

До спеціалізованої вченої ради Д64.832.04  
при Харківському національному  
технічному університеті сільського господарства  
імені Петра Василенка

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Волошиної Людмили Володимирівни** на тему: **«Підвищення зносостійкості масляних шестеренних насосів тракторних дизельних двигунів»**, поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – «Матеріалознавство» Технічні науки (13 Механічна інженерія)

### Актуальність обраної теми дисертації

Дисертаційна робота Волошиної Л. В., що подана до захисту, спрямована на вирішення важливого науково-технічного завдання в галузі матеріалознавства, яке полягає у розробленні технології нанесення покриттів із заданими властивостями та встановленні закономірностей її впливу на формування структури, фазового складу і властивостей деталей масляних шестеренних насосів тракторних дизельних двигунів.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р), а також згідно Закону України № 2519-IV від 09.10.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» за пріоритетним напрямком розвитку науки і техніки «Новітні та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі». Окремі дослідження за темою дисертаційної роботи виконані відповідно до тематики науково-дослідних робіт за темами: «Розробка технології комплексної механічної обробки для деталей транспортного призначення» (ДР№0115U006512); «Розробка нового складу ріжучого інструменту для обробки твердих матеріалів» (ДР№0115U006511).

Науково-технічні роботи, що виконувались у межах перелічених наукових тем, є свідченням затребуваності науково-дослідних робіт з даного напрямку, і, відповідно, вказують на актуальність дисертаційного дослідження Волошиної Л. В.

Ресурс багатьох машин зумовлений низькою зносостійкістю рухомих спряжень та деталей тертя. В зв'язку з цим пошуки і розробка нових технологій, які забезпечать збільшення строку служби деталей тертя, стає першочерговим науковим завданням.

Як показали результати експлуатаційних досліджень пари тертя шестерня - корпус масляного шестеренного насосу тракторних дизельних двигунів, найчастіше його елементи виходять з ладу через знос шестерень і внутрішніх поверхонь корпусу, що сприяє підвищенню витікання масла, за рахунок збільшення зазору в парі тертя, а також масляне "голодування" деталей і вузлів двигуна в цілому із-за зменшення об'єму подачі мастильних матеріалів.

Реновація поверхні пов'язана із значними витратами, що полягають у розбиранні двигуна, перевірці масляного насоса на забезпечення рівня подачі, розбиранні насосу, дефектації, вибракуванні і відновленні деталей масляного насосу.

Наведені обставини стали підґрунтям для формулювання дисертанткою Волошиною Л. В. актуального науково-технічного завдання, спрямованого на встановлення закономірностей впливу нової технології формування покриттів на деталях масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згорання, яка забезпечує підвищення зносостійкості та працездатності.

Вирішення означеного дисертанткою Волошиною Л. В. означеного науково-технічного завдання відкриває шляхи одержання не тільки високоякісних захисних покриттів, але і дозволяють заощаджувати метал, збільшувати довговічність конструкцій, економно витрачати енергоресурси, а також дають можливість створювати принципово нові вироби, що необхідні для створення сучасної техніки.

Наведені факти характеризують тему рецензованої дисертації як *актуальну*, та підтверджують її відповідність вимогам за ознакою «актуальність обраної теми дисертації».

### **Оцінка обґрунтованості наукових положень дисертації, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна**

Обґрунтованість наукових положень дисертаційного дослідження Волошиної Л. В., їх переконливість, ґрунтовність висновків та рекомендацій, виконаних за результатами роботи, обумовлені використанням для їх одержання великої кількості різнопланових методів досліджень та найсучасного експериментального обладнання. Серед них використовувався системний підхід до обґрунтованих напрямів досліджень на основі аналізу й узагальнення виконаних розробок з використання матеріалів і технологічних процесів одержання готових виробів.

У роботі були використані наступні сучасні методи експериментальних досліджень і відповідне устаткування: триботехнічні випробування, металографічний аналіз, оптична мікроскопія, рентгеноспектральний флуоресцентний аналіз, рентгеноструктурний фазовий аналіз.

Достовірність одержаних у дисертаційній роботі результатів, положень, висновків і рекомендацій підтверджено співпадінням результатів, отриманих різними методами, застосуванням сучасного високоточного експериментального обладнання, а також впровадженням результатів досліджень в умовах промислового виробництва, про що свідчить затверджена технічна документація, яку наведено у «Додатках» до дисертації. Достовірність результатів, одержаних в роботі, підтверджується використанням експериментально-технічних положень при математичному плануванні експерименту.

Результати різнопланових досліджень, що отримані авторкою з використанням перелічених методів, надали надійну і взаємоузгоджену інформацію про особливості структуроутворення та комплекс властивостей вискоєфективних покриттів на деталях масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згорання, що забезпечує підвищення зносостійкості та працездатності.

Обґрунтовані положення і висновки рецензованої роботи не вступають у протиріччя з фундаментальними основами матеріалознавства, металознавства та термічної обробки металів.

Вирішення поставленого науково-технічного завдання дозволило Волошиній Л. В. одержати низку нових результатів, що являть собою *наукову новизну* дисертації. Вважаю за необхідне наголосити на найважливіших положеннях.

*Вперше:*

- розроблено інноваційний технологічний процес формування покриттів з використанням водного розчину алюмохромфосфатного зв'язуючого, що дозволить підвищити зносостійкість пар тертя;

- визначено залежність між величиною зносу і технологічними параметрами нанесення покриттів на чавунних та сталевих деталях: температурою, часом витримки і концентрацією розчину;

- визначено залежність впливу технологічних параметрів на товщину покриття;

- розроблено комплексну технологію одночасного формування багат шарового покриття, що базується на послідовному формуванні перехідного шару покриття з різним ступенем легованості на сталевих та чавунних деталях масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згоряння.

*Удосконалено:* технологічний процес формування покриттів багатофункціонального призначення в одному технологічному циклі на деталях масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згоряння, що забезпечить підвищення їх зносостійкості та працездатності.

З моєї точки зору, вищенаведене позитивно характеризує наукові напрацювання дисертантки Волошиної Л. В. і свідчить про вагомість отриманих результатів та узагальнень.

### **Значимість результатів дисертаційної роботи для науки і практики**

Наукова та практична значимість дисертації Волошиної Л. В. полягає в тому, що авторка на основі теоретичних і експериментальних досліджень встановила закономірності формування структури покриттів, які полягають у формуванні окислегування у водному розчині алюмохромфосфатного зв'язуючого деталей масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згоряння, що дозволило розробити технологію нанесення покриттів і забезпечити підвищення зносостійкості та працездатності.

Інноваційний підхід дисертантки Волошиної Л. В. дозволив одержати важливі нові практичні результати:

- визначено раціональні параметри розробленої технології, зокрема температуру нагріву деталей, концентрацію насичуючого середовища та час витримки у цьому середовищі;

- проведено експлуатаційні випробування, які довели, що використання нової технології нанесення покриттів на деталі масляних шестеренних насосів забезпечує їх працездатність протягом усього міжремонтного періоду двигуна;

- встановлено, що зносостійкість деталей з покриттям перевищує майже в 2,5 - 3 рази зносостійкість деталей за базовою технологією.

Результати теоретичних і практичних досліджень впроваджені у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту при вивченні таких дисциплін, як «Матеріалознавство», «Технологія конструкційних матеріалів», «Нові матеріали та технології виготовлення і відновлення деталей», «Ресурсозберігаючі технології».

Відповідно до виконаних розрахунків у дисертаційній роботі можна стверджувати про безумовну економічну доцільність від впровадження розробленої нової технології формування покриттів на деталях транспортного призначення, які працюють в умовах тертя-зношування.

На мою думку, вагомим науково-практичним доробком є одержані авторкою результати виробничих випробувань і впровадження результатів дисертаційної роботи, що підтверджується відповідними актами впровадження, наведеними у додатках до роботи.

Мені видається, що різнобічні дослідження, наукові та практичні результати яких представлено у дисертації, відрізняються системністю, коректністю та обґрунтованістю накопиченого фактажу, який отримано із застосуванням сучасних методів досліджень та обладнання, і підтверджених практичною апробацією та впровадженням в умовах промислового виробництва.

## **Повнота викладу основних результатів дисертації**

Основні результати рецензованої дисертаційної роботи Волошиної Л. В. опубліковані в 22 наукових працях, в тому числі: 6 статей у фахових наукових виданнях України; 1 стаття у виданні, що включено до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS; 11 праць апробаційного характеру; 3 додаткових; 1 патент України на винахід. Всі надруковані праці за темою дисертації виконані авторкою особисто та у співавторстві.

Основні положення дисертації доповідалися на кафедрі „Якість, стандартизація, сертифікація та технології виготовлення матеріалів” в рамках науково-технічної конференції УкрДУЗТ з 2001 по 2020 р.р. В повному обсязі дисертаційна робота обговорювалась та схвалена на розширеному засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів Українського державного університету залізничного транспорту.

Загалом вимоги стосовно повноти публікацій та апробації результатів дисертації Волошиної Л. В. виконано у повному обсязі.

## **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертація Волошиної Л. В. складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 195 сторінок, у тому числі 165 сторінок основного тексту, 13 таблиць, 91 рисунок, список використаних джерел із 217 найменувань на 23 сторінках, 7 сторінок додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначені об'єкт та предмет дослідження, наведено основні отримані автором результати, визначено їх новизну і практичну значимість. Показано зв'язок роботи з науковими темами і особистий внесок здобувачки. Наведено дані про публікації та апробацію результатів роботи.

**Перший розділ** дисертаційної роботи присвячено аналізу умов роботи масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згорання, виконаний аналітичний огляд стану питання й обґрунтовано вибір напрямку досліджень.

Дисертанткою Волошиною Л. В. розглянуто основні переваги та недоліки існуючих технологій формування зносостійких покриттів на деталях транспортного призначення.

На основі аналізу науково-технічної літератури вітчизняних і зарубіжних авторів вибрано найбільш раціональний та науково обґрунтований метод нанесення покриттів, який дозволить підвищити триботехнічні характеристики пар тертя та збільшити ресурс масляного шестеренного насоса.

Як завершення розділу 1, проаналізувавши та узагальнюючи сучасні тенденції створення покриттів, шляхом критичного аналізу дисертанткою було зроблено висновок, що на сьогодні виникла необхідність у комплексному дослідженні та розробці альтернативних технологій одержання ефективних покриттів для деталей масляного шестеренного насоса двигунів внутрішнього згорання.

На мою думку, глибокий аналіз вітчизняних і закордонних інформаційних джерел та наступні узагальнення існуючих відомостей, що виконані шляхом критичного аналізу, дозволили дисертантці Волошиній Л. В. обґрунтувати доцільність виконання досліджень з означеної теми, визначити мету і завдання роботи та окреслити шляхи їх реалізації.

У другому розділі дисертації здобувачка Волошина Л. В. висвітлює узагальнену методологію виконання дисертаційної роботи. Авторкою сформовано методологічний підхід до виконання досліджень, який дозволив визначити послідовність проведення аналітичних розрахунків та експериментів, спрямованих на досягнення сформульованої мети роботи.

У даному розділі подається опис використаних в роботі матеріалів та методик досліджень.

Так, у розділі 2 дисертації дисертантка подає опис матеріалів, які використовуються для виготовлення деталей масляних шестеренних насосів.

Слід зазначити, що дисертантка Волошина Л. В. детально висвітлює особливості методик і апаратного забезпечення для всіх технологічних етапів нанесення і дослідження покриттів.

Окремо необхідно відзначити важливе методологічне забезпечення для оцінки структурно-морфологічних характеристик матеріалів, що розглядаються авторкою дисертаційної роботи.

Підсумовуючи відомості, що представлені у розділі 2, слід зазначити, що авторкою дисертації обґрунтовано та скомпоновано комплексну методику розгалужених досліджень, що має у своєму складі низку найсучасних тонких, стандартних та оригінальних методів досліджень з використанням різноманітного експериментального устаткування.

З моєї точки зору, представлений розділ дисертації Волошиної Л. В. є надзвичайно значущим розділом, який розкриває обґрунтований напрям досліджень та методи вирішення задач, поставлених у роботі.

Вказане демонструє послідовний та системний підхід авторки до вирішення важливого науково-технічного завдання, поставленого у дисертації.

Застосований в дисертаційній роботі комплексний підхід до проведення теоретичних і експериментальних досліджень з використанням сучасних апробованих методик і обладнання для проведення експериментів, технологічного контролю процесів нанесення покриттів та точної обробки експериментальних даних підвищив достовірність отриманих результатів досліджень.

На мою думку, сформована дисертанткою Волошиною Л. В. методика проведення всебічних досліджень, що викладена у розділі 2, забезпечила одержання достовірних та коректних результатів.

Вважаю, що загалом зазначений розділ дисертації Волошиної Л. В. свідчить про логічні та чіткі напрямки реалізації поставленої мети роботи, та підтверджує здатність авторки ставити і послідовно розв'язувати складні наукові завдання, застосовувати найсучасніші методики та обладнання, співставляти і аналізувати одержані результати, робити на їх основі коректні висновки, що демонструє системний підхід до вирішення складних задач.

У третьому розділі дисертації представлені результати дослідження теоретичних основ удосконалення методу нанесення покриття. На основі аналізу літературних джерел, обрано хімічні елементи, які найбільш позитивно впливають на підвищення експлуатаційних властивостей пар тертя, та обґрунтовано утворення покриття з заданими властивостями.

Дисертанткою Волошиною Л. В. встановлено, що оптимальним складом для насичуючого середовища була наявність в ньому таких елементів як алюміній, хром, фосфор. Цього можна досягнути за рахунок того, що перераховані вище елементи входять до складу однієї речовини. Авторкою запропоновано в складі насичуючого

середовища застосовувати алюмохромфосфатне зв'язуюче (АХФЗ), до складу якого входять зазначені елементи.

В результаті досліджень здобувачкою Волошиною Л. В. встановлено, що основними параметрами технологічного процесу нанесення покриттів окислегунням із водного розчину солей є температура обробки деталей, концентрація солі у водному розчині та час витримки в насичуючому середовищі.

Представлені авторкою роботи результати оптимізації параметрів технологічного процесу дозволили визначити діапазон значень параметрів технологічного процесу, за рахунок зміни яких можливо досягти найкращих експлуатаційних та триботехнічних властивостей, а саме утворення оптимальної товщини покриття, мінімальних значень зносу, оптимального часу приробітки, витримки максимального навантаження до утворення задирів.

В розділі 3 дисертації також представлені розгалужені результати металографічних досліджень сформованих покриттів, рентгеноспектрального аналізу зразків, досліджень фазового складу, мікроструктури та визначення товщини утвореного покриття.

Слід зазначити, що застосовуючи системний підхід до вирішення поставлених завдань, дисертантка Волошина Л. В. одержала взаємоузгоджені результати комплексних аналітичних і експериментальних досліджень, що підкреслює достовірність отриманих даних.

На мій погляд, одержані результати, що висвітлені у розділі 3 дисертації, являють собою надзвичайно важливий фактичний матеріал з погляду отримання високоякісних покриттів на деталях масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згорання.

Мені видається, що наведені у даному розділі результати та зроблені висновки показують цінність отриманого фактажу і ґрунтовних висновків не тільки у науковому, але і у прикладному плані, коли стає можливим цілеспрямовано формувати структуру зносостійких покриттів.

У четвертому розділі дисертації представлено результати досліджень властивостей покриття, утвореного за новою технологією, в лабораторних умовах.

Умови проведення дослідження на тертя і знос обиралися максимально наближеними до реальних умов роботи масляних шестеренних насосів.

Оцінка величини зносу проводилася методом зважування зразків на аналітичних терезах ВЛА-200. Випробування проводилися в маслі М10Г2, при навантаженні від 490 Н до 1961Н на машині тертя МИ.

Вельми значущим результатом досліджень авторки дисертації Волошиної Л. В., представленим у розділі 4, є одержані дані триботехнічних випробувань покриттів. Авторкою проведено аналіз кривих сумарного зносу зразків від часу випробування при навантаженні 490 Н, який показав, що сумарний знос зразків з покриттям найменший, тобто у 5,9 разів менший ніж сумарний знос зразків без покриття, у 8 разів менший ніж сумарний знос пари тертя „сталь з покриттям-чавун без покриття”, а також, у 1,96 рази менший порівняно із сумарним зносом пари тертя „сталь без покриття-чавун з покриттям”.

Здобувачка проілюструвала, що сумарний знос зразків при навантаженні 980 Н з покриттям менший у 3 рази, ніж сумарний знос зразків без покриття, у 3,3 рази менший, ніж сумарний знос пари тертя „сталь з покриттям-чавун без покриття”, а також, у 1,4 рази менший порівняно із сумарним зносом пари тертя „сталь без покриття-чавун з покриттям”.

Важливим результатом також є те, що сумарний знос зразків з покриттям при максимальному навантаженні у 1,2 рази менший, ніж сумарний знос зразків сталь без

покриття чавун з покриттям, у 3,65 рази менший, ніж сумарний знос зразків сталі з покриттям чавун без покриття, а також у 3,8 рази менший ніж сумарний знос зразків без покриття.

За результатами лабораторних досліджень авторкою роботи були обрані оптимальні параметри технологічного процесу формування покриттів із водного розчину алюмохромфосфатного з'єднання, зважаючи на його вплив на триботехнічні властивості пар тертя.

Представлений дисертанткою аналіз результатів показує, що цей розділ дисертації Волошиної Л. В. займає одну з ключових позицій з погляду не тільки наукової цінності доробку здобувачки, але і з точки зору рекомендацій виробникам та розробникам нових ефективних технологій одержання високоякісних покриттів.

**П'ятий розділ** дисертації присвячено висвітленню результатів стендових випробувань масляних шестеренних насосів після нанесення покриття.

Авторкою виконано техніко-економічне обґрунтування застосування запропонованого технологічного процесу формування покриттів з заданими властивостями на деталях масляного шестеренного насосу двигунів внутрішнього згорання.

У даному розділі дисертаційної роботи здобувачкою побудовано залежності основних показників, таких як подача та коефіцієнт подачі, від часу випробування для насосів з базовою технологією та насосів з запропонованою технологією обробки в парогазовому середовищі алюмохромфосфатного з'єднання.

На мій погляд, важливим фактом є те, що показник подачі шестеренного насоса обробленого за новою технологією знижується більш повільно і є більшим у 1,16 разів ніж насоса з базовою технологією. Залежність об'ємного К.К.Д. від часу випробування показує, що коефіцієнт подачі шестеренних насосів оброблених за запропонованою технологією окислення в алюмохромфосфатному з'єднанні більший у 1,33 рази ніж у насосів за базовою технологією.

Дисертанткою Волошиною Л. В. визначено, що оскільки показник подачі та коефіцієнт подачі напряму залежать від витоків мастила через зазори в парі тертя шестерня корпус масляного насоса, то можна зробити висновок про підвищення зносостійкості спряжених поверхонь, так як чим нижче знос тим повільніше знижуються показники насоса.

В результаті виконання досліджень авторкою було підтверджено доцільність застосування технології формування покриттів окисленням із водного розчину алюмохромфосфатного з'єднання.

Окрім цього у розділі 5 дисертації представлено результати розрахунку економічного ефекту від впровадження технології формування покриття окисленням із водного розчину алюмохромфосфатного з'єднання на деталях масляних шестеренних насосів, який за десять років розрахункового періоду складе 376,28 тис.грн. При цьому додатково зменшаться витрати на ремонт і обслуговування двигунів внутрішнього згорання в цілому, за рахунок підвищення строку забезпечення продуктивності насоса на високому рівні більш тривалий час.

Дисертантка Волошина Л. В. переконливо показала, що впровадження нової технології дозволить отримати економічний ефект наростаючим підсумком понад 300 тис. грн.

Мені видається, що наведені у даному розділі дисертації результати ілюструють такий важливий і невід'ємний бік дисертаційної роботи, як практичне значення наукових напрацювань здобувачки Волошиної Л. В.

У додатках до дисертації, що рецензується, представлено додаткові матеріали, що доповнюють результати виконаних досліджень, матеріали прикладного характеру, а саме, патент на винахід і затверджену технічну документацію - акти впровадження у Виробничому підрозділі «Вагонне депо Харків-Сортувальний» регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» (м. Харків); у структурному підрозділі «Служба приміських пасажирських перевезень» регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця» (м. Харків); у навчальний процес кафедри «Інженерія вагонів та якість продукції» Українського державного університету залізничного транспорту.

### **Зауваження по дисертаційній роботі**

Поряд з викладеними вище позитивними якостями рецензованої дисертації Волошиної Л. В. слід зробити наступні зауваження по роботі:

1. В розділі 1 дисертантка провела аналіз способів та методів для підвищення зносостійкості сталених та чавунних деталей, але залишилось не зрозумілим чому саме авторка пропонує розроблений спосіб?

2. В розділі 2 на С. 59, рис. 2.1 представлена діаграма Ісікави. Вона розроблена авторкою чи є класичною?

3. На С. 64, рис. 2.3 представлена схема лабораторної печі для розробленої обробки, яка відрізняється від обладнання для хіміко-термічної обробки (зокрема азотування). Дане обладнання є авторською розробкою?

4. В розділі 3 на С. 76, наведено табл. 3.1 - основні дані, які характеризують можливість утворення елементами дифузійних покриттів. Вважаю що ця таблиця не інформативна.

5. На С. 100, рис. 3.21 представлене розподілення хімічних елементів по товщині поверхневого шару, але на фото немає їх розподілення, є тільки виявлені зони.

6. У розділі 3 на рис. 3.22-3.25 приведена структура поверхневого шару. Залишилось не зрозумілим, це поверхневий шар на яких зразках? На нових чи на тих, що були в експлуатації?

7. В дисертаційній роботі розділ 5 на С.162 наведено висновки за результатами розрахунку економічного ефекту від впровадження технології на деталях масляного шестеренного насосу, але в авторефераті дана сума чомусь не наведена.

8. На жаль, деякі висновки до розділів дисертації і загальні висновки до роботи носять констатаційний характер без належного обґрунтування одержаних результатів.

9. В тексті дисертації в незначній кількості присутні друкарські помилки та неточності при відмінюванні слів.

### **Загальні висновки по дисертації**

Дисертація Волошиної Л. В. є завершеною науковою працею, при виконанні якої були одержані нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують актуальне науково-технічне завдання в галузі матеріалознавства – це підвищення зносостійкості деталей масляних шестеренних насосів тракторних дизельних двигунів, шляхом розробки способу нанесення покриттів з заданими експлуатаційними властивостями.

Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані у наукових фахових виданнях і міжнародному виданні, що індексується наукометричною базою даних Scopus, та широко апробовані на вітчизняних та міжнародних науково-технічних конференціях.



Зміст автореферату дисертаційної роботи Волошиної Л. В. є ідентичним до основних положень дисертації.

Вважаю, що дисертаційна робота «Підвищення зносостійкості масляних шестеренних насосів тракторних дизельних двигунів» повністю відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – «Матеріалознавство» та вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567 (зі змінами) щодо кандидатських дисертацій, а її авторка – **Волошина Людмила Володимирівна** заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за означеною спеціальністю.

Офіційний опонент,  
професор, доктор технічних наук,  
професор кафедри технології поліграфічного виробництва  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Т. А. Роїк

Підпис професора, д.т.н. Т. А. Роїк засвідчую:  
Вчений секретар КПІ ім. Ігоря Сікорського



В. В. Холявко