

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.880.01
Державної екологічної академії
післядипломної освіти та управління
03035, м. Київ, вул. Митрополита
Василя Липківського, 35, корп. 2.

ВІДГУК

**офіційного опонента доктора технічних наук, професора Дичко Аліни
Олегівни на дисертаційну роботу Барабаш Олени Василівни
«Наукові основи застосування методів біотестування та біоіндикації в
системах управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека**

Актуальність обраної теми. Діяльність суб'єктів господарювання (СГ), скерована лише на короткострокову економічну стратегію отримання прибутків, стала однією з причин підвищення їх рівня екологічної небезпеки, що призвело до погіршення якості та ступеня збереження й відновлення екологічних властивостей природних компонентів довкілля. Тому, в умовах зростання техногенного тиску, одним з інструментів підвищення рівня екологічної безпеки суб'єктів господарювання є впровадження системи екологічного управління (СЕУ) відповідно до вимог ДСТУ ISO 14001:2015 для постійного поліпшення економічних, екологічних та соціальних показників, шляхом економії ресурсів, застосування природоохоронних технологій, підвищення кваліфікації та компетентності працівників для розширення ринків збуту продукції та послуг, збільшення прибутків від їх реалізації, а також для покращення якості довкілля. Незважаючи на закордонний досвід, удосконалення систем екологічного управління та наявні наукові напрацювання вчених щодо концептуальних підходів до формування систем екологічного управління в Україні, за даними International Organization for Standardization, показники динаміки впровадження системи екологічного управління є низькими, і лише близько 400 підприємств, що здійснюють діяльність у різних секторах економіки, одержали сертифікат її відповідності вимогам ДСТУ ISO 14001:2015.

Під час упровадження та функціонування СЕУ керівництво суб'єктів господарювання недостатньо уваги приділяє моніторинговим дослідженням, що негативно позначається на екологічній діяльності, рівні екологічної безпеки та організаційних змінах діяльності підприємств чи організацій. Відсутність контролю та експресних тестів на всіх етапах упровадження та функціонування СЕУ, які б надали інформацію про стан природних компонентів довкілля, ступінь збереження або відновлення їх екологічних властивостей, унеможливають вчасне проведення коригувальних заходів та призводять до

невиконання зобов'язань і намірів, зазначених в екологічній політиці та програмі СЕУ, що позначається на ефективності функціонуючої системи екологічного управління та рівні загального розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання.

Отже, розглянуті результати досліджень не розкривають сутності ефективного функціонування впровадженої системи екологічного управління та рівня екологічної безпеки і організаційних змін діяльності суб'єктів господарювання, що пов'язано з відсутністю механізмів реалізації моніторингових досліджень, необхідних для постійного контролю екологічної діяльності та оцінювання розвитку системи управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання, що і зумовлює *актуальність* обраної теми дослідження.

Підтвердженням цьому також є те, що робота виконувалась відповідно до плану наукових досліджень кафедри екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету і є складовою НДР «Удосконалення та розробка методів екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності» (№ ДР 0112U004448, 2013-2014 рр.), «Розроблення та удосконалення методів та способів підвищення екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності» (№ ДР 0115U002273, 2015–2017 рр.), «Обґрунтування застосування сучасних інноваційних підходів при розробці методів та способів підвищення рівня екологічної безпеки та безпеки людини» (№ ДР 0118U001109, 2018–2019 рр.), «Розробка рекомендацій щодо удосконалення системи природоохоронних дозволів в Україні для формування концепції єдиного екологічного дозволу» (№ ДР 0119U103190, 2019 р.), а також НДР «Наукове обґрунтування забезпечення екологічної безпеки об'єктів критичної інфраструктури м. Києва, що передбачають створення механізму визначення та оцінки рівня екологічної небезпеки цих споруд» (№ ДР 0120U103856, 2020 р.).

Новизна, обґрунтованість та достовірність наукових досліджень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Викладені в дисертаційній роботі положення відповідають паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека.

У дисертаційній роботі *вперше* створено наукові засади застосування методів біотестування та біоіндикації, як додаткового інструменту моніторингових досліджень під час розроблення, впровадження та функціонування СЕУ, що дає змогу отримувати інформацію про стан природних компонентів довкілля в межах впливу суб'єктів господарювання, визначати рівень їх екологічної безпеки та є науковою основою в обґрунтуванні організаційно-управлінських рішень для ефективного функціонування СЕУ.

Автором *вперше* розроблено системну модель системи екологічного управління, яка включає такі підсистеми, як «середовище суб'єкта господарювання», «організаційна структура та лідерство», «планування», «підтримування СЕУ», «виробництво» і дозволяє встановити вхідні та вихідні параметри відповідних процесів функціонування для визначення методів

оцінювання рівня розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання.

У роботі *вперше* обґрунтовано доцільність застосування методів біотестування та біоіндикації для оцінювання рівня розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання та під час ідентифікації стану природних компонентів довкілля за реакцією-відповіддю біоіндикаторів та тест-систем на скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря суб'єктами господарювання в результаті впровадження систем екологічного управління.

Автором *вперше* розроблено систему групових критеріїв контролю екологічної діяльності СЕУ, що включають груповий показник екологічної результативності, груповий показник ефективності управління та груповий показник екологічної дієвості (враховує узагальнюючі індикатори стану біосистем та якості довкілля) і дають можливість оцінити екологічну діяльність системи екологічного управління, спрямовану на покращення стану природних компонентів довкілля та рівень екологічної безпеки суб'єктів господарювання після її впровадження.

В дисертаційній роботі *вперше* запропоновано три типи моделей системи екологічного управління за ефективністю функціонування – *Environmentally hot, Environmentally cold, Environmentally soft*, що дає можливість суб'єктам господарювання встановлювати рівень проведених організаційних змін діяльності під час впровадження СЕУ та застосовувати точкові коригувальні дії для усунення невідповідностей у системі «Суб'єкт господарювання» та її підсистемах.

Набуло подальшого розвитку 1) теоретико-методологічне оцінювання вибору та застосування комплексу управлінських підходів для кожного етапу впровадження та функціонування СЕУ, що на відміну від класичного процесного підходу оптимізувало процеси у підсистемі «Внутрішнє середовище» із застосуванням мотиваційного підходу та дозволило створити умови для розроблення процедур швидкого реагування на виявлені невідповідності у підсистемах «Довкілля» та «Внутрішні стейкхолдери» шляхом прийняття ефективних управлінських рішень на основі ситуаційного та кількісного підходів для підвищення рівня екологічної безпеки та організаційних змін діяльності суб'єктів господарювання; 2) науково-методологічний підхід до оцінювання рівня розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання, що на відміну від існуючих враховує контроль екологічної діяльності системи екологічного управління та рівень організаційних змін діяльності суб'єктів господарювання; 3) технологічні рішення з використанням агломеративного ієрархічного алгоритму класифікації за допомогою методу кластеризації для оцінювання рівня розвитку систем управління екологічною безпекою, що на відміну від існуючих дало змогу сформувати три кластери, що визначають оптимальний, середній та мінімальний рівні розвитку системи управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання.

З метою застосування методів біоіндикації та біотестування для визначення стану біосистем у межах впливу діяльності СГ *удосконалено* теоретико-методологічний підхід для проведення моніторингових досліджень та експериментальних випробувань під час контролю екологічної діяльності системи екологічного управління.

Для виявлення передумов впровадження систем екологічного управління та оцінювання рівня необхідних організаційних змін діяльності суб'єктів господарювання *удосконалено* контекст системи «Суб'єкт господарювання» як єдність трьох підсистем – «Внутрішнє середовище», «Зовнішні стейкхолдери» та «Довкілля», що на відміну від існуючого доповнено моделями цих підсистем у взаємодії.

Автором *удосконалено* механізм організації діяльності СГ у вигляді структурної моделі застосування процедур на п'яти етапах розроблення, впровадження та функціонування СЕУ, що на відміну від існуючого включає контролювання показників екологічної результативності, екологічної дієвості та ефективності управління, а також дозволяє вийти за межі процесного підходу, скориставшись комбінацією управлінських підходів для власної траєкторії функціонування й розвитку системи управління екологічною безпекою суб'єкта господарювання

Перелічені наукові результати підтверджують теоретичну значимість та обґрунтованість проведених теоретичних досліджень.

Наукові результати апробовані в публікаціях автора та доповідях на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях. Результати досліджень підтверджені практикою, про що свідчать представлені акти впровадження.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та надрукованих працях. Робота має завершений характер, висновки і пропозиції достатньою мірою розкриті і обґрунтовані в текстовій частині дисертації. Кількість та обсяг публікацій за темою дисертації відповідає вимогам до опублікування результатів дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, встановлених МОН України.

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 31 наукову роботу у вітчизняних, наукометричних та закордонних виданнях, серед них 1 монографія та 1 розділ у зарубіжній колективній монографії; 32 статті, зокрема 23 – у фахових виданнях з переліку МОН України, 4 статті – у виданнях іноземних держав, 14 статей – у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних, серед яких 1 стаття індексується у Scopus, 2 посібника, 29 тез доповідей у збірниках доповідей на наукових конференціях та з'їздах, 3 свідоцтва авторського права на твір.

Внесок автора в кожну з робіт у співавторстві розкритий в авторефераті, що підтверджує самостійність проведеного дослідження та отримання результатів.

Оцінка оформлення дисертації та змісту автореферату. Дисертація та автореферат оформлені згідно з вимогами ВАК України, написані на високому науковому рівні та зрозуміло. Матеріали дослідження викладено логічно та послідовно. Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації. Висновки аргументовані.

Дисертація складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел до кожного розділу (465 найменувань), 12 додатків (на 76 сторінках). Загальний обсяг дисертаційної роботи – 450 сторінок.

У *вступі* викладено актуальність роботи, показано її зв'язок з науковими програмами, визначено об'єкт, предмет та методи дисертаційного дослідження, сформульовано мету та задачі роботи, наведено наукову новизну, практичне значення, апробацію та структуру роботи, зазначено особистий внесок здобувача.

У *першому розділі* дисертації проведено огляд й аналіз літературних праць вітчизняних і закордонних вчених щодо становлення концепції збалансованого розвитку, шляхів підвищення екологічної безпеки та необхідності застосування інструментів та механізмів для контролю та зменшення впливу діяльності СГ на стан природних компонентів довкілля. За результатами аналізу стану навколишнього середовища виявлено проблеми взаємовідносин екологічних і соціально-економічних систем та встановлено, що одним із небезпечних чинників для реалізації екологічно орієнтованих економічних інтересів розвитку України є низький рівень екологічної безпеки суб'єктів господарювання, що призводить до великих екологічних збитків, пов'язаних із суттєвим забрудненням природних компонентів довкілля. Встановлено, що керівництво суб'єктів господарювання не враховує світовий досвід щодо особливостей упровадження СЕУ через направлені організаційні зміни діяльності, можливості застосування комплексу методів для проведення моніторингових досліджень для оцінювання ефективності функціонування СЕУ. Відсутність методів контролю екологічної діяльності СГ унеможлиблює розвиток системи екологічного управління та призводить до зниження рівня екологічної безпеки й погіршення стану природних компонентів довкілля. Отже, автором зроблений висновок, що даний напрямок потребує подальших розробок та обґрунтування його використання під час впровадження системи екологічного управління.

У *другому розділі* дисертації запропоновано загальну методологію дисертаційного дослідження, методи та методики проведення досліджень, які передбачали застосування як теоретичних так і експериментальних методів, серед яких: системний аналіз; математичне моделювання; методи біоіндикації та біотестування; розрахункові; хімічні та фізико-хімічні методи тощо. Приведені відомості про об'єкти та методи досліджень, що виконані в роботі. Описані методи відбору проб та методики біоіндикаційних досліджень та біотестування для визначення ступеня токсичності, збереження та відновлення стану природних компонентів довкілля на основі реакції-відповіді біоіндикаторів та тест-об'єктів. За допомогою програмного забезпечення MATLAB та Process Modeler сформовано системну модель СЕУ суб'єктів

господарювання, яка дає змогу встановити параметри відповідних процесів функціонування для визначення методів оцінювання рівня розвитку систем управління екологічною безпекою СГ. Описано метод нечіткого моделювання, за допомогою якого проведено оцінку ефективності управлінських рішень для визначення організаційних змін діяльності СГ та визначення типу моделі СЕУ за ефективністю функціонування. Описано метод кластеризації інформації, який дозволяє провести візуалізацію рівня розвитку функціонуючих систем управління екологічною безпекою СГ.

У *третьому розділі* проведено дослідження структури, процесів, форми та механізму організації діяльності СГ під час змін діяльності, пов'язаних із розробкою, впровадженням та функціонуванням СЕУ. На основі проведених теоретичних досліджень розроблено структурну модель контексту системи «Суб'єкт господарювання» та її трьох підсистем – «Внутрішнє середовище», «Зовнішні стейкхолдери» і «Довкілля». Розкрито взаємозв'язки між елементами підсистем, які суттєво впливають на ефективність функціонування СЕУ. Встановлення того, що всі організаційні зміни діяльності в системі «Суб'єкт господарювання» потребують використання управлінських підходів, дозволило розробити процедури вибору та застосування управлінських підходів для кожного етапу розробки, впровадження та функціонування СЕУ. Запропоновано методологію оцінки рівня розвитку систем управління екологічною безпекою СГ, яка заснована на поєднанні запропонованих методів, а саме: визначення комплексного критерію контролю екологічної діяльності СЕУ та вибору типу моделі СЕУ за ефективністю функціонування.

У *четвертому розділі* за результатами інвентаризації забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря внаслідок діяльності СГ та на основі експериментальних досліджень із застосуванням методів біоіндикації та біотестування встановлено залежність між реакцією-відповіддю чутливих індикаторів, скороченням викидів в атмосферне повітря токсичних сполук та станом природних компонентів довкілля до та після впровадження СЕУ. Виявлено, що рівень некротичних ушкоджень тканин вегетативних органів *Tilia cordata* Mill. є інформативним показником скорочення потужності викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря СГ. Експериментально доведено залежність між некротичними пошкодженнями й хлорозами хвої *Pinus sylvestris* L. та викидами в атмосферне повітря СГ сполук із вмістом азоту, сірки, хлору та фреонів. Доведено залежність між пиловим забрудненням листкових пластинок *T. cordata*, станом їх розвитку та викидами речовин у вигляді суспендованих твердих частинок (ТЧ), недиференційованих за складом до та після впровадження СЕУ в межах санітарно-захисної зони досліджуваних СГ. Експериментально визначено, що скорочення потужності викидів забруднювальних речовин СГ в результаті впровадження СЕУ призводить до зменшення проявів дестабілізації *Betula pendula* Roth., які відбуваються під час онтогенезу в результаті деформації взаємодії між організмом та навколишнім середовищем внаслідок техногенного тиску, що позначається на рівні флуктуаційної асиметрії змінами її значень з критичного рівня до середнього. Експериментально доведено, що рівень токсичності ґрунту, внаслідок його

кумулятивного ефекту, залежить від рівня токсичності атмосферних опадів, а зменшення викидів сполук металів на 35% внаслідок виконання екологічної програми СЕУ досліджуваних СГ, призводить до зменшення рівня токсичності атмосферних опадів на 73%, а ґрунтів - на 62%, та активує проростання *Lepidium sativum* L. на всіх стадіях онтогенезу. Експериментально підтверджено, що тест-об'єкт *Daphnia magna* Straus. має високий ступінь чутливості до забруднення природних та штучних водойм повільного водообміну. Визначено, що ступінь токсичності водойм м. Києва, які знаходяться на рівновіддаленій відстані від досліджуваних СГ, характеризується як помірно токсичний.

У п'ятому розділі на основі апріорної та статистичної інформації СГ сформовано методику для визначення комплексного критерію контролю екологічної діяльності СЕУ. Сформовано групи об'єднувальних показників, які дозволили визначити групові показники екологічної результативності, ефективності управління та екологічної дієвості СЕУ. Сформовано алгоритм нечіткого виведення значень лінгвістичних змінних з використанням різних функцій належності та лінгвістичних правил їх розрахунку, використовуючи сучасні комп'ютерні засоби та продукти, а саме пакет *MatLab*. Проведено декомпозицію структурного графу визначення рівня організаційних змін діяльності СГ. Проаналізовано та розглянуто систему показників для моделювання типу СЕУ за ефективністю функціонування для СГ з n-входами та одним виходом. Сформовано три типи моделей СЕУ за ефективністю функціонування – *Environmentally hot*, *Environmentally cold*, *Environmentally soft*.

У шостому розділі проведено експериментальний та обчислювальний експеримент для десяти суб'єктів господарювання, які здійснюють свою діяльність у різних адміністративно-територіальних районах м. Києва, для визначення комплексного критерію екологічної діяльності СЕУ. За результатами проведених обчислень отримано значення комплексного критерію контролю екологічної діяльності системи екологічного управління (SEM), що дало змогу визначити рівень екологічної безпеки СГ. Для експериментальної перевірки запропонованого методу вибору типу моделі СЕУ за ефективністю функціонування було змодельовано рівень організаційних змін діяльності для дослідних суб'єктів господарювання, кожен з яких відповідає певному типу СЕУ за ефективністю функціонування. За допомогою методу кластеризації за принципом «найближчого сусіда» та застосувавши агломеративний ієрархічний алгоритм класифікації, для узагальнення отриманих результатів визначено три кластери рівня розвитку систем управління екологічною безпекою СГ відповідно до рівня організаційних змін та контролю екологічної діяльності СЕУ

Важливість для науки і практики одержаних автором дисертації результатів. Запропоновані в роботі поняття «екологічна дієвість», «ефективність управління», «екологічна результативність» для контролю екологічної діяльності систем екологічного управління, а також розроблені

методи, на основі яких можна провести оцінювання рівня розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання, можуть бути основою для подальших досліджень у напрямках постійного удосконалення систем екологічного управління.

Практична реалізація результатів наукових досліджень полягає в розробленні алгоритму вибору та структурної моделі реалізації управлінських підходів на всіх етапах розроблення, впровадження та функціонування систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання для їх оптимального рівня розвитку.

Розроблений метод визначення комплексного критерію контролю екологічної діяльності СЕУ СГ із врахуванням експертних висновків щодо вагомості групових показників надає можливість: а) контролювати екологічну діяльність СЕУ за запропонованими груповими показниками екологічної результативності, ефективності управління та екологічної дієвості, які є ознакою налагодженого механізму організації діяльності суб'єктів господарювання під час функціонування СЕУ; б) визначити рівень екологічної безпеки суб'єктів господарювання за комплексним критерієм контролю екологічної діяльності СЕУ.

Розроблений метод вибору типу моделі системи екологічного управління за ефективністю функціонування на основі системи визначників в умовах невизначеності надає змогу на підставі теорії нечітких множин: 1) виявити ступінь досягнення СГ екологічних зобов'язань та обов'язкових для дотримання відповідності вимог ДСТУ ISO 14001:2015; 2) визначити рівень організаційних змін діяльності суб'єктів господарювання в результаті впровадження системи екологічного управління; 3) визначити тип СЕУ за ефективністю функціонування; 4) оцінити рівень розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання за організаційними змінами діяльності суб'єктів господарювання та контролем екологічної діяльності СЕУ.

Результати роботи використані ТОВ «Промекопроект» (довідка про впровадження від 12.01.2020 р.); ТОВ «Проектно-екологічний консалтинг» (довідка про впровадження від 17.11.2019 р.); ТОВ «НВП ВАЛСА-ГТВ» (довідка про впровадження від 25.09.2019 р.); Департаментом екології та природних ресурсів Київської обласної державної адміністрації (довідка про впровадження від 30.01.2020 р. № 06.2-02.2-09/811); Національним транспортним університетом (довідка про впровадження від 14.01.2020 р. № 109/01).

Рекомендації щодо застосування результатів і висновків дисертації. Отримані у дослідженні теоретичні та прикладні результати можуть бути використані для подальших наукових розробок, а також керівництвом та екологічними менеджерами суб'єктів господарювання, які впроваджують систему екологічного управління.

Зауваження по дисертації:

1. У Розділі 3 (стор.142) зазначається, що «першим кроком для керівництва та робочої групи є ідентифікація контексту системи «Суб'єкт господарювання». Доцільно було надати визначення «робочої групи» та обґрунтувати її функціонал та склад.

2. На стор. 144 зазначено, що «ефективне функціонування СЕУ не буде досягнуто, доки на підприємстві не будуть в першу чергу ідентифіковані всі аспекти підсистеми «Внутрішнє середовище». Хто і яким чином повинен проводити цю ідентифікацію?

3. Багато СГ здійснює свою діяльність у різних районах міста. Чи зміниться склад формули 3.3 (стор. 172), якщо не всі фактори можна ідентифікувати та визначити кількісно?

4. На СГ, діяльність яких пов'язана з виробництвом та використанням парфумних і косметичних засобів або з функціонуванням ресторанів та системою харчування, потенційний ризик виникнення хронічних захворювань у обслуговуючого персоналу є дуже високим (стор. 176). Чи враховується ця комбінована дія, яка спричиняє негативний вплив декількох поллютантів, при впровадженні запропонованої методики?

5. Чому для нормування показників застосовувалася формула 5.2 (стор. 227), яка не є стандартною?

6. У Розділі 6 сформовано визначення критерію контролю (п. 6.2) та рівня організаційних змін (п. 6.3). Чи доцільно проводити додаткове опитування на підприємствах, якщо вже визначалися показники до впровадження та після впровадження?

7. У роботі недостатньо розкрито попередній аналіз діяльності досліджуваних підприємств (Розділ 6, п. 6.1).

8. Робота містить деякі орфографічні та стилістичні помилки.

Вказані зауваження не впливають на обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не знижують наукової новизни отриманих результатів.

Загальний висновок та оцінка дисертації.

Тема дисертаційної роботи Барабаш Олени Василівни є актуальною, висновки і пропозиції мають наукову новизну і практичну значущість. Дисертація є завершеною науковою працею, в якій вирішується задача створення наукових основ застосування методів біотестування та біоіндикації як додаткових інструментів під час моніторингових досліджень для встановлення рівня розвитку систем управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання.

Автореферат та опубліковані роботи в повній мірі відображають отримані результати та зміст дисертації. Загальні недоліки та дискусійні питання не позначаються на позитивній оцінці дисертаційної роботи в цілому. Кількість та зміст публікацій відповідає вимогам, що встановлені Міністерством освіти і науки України.

Враховуючи актуальність, достовірність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, а також практичну цінність висновків, можна стверджувати про те, що дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. 9, 10, 12, 13 Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р. (із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р., № 567 від 27.07.2016 р., № 943 від 20.11.2019 р., №607 від 15.07.2020 р.) щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, а її автор **Барабаш Олена Василівна** заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент

професор кафедри геоінженерії, заступник директора
Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
з наукової та науково-технічної роботи студентів
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук, професор



А. О. Дичко

Підпис А.О. Дичко засвідчую:

Вчений секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського



В.В. Холявко