

«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»

КАФЕДРА комп'ютерних наук, інформаційних технологій та прикладної математики

(повна назва кафедри)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи

Р. Б. Папірник

« 01 » _____ 2020 року

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Чисельні методи

спеціальність	122 «Комп'ютерні науки»
освітньо-професійна програма	«Комп'ютерні науки»
освітній ступінь	бакалавр
форма навчання	денна
розробник	Вельмагіна Наталя Олександрівна

1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Чисельні методи» належить до переліку нормативних навчальних дисциплін, забезпечує професійний розвиток бакалавра та спрямована на формування в майбутнього фахівця основних понять, теоретичних положень і методів які необхідні для вивчення спеціальних дисциплін. Програма курсу складається з наступних основних розділів: математичне моделювання; точність обчислювального експерименту; чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь, нелінійних рівнянь та систем; методи наближення функцій; чисельне інтегрування та диференціювання; чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Години	Кредити	Семестр	
			IV	
Всього годин за навчальним планом, з них:	105	3,5		
Аудиторні заняття, у т.ч:	46	1,5	46	
лекції	24		24	
лабораторні роботи	14		14	
практичні заняття	8		8	
Самостійна робота, у т.ч:	59	2	59	
підготовка до аудиторних занять	10		10	
підготовка до контрольних заходів	12		12	
виконання курсового проекту або роботи	-	-	-	
опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	7		7	
підготовка до екзамену	30		30	
Форма підсумкового контролю			екзамен	

3. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни. Метою викладання навчальної дисципліни «Чисельні методи» є засвоєння теоретичних основ дисципліни, формування у студентів практичних навичок щодо використання основних методів чисельного розв'язання складних математичних задач.

Завдання дисципліни. Основними завданнями вивчення дисципліни «Чисельні методи» є вивчення чисельних методів розв'язання складних математичних задач а також ознайомлення з сучасними інструментальними засобами реалізації чисельних методів.

Пререквізити дисципліни. Успішне опанування курсу «Чисельні методи» передбачає знання та навички з «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Математичний аналіз», «Диференціальні рівняння» та інші.

Постреквізити дисципліни. Знання, які бакалаври отримують під час вивчення дисципліни «Чисельні методи», будуть використані при вивченні дисциплін спеціальності, а саме «Математичні методи дослідження операцій», «Теорія прийняття рішень», «Моделювання систем», «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» та інших.

Компетентності (відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» СВО ПДАБА 1226 – 2019):

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерних наук, інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

СК-1. Здатність до математичного та логічного мислення, формулювання та досліджування математичних моделей, зокрема дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач в галузі комп'ютерних наук, інтерпретування отриманих результатів.

СК1. Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для

розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування

СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

Програмні результати навчання (відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» СВО ПДАБА 1226 – 2019):

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.

ПР3. Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей.

ПР4. Використовувати методи обчислювального інтелекту, машинного навчання, нейромережевої та нечіткої обробки даних, генетичного та еволюційного програмування для розв'язання задач розпізнавання, прогнозування, класифікації, ідентифікації об'єктів керування тощо.

ПР5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

ПР6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

ПР7. Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.

ПР8. Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.

ПР9. Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

ПР10. Використовувати інструментальні засоби розробки клієнт-серверних застосувань, проектувати концептуальні, логічні та фізичні моделі баз даних, розробляти та оптимізувати запити до них, створювати розподілені бази даних, сховища та вітрини даних, бази знань, у тому числі на хмарних сервісах, із застосуванням мов веб-програмування.

ПР11. Володіти навичками управління життєвим циклом програмного забезпечення, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог і обмежень замовника, вміти розробляти проектну документацію (техніко-економічне обґрунтування, технічне завдання, бізнес-план, угоду, договір, контракт).

ПР12. Застосовувати методи та алгоритми обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних в задачах класифікації, прогнозування, кластерного аналізу, пошуку асоціативних правил з використанням програмних інструментів підтримки багатовимірного аналізу даних на основі технологій DataMining, TextMining, WebMining.

ПР13. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури

комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

ПР14. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

ПР15. Застосовувати знання методології та CASE-засобів проектування складних систем, методів структурного аналізу систем, об'єктно-орієнтованої методології проектування при розробці і дослідженні функціональних моделей організаційно-економічних і виробничо-технічних систем.

ПР16. Розуміти концепцію інформаційної безпеки, принципи безпечного проектування програмного забезпечення, забезпечувати безпеку комп'ютерних мереж в умовах неповноти та невизначеності вихідних даних.

ПР17. Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

Заплановані результати навчання:

- знати програмний матеріал з чисельних методів;
- застосовувати базові знання з дисципліни під час розв'язання прикладних і наукових завдань;
- виконувати необхідні розрахунки в професійній діяльності.

знати: теоретичні основи чисельних методів; інструментальні засоби реалізації чисельних методів.

вміти: проводити аналіз предметної області для застосування чисельних методів; аналізувати та вибирати обчислювальні методи для розв'язання задач; користуватись інструментальними засобами реалізації чисельних методів.

Методи навчання – практичний, наочний, словесний, робота з книгою. Практичних навичок студенти набувають на аудиторних лекційних, практичних та лабораторних заняттях.

Форми навчання – аудиторна, позааудиторна, індивідуальна.

4. СТРУКТУРА (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин, у тому числі				
	усього	л	п	лаб.	с.р
Змістовий модуль 1. Точність обчислювального експерименту. Чисельні методи лінійної та нелінійної алгебри.					
Математичне моделювання.	3	2			1
Точність обчислювального експерименту.	6	2		2	2
Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР)	8	2	2	2	2
Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь та систем.	10	2	2	4	2
Розв'язання задач на власні значення.	4	2			2
Методи наближення функцій.	4	2			2
Разом за змістовим модулем 1	35	12	4	8	11
Змістовий модуль 2. Методи наближення функцій. Чисельне інтегрування та диференціювання.					
Методи наближення функцій.	6		2	2	2
Чисельне інтегрування.	6	2		2	2
Чисельне диференціювання.	5	2			3

Методи розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь.	5	2			3
Чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.	8	2	2	2	2
Інтегральні рівняння.	5	2			3
Методи математичної фізики.	5	2			3
Разом за змістовим модулем 2	40	12	4	6	18
Підготовка до екзамену	30				30
Усього годин	105	24	8	14	59

5. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Математичне моделювання. Моделювання. Математичне моделювання. Обчислювальний експеримент. Етапи рішення задач на комп'ютері. Зв'язок чисельних методів з іншими дисциплінами. Зміст курсу. Розвиток чисельних методів.	2
2	Точність обчислювального експерименту. Елементи теорії похибок. Основна задача теорії похибок. Наближені числа та їх похибки. Різні види похибок та причини їх появи. Зменшення похибок. Стійкість, коректність та збіжність рішень.	2
3	Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Загальні відомості про методи розв'язання СЛАР. Класифікація методів розв'язання СЛАР. Прямі методи розв'язання СЛАР. Ітераційні методи розв'язання СЛАР. Розв'язання СЛАР великої розмірності.	2
4	Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь та систем. Класифікація нелінійних рівнянь. Постановка задачі чисельного розв'язання нелінійних рівнянь. Методи відокремлення коренів нелінійних рівнянь. Методи уточнення коренів нелінійних рівнянь. Чисельні методи розв'язання систем нелінійних рівнянь.	2
5	Розв'язання задач на власні значення. Основні відомості. Обчислення власних значень і власних векторів матриці.	2
6	Методи наближення функцій. Методи інтерполяції функцій. Інтерполяційний многочлен. Сплайн - інтерполяція. Нелінійна інтерполяція. Апроксимація функцій. Загальний випадок середньоквадратичної апроксимації. Апроксимація сплайнами. Екстраполяція та наближення функцій.	2
7	Чисельне інтегрування. Загальні положення. Квадратурні формули. Формула середніх (метод прямокутників). Формула трапецій (метод трапецій). Формула Симпсона (метод Симпсона). Формули Ейлера - Маклорена та Гаусса-Кристоффеля. Метод згущення сіток. Кубатурні формули.	2
8	Чисельне диференціювання. Загальні положення. Похідна многочлена Ньютона. Диференціювання інших апроксимацій. Некоректність чисельного диференціювання.	2
9	Методи розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь. Чисельне диференціювання та інтегрування функцій.	2
10	Чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. Звичайні диференційні рівняння. Однокрокові методи розв'язання	2

	диференційних рівнянь. Багатокрокові методи розв'язання диференційних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференційних рівнянь.	
11	Інтегральні рівняння. Коректні задачі. Елементи теорії. Метод сіток. Метод Гальоркіна. Некоректні задачі. Регуляризація. Варіаційний метод регуляризації. Різницеві методи.	2
12	Методи математичної фізики. Розв'язання рівнянь з частинними похідними (метод сіток, метод скінченних елементів, прямі та ітераційні методи). Різницеві методи розв'язання параболічних рівнянь. Методи розв'язання гіперболічних рівнянь. Методи розв'язання еліптичних рівнянь.	2

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР)	2
2	Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь та систем.	2
3	Методи наближення функцій.	2
4	Чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.	2

7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Точність обчислювального експерименту.	2
2	Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР)	2
3,4	Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь та систем.	4
5	Методи наближення функцій.	2
6	Чисельне інтегрування.	2
7	Чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.	2

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
1	підготовка до аудиторних занять	10
2	підготовка до контрольних заходів	12
3	виконання курсового проекту або роботи	-
4	опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях: <ul style="list-style-type: none"> - Розв'язання СЛАР великої розмірності. - Обчислення власних векторів матриці. - Нелінійна інтерполяція. - Формули Ейлера - Маклорена та Гаусса-Кристоффеля. Метод згущення сіток. Кубатурні формули. - Регуляризація. Варіаційний метод регуляризації. Різницеві методи. 	1 1 1 1 2

	- Методи розв'язання гіперболічних рівнянь. Методи розв'язання еліптичних рівнянь.	1
5	підготовка до екзамену	30

9. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Письмовий, усний, практична перевірка.

10. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Контроль успішності студента здійснюється за допомогою 100-бальної системи оцінювання, що має відповідні оцінки в національній шкалі і шкалі ECTS.

- з поточного контролю (з окремих змістових модулів):

Кожен змістовий модуль оцінюється з розрахунку 100 балів. Ця максимальна кількість балів може бути отримана, якщо всі лабораторні роботи виконані і захищені в строки. За кожен роботу нараховуються бали з розрахунку максимум 100 балів.

Змістовий модуль №1 Точність обчислювального експерименту. Чисельні методи лінійної та нелінійної алгебри:

- лабораторна робота 1 «Точність обчислювального експерименту»;
- лабораторна робота 2 «Чисельні методи лінійної алгебри»;
- лабораторна робота 3 «Чисельні методи нелінійної алгебри».

Змістовий модуль №2 Методи наближення функцій. Чисельне інтегрування та диференціювання:

- лабораторна робота 4 «Методи наближення функцій»;
- лабораторна робота 5 «Чисельне інтегрування»;
- лабораторна робота 6 «Чисельне диференціювання».

Бали за змістовий модуль №1 і №2 нараховуються як середньоарифметичне лабораторних робіт, які виконувались протягом змістового модуля.

Лабораторна робота (максимальна кількість балів – 100):

- оцінювання виконання роботи та її оформлення 60 балів:
 - 60 балів ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; практичні розрахунки виконані послідовно; проведено аналіз результатів; практична робота виконана охайно;
 - 50-59 балів ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; практичні розрахунки виконані, але порушена послідовність виконання завдання; не проведено аналіз результатів; практична робота виконана охайно;
 - 40-49 балів ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; при виконанні практичних розрахунків допущені помилки, але отримано в цілому правильні результати; аналіз результатів відсутній;
 - 30-39 балів ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; при виконанні практичних розрахунків допущені помилки, але отримано в цілому правильні результати; не проведено аналіз результатів; практична робота виконана неохайно;
 - 20-29 балів ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; при виконанні практичних розрахунків допущені помилки та порушена послідовність виконання завдання; не всі отримані результати є правильними; практична робота виконана неохайно;

- 10-19 балів ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; наявне порушення послідовності розрахунків і мають місце помилки у розрахунках; майже всі отримані результати є неправильними; практична робота виконана неохайно;
- 1-9 балів ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав роботу згідно з передбаченим варіантом; наявне порушення послідовності розрахунків і мають місце помилки у розрахунках; всі отримані результати є неправильними; практична робота виконана неохайно;

- відповідь на теоретичні питання 40 балів (20 балів×2 питання):
 - 20 балів ставиться за змістовну, логічно послідовну, правильну відповідь на теоретичне питання;
 - 13-19 балів ставиться за змістовну, логічно послідовну, загалом правильну відповідь на теоретичне питання, але окремі пункти відповіді не повністю розкривають суть питання і потребують уточнень;
 - 7-12 балів ставиться за відповідь на теоретичне питання, в якій не повністю розкривається суть поставленого питання; в визначеннях та доказах відсутня логічна послідовність, що свідчить про недостатнє засвоєння студентом теоретичного матеріалу;
 - 1-6 балів ставиться за відсутність конкретних відповідей на питання, в представленій відповіді відсутня доказова база, також відповідь носить безсистемний характер і свідчить про відсутність у студента мінімум знань з дисципліни.

- екзамену (максимальна кількість балів – 100):

Екзамен проводиться в письмовій формі у вигляді відповідей на білети, що містять теоретичні і практичні запитання з вивченого матеріалу дисципліни. Білет містить чотири питання (два теоретичних і два практичних завдання).

- відповідь на теоретичне питання 56 бала (28 балів×2 питання):
 - 28 балів ставиться за змістовну, логічно послідовну, правильну відповідь на теоретичне питання;
 - 20-27 балів ставиться за змістовну, логічно послідовну, загалом правильну відповідь на теоретичне питання, але окремі пункти відповіді не повністю розкривають суть питання і потребують уточнень;
 - 10-19 ставиться за відповідь на теоретичне питання, в якій не повністю розкривається суть поставленого питання; в визначеннях та доказах відсутня логічна послідовність, що свідчить про недостатнє засвоєння студентом теоретичного матеріалу;
 - 1-9 балів ставиться за відсутність конкретних відповідей на питання, в представленій відповіді відсутня доказова база, також відповідь носить безсистемний характер і свідчить про відсутність у студента мінімум знань з дисципліни;
- виконання практичних завдань 64 бала (32 бала×2 питання):
 - 31-32 балів ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав завдання; практичні розрахунки виконані послідовно; проведено аналіз результатів; завдання виконана охайно;
 - 20-30 балів ставиться, якщо студент у відведений час повністю виконав завдання, а при виконанні практичних розрахунків допущені помилки або порушена послідовність виконання завдання; отримано в цілому правильні результати та проведено їх аналіз;

- 10-19 балів ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав завдання, а при виконанні практичних розрахунків допущені помилки або порушена послідовність виконання завдання; отримано в цілому правильні результати;
- 1-9 балів ставиться, якщо студент у відведений час не повністю виконав завдання; наявне порушення послідовності розрахунків і мають місце помилки у розрахунках; майже всі отримані результати є неправильними.

Підсумкова оцінка з дисципліни розраховується як середня між підсумковою оцінкою змістових модулів 1 та 2 та оцінкою екзамену.

Порядок зарахування пропущених занять. Пропущена лекція відпрацьовується підготовкою реферату відповідно до теми пропущеного заняття та його захистом. Пропущені практичні заняття відпрацьовуються студентами виконанням відповідної практичної роботи самостійно та її захистом. Зміни в нарахуванні балів у випадках несвоєчасного виконання завдань не відбувається.

11. ПОЛІТИКА КУРСУ

Порядок зарахування пропущених занять:

- пропущена лекція відпрацьовується підготовкою реферату відповідно до теми пропущеного заняття та його захистом.
- пропущені практичні заняття відпрацьовуються студентами виконанням відповідної практичної роботи самостійно та її захистом.

Зміни в нарахуванні балів у випадках несвоєчасного виконання завдань не відбувається.

Дотримання академічної доброчесності студента передбачає:

- самостійне та добросовісне виконання завдань, в тому числі поточного та підсумкового контролю;
- відповідальне ставлення до своїх обов'язків;
- повага до честі й гідності інших осіб;
- посилання на джерела інформації у разі запозичення ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- використання при виконанні завдань лише перевірених та достовірних джерел інформації.

За порушення академічної доброчесності студент може бути притягнутий до академічної відповідальності (повторне проходження оцінювання). Також неприємним у навчальній діяльності студентів є академічний плагіат, самоплагіат, фальсифікація та інші види академічної нечесності. Перевірці на академічний плагіат підлягають кваліфікаційні роботи студентів.

12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Шахно С.М. Чисельні методи лінійної алгебри: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 250 с.
2. Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов: Учеб. пособие. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 304 с.
3. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці. – К.: Видавнична група ВНУ, 2006. – 480 с.
4. Численные методы: в 2 кн. Кн. 1. Численный анализ. / Н.Н. Калиткин, Е.А. Альшина. –


- М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.
5. Численные методы: в 2 кн. Кн. 2. Методы математической физики. / Н.Н. Калиткин, П.В. Корякин. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.
 6. Исаханов Г.В., Чорний С.М. Чисельні методи розв'язання задач будівництва: Підручник. – К.: Вища шк., 1995. – 374 с.

Допоміжна

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 640 с.
2. Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижигов Е.В. Численные методы в задачах и упражнениях. Учеб. Пособие. / Под ред. В.А. Садовниченко. – М.: Высш. шк., 2000. – 190 с.
3. Вержбицкий В.М. Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Высш. шк., 2000. – 382 с.
4. Дэннис Дж., мл., Шнабель Р. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений. – М.: Мир, 1988. – 440 с.
5. Манжиров А.В., Полянин А.Д. Методы решения интегральных уравнений: Справочник. – М.: «Факториал», 1999. – 272 с.
6. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. – М.: Мир, 1975. – 560 с.
7. Рыжиков Ю.И. Вычислительные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 400 с.

13. INTERNET-РЕСУРСИ

1. EqWorld. МИР МАТЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ (Электронный ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/numerics.htm>
2. mexalib (Электронный ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://mexalib.com/cats/>
3. Открытая группа «Численные методы и программирование» (Электронный ресурс) / Спосіб доступу: URL: http://vk.com/comp_science

Розробник  (Н. О. Вельмагіна)
(підпис)

Гарант освітньої програми  (Н. О. Вельмагіна)
(підпис)

Силабус затверджено на засіданні кафедри прикладної математики та інформаційних технологій

Протокол від «31» серпня 2020 року № 2