

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Національного університету

«Запорізька політехніка», д.т.н., проф.

Вадим Шаломсєв

2025 р.



ВИТЯГ

з протоколу № 13

розширеного засідання кафедри системного аналізу та обчислювальної математики факультету комп'ютерних наук і технологій Національного університету «Запорізька політехніка» (НУ «Запорізька політехніка»)

від 14 березня 2025 р.

ПРИСУТНІ:

Головуюча на засіданні – Терещенко Е.В. – в.о. завідувачки кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, к.ф.-м.н., доцент;

Секретар – Потапова Ю.А., старший лаборант кафедри системного аналізу та обчислювальної математики.

Співробітники кафедри системного аналізу та обчислювальної математики:

Бакурова А.В. – професор кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, д-р. економ. наук, професор;

Бахрушин В.Є. – професор кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, д-р. ф.-м.н., професор;

Корніч Г.В. – професор кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, д-р. ф.-м.н., професор;

Денисенко О.І. – доцент кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, к.т.н., доцент;

Рябенко А.Є. – доцент кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, к.ф.-м.н., доцент;

Савранська А.В. – доцент кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, к.ф.-м.н., доцент;

Широкоград Д.В. – доцент кафедри системного аналізу та обчислювальної математики, к.ф.-м.н., доцент.

Запрошені:

Лозовська Л.І. – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри економічної інформатики Українського державного університету науки і технологій (м. Дніпро);

Новожилова М.В. – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова (м. Харків);

Шишканова Г.А. – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри «Математика» Національного університету «Запорізька політехніка»;

Турпак С.М. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Запорізька політехніка»;

Дубровін В.І. – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка»;

Неласа Г.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Інформаційна безпека та наноелектроніка» Національного університету «Запорізька політехніка».

ПОРЯДОК ДЕННИЙ

1. Про попередній розгляд дисертації аспірантки кафедри системного аналізу та обчислювальної математики Юськів Олеси Ігорівни на тему «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства» (наукові керівники: д.е.н., професор, професор кафедри системного аналізу та обчислювальної математики Національного університету «Запорізька політехніка» А. В. Бакурова та

доктор технічних наук, доцент, Голова правління ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» С. Г. Кійко).

СЛУХАЛИ: Доповідь аспірантки О. І. Юськів по завершенню дисертаційної роботи.

ПИТАННЯ: Під час обговорення учасники засідання поставили доповідачці запитання:

Лозовська Л. І.: Коли Ви досліджували метеоумови, залишилися тільки суттєві температура та хмарність. Дослідження проводилося з використанням критерія Фішера, але показник R^2 так і залишився малим, чому цей показник приймає не досить високі значення?

Юськів О. І.: Критерій Фішера в дослідженнях використовується для оцінки значущості (придатності) моделі у цілому. За даними таблиці (відображеній в презентації на слайді 12) можна зробити висновок, що в зимовий період року енергоспоживання залежить від температури (2019-2021 рр на рівні 1% і 2018 р на рівні 5%) і зовсім не залежить від хмарності. Щодо літнього періоду можна також стверджувати про залежність енергоспоживання від температури, але вона значно нижча, а в 2019 р. взагалі відсутня. Цікавим є випадок літа 2018 р., коли простежується сильна залежність енергоспоживання від обох факторів, хоча в інші роки знову спостерігається відсутність впливу фактору хмарності. Показник R^2 приймає невисокі значення, тому що залежність між енергоспоживанням та температурою навколишнього середовища не значна.

Лозовська Л. І.: При прогнозуванні енергоспоживання які саме методи були використані?

Юськів О. І.: Серед інтелектуальних методів прогнозування найбільшого поширення набули методи із застосуванням штучних нейронних мереж. Нейронні мережі – це дуже потужний та гнучкий механізм прогнозування. Для прогнозування були проаналізовані 2 типи мереж з різними алгоритмами навчання. Для прогнозування була обрана мережа LSTM (long short-term memory - мережі довгої короткострокової пам'яті). На основі проведених досліджень можна стверджувати що нейронні мережі можуть бути використані для складання прогнозу електроспоживання на добу вперед з максимальною точністю до 2,59% фактичного об'єму спожитої електроенергії завдяки мережі LSTM.

Лозовська Л. І.: Чи досліджували Ви при налаштуванні мереж як час виділений для навчання мережі впливає на точність прогнозування?

Юськів О. І.: Взагалі якщо нейронні мережі працюють з великим об'ємом даних то точність прогнозування залежить від часу прогнозування, з плином

часу похибка повинна зменшуватися. Але в даному дисертаційному дослідженні головною ціллю було зменшення помилки прогнозування, тому залежність величини похибки від часу не досліджувалося.

Новожилова М. В.: Які моделі були використані в даній дисертаційній роботі?

Юськів О. І.: В даній дисертаційній роботі використані наступні моделі для підвищення енергозбереження – побудовані моделі для прогнозування енергоспоживання на основі нейромереж; застосований рекурентний аналіз до часових рядів енергоспоживання для дослідження складності динаміки енергоспоживання металургійних підприємств; економетричні моделі для врахування кліматичних, сезонних змін і цінових зон електроспоживання.

Савранська А. В. Які методи аналізу даних використовувалися при контролі якості даних?

Юськів О. І.: Для аналізу даних в основному були використані статистичні методи. Для побудови економетричних моделей при регресійному аналізі на першому етапі для оцінювання параметрів лінійної регресійної моделі був застосований однокроковий метод найменших квадратів.

Шишканова Г. А. Для яких цілей були використані рекурентні діаграми?

Юськів О. І.: За допомогою візуального відображення рекурентних діаграм та показників, які розраховуються системою моніторингу можна відслідковувати процес енергоспоживання підприємством в динаміці. Наприклад, якщо середні значення міри ентропії є доволі високими то можна зробити висновок, що досліджувані ряди містять деяку детерміновану складову, що визначається технологічними особливостями виробничого процесу.

ВИСТУПИЛИ:

Науковий керівник, доктор економічних наук, професор А.В.Бакурова, яка відзначила актуальність проведеного наукового дослідження, теоретичне і практичне значення результатів, дала позитивну оцінку аспірантці. Науковий керівник надав позитивну характеристику особі здобувача та його науковій діяльності, відзначив широту набутих компетентностей та сформованих навичок дослідниці. Було підкреслено, що дисертаційна робота відповідає вимогам щодо дисертацій доктора філософії за спеціальністю 124 – «Системний аналіз» і може бути рекомендована до подання у разову спеціалізовану вчену раду на розгляд.

Г.А.Шишканова (рецензент) – відзначила актуальність поставленої проблеми, високий рівень роботи та глибоке теоретичне опрацювання

питань, що досліджено в дисертації. Окремо було відзначено практичну значущість отриманих результатів. Позитивно охарактеризовано повноту публікацій та впровадження результатів дисертаційного дослідження

УХВАЛИЛИ:

Прийняти такий висновок щодо дисертаційної роботи О. І. Юськів.

ВИСНОВОК

наукового семінару кафедри системного аналізу та прикладної математики факультету Комп'ютерних наук і технологій НУ «Запорізька політехніка» про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства» здобувача ступеня доктора філософії Олесі ЮСЬКІВ за спеціальністю 124 Системний аналіз (галузь знань 12)

Присутні на розширеному засіданні кафедри САОМ НУ ЗП подають Вченій раді закладу пропозицію щодо кандидатур до складу разової ради для розгляду та захисту дисертаційної роботи Олесі ЮСЬКІВ у такому складі:

1. ТУРПАК Сергій Миколайович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій НУ ЗП – голова ради;
2. Новожилова Марина Володимирівна, - опонент;
3. Лозовська Людмила Іванівна – опонент;
4. Савранська Алла Володимирівна – рецензент;
5. Шишканова Ганна Анатоліївна – рецензент.

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку промисловості, в умовах існуючих техногенних навантажень на навколишнє середовище, важливим є гармонійний розвиток економіки, енергетики та екології. Для цього необхідно впроваджувати заходи, спрямовані на зменшення витрат і економію паливно-енергетичних ресурсів, а також використовувати нові технології, засновані на альтернативних і відновлювальних джерелах енергії, і знижувати викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище. У зв'язку з великим обсягом імпортованих енергоносіїв, вирішення цих завдань має вирішальне значення для забезпечення енергетичної безпеки нашої країни. На розвиток підприємств нашої країни впливають значні витрати на енергоресурси, які в середньому становлять 8-12% на промислових підприємствах. Висока енергоємність металургійних виробництв, в умовах постійного зростання цін на паливно-енергетичні ресурси (ПЕР), ставить на перший план ряд проблему енерго- та ресурсозбереження. Чорна металургія є однією з найбільш енергоємних галузей в Україні. Покращення

ефективності використання природних енергетичних ресурсів (ПЕР) на підприємствах чорної металургії в сучасних умовах є одним із ключових аспектів їх виживання. Частка витрат на ПЕР у загальних витратах заводів на виробництво продукції перевищує 30%.

Останнім часом в Україні все більше відчувається дефіцит енергоресурсів. Вагомою причиною цього є військові дії. Приблизно 60% всіх паливно-енергетичних ресурсів України використовуються в промислових цілях. Найбільш енергоємними галузями промисловості є паливно-енергетичний комплекс, кольорова та чорна металургія, хімічна та нафтохімічна промисловість, машинобудування та металообробка.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає «Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні» (схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2.12.2020 № 1556-р), Розпорядженню Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів з реалізації Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні на 2021-2024 роки» від 12.05.2021 р. № 438-р, Постанові Верховної Ради України «Про затвердження завдань Національної програми інформатизації на 2022-2024 роки» від 8.07.2022 № 2360-IX, Постанові Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року» від 3.03.2021 р. № 179. Закону України від 21.10.2021 № 1818-IX Про енергетичну ефективність.

Дослідження виконувалися автором на основі даних про енергоспоживання ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» згідно планів виконання програм енергозбереження на цьому підприємстві. Робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» у межах тем: «Математичне моделювання соціально-економічних процесів та систем» (номер реєстрації – 05038), «Розвиток методів дослідження складних соціально-економічних систем на основі інтелектуальних технологій» (номер державної реєстрації – 0121U113264). У зазначених НДР здобувач брав участь як виконавець, удосконалював та розробив методи моніторингу та прогнозування ризиків перевитрат енергоспоживання на металургійному підприємстві.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше розроблена концепція підвищення енергозбереження на металургійному підприємстві на основі інформаційної технології управління процесами енергозбереження, яка ґрунтується на аналізі динаміки енергоспоживання, економічних та екологічних ризиків.

2. Набула подальшого розвитку технологія експрес-енергоаудиту на основі даних про погодинне енергоспоживання, що враховує цінові зони день-ніч на металургійному підприємстві та дає можливість скорочувати енергоспоживання у денні часи.

3. Набув подальшого розвитку метод зниження загальної похибки прогнозування електроспоживання для металургійного підприємства за

рахунок використання штучного інтелекту у вигляді моделей нейронних мереж, що дає можливість скоротити розбіжність між прогнозованим та фактичним енергоспоживанням.

4. Набуло подальшого розвитку оцінювання впливу метеофакторів на процеси енергоспоживання металургійних підприємств з метою врахування кліматичних змін за рахунок застосування багатофакторного економетричного моделювання.

5. Отримав подальшого розвитку метод аналізу нелінійної динаміки енергоспоживання металургійного підприємства за рахунок побудови рекурентних діаграм часових рядів, що дасть змогу підвищити передбачуваність енергоспоживання в умовах різного навантаження обладнання.

6. Вдосконалено інформаційну технологію моніторингу еколого-економічних ризиків металургійних підприємств за рахунок розробки інфологічної моделі аналітичної панелі, що уможливило візуалізацію відхилень від нормативних показників та відповідне оперативне реагування.

Методи дослідження. Для вирішення задач, поставлених у дисертаційній роботі, використано методи:

системний підхід – під час формування концепції для розробки інформаційної технології у вигляді системи моніторингу ризиками при реалізації процесів енергозбереження на металургійних підприємствах;

методи рекурентного аналізу – для аналізу кількісних показників, які можна використовувати для оцінки стану системи під час виявлення факторів, що впливають на енергоефективність та процеси енергозбереження;

методи штучного інтелекту – під час побудови нейромережових моделей прогнозування енергоспоживання, які враховують добові об'єми спожитої електроенергії;

статистичні методи – для побудови економетричних моделей;

методи оцінювання ризиків – під час відбору й оцінювання реалізованості методів прогнозування енергозбереження на добу вперед.

Практичне значення одержаних результатів

Проведений аналіз енергоспоживання та енергоаудит металургійного підприємства за сезонами зима-літо показав, що літній період характеризується більшою передбачуваністю, а також значно вищим показником затримки, який характеризує середній час, коли система може провести майже в незмінному стані. Застосування методології рекурентного аналізу до часових рядів споживання електроенергії в перспективі може призвести до позитивного економічного ефекту за рахунок підвищення енергоефективності металургійного підприємства.

Моніторинг еколого-економічних ризиків дозволить отримати більш точну вихідну інформацію для прийняття управлінських рішень щодо їх впровадження в умовах різного навантаження обладнання у зв'язку з різною

інтенсивністю виробництва, що зменшить негативний вплив технологій металургійних підприємств на навколишнє природне середовище.

Розроблені моделі, методи та інформаційна технологія дозволять визначити оптимальну траєкторію енергоспоживання в багатовимірному просторі параметрів та обмежень енергобалансу металургійного підприємства. За допомогою розробленої моделі можуть бути визначені сценарії розвитку, які є можливими з точки зору вибору напрямку вектора стратегічного прогнозування.

Наукові положення, висновки і рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, використано при підготовці дисциплін «Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень», «Аналіз часових рядів», «Системний аналіз соціально-економічних процесів» та НДР кафедри системного аналізу та обчислювальних методів Національного університету «Запорізька політехніка» (акт впровадження від 27.02.2025).

Впровадження результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи апробовано та впроваджено у практичну діяльність Приватного акціонерного товариства Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А. М. Кузьміна (акт впровадження від 22.05.2024).

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора. Основні положення та результати дисертації повною мірою викладені у 15 публікаціях, з яких 9 наукових публікацій розкривають основний зміст дисертації, зокрема опубліковано 8 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук, 1 публікація включена у міжнародну наукометричну базу Scopus.

Список публікацій Юськів О. І., в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Юськів О.І. Моделювання та прогнозування енергоспоживання металургійного підприємства. Інформаційні технології: теорія і практика: Тези доповідей III-ї Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 2020 р., м. Харків) [Електронний ресурс] / Редкол. : М. В. Новожилова, І.О.Яковлева, Г. Л. Козіна, Г.В. Бакурова, Т.А. Желдак. Електрон. дані. – Харків : ХНУМГ імені О.М.Бекетова, 2020. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. УДК 681.3.06:330.322.54.
2. The development of energy consumption forecasting model for a metallurgical enterprise / [A. Bakurova, O. Yuskiv, D. Shyrokorad, A. Riabenko, E. Tereschenko] // 9th International Conference on Monitoring, Modeling & Management of Emergent Economy (M3E2 2021). – P. 14-22. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.15.014>.
3. Юськів О. І. Урахування метеофакторів в моделі прогнозування енергоспоживання металургійного підприємства. Інформаційні технології:

теорія і практика: тези доповідей 4-тої Всеукраїнської інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених (Дніпро-Запоріжжя-Харків), 17-19 березня 2021 р. – С. 123-126. <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/159470>.

4. О. Yuskiv. Accounting seasonal temperature variations in forecasting energy consumption of a metallurgical enterprise. Second international conference «MATLAB and computer calculations in education, science and engineering», April 24 – 28, 2021. – P. 67 – 71.

5. Юськів О.І. Система енергоаудиту при реалізації проєктів енергозбереження на металургійному підприємстві / [О.І. Юськів, А.В. Бакурова] // Інформаційні технології: теорія і практика: V Всеукр. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 17-18 березня 2022 р.: тези доповідей. – Запоріжжя, 2022. – С. 119-122.

6. Бакурова А.В. Рекурентний аналіз енергоспоживання металургійного підприємства / [А.В. Бакурова, І.О. Дівоча, С.Г. Кійко, О.І. Юськів] // Тиждень науки 2022: щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів та здобувачів вищої освіти НУ «Запорізька політехніка», 18-22 квітня 2022 р.: тези доповідей. – Запоріжжя, 2022. – С. 884-886. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.014>.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертаційна робота є завершеним і цілісним дослідженням, її матеріал є досить добре структурованим і логічно викладеним. Роботу написано з використанням сучасної науково-технічної термінології. Оформлення дисертації відповідає встановленим вимогам до докторських дисертацій згідно «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а також вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення наукових положень, результатів роботи та висновків логічний, обґрунтований та забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на міжнародних конференціях і форумах: III-я Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених, 2020 р., м. Харків; 9th International Conference on Monitoring, Modeling & Management of Emergent Economy (M3E2 2021); 4-та Всеукраїнська інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених (Дніпро-Запоріжжя-Харків), 17-19 березня 2021 р.; Second international conference «Matlab and computer calculations in education, science and engineering», April 24 – 28, 2021; V Всеукр. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 17-18 березня 2022 р.; тиждень науки 2022: щорічна наук.-практ. конф. викладачів, науковців, молодих учених, аспірантів та здобувачів вищої освіти НУ «Запорізька політехніка», 18-22 квітня 2022 р.; XVI International Scientific

УХВАЛИЛИ: з урахуванням зазначеного, на розширеному засіданні кафедри системного аналізу та обчислювальної НУ «Запорізька політехніка». Дисертація Олесі ЮСЬКІВ «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення енергозбереження у металургійній промисловості. У 6 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 5 статті у наукових фахових виданнях України та іноземних виданнях; 1 стаття у виданні України, яке входить до міжнародної наукометричної бази. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», 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 січня 2022 р. № 44). З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Олесі ЮСЬКІВ дисертація «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

Присутні на розширеному засіданні кафедри системного аналізу та обчислювальної математики Національного університету «Запорізька політехніка» подають вченій раді закладу пропозицію щодо кандидатур до складу разової ради для розгляду та захисту дисертаційної роботи Олесі ЮСЬКІВ у такому складі:

1. ТУРПАК Сергій Миколайович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій НУ ЗП – голова ради;
2. НОВОЖИЛОВА Марина Володимирівна Член спеціалізованої вченої ради, доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач кафедри прикладної математики та інформаційних технологій Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова – опонент;
3. ЛОЗОВСЬКА Людмила Іванівна, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри Системного аналізу та обчислювальної математики – опонент;
4. САВРАНСЬКА Алла Володимирівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри Системного аналізу та обчислювальної математики – рецензент;
5. ШИШКАНОВА Ганна Анатоліївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри Системного аналізу та обчислювальної математики – рецензент.

Результати голосування: за рекомендацію голосування дисертації Юськів Олеси Ігорівни до захисту «Методи, моделі та інформаційна технологія аналізу енергозбереження металургійного підприємства» до захисту – 14, проти – 0, утримались – 0.

Головуючий на засіданні,
в. о. зав. кафедри системного аналізу
та обчислювальної математики
кандидат к.ф.-м.н., доцент



Еліна ТЕРЕЩЕНКО

Секретар,
старший лаборант кафедри системного
аналізу та обчислювальної математики



Юлія ПОТАПОВА