

Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та  
обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник голови науково-  
методичної ради НУВГП  
*e-відпис* Валерій СОРОКА  
10.02.2022

04-01-26S

## СИЛАБУС

навчальної дисципліни

## SYLLABUS

<b>МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ НЕКОРЕКТНИХ ЗАДАЧ</b>		<b>METHODS FOR SOLVING OF ILL-POSED PROBLEMS</b>	
Шифр за ОП	BB34	Code in Educational Program	
Освітній рівень: бакалаврський (перший)		Educational level: Bachelor's (first)	
Галузь знань: Математика і статистика	11	Fields of knowledge: <b>Mathematics and statistics</b>	
Спеціальність: Прикладна математика	113	Field of study: <b>Applied Mathematics</b>	
Освітня програма: Прикладна математика		Educational Program: <b>Mathematics and statistics</b>	

PIBHE -2022

Силабус навчальної дисципліни *Методи розв'язування некоректних задач* для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою *Прикладна математика, 113 Прикладна математика*. Рівне. НУВГП. 2022. 12 стор.

ОПП на сайті університету: <https://start.nuwm.edu.ua/osvitni-prohramy/item/prykkladna-matematyka>

Розробник силабусу: *Бомба А.Я., д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики*

Керівник освітньої програми *Прищепя О.В., к.ф.-м..н., доцент.*

Силабус схвалений на засіданні кафедри  
Протокол №10 від “28” січня 2022 року

Завідувач кафедри: *Турбал Ю.В., д.т.н., професор.*

Керівник освітньої програми *Прищепя О.В., к.ф.-м..н., доцент.*

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ АКOT  
Протокол № 3 від “31” січня 2022 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ АКOT:  
*Мартинюк П.М., д.т.н., професор.*

СЗ №-777 в ЕДО

© Бомба А.Я., 2022  
© НУВГП, 2022

## ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ\*

Ступінь вищої освіти	бакалавр
Освітня програма	Прикладна математика
Спеціальність	113 Прикладна математика
Рік навчання, семестр	4, 8
Кількість кредитів	3
Лекції:	20 годин
Лабораторні заняття:	16 годин
Самостійна робота:	54 години
Курсова робота:	ні
Форма навчання	денна
Форма підсумкового контролю	залік
Мова викладання	українська

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА\*

### ПРОФАЙЛ ЛЕКТОРА

Лектор	<i>Бомба Андрій Ярославович, професор, д.т.н., професор кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики.</i>
Вікіситет	<a href="http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Бомба_Андрій_Ярославович">http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Бомба Андрій Я рославович</a>
ORCID	<a href="http://orcid.org/0000-0001-5528-4192">http://orcid.org/0000-0001-5528-4192</a>
Як комунікувати	<i>a.ya.bomba@nuwm.edu.ua</i> Актуальні оголошення на сторінці дисципліни в системі MOODLE

## ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Анотація навчальної дисципліни, в т.ч. мета та цілі	<u><i>Мета. Даний курс має на меті ознайомити студентів з питаннями дослідження та наближеного розв'язування обернених задач математичної фізики. Основна увага приділяється оберненим задачам реконструкції граничних значень та реконструкції границі у теорії потенціалу. При цьому спершу розглядаються загальні проблеми розв'язування некоректних задач на операторному рівні. Далі вивчені методи застосовуються. При цьому, основний акцент ставиться на вивченні основних принципів розв'язування нестійких задач (головним чином – за Ж. Адамаром), зокрема задач електричної томографії. Також ставиться більш загальна мета – знайомство зі станом питання в одному з найбільш</i></u>
---	--

перспективних напрямків сучасної математики, пов'язаним з розв'язком некоректних задач, що, в свою чергу, дає можливість аналізувати процеси та явища в галузях майбутньої діяльності студентів як фахівців.

Завдання. Головним завданням курсу є ознайомлення студентів із нелінійними некоректними оберненими задачами математичної фізики, чисельними методами їх розв'язування та рекомендаціями щодо використання, а також розглянути основні методи розв'язання некоректних задач; продемонструвати застосування теоретичних відомостей до розв'язку практичних задач, зокрема, задач томографії прикладених потенціалів.

Використовуються такі методи викладання та технології: лекції з використанням технічних засобів навчання та демонстрацією презентацій, лабораторні заняття проводяться з використанням комп'ютерної техніки.

Посилання на розміщення навчальної дисципліни на навчальній платформі Moodle

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824>

Компетентності

ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.

ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.

ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

Програмні результати навчання

ПРН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

ПРН03. Формалізувати задачі, сформульовані

мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.  
ПРН05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.

Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)

Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

Структура навчальної дисципліни

Зазначено нижче в таблиці

Методи оцінювання та структура оцінки

Для досягнення цілей та завдань курсу студентам потрібно вчасно виконати/оформити/здати результати комплексу індивідуальних завдань пошукового та дослідницького характеру, вчасно здати модульні контролі знань.

Оцінювання якості виконання завдань здійснюється за критеріями повноти, правильності та самостійності їх виконання. Враховується також творчий внесок.

Студент отримує такі **обов'язкові** бали:  
60 балів – за вчасне і якісне виконання індивідуальних завдань.

20 балів – модуль 1;

20 балів – модуль 2.

Усього 100 балів.

Студенти можуть отримати **додаткові** бали за: виконання спеціального типу творчих завдань. Тему творчої роботи студенти можуть вибрати самостійно за погодженням із викладачем.

Модульний контроль проходить у формі

тестування. У тесті 30 запитань різної складності: рівень 1 – 26 запитань по 0,5 бали (13 балів), рівень 2 – 2 запитань по 2 бали (4 бали), рівень 3 – 1 запитання по 3 бали (3 бали). Усього – 20 балів.

Нормативні документи, що регламентують проведення поточного та підсумкового контролів знань студентів, можливість їм подання апеляції: <http://nuwm.edu.ua/strukturni-pidrozdili/navch-nauk-tsentr-nezalezhnogo-otsiniuvannia-znan/dokumenty>

<p>Місце навчальної дисципліни в освітній траєкторії здобувача вищої освіти</p>	<p>Слідує після: математичний аналіз, алгебра та геометрія, дискретна математика, диференціальні рівняння, функціональний аналіз, рівняння математичної фізики, чисельні методи математичної фізики.</p>
<p>Поєднання навчання та досліджень</p>	<p>Студенти залучатимуться до виконання конкурсних науково-дослідних робіт, а також до написання та опублікування наукових статей.</p> <p>Використовуватимуться досягнення наукової школи НУВГП «Математичне та комп'ютерне моделювання керованих нелінійних процесів», результати виконання держбюджетних наукових тем: «Розвиток методів комплексного аналізу і теорії збурень моделювання нелінійних процесів з керуванням, ідентифікацією та оптимізацією», «Математичне та комп'ютерне моделювання техногенних керованих процесів в пористих середовищах з бар'єрами за умов ідентифікації»</p>
<p>Інформаційні ресурси</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охріменко М. Г., Фартушний І. Д., Кулик А. Б. Некоректно поставлені задачі та методи їх розв'язування: підручник. Київ : «Політехніка», 2016. 225 с.</li> <li>2. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. Москва : Наука, 1979. 284 с.</li> <li>3. Лаврентьев М. М., Романов В. Г., Шишатский С. П. Некорректные задачи математической физики и анализа. Москва : Наука, 1980. 287 с.</li> <li>4. Бакушинский А. Б., Гончарский А. В. Некорректные задачи. Численные методы и приложения. Москва : Издательство</li> </ol>

- Московского университета, 1989. 199 с.
5. Bomba A., Boichura M. Identification of Burst Parameters using Numerical Quasiconformal Mapping Methods. *International Journal of Applied Mathematics*. 2020. Vol. 33 (5). P. 903–917.
  6. Бомба А. Я., Бойчура М. В. Методичні вказівки до виконання самостійних (лабораторних і практичних) робіт з навчальної дисципліни «Методи розв'язування некоректних задач» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Прикладна математика» спеціальності 113 «Прикладна математика». 2021. 30 с.
  7. Тихонов А. Н. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация. Москва : Наука, 1983. 200 с.
  8. Пеккер Я. С., Бразовский К. С, Усов В. Ю. и др. Электроимпедансная томография: монография. Томск : НТЛ, 2004. 192 с.
  9. Бомба А. Я., Каштан С. С., Пригорницький Д. О., Ярощак С. В. Методи комплексного аналізу: монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 415 с.
  10. Светов Б. С. Основы геоэлектрики. Москва : Издательство ЛКИ, 2008. 656 с.
  11. Бомба А. Я., Бойчура М. В. Методи комплексного аналізу в задачах ідентифікації: монографія. Рівне : НУВГП, 2020. 188 с.
  12. Рівненська обласна універсальна бібліотека. URL: <http://lib.rv.ua/> (дата звернення: 21.12.2018).
  13. Наукова бібліотека НУВГП. URL: <http://lib.nuwm.edu.ua/> (дата звернення: 21.12.2018).
  14. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського: URL: <http://www.nbuv.gov.ua/> (дата звернення: 21.12.2018).

#### ПРАВИЛА ТА ВИМОГИ (ПОЛІТИКА)\*

Дедлайни та перекладання

Ліквідація академічної заборгованості здійснюється згідно «Порядку ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП», <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/>. Згідно цього документу і реалізується право студента на повторне вивчення дисципліни чи повторне навчання на курсі.

Перездача модульних контролів здійснюється згідно <http://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/navch-nauk-tsentr-nezalezhnogo-otsiniuvannia-znan/dokumenti>.

Оголошення стосовно дедлайнів здачі та перездачі оприлюднюються на сторінці MOODLE <https://exam.nuwm.edu.ua/>

Правила академічної доброчесності

При виявленні елементів академічної недоброчесності під час модульного контролю, студент позбавляється права у продовженні відповідного контролюючого заходу, результати оцінювання відповідного модуля анулюються.

При виявленні плагіату у окремих елементах представлених для оцінювання результатах виконання індивідуальних завдань, студенту знижується оцінка у відповідності до ступеня порушення академічної доброчесності.

Документи стосовно академічної доброчесності (про плагіат, порядок здачі курсових робіт, кодекс честі студентів, документи Національного агентства стосовно доброчесності) наведені на сторінці ЯКІСТЬ ОСВІТИ сайту НУВГП –

<http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj>

Вимоги до відвідування

Студенту не дозволяється пропускати заняття без поважних причин.

У випадку пропуску заняття з поважних причин (індивідуальний план, лікарняний листок, мобільність тощо) студент зобов'язаний самостійно вивчити пропущений теоретичний матеріал на платформі MOODLE

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2920>

чи виконати завдання практичного заняття у порядку передбаченому відповідними методичними вказівками.

Студент має право оформити індивідуальний графік навчання згідно відповідного положення <http://ep3.nuwm.edu.ua/6226/>

Студенти можуть без обмежень використовувати на заняттях мобільні телефони та ноутбуки.

Неформальна та інформальна освіта

Студенти мають право на перезарахування результатів навчання набутих у неформальній та інформальній освіті згідно відповідного



положення:

<http://nuwm.edu.ua/sp/neformalna-osvita>.

Також студенти можуть самостійно на платформах Prometheus, Coursera, edEx, edEra, FutureLearn та інших опанувати матеріал для перезарахування результатів навчання. При цьому важливо, щоб знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мали зв'язок з очікуваними навчальними результатами даної дисципліни/освітньої програми та перевірялись в підсумковому оцінюванні.

### ДОДАТКОВО

Правила отримання зворотної інформації про дисципліну\*

Щосеместрово студенти заохочуються пройти онлайн опитування стосовно якості викладання та навчання викладачем даного курсу та стосовно якості освітнього процесу в НУВГП.

За результатами анкетування студентів викладачі можуть покращити якість навчання та викладання за даною та іншими дисциплінами.

Результати опитування студентам надсилають обов'язково.

Порядок опитування, зміст анкет та результати анкетування здобувачів минулих років та семестрів завантажені на сторінці «ЯКІСТЬ ОСВІТИ»:

<http://nuwm.edu.ua/porjadok-opituvannja>

<http://nuwm.edu.ua/sp/anketuvannja>

<http://nuwm.edu.ua/sp/rezultati-opituvannja>

Оновлення\*

За ініціативою викладача зміст дисципліни оновлюється щорічно, враховуючи нові результати досліджень наукової школи.

Студенти також можуть долучатись до оновлення дисципліни шляхом подання пропозицій викладачу стосовно новітніх змін. За якісно обґрунтовану пропозицію студенти можуть отримати додаткові заохочувальні бали.

Навчання осіб з інвалідністю

Документи та довідково-інформаційні матеріали стосовно організації навчального процесу для осіб з інвалідністю доступно за посиланням:

<http://nuwm.edu.ua/sp/dlja-osib-z-invalidnistju>

У випадку навчання таких категорій здобувачів освітній процес даного курсу враховуватиме, за можливістю, усі особливі потреби здобувача.

Викладач та інші здобувачі даної освітньої програми максимально сприятимуть організації навчання для осіб з інвалідністю та особливими освітніми потребами.

Практики, представники бізнесу, фахівці, залучені до викладання	–
Інтернаціоналізація	<p>Електронні бібліотеки:  <a href="http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/korisni-posilannya/elektronni-biblioteki">http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/korisni-posilannya/elektronni-biblioteki</a>          Як знайти статтю у Scopus:  <a href="http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/biblioteka/novini/item/506-v-dopomohu-avtoram">http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/biblioteka/novini/item/506-v-dopomohu-avtoram</a>          База періодичних видань:  <a href="https://www.scimagoir.com/">https://www.scimagoir.com/</a>          Електронний каталог:  <a href="http://nuwm.edu.ua/MySql/">http://nuwm.edu.ua/MySql/</a>          Можливості доступу до електронних ресурсів та сервісів:  <a href="http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/biblioteka/novini/item/516-mozhlyvosti-dostupu-do-resursiv-i-servisiv">http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/biblioteka/novini/item/516-mozhlyvosti-dostupu-do-resursiv-i-servisiv</a></p>

\* пункти, які обов'язково потрібно заповнити

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Лекцій 20 год	Лабор. 16 год	Самостійна робота 54 год
<b>РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ – РН1</b>		
<b>Застосовувати методи розробки математичних моделей об'єктів і процесів та їх аналітичного дослідження на предмет коректності постановки</b>		
Види навчальної роботи студента (що студенти повинні виконати)	Опанувати теоретичні та методологічні основи проведення наукового дослідження з урахуванням проблем ідентифікації та коректності постановок задач Оволодіти навиками застосування та розвитку принципів регуляризації	
Методи та технології навчання	Лекції, презентації, обговорення, дослідження	
Засоби навчання	Мультимедіа, проєкційне обладнання, інформаційно-комунікаційні системи	
<b>За поточну (практичну) складову оцінювання – 30 балів</b>	<b>За модульний (теоретичний) контроль знань (РН1), модуль 1 – 20 балів</b>	

## РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ – РН2

### Застосовувати методи регуляризації для розв'язання некоректних обернених задач природознавства

Види навчальної роботи студента (що студенти повинні виконати)	Оволодіти навиками застосування регуляризуючих методів для лінійних і нелінійних обернених задач
Методи та технології навчання	Лекції, презентації, обговорення, дослідження
Засоби навчання	Мультимедіа, проєкційне обладнання, інформаційно-комунікаційні системи

<b>За поточну (практичну) складову оцінювання – 30 балів</b>	<b>За модульний (теоретичний) контроль знань (РН2), модуль 1 – 20 балів</b>
--	---

<b>Усього за поточну (практичну) складову оцінювання, балів</b>	<b>60</b>
<b>Усього за модульний (теоретичний) контроль знань, модуль 1, модуль 2, бали</b>	<b>40</b>
<b>Усього за дисципліну</b>	<b>100</b>

\*для екзаменаційних дисциплін співвідношення поточного (практичного) та модульного (підсумкового) контролів - 60 та 40

## ЛЕКЦІЙНІ/ПРАКТИЧНІ/СЕМІНАРСЬКІ/ЗАНЯТТЯ/ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

### Тема 1. Узагальнення поняття розв'язку, псевдорозв'язок

Результати навчання	Кількість годин: лекції – 4 лаб. – 4	Література: Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. Москва : Наука, 1979. 284 с. Лаврентьев М. М., Романов В. Г., Шишатский С. П. Некорректные задачи математической физики и анализа. Москва : Наука, 1980. 287 с. Охріменко М. Г., Фартушний І. Д., Кулик А. Б. Некоректно поставлені задачі та методи їх розв'язування: підручник. Київ : «Політехніка», 2016. 225 с.	<a href="https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824">https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824</a>
Опис теми	Погано обумовлені системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Норма вектора. Норма матриці. Сумісність, визначеність та погана обумовленість матриць. Міра коректності матриці. Узагальнений розв'язок. Псевдорозв'язок задачі.		

### Тема 2. Метод регуляризації

Результати навчання	Кількість годин: лекції – 6 лаб. – 4	Література: Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. Москва : Наука, 1979. 284 с. Лаврентьев М. М., Романов В. Г., Шишатский С. П. Некорректные задачи математической физики и анализа. Москва : Наука, 1980. 287 с. Охріменко М. Г., Фартушний І. Д., Кулик А. Б. Некоректно поставлені задачі та методи їх розв'язування: підручник. Київ : «Політехніка», 2016. 225 с.	<a href="https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824">https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824</a>
Опис теми	Загальна концепція регуляризації. Метод регуляризації (Тихонова) розв'язання погано обумовлених систем алгебраїчних рівнянь. Регуляризуюче нормальне рівняння. Приклади розв'язання погано обумовлених систем з використанням принципу регуляризації.		

### Тема 3. Коректність за Адамаром і Тихоновим. Постановки задач, приклади коректно та некоректно поставлених задач

Результати навчання	Кількість годин: лекції – 2 лаб. – 2	Література: Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. Москва : Наука, 1979. 284 с. Охріменко М. Г., Фартушний І. Д., Кулик А. Б. Некоректно поставлені задачі та методи їх розв'язування: підручник. Київ : «Політехніка», 2016. 225 с.	<a href="https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824">https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824</a>
Опис теми	Коректність задач за Адамаром. Фізичний опис процесів і явищ, що призводить до некоректно поставлених математичних задач. Приклади коректно та некоректно поставлених задач. Коректність задач за Тихоновим.		

### Тема 4. Задачі ідентифікації параметрів квазіідеальних полів числовими

## методами комплексного аналізу

Результати навчання	Кількість годин: лекції – 6 лаб. – 4	Література: Пеккер Я. С., Бразовский К. С, Усов В. Ю. и др. Электроимпедансная томография: монография. Томск : НТЛ, 2004. 192 с. Бомба А. Я., Бойчура М. В. Методи комплексного аналізу в задачах ідентифікації: монографія. Рівне : НУВГП, 2020. 188 с. Бомба А. Я., Каштан С. С., Пригорницький Д. О., Яроцка С. В. Методи комплексного аналізу: монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 415 с. Bomba A., Boichura M. Identification of Burst Parameters using Numerical Quasiconformal Mapping Methods. <i>International Journal of Applied Mathematics</i> . 2020. Vol. 33 (5). P. 903–917.	<a href="https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824">https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824</a>
Опис теми	Загальна (описова) постановка відповідної задачі з точки зору математичної фізики. Рівняння, що описують відповідні процеси. Загальна постановка відповідної задачі з точки зору комплексного аналізу. Обернена задача томографії прикладених квазіпотенціалів. Числові методи квазіконформних відображень розв'язання обернених задач електричної томографії.		

## Тема 5. Оглядова лекція. Приклади розв'язання типових задач

Результати навчання	Кількість годин: лекції – 2 лаб. – 2	Література: Пеккер Я. С., Бразовский К. С, Усов В. Ю. и др. Электроимпедансная томография: монография. Томск : НТЛ, 2004. 192 с. Бомба А. Я., Бойчура М. В. Методи комплексного аналізу в задачах ідентифікації: монографія. Рівне : НУВГП, 2020. 188 с.	<a href="https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824">https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2824</a>
Опис теми	Комбінація методів математичної фізики і комплексного аналізу в задачах електроімпедансної томографії. Огляд з усього курсу. Постановки творчих завдань для наукової роботи студентів. Приклади розв'язання типових завдань		

Лектор  
д.т.н., професор

Бомба А.Я.