

УДК 681.523 (075.8): 681.513.3

doi:10.20998/2413-4295.2025.04.01

ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОБОТИ НАСОСНИХ І КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

С. В. НАСИРОВ*, Д. О. ЧИРОЧКІН

кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, Харківський національний університет
ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, УКРАЇНА
*e-mail: mezzzer@ukr.net

АНОТАЦІЯ Розглянуто питання підвищення показників якості роботи насосних і компресорних установок шляхом удосконалення систем управління. Доведено, що не зважаючи на вирішення складних наукових задач у цьому напрямі, це питання залишається актуальним. Актуальність обумовлена тим фактом, що високі показники якості роботи нагнітальних установок (максимальні значення коефіцієнту корисної дії) забезпечуються на стадії проєктування лише для вузького робочого діапазону. В режимах, відмінних від оптимальних, існуючі системи управління не дозволяють в повній мірі отримати максимальні значення коефіцієнту корисної дії, що погіршує загальні показники якості роботи нафто- та газоперекачувальних станцій. Наведено загальний принцип управління нагнітальними установками за критерієм максимальної енергоефективності та загальна процедура створення таких систем, яка включає визначення функціональних взаємозв'язків між параметрами насоса чи компресора, виконання процедури мінімізації функції сумарних втрат енергії в режимах нормальної експлуатації, визначення функціональних співвідношень для вектору регульованих вхідних параметрів, дослідження впливу варіацій параметрів та побудову функціональних та структурних схем систем управління. Наведені загальні математичні моделі, необхідні для синтезу систем управління, визначено перелік параметрів, що входять до цих моделей. Запропонована векторна структурна схема нагнітальної установки залежно від ступеня спрощення, що значно збільшує можливий діапазон її використання. Запропоновано узагальнену функціональну схему системи управління насосними та компресорними установками з використанням еталонної моделі (спостерігача стану). Зроблено висновок, що розробка та удосконалення математичних моделей насосних та компресорних установок та систем автоматичного управління режимами їх роботи, дозволить підвищити показники якості, знизити собівартість транспортування нафти і газу та підвищити конкурентоспроможність нафтогазової галузі України.

Ключові слова: показники якості; енергозбереження; насосна установка; компресор; система управління

IMPROVING THE QUALITY INDICATORS OF PUMP AND COMPRESSOR UNITS BY IMPROVING CONTROL SYSTEMS

S. NASIROV, D. CHIROCHKIN

Department of Automation, Metrology, and Energy-Efficient Technologies, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT The issue of increasing the performance quality indicators of pumping and compressor units by improving control systems is investigated. It has been proven that, despite solving complex scientific problems in this direction, this issue remains relevant. The relevance is due to the fact that high performance indicators of injection units (maximum values of the coefficient of useful action) are provided at the design stage only for a narrow operating range. In modes other than optimal, the existing management systems do not allow to fully obtain the maximum values of the efficiency factor, which worsens the general performance indicators of oil and gas pumping stations. The general principle of control of injection units according to the criterion of maximum energy efficiency and the general procedure for creating such systems, which includes the determination of functional relationships between pump or compressor parameters, are presented, performing the procedure of minimizing the function of total energy losses in normal operation modes, determining the functional ratios for the vector of adjustable input parameters, studying the influence of parameter variations and building functional and structural diagrams of control systems. The general mathematical models necessary for the synthesis of control systems are presented, the list of parameters included in these models is defined. The proposed vector structural scheme of the injection unit depends on the degree of simplification, which significantly increases the possible range of its use. A generalized functional scheme of the control system for pumping and compressor installations using a reference model (condition monitor) is proposed. It was concluded that the development and improvement of mathematical models of pump and compressor units and automatic control systems of their operation modes will allow to increase quality indicators, reduce the cost of oil and gas transportation, and increase the competitiveness of the oil and gas industry of Ukraine.

Keywords: quality indicators; energy saving; pump installation; compressor; management system

Вступ

Насосні та компресорні установки (нагнітачі) є основними елементами технологічних процесів транспортування робочих середовищ у нафтогазовій,

енергетичній та хімічній промисловості. Вони визначають рівень надійності, безпеки та економічної ефективності всього технологічного комплексу. Високі показники якості роботи нагнітальних установок, насамперед коефіцієнт корисної

дії (ККД), зазвичай забезпечуються лише у вузькому діапазоні робочих параметрів, який визначається на етапі проектування. У реальних умовах експлуатації установка часто працює поза оптимальною зоною, що призводить до зниження енергоефективності та зростання втрат. Одним із найважливіших напрямів підвищення якості роботи таких установок є вдосконалення систем автоматичного керування (САК), що забезпечують оптимальні режими роботи за мінімальних втрат енергії.

Задача підвищення показників якості та енергозбереження вирішуються сьогодні на всіх рівнях – міжнародному, державному, регіональному, галузевому, виробничому та комунально-побутовому [1].

Перспективним шляхом в напрямі підвищення показників якості насосних та компресорних установок є удосконалення систем автоматичного управління, які працюють за критерієм мінімуму сумарних втрат енергії при дотриманні необхідних параметрів технологічного процесу та обмежень, обумовлених показниками надійності, безпеки, екологічності тощо [2].

У даний час питаннями підвищення показників якості роботи насосних та компресорних установок займається низка відомих наукових шкіл та колективів. Проводяться дослідження та оптимізуються показники якості роботи енергетичного обладнання [2,3], оновлюється нормативна база щодо визначення та підтримки високих показників якості в процесі експлуатації (в тому числі забезпечення енергоефективних режимів) [4]. Проводяться дослідження з питань модернізації діючого обладнання з метою підвищення показників якості його роботи. Досліджуються діапазони можливого підвищення показників якості насосних установок шляхом використання частотного керування [5], проводяться глибокі дослідження, удосконалення та оптимізація регуляторів систем управління [6-8], покращуються метрологічні характеристики натурних випробувань, що підвищує точність отримання енергетичних, кавітаційних та інших характеристик насосних та компресорних установок [9], досліджується питання перерахунку та адаптації характеристик насосів, які перекачують в'язкі рідини [10], удосконалюються системи автоматичного управління [11,12], в тому числі з метою підвищення показників якості насосних та компресорних установок [13-15].

Не зважаючи на вирішення складних наукових задач в цьому напрямі та ефективне впровадження розроблених методів та засобів, питання подальшого підвищення показників якості роботи насосних та компресорних установок залишається актуальним. Особливо це стосується систем управління, де бракує алгоритмів та методик визначення та гарантованої підтримки

максимально енергоефективних режимів нагнітальних установок у всьому діапазоні нормальної роботи. Потрібне удосконалення наукових принципів і теоретичних засад енергоефективного управління, розробка моделей та методів структурного та параметричного синтезу таких систем.

Мета роботи

Метою роботи є підвищення показників якості насосних і компресорних установок шляхом удосконалення автоматизованих систем управління, які працюють за критерієм мінімуму сумарних втрат енергії в установках у всьому діапазоні нормальної експлуатації.

Виклад основного матеріалу

Як об'єкт керування, будь-який насос чи компресор може бути охарактеризований наступним набором векторів (рис.1):

- вектор вихідних (визначальних, контрольованих) параметрів

$\vec{X}_{\text{вих}} = (p; H; Q; P_{\text{кор}}; P_{\text{спож}})$, де p – тиск; Q – витрата робочого тіла; $P_{\text{кор}}, P_{\text{спож}}$ – корисна та споживана потужність; H – напір;

- вектор вхідних регульованих параметрів $\vec{X}_{\text{вх}}^{\text{рег}} = (x_{\text{рз}}; n; \alpha_k)$, де $x_{\text{рз}}$ – положення регулюючої засувки (ступінь закриття); n – частота обертання; α_k – кут лопатей робочого колеса;

- вектор нерегульованих вхідних параметрів $\vec{X}_{\text{вх}}^{\text{нерег}} = (U; I; n; \dots)$ де U, I – наруга та струм електроприводу; n – частота обертання (якщо керування здійснюється не за частотою);

- вектор внутрішніх регульованих параметрів $\vec{X}_{\text{вн}}^{\text{рег}}$ (наприклад, змінний діаметр робочого колеса);

- вектор внутрішніх нерегульованих параметрів $\vec{X}_{\text{вн}}^{\text{нерег}}$;

- вектор зовнішніх збурювань $\vec{\xi}$, який складається зі збурювань, які мають постійно-періодичний характер $\vec{\xi}_{\sim}$ та збурювань, які мають випадковий характер $\vec{\xi}_{\sim\sim}$;

- вектор параметрів, що визначають втрати енергії $\vec{X}_{\text{втр}}^{\text{рег}} = (\Delta p; \Delta Q; \Delta P; \eta)$ при регулюванні (втрати, які можуть бути мінімізовані шляхом оптимального керування);

- вектор параметрів, що визначають некеровані втрати енергії $\vec{X}_{\text{втр}}^{\text{нерег}} = (\Delta p; \Delta Q; \Delta P; \eta)$ (втрати, які не залежать від системи управління).

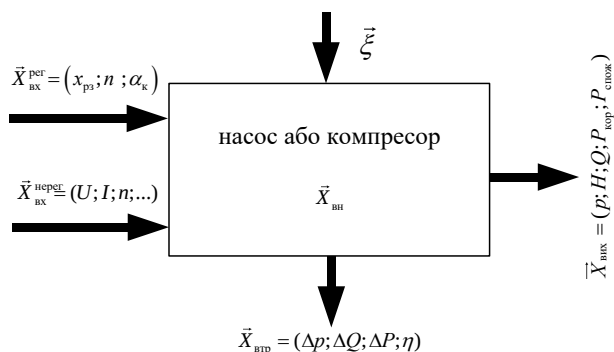


Рис. 1 – Векторна структурна схема нагнітальної установки

Процедура синтезу систем управління нагнітальними установками за критерієм максимальної енергоефективності включає такі етапи:

1. Визначення функціональних взаємозв'язків між параметрами насоса або компресору:

$$Q = f(n, H, p_{вх}, p_{вих}, \eta), \quad (1)$$

Насос характеризується залежністю між подачею, напором і частотою обертання валу. Типова напірна характеристика насоса може бути описана поліномом другого порядку:

$$H(Q, n) = h_0 n^2 - (a_1 n + a_2) Q - a_3 Q^2, \quad (2)$$

де h_0 – коефіцієнт пропорційності між частотою обертання n і максимальним напором насоса; a – коефіцієнти апроксимації.

Коефіцієнт корисної дії насосу визначається емпіричною залежністю:

$$\eta(Q, n) = \eta_* - b_1 (Q - Q_*)^2 - b_2 (n - n_*)^2 - b_3 (Q - Q_*)(n - n_*). \quad (3)$$

Потужність на валу визначається як $P = \rho g Q H / \eta$, де g – прискорення вільного падіння; ρ – щільність рідини.

Рівняння трубопроводу (системна крива):

$$H_s(Q) = H_c + k_1 Q + k_2 Q^2. \quad (4)$$

Робоча точка: $H(Q, n) = H_s(Q)$.

Рівняння стану насоса в робочій точці:

$$x_p = \begin{bmatrix} Q \\ n \end{bmatrix}, \dot{x}_p = f_p(x_p, u, \xi), y_p = \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = h_p(x_p), \quad (5)$$

де u – керуючі дії (швидкість привода, положення лопаток, частота струму, дросель, ...); x –

вектор стану; ξ – збурення; y – вихідні параметри; k – коефіцієнти апроксимації.

Кориговані величини (для узагальнення карти) компресору визначаються через масову витрату:

$$\dot{m}_c = \dot{m} \sqrt{\frac{T_1}{T_r}} \frac{p_1}{p_r}, \quad (6)$$

$$N_c = \frac{n}{\sqrt{T_1 / T_r}}, \quad (7)$$

$$\Pi = \frac{p_2}{p_1} = \Pi(\dot{m}_c, N_c, \alpha), \quad (8)$$

де $\dot{m}_c = \rho Q$ – масова витрата, кг/с, Π – ступінь стиску, T_r – еталонна температура, N_c – коригована частота обертання, α – кут вхідних направляючих лопаток компресору.

Потужність компресору:

$$P_{вал} = \frac{\dot{m}_c p_1}{\eta_p(\dot{m}_c, N_c)} \left(\Pi^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right), \quad (9)$$

де γ – показник адіабати, c_p – теплоємність при сталому тиску.

Рівняння стану компресору:

$$x_c = \begin{bmatrix} \dot{m}_c \\ p_c \\ n \end{bmatrix}, \dot{x}_c = f_c(x_c, u, d), y_c = \begin{bmatrix} \Pi \\ \dot{m} \end{bmatrix} = h_c(x_c). \quad (10)$$

2. Мінімізація функції втрат енергії.

В якості критерію оптимальності може використовуватися критерій мінімуму енергоспоживання:

$$J = \int_0^T (P_{спож} - P_{кор})^2 dt \rightarrow \min, \quad (11)$$

для насосу:

$$P_{кор} = \rho g Q H_s(Q); \quad (12)$$

для компресору:

$$P_{кор} = \dot{m}(h_2 - h_1)_{идеал}, \quad (13)$$

де h_1, h_2 – питомі ентальпії робочого газу.

3. Визначення оптимальних регулювальних впливів (вектор параметрів $u = [n, p, \alpha, \dots]$, які мінімізують функцію втрат).

Керуючі параметри визначаються шляхом розв'язування задачі оптимізації:

$$\begin{cases} \bar{V} = J = \min \sum_{\bar{X}_{\text{вх}}, \bar{R}} \Delta N(\bar{X}_{\text{вх}}, \bar{X}_{\text{вих}}, \bar{R}, \bar{H}, \bar{\xi}); \\ \bar{R}(\bar{X}_{\text{вх}}, \bar{X}_{\text{вих}}, \bar{\xi}) \geq 0; \\ \bar{H}(\bar{X}_{\text{вх}}, \bar{X}_{\text{вих}}) = 0, \end{cases} \quad (14)$$

де V – функція мети, $\bar{R} = \{r_1^{\min, \max} \dots r_K^{\min, \max}\}$ – функція обмежень-нерівностей, $\bar{H} = \{h_1 \dots h_L\}$ – функція обмежень-рівностей.

Функція мети в цілому визначається шляхом мінімізації сумарних втрат енергії в елементах нагнітача:

$$V = J = \min \sum \Delta P.$$

4. Побудова векторної структурної схеми нагнітальної установки, що дозволяє формувати багаторівневу систему управління зі змінною складністю.

Узагальнено систему можна описати рівнянням стану:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + F\xi \\ y &= Cx. \end{aligned} \quad (15)$$

5. Використання еталонної моделі (спостерігача стану) для формування керуючого впливу $u = K(x_{\text{ет}} - x)$, що дозволяє коригувати параметри управління відповідно до бажаного енергетичного стану системи.

На практиці, порядок побудови моделей може буде виконаний за такою послідовністю: збір карт (насосна $H-Q$, компресорна $\Pi(\dot{m}_c, N_c, \alpha)$, η -карти); апроксимація; ідентифікація динаміки; валідація; лінеаризація у кількох робочих точках; синтез спостерігача стану.

Функціональна схема системи управління нагнітальною установкою зі спостерігачем стану, яка може бути використана для рішення задачі підвищення показників якості роботи установки, наведена на рис. 2.

Обговорення результатів

На стадії проектування нагнітальних установок високі показники якості (максимальні значення коефіцієнту корисної дії) забезпечуються тільки для вузького робочого діапазону. В режимах, відмінних від оптимальних, існуючі системи управління не дозволяють у повній мірі отримати максимальні значення КПД в широкому діапазоні витрат (тисків). Підвищення показників якості роботи нагнітачів можливе шляхом розробки та удосконалення систем управління, заснованих на принципах визначення та підтримки

енергоефективних режимів їхньої роботи на всьому діапазоні нормальної експлуатації. Розробка та удосконалення математичних моделей нагнітачів і систем автоматичного управління режимами їхньої роботи, дозволить підвищити показники якості роботи насосних та компресорних установок, знизити собівартість транспортування нафти та газу й підвищити конкурентоспроможність нафтогазової галузі України.

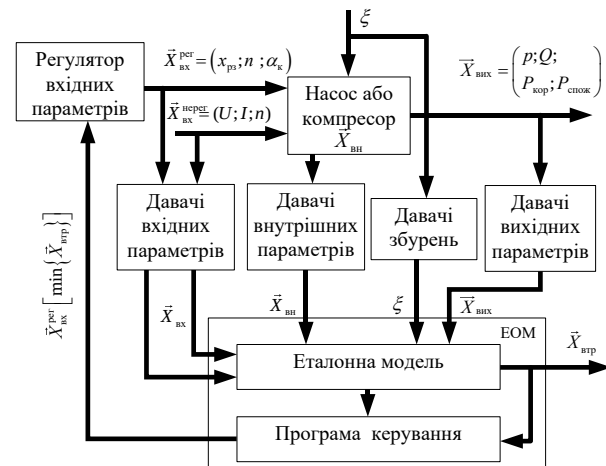


Рис. 2 – Функціональна схема системи управління нагнітальною установкою зі спостерігачем стану

Висновки

Набули подальшого розвитку методи підвищення показників якості роботи насосних і компресорних установок шляхом удосконалення систем управління. Викладено процедуру створення систем управління нагнітачами, що працює за принципом максимальної енергоефективності. Наведено процедуру складання математичних моделей для системи управління. Практична реалізація результатів досліджень дозволить підвищити показники якості роботи насосних і компресорних установок.

Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Інформаційно-аналітичний вісник «Відомості Міністерства палива та енергетики України». Спеціальний випуск. 2006. 113 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text> (дата звернення: 15.09.2025).
2. Канюк Г. І., Мезеря А. Ю., Василюк Т. Ю., Келеберда С. М., Пономаренко А. С., Чирочкін Д. О. Оптимізація показників якості технологічних процесів об'єктів керування в енергетиці. *Збірник наукових праць «Машинобудування»*. 2023. № 32. С. 55–63. doi: 10.32820/2079-1747-2023-32-55-63.
3. Kaniuk G. I., Mezera A. Y., Kniazieva V. N., Khoroshun D. M., Fursova T. N. Unified basic software and hardware

complex for precision energy-saving systems of automatic regulation and control. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2019. № 2. P. 202–209. doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-21.

4. Kaniuk G. I., Mezeria A. Y., Kniazeva V. N., Fursova T. N., Blyznychenko E. N. Energy Efficient Control by the Group of Oil Pumping Stations Operation. *Problemele energeticii regionale*. 2021. № 4 (52). P. 13–22. doi:10.52254/1857-0070.2021.4-52.02.
5. Крамаренко Ю. О., Дрозд В. А. Підвищення якості систем керування насосними агрегатами шляхом використання частотно-керованого електроприводу. *Збірник наукових праць «Машинобудування»*. 2024. № 33. С. 61–69. doi: 10.32820/2079-1747-2024-33-38-50.
6. Gan X., Pei J., Pavesi G., Yuan S., Wang W. Application of intelligent methods in energy efficiency enhancement of pump system: A review. *Energy Reports*. 2022. Vol. 8. P. 11592–11606. doi:10.1016/j.egy.2022.09.016.
7. Cimorelli L., Covelli C., Molino B., Pianese D. Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: A technical and economical comparison. *Energies*. 2020. Vol. 13. No. 10. Art. 2530. doi:10.3390/en13102530.
8. Naval N., Yusta J. M. Water-energy management for demand charges and energy cost optimization of a pumping stations system under a renewable virtual power plant model. *Energies*. 2020. Vol. 13, No. 11. Art. 2900. doi: 10.3390/en13112900.
9. Schulze R., Richter H. Model-based MIN/MAX override control of centrifugal compressor systems. *Franklin Open*. 2024. Vol. 7. Art. 100084. doi: 10.1016/j.fraope.2024.100084.
10. Андреев О. В., Загребельна Л. І., Кобець О. В. Перерахунок характеристик відцентрових насосів на в'язкі рідини. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2021. № 1. С. 21–31. doi: 10.20998/2078-5364.2021.1.03.
11. Крамаренко Ю. О., Дрозд В. А. Підвищення якості насосних установок шляхом удосконалення систем керування. *Збірник наукових праць «Машинобудування»*. 2023. № 32. С. 29–36. doi: 10.32820/2079-1747-2023-32-29-36.
12. Каниук Г. І., Андреев О. В., Чернюк А. М., Князева В. М. Аналіз засобів регулювання параметрів насосних агрегатів магістральних нафтопроводів України. *Вісник НТУ «ХПІ»: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2016. № 10(1182). С. 85–91. doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.13.
13. Rigatos G., Abbaszadeh M., Sari B., Siano P., Cuccurullo G., Zouari F. Nonlinear optimal control for a gas compressor driven by an induction motor. *Results in Control and Optimization*. 2023. Vol. 11. Art. 100226 (1–24). doi: 10.1016/j.rico.2023.100226.
14. Uyan E. Energy saving potential analysis of a short cycling industrial air compressor in a marine equipment manufacturing plant in Türkiye. *Cleaner and Responsible Consumption*. 2023. Vol. 11. Art. 100147. doi: 10.1016/j.clrc.2023.100147.
15. Zaim A. Industrial compressed air system optimization: Experimental evaluation of energy efficiency and sustainability gains. *Processes*. 2025. Vol. 13. No. 11. Art. 3590. doi: 10.3390/pr13113590.

References (transliterated)

1. Energetichna strategiya Ukrayini na period do 2030 roku [Energy Strategy of Ukraine for the Period up to 2030.]. *Informacijno-analitichnij visnik «Vidomosti Ministerstva paliva ta energetiki Ukrayini». Specialnij vipusk* [Information and Analytical Bulletin “Proceedings of the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine”. Special Issue]. 2006, 113 p. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text> (accessed 15.09.2025).
2. Kanyuk G. I., Mezerya A. Y., Vasilec T. Y., Keleberda S. M., Ponomarenko A. S., Chirochkin D. O. Optimizaciya pokaznikov yakosti tehnologichnih procesiv ob'ektiv keruvannya v energetici [Optimization of Quality Indicators of Technological Processes of Control Objects in the Energy Sector]. *Zbirnik naukovih prac „Mashinobuduvannya“*, 2023, no. 32, pp. 55–63, doi: 10.32820/2079-1747-2023-32-55-63.
3. Kaniuk G. I., Mezeria A. Y., Kniazieva V. N., Khoroshun D. M., Fursova T. N. Unified basic software and hardware complex for precision energy-saving systems of automatic regulation and control. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2019, no. 2, pp. 202–209, doi: 10.15588/1607-3274-2019-2-21.
4. Kaniuk G. I., Mezeria A. Y., Kniazieva V. N., Fursova T. N., Blyznychenko E. N. Energy efficient control by the group of oil pumping stations operation. *Problemele energeticii regionale*, 2021, no. 4 (52), pp. 13–22, doi:10.52254/1857-0070.2021.4-52.02.
5. Kramarenko Yu. O., Drozd V. A. Pidvishennya yakosti sistem keruvannya nasosnimi agregatami shlyahom vikoristannya chastotno-kervanogo elektropivodu [Improving the quality of pump unit control systems by using a frequency-controlled electric drive]. *Zbirnik naukovih prac «Mashinobuduvannya»*, 2024, no. 33, pp.61–69, doi: 10.32820/2079-1747-2024-33-38-50.
6. Gan X., Pei J., Pavesi G., Yuan S., Wang W. Application of intelligent methods in energy efficiency enhancement of pump system: A review. *Energy Reports*, 2022, Vol. 8, pp. 11592–11606, doi:10.1016/j.egy.2022.09.016.
7. Cimorelli L., Covelli C., Molino B., Pianese D. Optimal regulation of pumping station in water distribution networks using constant and variable speed pumps: A technical and economical comparison. *Energies*, 2020, Vol. 13, no. 10, art. 2530, doi:10.3390/en13102530.
8. Naval N., Yusta J. M. Water-energy management for demand charges and energy cost optimization of a pumping stations system under a renewable virtual power plant model. *Energies*, 2020., Vol. 13, no. 11, art. 2900, doi: 10.3390/en13112900.
9. Schulze R., Richter H. Model-based MIN/MAX override control of centrifugal compressor systems. *Franklin Open*, 2024, Vol. 7, art. 100084, doi: 10.1016/j.fraope.2024.100084.
10. Andreyev O. V., Zagrebelska L. I., Kobec O. V. Pererahunok harakteristik vidcentrovih nasosiv na v'yazki ridini [Correction of centrifugal pump characteristics for viscous liquids]. *Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya*, 2021, no. 1, pp. 21–31, doi: 10.20998/2078-5364.2021.1.03.
11. Kramarenko Yu. O., Drozd V. A. Pidvishennya yakosti nasosnih ustanovok shlyahom udoskonallennya sistem keruvannya [Analysis of control methods for the parameters of pumping units in Ukraine's main oil pipelines]. *Zbirnik*

- naukovih prac „Mashinobuduvannya“*, 2023, no. 32, pp. 29–36, doi: 10.32820/2079-1747-2023-32-29-36.
12. Kanyuk G. I., Andreyev O. V., Chernyuk A. M., Knyazyeva V. M. Analiz zasobiv reguluvannya parametriv nasosnih agregativ magistralnih naftoprovodiv Ukraini [analysis of regulation methods for pumping unit parameters of ukraine's main oil pipelines]. *Bulletin of NTU "KhPI": Energy and Heat Engineering Processes and Equipment*, 2016, no. 10 (1182), pp. 85–91, doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.13.
13. Rigatos G., Abbaszadeh M., Sari B., Siano P., Cuccurullo G., Zouari F. Nonlinear optimal control for a gas compressor driven by an induction motor. *Results in Control and Optimization*, 2023, Vol. 11, art. 100226 (1–24), doi: 10.1016/j.rico.2023.100226.
14. Uyan E. Energy saving potential analysis of a short cycling industrial air compressor in a marine equipment manufacturing plant in Turkiye. *Cleaner and Responsible Consumption*, 2023, Vol. 11, art. 100147, doi: 10.1016/j.clrc.2023.100147.
15. Zaim A. Industrial compressed air system optimization: Experimental evaluation of energy efficiency and sustainability gains. *Processes*, 2025, Vol. 13, no. 11, art. 3590, doi: 10.3390/pr13113590.

Відомості про авторів (About authors)

Насиров Сергій Володимирович – аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-3106-4897; e-mail: mezzar@ukr.net

Nasyrov Serhii – Postgraduate student of the Department of Automation, Metrology and Energy-Efficient Technologies; V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-3106-4897; e-mail: mezzar@ukr.net;

Чирочкін Денис Олександрович – аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна; ORCID: 0009-0005-9029-0471; e-mail: chirochkin123@gmail.com;

Chirochkin Denis – Postgraduate student of the Department of Automation, Metrology, and Energy-Efficient Technologies; V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0009-0005-9029-0471; e-mail: chirochkin123@gmail.com;

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Насиров С. В., Чирочкін Д. О. Підвищення показників якості роботи насосних і компресорних установок шляхом удосконалення систем управління. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2025. № 4 (26). С. 3-8. doi:10.20998/2413-4295.2025.04.01.

Please cite this article as:

Nasirov S., Chirochkin D. Improving the quality indicators of pump and compressor units by improving control systems. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2025, no. 4(26), pp. 3-8, doi:10.20998/2413-4295.2025.04.01.

*Надійшла (received) 08.11.2025
Прийнята (accepted) 08.12.2025*