

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директор ІТТФ НАН України
академік НАН України

Ю.Ф. Снежкін

2020р.

ВИТЯГ

з протоколу № 4 від 12.08. 2020 р. розширеного засідання
лабораторії теплотерії відділу МОТП Інституту технічної теплофізики
НАН України

На засіданні присутні:

- співробітники лабораторії теплотерії: д.т.н., с.н.с. Декуша Леонід Васильович; зав. лабораторії теплотерії д.т.н., с.н.с. Воробйов Леонід Йосипович; к.т.н. Декуша Олег Леонідович; к.т.н. Іванов Сергій Олександрович; к.т.н. Скляренко Євген Валентинович.
- співробітники відділу МОТП НАН України: зав. відділу чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Бабак Віталій Павлович; д.т.н. Ковтун Світлана Іванівна; к.т.н., с.н.с. Супрун Тетяна Тарасівна; к.т.н., ст.дослідн. Запорожець Артур Олександрович.
- співробітник НТУУ «КПІ» ім. Сікорського: професор кафедри приладів та систем неруйнівного контролю, д.т.н., проф., Куц Юрій Васильович.

Всього присутні 5 докторів наук та 5 кандидатів наук.

Слухали:

Доповідь аспіранта Інституту технічної теплофізики НАН України Сverdлової Анастасії Дмитрівни на тему «Інформаційно-вимірювальна система діагностування складних теплоенергетичних об'єктів з використанням ретроспективної інформації» за матеріалами дисертаційної роботи, що подається на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» (галузь знань «Автоматизація та приладобудування»).

Тема дисертації затверджена Вченою радою Інституту технічної теплофізики НАН України (протокол №13 від 10.11.2016).

Науковий керівник - чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. Бабак Віталій Павлович.

Після доповіді було поставлено 11 запитань, на які доповідач дала ґрунтовні відповіді. Питання задавали: к.т.н. Декуша О.Л., д.т.н., с.н.с. Декуша Л.В., д.т.н., с.н.с. Воробйов Л.Й., д.т.н., проф., Куц Ю.В., к.т.н. Іванов С. О., д.т.н. Ковтун С. І.

В обговоренні представленої дисертаційної роботи взяли участь присутні д.т.н., проф., Куц Ю.В., д.т.н., с.н.с. Декуша Л.В., к.т.н., ст.дослідн. Запорожець А.О., д.т.н. Ковтун С. І.

а також рецензенти - к.т.н. Декуша О.Л. та д.т.н., с.н.с. Воробйов Л.Й.

Виступаючі позитивно оцінили проведені автором дослідження, підкреслили їх актуальність, новизну та практичну цінність. Були висловлені зауваження щодо побудови доповіді, необхідності підкреслити метрологічні аспекти розроблення вимірювальної системи, порівняння існуючих та розробленої інформаційно-вимірювальної системи. У виступах підкреслено, що надані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

З характеристикою наукової зрілості здобувача виступив науковий керівник чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. В.П. Бабак, який підкреслив, що під час навчання в аспірантурі А.Д. Свердлова отримувала відмінні оцінки, сформувалася як науковий працівник, який може самостійно проводити експериментальні дослідження, аналізувати отримані результати та робити висновки, розробляти нові технічні засоби.

Заслухавши та обговоривши доповідь Свердлової Анастасії Дмитрівни на тему «Інформаційно-вимірювальна система діагностування складних теплоенергетичних об'єктів з використанням ретроспективної інформації», учасниками засідання лабораторії теплометрії прийнято наступні висновки щодо представленої дисертаційної роботи:

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації аспіранта відділу моніторингу та оптимізації теплофізичних процесів Інституту технічної теплофізики НАН України Свердлової Анастасії Дмитрівни на тему «Інформаційно-вимірювальна система діагностування складних теплоенергетичних об'єктів з використанням ретроспективної інформації», поданої на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» з галузі знань «Автоматизація та приладобудування».

1. Актуальність теми дисертації.

Забезпечення тривалої, безперервної та безпечної експлуатації складних теплоенергетичних об'єктів потребує розроблення методів та технічних засобів моніторингу стану та технічного діагностування, які б здійснювали глибоку діагностику стану окремих елементів об'єкту в реальному часі, забезпечували узагальнення такої діагностичної інформації, виділення з великого масиву даних тієї інформації, що є критичною для системи в цілому, та передачу її на вищий рівень ієрархії.

Вирішити поставлене завдання в представленій дисертаційній роботі запропоновано шляхом створення інтелектуальної розподіленої багаторівневої системи моніторингу стану та діагностики складних теплоенергетичних об'єктів з використанням ретроспективної інформації, тобто інформації, отриманої раніше за тривалої експлуатації об'єкту при різних режимах роботи (у тому числі аварійних). Як методологічну базу вирішення задачі обрано застосування нейромережових технологій, які дозволяють комплексно вирішувати задачі аналізу теплових полів, класифікації, прогнозування і формування діагностичного рішення.

Таким чином, тема дисертації А.Д. Сverdлової є, без сумніву, актуальною, а методи вирішення поставлених завдань – перспективними та науково обґрунтованими.

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

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до науково-дослідних робіт Інституту технічної теплофізики НАН України, затверджених Президією НАН України: «Розроблення багаторівневої системи технічної діагностики основного та допоміжного обладнання теплоелектростанції (№ ДР 0116U006405, 2016-2018 рр.), «Розвиток науково-практичних засад моніторингу довілля та технічного стану об'єктів теплоенергетики на базі безпілотних авіаційних комплексів» (№ ДР 0117U000760, 2017-2021 рр.), «Розроблення системи моніторингу рівня шкідливих викидів ТЕС та діагностування обладнання електростанцій, що використовують відновлювані джерела енергії, на базі Smart Grid з урахуванням їх спільної роботи», (№ ДР 0119U101859, 2019-2021 рр.).

3. Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Набули подальшого розвитку моделі векторного випадкового процесу, що описують динаміку інформаційних полів за фіксованих

просторових координат, які характерні для опису процесів у складних теплоенергетичних об'єктах. Це дало можливість визначити основні параметри діагностування елементів об'єктів та обґрунтувати загальні вимоги до систем діагностування.

2. Набули подальшого розвитку методи прогнозування аномальних станів складних теплоенергетичних об'єктів з використанням алгоритмів глибинного навчання рекурентної нейронної мережі та автокодувальника.

3. Вперше обґрунтовано метод діагностування елементів складних теплоенергетичних об'єктів, який базується на застосуванні поточної та ретроспективної інформації, що дало можливість урахувати попередні дані експлуатації та порівнювати прогнозовані показники з наявними.

4. Вперше розроблено метод прогнозування відмов елементів складних теплоенергетичних об'єктів в умовах малої кількості аномальних відхилень, що дало змогу підвищити вірогідність прогнозування.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації

В дисертаційній роботі розвинуті методи прогнозування аномальних станів складних об'єктів з використанням алгоритмів глибинного навчання рекурентної нейронної мережі. Обґрунтовано метод діагностування елементів складних теплоенергетичних об'єктів, який базується на застосуванні поточної та ретроспективної інформації, та розроблено метод прогнозування відмов елементів складних об'єктів в умовах малої кількості аномальних відхилень.

Практичне значення одержаних в дисертаційній роботі результатів полягає в розробленні структури, виготовленні та експериментальній перевірці дослідного зразка модулю багаторівневої системи діагностування елементів складних теплоенергетичних об'єктів, до складу якого можуть входити сенсори різних типів. Також розроблено апаратно-програмне забезпечення багаторівневої системи діагностування елементів складних об'єктів, що базується на використанні бездротових сенсорних мереж, та використовує mesh-топологію (сітчасту топологію мережі) як основний спосіб зв'язку для передачі даних.

Результати дисертаційної роботи впроваджені та знайшли практичне застосування у ТОВ НВП «Машинобудування» (м. Дніпро) при розробленні методу та структури системи діагностування теплотехнічного обладнання, що базується на технології «розумних мереж» Smart Grid (акт від 22.11.2016), при розробленні математичних моделей відбору діагностичних ознак конструктивних елементів теплоенергетичних об'єктів та створенні

структури вимірювального модулю системи діагностування теплоенергетичного обладнання (акт від 23.11.2017).

5. Публікація основних наукових результатів дисертації

Основний зміст, наукові положення та результати дисертації в повній мірі висвітлені у 7 наукових працях, з них: 2 статті у наукових виданнях України, що входять до переліку наукових фахових видань, 1 стаття у виданні іноземної держави, яка входить до Європейського Союзу, 1 стаття у періодичному виданні, яке індексується у базі SCOPUS, 3 матеріали тез доповідей на міжнародних та національних науково-технічних конференціях. Також у інших виданнях опубліковано 4 статті, які додатково відображають наукові результати дисертації.

В дисертації відзначені факти співавторства здобувача та визначений її особистий внесок у спільних наукових публікаціях, а саме:

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Бабак, В.П., Запорожець, А.О., & Сverdлова, А.Д. (2016). Технологія Smart Grid в системах моніторингу об'єктів теплоенергетики. *Промислова теплотехніка*, ISSN 0204-3602, 38(6), 71-81. <https://doi.org/10.31472/ihe.6.2016.10>

Здобувачем проведено аналітичне дослідження підходів до обслуговування теплоенергетичного обладнання і забезпечення його надійності, встановлено переваги Smart Grid підходу перед традиційним підходом.

2. Бабак, В.П., Запорожець, А.А., & Сverdлова, А.Д. (2016). Диагностика технического состояния объектов теплоэнергетики на базе распределенных вычислительных инфраструктур. *Научные известия НТСМ Болгарской академии наук*, ISSN 1310-3946, 187(1), 85–89.

Здобувачем проведено розроблення структури нового типу інформаційно-аналітичних систем для діагностики обладнання, що базується на аналізі ретроспективної інформації з використанням розподілених обчислювальних інфраструктур.

3. Запорожець, А.О., & Сverdлова, А.Д. (2017). Особенности применения технологии Smart Grid в системах мониторинга и диагностирования теплоэнергетических объектов. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, ISSN 0235-3474, 2, 33-41. Doi: doi: 10.15407/tdnk2017.02.05

Здобувачем розроблено функціональну схему багаторівневої системи діагностики теплоенергетичного обладнання з можливістю використання дротяних і бездротових каналів передачі інформації.

4. Babak, V., Babak, S., Zaporozhets, A., & Sverdlova, A. (2019). Method of Statistical Spline Functions for Solving Problems of Data Approximation and Prediction of Objects State. In D. Luengo, S. Subbotin, P. Arras, Y. Bodyanskiy, K. Henke, I. Izonin, V. Levashenko, V. Lytvynenko, A. Parkhomenko, A. Pester, N. Shakhovska, A. Sharpanskykh, G. Tabunshchik, C. Wolff, H.-D. Wuttke, & E. Zaitseva, Proceedings of the Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019) (pp. 810-821). CEUR Workshop Proceedings, ISSN 1613-0073, Vol. 2353. **SCOPUS**

Здобувачем проведено аналітичне дослідження вибору параметрів сплайн-фрагментів для побудови адекватної математичної моделі.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Запорожець, А.О., & Сverdlova, А.Д. (2016). Розроблення ієрархічної системи діагностування теплоенергетичного обладнання. Збірник доповідей 8-ї Національної науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2016». (с. 152–157). Київ, 22-25 листопада.

Здобувачем розроблено узагальнена структура інтелектуальної розподіленої багаторівневої системи моніторингу і діагностики теплоенергетичного обладнання, яка узгоджується з принципами концепції «розумних мереж» Smart Grid

6. Запорожець, А.О., & Сverdlova, А.Д. (2017). Особливості застосування машинного навчання в системах діагностики енергетичних об'єктів. Тези доповідей X Міжнародної конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», Київ, 23-26 травня.

Здобувачем обґрунтовано можливість застосування та переваги технології IoT для врахування ступеня критичності аномальних станів.

7. Запорожець, А.О., & Сverdlova, А.Д. (2018). Розроблення вимірювальних модулів ієрархічної системи діагностування енергетичного обладнання на базі Smart Grid технологій. Збірник тез науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. ГЄ Пухова НАН України (до 100-річчя Національної академії наук України). (с. 65-66). Київ, 16 травня.

Здобувачем розроблено та експериментально досліджено вимірювальні модулі ієрархічної системи діагностування та функціональну схеми взаємозв'язків на базі mesh-мережі.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

8. Запорожець, А.О., Редько, А.А., & Сverdlova, А.Д. (2016). Разработка многоуровневой системы диагностики теплотехнического

оборудования. *Мультидисциплинарный научный журнал «Архивариус»*, 13(1), 89-94.

Здобувачем проведено дослідження основних видів джерел і сигналів, що виникають в процесі експлуатації об'єктів теплоенергетики та їх інформаційних параметрів.

9. Запорожець, А.О., & Сverdlova, А.Д. (2017). Аналіз методів діагностування теплоенергетичних об'єктів. *Наукоємні технології*, 35(3), 259-265. doi: 10.18372/2310-5461.35.11846.

Здобувачем проведено аналітичний огляд руйнівних та неруйнівних методів діагностування теплоенергетичних об'єктів, встановлено переваги та особливості методів неруйнівного контролю

10. Сverdlova, А.Д. (2019). Особенности mesh-сети для диагностирования энергетического оборудования на базе мультисенсорных систем, *Мультидисциплинарный научный журнал «Архивариус»*. 7(1), 85-91.

11. Eremenko, V., Zaporozhets, A., & Sverdlova A. (2019) Application of the Hilbert transform in diagnosis using the impedance method. *IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, 764–769.

Здобувачем проведено аналіз літературних джерел щодо використання перетворення Гілберта для визначення зміни в часі, в межах одного радіоімпульсу, частоти та фази сигналу для систем діагностування теплоенергетичного обладнання.

ВВАЖАТИ, що дисертація Сverdлової Анастасії Дмитрівни на тему «Інформаційно-вимірювальна система діагностування складних теплоенергетичних об'єктів з використанням ретроспективної інформації», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії за своїм науковим рівнем, практичною цінністю, змістом та оформленням відповідає вимогам пп. 9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167 та відповідає спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

РЕКОМЕНДУВАТИ дисертаційну роботу «Інформаційно-вимірювальна система діагностування складних теплоенергетичних об'єктів з використанням ретроспективної інформації», яка подана Сverdловою Анастасією Дмитрівною на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Пропонується призначити

Головою разової спеціалізованої вченої Ковтун Світлану Іванівну, д.т.н., старшого наукового співробітника Інституту технічної теплофізики НАН України.

Офіційними опонентами:

1. Куца Юрія Васильовича, д.т.н., проф., професора кафедри приладів і систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

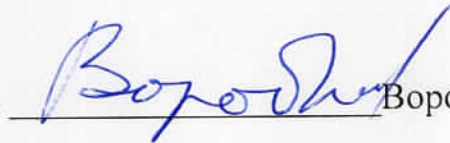
2. Зайцева Євгена Олександровича, д.т.н., с.н.с., старшого наукового співробітника Інституту електродинаміки НАН України.

Рецензенти:

Зав. лабораторії теплометрії

ІТТФ НАН України

Пров. наук. співр., д.т.н., с.н.с.



Воробйов Л.Й.

Ст. наук. співр., к.т.н.



Декуша О.Л.

Головуючий на засіданні

Зав. лабораторії теплометрії

ІТТФ НАН України

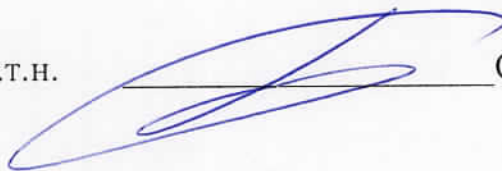
Пров. наук. співр., д.т.н., с.н.с.



Воробйов Л.Й.

Вчений секретар

ІТТФ НАН України, к.т.н.



Сергієнко Р.В.