



Данське енергетичне агентство
Програма енергетичного партнерства
між Україною та Данією

Технічні рекомендації з енергоефективності насосних станцій

30 червня 2025 р.

Звіт: Технічні рекомендації з енергоефективності насосних станцій

Дата: 30.06.2025

Номер проєкту: 2182 EE UA10

Версія: 01a

Підготували: Пітер Браск, Карстен Глентінг

Підготовлено для: UDEPP, ДЕА, Міністерство розвитку громад та територій, ДАЕЕ

Контроль якості: Андреас Мікельсон Хелк

Затверджено: Карстен Глентінг

VIEGAND MAAGØE A/S

ЗЕЛАНДІЯ
Головний офіс
Nørre Søgade 35
DK 1370 Копенгаген К
Данія

Тел.: +45 33 34 90 00
info@viegandmaagoe.dk
www.viegandmaagoe.dk

ПДВ: 29688834

ЮТЛАНДІЯ
Kalkværkvej 1, 4th поверх.
DK 8000 Орхус С

Передмова

Енергоефективність є ключовим елементом стратегії України щодо економічної модернізації, енергетичної безпеки та дій, що стосуються боротьби зі зміною клімату, особливо в умовах узгодження країною своєї політики з енергетичною політикою ЄС, зобов'язаннями щодо декарбонізації та забезпечення енергетичної безпеки. Однак численні бар'єри, зокрема фінансові обмеження, регуляторні проблеми, технологічні обмеження, геополітичні виклики та обмежений доступ до відповідної інформації, перешкоджають широкому впровадженню енергоефективних заходів. В останні роки Україна зробила значні кроки для створення політичних та фінансових механізмів, що заохочують енергозбереження в промисловому та комунальному секторах, допомагаючи зменшити залежність від викопного палива, знизити виробничі витрати та підвищити конкурентоспроможність.

В Україні значна частина електроенергії виробляється на вугільних електростанціях, а національний рівень викидів CO₂ від виробництва електроенергії є високим. Водночас енергетичний сектор України характеризується дуже низькою енергоефективністю, оскільки більшість об'єктів з виробництва та споживання електроенергії були спроектовані й збудовані в часи Радянського Союзу, коли енергетичних ресурсів було вдосталь, а питанням впливу на навколишнє середовище або проблемам глобального потепління практично не приділяли уваги. Більшість цих об'єктів зношені та погано обслуговуються, що ще більше знижує їхню експлуатаційну ефективність та надійність. Крім того, багато з цих систем мають значний надлишок потужності, що призводить до ще нижчої ефективності та високих витрат на технічне обслуговування. Нинішня ситуація, спричинена війною з Росією, що триває, і яка призвела до масштабних пошкоджень об'єктів з виробництва електроенергії по всій Україні, зумовила гострий дефіцит електроенергії та різке зростання цін на неї.

На початку 2024 року Уряд України звернувся по термінову допомогу в межах Програми енергетичного партнерства між Україною та Данією (UDEPP) щодо проведення енергоаудитів на водонасосних перекачувальних станціях в інфраструктурі комунального господарства, а також на тягових підстанціях, у контактній мережі та рухомому складі систем громадського електротранспорту.

В Україні насосні станції широко використовуються для транспортування води та для зрошення, і вони становлять значну частку споживання електроенергії в цьому секторі. Іншими типовими сферами застосування водонасосних систем є системи питного водопостачання та каналізації.

Аудити були проведені на двох насосних станціях (Насосна станція № 4 каналу Дніпро–Донбас та Ірпінська насосна станція, розташована в Київській області) відповідно до ТЗ 2024 року для Звіту 3.2 про результати в межах Програми енергетичного партнерства між Україною та Данією (UDEPP) (Каталог технологій та технічні рекомендації щодо енергоефективності та заміщення палива в промисловості). У продовження проведених аудитів водонасосних станцій були розроблені ці Технічні рекомендації з енергоефективності водонасосних станцій. Технічні рекомендації мають на меті надихнути та підтримати українські водоканали, а також енергетичних аудиторів у впровадженні енергоефективних технологій та практик. Вони базуються на результатах двох комплексних енергоаудитів, проведених на типових насосних станціях підйому води в інфраструктурі комунального господарства. Насосні станції, які підлягали енергоаудиту, були відібрані таким чином, щоб забезпечити широку релевантність оцінюваного конкретного обладнання. Виїзні аудити проводилися національними енергоаудиторами, а міжнародні аудитори забезпечували експертне консультування, супровід і контроль якості дистанційно.

Зміст

1	Технологія насосних систем на об'єктах аудиту	4
1.1	Об'єкти, що проходили аудит.....	4
1.2	Ключові компоненти насосної системи	4
1.3	Загальні зауваження	5
2	Основні висновки енергоаудитів	5
2.1	Режим роботи станцій та систем керування	5
2.2	Типові проблеми, виявлені під час енергоаудитів.....	5
2.3	Споживання електроенергії на перекачування води	6
3	Виявлені можливості підвищення ефективності	6
3.1	Заміна застарілих трансформаторів та силового обладнання.....	7
3.2	Встановлення сучасної централізованої системи дистанційного контролю та управління.....	9
3.3	Заміна двигунів	10
3.4	Насоси	12
3.5	Конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності.....	13
3.6	Частотно-регульований електропривод	14
3.7	Можливе використання у ролі гідроакумуючої електростанції.....	14
3.8	Режим обмеження пікового навантаження	14
3.9	Відновлення шлюзових воріт	15
4	Потенціал економії енергії	15
5	Важливість планового профілактичного обслуговування	16
6	Процес закупівлі нових насосних систем підйому води	17
6.1	Етап попереднього техніко-економічного обґрунтування	17
6.2	Етап техніко-економічного обґрунтування	18
6.3	Етап проведення тендера.....	19
6.4	Етап укладання договору	20
6.5	Монтаж, введення в експлуатацію та експлуатація	20
	Рисунок 1-1 Загальний вигляд станції та каналу Дніпро–Донбас	4
	Рисунок 3-1 Застарілі трансформатори та основне силове обладнання на каналі Дніпро–Донбас.....	7
	Рисунок 3-2 Застарілі шафи контролю та управління	9
	Рисунок 3-3 Приклади кородованих обмоток у зношеному електродвигуні	10
	Рисунок 3-4 Приклади кородованих обмоток у зношеному електродвигуні	11
	Рисунок 3-5 Старий насосний агрегат з підшипниками ковзання	12
	Рисунок 3-6 Приклад встановлення конденсатора 6 кВ.....	13
	Рисунок 3-7 Добовий графік навантаження енергоспоживання в Україні станом на 25 січня 2022 р.	14
	Рисунок 3-8 Протікання води крізь ущільнювальні елементи шлюзових воріт.....	15

1 Технологія насосних систем на об'єктах аудиту

1.1 Об'єкти, що проходили аудит

Енергоаудити були проведені на двох типових насосних станціях підйому води в Україні:

- 1) Канал Дніпро-Донбас забезпечує внутрішньобасейновий та міжбасейновий перерозподіл водних ресурсів з р. Дніпро (Кам'янське водосховище) в річку Сіверський Донець з метою забезпечення потреб населення і галузей економіки Дніпропетровської, Харківської та Донецької областей. Довжина каналу становить 263 км. Дільниця підйому складається із 12 насосних станцій, загальна висота підйому – 72 м. Загальна водопропускна здатність системи становить 120 м³/с. З шести паралельних насосних агрегатів, встановлених на кожній насосній станції, наразі працюють лише по одному або двом.
- 2) Ірпінська насосна станція – насосна станція заглибленого типу (з монолітного залізобетону) використовується для перекачування надлишкових (повеневих/зливових/дренажних) вод річки Ірпінь в Київське водосховище. Загальна водопропускна здатність станції складає 60,4 м³/с.



Рисунок 1-1 Загальний вигляд станції та каналу Дніпро–Донбас

1.2 Ключові компоненти насосної системи

Основні елементи насосних систем підйому води:

- 1) Насосні агрегати з постійним або змінним кутом нахилу лопатей
- 2) Електродвигуни з регулюванням частоти обертання або без нього
- 3) Трансформатори
- 4) Гідротехнічні затвори або клапани, що запобігають зворотному потоку

Окрім основних компонентів, існує ряд допоміжних систем та обладнання:

- Технічне обслуговування технологічного обладнання (підйомники, крани)
- Заслінки з підігрівом (електрообігрівачі для розтоплення льоду взимку)
- Системи дренажу (контроль рівня води в дренажних системах станції)

- Вентиляція (видалення вологи, повітрообмін)
- Освітлення (внутрішнє та зовнішнє)
- Опалення (локальні електричні прилади)
- Системи відкачування мастила
- Пожежогасіння
- Будівлі насосної станції, включно з машинним відділенням, складськими приміщеннями та приміщеннями для операторів

1.3 Загальні зауваження

Тип перевірених насосних станцій характеризується стабільним напором підйому води. Насоси працюють у режимі ввімкнено/вимкнено з постійною витратою та напором. На каналі Дніпро–Донбас, для покращення ефективності перекачування води, додатково є можливість регулювання характеристик насосів шляхом ручного регулювання кута нахилу лопатей насоса, для забезпечення потрібного напору перекачування, який визначається різницею рівнів води до і після насосної станції.

Обидва енергоаудити виявили, що більшість обладнання є старим, зношеним і має низький рівень технічного обслуговування. Крім того, потужності насосних станцій суттєво завищені у порівнянні з фактичними потребами використання.

За результатами енергоаудитів, проведених на насосних станціях, було виявлено значний потенціал енергозбереження, зокрема:

- Значний потенціал у зменшенні втрат води через гідротехнічні затвори та клапани
- Занадто потужні насосні установки, що призводить до низької ефективності роботи
- Неефективна робота насосів через недостатнє або невідповідне контрольно-вимірювальне обладнання
- Застарілі трансформатори та силові обладнання

З цих причин слід очікувати, що підвищення ефективності насосних станцій підйому води може призвести до значної економії енергії. Під час реконструкції наявних насосних станцій важливо враховувати, чи мають вони надмірну потужність, і замінювати їх лише на обладнання достатньої потужності.

2 Основні висновки енергоаудитів

2.1 Режим роботи станцій та систем керування

Режим роботи та систем керування на обох насосних станціях підйому води можна описати наступним чином:

- Відсутня централізована система керування, моніторингу та диспетчеризації, агрегати керуються вручну персоналом станції.
- Основне технологічне обладнання не працює постійно, активне (планове) використання основних насосних агрегатів припадає на періоди наповнення водосховищ та ділянок каналів.
- Профілактичне обслуговування проводиться в недостатньому обсязі, а значна кількість робіт з ремонту та технічного обслуговування виконується у результаті відмови обладнання, що призводить зростання частоти таких відмов. Оператори станції проводять технічне обслуговування та ремонт обладнання в періоди, коли воно не використовується.
- Деякі допоміжні системи експлуатуються лише обмежено через недоліки та несправності цих систем, а також через відносно високий рівень їх енергоспоживання.

2.2 Типові проблеми, виявлені під час енергоаудитів

Енергетичні аудити на насосних станціях підйому води виявили низку проблем:

- Зношеність і технічна застарілість основного та допоміжного обладнання спричиняють надмірне споживання енергії, часті ремонти та втрати в системах
- Брак запасних частин, необхідні для ремонту деталі знімають з наявних на станції агрегатів, котрі не експлуатуються
- У деяких випадках характеристики насоса можна адаптувати до необхідного напору перекачування для досягнення вищої ефективності шляхом повороту лопатей насоса та ввімкнення агрегатів із потрібним заданим кутом
- Через застарілість та неефективність систем вентиляції й опалення вони не використовуються повною мірою, що негативно впливає на умови експлуатації обладнання та призводить до частих відмов
- Приміщення станцій не є енергоефективними, що призводить до надмірних витрат на їх опалення та високих експлуатаційних витрат
- Відсутня автоматизована система керування, моніторингу та диспетчеризації
- Відсутня система прямого обліку води (перекачування/втрат) і немає можливості враховувати фактичний обсяг перекачаної води та режим роботи агрегатів
- Замулення русла річки може спричинити додаткове навантаження на насосне обладнання
- Шлюзові ворота зношені та деформовані, що призводить до зворотного потоку води через них у нижню частину каналу
- Обладнання, розташоване нижче рівня води, зокрема дренажні насоси, часто виходить з ладу через агресивне середовище
- Спостерігається значне споживання реактивної енергії

2.3 Споживання електроенергії на перекачування води

Дві обстежені насосні станції є великими споживачами електроенергії та потребують як великої електричної потужності, так і значного обсягу споживання електроенергії.

Для каналу Дніпро–Донбас загальна електрична потужність на одній із насосних станцій становить 18 МВт. Загальна електрична потужність для всього каналу перевищує 200 МВт, річне споживання електроенергії (середнє за 2020–2022 роки) становить 1,640 МВт·год (при використанні 106 годин на рік на максимальній потужності, або приблизно 1,3% часу) загалом для всього каналу – понад 20,000 МВт·год. Варто звернути увагу на значний надлишок потужності обладнання, оскільки споживання електроенергії відповідає лише приблизно 100 годинам роботи на максимальній потужності.

Загальна електрична потужність Ірпінської насосної станції становить 6,3 МВт, а річне споживання електроенергії (середнє за 2020–2022 роки) становить 3,020 МВт·год. Тут також спостерігається надлишок потужності обладнання, оскільки споживання електроенергії відповідає лише приблизно 500 годинам роботи на максимальній потужності.

3 Виявлені можливості підвищення ефективності

У Технічних рекомендаціях для насосних станцій підйому води визначено такі ключові заходи енергозбереження, які можуть значно зменшити споживання електроенергії:

3.1 Заміна застарілих трансформаторів та силового обладнання



Рисунок 3-1 Застарілі трансформатори та основне силове обладнання на каналі Дніпро–Донбас

Важливо вибирати трансформатори з високим ККД. Нові трансформатори слід замовляти відповідно до стандарту Tier 2. Tier 1 та Tier 2 щодо трансформаторів зазвичай належать до стандартів енергоефективності, зокрема в рамках Директиви Європейського Союзу з екодизайну для силових трансформаторів. Tier 2 означає вищий рівень енергоефективності порівняно з Tier 1, передбачаючи нижчі втрати на холостому ходу та під навантаженням, що призводить до більшої економії енергії.

Трансформатори Tier 1 відповідають початковим мінімальним стандартам енергоефективності (MEPS), встановленим Директивою ЄС з екодизайну, тоді як трансформатори Tier 2 відповідають більш жорстким стандартам MEPS, які набрали чинності з 1 липня 2021 року. Вони розроблені з метою забезпечити вищу енергоефективність, порівняно з трансформаторами Tier 1, що призводить до зниження споживання енергії та скорочення експлуатаційних витрат. Втрати на холостому ходу та під навантаженням у трансформаторів Tier 1 відповідно на 30% і 20% вищі, ніж у трансформаторів Tier 2.

Заміна застарілого трансформаторного обладнання на сучасні аналоги є важливим кроком для підвищення енергоефективності, надійності та безпеки електропостачання. Застаріле трансформаторне обладнання характеризується такими ознаками:

- Зношення ізоляції: з часом ізоляція трансформаторів та іншого обладнання втрачає свої властивості, що підвищує ризик коротких замикань і пожеж
- Втрати ефективності: ефективність старого обладнання з часом знижується, що призводить до збільшення втрат електроенергії
- Застарілі технології: застаріле обладнання часто не відповідає сучасним вимогам до якості електроенергії та може мати обмежені функціональні можливості

Основними причинами заміни технічно застарілого обладнання є:

- Зниження втрат електроенергії: нові трансформатори мають вищу енергоефективність, що зменшує втрати електроенергії під час передачі

- Зменшення операційних витрат (ОРЕХ)
- Можливість дистанційного контролю: сучасні системи дозволяють дистанційно контролювати стан обладнання та своєчасно виявляти потенційні проблеми.
- Зниження кількості аварій: нове обладнання є більш надійним і менш схильним до відмов
- Збільшення терміну служби: сучасне обладнання має триваліший строк експлуатації, що знижує витрати на ремонти та заміни
- Можливість використання нових технологій: сучасні трансформатори можуть бути оснащені системами автоматичного контролю та управління, що підвищує надійність електропостачання та оптимізує режими роботи
- Покращення якості електроенергії: сучасні трансформатори забезпечують стабільнішу напругу та нижчий рівень гармонійних спотворень
- Підвищення надійності електропостачання
- Екологічні переваги: зменшення енергетичних втрат, що призводить до зниження викидів CO₂ та інших шкідливих речовин в атмосферу під час виробництва енергії
- Використання екологічно чистих матеріалів: сучасні трансформатори виготовляються з використанням більш екологічно чистих матеріалів

Хоча трансформатори Tier 2 можуть мати дещо вищу початкову вартість, довгострокова економія на експлуатації та зменшені потреби в обслуговуванні роблять їх економічно вигідним рішенням.

Очікується, що впровадження стандартів Tier 2 по всьому ЄС призведе до щорічної економії енергії в розмірі 16 ТВт·год, що еквівалентно запобіганню викидам 3,7 мільйона тонн вуглецю.

Приклад: Заміна застарілого трансформаторного обладнання на сучасні аналоги на насосній станції каналу Дніпро–Донбас			
Орієнтовна вартість обладнання			
№	Обладнання	Орієнтовна вартість, тис. грн:	Середня вартість, тис. грн:
1	Трансформатори 35/6 кВ	4 150 – 8 290	6 220
2	Трансформатори 35/0,4 кВ	410 – 2 070	1 240
3	Комутаційні пристрої (35 кВ)	1 000 – 3 000	2 000
4	Шунтові реактори (за потреби)	500 – 1 500	1 000
5	Силові кабелі (35 кВ та 6 кВ)	500 – 2 000	1 250
6	Система електроживлення для власних потреб	500 – 1 500	1 000
7	Захисні релейні пристрої	1 000 – 3 000	2 000
8	Системи вентиляції та охолодження	200 – 800	500
9	Шафи та панелі керування	300 – 1 000	650
10	Система обліку електроенергії	100 – 500	300
		Загальна сума на основі середніх показників:	16 160
Розрахунок економічних показників за умови 20% економії енергії			
Інвестиції, 1 000 грн		Чиста економія, 1 000 грн/рік	Простий термін окупності, роки
16 160		2 157*	7,5

*Тариф на електроенергію 8,1 грн/кВт·год

3.2 Встановлення сучасної централізованої системи дистанційного контролю та управління



Рисунок 3-2 Застарілі шафи контролю та управління

Рекомендується виконати модернізацію обладнання та встановити інтернет-канал зв'язку для забезпечення сучасної централізованої системи керування з пульта диспетчера. Віддалений контроль та управління дають змогу оперативно реагувати на зміни у виробництві та запобігати можливим проблемам.

Сучасна централізована система керування може забезпечити низку переваг:

- Завдяки моніторингу стану обладнання можна виявляти проблеми та усувати їх на ранній стадії, тим самим скорочуючи час простою. Резервування та віддалений доступ мінімізують вплив непередбачених подій
- Встановлення сервера Pult.Online у хмарі надає можливість організувати керування та моніторинг географічно розподілених об'єктів
- Додаткові функції, як-от моніторинг споживання енергії, діагностика обладнання, інтеграція з системами диспетчеризації та резервування

Приклад: Забезпечити сучасну централізовану систему керування з пульта диспетчера на насосній станції каналу Дніпро–Донбас

Орієнтовна вартість обладнання

№	Обладнання	Орієнтовна вартість, тис. грн:	Середня вартість, тис. грн:
1	Контролери та шафи керування	2 000 – 5 000	3 500

2	Датчики та приводи	1 000 – 3 000	2 000
3	Система SCADA та програмне забезпечення	500 – 2 000	1 250
4	Монтаж та введення в експлуатацію	1 000 – 4 000	2 500
5	Проектування та конструювання	500 – 1 500	1 000
		Загальна сума на основі середніх показників:	9 250
Розрахунок економічних показників за умови 20% економії енергії			
Інвестиції, 1 000 грн		Чиста економія, 1 000 грн/рік	Простий термін окупності, роки
9 250		2 157*	4,3

*Тариф на електроенергію 8,1 грн/кВт·год

3.3 Заміна двигунів



Рисунок 3-3 Приклади кородованих обмоток у зношеному електродвигуні

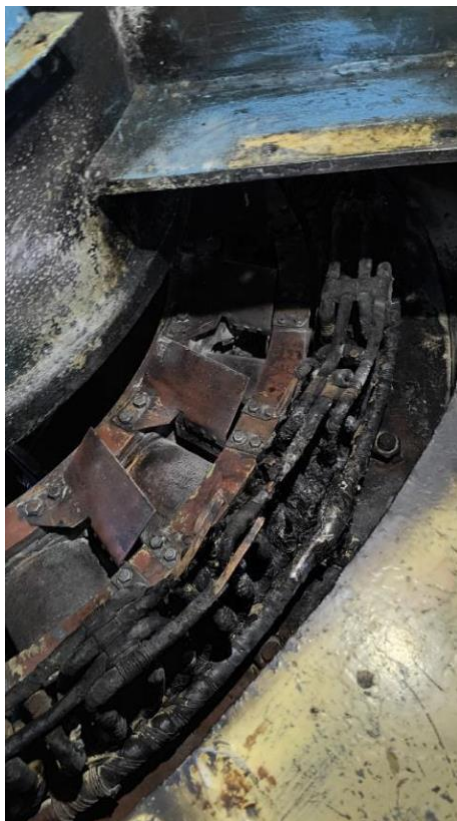


Рисунок 3-4 Приклади кордованих обмоток у зношеному електродвигуні

Заміна старих електродвигунів на сучасні з більш ефективними експлуатаційними характеристиками може призвести до значної економії електроенергії. У двох типах насосних станцій, що проходили аудит, насоси працюють на постійний потік та не потребують регулювання швидкості. Тому пропонується використовувати синхронні двигуни (типу СДМ), призначені для приводу механізмів із підвищеними пусковими характеристиками, що не потребують регулювання швидкості.

Внаслідок заміни наявних електродвигунів на більш енергоефективні можна досягти економії енергії в межах 15–20%. Нові двигуни слід замовляти з урахуванням мінімальних вимог, визначених Регламентом Комісії (ЄС) № 640/2009. Основна частина потенційної економії пов'язана з часто поганим станом старих і зношених двигунів через вологість або забруднення ізоляції обмоток електродвигуна.

Приклад: Заміна двох електродвигунів насосів на насосній станції каналу Дніпро–Донбас			
Варіант двигуна	Інвестиції, тис. грн	Чиста економія, тис. грн/рік	Простий термін окупності, роки
1 000 кВт	12 435	576*	21,6
1 750 кВт	19 950	118*	168**

*Тариф на електроенергію 8,1 грн/кВт·год

**Тривалий термін окупності зумовлений дуже коротким часом використання. За умови 50% використання термін окупності становив би 4,6 роки.

3.4 Насоси



Рисунок 3-5 Старий насосний агрегат з підшипниками ковзання

Економія електроенергії в межах 5–10% може бути досягнута шляхом заміни наявних насосів на більш енергоефективні. Нові насоси слід замовляти з урахуванням вимог Директиви 2009/125/ЄС Європейського Парламенту та Ради щодо вимог екодизайну для водяних насосів. Ще більшу економію можна досягти, обираючи насоси з інтегрованими системами керування. Основна частина потенційної економії пов'язана з відхиленнями від оптимального режиму перекачування у поєднанні з постійною швидкістю роботи двигунів. Якщо такі відхилення трапляються часто або є значними, рекомендується додати частотно-регульований електропривод.

Відцентрові промислові насоси з інтегрованими елементами керування можуть підвищити енергоефективність та продуктивність, регулюючи швидкість та витрату насоса у відповідь на зміни попиту системи. Існують різні системи керування насосами: деякі мають вбудовані контролери, які виявляють та реагують на зміни режиму роботи, тоді як інші потребують зовнішніх систем керування, як-от частотно-регульовані електроприводи.

Насоси, оснащені датчиками, також можуть виявляти зміни попиту в системі та відповідно регулювати швидкість і витрату насоса, що призводить до більш ефективної роботи та зменшення споживання енергії. Крім того, вбудовані діагностичні системи можуть виявляти потенційні проблеми до того, як вони стануть критичними, що знижує витрати на обслуговування та час простою.

Насоси з інтегрованими системами керування можуть взаємодіяти із зовнішніми системами, як-от BMS або SCADA, щоб надавати дані про продуктивність насоса та споживання енергії в режимі реального часу. Це дозволяє операторам оптимізувати продуктивність насоса та зменшити споживання енергії.

3.5 Конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності



Рисунок 3-6 Приклад встановлення конденсатора 6 кВ

Компенсація реактивної потужності – це найекономічніший і найефективніший засіб покращення техніко-економічних показників електропостачання, що знижує всі види втрат електроенергії. Реактивний струм створює додаткове навантаження на лінії електропередачі, що призводить до збільшення поперечних перерізів проводів та кабелів і, відповідно, до зростання капітальних витрат на зовнішні та внутрішні мережі об'єкта. Реактивна потужність, разом з активною потужністю, враховується постачальником електроенергії й тому підлягає оплаті за чинними тарифами, складаючи значну частку рахунку за електроенергію.

Найефективнішим і найдоцільнішим способом зменшення споживання реактивної потужності з мережі є використання пристроїв компенсації реактивної потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів та синхронних компенсаторів). Підключення компенсуючого пристрою до мережі зменшує втрати потужності та напруги. Використання високовольтних пристроїв для автоматичної компенсації реактивної потужності є сучасним рішенням, яке забезпечує нормальне функціонування енергосистеми, дозволяє заощаджувати кошти на реактивній електроенергії та знижує знос комутаційного обладнання. Крім того, використання автоматичних конденсаторних установок запобігає надмірній компенсації в енергосистемі.

Приклад: Встановлення конденсаторної установки для компенсації реактивної потужності на насосній станції каналу Дніпро–Донбас						
Втрати електроенергії до впровадження, кВт·год/рік	Втрати електроенергії після впровадження, кВт·год/рік	Зменшення річних втрат у лінії електропостачання, %	Витрати до впровадження, тис. грн	Витрати після впровадження, тис. грн	Економія, тис. грн*	Термін окупності, років
108 366,507	48 185	31,97	878	390	488	3,0
751 36,9705	36 765	26,01	609	298	311	4,7
113 899,409	77 753	8,70	923	630	293	5,0

*Тариф на електроенергію 8,1 грн/кВт·год

**Вартість конденсаторної установки для компенсації реактивної потужності – 1,471 млн грн

3.6 Частотно-регульований електропривід

Частотно-регульовані приводи, що використовуються для регулювання витрати або тиску відповідно до фактичних потреб, можуть значно знизити споживання електроенергії у випадках, коли існує змінна потреба у витраті або тиску. Вони регулюють частоту електроенергії, що подається на двигуни насосів або вентиляторів. Таке рішення найкраще застосовувати у випадках, коли:

- робота насоса потребує точного керування
- необхідно часто змінювати продуктивність насоса;
- необхідно здійснювати часті пуски та зупинки насоса;
- Двигун працює на повних обертах з дросельованим потоком.

3.7 Можливе використання у ролі гідроакumuлюючої електростанції

За певних модифікацій може бути можливим використовувати насосні станції як гідроакumuлюючі електростанції, що може сприяти забезпеченню економічної та фінансової доцільності інвестицій у рекомендовану заміну, модернізацію та оновлення установок і обладнання, які в теперішніх умовах, коли системи транспортування води використовуються лише невелику частину року, можуть бути недоцільними. У разі запропонованого використання як гідроакumuлюючої електростанції система транспортування води може бути застосована для перерозподілу навантаження в електромережі цілодобово протягом усього року. Модифікації, потрібні для використання насосних станцій як гідроакumuлюючих електростанцій, будуть дороговартісними та вплинуть на доцільність їх реалізації. Треба провести ретельний аналіз вартості цих модифікацій та потенційних доходів від використання гідроакumuлюючої функції як основу для прийняття рішення про інвестиції у запропоновану функцію гідроакumuляції.

Насосні станції каналу Дніпро–Донбас можуть бути особливо придатними для використання як гідроакumuлюючі електростанції, оскільки повна потужність системи транспортування води використовується лише приблизно 100 годин на рік або менше ніж 1,2% часу. Крім того, основні насоси на 12 насосних станціях із регульованим кутом нахилу лопатей краще підходять для роботи в ролі турбін для виробництва електроенергії, ніж насоси з фіксованими лопатями.

3.8 Режим обмеження пікового навантаження

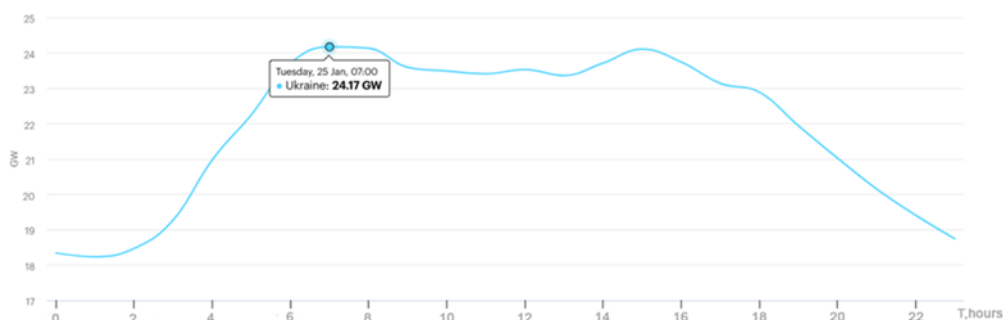


Рисунок 3-7 Добовий графік навантаження енергоспоживання в Україні станом на 25 січня 2022 р.

Обмеження пікового навантаження – це стратегія зменшення споживання електроенергії в періоди високого попиту, які часто називають «години пика», щоб мінімізувати витрати та запобігти перевантаженню мережі. Цього досягають шляхом тимчасового зменшення споживання електроенергії, наприклад, шляхом скорочення виробництва або використання місцевих джерел живлення, як-от акумулятори чи генератори. Обидві обмежені насосні станції працюють у режимі ввімкнено/вимкнено залежно від фактичної потреби у транспортуванні води, при цьому їхня потужність значно перевищує необхідну. Оскільки водою, між якими транспортується вода, мають велику площу поверхні й зазвичай потребують перекачування протягом тривалого часу,

існує можливість вимикати насоси на кілька годин у періоди високого попиту на електроенергію та відповідно високої ціни на електроенергію.

Основні переваги:

- Зниження витрат на електроенергію: зміщуючи споживання з годин пік на інший час, підприємства можуть уникнути тарифів за споживання в години високого попиту та тарифікації електроенергії залежно від часу доби
- Покращення стабільності мережі: зменшення пікового навантаження допомагає запобігти перевантаженню мережі та можливим відключенням
- Підвищення надійності: обмеження пікового навантаження забезпечує більш надійне електропостачання в періоди високого попиту

3.9 Відновлення шлюзових воріт



Рисунок 3-8 Протікання води крізь ущільнювальні елементи шлюзових воріт

Відновлення деформованих або несправних шлюзових воріт насосної станції має кілька важливих переваг, як-от економія енергії, підвищена надійність та зменшення операційних витрат. Рекомендується проєктувати насосну станцію з можливістю вимірювання об'єму зворотного потоку через шлюзові ворота, а також проводити регулярні перевірки та випробування зворотного потоку як основу для визначення потреби у відновленні шлюзових воріт.

4 Потенціал економії енергії

Споживання електроенергії на насосних станціях становить дуже значну частину загального споживання енергії як в Україні, так і в усьому світі. У 2020 році, у 27 країнах ЄС водяні насоси спожили 179 ТВт·год електроенергії. Це становило 7,5% від загального споживання електроенергії у 27 країнах ЄС і приблизно дорівнювало сумарному споживанню Польщі (137 ТВт·год) та Румунії (44 ТВт·год).

Кожний захід з енергозбереження має потенціал – кількість енергії, яку можна заощадити шляхом впровадження конкретних заходів підвищення енергоефективності. Нижче наведено значення теоретичного максимального скорочення споживання електроенергії, якого можна досягти за умови повного впровадження заходу.

Заходи з енергозбереження	Економія енергії
Заміна застарілих трансформаторів та силового обладнання	10-30%
Встановлення сучасної централізованої системи управління	10-20%
Заміна двигунів	15-20%
Заміна насосів	5-10%
Конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності	10-30%

Джерело: досвід консультантів з 27 країн ЄС

5 Важливість планового профілактичного обслуговування

Наразі технічне обслуговування перевірених насосних станцій є радше реактивним, ніж профілактичним. Це призводить до того, що увага зосереджується на усуненні несправностей та відмов обладнання після їх виникнення, замість планового профілактичного обслуговування для мінімізації майбутніх несправностей і відмов обладнання.

Вкрай доцільно проводити регулярне технічне обслуговування, особливо після впровадження заходів з енергоефективності, оскільки таке технічне обслуговування подовжить термін служби обладнання, зменшить витрати на ремонт через значні несправності, підтримуватиме режими роботи в оптимальних межах тощо. Система планового технічного обслуговування потрібна для забезпечення ефективної роботи та підтримки продуктивності системи. Технічне обслуговування насосної станції зазвичай передбачає планове обслуговування принаймні кожні 3-6 місяців, і охоплює візуальні огляди, змащування, очищення та калібрування. Також важливо звертати увагу на такі фактори, як незвичні запахи, часте вмикання насосів, високий рівень води або візуальні сигнали тривоги, які можуть свідчити про необхідність негайного втручання.

Пропонуються наступні заходи:

- **Планове технічне обслуговування:** регулярне технічне обслуговування є важливим для забезпечення довгострокової надійності та запобігання серйозним проблемам. Частота обслуговування залежить від таких факторів, як тип станції, інтенсивність використання та критичність.
- **Візуальний огляд:** регулярна перевірка на наявність ознак зносу, протікань та інших видимих проблем є основним компонентом технічного обслуговування.
- **Змащення:** забезпечення належного змащення всіх рухомих частин знижує тертя та знос, сприяючи більш плавній роботі.
- **Очищення:** підтримання чистоти насосної станції запобігає потраплянню сміття, яке може заважати роботі та спричиняти засмічення.
- **Калібрування:** регулярне калібрування датчиків та систем керування забезпечує точність показників і роботи, запобігаючи несправностям.
- **Позапланове обслуговування:** звертайте увагу на такі ознаки, як незвичні запахи (можливі засмічення або гниття), часте вмикання насосів (вказує на складнощі з перекачуванням води), високий рівень води (засмічення або несправність насоса) та візуальні сигнали тривоги.
- **Поглиблені перевірки:** ретельну перевірку компонентів насосної станції, зокрема водоприймального колодязя, насосів та електричних компонентів, рекомендується проводити кожні 5 років або частіше, якщо проблеми виникають часто.
- **Інші заходи профілактичного обслуговування:** щоб подовжити термін служби насосної станції та забезпечити її оптимальну роботу, рекомендується виконувати профілактичне обслуговування, як-от видалення сміття з водоприймальних колодязів, очищення внутрішніх

частин і трубопроводів, перевірка роботи клапанів та проведення перевірок електричних параметрів.

6 Процес закупівлі нових насосних систем підйому води

Закупівля нового обладнання для насосних станцій є значним інвестиційним проектом, який вимагає ретельного планування для забезпечення найбільш сталого та економічно ефективного рішення. Для масштабних інвестицій, щоб забезпечити найкраще впровадження більш ефективних технологій, під час закупівель слід провести більш комплексний аналіз техніко-економічного обґрунтування.

Процес закупівлі завжди має відповідати масштабам проекту, оскільки він значно відрізняється залежно від того, чи планується заміна одного насоса, чи встановлення повністю нової системи. Цей розділ охоплює процес закупівлі у разі значних інвестицій.

Для значних інвестицій процес закупівель має проходити в наступній послідовності:

1. Етап попереднього техніко-економічного обґрунтування
2. Етап техніко-економічного обґрунтування
3. Етап проведення тендера
4. Етап оцінювання тендерних пропозицій

Після етапу оцінювання тендерних пропозицій наступають кроки, пов'язані з впровадженням, тестуванням та введенням в експлуатацію насосної системи.

6.1 Етап попереднього техніко-економічного обґрунтування

Мета етапу попереднього техніко-економічного обґрунтування – визначити проєкт для реалізації та оцінити альтернативні загальні рішення, щоб можна було зробити висновок про найпривабливіший шлях реалізації.

Завданням цього етапу є визначити, чи обрати дешевше, але менш ефективне рішення, чи дорожче, але більш ефективне з нижчими експлуатаційними витратами. Ці альтернативи мають бути ретельно оцінені та добре задокументовані. Ще один момент, який слід врахувати перед початком процесу закупівлі, полягає в тому, чи залишаться поточні функціональні вимоги незмінними в майбутньому.

Найпростіший шлях зазвичай полягає у встановленні нового обладнання без додаткових розглядів, проте більш ретельні дослідження можуть виявити альтернативні стратегії рішення. Тому на етапі попереднього техніко-економічного обґрунтування слід ретельно оцінити та задокументувати основу проєктування і порівняти різні елементи стратегії рішення, наприклад:

Яка мета проєкту?

Важливо ретельно проаналізувати мету та функціональні вимоги до будівництва або реконструкції насосної станції.

Найпоширенішими причинами для проєкту реконструкції насосної станції є необхідність адаптації до зміненого режиму роботи або забезпечення безпечної та безперебійної експлуатації.

Однак проєкт реконструкції також може надати низку інших переваг, як-от:

- Зниження експлуатаційних витрат (включно з енергією, персоналом та обслуговуванням)
- Тиск і витрата, що краще відповідають потребам
- Покращення умов праці
- Зменшення вуглецевого сліду

- Відповідність чинним нормативним вимогам

Сумарна вартість цих переваг може значно перевищувати економію від зниження витрат на енергію. Тому важливо враховувати це вже на етапі попереднього техніко-економічного обґрунтування та виділяти найбільш значущі з цих факторів. Проте стратегія, зосереджена виключно на зниженні енергоспоживання, витрат або викидів вуглецю, може бути достатнім обґрунтуванням для реалізації проєкту.

Який обсяг проєкту?

Новий проєкт може охоплювати заміну зношеного компонента, а також може бути проєктом із впровадження цілком нової системи, що містить насоси, двигуни, трансформатори, трубопроводи тощо. Отже, проєкт насосної станції може бути досить масштабним і охоплювати різні галузі та інженерні споруди, які потрібно спланувати та врахувати в інвестиційних розрахунках.

Однак у всіх випадках треба описати очікуваний обсяг проєкту, щоб усі зацікавлені сторони чітко розуміли, які роботи виконуються.

Який попит має бути задоволений?

Важливою частиною передпроєктного дослідження є ретельне картування рівня тиску та потреби у воді. Це також включає врахування будь-яких подальших змін.

Окрім визначення потреби, це картування також має допомогти у виявленні можливостей для заощадження енергії.

Яку технологію використовувати?

Після визначення обсягу проєкту слід скласти досить точний бюджет (капітальні та операційні витрати), щоб визначити потрібне фінансування та потреби у грошових потоках. Крім того, слід зібрати документацію про поточну енергоефективність, щоб мати змогу визначити економію енергії, досягнуту в результаті проєкту.

Треба підготувати підсумковий звіт попереднього техніко-економічного обґрунтування, у якому слід описати мету проєкту, вихідні дані для проєктування та очікувані капітальні (CAPEX) і операційні (OPEX) витрати для кожного з визначених альтернативних рішень. Звіт попереднього техніко-економічного обґрунтування має описувати економічне обґрунтування проєкту, включно з відповідними альтернативними рішеннями. Економічне обґрунтування має містити оцінку загальної вартості володіння (TCO) для альтернативних рішень, розрахованої як чиста приведена вартість (NPV). Звіт має бути використаний як основа для прийняття рішення щодо подальших кроків.

6.2 Етап техніко-економічного обґрунтування

Мета етапу техніко-економічного обґрунтування – розробити попередній проєкт обраного рішення та скласти досить точний інвестиційний бюджет (капітальні та операційні витрати) для визначення потреб у фінансуванні.

Внесок та знання постачальників є важливими та корисними під час проведення техніко-економічного обґрунтування, а також можуть дати нові ідеї для конфігурації насосної станції та вибору оптимальних рішень. Крім того, постачальники можуть допомогти з більш точним визначенням кошторисних цін.

Техніко-економічне обґрунтування та відповідний звіт мають містити всі елементи, потрібні для досягнення оптимального рішення, і можуть охоплювати такі теми:

- Обсяг проєкту
- Детальний опис проєкту
- Оптимізація функціональних вимог для покриття
- Оптимізація загальної вартості володіння (ТСО) протягом розрахункового терміну реалізації проєкту
- Фінансовий аналіз, тобто капітальні витрати та операційні витрати
- Варіанти фінансування (можливо, з урахуванням податкових пільг та субсидій)
- Оцінка впливу на роботу насосної станції
- Оцінка інших впливів
- Ризики проєкту
- Огляд дозвільних документів та законодавчої бази
- Графік впровадження
- Організація проєкту, включно з обраними постачальниками
- Рекомендації щодо наступних кроків

Результатом техніко-економічного обґрунтування є звіт, який буде використаний як основа для прийняття рішення щодо інвестицій.

6.3 Етап проведення тендера

На основі техніко-економічного обґрунтування та затвердження капітальних витрат, підготовка до тендера складатиметься з кількох етапів.

Остаточне визначення обсягу робіт

Точний обсяг робіт підрядника має бути визначений, зазвичай він охоплює:

- Повний обсяг робіт з будівництва/реконструкції насосної станції
- Електричне підключення
- Стратегія та система керування (інтерфейс з наявною системою керування)
- Доставка та монтаж
- Введення в експлуатацію (у тісній співпраці з власником)
- Випробувальна експлуатація
- Вимірювання шуму
- Документація, зокрема дані про енергоефективність та економію енергії
- Передача об'єкта та остаточне закінчення проєкту
- Запасні частини та договір на обслуговування (опція)

Наведений вище перелік значною мірою залежить від фактично виконуваного проєкту.

Технічні характеристики

Вимоги до обладнання мають бути описані чітко та однозначно. Особливо важливо описати загальну дисципліну поставок:

Функціональність:

- Забезпечувані витрата та тиск води.
- Загальний ККД системи
- Максимальне електроспоживання (за умови 100% навантаження).
- Трубопроводи та з'єднання мають бути герметичними (якщо встановлюються нові трубопроводи)
- Стратегія керування

Екологічні вимоги:

- Вимоги щодо шуму та безпеки

Визначення методів проведення експлуатаційних випробувань. Важливо бути дуже конкретним, щоб в майбутньому уникнути суперечок щодо методів, термінів, відбору проб та розрахунків.

Також має бути описано, як слід чинити у разі відхилень та що треба виконати перед передачею об'єкта.

Експлуатаційні гарантії

Перед встановленням умов експлуатаційних гарантії важливо оцінити умови експлуатації, щоб переконатися у можливості проведення тестових випробувань.

Договір на обслуговування.

Включення запасних частин та обслуговування насосної системи до договору дозволить отримати справедливую ціну на експлуатацію в найближчі роки.

6.4 Етап укладання договору

Оцінювання пропозицій має дві основні мети:

- Виявлення відхилень від тендерної документації
- Забезпечення можливості порівняння пропозицій для проведення переговорів щодо ціни

Під час технічного уточнення важливо ретельно вивчити дві найпривабливіші пропозиції, щоб упевнитися у відсутності непорозумінь чи відхилень від тендерної документації. Після цих уточнень та остаточного узгодження ціни можна укласти договір.

6.5 Монтаж, введення в експлуатацію та експлуатація

Важливо уважно контролювати етап монтажу та введення в експлуатацію, щоб переконатися, що ключові проєктні рішення, прийняті на етапах техніко-економічного обґрунтування та тендера, виконуються.

Після завершення проєкту та початку експлуатації важливо провести загальне оцінювання. Для цього треба зібрати та задокументувати енергетичні показники. Це важливо як для підтвердження гарантій продуктивності, так і для перевірки досягнення очікуваної економії енергії. Оцінка проєкту може, наприклад, охоплювати:

- Чи функціонує нова система відповідно до очікувань?
- Чи забезпечило це розрахункову економію енергії?
- Чи було виконано проєкт у межах бюджету?
- Чи існує потенціал для подальшої оптимізації, який можна реалізувати пізніше?

Посилання

Підсумковий звіт з енергоаудиту насосної станції № 4 каналу Дніпро–Донбас: Дніпропетровська область, Новомосковський район, за межами села Котовка (2024 р.)

Підсумковий звіт за результатами енергоаудиту Ірпінської насосної станції, яка розташована у Київській області, Вишгородський район, село Демидів, вул. Морська, 1 (2024 р.)

Директива 2009/125/ЄС Європейського Парламенту та Ради, яка скасовує Регламент Комісії (ЄС) № 278/2009

Регламент Комісії (ЄС) № 547/2012 від 25 червня 2012 року, який впроваджує Директиву 2009/125/ЄС Європейського Парламенту та Ради щодо вимог екодизайну для водяних насосів (текст, що має значення для ЄЄП)

Регламент Комісії (ЄС) № 548/2014 від 21 травня 2014 року про впровадження Директиви 2009/125/ЄС Європейського Парламенту та Ради щодо малих, середніх і великих силових трансформаторів, зі змінами, внесеними Регламентом Комісії (ЄС) 2019/1783 від 1 жовтня 2019 р.