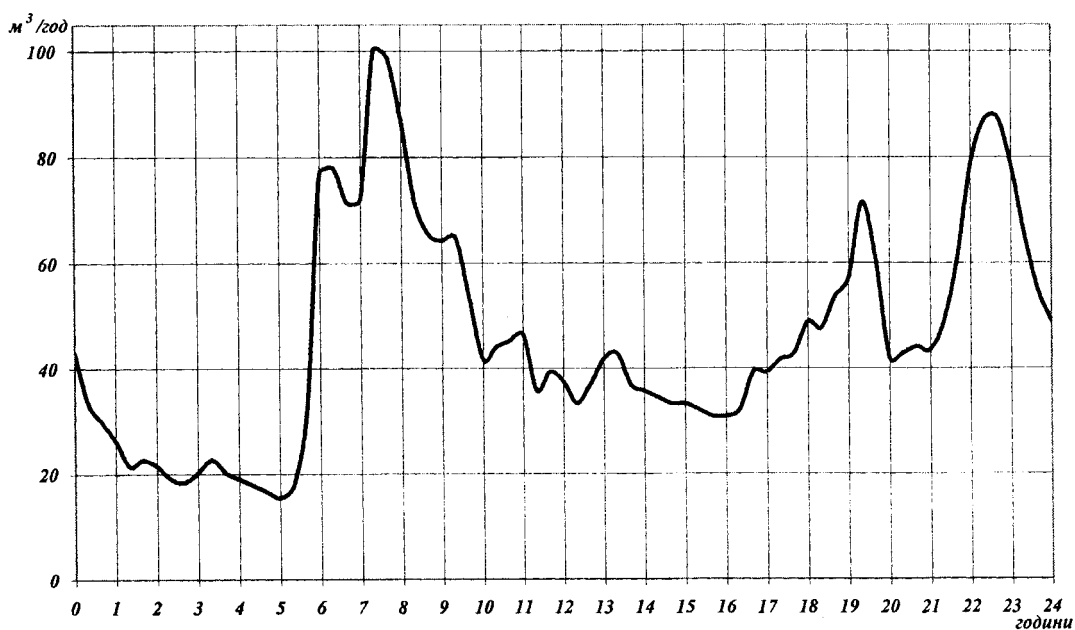


Рис. 1. Графік добового коливання водоспоживання одного з ЦТП м. Суми

При проектуванні насосних станцій насоси вибираються зі стандартного ряду з запасом по напору і подачею, розрахованою на максимальний режим водоспоживання. Робоча зона реального режиму роботи не завжди збігається із зоною оптимального

ККД насосів. З рис. 1 видно, що якщо насос на даному ЦТП вибраний на максимальну подачу $100 \text{ м}^3/\text{год}$, то насос працює з максимальною продуктивністю 8 % всього часу, при 75 % максимальної продуктивності – 21 % часу, при 50 % – 38 % часу і при 30 % – 33 % часу. Також слід зазначити, що при конструюванні насоса його характеристики оптимізуються для вузької робочої області одного номінального режиму, який здебільше не використовується. На практиці високий рівень ККД насосів залишається незадіяним.

Узгодження параметрів насосної станції і гідравлічної мережі здійснюється переважно зовнішніми гідравлічними засобами, що пов'язано зі значними втратами енергії. Використання даних способів регулювання є неекономічним і відкидає можливість автоматизованого регулювання насосної станції.

Традиційний підхід до проектування насосних станцій характеризується наступним:

- тиск у магістральних водоводах по всій їх довжині повинен бути не меншим 2,5 атм (Сніп 2.04.02-84), при цьому не використовується можливість встановлення проміжних підкачуючих насосних станцій;

- для розрахунку гідравлічних параметрів насосної станції використовується найбільш віддалена точка з найвищою геодезичною відміткою, при цьому аналіз стану гідравлічних параметрів мережі в “низьких точках” не завжди приймається до уваги;

- розрахунок параметрів насосного обладнання проводиться за принципом “забезпечення максимальних параметрів найменшою кількістю насосного обладнання”;

- практично не використовується можливість “зонування” мереж по напорам, не враховується етажність забудови “зон”.

Все це приводить до:

- завищення витрат і напорів насосного обладнання, встановленого на станціях, що в свою чергу приводить до нераціонального споживання електроенергії, збільшення втрати води в мережі, підвищення ризик гідродударів та погіршення якості води;

- неефективного реагування водонасосних станцій на зміну витрат в мережі;

- виникнення аварійних ситуацій (поривів трубопроводів);

- дискомфорту споживачів;

- підвищення питомих витрат електроенергії на перекачування 1 м^3 води.

Для виправлення даної ситуації необхідно проводити модернізацію чи реконструкцію систем водопостачання таким чином, щоб зменшити витрати, знизити енергоспоживання і забезпечити необхідний комфорт при будь-якій поверховості будинків. Одним зі способів досягнення такого результату є застосування сучасних насосних станцій третього підйому.

Пропонований підхід до проектування станцій

Модернізація чи проектування нових насосних станцій ставить перед проектувальниками досить складні технічні завдання по узгодженню добових коливань водоспоживання у мережі з параметрами насосних агрегатів, розрахованих на постійний режим роботи, шляхом застосування ступеневого або плавного (засобами

регулювання швидкості обертання роторів двигунів насосів) регулювання, з використанням засобів автоматизації (датчики, регулятори і ін.).

Підхід до проектування мережі насосних станцій повинен базуватися на принципі подачі води по всій мережі з мінімально можливим напором, що можна здійснити шляхом:

- зонування мереж (враховуючи висоту забудови, географічний рельєф місцевості, встановлення додаткових підвищувальних насосних станцій, для забезпечення об'єктів що потребують додаткового напору);

- оснащення водонасосних станції системою контролю і моніторингу тиску в мережах;

- встановлення насосного обладнання з різними параметрами по витраті, з можливістю відслідковувати потреби мережі і адекватно змінювати алгоритм роботи групи насосних агрегатів.

Виходячи з графіків добового водоспоживання, режими роботи насосного обладнання повинні змінюватися в широкому діапазоні від $0,3 - 1,25 Q_{\text{ном}}$ насосу, але при зміні характеристик мережі, насос починає працювати на режимах, які відрізняються від оптимального, при цьому ефективність його роботи знижується. Необхідно також зазначити, що робота насосу в режимах $0,3 - 0,5 Q_{\text{ном}}$ призводить до ряду проблем, пов'язаних з підвищенням вібрації насосу, виникнення нестационарних осьових і радіальних сил, що може привести до виходу з ладу опорних та ущільнюючих вузлів. Отже оптимальною робочою зоною експлуатації насосу вважається зона, що лежить в межах від $0,7 \div 1,2$ від оптимальної подачі.

Враховуючи вищезазначене можна сформулювати вимоги до обладнання водонасосних станцій:

- характеристики (H-Q) насосів повинні дозволяти їх спільну роботу в максимально можливому діапазоні зміни витрат;

- діапазон роботи кожного насосного агрегату повинен бути в зоні максимального К.К.Д., діапазон роботи групи насосного обладнання повинен також бути в межах високого К.К.Д., але сумарний К.К.Д. насосної станції повинен бути близьким до К.К.Д. одного насосу;

- при проектуванні або модернізації насосних станцій насосний агрегат повинен вибиратися з мінімальними питомими витратами електроенергії;

- кількість насосного обладнання повинна вибиратися виходячи з можливості забезпечення ранкового та вечірнього максимумів споживання, а також нічного мінімуму таким чином, щоб питома витрата електроенергії на перекачування 1 м^3 води для водонасосної станції була завжди постійною величиною;

- при ступеневому регулюванні кількістю одночасно працюючих насосних агрегатів характеристики (H-Q) одиничних насосів повинні бути пологими;

- при застосуванні засобів регулювання швидкості обертання роторів двигунів насосів необхідно застосовувати насосне обладнання з крутопадаючими характеристиками (H-Q), для регулювання подачі в широкому діапазоні витрат;

- інерційність реагування водонасосної станції і її обладнання на зміни параметрів мережі повинна бути мінімальною, але не допускаючою гідроударів

- конструкція насосних агрегатів повинна враховувати мінімізацію витрат на їх експлуатацію, ремонт і обслуговування.

Зазначені обставини дозволяють інакше поглянути на методи оптимізації характеристик (H-Q) насосів і, отже, на питання їхнього конструювання. Завдання оптимізації ставиться вже не до одного номінального режиму, а до цілої області режимів, що характеризуються необхідними діапазонами зміни витрати і напорів, а також зменшення енергоефективності насосного агрегату.

Щодо систем керування насосних станцій, то вони зазвичай призначені для підтримання заданого тиску у вихідному колекторі насосної станції при зміні водоспоживання, але для розгалужених гідравлічних мереж, це не зовсім правильно, оскільки при цьому не враховуються втрати тиску в магістралі. Для більш точного регулювання датчики контролю тиску варто встановлювати в диктуючих точках гідравлічної мережі.

Висновки

Нагальною проблемою водопостачання є зменшення питомих витрат енергоносіїв. Вирішення цієї проблеми можливе лише за умови проведення енергозберігаючих заходів в системі водопостачання, які повинні базуватися на створенні системи моніторингу гідравлічних параметрів мережі, аналізі потреб мережі, оптимізації енергоефективності роботи насосної станції. Вихідними параметром при проектуванні або модернізації насосних станцій має стати добовий графік водоспоживання. Стабільність тиску на вихідному колекторі або в диктуючих точках мережі повинно забезпечуватися при умові мінімізації питомих витрат електроенергії насосними агрегатами. Це можливо досягнути шляхом ступеневого регулювання кількості одночасно працюючих агрегатів або застосуванням засобів регулювання швидкості обертання роторів двигунів насосів (частотні перетворювачі).

Список літератури

1. Комплексна державна програма енергозбереження України, схвалена Постановою Кабінету Міністрів України від 5 лютого 1997 року №148. - 220 с.
2. Бойко В.С., Сотник Н.И., Сотник И.Н. Энергоэффективная насосная станция третьего подъема. «Техническая термодинамика» 2005. № 3 С. 62-65
3. Евтушенко А.А., Зинченко В.В. Сотник Н.И., В.С. Бойко В.С. Методика энергетического обследования и адаптация насосного оборудования действующих гидравлических сетей. Вісник СумДУ Технічні науки №5, 2006 р С. 46-58
4. Антоненко С.С., Сапожников С.В., Смертяк С.Ю. Методика энергетического обследования систем водопостачання промислових та комунальних підприємств. Вісник СумДУ Технічні науки №5, 2006 р С.5-9