

**SCI-CONF.COM.UA**

**PRIORITY DIRECTIONS  
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
DEVELOPMENT**



**PROCEEDINGS OF X INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE  
JUNE 13-15, 2021**

**KYIV  
2021**

# **PRIORITY DIRECTIONS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT**

Proceedings of X International Scientific and Practical Conference

Kyiv, Ukraine

13-15 June 2021

**Kyiv, Ukraine**

**2021**

**UDC 001.1**

The 10<sup>th</sup> International scientific and practical conference “Priority directions of science and technology development” (June 13-15, 2021) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2021. 1025 p.

**ISBN 978-966-8219-84-9**

The recommended citation for this publication is:

*Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Priority directions of science and technology development. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kyiv, Ukraine. 2021. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/x-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-priority-directions-of-science-and-technology-development-13-15-iyunya-2021-goda-kyiv-ukraina-arhiv/>.*

**Editor**

**Komarytsky M.L.**

*Ph.D. in Economics, Associate Professor*

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine, Russia and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

**e-mail:** [kyiv@sci-conf.com.ua](mailto:kyiv@sci-conf.com.ua)

**homepage:** <https://sci-conf.com.ua>

©2021 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2021 Authors of the articles

51. *Кижяев С. А., Селиванова В. Е., Романюк И. В., Кулинич М. А., Фирсанова И. А.* 252  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
52. *Кижяев С. А., Скляренко А. И., Третьяк О. В., Шостак В. В.* 258  
К ВОПРОСУ ВОСТРЕБОВАННОСТИ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ
53. *Кухар М. А.* 262  
ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ
54. *Лисканич М. В., Гриджук Я. С., Слабий О. О.* 264  
ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОШИРЕННЯ ХВИЛЬ ДЕФОРМАЦІЇ В БУРИЛЬНІ КОЛОНИ ПРИ ЇЇ ВИВІЛЬНЕННІ УДАРНИМ СПОСОБОМ
55. *Лялюк-Вітер Г. Д.* 268  
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ДТЕК БУРШТИНСЬКА ТЕС НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ
56. *Марусич А. С.* 271  
РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УНИВЕРСИТЕТА
57. *Мошноріз М. М., Лівандовський О. Л.* 275  
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ
58. *Осетрін М. М., Шилова Т. О.* 282  
ОРГАНІЗАЦІЯ КОМФОРТНОГО РУХУ ТРАНСПОРТУ ТА ПІШХОДІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА
59. *Ошовський В. Я.* 286  
ВПЛИВ ГЛИБОКОГО ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТІЙКІСТЬ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ
60. *Павленко С. І., Верхівкер Я. Г., Мирошніченко О. М.* 293  
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПЛОДООВОЧЕВИХ НАПОЇВ ЗБАГАЧЕНИХ КОЛАГЕНОМ
61. *Петькова О. О., Верхівкер Я. Г.* 299  
ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ НАЧИНОК ІЗ ПЛОДОВОЇ ТА ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ «ВІДКЛАДЕННОГО» ВИПІКАННЯ
62. *Процюк Г. Я., Процюк В. Р.* 306  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА НАВЧАЛЬНА СИСТЕМА ЗАПОБІГАННЯ НЕШТАТНИХ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ В ПРОЦЕСІ БУРІННЯ
63. *Романюк О. Н., Романюк О. В., Мельник Д. О., Пацалюк В. С.* 311  
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІГРОВОГО РУШІЯ UNITY 3D
64. *Романюк О. Н., Романюк О. В., Шинкарчук О. А.* 316  
МОЖЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ DLSS 2.0: МАСШТАБУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

# ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ

**Мошноріз Микола Миколайович,**

к. т. н., доцент

**Лівандовський Олександр Леонідович**

Студент

Вінницький національний технічний університет  
м. Вінниця, Україна

**Вступ.** Насосна станція водопостачання складається з гідравлічного та електромеханічного обладнання, ефективність роботи якого і визначає в основній мірі ефективність роботи самої станції. Найбільший вплив на ефективність роботи насосної станції мають саме насосні агрегати. Вони споживають левову частину електроенергії і, в основному, визначають режим роботи всієї станції.

Керування роботою насосного агрегату відбувається шляхом зміни параметрів його електроприводу. Тому від способу керування електроприводом насосного агрегату залежить ефективність роботи насосної станції і системи водопостачання в цілому.

**Метою роботи** є підвищення енергетичної ефективності роботи насосної станції 3-го підйому за рахунок раціонального керування електроприводами насосних агрегатів.

**Об'єктом дослідження** є процес знаходження ефективних способів керування насосними агрегатами станції водопостачання 3-го підйому.

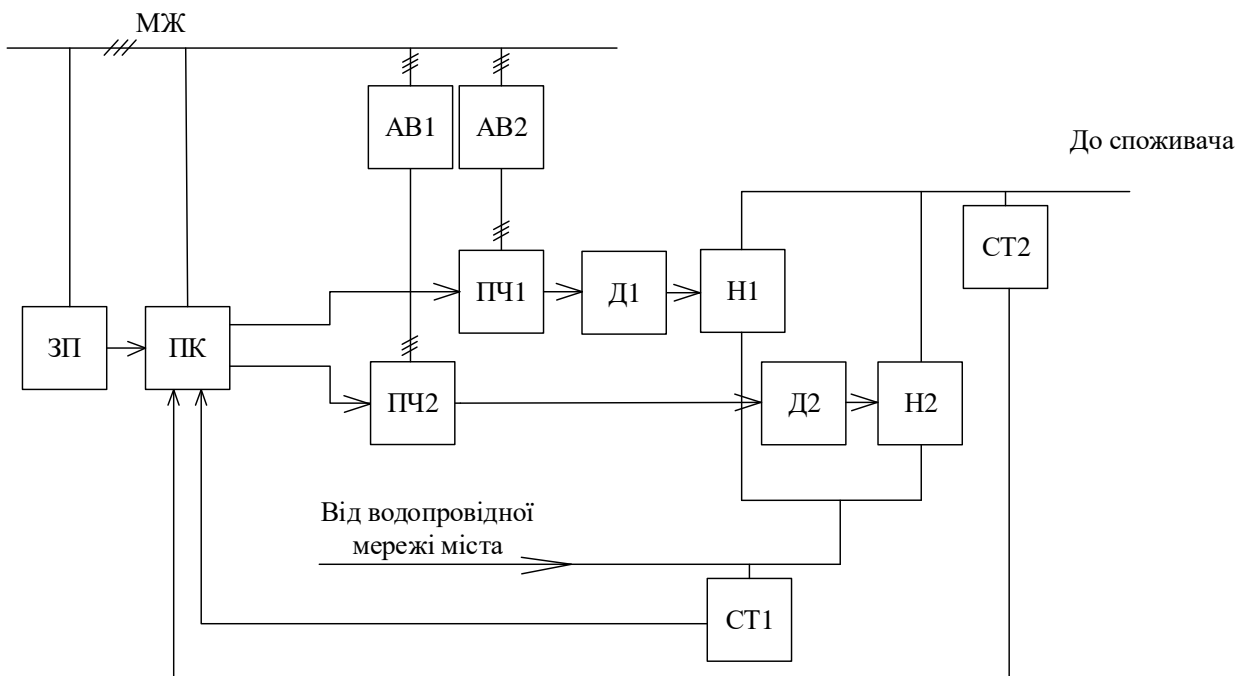
**Предметом дослідження** є математична модель системи водопостачання та методи підвищення ефективності роботи системи водопостачання.

**Методи дослідження.** У процесі дослідження застосовувалися: теорія чисел та чисельних методів; теорія алгоритмів; теорія інтерпольовання функцій; методи комп'ютерного моделювання та імітації технологічних процесів тощо.

## Результаты дослідження.

Розглянемо насосну станцію 3-го підйому води, яка підвищує тиск в мережі водопостачання і складається з двох робочих насосних агрегатів. Особливістю роботи насосних станцій 3-го підйому води є обов'язкова вимога до регулювання продуктивності насосних агрегатів в широких межах і відносно незначна потужність споживання [1].

Побудуємо структурну схему системи водопостачання з використанням підвищувальної насосної станції з двома насосними агрегатами та зворотним зв'язком за тиском води в трубопроводі (рис. 1).



**Рис. 1. Структурна схема насосної станції третього підйому води**

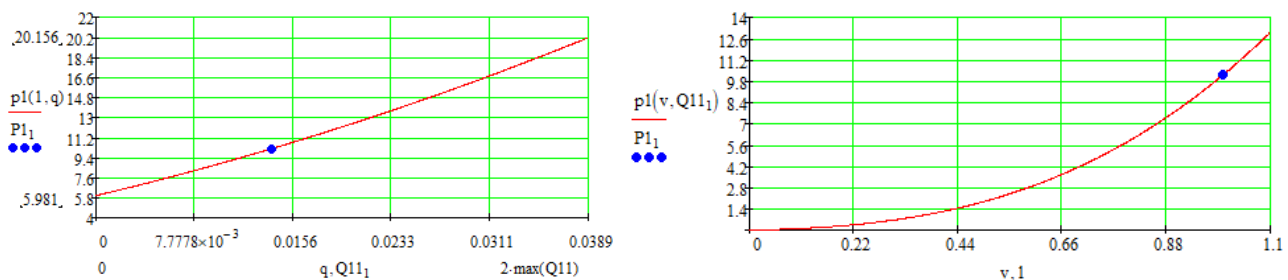
На рис. 1 позначено: МЖ – мережа живлення; АВ1, АВ2 – автоматичний вимикач першого та другого насосів; ЗП – задаючий пристрій; ПК – пристрій керування; ПЧ1, ПЧ2 – перетворювачі частоти першого та другого насосів; Д1, Д2 – приводні двигуни змінного струму; Н1, Н2 – відцентрові насоси; СТ1, СТ2 – сенсори тиску води на вході станції і на її виході.

Відомо, що потужність, яка підводиться до валу насосу (Н), можна представити поліномом третього порядку [2]:

$$P = Dv^2q + Evq^2 + Fv^3,$$

де  $v = \omega/\omega_{\text{НОМ}}$  – відносна швидкість обертання робочого колеса насоса;  $q$  – подача (продуктивність) насосного агрегату,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $D, E, F$  – коефіцієнти апроксимації, які залежать від конструктивних особливостей насоса.

Побудуємо залежність потужності на валу насосного агрегату КМ 100-65-200 від його подачі (рис. 2 – ліворуч) та відносної швидкості обертання (рис. 3 – праворуч).



**Рис. 2. Графічна залежності потужності на валу насосного агрегату КМ 100-65-200 (кВт) від подачі ( $\text{м}^3/\text{с}$  – ліворуч) та частоти обертання (в.од. – праворуч)**

З графіків видно, що величина потужності насоса практично пропорційна його продуктивності, і пропорційна степеневій функції його частоти обертання. Таким чином, зміна швидкості двигуна насоса призводить до суттєвої зміни потужності, яку він споживає. Що обумовлює необхідність регулювання обертів електроприводів насосів для покращення ефективності керування.

Ефективність роботи насосної станції визначається роботою її насосних агрегатів. Основним показником, який сигналізує про ефективність роботи насосного агрегату, є його ККД. Знайдемо аналітичний вираз ККД насосних агрегатів.

ККД насосного агрегату визначається як частка від ділення корисної потужності насосу  $P_K$  (подача води з певним напором) до затраченої електричної потужності двигуна насосу  $P_3$ :

$$\eta_{\text{НА}} = \frac{P_K}{P_3}.$$

У свою чергу ККД насосного агрегату складається з ККД самого насосу  $\eta_H$  та ККД електричного двигуна з пружною муфтою  $\eta_D$ :

$$\eta_{\text{НА}} = \eta_{\text{Д}} + \eta_{\text{Н}}.$$

ККД насосу можна розрахувати як частку від ділення корисної потужності  $P_{\text{к}}$  на потужність насосу  $P_{\text{н}}$ :

$$\eta_{\text{Н}} = \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{н}}}.$$

Корисну потужність насосу можна знайти з формули розрахунку його потужності через підстановку в неї аналітичного виразу напору:

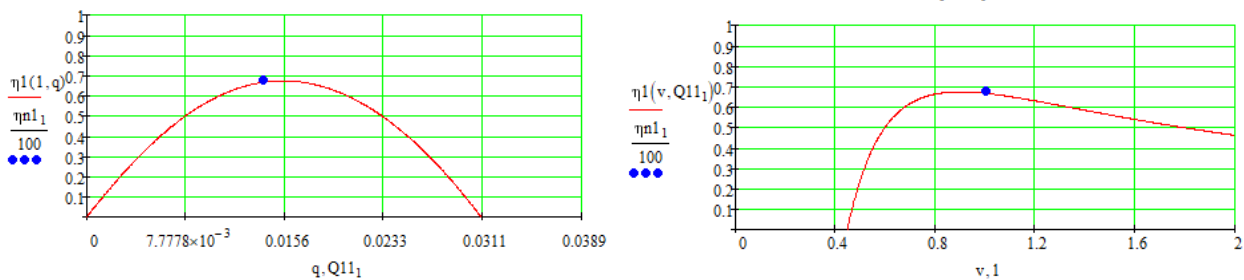
$$P_{\text{кл}}(v, q) = \frac{\rho g q}{1000} (A_{11} v^2 + B_{11} v q + C_{11} q^2) = \frac{\rho g}{1000} (A_{11} v^2 q + B_{11} v q^2 + C_{11} q^3),$$

де  $\rho$  – густина рідини, що перекачується,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}$ ;  $A_{11}$ ,  $B_{11}$ ,  $C_{11}$  – коефіцієнти апроксимації напірно-витратної характеристики насосу.

Коефіцієнт корисної дії за означенням і відповідно до [3] матиме вигляд:

$$\eta_1 = \frac{P_{\text{кл}}}{P_1} = \frac{\rho g}{1000} \cdot \frac{A_{11} v^2 q + B_{11} v q^2 + C_{11} q^3}{D_1 v^2 q + E_1 v q^2 + F_1 v^3},$$

На рис. 3 подано залежності ККД насосного агрегату від подачі та швидкості обертання відповідно. Для співставлення на графіки нанесені значення оптимальних ККД з паспортних даних насосів.



**Рис. 3. Графічна залежність ККД насосного агрегату КМ 100-65-200 (кВт) від подачі ( $\text{м}^3/\text{с}$  – ліворуч) та частоти обертання (в.од. – праворуч)**

З побудованих графіків можна зробити такі висновки:

1) розрахунки виконано вірно, оскільки отримані залежності проходять або близькі до паспортного значення оптимального ККД насосів;

2) ККД насосного агрегату параболічно спадає при відхиленні його подачі від оптимального (номінального) значення;



3) ефективна робота насосу починається лише з певного значення його частоти обертання, яке у нашому випадку становить 55% від номінальної швидкості.

Побудуємо систему рівнянь, яка буде описувати енергетичні процеси в системі водопостачання, яка складається зі станції 3-го підйому води з двома насосними агрегатами та трубопроводом:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{вих}} = \eta \cdot P_{\text{вх}}; \\ P_{\text{вих}} = P_{\text{к1}} + P_{\text{к2}}; \\ P_{\text{вх}} = P_1 + P_2; \\ P_{\text{к1}} = \eta_1 \cdot P_1; \\ P_{\text{к2}} = \eta_2 \cdot P_2; \\ P_1 = D_1 v_1^2 q_1 + E_1 v_1 q_1^2 + F_1 v_1^3; \\ P_2 = D_2 v_2^2 q_2 + E_2 v_2 q_2^2 + F_2 v_2^3; \\ P_{\text{к1}} = \frac{\rho g q_1}{1000} H_1; \\ P_{\text{к2}} = \frac{\rho g q_2}{1000} H_2; \\ H_1 = H_2 = H; \\ H = H_c + R_c q^2; \\ q = q_1 + q_2, \end{array} \right.$$

де  $P_{\text{вих}}$  – вихідна потужність насосної станції (загальна кількість води при певному значенні тиску, кВт);  $\eta$  – загальний ККД насосної станції, в. од.;  $P_{\text{вх}}$  – електрична потужність, яка прикладається до двигунів насосних агрегатів, кВт;  $v_1, v_2$  – відносне значення частоти обертання відповідно першого та другого насосного агрегату, в. од.;  $q_1, q_2$  – подача відповідно першого та другого НА, м<sup>3</sup>/с;  $H_1, H_2$  – напір відповідно першого та другого насосу, м.в.ст;  $H$  – напір насосної станції, м.в.ст.;  $Q$  – подача насосної станції, м<sup>3</sup>/с.

Якщо розв'язати цю систему рівнянь, то можна отримати залежність загального ККД насосної станції та ККД всіх насосних агрегатів від параметрів керування електроприводом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = \frac{\frac{\rho g H}{1000} \sqrt{\frac{1}{R_c} (H - H_c)}}{(D_1 v_1^2 q_1 + E_1 v_1 q_1^2 + F_1 v_1^3) + (D_2 v_2^2 q_2 + E_2 v_2 q_2^2 + F_2 v_2^3)}; \\ \eta_1 = \frac{P_{к1}}{P_1}; \\ \eta_2 = \frac{P_{к2}}{P_2}. \end{array} \right.$$

Отриману залежність загального ККД насосної станції можна продиференціювати і отримати точки екстремуму. В точках максимального ККД електропривода насосних агрегатів працюватимуть з найкращою ефективністю. При цьому насосна станція буде забезпечувати споживача потрібною кількістю води при потрібному значенні тиску.

Таким чином, отримано вираз, з допомогою якого можна оцінювати ефективність роботи насосної станції залежно від режиму роботи насосів. Якщо задати параметри насосів та режим роботи системи водопостачання можна отримати значення ККД насосної станції і ККД її насосних агрегатів. Порівнюючи ці значення з максимальними можна зробити висновок про ефективність роботи станції та системи водопостачання в цілому.

**Висновки.** У роботі було отримано математичний вираз для знаходження залежності ККД насосної станції водопостачання 3-го підйому, яка складається з 2-х насосних агрегатів. Цей вираз дозволяє ефективність роботи насосної станції при різних режимах роботи електроприводів насосів.

Шляхом комп'ютерного моделювання було підтверджено, що запропонований вираз дозволяє отримати достовірні дані.

Шляхом комп'ютерного моделювання встановлено, що ефективна робота електроприводів насосних агрегатів розпочинається зі швидкості обертання, рівній половині від номінальної.

Проаналізувавши результати розрахунку, запропоновано підхід до керування електроприводами насосів станції водопостачання 3-го підйому, у

якому основна увага зосереджена на підтримання максимального ККД насосної станції шляхом забезпечення максимального ККД всіх насосних агрегатів. Для цього кожен з них має облаштовуватися перетворювачем частоти, давачами тиску, продуктивності, енергоспоживання тощо.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходушных установках / Б. С. Лезнов. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 359 с.

2. Мошноріз М. М. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання. Монографія [Текст] / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 138 с.

3. Коренькова Т. В. Описание характеристик насосных агрегатом при переменной скорости вращения // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Зб. наук. пр. КДПУ. Вип. 1(12). – Кременчук: КДПУ, 2002. – С.184–189.