

---

# ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

HYDRAULIC CONSTRUCTION,  
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 626.8

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.5.2.22>

## АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ГОЛОВНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

---

**Волошин М. М.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

У статті наведено аналіз роботи головної насосної станції Інгулецької зрошувальної системи за період спостереження із 2021 року по 2023 рік. Розгорнуто представлено постановку проблеми та факти які впливають на роботу головної станції Інгулецької зрошувальної станції. Наведено головну проблему – енергозбереження, що є дуже актуальною для будь-якої насосної станції, тому що витрати на оплату електричної енергії складають значну частину сумарних витрат. Запропоновано один із варіантів заощадження електроенергії є режим роботи насосної станції, при якому основний об'єм поливної води буде подаватися вночі – за «нічним» тарифом, який є набагато меншим. Представлено варіант запобігання передчасного виходу з ладу силового обладнання в наш час, широко використовується установка плавного пуску.

Наведено стан вивчення проблеми та наведено основні показники об'єкту дослідження, яким є Інгулецька ГНС, яка розташована на правому березі ріки Інгулець в районі села Нововасилівка, Снігурівського району, Миколаївської області. Наведено основні характеристики ГНС та Інгулецької зрошувальної системи. Представлено графіки об'єму подачі води Інгулецькою ГНС за 2021-2023 роки спостереження. Із графіку видно, що однією із причин зменшення поливних площ є те, що поливна вода недоступна для багатьох водоспоживачів через високу ціну.

У статті запропонований методи, якими можна знизити вартість поливної води і зробити її більш доступною, для більшої кількості підприємств. Представлено графік витрат електричної енергії Інгулецької ГНС за 2021-2023 роки. Щорічно витрати електричної енергії збільшуються. Запропоновано метод оптимізації за критерієм технологічних норм питомих витрат, а саме зменшенням витрат на електроенергію та збільшенням об'ємів поданої води.

Для вирішення питання зменшення використання електроенергії запропоновані наступні методи: багатотарифні лічильники електроенергії, установки плавного пуску, водооблік.

**Ключові слова:** зрошувальна система, насосна станція, оптимізація роботи, енергозбереження, плавний пуск.

© Волошин М. М., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

---

***Voloshyn M. M. Analysis and optimization of the main pumping station of the Ingulets irrigation system***

*The article provides an analysis of the operation of the main pumping station of the Ingulets irrigation system for the observation period from 2021 to 2023. The problem statement and facts that affect the operation of the main station of the Ingulets irrigation system are presented in detail. The main problem is energy saving, which is very relevant for any pumping station, because the cost of paying for electricity makes up a significant part of the total costs. One of the proposed options for saving electricity is the operation mode of the pumping station, in which the main volume of irrigation water will be supplied at night – at the "night" tariff, which is much lower. An option for preventing premature failure of power equipment is presented. Nowadays, a soft start installation is widely used.*

*The state of the study of the problem is presented and the main indicators of the object of research, which is the Ingulets GNS, which is located on the right bank of the Ingulets River near the village of Novovasylivka, Snigurivskyi district, Mykolaiv region, are presented. The main characteristics of the GNS and the Ingulets irrigation system are presented. Graphs of the volume of water supply by the Inguletska GNS for the 2021-2023 observation years are presented. The graph shows that one of the reasons for the decrease in irrigated areas is that irrigation water is unavailable to many water consumers due to its high price.*

*The article proposes methods that can reduce the cost of irrigation water and make it more accessible to a larger number of entrepreneurs. The schedule of electricity costs of the Ingulets State Electricity Supply System for 2021-2023 is presented. Electricity costs are increasing every year. Every year, electricity costs increase. An optimization method is proposed based on the criterion of technological norms of specific costs, namely, reducing electricity costs and increasing the volume of supplied water.*

*To address the issue of reducing electricity use, the following methods have been proposed: multi-tariff electricity meters, soft start installations, and water metering.*

**Key words:** *irrigation system, pumping station, operation optimization, energy saving, soft start.*

**Постановка проблеми.** Зменшення поливних площ та щорічне зростання тарифів на електричну енергію викликають зростання вартості поливної води на Інгулецькій зрошувальній системі. В результаті поливна вода стає менш доступною для фермерів, фермерських господарств та приватних підприємств [1].

Проблема енергозбереження є дуже актуальною для будь-якої насосної станції, тому що витрати на оплату електричної енергії складають значну частину сумарних витрат.

Одним з варіантів заощадження електроенергії є режим роботи насосної станції, при якому основний об'єм поливної води буде подаватися вночі – за «нічним» тарифом, який є набагато меншим. Але він має суттєвий недолік: частий пуск та зупинка насосів, що виводить з ладу електродвигуни.

Для запобігання передчасного виходу з ладу силового обладнання в наш час широко використовується установка плавного пуску.

Таким чином, використовуючи установку плавного пуску, щоб подавати більше води вночі, а менше вдень, можна знизити собівартість поливної води та, відповідно, зробити її доступною для більшої кількості споживачів.

Аналіз стану проблеми. Інгулецька ГНС розташована на правому березі ріки Інгулець в районі села Нововасилівка, Снігурівського району, Миколаївської області. Вона здійснює подачу води на висоту 60 метрів в заспокійливий басейн Інгулецького магістрального каналу. Завдяки сприятливому рельєфу вода і подальшому подається самопливом.

Стан вивчення проблеми. Зрошувальні землі по Інгулецькій зрошувальній системі – 60.8 тис.га, з них Херсонська область – 18.2 тис.га, Миколаївська область – 42.6 тис.га. [2]. Об'єми поданої води представлені на рисунку 1.



Рис. 1. Об'єми поданої води Інгулецькою ГНС за роки

Як бачимо, об'єм поданої води суттєво зменшився порівняно з проектним. Однією з причин зменшення поливних площ є те, що поливна вода недоступна для багатьох водоспоживачів через високу ціну.

Звичайно, подорожчання електричної енергії викликає збільшення собівартості поливної води, а як наслідок – подорожчання сільськогосподарської продукції. Поливна вода стає менш доступною для фермерів, через зростання її вартості.

**Результати досліджень.** Необхідно розглянути методи, якими можна знизити вартість поливної води і зробити її більш доступною, для більшої кількості підприємців. Для цього розглянемо витрати електричної енергії за останні роки (рисунок 2).

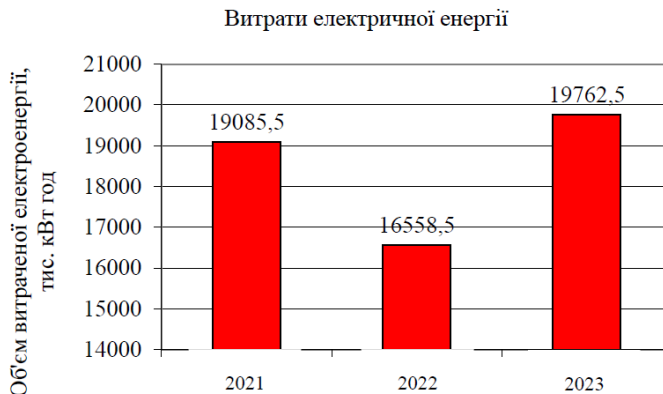


Рис. 2. Витрати електричної енергії Інгулецькою ГНС за роки

Щорічно витрати електричної енергії збільшуються. Оплата спожитої електроенергії за сезон в середньому складає близько 17 млн. грн.

Технологічна норма питомих витрат електроенергії на об'єм перекачаної води ( $e_B$ ) визначається відношенням витраченої електроенергії ( $E$ ) до об'єму поданої води ( $W$ ). Кожен насос має свою технологічну норму питомих витрат і для насосу 52В-17 вона складає 0,2027 кВт.год/тис. м<sup>3</sup> [3].

Для наглядності поданого матеріалу, знайдемо питому витрату електричної енергії на  $1 \text{ м}^3$  поданої води за ці ж роки (рисунок 3).

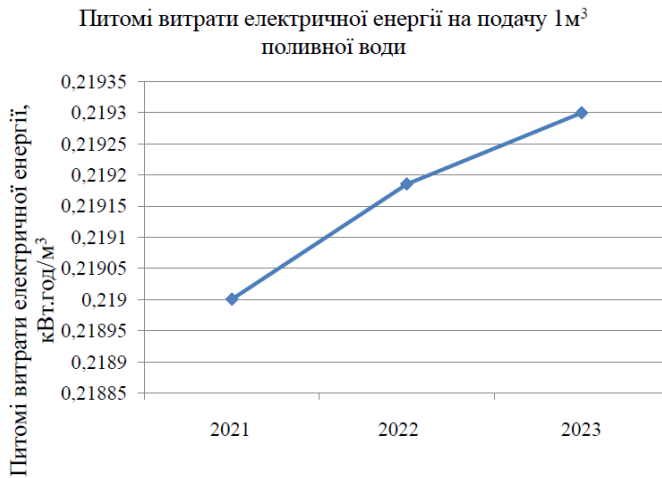


Рис. 3. Витрати електричної енергії на подачу  $1 \text{ м}^3$  поливної води за роки

Як видно з графіку, з кожним роком витрати електричної енергії на подачу  $1 \text{ м}^3$  поливної води збільшуються. Це викликано поступовим зносом електромеханічного обладнання. Питомі витрати перевищують  $0,2027$ , які є нормативними. Тому необхідно оптимізувати роботу насосної станції згідно сучасних умов.

Об'єм поданої води залежить від водоспоживання, для більш раціональної роботи насосної станції необхідно намагатися його збільшувати. За критерій оптимізації приймаємо витрату електричної енергії ( $E$ ), яка має бути якомога меншою –  $E \rightarrow \min$ , і за рахунок цього об'єм поданої води буде збільшуватися  $W \rightarrow \max$ , так як собівартість поливної води знижується, тобто вона стає більш доступною для водокористувачів. За рахунок цього питомі витрати електроенергії будуть наближатися до технологічної норми питомих витрат.

$$\epsilon_{\text{в}} = \frac{E \rightarrow \min}{W \rightarrow \max}$$

Для заощадження електричної енергії було розроблено план роботи насосної станції.

Шляхи вирішення проблеми. Для оптимізації роботи насосної станції необхідно знайти способи заощадження витрат електричної енергії ( $E \rightarrow \min$ ). Розглянемо наступні методи здешевлення електричної енергії, необхідної для подачі поливної води:

- Багатотарифні лічильники електричної енергії;
- Установка плавного пуску;
- Водооблік.

Багатотарифний прилад обліку електроенергії допомагає заощаджувати кошти на оплату електроенергії. Встановивши багатотарифний лічильник, надається можливість обирати час, коли споживати електричну енергію. Під час дії мінімальних нічних тарифів, зменшується вартість спожитої електричної енергії. Реальна економія енергоспоживання сягає 45-50 %. Багатотарифний лічильник

має вбудований обчислювальний пристрій, що у автоматичному режимі фіксує витрати в кожній тарифній зоні.

Плавний пуск. Пропонується передбачається встановлення пристрою плавного пуску для почергового запуску трьох синхронних електродвигунів приводів насосних агрегатів.

Застосування пристрою плавного пуску дозволяє:

- знизити кратність пускового струму;
- зменшити ударні навантаження на механізм у порівнянні з режимом прямого пуску;

- подовжити термін служби електродвигунів і комутаційної апаратури.

Водооблік. Встановлює методику виконання вимірювань об'єму та об'ємної витрати води, перекачаної насосною станцією водогосподарської системи, розраховані за витратами електричної енергії на роботу насосних агрегатів станції. Межі відносної похибки вимірювань за цією МВВ становлять  $\pm 4\%$  за довірчої ймовірності  $P=0,95$ .

**Розрахунок реактивної установки плавного пуску.** Пропонується модернізація насосних агрегатів НА-3, НА-4 і НА-6 Інгулецької головної насосної станції з встановленням реакторної системи плавного пуску з послідовним включенням трьох електродвигунів типу МС-325-10/16В.

Передбачається встановлення пристрою плавного пуску (РУПП) для почергового запуску трьох синхронних електродвигунів приводів насосних агрегатів.

Застосування пристрою плавного пуску дозволяє:

- зменшити загальні об'єми використання електроенергії;
- знизити кратність пускового струму;
- зменшити ударні навантаження на механізм у порівнянні з режимом прямого пуску;

- подовжити термін служби електродвигунів і комутаційної апаратури.

Плавний пуск електродвигуна приводу насосного агрегату повинен здійснюватися у тій же послідовності, як і в режимі прямого пуску – на закритий дисковий затвор з подальшим його відкриванням після досягнення частоти обертання електродвигуна номінального значення.

Обмеження пускових струмів здійснюється за допомогою трифазного пускового пристрою (реактора), встановленого у шафі РУПП.

Підключення силових кіл 10 кВ від ввідного фідера РУ-10 кВ до вихідних клем знову встановлюваної комутаційної комірки (комірка живлення РУПП) повинно здійснюватися кабелем із сумарним поперечним перерізом жил не менше 240 мм<sup>2</sup>.

Підключення силових кіл 10 кВ від вихідних клем шафи РУПП до шафи вивідної комутації ШВК-2, з'єднання силових кіл між шафами ШВК-1 і ШВК-2, повинно здійснюватися кабелем із сумарними поперечним перерізом жил не менше 240 мм<sup>2</sup>.

Підключення силових кіл 10 кВ від вихідних клем шаф ШВК до комірок живлення електродвигунів повинно здійснюватися кабелями зі сумарним поперечним перерізом жил не менше 240 мм<sup>2</sup>.

Допускається паралельна прокладка двох кабелів із перерізом жил у кожному 120 мм<sup>2</sup> замість одного кабелю з перерізом жил 240 мм<sup>2</sup>. Застосування двох кабелів, прокладених паралельно, забезпечує більший запас по струму і дозволяє полегшити його прокладку, т. я. більш тонший кабель має більшу гнучкість.

Вибір електродвигуна для запуску визначається положенням роз'єднувачів, встановлених у шафах комутації.

Керування пуском приводних електродвигунів у режимі «Плавний пуск» здійснюється дистанційно шляхом подавання команди «Пуск» (ключ керування панелі керування насосними агрегатами) на високовольтний вимикач встановлюваної комутаційної комірки (комірка живлення РУПП).

Керування пуском приводних електродвигунів у режимі «Прямий пуск» здійснюється згідно існуючої схеми при подаванні команди «Пуск» на високовольтний вимикач комутаційної комірки:

- № 3 – для пуску НА-3;
- № 4 – для пуску НА-4;
- № 14 – для пуску НА-6.

У режимі «Плавний пуск» напруга живлення в процесі пуску електродвигуна потрапляє через комірку живлення РУПП до пристрою плавного пуску і далі, через один із роз'єднувачів шаф ШВК, на електродвигун, що запускається.

У кінці пуску електродвигун підключається напряму до мережі 10 кВ через робочу комутаційну комірку:

- № 3 – для пуску НА-3;
- № 4 – для пуску НА-4;
- № 14 – для пуску НА-6.

При цьому, високовольтний вимикач комірки живлення РУПП, що подає напругу живлення до пристрою плавного пуску, вимикається автоматично у функції часу, після спрацювання шунтуючого апарата. У якості шунтуючого апарата використовується високовольтний вимикач комірки живлення електродвигуна (у залежності від електродвигуна, що запускається), що підключає приводний електродвигун напряму до мережі живлення.

**Висновки та пропозиції.** 1. Щорічне подорожчання електроенергії, зменшення поливних площ призводить до збільшення вартості поливної води на Інгулецькому масиві. Згідно Закону України від 15.11.2030 Про енергозбереження всі державні підприємства мають організувати свою діяльність на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві. Щоб зменшити витрати на електричну енергію на Інгулецькій насосній станції, більший об'єм поливної води подають вночі, за «нічним» тарифом, який є нижчим. Але частий запуск та зупинка електродвигунів призводить до їх передчасного виходу з ладу, тому що пусковий струм в декілька разів перевищує номінальний і викликає перегрів обмотки двигуна. Для запобігання передчасному виходу з ладу силового обладнання вирішено застосувати установку плавного пуску, яка зменшує пусковий струм.

2. Інгулецька насосна станція розташована на правому березі р. Інгулець на відстані 2300 м на захід від с. Афанасівка. В насосній станції встановлено 7 вертикальних відцентрових насосів марки 52В-17, які подають воду сталевими водопроводами  $d=1400$  мм. Вони відходять від кожного насоса і об'єднуються в два сталевих напірних водовода діаметром 2,8 м кожен, з яких вода потрапляє в приймаючий басейн-заспокоювач і далі в магістральний канал.

3. Пропонується встановити реакторний пристрій плавного пуску для електродвигунів Інгулецької головної насосної станції. Застосування даного пристрою дає змогу знизити загальну кількість спожитої електроенергії, кратність пускового струму, зменшити ударні навантаження на механізм у порівнянні з режимом прямого пуску, подовжити термін служби електродвигунів і комутаційної апаратури. Даний варіант дає можливість вмикати додаткові агрегати вночі, без пошкодження їх обмотки.

4. Пропонується застосувати реактивну установку плавного пуску на Інгулецькій головній насосній станції в поєднанні з багатотарифним лічильником електричної енергії. Більшу частину поливної води подавати вночі, за «нічним» тарифом, вмикаючи додатково насосні агрегати, на яких встановлено РУПП. Також необхідно збільшувати поливні площі, укладати угоди з новими фермерами та фермерськими господарствами.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kuzmych, L., Voloshyn, M., Kyrylov, Y., Dudnik, A., Grinenko, O. Development of Neural Network Control and Software for Dispatching Water Distribution for Irrigation. *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, (54), pages 352–367.
2. Землі Інгулецької зрошувальної системи: стан та ефективне їх використання: Монографія. За ред. В.Л. Нікішенка. Київ. Вид-во УААН. 2009. 375 с.
3. Попов В.М. Методика електропроводобліку на насосних станціях // *Водне господарство України*. 1999. № 5–6. С. 34-36.

#### REFERENCES:

1. Kuzmych, L., Voloshyn, M., Kyrylov, Y., Dudnik, A., Grinenko, O. (2023) Development of Neural Network Control and Software for Dispatching Water Distribution for Irrigation. *CEUR Workshop Proceedings*, (54), pages 352–367. [in Ukrainian].
2. Lands of the Ingulets Irrigation System: State and Their Effective Use: Monograph. Edited by V.L. Nikishenko. Kyiv. Publishing House of the Ukrainian Academy of Sciences. 2009. 375 p. [in Ukrainian].
3. Popov V.M. (1999) Methodology of electricity and water metering at pumping stations // *Water Management of Ukraine*. No. 5–6. P. 34-36. [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 17.11.2025

Дата публікації: 30.12.2025