

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Придворов Сергій Сергійович

«Удосконалення методів підвищення якості автоматизованих систем керування гідроелектростанціями малої потужності»,

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво за спеціальністю

G6 Інформаційно-вимірвальні технології.

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

Аспірант Придворов Сергій Сергійович виконав у повному обсязі Індивідуальний план виконання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 60 кредитів ECTS виконана у повному об'ємі. Він успішно склав наступні дисципліни:

- іспит з навчальної дисципліни «Філософські засади наукового пізнання» (90 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Іноземна мова для аспірантів» (75 бали);
- іспит з навчальної дисципліни «Стратегії і тактики наукового дослідження» (90 балів);
- залік з навчальної дисципліни «Наукові засади та методологія досліджень в стандартизації, метрології та забезпеченні якості» (80 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Психологія, педагогіка та освітні технології у вищій школі» (86 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Професійна етика та наукове мовлення» (90 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Науково-дослідні основи стандартизації»

(80 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Метрологія та інформаційно-вимірвальні системи» (80 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Сучасні технології командної роботи та комунікації» (75 балів);

– залік з навчальної дисципліни «Управління якістю в системі технічного регулювання» (77 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Теоретичні засади інтелектуальної власності та трансферу технологій» (80 балів);

– залік з навчальної дисципліни «Сучасні методи управління якістю в науці та промисловості» (75 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Управління науковими проєктами» (80 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Кваліметрія» (77 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Методологія контролю якості» (75 балів);

– залік з науково-педагогічної практики (86 балів).

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

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Розширення малої гідроенергетики належить до стратегічно важливих напрямів зміцнення енергетичної самодостатності та підвищення живучості енергосистеми України. За нинішніх умов, коли частина об'єктів традиційної генерації пошкоджена або функціонує з обмеженнями, а питома вага відновлюваних джерел із нестабільним графіком генерації, насамперед сонячних і вітрових електростанцій, суттєво зросла, малі гідроелектростанції, зокрема

міні- та мікроГЕС, набувають особливого значення як засіб формування децентралізованої, маневрової та порівняно передбачуваної генерації. Такі об'єкти можуть забезпечувати електроенергією віддалені населені пункти, об'єкти критичної інфраструктури, локальні виробничі майданчики, а також працювати як автономно, так і в складі об'єднаної енергосистеми.

Однією з найбільш важливих складових проблеми є енергетичні втрати, що виникають через недосконалість керування. Навіть порівняно невеликі відхилення від раціональних режимів можуть спричинити помітні сумарні втрати енергії у перехідних процесах. Такі втрати, зумовлені неузгодженим функціонуванням регуляторів потужності та напруги, призводять до зменшення річного виробітку електроенергії ГЕС, погіршення показників її якості та зниження загальної економічної ефективності використання встановленої потужності. За умов подорожчання енергетичних ресурсів і підвищення вимог до енергоощадності ігнорування цих втрат уже не може вважатися допустимим.

Не менш важливим є й те, що нормативно-методичне забезпечення у сфері малих ГЕС розвинене недостатньо. Чинні норми та стандарти переважно орієнтовані на великі електростанції або мережеві об'єкти загального призначення, тоді як малі гідроелектростанції, особливо ті, що функціонують у складі локальних або автономних мікромереж, потребують спеціально адаптованих підходів до встановлення вимог, оцінювання показників якості та визначення критеріїв ефективності систем керування.

У зв'язку з цим виникає об'єктивна потреба у створенні нових або вдосконаленні наявних методів підвищення якості автоматизованих систем керування гідроелектростанціями малої потужності. Такі методи мають спиратися на адекватні математичні моделі, що відтворюють реальні особливості функціонування малих ГЕС, враховувати енергетичні втрати в динамічних режимах, показники надійності, автономності та якості електроенергії, забезпечувати можливість формування комплексного показника якості та його використання як основи для оптимізації параметрів регуляторів. Водночас вони

повинні бути придатними до практичної реалізації в сучасних автоматизованих системах, побудованих на базі мікропроцесорних регуляторів, цифрових систем збудження та інших актуальних технічних засобів.

Отже, дослідження, присвячене удосконаленню методів підвищення якості автоматизованих систем керування гідроелектростанціями малої потужності, є як науково обґрунтованим, так і практично необхідним. Його результати можуть стати підґрунтям для подальшого розвитку малої гідроенергетики, зростання енергоефективності, підвищення надійності та стійкості локальних енергетичних систем України.

Мета і завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є підвищенні комплексного показника якості роботи гідроелектростанцій малої потужності шляхом удосконалення методів математичного моделювання, синтезу та оптимізації автоматизованих систем керування за енергетичними, динамічними, електротехнічними та експлуатаційними критеріями.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі наукові задачі:

1. Провести аналіз стану малої гідроенергетики в Україні та світі, дослідити характеристики роботи малих ГЕС, структуру та нормативне забезпечення показників якості їх функціонування.
2. Розробити повну та спрощену математичні моделі малих ГЕС, придатні для аналізу енергетичних характеристик, гідравлічних режимів та електричних параметрів.
3. Побудувати математичні моделі втрат енергії в малих ГЕС, у тому числі втрат через неідеальне керування, із урахуванням відхилень основних параметрів від номінальних значень.
4. Сформулювати математичний апарат моделювання показників якості малої ГЕС, включаючи інтегральні критерії якості перехідних процесів та комплексний показник якості, що об'єднує енергетичні, динамічні, електротехнічні, надійнісні, екологічні та автономні складові.

5. Отримати лінеаризовану модель міні-ГЕС у матричній формі, визначити передатні функції та виконати синтез систем керування потужністю та напругою.

6. Розробити методи синтезу систем керування, оптимізованих за критерієм максимуму комплексного показника якості та за критерієм максимальної енергоефективності, і порівняти отримані результати.

7. Провести моделювання перехідних процесів потужності та напруги за різними алгоритмами керування, розрахувати інтегральні показники якості й комплексний показник якості та виконати порівняльний аналіз.

8. Сформувати практичні рекомендації щодо вибору структур та параметрів систем керування міні-ГЕС, а також щодо визначення вагових коефіцієнтів у комплексному показнику якості.

9. Розробити проект Технічних умов щодо забезпечення високих показників якості ГЕС малої потужності при їх автоматизованому керуванні.

Об'єктом дослідження є процеси підвищення показників якості роботи гідроелектростанцій малої потужності в нормальних режимах експлуатації.

Предмет дослідження є математичні моделі, методи та алгоритми підвищення показників якості автоматизованих систем керування гідроелектростанціями малої потужності, а також комплексні критерії оцінювання якості їх роботи.

Методи дослідження. У роботі використовуються методи теорії кваліметрії, стандартизації, системного аналізу та теорії автоматичного керування; методи математичного моделювання гідравлічних, механічних та електромагнітних процесів; лінеаризації нелінійних рівнянь у околі робочих режимів; методи аналізу динамічних систем; інтегральні критерії якості; методи чисельної оптимізації параметрів регуляторів (градієнтні та пошукові алгоритми); комп'ютерне моделювання.

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 2023-2025 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. Вперше сформовано та обґрунтовано комплексний показник якості міні-ГЕС, який включає енергетичну, динамічну, електротехнічну, надійнісну, екологічну складову та показник автономності, що дозволяє кількісно оцінювати якість роботи гідроелектростанції у різних режимах;

2. Вперше запропоновано узагальнену математичну модель втрат енергії через неідеальне керування малою ГЕС, яка явно враховує відхилення потужності, напору, витрати та параметрів системи керування від оптимальних значень та їх вплив на показники якості;

3. Набули подальшого розвитку методи синтезу систем керування малими ГЕС на основі лінеаризованих моделей у матричній формі та інтегральних критеріїв якості, що дає змогу обґрунтовано вибирати оптимальні параметри регуляторів;

4. Набули подальшого розвитку методи визначення вагових коефіцієнтів комплексного показника якості, що дає змогу більш адекватно відобразити пріоритети експлуатуючої організації (енергоефективність, якість

електроенергії, автономність тощо).

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

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних Придворовим С.С. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується використанням фундаментальних підходів і методів математичного моделювання, статистики, теорії гідрогазодинаміки. 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. Розроблені математичні моделі малих ГЕС та моделей втрат енергії можуть бути використані на етапах проектування, модернізації та налаштування систем керування ГЕС;

2. Запропоновані методи синтезу регуляторів потужності та напруги дозволяють зменшити енергетичні втрати в перехідних режимах, покращити динамічні властивості та якість електроенергії;

3. Комплексний показник якості та рекомендації щодо вибору вагових коефіцієнтів можуть бути застосовані при порівнянні різних технічних рішень, оптимізації режимів роботи та прийнятті інженерних рішень щодо модернізації існуючих ГЕС малої потужності;

4. Отримані результати можуть бути впроваджені в практику експлуатації малих ГЕС, а також використані в навчальному процесі при підготовці фахівців з автоматизації та енергетики.

5. З метою практичної реалізації запропонованих рішень, розроблено проект технічних умов «Забезпечення високих показників якості роботи ГЕС малої потужності при їх автоматизованому керуванні».

Результати досліджень набули практичного застосування в системах автоматизованого керування Зміївської ТЕС ПАТ «Центренерго».

Отримані в процесі роботи нові наукові результати в напрямку підвищення показників якості роботи компресорних установок газоперекачувальних станцій 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.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць, серед них: 4 статті у фахових виданнях України, апробовані на науково-технічних конференціях (опубліковано 8 тез доповідей в збірниках конференцій).

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Мезеря А.Ю., Придворов С.С. Аналіз якісних показників використання різних типів генераторів на міні ГЕС. *Машинобудування*. Харків: УІПА. №31. 2023. С.61-70.

Ключові слова: міні ГЕС, електродвигун, електрогенератор, техніко-економічні характеристики, строк окупності, якісні показники.

DOI: 10.32820/2079-1747-2023-31-61-70

URL: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/306/231>

(Особистий внесок здобувача: проведено аналіз техніко-економічних характеристик синхронних електродвигунів, асинхронних електродвигунів та електродвигунів постійного струму, що використовуються як генератори на ГЕС малої потужності (до 800 кВт). Визначено критичну потужність, що визначає оптимальність вибору з точки зору техніко-економічних показників. Визначено, що використання асинхронних електродвигунів з ємнісним збудженням як генератор є найбільш перспективним рішенням. Редагування).

2. **Придворов С.С., Близниченко Г.С.** Підвищення якості систем керування енергетичним обладнанням шляхом удосконалення математичного моделювання. *Машинобудування*. Харків: УПА. №32. 2023. С.37-45.

Ключові слова: показники якості, електростанція, енергозбереження, математичне моделювання

DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-32-37-45>

URL: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/313/238>

(Особистий внесок здобувача: встановлені фактори, які впливають на обмеження при математичному моделюванні складних систем (складність методів, особливість специфіки об'єкта моделювання та потреба у великих інформаційних ресурсах. Доведено, що формалізація законів оптимального управління у вигляді відповідних алгоритмів, що являють собою математичне рішення задачі управління, є в даний час однією з найскладніших і до кінця невирішених проблем через їх велику розмірність та відсутність універсальних математичних методів рішення. Запропоновано використання декомпозиції та евристичних методів, які базуються на результатах досвіду та інтуїції без повного доказу вибору запропонованих дій).

3. Мезеря А.Ю., **Придворов С.С.** Дослідження показників якості спрощеної системи автоматичного регулювання мініГЕС. *Машинобудування*. Харків: УПА. №33. 2024. С.78-91.

Ключові слова: показники якості регулювання, системи керування,

мініГЕС, енергозбереження, математичне моделювання

DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-33>

URL: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/325/250>

(Особистий внесок здобувача: розроблено математичну модель АСУТП, яка відповідає існуючій структурі та заснована на використанні системи інженерних та наукових розрахунків MATLAB. Виконано порівняльне моделювання якості перехідних процесів для спрощеної системи та системи, яка містить усі зв'язки. Отримано параметри перехідних процесів по частоті обертання та обертаючому моменті. Доведено, що час перехідного процесу більше для спрощеної системи завдяки коливальному перехідному процесу, але перерегулювання частоти однакове для обох видів моделі для любых видів перехідних процесів. Проведено порівняльне дослідження моделей з різними величинами постійної часу агрегату).

4. Мезеря А. Ю., Придворов С. С. Підвищення показників якості малих ГЕС шляхом оптимізації систем керування. *Машинобудування*. Харків: УПА. №36. 2025. С.70-80.

Ключові слова: показники якості, гідротурбіни, енергозбереження, системи керування, оптимізація

DOI: <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2025-36-07>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/engineering/article/view/28016/24702>

(Особистий внесок здобувача: запропоновано комплексний показник якості, що узагальнює динамічні та енергетичні критерії й може бути використаний як універсальна метрика для порівняння різних законів регулювання. Проведено імітаційні дослідження реакції гідротурбіни на стрибкові зміни навантаження для двох варіантів налаштування ПІД-регулятора –неоптимального та оптимального. Виконано кількісну оцінку якості перехідних процесів за інтегральними критеріями якості за похибкою та часом, а також за показниками енергетичної ефективності, включаючи відносні втрати виробленої енергії у перехідному режимі. Показано, що оптимальне

налаштування ПІД-регулятора дозволяє істотно зменшити амплітуду та тривалість коливань, прискорити усталення режиму та скоротити втрати енергії з 12,9 % до 2,1 %. Редагування).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. **Придворов С.С.** Актуальність використання спрощеної системи автоматизації на малих ГЕС. *Збірник тез доповідей LV наукової студентської конференції Української інженерно-педагогічної академії* (м. Харків, 01-04 грудня 2020 р.). за заг. ред. О. В. Чернишенко; Укр. інж.-пед. акад. Харків. 2020. С.326 <https://science.uepa.karazin.ua/zbirnik-tez-dopovidej-lv-naukovo%D1%97-studentsko%D1%97-konferenci%D1%97-uipa/>

2. **Придворов С.С., Сиявський В.С.** Синтез оптимальної цифрової системи автоматичного управління. *Збірник тез доповідей LVI Студентської науково-практичної конференції. Том 2. Секції: Автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, фізики, електротехніки і електроенергетики, іншомовної підготовки, європейської інтеграції та міжнародного співробітництва.* Листопад 2021 р. Харків: УПА. С.17. <https://science.uepa.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/12/collection-of-abstracts-2.pdf>

3. **Крамаренко Ю.О., Придворов С.С.** Мехатронні системи керування. *Збірник тез доповідей LVII студентської наукової конференції Української інженерно-педагогічної академії* (м. Харків,. 07-11 листопада) Укр. інж.-пед. акад.; за заг. ред. Г.С. Грінченко.: у 3-х т. Т.1. Харків. 2022. С.27. <https://science.uepa.karazin.ua/zbirnik-tez-dopovidej-lvii-studentsko%D1%97-naukovo%D1%97-konferenci%D1%97-uipa/>

4. **Gatilov Дмитро, Pridvorov Sergii.** *Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення.* [матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, Харків. 14-15 березня 2023 року]. за заг. ред. д.т.н., проф. Р. М. Тріща, к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія.

Харків: УІПА. 2023. С.100. <https://science.uepa.karazin.ua/wp-content/uploads/2023/03/collection-of-abstracts-of-the-conference.pdf>

5. **Pridvorov Sergii.** Urgency of the use the simplified system to automations on small GES. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення».* 25-26 січня 2022. С.32. <https://science.uepa.karazin.ua/wp-content/uploads/2022/02/conference-materials-1.pdf>

6. **Pridvorov S.S., Gatilov D.V.** Automation small hydraulic power plant (HPP) without servicing personnel. *Наука. Інновації. Якість.* [матеріали національного науковопрактичного форуму. Харків. 09-10 серпня 2022 року]. за заг. ред. к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків: УІПА. 2022. С.42. https://ysc.in.ua/wp-content/uploads/2022/08/Zbirnyk_materialiv_forumu.pdf

7. Мезеря А., **Придворов С.** Підвищення якості гідроелектричних станцій малої потужності шляхом спрощення систем керування. *Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні:* матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (м. Одеса, 9–10 грудня 2025 р.). Одеський національний морський університет та ін. Одеса: Одеський національний морський університет. 2025. С.111. <http://rp.onmu.org.ua/handle/123456789/5310>

8. Mezerya A.Y., **Pridvorov S.S., Epik O.M., Ponomarenko A.S.** Analysis of the structure and quality indicators of the ukrainian energy system. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення» (III МНПК «ЯСМЗ»).* (Харків, 28-29 січня 2025 р.). Харків: ХНУ ім.В.Н.Каразіна. 2025. С. 12. <https://zenodo.org/records/14933781>

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 Придворова С.С. «Удосконалення методів підвищення якості автоматизованих систем керування гідроелектростанціями малої потужності» повністю відповідає Освітній програмі «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення», яку акредитовано в ННІ «УІПА» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна в рамках спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна 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 №11 розширеного засідання кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій від 16 березня 2026 р.) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На даному засіданні були присутні 19 співробітників із різних наукових та навчальних установ України. Дисертанту було задано 10 запитань, на які він надав вичерпні відповіді. Також виступили 2 науковці, які позитивно відізначались про дисертаційне дослідження Придворова С.С.

У рамках цього розширеного засідання було ухвалено одноголосно (19 голосів) рекомендувати дисертаційну роботу здобувача Придворова Сергія Сергійовича «Удосконалення методів підвищення якості автоматизованих систем керування гідроелектростанціями малої потужності» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво за спеціальністю 66 Інформаційно-вимірвальні технології.

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



Геннадій КАНЮК