

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Проректор з навчальної роботи  
Національного технічного  
університету України



“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”

к.філос.н., проф.

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“ 12 ” 03 2024 р.

### ВИТЯГ

з протоколу № 1 від 11 березня 2024 р. наукового семінару  
кафедри технічних та програмних засобів автоматизації  
Національного технічного університету України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

### БУЛИ ПРИСУТНІ:

– з кафедри технічних та програмних засобів автоматизації (ТПЗА) ІХФ:

в. о. зав. каф., к.т.н., доц. Цапар В. С., проф., д.т.н., проф. Жученко А. І.,  
доц., к.т.н., доц. Абрамова А. О., доц., к.т.н., доц. Бугаєва Л. М.,  
доц., к.т.н., доц. Квітка О. О., доц., к.т.н., доц. Ковалюк Д. О.,  
доц., к.т.н., доц. Козаневич З. Я., доц., к.т.н., доц. Ладієва Л. Р.,  
доц., к.т.н., доц. Миленький В. В., доц., к.т.н., доц. Сазонов А. Ю.,  
доц., к.т.н., доц. Складанний Д. М., доц., к.т.н., доц. Ярощук Л. Д., ст. викл.,  
к.т.н. Ситніков О. В., ст. викл., *PhD*, Коротинський А. П., ст. викл.  
Жураковський Я. Ю., ст. викл. Лукінюк М. В., ас. Жученко Л. К., пров. інж.  
Семікіна Л. Ф., пров. інж. Сташкевич П. М.

– з кафедри автоматизації енергетичних процесів (АЕП) інституту атомної та  
теплової енергетики (ІАТЕ) КПІ ім. Ігоря Сікорського:

зав. каф., д.т.н., проф. Волощук В. А., доц., к.т.н., доц. Степанець О. В.,  
ст. викл., *PhD*, Некрашевич О. В.

### СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспірантки кафедри технічних та програмних засобів  
автоматизації Тюріної Євгенії Олександрівни за матеріалами дисертаційної  
роботи «Моделювання та керування адсорбційним очищенням олив та  
мастил», поданої на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування  
за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Освітньо-наукова програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології.

Тему дисертаційної роботи «Моделювання та керування адсорбційним очищенням олив та мастил» затверджено на засіданні Вченої ради Інженерно-хімічного факультету (ІХФ) КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11 від 27.11.2019).

Науковим керівником затверджена к.т.н., доц. Ярошук Л. Д.

## 2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.т.н., проф. Волошук В. А., к.т.н., доц. Ковалюк Д. О., к.т.н., доц. Козаневич З. Я., к.т.н., доц. Ладієва Л. Р., к.т.н., доц. Миленький В. В., к.т.н., доц. Складанний Д. М., к.т.н., доц. Степанець О. В.

## 3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

д.т.н., проф. Волошук В. А., д.т.н., проф. Жученко А. І., к.т.н., доц. Ковалюк Д. О., к.т.н., доц. Степанець О. В., к.т.н., доц. Цапар В. С.

## **УХВАЛИЛИ:**

**ПРИЙНЯТИ** такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

### **1. Актуальність теми дослідження**

Стале зростання транспортних засобів та потужностей промисловості супроводжується неперервним збільшенням обсягів відпрацьованих мастильних матеріалів. Відпрацьовані оливи та мастила обов'язково треба вилучати з механізмів і правильно утилізувати, оскільки вони створюють екологічну загрозу біосфері. Очищення цих відходів від забруднювальних речовин дає можливість значною мірою відновити та повернути у сферу призначення ці складні й цінні матеріали, заощадивши при цьому суттєві кошти.

Серед різноманітних способів очищення олив та мастил на поточний час одним з найбільш перспективних методів, який можна реалізувати у промислових масштабах, є неперервне адсорбційне очищення, при якому адсорбент та забруднена речовина (сировина) неперервно рухаються в адсорбері протитечією. Дотримання заданої якості очищення вихідного продукту ускладнюється значною кількістю властивостей сировини і продукту та складнощами їх оперативного вимірювання.

Особливістю такого очищення є також нестабільність характеристик сировини, оскільки йдеться про відходи, що надходять від різних постачальників. Ефективність виробництва в таких умовах залежить від того, наскільки оперативно будуть визначені й дотримані умови очищення кожної партії цих відходів у відповідності до їх хімічного складу.

Більшість досліджень світової, зокрема української науки наразі стосується адсорбційного очищення речовин медичного призначення (зокрема крові) з обсягами суттєво меншими у порівнянні з відпрацьованими

оливами та мастилами. Установи Національної академії наук України (НАНУ), такі як Інститут сорбції та проблем ендоекології НАНУ, Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАНУ, Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. І. Думанського НАНУ, деякі вищі навчальні заклади та інші організації України виконують також великі обсяги науково-практичних робіт у напрямках створення адсорбентів та очищення рідин, але очищенню індустріальних та транспортних мастильних матеріалів, а особливо керуванню процесами промислового очищення присвячено недостатньо уваги.

Тема дослідження дисертаційної роботи актуальна, оскільки передбачає створення такої системи керування неперервним адсорбційним очищенням відпрацьованих олив і мастил, яка за умов специфічної нестабільності властивостей сировини та нестаціонарності властивостей адсорбенту й адсорбера дозволяє підвищити ефективність очищення шляхом дотримання вимог до якості продукту та принципів ресурсозбереження.

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

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технічних та програмних засобів автоматизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень за темою «Створення комп'ютерно-інтегрованих систем керування технологічних процесів та виробництв переробних галузей промисловості України для забезпечення ресурсо- та енергозберігаючих режимів їх функціонування» – державний реєстраційний номер 0116U001765.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

Результати дослідження, що становлять наукову новизну, полягають у наступному:

– удосконалено систему керування процесом адсорбції, в якій, на відміну від усталених, враховано можливість суттєвих змін властивостей нової забрудненої сировини, для чого передбачено автоматизований пошук у базі даних речовин-аналогів нової сировини, статистичні дослідження знайдених у базі варіантів тиску та температури в адсорбері для аналогів, а також прийняття рішень щодо початкових значень цих режимних параметрів;

– удосконалено систему адаптивного керування процесом адсорбції, в якій, на відміну від відомих, що базуються на поточній ідентифікації моделей динаміки процесу та на наступному визначенні параметрів налаштування регуляторів тиску та температури в адсорбері, уведено корегування початкових значень цих режимних параметрів за концентраціями ароматичних вуглеводнів, сірки та смоли в очищеному продукті, що дозволяє дотримуватися вимог до якості очищення продукції та занести в базу даних дані про відповідність властивостей нової сировини й потрібні для її переробки тиск та температуру;

– дістала подальшого розвитку система адаптивного керування тиском і температурою в адсорбері з корегуванням початкових значень цих режимних

параметрів за концентраціями ароматичних вуглеводнів, сірки і смол в продукції, в якій, на відміну від усталених способів, значення корегувальних сигналів визначають на основі нечітких множин і нечіткої логіки, що дозволяє підвищити якість продукції в умовах відсутності обґрунтованих математичних залежностей за допомогою досвіду фахівців;

– запропоновано інтегровану систему керування адсорбційним очищенням шляхом поєднання системи керування процесом при суттєвій зміні властивостей нової забрудненої сировини з системою керування процесом при сталих властивостях забрудненої сировини, яке передбачає чергування етапів визначення режимних параметрів адсорбції за сировинами-аналогами та за показниками якості очищеного продукту, причому режимні параметри другого етапу запам'ятовуються в базі даних сировин-аналогів першого етапу, це поєднання дозволяє забезпечити якість продукції і ресурсозбереження за рахунок підвищення рівня відповідності між режимними параметрами та поточними властивостями забрудненої сировини;

– дістало подальшого розвитку математичне моделювання адсорбційного очищення, що полягає в структурній ідентифікації моделі динаміки процесу адсорбції, призначеної для адаптивної системи керування, а також у статистичних залежностях між властивостями сировини та відповідними режимними параметрами, які об'єднані в базі даних сировин-аналогів.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи**

Теоретичне значення результатів роботи полягає в тому, що вони дозволили розширити уявлення про особливості неперервного адсорбційного очищення відпрацьованих олив та мастил у промисловому масштабі, зокрема про причини й типи нестаціонарності, багатопараметричності й невизначеності властивостей технологічного об'єкту керування, що дозволило обґрунтувати й запропонувати різні системи керування адсорбційним очищенням в режимах суттєвої зміни сировини й сталої сировини та створити інтегровану систему керування, яка поєднує обидві системи з узгодженням їх роботи.

Практично цінними є такі результати досліджень:

– проведена систематизація задач керування адсорбційним очищенням дозволяє скоротити тривалість та підвищити ретельність виконання етапів аналізу технології, задач керування та вибору математичного забезпечення системи керування адсорбційним відновленням властивостей олив та мастил при проектуванні або модернізації систем автоматизації;

– отримання моделей адсорбції, призначених для систем керування адсорбційним очищенням ВОМ, дозволяє суттєво скоротити час розробки математичного забезпечення систем керування аналогічних процесів, враховуючи складність експериментальних робіт в умовах виробництва та неефективність проведення досліджень у лабораторних умовах;

– визначення початкових режимних параметрів адсорбції для нової за властивостями сировини дозволяють підвищити ефективність роботи систем

керування виробництв з регенерації відходів за рахунок скорочення часу та підвищення точності визначення необхідних умов переробки різноманітної забрудненої сировини;

– створена адаптивна система керування підвищить ефективність очищення за рахунок більш оперативного визначення й нанесення потрібних керувальних впливів у відповідь на прояви невизначеності стану технологічної системи;

– застосування нечіткої автоматичної системи керування, бази знань для діагностувальної експертної системи та інших застосувань емпіричного досвіду дозволяють розширити коло задач, пов'язаних з якістю продукції та безпекою виробництва;

– запропонована система заходів, яка підвищить правдивість залучених знань, забезпечить більшу ефективність автоматизації виробництва з очищення відпрацьованих олив і мастил та буде корисна для інших виробництв.

Результати досліджень Тюріної Є.О. вже використовуються у навчальному процесі у дисциплінах «Проектування інформаційних систем – 1. Бази даних» (використання бази даних при пошуку сировин – аналогів в режимі змінної сировини) та «Статистичні методи досліджень об'єктів та систем керування» (застосування статистичних методів при керуванні в режимі змінної сировини та ідентифікації моделей адсорбції в режимі сталої сировини).

Заплановано використання матеріалів дисертації в навчальному посібнику до курсу «Статистичні методи досліджень об'єктів та систем керування».

## **5. Апробація/використання результатів дисертації**

Результати досліджень, викладених у дисертації, було висвітлено на таких конференціях.

1. Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами (м. Київ 2019, 2021, 2023).

2. Інформаційні технології і автоматизація (м. Одеса 2020, 2022).

3. Філософія і науково-технічна творчість у хронотопі технічного університету (м. Київ 2020).

4. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (м. Київ, 2021, 2023).

## **6. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Тюріної Є. О. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

**7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача (наводиться повний перелік публікацій за темою дисертації)**

За результатами досліджень опубліковано 17 наукових публікацій, у тому числі:

– 5 статей у наукових фахових виданнях України за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, авторами яких є тільки здобувач та керівник;

– 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому в базах Scopus та Web of Science Core Collection кuartиллю Q2;

– 2 свідоцтва про авторське право на твір, авторами яких є тільки здобувач та керівник;

– 8 тез виступів на наукових конференціях;

– 1 розділ у колективній монографії, що додатково відображає результати дисертації.

Перелік публікацій.

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б.

1. Ярощук, Л. Д., & Тюріна, Є. О. (2020). Вербальне моделювання мікропроцесів неперервної адсорбційної регенерації олив та мастил. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (2), 78–88. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2020.208058> (особистий внесок: дослідження рушійних сил адсорбції на рівні нано- та мікрочастинок, обґрунтування доцільності моделювання адсорбції як об'єкта з кореляційним чи стохастичним типом зв'язків).

2. Ярощук, Л. Д., & Тюріна, Є. О. (2021). Ієрархія задач керування неперервним процесом адсорбційного відновлення мастильних матеріалів. Вісник Черкаського державного технологічного університету, (2), 49 – 62. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2021.239200> (особистий внесок: формулювання економічної, технологічної й екологічної задач керування адсорбційним очищенням; визначення джерел появи цих задач; дослідження властивостей джерел, створення системи відповідності між задачею, методом її розв'язання та типом моделі об'єкта керування).

3. Ярощук, Л. Д., & Тюріна, Є. О. (2022). Моделювання та керування адсорбційним очищенням олив та мастил у режимі зміни сировини. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (3), 56 – 68. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2022.265361> (особистий внесок: база даних властивостей забруднених сировин та відповідних тисків і температур в адсорбері; визначення попередніх умов очищення (режимних параметрів) нової сировини на основі статистичного оцінювання даних бази для різних її потужностей).

4. Ярощук, Л. Д., & Тюріна, Є. О. (2023). Керування адсорбційним відновленням відпрацьованих олив і мастил в умовах нестационарностей. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія,

екологія та ресурсозбереження, (3), 63 – 73. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2023.288251> (особистий внесок: визначення джерел та типів нестационарності процесів в адсорбері; адаптивна система керування тиском в адсорбері на основі поточної ідентифікації моделі каналу керування; інтегрована система керування адсорбером, яка поєднує системи керування в режимі сталої і змінної сировини).

5. Ярошук, Л. Д., & Тюріна, Є. О. (2023). Експертні знання в системах автоматизації адсорбційного очищення олив і мастил. Енергетика і автоматика, 0(4), 116 – 131. [http://dx.doi.org/10.31548/energiya4\(68\).2023.116](http://dx.doi.org/10.31548/energiya4(68).2023.116) (особистий внесок: визначення задач керування адсорбційним очищенням, які потребують експертних знань; визначення типів таких знань і способів їх отримання).

Стаття у періодичному науковому виданні, проіндексована в базах WoS і Scopus кuartилію Q2.

6. Liudmyla Yaroshchuk, Yevheniia Tiurina, "Simulation of the Industrial Oil Adsorption Purification Process for Automation Tasks", Modelling and Simulation in Engineering, vol. 2022, Article ID 2738654, 13 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2738654> (Scopus Q2, Web of Science) (особистий внесок: ідентифікація залежностей кількості вилучених забруднювальних речовин від тиску та температури адсорбції для різних систем «адсорбент-сировина» на основі експериментальних даних; структурно-параметрична схема адаптивної моделі; Simulink-модель каналу керування).

Свідоцтва про авторське право на твір.

7. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Науковий твір «Врахування показників сталого розвитку при автоматизації процесів відновлення ресурсів». № 93930, 13.11.2019 (особистий внесок: алгоритм керування очищенням в контексті сталого розвитку, структура бази даних документів сталого розвитку).

8. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Науковий твір «Спосіб визначення режимних параметрів при адсорбційному очищенні різних партій відпрацьованих олив та мастил». № 120987, 02.08.2023 (особистий внесок: формування початкових умов пошуку сировин-аналогів, спосіб розширення меж пошуку за концентраціями забруднювальних речовин).

Матеріали міжнародних конференцій.

9. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Ідентифікація динаміки процесу адсорбції при очищенні олив та мастил. Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: Матеріали VI Міжнародної науково-технічної Internet-конференції; Київ 20 листопада 2019. К.: НУХТ, 2019. С. 91 – 92

*(особистий внесок: концепція, дослідження стосовно вибору моделі каналу керування).*

10. Тюріна Є. О. Розвиток моделювання в сучасних технологіях екологічної безпеки (адсорбційне очищення). Філософія і науково-технічна творчість у хронотопі технічного університету: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. К.: Ліра-К, 2020. С. 376 – 380 *(одноосібна праця)*.

11. Tiurina Y. O., Yaroshchuk L. D. Knowledge formalization for the expert system in oil regeneration process control. Інформаційні технології і автоматизація – 2020 : Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020», (Одеса, 22 – 23 жовтня 2020 р.). Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2020. С. 142 – 145 *(особистий внесок: концепція, аналіз технологічної системи для визначення аварійних ситуацій)*.

12. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Задачі керування адсорбційним очищенням нафтових олив. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2021: Матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студ. (АКІТ – 2021), м. Київ, 21–22 квітня 2021 р. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. С. 46 – 47 *(особистий внесок: аналіз властивостей матеріальних потоків та їх зв'язків із задачами керування)*.

13. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Структурна ідентифікація процесу адсорбції як об'єкта керування. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2021. К: НУХТ, 2021. С. 147 *(особистий внесок: концепція, визначення структури імітаційної моделі динаміки)*.

14. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Інформаційне забезпечення імітаційного моделювання адсорбційного очищення олив і мастил. Інформаційні технології і автоматизація – 2022: Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2022», (Одеса, 20 – 21 жовтня 2022 р.). Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса: ОНАХТ, 2022. С. 48 – 50 *(особистий внесок: концепція, дослідження джерел інформації, принципи підготовки експериментів)*.

15. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Джерела нестационарностей в адсорбційному очищенні відпрацьованих олив. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2023: Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (АКІТ – 2023). м. Київ, 19 квітня 2023 р. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. С. 11 – 12 *(особистий внесок: дослідження джерел нестационарності в технологічній системі, аналіз часових трендів)*.

16. Тюріна Є. О., Ярошук Л. Д. Особливості алгоритмічного забезпечення системи керування очищенням олив і мастил. Матеріали X Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування



організаційно-технічними та технологічними комплексами», 24 листопада 2023. К: НУХТ, 2023. С. 57 (*особистий внесок: концепція, створення структури алгоритмічного забезпечення системи керування з розширенням функцій типових систем*).

Розділ у колективній монографії, що додатково відображає результати дисертації.

17. Ярошук Л. Д., Тюріна Є. О. Формалізація знань для експертної системи при керуванні процесом регенерації мастил. На шляху до Індустрії 4.0: інформаційні технології, моделювання, штучний інтелект, автоматизація: монографія / за заг. ред. С. В. Котлика. Одеса: Астропринт, 2021. С. 459 – 469 (*особистий внесок: концепція, база знань експертної системи*).

Якість та кількість публікацій відповідають «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44”.

**ВВАЖАТИ**, що дисертаційна робота Тюріної Є. О. «Моделювання та керування адсорбційним очищенням олив та мастил», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

#### **РЕКОМЕНДУВАТИ:**

1. Дисертаційну роботу «Моделювання та керування адсорбційним очищенням олив та мастил», подану Тюріною Євгенією Олександрівною на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., професор, професор кафедри технічних та програмних засобів автоматизації інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, **Жученко Анатолій Іванович**.

Члени:

Рецензенти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського, **Степанець Олександр Васильович**.

к.т.н., доцент, в. о. завідувача кафедри технічних та програмних засобів автоматизації інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, **Цапар Віталій Степанович**.

Офіційні опоненти:

д.т.н., професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління факультету автоматизації і комп'ютерних систем Національного університету харчових технологій, **Луцька Наталія Миколаївна**.

д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж факультету інформаційних технологій Криворізького національного університету, **Купін Андрій Іванович**.

Головуючий на засіданні  
к.т.н., доцент, в. о. зав. кафедри ТПЗА  
КПІ ім. Ігоря Сікорського



Віталій ЦАПАР

Вчений секретар  
кафедри ТПЗА  
ст. викл. кафедри ТПЗА  
КПІ ім. Ігоря Сікорського



Ярослав ЖУРАКОВСЬКИЙ