

Shapoval S.P., Venhryn I.I.
National University «Lviv Polytechnic»

OUTLOOK FOR USING OF SOLAR POWER IN UKRAINE

Summary

The analysis of incoming solar radiation in the perspectives for exploitation this solar collectors in Ukraine, which will give an opportunity to decrease the usage of traditional power generation sources, based on fossil fuel.

Keywords: solar power, solar thermal system, solar radiation.

УДК 697.34

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ВОДОКАНАЛУ

Шовкалюк Ю.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

У даній статті об'єктом дослідження є районне комунальне підприємство міста. Головною метою статті є опис результатів енергетичного обстеження з розрахунками потенціалу енергозбереження. Реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити якість послуг з централізованого водопостачання та водовідведення.

Ключові слова: водопровідно-комунальне господарство, енергозбереження, тепловий насос.

Постановка проблеми. Проблема раціонального використання води та низької енергетичної ефективності технологічного процесу на підприємствах водопровідно-комунального господарства (ВКГ) України представляє в даний час одне з найактуальніших завдань для українського суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день основними характеристиками ВКГ є [1, 2]:

- незадовільний технічний стан і зношеність значної частини основних фондів;
- застосування застарілих технологій та обладнання в системах водопостачання та водовідведення;
- висока енергоемність обладнання на об'єктах;
- обмеженість інвестицій та дефіцит фінансових ресурсів, необхідних для розвитку, утримання в належному технічному стані та експлуатації систем питного водопостачання та водовідведення;
- перевищення четвертою частиною водопровідних очисних споруд і кожною п'ятою насосною станцією (у вартісному виразі) нормативного терміну амортизації. Фактично амортизовано половину насосних агрегатів, з яких 40 відсотків потребує заміни.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Об'єктом дослідження є районне комунальне підприємство міста «Водоканал», для основних підрозділів якого характерними є ті ж риси, що і для водопровідно-каналізаційного господарства України в цілому. Саме тому особливої актуальності набуває проведення енергетичного обстеження роботи системи централізованого водопостачання та водовідведення.

В ході роботи необхідно розробити комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності технологічних процесів та надійності роботи систем водопостачання та водовідведення, реалізація яких дозволить підвищити якість послуг [3, 4]. Також доцільно виконати оцінку можливості встановлення теплового насосу для потреб опалення головної будівлі очисних споруд, теплопостачання якої здійснюється від централізованої системи [5, 6].

Мета статті. Головною метою даної роботи є опис результатів енергетичного обстеження об'єкту дослідження з розрахунками потенціалу енергозбереження.

Викладення основного матеріалу. Підприємство «Водоканал» займається діяльністю з надання населенню і підприємствам міста послуг з водопостачання питною водою, водовідведення та очищення стічних вод.

Предметом діяльності підприємства є:

- надання послуг централізованого водопостачання та/або централізованого водовідведення споживачам міста;
- забезпечення сталої роботи мереж водопроводу і каналізації, проведення ремонтних робіт у процесі експлуатації мереж;
- здійснення робіт по відведенню, прийманню та очистці стоків.

Система водовідведення складається із самопливних колекторів, 5-ти каналізаційних насосних станцій (КНС), напірних трубопроводів та каналізаційних очисних споруд (КОС). Каналізаційні очисні споруди є найбільш енергоемним підрозділом (споживання електричної енергії сягає 35% від загального енергоспоживання підприємством), КОС займають площу близько 16га і забезпечують повну механічну та біологічну очистку стічних вод, їх доочищення та обробку осаду.

Результати енергетичного обстеження. Проведене енергетичне обстеження дало змогу зробити наступні висновки:

- 1) головна проблема систем водопостачання та водовідведення – значні обсяги втрат і недообліку води – понад 50% «втраченої» води не виставляється споживачам за водопостачання та водовідведення, хоча ця вода і перекачується, і очищується. Значна розбіжність між обсягами піднятої та реалізованої води, а також між обсягами пропущених, очищених та реалізованих стоків підтверджує значний недооблік води, та, відповідно, стоків;
- 2) зношеність 32% водопровідних та каналізаційних мереж;
- 3) висока аварійність мереж, яка перевищує середню по Україні (300 аварій на 100 км за рік) більше, ніж удвічі;
- 4) механічне та електричне обладнання більшості насосних станцій потребує модернізації;
- 5) недостатня кількість лічильників спожитої електроенергії та води;

6) експлуатація більшості насосних станцій не ефективна з енергетичної точки зору (через штучне утворення циркуляційних потоків, відсутність профілактики запірної арматури та невідповідність насосів гідравліці системи);

7) низький ККД агрегатів та висока енергоємність насосного обладнання на чотирьох КНС;

8) схема подачі стоків від КНС до очисних споруд нерациональна. П'ять напірних трубопроводів перед КОС об'єднуються у камері в один трубопровід, а далі, по цьому напірному трубопроводу, подаються у приймальну камеру каналізаційних очисних споруд. Така схема подачі негативно впливає на роботу КНС (погіршується гідравліка напірних трубопроводів, можливі перетоки);

9) недосконалість систем регулювання.

Проаналізуємо далі структуру витрат електричної енергії. На рис. 1 приведено кругову діаграму, що ілюструє енергетичний баланс об'єкту.

Як бачимо з рисунку, основним споживачем електроенергії підприємства є повітродувка, що потрібно враховувати при виборі заходів з енергозбереження.

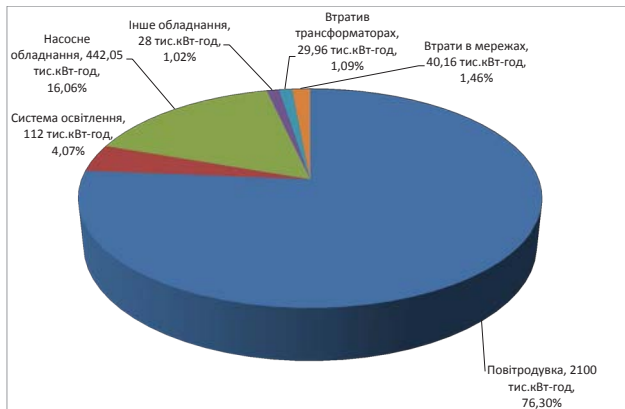


Рис. 1. Енергетичний баланс об'єкту

Джерело: розроблено автором

Що стосується споживачів теплоенергії, серед об'єктів очисних споруд опалюється тільки головна будівля, в якій знаходиться насосна станція сирого осаду, приміщення для персоналу, лабораторія. На даний момент тепlopостачання очисних споруд здійснюється від зовнішніх теплових мереж. Районна котельня розташована на відстані 3 км від об'єкту. Введення тепломереж здійснюється в приміщення теплового пункту, який розташований в підвалі. Опалювання розроблене для кліматичного району, з розрахунковою температурою зовнішнього повітря -21°C . Теплоносієм в системі опалювання

служить вода з температурним графіком $95^{\circ}/70^{\circ}$, в теплопункті встановлено елеваторний вузол. Подача теплоносія на стояки – нижня, схема – однотрубна, з байпасами. В якості місцевих нагрівальних приладів прийняті радіатори М-140, загальне число секцій – 530 штук. Гаряче водопостачання організовано за допомогою двох бойлерів потужністю 1,5 кВт кожний.

Діючі теплові мережі не задовольняють сучасним вимогам надійності ні за якістю будівельних конструкцій теплопроводів, ні за теплофізичними показниками, тобто не забезпечують нормативних значень втрат теплоти 65 Вт/м . Крім того, теплові мережі, які використовуються для транспортування теплоносія до очисних споруд, є застарілими, термін їхньої експлуатації в 2 рази перевищує нормативні значення. Складність та довжина транспортної інфраструктури тільки збільшує значення невикористаних втрат теплоти.

Вибір заходів зі зменшення споживання теплової енергії.

Що стосується безпосередньо системи опалення, то можна зробити висновок, що існуюча елеваторна система із значними горизонтальними ділянками труб значно ускладнює регулювання температурних режимів системи [1].

В ході дослідження проведено уточнення розрахункової теплової потужності системи опалення, річних витрат теплоти, також виконано оцінку потенціалу енергозбереження. Характеристика всіх запропонованих заходів по збереженню теплової енергії наведена в табл. 1.

Вибір низькопотенційного джерела теплоенергії

Найбільш доцільним джерелом низькопотенційної теплоти для теплового насоса на КОС є нагріте повітродувкою повітря, що постачається до аеротенків. При продуктивності повітродувки рівній 10 тис.м. куб./год температура повітря складає 60°C . Пропонується замінити дану повітродувку на менш потужну. При цьому параметри повітря, що подається на аеротенки (витрата, температура), залишаться незмінними, зміниться лише потужність двигуна повітродувки. Таким чином, при розрахунку теплового насосу слід відштовхуватися від існуючої продуктивності повітря та його температури.

Як свідчать розрахунки, теплоти, що отримується від охолодження повітря, вистачить на обігрів головної будівлі очисних споруд, потреба якої у теплової енергії складає 130 кВт.

Розрахунок контуру теплового насоса розпочинається з вибору робочого тіла. Враховуючи діапазон температур, які матимуть місце в системі, а також те, що передбачається використання одно-

Таблиця 1

Характеристика запропонованих заходів з теплової санації

№ п/п	Захід з енергозбереження	Економія теплової енергії, Гкал/рік	Економія грошових ресурсів, тис. грн./рік	Капітальні затрати, тис. грн.	Простий термін окупності, років
1	Впровадження системи енергетичного менеджменту тепlopостачання на об'єкті	391	359	180	0,5
2	Утеплення зовнішніх стін	149,57	137	672	4,9
3	Встановлення радіаторних рефлекторів в адміністративній будівлі	16,5	15	8,792	0,6
4	Впровадження автоматики та регулювання споживання теплоти	13,03	12	30	2,5
	Всього	570,1	524	890,792	-

Джерело: розроблено автором

ступеневого компресору (з метою досягнення максимально можливого коефіцієнту перетворення), найбільш доцільним вбачається застосування холодоагенту R717 (аміаку). Аміак не має озоноруйнівного потенціалу і прямого потенціалу глобального потепління (парникового ефекту). Аміак має значно більшу теплоту пароутворення, ніж інші холодоагенти. Також використання аміаку дозволяє досягти більш високої температури конденсації, яка може сягати 80-90°C.

Крім того, пропонується також розглянути можливість застосування холодоагенту R134a (тетрафторетану), як такого, що знаходить найбільше поширення в теплонасосних системах на сьогоднішній день.

Розрахунок для робочого тіла R717

У випадку застосування в якості робочого тіла аміаку, схема роботи теплового насосу матиме наступний вигляд (рис. 2):

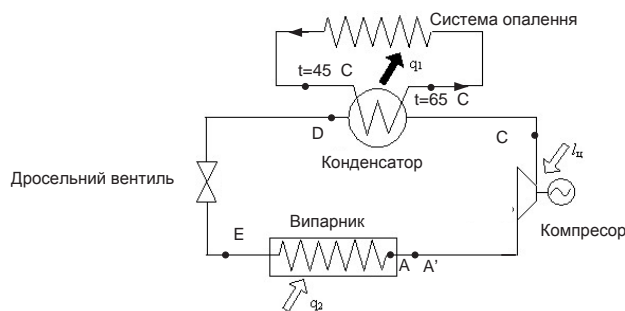


Рис. 2. Спрощена схема запропонованого циклу теплового насосу

Джерело: розроблено автором

Температура холодоагенту, що заходить у випарник, вибирається на кілька градусів меншою, за температуру джерела низької потенційної теплоти на виході з випарника (в даному випадку 20°C). Необхідно мати на увазі, що на вхід компресора з метою запобігання поломки слід подавати вже перегріту пару. Таким чином, слід передбачити, що хвостова частина випарника працюватиме в режимі пароперегрівача. При перегріві на 1°C температура на виході з випарника становитиме 16°C, тиск при цьому залишатиметься незмінним.

Побудуємо цикл в T-s діаграмі (див. рис. 3).

Параметри циклу в основних точках циклу представлені в табл. 2.

Розрахункове значення коефіцієнту перетворення теплового насоса, що працюватиме за даним циклом: COP=4,55.

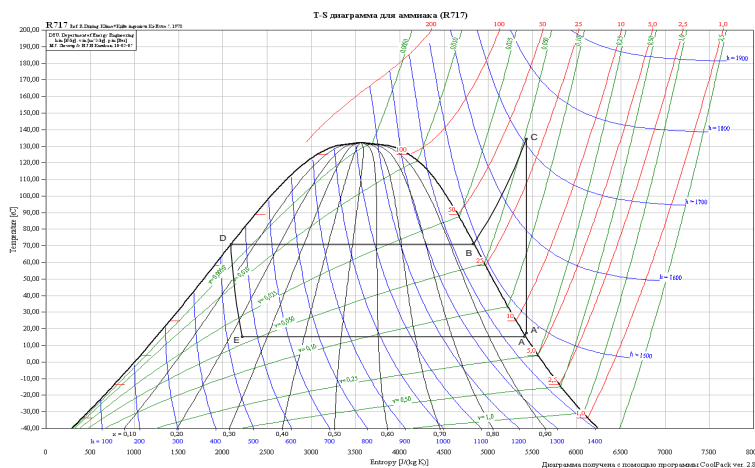


Рис. 3. Зображення циклу в T-S координатах

Джерело: розроблено автором

Параметри циклу в основних точках

Точка	Тиск, бар	Температура, °C	Питома ентальпія, кДж/кг
A	7,38	15	1450
A'	7,38	16	1460
B	33,12	70	1490
C	33,12	135	1710
D	33,12	70	550
E	7,38	15	550

Джерело: розроблено автором

Вибрані параметри холодоагенту в конденсаторі дозволяють здійснювати роботу системи теплостачання по температурному режиму 65/45 (технічні характеристики, що надаються основними світовими виробниками теплових насосів, свідчать про температурний перепад у конденсаторі між теплоносієм системи теплостачання та холодоносієм в розмірі 5°C). Існуюча ж система теплостачання проектувалася під температурний режим 95/70, тобто матиме місце зменшення питомого теплового потоку, віднесеного до одиниці площі нагрівальних приладів, і, відповідно, необхідність збільшення їхньої площі.

Проте, зважаючи на зниження потреби будівлі в енергії внаслідок впровадження заходів з теплової санації, вказаних у таблиці 1, «негативний ефект» від зменшення щільності теплового потоку з одиниці площі нагрівальних приладів компенсуватиметься суттєвим зменшенням теплового навантаження будівлі, що в підсумку дасть можливість обійтися без вставлення додаткових секцій радіаторів.

Розрахунок для робочого тіла R132a

Розрахунок проводитимемо за аналогією до розрахунку циклу на R717. Вибираємо такий же діапазон робочих температур в випарнику та конденсаторі.

Параметри в робочих точках циклу представлені в табл. 3.

Розрахуємо коефіцієнт перетворення теплового насоса, що працюватиме за даним циклом:

Таким чином, при приблизно рівних площах поверхні випарників, застосування холодоагенту R134a вбачається більш доречним за рахунок більшого коефіцієнта перетворення COP (4,82 проти 4,55 в аміачного теплового насосу). Така картина спостерігається за рахунок того, що в циклі з використанням аміаку має місце дуже висока температура перегріву, що призводить до великої різниці температур на виході та вході компресора.

Таким чином, навіть при набагато меншій об'ємній витраті холодоагенту в аміачному циклі коефіцієнт перетворення приймає більш привабливе значення при виборі циклу з використанням R134a.

Отже, вибір обладнання виконуємо відносно обраного холодоагенту R134a. Аналіз ринку теплових насосів дозволяє зробити висновок, що найбільш доцільним є придбання та встановлення теплового насосу фірми VDE. Дані теплові насоси працюють на вказаному холодоагенті, має місце широка диференційований ряд моделей, серед яких є така, що відповідає потребам об'єкту у тепловій енергії. Компресор, яким обладнано обраний тепловий насос, цілком відповідає параметрам циклу, що розглядається.

Перелік необхідного обладнання приведено в табл. 4.

Таблиця 3

Параметри робочого тіла у робочих точках

Точка	Тиск, бар	Температура, ОС	Питома ентальпія, кДж/кг
A	4,178	15	410
A'	4,178	16	411
B	22	70	427
C	22	75	438
D	22	70	305
E	4,178	15	305

Джерело: розроблено автором

Таблиця 4

Перелік необхідного обладнання

Найменування	Кількість, шт.
Тепловий насос VDE TH-120	1
Контролер вхідної напруги	1
Набір для закачування холодоагенту	1
Реле плавного пуску	1
Виносна панель керування	1
Температурний датчик у кімнаті	4
Циркуляційний насос системи опалення	1
Колектор для з'єднання системи опалення з конденсаторами теплових насосів	1
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи	

Джерело: розроблено автором

Загальна вартість основного обладнання – близько 1 млн грн.

Річна економія – 177 тис грн./рік.,

Простий термін окупності – 5 років.

Розробка заходів зі зменшення споживання електроенергії.

Повітродувка, встановлена на очисних спорудах, є найбільшим споживачем електроенергії серед обладнання. Номінальна продуктивність даної повітродувки складає 10 тис. м. куб. при тиску 1,6 атм., потужність встановленого електродвигуна – 250 кВт. Повітродувка є фізично та морально застарілою, працює не в номінальному режимі та потребує заміни.

Пропонується встановити сучасну повітродувку типу «Рутс» компанії «KUBICEK VHS», що скон-

струйована як максимально безпечна для природного середовища: робоче середовище, що стискається, не містить будь-яких забруднень або масел; спеціально сконструйовані кожухи зводять до мінімуму рівень шуму.

Також під час проведення енергетичного обстеження було запропоновано ряд заходів, спрямованих як на підвищення енергоефективності технологічного процесу, так і на поліпшення якості очищення стічних вод, що, в свою чергу, повинно викликати покращення екологічної ситуації.

Характеристики запропонованих заходів з енергозбереження наведено в табл. 5.

Проаналізувавши приведені в таблиці дані, можна зробити наступні висновки. Найбільш ефективними з точки зору обсягів зекономленої електроенергії є такі заходи, як відновлення роботи цеху механічного обезводнення осаду і заміна повітродувки. В той же час заміна повітродувки потребує набагато менших капітальних затрат, що робить даний захід більш пріоритетним. Встановлення датчиків розчиненого кисню при відносно невеликих капітальних вкладеннях дає значні обсяги економії, завдяки чому цей захід окупатиметься найшвидше. В той же час не потрібно забувати, що досягти економії в цьому випадку можливо лише за умови обладнання повітродувки приводом з частотним регулюванням, що передбачено в заході по безпосередній заміні повітродувки. Тому рекомендується два вищезазначені заходи а також заміну аераторів в аеротенках розглядати комплексно: саме у випадку паралельної реалізації вдасться досягти максимального ефекту. Заходом же, що рекомендується до впровадження в першу чергу, є переведення дренажних насосів в нічний режим. Реалізація даного заходу хоч і не сприятиме зменшенню обсягів спожитої енергії, але призведе до економії фінансових ресурсів у розмірі 74 тис. грн./рік. Захід не потребує жодних капіталовкладень і може бути реалізований найближчим часом.

Висновки. Виконане енергетичне обстеження підприємства водоканалу і проведені економічні розрахунки доцільності і впровадження енергозберігаючих заходів з урахуванням діючих тарифів на енергоресурси, вартості матеріалів, робіт та послуг та визначений термін окупності інвестицій. Реалізація зазначених заходів дозволить підвищити якість послуг з централізованого водопостачання та водовідведення.

Таблиця 5

Характеристика заходів з енергозбереження

Захід з енергозбереження	Економія електричної енергії, тис. кВт · год / рік	Економія грошових ресурсів, тис. грн. / рік	Капітальні затрати, тис. грн.	Простий термін окупності, р.
Відновлення роботи цеху механічного обезводнення осаду	650	650	2521,6	3,91
Заміна повітродувки	630	630	851,4	1,35
Встановлення датчиків розчиненого кисню	105	105	30	0,28
Заміна ламп розжарення на компактні люмінесцентні	78,93	78,93	21,4	0,3
Переведення дренажних насосів на нічний режим	-	74,53	-	-
Заміна недовантажених трансформаторів на менш потужні	6,99	6,99	20	2,85

Джерело: розроблено автором

Список літератури:

1. Прокопенко В.В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник // Прокопенко В.В., Закладний О.М., Кульбачний П.В. – К.: Освіта України, 2009. – 438 с.
2. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. / [заг. ред. В.М. Беленький] // – Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. – 696 с.
3. Економіка підприємства.: Підручник В2 Т.2/ За редакцією С.Ф. Покропивного-К.: «Хвиля-Прес», 1995.
4. Гиляровская Л. Т. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 360 с.
5. Васильев Г. В. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли. Изд. «Граница», Москва, 2006. – 383 с.
6. Гершкович В.Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами. Изд. ЧП «Энергоминимум», Киев, 2009 – 62 с.

Шовкалюк Ю.В.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОКАНАЛА**Аннотация**

В данной статье объектом исследования является районное коммунальное предприятие города. Главной целью статьи является описание результатов энергетического исследования с расчетами потенциала энергосбережения. Реализация предложенных мероприятий позволит повысить качество услуг по централизованному водоснабжению и водоотведению.

Ключевые слова: водопроводно-коммунальное хозяйство, энергосбережение, тепловой насос.

Shovkaliuk Y.V.

National Technical University of Ukraine
«Kiev Polytechnic Institute»

INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY WATER CANALS COMPANY**Summary**

In this paper, the object of study is the municipal district of the city. The main purpose of the article is to describe the results of calculations of energy audit energy saving potential. The implementation of the proposed measures will improve the quality of water supply and sewerage.

Keywords: water and utilities, energy-saving, heat pump.