

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Чирочкіна Дениса Олександровича

**«Удосконалення методів підвищення якості систем керування
глибинними насосами»,**

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка.

1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації і виконання індивідуального плану навчальної та наукової роботи.

Аспірант Чирочкін Денис Олександрович виконав у повному обсязі Індивідуальний план виконання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 43 кредитів ECTS виконана у повному об'ємі. Він успішно склав наступні дисципліни:

- іспит з навчальної дисципліни «Філософія науки » (74 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Іноземна мова в академічному середовищі» (75 бали);
- залік з навчальної дисципліни «Українське наукове мовлення » (74 балів);
- залік з навчальної дисципліни «Управління науковими проектами» (72 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Інформаційні технології в наукових дослідженнях» (77 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Теорія і методологія наукового дослідження» (80 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Інноваційні педагогічні технології

в закладах вищої освіти» (60 бали);

– залік з навчальної дисципліни «Науково-дослідні основи стандартизації» (86 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Метрологія та інформаційно-вимірювальні системи» (83 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Теоретичні засади інтелектуальної власності та трансферу технологій» (90 бали);

– іспит з навчальної дисципліни «Управління науковими проектами» (59 бали);

– іспит з навчальної дисципліни «Кваліметрія» (94 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Інформаційні системи оцінювання якості» (85 балів);

– залік з асистентської практики (90 бали).

Всі заплановані види робіт були виконані своєчасно. Здобувач плідно співпрацював з науковим керівником протягом усього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Глибинні насоси є ключовими елементами у видобуванні нафти, підземних та ґрунтових вод, а також у забезпеченні роботи систем водопостачання, геотермальних установок і технологічних комплексів різної природи. Ефективність їх функціонування безпосередньо впливає на продуктивність свердловини, енергоспоживання, стабільність технологічного процесу та загальну економічну ефективність підприємства. У сучасних умовах поглиблення енергетичної кризи, ускладнення гідрогеологічних та технічних умов експлуатації свердловин, а також зростання вимог до надійності й енергоефективності обладнання, питання оптимізації систем керування

глибинними насосами набуває особливої актуальності.

Одним із визначальних чинників стабільної та ефективної роботи глибинного насоса є якість його системи керування. Традиційні схеми керування, які застосовувалися упродовж багатьох десятиліть, часто не забезпечують необхідної гнучкості для роботи в умовах змінних дебітів, коливань тиску, нерівномірності подачі та гідравлічних навантажень. Спостерігається значне збільшення динамічних перевантажень, яке призводить до зношування насосів, частих аварій та зниження коефіцієнта корисної дії. Крім того, недосконалість регуляторів спричиняє роботу обладнання поза оптимальними режимами, що істотно збільшує питомі енергетичні витрати.

Сучасні досягнення в галузі автоматизованого керування створюють можливості для переосмислення підходів до управління глибинними насосами. Використання частотних перетворювачів, адаптивних алгоритмів, методів прогнозного керування, систем самоідентифікації параметрів і моделей другого порядку дозволяє забезпечити якісно новий рівень стабільності й ефективності. Проте впровадження таких рішень потребує ґрунтовних досліджень математичних моделей об'єктів керування, визначення їх структурних властивостей, побудови критеріїв оцінювання якості та розроблення оптимальних законів регулювання, які враховують властиві насосним системам нелінійності, запізнення, насичення виконавчих механізмів та перехідні процеси.

Крім того, в реальних умовах експлуатації глибинні насоси працюють у складних багатофакторних середовищах, де на їхню роботу впливають як гідравлічні параметри свердловини, так і зміни характеристик насосного агрегату внаслідок зношування. Система керування в таких умовах повинна не лише забезпечувати підтримання заданих технологічних параметрів, а й бути здатною до адаптації. Удосконалення методів керування має включати можливості для моніторингу стану обладнання, ідентифікації поточного режиму та прогнозування «вузьких місць» у роботі агрегату.

Актуальною є розробка комплексних показників якості, які дозволяють

оцінювати ефективність алгоритмів за сукупністю критеріїв – швидкодії, енерговитрат, стійкості, рівня перерегулювання, чутливості до збурень, ресурсу обладнання та надійності роботи всієї насосної системи. З огляду на це тема удосконалення методів підвищення якості систем керування глибинними насосами має не лише наукове, а й вагомим практичне значення.

Обрана тематика також пов'язана з потребою підвищення енергоефективності промислових процесів. Усі сучасні стандарти енергозбереження передбачають модернізацію систем керування як основний напрям скорочення витрат електроенергії. У випадку глибинних насосів застосування оптимізованих регуляторів здатне зменшити енергоспоживання на 20–40 %, що безпосередньо впливає на собівартість продукції та екологічні показники виробництва. Це особливо важливо для підприємств водопостачання, нафтогазового комплексу та енергетики, де глибинні насоси працюють у безперервному режимі.

Таким чином, вибір теми зумовлений сукупністю технічних, енергетичних, економічних та екологічних чинників. Удосконалення методів підвищення якості систем керування глибинними насосами є перспективним напрямом, що має вирішальне значення для підвищення ефективності роботи обладнання, продовження його ресурсу та забезпечення стабільності технологічних процесів у складних умовах експлуатації. Дослідження в цій сфері забезпечують наукове підґрунтя для модернізації систем автоматичного керування, впровадження цифрових технологій, підвищення енергоефективності промислових об'єктів і зменшення експлуатаційних витрат.

Обрана тема також відкриває можливості для поєднання класичних методів керування з сучасними інтелектуальними підходами, що створює передумови для формування нового покоління високоефективних систем автоматизації глибинних насосів. У цьому контексті дослідження має як теоретичну наукову новизну, так і значний прикладний потенціал, що обґрунтовує доцільність та актуальність його виконання.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення методів підвищення показників якості глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів шляхом синтезу ефективних систем керування, які забезпечують мінімальні втрати енергії в глибинних насосах в нормальних режимах експлуатації.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі наукові задачі:

1. Провести аналіз літературних джерел та існуючої нормативної бази щодо визначення та забезпечення високих показників якості роботи глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів та визначити шляхи підвищення цих показників.

2. Розробити уточнені математичні моделі глибинних насосів і їх систем керування, що враховують гідравлічні нелінійності, інерційність, запізнення та зміну параметрів обладнання в процесі роботи.

3. Сформулювати критерії та комплексні показники якості для оцінювання ефективності алгоритмів керування з урахуванням швидкодії, точності, стійкості, енергоспоживання та ресурсу обладнання.

4. Провести оцінювання та дослідження показників якості існуючих глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів в нормальних режимах експлуатації.

5. Провести моделювання роботи насосної системи для порівняння традиційних і удосконалених методів керування.

6. Провести експериментальні дослідження систем автоматичного керування глибинними насосами відцентрового та гвинтового типів в нормальних режимах експлуатації, виконати ідентифікацію удосконалених математичних моделей та визначити можливість підвищення показників якості глибинних насосів при оптимізації систем керування.

7. Виконати структурний синтез систем керування глибинними насосами, що працюють за критерієм енергоефективності.

8. Розробити проєкт Технічних умов щодо забезпечення високих

показників якості глибинних насосів при їх автоматизованому керуванні.

Об'єктом дослідження є процеси підвищення показників якості роботи глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів в нормальних режимах експлуатації.

Предметом дослідження є наукові методи, нормативне забезпечення і технічні засоби підвищення показників якості роботи глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів.

Методи дослідження. Методи, які використовуються в дослідженні, базуються на сучасних підходах теоретичних та експериментальних досліджень, а саме: аналіз та узагальнення науково-технічних джерел; системний аналіз технічних та експлуатаційних характеристик насосних установок; математичне моделювання для побудови нелінійних та лінеаризованих моделей глибинних насосів; методи теорії автоматичного керування для розроблення структур регуляторів, аналізу стійкості, побудови передатних функцій, частотних характеристик та визначення оптимальних параметрів регулювання; оптимізаційні методи для налаштування параметрів регуляторів за критеріями якості, мінімізації енерговитрат та забезпечення найкращих динамічних характеристик, адаптивні та ідентифікаційні методи; комп'ютерне моделювання для аналізу динаміки насосних установок та перевірки працездатності запропонованих рішень, статистичні методи обробки результатів; експериментально-аналітичні методи.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тематика роботи відповідає закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» – новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі. Матеріали дисертації є узагальненням наукових результатів досліджень, отриманих автором на протязі 2022-2025 рр., які виконуються на кафедрі автоматизації, метрології та енергоефективних технологій Української інженерно-педагогічної академії (Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна

академія» Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна), зокрема держбюджетна науково-дослідна робота № ФН-21-10 «Розробка алгоритмів та структур енергозберігаючих автоматизованих систем керування нагнітальними установками нафто- та газоперекачувальних станцій».

4. Особистий внесок дисертанта в отримання наукових результатів та їх новизна.

Особистий внесок дисертанта в отримання наукових результатів та їх новизна полягає у наступному:

1. Удосконалено комплексний критерій якості роботи глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів шляхом поєднання показників якості роботи насоса та показників якості системи керування, що дає можливість використовувати його як основний критерій оптимальності.

2. Набули подальшого розвитку методи підвищення якості роботи глибинних насосів шляхом структурного синтезу і оптимізації систем керування та використання удосконаленого комплексного показника якості, що дає можливість підтримувати ефективність роботи насоса в процесі експлуатації на максимальному рівні.

3. Набули подальшого розвитку математичні моделі систем автоматичного керування глибинними насосами відцентрового та гвинтового типів в сталих та перехідних режимах експлуатації шляхом врахування інерційності насоса та нелінійності функцій втрат, що дозволяє визначати та аналізувати основні показники якості роботи насосів.

4. Вперше розроблено структуру системи автоматичного керування глибинними насосами відцентрового та гвинтового типів з використанням еталонної математичної моделі, що дозволяє визначати та підтримувати високі показники якості роботи безпосередньо в процесі експлуатації.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних Чирочкіним Д.О. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується використанням фундаментальних підходів і методів математичного моделювання, статистики, теорії гідродинаміки. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах та доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Покращення стабільності роботи насосів шляхом удосконалення системи керування, яка дозволяє уникати роботи в нестійких режимах, зменшують частоту аварійних ситуацій та зривів подачі.

2. Зниження енергоспоживання за рахунок оптимізація частотного регулювання та зменшення гідравлічних втрат, що приводить до істотного зменшення питомих витрат електроенергії.

3. Продовження ресурсу обладнання, за рахунок зменшення динамічних навантажень та вібрацій, що сприяє довшому терміну служби насосних агрегатів і зменшенню витрат на технічне обслуговування.

4. Підвищення точності підтримання технологічних параметрів за рахунок адаптивного регулювання, яке забезпечує мінімальні відхилення тиску, витрати та рівня рідини.

5. З метою практичної реалізації запропонованих рішень, розроблено проєкт технічних умов «Забезпечення високих показників якості роботи глибинними насосами при їх автоматизованому керуванні».

Отримані в процесі роботи нові наукові результати в напрямку підвищення показників якості роботи глибинних насосів відцентрового та гвинтового типів використовуються у навчальному процесі Навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна у вигляді нових додаткових розділів до курсу

лекцій з дисциплін «Сучасні методи та алгоритми систем автоматичного керування», «Автоматизовані системи управління технологічними процесами і об'єктами». Основні теоретичні, розрахункові та експериментальні результати отримано здобувачем самостійно. Наукові положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи належать автору.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

Результати досліджень, що подані в дисертації, опубліковані у **9** наукових працях, у тому числі у **5** статтях у наукових фахових виданнях, **4** тези доповідей на конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Публікації у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України:

1. 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. *Машинобудування*. 2023. №32. С.55-63. <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-32-55-63>

(Особистий внесок здобувача: поставлена задача динамічної оптимізації значень управляючих та вихідних впливів у функції часу, що забезпечують досягнення заданих критеріїв управління для технологічних процесів у перехідних режимах; розробка методики визначення функції мінімуму втрат енергії в нагнітачах та алгоритм знаходження втрат енергії за даними, отриманими шляхом апроксимації енергетичних характеристик).

2. Канюк Г.І., Мезеря А.Ю., Фурсова Т.М., **Чирочкін Д.О.**, Єпик О.М. Шляхи підвищення показників якості (теплової економічності) електростанцій. *Машинобудування*. 2024. №34. С.61-71. <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2024->

34-06

(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз показників якості роботи теплових і атомних електростанцій, а саме теплової економічності та визначено основні шляхи їх підвищення; виконано систематизацію та аналіз існуючих методів оцінки теплової економічності, показано вплив витрат енергії на власні потреби на значення ККД).

3. Kanuk H.I., Fursova T.M., Mezeria A.U., **Chyrochkin D.O.**, Epik O.M., Shvorak D.O. Analysis of energy efficiency and operational reliability of heat and mass exchange equipment at power plants for improving their performance quality. *Машинобудування*. 2025. №35. С. 17-25. <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2025-35-02>

(Особистий внесок здобувача: визначено параметри, які впливають на показники надійності насосного обладнання систем низькопотенційного комплексу).

4. Канюк Г.І., **Чирочкін Д.О.** Аналіз нормативної бази забезпечення високих показників якості роботи насосів глибинних насосних станцій. *Машинобудування*. 2025. №36. С.81-91. <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2025-36-08>

(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз діючої нормативної бази України з питання забезпечення високих показників якості роботи глибинних насосів, які використовуються в нафтовидобувній галузі; визначено ефективний метод підвищення показників якості глибинних насосів, та шляхи удосконалення нормативної бази; зроблено висновок, що існуючі нормативні документи достатньо повно регламентують загальні питання, які пов'язані з термінологією та основними положеннями проєктування та експлуатації глибинних насосів, але не визначають шляхів забезпечення енергоефективних режимів роботи насосних установок).

5. Насиров С.В., **Чирочкін Д.О.** Підвищення показників якості роботи насосних та компресорних установок шляхом удосконалення систем управління.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2025. № 4 (26). С.3-8. DOI: 10.20998/2413-4295.2025.04.01

(Особистий внесок здобувача: розроблено загальні математичні моделі, необхідні для синтезу систем управління, визначено перелік параметрів, які входять до цих моделей; запропоновано векторну структурну схему нагнітальної установки в залежності від ступеня спрощення, що значно збільшує можливий діапазон її використання; запропоновано узагальнену функціональну схему системи управління насосними установками з використанням еталонної моделі (спостерігача стану); зроблено висновок щодо можливості підвищення показників якості, можливого зниження собівартості видобутку нафти та підвищення конкурентоспроможності нафтогазової галузі України шляхом удосконалення математичних моделей насосних установок та систем автоматичного управління режимами їх роботи).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Chirochkin D.O., Tsvetkova-Kanyuk A.O., Kolesnik V.B., Nasirov S.V. Methodological basis of automated analysis of technical and economic indicators of production. *LIX Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти «Освіта та технології для розвитку суспільства»*. Тези ННІ «УІПА» ХНУ імені В. Н. Каразіна, Харків, 2024. С. 33. <https://science.uepa.karazin.ua/materiali-lix-vseukraïnskoï-naukovo-praktichnoï-konferencii-zdobuvachiv-vishhoï-osviti-osvita-ta-texnologii-dlya-rozvitku-suspilstva/>
2. Maliuta V.E., Keleberda S.M., Chirochkin D.O., Nasyrov S.V. Analysis of the influence of pump on the quality indicators of technological processes. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення» (III МНПК «ЯСМЗ») Quality, standardization and metrological equipment" (III ISPC «QSME»), (Харків, 28-29 січня 2025 р.)*. За заг. ред. к.т.н., доц. Г.С. Грінченко. Харків: ХНУ, 2025. С. 15. <https://zenodo.org/records/14933781>

3. **Chirochkin D.**, Keleberda S., Kolesnyk V., Ponomarenko A. Improving the quality of control of pumping units in the oil industry. *Збірник тез доповідей LVIII Всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників та аспірантів*. Харків, 2025. С.25. URI <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/22452>

4. Насиров С., **Чирочкін Д.** Вплив показників якості нагнітальних установок на ефективність їх роботи. *Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (м. Одеса, 9-10 грудня 2025 р.)*. Одеса: Одеський національний морський університет, 2025. С. 123-124. <http://gr.onmu.org.ua/handle/123456789/5310>

Результати дисертаційної роботи повністю відображено в публікаціях.

8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

9. Оцінка структури, мови та стилю дисертації.

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Дисертацію написано науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

10. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Чирочкіна Д.О. «Удосконалення методів підвищення якості систем керування глибинними насосами» повністю відповідає Освітній програмі «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення», яку акредитовано в ННІ «УПА» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна в рамках спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка. Здобувачем повністю виконано освітню та наукову складову третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

11. Результати обговорення та проведення презентації. Рекомендація дисертації до захисту.

Здобувач представив основні результати своєї дисертаційної роботи на розширеному засіданні кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна щодо попередньої експертизи дисертації (Витяг з протоколу №7 розширеного засідання кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій від 17 грудня 2025 р.) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На даному засіданні були присутні 20 співробітників. Дисертанту було задано 11 запитань, на які він надав вичерпні відповіді. Також виступили 4 науковця, які позитивно оцінили дисертаційне дослідження Чирочкіна Д.О.

У рамках цього розширеного засідання було ухвалено одностайно (20 голосів) рекомендувати дисертаційну роботу здобувача Чирочкіна Деніса Олександровича «Удосконалення методів підвищення якості систем керування глибинними насосами» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю

152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка.

Головуючий,
Кандидат технічних наук, доцент
кафедри автоматизації, метрології та
енергоефективних технологій Навчально-
наукового інституту «Українська
інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна



Андрій МЕЗЕРЯ