

ВІДГУК

опонента Григорова Андрія Борисовича

на дисертаційну роботу Гуньки Володимира Мирославовича

«Основи технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.17.07 – хімічна технологія палива та паливно-мастильних

матеріалів

Актуальність теми дисертації.

Сучасне будівництво автомобільних доріг пред'являє підвищені вимоги до дорожньо-будівельних матеріалів, особливо до в'язучих речовин, зокрема бітумів для асфальтобетону. Термін служби та експлуатаційні якості асфальтобетонних покриттів більшою мірою залежать від конструкції автодороги, рівня технології будівництва дорожнього одягу, складу та інтенсивності руху, якості експлуатації доріг і, особливо, від якості дорожнього бітуму. Зазвичай асфальтобетонні покриття на основі нафтового дорожнього бітуму не здатні забезпечити в умовах сучасного вантажонапруженого та інтенсивного руху необхідних фізико-механічних властивостей покриттів та їх довговічність. Низька еластичність, недостатні показники тріщиностійкості та температурного інтервалу працездатності обмежують застосування виробів з них у жаркий літній період та взимку. Це основні недоліки, за якими бітум не витримує пред'явлених до нього вимог. Одним з основних способів підвищення термінів служби асфальтобетонних покриттів в силу фізичної природи та структурних особливостей асфальтобетону є зміна структури та властивостей органічних в'язучих матеріалів (бітумів), що використовуються для його приготування. Найбільш поширеним прийомом зміни структури дорожнього бітуму є його модифікація різними високомолекулярними речовинами, зокрема смолами та полімерами. В дисертаційній роботі Гуньки Володимира Мирославовича

розроблено новий підхід до процесу хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів, що значно підвищує їх якість та подовжує строк експлуатації асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг. Тому вважаю, що актуальність обраної теми дисертаційного дослідження не викликає жодного сумніву. Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження підтверджується і тим, що вона виконувалася в рамках гранту «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» Національного фонду досліджень України «Одержання модифікованих низькомолекулярними органічними сполуками бітумів із нафтових залишків» (реєстраційний номер 2020.02/0038; № держреєстрації: 0120U105276, 0121U111508, 0123U102676). Окремі її частини виконано в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт «Розроблення технології одержання дорожніх бітумів та бітумних емульсій, модифікованих полімеризаційними та конденсаційними смолами» (№ держреєстрації 0115U000425), «Дорожні бітуми та бітумні емульсії, модифіковані полімерами і смолами, одержаними з побічних продуктів переробки вугілля» (№ держреєстрації 0117U004451), а також у рамках науково-дослідної роботи із Державним агентством відновлення та розвитку інфраструктури України «Виконати моніторинг якості бітумів, що застосовуються в дорожньому господарстві України, та провести дослідження нових модифікуючих добавок для дорожніх бітумів та асфальтобетонів» (№ держреєстрації 0121U112854).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій в дисертаційній роботі Гуньки Володимира Мирославовича є достатньо високою і базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, пов'язаними між собою, та якісно сформульованим меті, завданням і висновкам дисертаційного дослідження. Експериментальні

дослідження виконано з використанням сучасних методів дослідження. Так, фізико-механічні властивості бітумів (пенетрація, дуктильність та еластичність за 25 °С; температура розм'якшення; температура крихкості за Фраасом; температура спалаху у відкритому тиглі; динамічна в'язкість за різних температур; стабільність під час зберігання та інші) визначали за стандартизованими методиками. Для характеристики адгезійних властивостей бітумів визначали зчеплюваність до поверхні скла та щебеню та зчеплюваність між в'язучим та заповнювачем за методом «Rolling Bottle Test». Моделювання процесів старіння бітумів проводили згідно методики TFOT та RTFOT. Груповий склад бітумних матеріалів визначали згідно методики Маркуссона. Фізико-хімічні дослідження проводили із використанням сучасних інструментальних методів, а саме FTIR-спектроскопія, хроматографія, рентгенофлуоресцентний аналіз (XRF), рентгенофазовий аналіз (XRD), скануюча електронна мікроскопія (SEM), диференціально-термічний та термогравіметричний аналізи. Обробка експериментальних даних виконана статистичними методами з використанням програм STATISTICA 10.0. та MS Excel. Отримані результати критично проаналізовані і співставленні з результатами інших дослідників щодо модифікування нафтових залишків і бітумів. Це все, в сукупності, підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі.

Наукова новизна дисертаційної роботи.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що її автор Гунька Володимир Мирославович розробив новий науково-обґрунтований комплексний підхід до процесу одержання високоякісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва методами хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів.

Автором особисто вперше одержано такі наукові результати:

- вивчено вплив технологічних параметрів (кількості модифікатора, температури та тривалості) на основні фізико-механічні властивості дорожніх в'язучих матеріалів, які одержані в процесі хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів доступними реагентами, а саме формальдегідом, малеїновим ангідридом, поліетиленгліколями та фенолоформальдегідними смолами;

- доведено, що необхідні олігомери (арено-формальдегідні смоли) для модифікування, утворюються внаслідок реакцій конденсації складових частин гудрону (в основному смол і асфальтенів) із формальдегідом, що дозволяє, в залежності від його кількості, одержати бітуми різних марок за penetрацією та температурою розм'якшення, і які характеризуються високою адгезією до мінеральних наповнювачів асфальтобетонів;

- встановлено, що хімічне модифікування нафтових залишків і бітумів малеїновим ангідридом проходить за температур вище 130 °С (відбувається інтенсифікація приєднання малеїнового ангідриду за реакцією Дільса-Альдера), але бітуми одержані за нижчих температур характеризуються більшою в'язкістю і температурою розм'якшення, що пояснюється утворенням π - π комплексів;

- доведено, що при модифікуванні попередньо малеїнізованих бітумів функційними олігомерами, які містять гідроксильну групу (поліетиленгліколями), можна одержати бітум-полімерні суміші, які володіють необхідною теплостійкістю та еластичністю і при цьому є стійкими до розшарування при довготривалому зберіганні за високих температур;

- вивчено вплив основних технологічних параметрів синтезу фенолоформальдегідної смоли на її вихід і температуру розм'якшення з метою одержання ефективного модифікатора дорожніх бітумів;

- показано, що використання феноло-формальдегідних смол, одержаних внаслідок поліконденсації суміші фенолів і крезолів (вилучених із

кам'яновугільної смоли) із формальдегідом, у процесах модифікування бітумів, дозволяє збільшити температуру розм'якшення і, особливо, адгезійні властивості одержаних бітумполімерних сумішей.

Практична значимість.

Практична значимість результатів дисертаційної роботи Гуньки Володимира Мирославовича не викликає ніяких сумнівів оскільки в результаті її виконання автором запропоновані основні технологічні принципи хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів.

На основі одержаних експериментальних даних запропоновано оптимальні значення основних технологічних параметрів процесів хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів доступними реагентами, а саме формальдегідом, малеїновим ангідридом, поліетиленгліколями та фенолоформальдегідними смолами.

Встановлено оптимальні значення основних технологічних параметрів і запропоновано принципову технологічну схему установки одержання термореактивного модифікатора бітумів (фенол-крезол-формальдегідної смоли) з виходом 95,0 % мас. на сировину та температурою розм'якшення – 93 °С, методом поліконденсації формальдегіду із фенолами, вилученими із фенольної фракції, одержаної ректифікацією кам'яновугільної смоли на коксохімічних заводах.

Показано, що найбільш доцільним є використання фенол-крезолформальдегідної смоли у кількості до 1,0 % мас. на бітум, як адгезійної добавки для одержання модифікованого бітуму марки БНД-А 70/100 згідно СОУ 45.2-00018112- 38 067:2011. Використання модифікованого бітуму дозволяє зменшити водонасичення і збільшити міцність асфальтобетонних покриттів, що є характерним для бітумів, модифікованих адгезивами. Ефективність використання одержаної смоли, як адгезійної добавки, підтверджено результатами модифікування нею

дослідної партії бітуму на ТДВ «Шляхове ремонтно-будівельне управління №88» (м. Самбір, Львівська обл.) і випробуванням зразків одержаних бітум-полімерної суміші та щебенево-мастикових асфальтобетонів марки ЩМА-15 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015 у лабораторії ТОВ «Незалежний дорожній контроль» (м. Самбір, Львівська обл.). Також відповідність вимогам згідно СОУ 45.2-00018112-067:2011, одержаного модифікованого бітуму марки БНД-А 70/100, підтверджено результатами випробування у лабораторії ТОВ «Онур Конструкціон Інтернешнл» (м. Львів).

Встановлено, що оптимальною сировиною процесу хімічного модифікування формальдегідом є нафтовий залишок – гудрон. Оскільки, гудрон як правило використовується для одержання бітумів на нафтопереробних заводах і не є цільовим продуктом який реалізовується, найбільш доцільним є впровадження даної технології на нафтопереробних заводах. Запропоновано принципову технологічну схему установки, яка дозволить одержати бітуми різних марок за пенетрацією і температурою розм'якшення.

Доведено, що в залежності від кількості формальдегіду в процесі модифікування гудрону, можна одержати різні бітуми для асфальтобетонів за пенетрацією та температурою розм'якшення (за кількості формаліну 1,0 % мас. на гудрон – БНД 100/150 згідно ДСТУ 4044:2019; 1,9 і 3,0 – відповідно, БМПП 70/100-60 і БМПП 35/50- 70 згідно ДСТУ 9116:2021). Тобто дана технологія дає змогу, в залежності від кількості модифікатора, одержувати, як в'язкі дорожні бітуми з невисокою температурою розм'якшення (до 50 °С), так і бітумні мастики з високою температурою розм'якшення (понад 80 °С). Також усі одержані гудрони, модифіковані формальдегідом відзначаються високими адгезійними властивостями по відношенню до кислих мінеральних наповнювачів асфальтобетонів (зчеплюваність з поверхнею щебеню – 4,5- 5,0 балів).

Результати виготовлення двох дослідних партій гудронів, модифікованих формальдегідом на ПАТ «НАФТОХІМІК ПРИКАРПАТТЯ» (м. Надвірна, Івано Франківська обл.) та випробування у ПП «ЛАБОРАТОРІЯ ЗАХІДДОРСЕРВІС» (м. Львів) підтвердили їх ефективність і відповідність згідно ДСТУ 4044:2019 для бітумів марки БНД 70/100 і БНД 35/50. Хімічне модифікування попередньо малеїнізованих бітумів поліетиленгліколями (ПЕГ-400 і ПЕГ-2000) дозволяє одержувати бітум-полімерні композиції з температурою розм'якшення – понад 55 °С, еластичністю за 25 °С – більше 40 %, зчеплюваністю з поверхнею щебеню – 4,5-5,0 балів і які найголовніше є стійкими до розшарування при довготривалому зберіганні за високих температур, що є суттєвою перевагою у порівнянні із традиційними процесами фізичного модифікування полімерами (в основному блок-кополімером типу стирол-бутадієн-стирол – SBS). Ефективність модифікування малеїнізованого бітуму поліетиленгліколем марки ПЕГ2000 підтверджено виготовленням дослідної партії бітум-полімерної суміші на ТДВ «Шляхове ремонтно-будівельне управління №88» (м. Самбір, Львівська обл.) і випробування одержаного в'язучого матеріалу та зразків щебенево-мастикових асфальтобетонних покриттів марки ЩМА-15 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на ТОВ «Незалежний дорожній контроль» (м. Самбір, Львівська обл.).

Показано доцільність використання малеїнового ангідриду, як спінювача бітумів, для одержання спінених бітумів, використання яких дозволяє понизити температури приготування асфальтобетонних сумішей і ущільнення асфальтобетонів без погіршення фізико-механічних властивостей асфальтобетонних покриттів, що дозволяє зменшити вартість укладання дорожнього покриття.

В рамках реалізації гранту Національного фонду досліджень України «Одержання модифікованих низькомолекулярними органічними сполуками бітумів із нафтових залишків» у співпраці із ПП «Лабораторія

ЗахідДорСервіс» розроблено і погоджено у встановленому порядку нормативну документацію на нові в'язучі матеріали для дорожнього будівництва, які одержано внаслідок хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів – ТУ У 19.2-02071010-183:2023 «Гудрони 40 та бітуми, модифіковані формальдегідом. Технічні умови» і ТУ У 19.2-02071010-184:2023 «Гудрони та бітуми, модифіковані малеїновим ангідридом. Технічні умови».

Результати дисертаційної роботи використані в навчальному процесі кафедри хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка» у матеріалах навчальних дисциплін «Хімія нафти і газу», «Технологія додатків, реагентів і допоміжних продуктів» і «Хімічна технологія твердих горючих копалин» для студентів спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія.

Практична значимість отриманих результатів також підтверджена 3 патентами України на корисну модель.

Достовірність і новизна висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність і новизна повністю підтверджується проведеними теоретичними та експериментальними дослідженнями. Всі висновки і рекомендації базуються на масиві експериментальних даних, отриманих з використанням сучасних стандартизованих та обґрунтованих методів досліджень.

Аналіз змісту і структури дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Гуньки Володимира Мирославовича складається із анотації, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел літератури (271 найменувань) та 10 додатків. Загальний обсяг дисертації – 451 сторінок. Основний текст дисертації містить 118 таблиць та 105 рисунків.

У «вступі» обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету роботи та напрямки досліджень, висвітлено її наукову новизну і практичну цінність. Наведено відомості щодо апробації роботи та публікацій, а також відзначено особистий внесок автора.

У розділі 1 «АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА», обсягом 46 стор., проведено огляд науково-технічної літератури і наведено критичний аналіз методів одержання дорожніх нафтових бітумів та їх модифікування різними речовинами, використання яких дозволить зменшити інтенсивність руйнування дорожнього покриття та збільшити термін його експлуатації. На основі огляду науково-технічної літератури визначено мету та завдання роботи.

У розділі 2 «ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ», обсягом 31 стор., наведено характеристики нафтових залишків, бітумів, різних типів сировини синтезу термореактивного модифікатора, високо- і низькомолекулярних органічних модифікаторів, каталізаторів та розчинників, які використовувалися у дослідженнях при виконанні дисертаційної роботи. Детально описано методики одержання термореактивної смоли і модифікування нафтових залишків і бітумів запропонованими речовинами. Визначення фізико-механічних властивостей для вихідних і модифікованих бітумів проводили згідно чинних нормативних документів.

У розділі 3 «ХІМІЧНЕ МОДИФІКУВАННЯ БІТУМІВ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГІДНИМИ СМОЛАМИ», обсягом 88 стор., запропоновано спосіб одержання модифікованих дорожніх нафтових бітумів який складався з двох етапів – одержання термореактивної смоли та модифікування нею бітумів. Для синтезу модифікатора дорожніх бітумів була вибрана широка фенольна фракція (ШФФ), одержана ректифікацією кам'яновугільної смоли (КВС) на ПрАТ «Запоріжжкокс» (м. Запоріжжя,

Україна). Представлено схему проведення дослідження з модифікування ФФС-КВС. Визначено технологічні параметри модифікування та визначено раціональні концентрації модифікатора. На основі математичної обробки отриманих експериментальних даних знайдені оптимальні технологічні параметри синтезу термореактивної смоли-модифікатора бітумів, які можуть забезпечити максимальний вихід та ТР отриманої смоли. Встановлено взаємозв'язок між параметрами модифікування, кількістю модифікатора та фізико-хімічними показниками якості модифікованих залишків і бітумів.

У розділі 4 «ХІМІЧНЕ МОДИФІКУВАННЯ НАФТОВИХ ЗАЛИШКІВ І БІТУМІВ АРЕНО-ФОРМАЛЬДЕГІДНИМИ СМОЛАМИ», обсягом 66 стор., розглянуто модифікування нафтових залишків (гудронів) і бітумів формальдегідом із одержанням нових в'язучих для асфальтобетонів. Представлено схему проведення дослідження з модифікування формальдегідом. На підставі проведених досліджень запропоновано ряд ефективності каталізаторів у відповідності до температура розм'якшення за кільцем і кулею для отриманих модифікованих бітумів. Визначено вплив основних технологічних параметрів процесу хімічного модифікування гудрону формальдегідом на основні фізико-механічні властивості.

У розділі 5 «ХІМІЧНЕ МОДИФІКУВАННЯ НАФТОВИХ ЗАЛИШКІВ І БІТУМІВ МАЛЕЇНОВИМ АНГІДРИДОМ», обсягом 49 стор., запропоновано процес послідовного хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів малеїновим ангідридом (МА) та полетиленгліколями (ПЕГ) для одержання БПС, які володіють кращими теплостійкістю, еластичністю, адгезією до мінеральних наповнювачів і є стійкими до розшарування при зберіганні за високих температур. Запропоновано послідовний процес модифікування МА і ПЕГ. Представлено схему проведення досліджень модифікування МА та ПЕГ. Визначено вплив основних технологічних параметрів на фізико-механічні властивості одержаних малеїнізованих бітумів (БОМА).

У розділі 6 «ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЙ ХІМІЧНОГО МОДИФІКУВАННЯ НАФТОВИХ ЗАЛИШКІВ І БІТУМІВ», обсягом 26 стор., наведено порівняльний аналіз техніко-економічних показників відомих та досліджуваних технологій одержання в'язучих для дорожнього будівництва. Запропоновано принципову технологічну схему одержання термореактивної смоли-модифікатора із фенолів, вилучених із кам'яновугільної смоли; принципова технологічна схема процесу хімічного модифікування нафтових залишків (гудронів) формальдегідом. Наведено матеріальний баланс та температурний режим роботи запропонованих принципових технологічних схем.

У «ВИСНОВКАХ», що складаються із 10 пунктів та охоплюють усі розділи дисертаційної роботи, обсягом 3 стор, простежується зв'язок з поставленими завданнями, науковою новизною та теоретичним і експериментальним матеріалом, викладеним в тексті дисертаційної роботи.

Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи.

Основний зміст дисертаційної роботи висвітлено у 48 наукових працях, з них 2 монографії, 12 статей у наукових фахових виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science; 7 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 3 статті у наукових фахових виданнях України; 3 патенти на корисну модель, 21 тези доповідей та матеріали конференцій.

Зауваження та дискусійні положення.

1. Без конкретних числових значень технологічних параметрів процесу модифікування та показників якості модифікованих бітумів пункти наукової новизни мають декларативний характер.

2. В пункті «Практичне значення отриманих результатів» ідеться про запропоновані оптимальні значення основних технологічних параметрів процесів хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів, але ці значення не наведені. Також в цьому пункті для підтвердження практичного значення отриманих результатів доцільно було б навести 3 патенти України на корисну модель.

3. Рисунок 1.3 (57 стор.) оформлено не відповідним чином.

4. Незрозуміло, навіщо в першому розділі дисертації так детально наводити інформацію про фізичне модифікування бітумів (обсяг 59-69 стор.), коли дисертаційна роботи присвячена лише хімічному модифікуванню.

5. При формуванні першого розділу «АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА» доцільно було більше врахувати доробки і вітчизняних вчених, присвячених цій проблематиці.

6. Бажано було б зменшити розміри рисунків 2.1, 3.3, 3.4-3.7, 3.28, 3.32-3.34, 4.4-4.8, 4.20-4.22, 4.27-4.29, 5.9, 5.20,

7. Дуже сумнівною виглядає інформація про видалення механічних домішок з «кислого» гудрону лише за рахунок фільтрування при 105 °С (97 стор.). Необхідно навести інформацію про розміри тих механічних домішок, що були видалені повністю. В табл. 2.8, разом з іншими фізико-хімічними характеристиками «кислого» гудрону необхідно вказати і залишковий вміст механічних домішок після його підготовки.

8. Опис процесу модифікування нафтових залишків і бітумів (100-104 стр.) не містить інформації щодо тривалості процесу.

9. Відсутні висновки до 2 розділу дисертаційної роботи.

10. За текстом дисертаційної роботи не вказано тривалість процесів та швидкість обертання перемішуючих пристроїв в реакторах (рис. 6.1, рис. 6.5), що наведені на рис. 6.1, 6.3, 6.5. На принципових технологічних схемах не вказано насосне обладнання, матеріальні потоки рухаються самопливом?

11. Висновки до 6 розділу не відображають повноти наведеної в розділі інформації та носять деклараційний характер.

12. Чи вистачить сировини вітчизняного виробництва для повного завантаження установок з хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів? Чи розглядалися варіанти імпортування сировини із-за кордону? Чи враховувалися витрати на логістичні дослідження щодо пошуку, закупівлі та транспортування необхідної сировини? На скільки це призведе до збільшення собівартості кінцевого продукту.

13. В 6 розділі дисертаційної роботи не розглянуті питання щодо технічного інтегрування запропонованих технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів в існуюче виробництво. Не розглянуто перелік та характеристики побічних продуктів, можливість їх переробки або рециклінгу, вплив на довкілля.

Вказані недоліки носять рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Гуньки Володимира Мирославовича «Основи технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів» є цілісною завершеною науковою працею, яка вирішує важливу науково-практичну проблему – одержання високоякісних в'язучих матеріалів для дорожнього будівництва методами хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів.

Дисертаційна робота Гуньки Володимира Мирославовича «Основи технологій хімічного модифікування нафтових залишків і бітумів» виконана із дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота має важливе наукове та практичне значення і за ступенем обґрунтованості викладених науково-теоретичних і науково-практичних положень, достовірністю і новизною отриманих результатів, висновків і рекомендацій, повністю відповідає вимогам до докторських

дисертації згідно пп. 7, 8, 9 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а здобувач Гунька Володимир Мирославович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів.

Офіційний опонент

професор кафедри технологій переробки
нафти, газу та твердого палива

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

доктор технічних наук, професор

20.05.2024

Андрій ГРИГОРОВ

Підпис *проф. Андрій Григорів*
ЗАСВІДЧУЮ
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
" " " Р.



ЗАЙЦЕВ Ю. І.