



Спеціальні розділи математичного моделювання

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>F Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>F1 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>«Машинне навчання та математичне моделювання»</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Загальна кількість: (3 кред.) 90 год (Лекц 8, Практ -20, СРС 62).</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська (враховуючи специфіку навчальної дисципліни, деякі поняття та навчальний матеріал можуть вивчатися на англійській мові (фрагментарно). Також у процесі викладання навчальної дисципліни можуть використовуватись відеоматеріали на англійській мові)</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф., Ориняк Ігор Володимирович e-mail Orynyak.iv@gmail.com
Розміщення курсу	http://pma.fpm.kpi.ua/uk/content/силабусу

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна "Спеціальні розділи математичного моделювання" направлена на вивчення принципів, алгоритмів і процедур створення мульти-фізичних та геометричних комп'ютерних розрахункових програм для складних систем, що складаються з елементів різної природи та розмірності та зв'язків між ними

Метою дисципліни є засвоєння основних положень математичного моделювання та оволодіння практичними навичками застосування відповідного інструментарію.

В дисципліні з єдиних позицій розглядається методологія і послідовність дій з моделювання механічних (будівельна механіка), електричних (електричні ланцюги), гідравлічних (трубопровідні системи) розгалужених систем. Оскільки в багатьох науках геометрична сторона невіддільна від фізичної, то даються також принципи моделювання і геометричних систем з врахуванням можливої зміни їх положення в різних робочих станах. Практичний акцент, тобто демонстрація програм, розроблених на кафедрі прикладної математики, робиться на двох можливих напрямках

актуальних науково-практичних досліджень: а) геометрично нелінійне деформування складних просторових систем; б) побудова двічі диференційованих геометричних сплайнів на основі дискретних точок, що заміряні з певною похибкою.

Силабус навчальної дисципліни «Спеціальні розділи математичного моделювання» розроблено на основі гнучкого підходу до формування навчальних завдань та видів діяльності, які потрібні студентам для досягнення запланованих результатів навчання з подальшим проектуванням отриманого досвіду таким чином, щоб максимально підвищити ефективність навчання студентів в подальшому.

Силабус побудований таким чином, що для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому. При цьому особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності до якого студенти мають виконувати практичні завдання, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання у професійному житті.

Під час навчання застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі підходи, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), використання елементів сучасної організації процесу розробки та окремих ролей учасниками, метод мозкового штурму, дискусія, навчальні дебати, круглий стіл тощо).

В результаті навчання аспірант отримає такі знання та компетентності, які прописані в Освітній програмі.

ЗК 2	Здатність розв'язання значущих проблем у сфері професійної діяльності, науки та/або інновацій, розширення та переоцінки вже існуючих знань і професійної практики
ЗК 5	Здатність забезпечувати неперервний власний саморозвиток і самовдосконалення
ФК 1	Здатність самостійно виконувати науково-дослідну діяльність у галузі прикладної математики з використанням сучасних теорій, методів та технологій, проводити теоретичні та експериментальні дослідження, математичне та комп'ютерне моделювання
ФК 4	Здатність створювати, налаштовувати та верифікувати математичні моделі для специфічних задач певної предметної галузі
РН2	Орієнтуватися у наукових проблемах професійної галузі, знаходити оптимальні шляхи їх розв'язання, самостійно освоювати нові методи досліджень
РН5	Орієнтуватися у сучасних моделях та методах прикладної математики, граничних умовах їх застосування
РН6	Вміти створювати математичні та комп'ютерні моделі для теоретичних та прикладних задач різних галузей, перевіряти їх на релевантність та адекватність, формувати умови використання та обмеження на параметри

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння курсу необхідно (Н) або доцільно (Д) засвоїти наступні курси.

(Н): - Алгебра; Математичний аналіз; Програмування; Диференційні рівняння; Математична фізика; Аналітична геометрія; Чисельні методи математичної фізики; Моделювання складних систем.

(Д): Забезпечення якості ПЗ; Алгоритмічні основи обчислювальної геометрії та комп'ютерної графіки; Математичне моделювання; Алгоритми і системи комп'ютерної математики.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Розрахунок складних розгалужених систем методом початкових параметрів, МПП

Тема 1.1. Елемент, умови між елементами чи умови на границі граничного елемента. Система. Елемент, що описується диференційними рівняннями. Побудова загального алгоритму рішення складної одновимірної задачі. Узагальнений метод Крилова рішення системи звичайних диференційних рівнянь як основа застосування МПП

Тема 1.2. Розподіл струмів і напруги в електричних схемах. Розподіл тисків та потоків в рідинних та газових трубопровідних системах. Лінеаризація рівнянь і ітераційний процес розрахунку. Оптимізація фізичної схеми (системи) для оптимального розподілу фізичних потоків

Розділ 2. Геометричне моделювання складних систем

Тема 2.1. Геометрія лінії на площині. Побудова складних фігур та траєкторій на площині, їх деформування і відхилення від початкового стану.

Тема 2.2. Геометрія лінії в просторі. 3D геометричний елемент, деформування складної просторової системи

Тема 2.3. Застосування методу Крилова в 3D криволінійних координатах гвинтової лінії.

Розділ 3. Деформування просторових балок

Тема 3.1. Векторна постановка задач деформування балок. Елемент балки, що має форму частини круга

Тема 3.2. Рівняння спряження для прямолінійних балок. Поворотні елементи для криволінійних балок, розгалуження балкової системи

Розділ 4. Геометрично нелінійні задачі для пружного канату

Тема 4.1. Класична теорія гнучких канатів. Постановочні рівняння, організація обчислювального ітераційного процесу

Тема 4.2. Врахування видовження канату. Наближені рішення для пологого канату

Розділ 5. Нове аналітичне рішення для канату і його застосування в методі базових та поправочних рішень

Розділ 6. Зосереджені сили, що діють на канат

Тема 6.1. Постановка задачі для системи зосереджених сил. Метод абсолютних координат (МАК), основні рівняння та їх лінеаризація

Тема 6.2 Метод стрільби, МС, (прогонки) -рівняння та їх лінеаризація

Розділ 7. Геометрично-нелінійний аналіз плоских балок

Тема 7.1 Особливості ГН аналізу плоских балок та базове рішення, БР. Постановочні рівняння для згладжувального рішення, ЗР

Тема 7.2. Узагальнене геометрично нелінійне ЗР для криволінійної балки. Дослідження деформування підводного райзера.

Розділ 8. Застосування теорії балок для побудови геометричних сплайнів

Тема 8.1. Енергетичні сплайни при точному визначенні дискретних геометричних точок

Тема 8.2. Згладжування геометрії при наявності похибок вимірювань чи відхилень

Тема 8.3. Приклади застосування теорії балок для побудови гладких замкнутих кривих по неточним дискретним даним. Автоматичне складання пазла.

Рекомендований перелік практичних (комп'ютерних практикумів)

Практикум № 1. Клотоїда. Проектування криволінійних ділянок доріг

Практикум № 2. Побудова кола, еліпса до декількох точкам, знайденим точно або з деякою похибкою

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова

1. І.В. Ориняк. РОЗРАХУНКИ СКЛАДНИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ПОЧАТКОВИХ ПАРАМЕТРІВ. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 113 «Прикладна математика» Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022, 252 с. Точка доступу https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48744/1/Rozrakhunky_skladnykh_system
2. Баженов В. А., Перельмутер А. В., Шишов А. В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології. Київ: Каравела. 2012, 695 стр.

Додаткова

3. Richard Khoury, Douglas Wilhelm Harder. Numerical Methods and Modelling for Engineering. Springer International Publishing, 2016, 332 p. DOI 10.1007/978-3-319-21176-3
4. Orynyak I., Mazuryk R., Orynyak A. (2020). "Basic (discontinuous) and smoothing up (conjugated) solutions in transfer matrix method for static geometrically nonlinear beam and cable in plane". Journal of Engineering Mechanics, V46, 5. doi: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001753
5. Orynyak I., Mazuryk R., (2022) "Application of method of discontinuous basic and enhanced smoothing solutions for 3D multibranched cable", Engineering Structures, Volume 251, Part B, 113582, doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113582
6. Orynyak, I., Guarracino, F., Modano, M., & Mazuryk, R. (2022). An efficient iteration procedure for form finding of slack cables under concentrated forces. *Archives of Civil Engineering*, 645-663.
7. Orynyak, I., Mazuryk, R., & Tsybulskiy, V. (2022). Semi-analytical implicit direct time integration scheme on example of 1-D wave propagation problem. *Mechanics and Advanced Technologies*, 6(2).
8. Orynyak, I., Koltsov D., Chertov O., Mazuryk R. (2022). Application of beam theory for the construction of twice differentiable closed contours based on discrete noisy points. *System Research and Information Technologies*. 2022, N4, p.119-140.
9. Orynyak, I., Yablonskyi, P., Koltsov, D., Chertov, O., & Mazuryk, R. (2024). Fairness of 2D corotational beam spline as compared with geometrically nonlinear elastic beam. *System research and information technologies*, (3), 107-132.
10. Orynyak, I., Kuznetsov, Y., & Mazuryk, R. (2025). Controllable Curvature Smoothing of the Pipeline Positions by 2D Corotational Beam Spline. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 16(3), 04025047.
11. Orynyak, I.V., Kulyk, K.A. & Mazuryk, R.V. 3D Analysis of Geometrically Nonlinear Deformation of the Beams by the Method of Basic Helical Elements. *J Math Sci* (2025).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальна структура курсу

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаборант. (комп.пр.)	СРС
1	2	3	4	5	6

Розділ 1. Розрахунок складних систем методом початкових параметрів, МПП					
Тема 1.1. Побудова загального алгоритму рішення складної одномірної задачі. Узагальнений метод Крилова	6	1	2		3
Тема 1.2. Аналіз електричних контурів. Розподіл тисків та потоків в рідинних та газових трубопровідних системах	6	1	2		3
Розділ 2. Геометричне моделювання складних систем					
Тема 2.1. Геометрія лінії на площині. Побудова складних фігур та траєкторій на площині, їх деформування і відхилення від початкового стану	6	1		2	3
Тема 2.2. Геометрія лінії в просторі. 3D геометричний елемент, деформування складної просторової системи	4	1	1		2
Тема 2.3. Застосування методу Крилова в 3D криволінійних координатах гвинтової лінії	5		1		4
Розділ 3. Деформування просторових балок					
Тема 3.1. Векторна постановка задач деформування балок. Елемент балки, що має форму частини круга	6		1		5
Тема 3.2. Рівняння спряження для прямолінійних балок. Поворотні елементи для криволінійних балок, розгалуження	5	2	1		2
Розділ 4. Геометрично нелінійні задачі для пружного канату					
Тема 4.1. Класична теорія гнучких канатів. Постановочні рівняння, організація обчислювального ітераційного процесу.	5		1		4
Тема 4.2. Врахування видовження канату в процесі деформування. Наближені рішення для пологого канату	4		1		3
Розділ 5. Нове аналітичне рішення для канату і його застосування в методі БР та ПР					
Тема 5.1 Нове аналітичне рішення, алгоритм і приклади реалізації	4		1		3
Розділ 6. Зосереджені сили, що діють на канат					
Тема 6.1. Постановка задачі для системи зосереджених сил. Метод абсолютних координат (МАК), основні рівняння та їх лінеаризація	4		1		3
Тема 6.2 Метод стрільби, МС, (прогонки) - рівняння та їх лінеаризація	4		1		3
Розділ 7. Геометрично-нелінійний аналіз плоских балок					
Тема 7.1 Особливості ГН аналізу плоских балок та базове рішення, БР. Постановочні рівняння для згладжувального рішення, ЗР	7		1		6
Тема 7.2. Узагальнене геометрично нелінійне ЗР для криволінійної балки. Дослідження деформування підводного райзера.	4				4

Розділ 8. Застосування теорії балок для побудови геометричних сплайнів					
Тема 8.1. Енергетичні сплайни при точному визначенні положення дискретних геометричних точок	5	1	1		3
Тема 8.2. Згладжування геометрії при наявності похибок вимірювань чи відхилень	5				5
Тема 8.3. Приклади застосування теорії балок для побудови гладких замкнутих кривих по неточним дискретним даним	6	1	1	2	2
Іспит	4				4
Всього годин	90	8	16	4	62

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу, кількість годин)
1	Лекція 1. Побудова загального алгоритму рішення складної одномірної задачі. Визначення потужності задачі. Правила обходу системи. Граничні умови. Нумерація невідомих. Складання системи рівнянь. Узагальнений метод Крилова для різних типів звичайних диференціальних рівнянь. Аналіз електричних, гідравлічних та газових потоків в фізичних системах. Лінійаризація рівнянь. Організація алгоритму. Оптимізація схеми розподілу потоків. Приклади рішення.
2	Лекція 2 Геометрія лінії на площині. Побудова складних фігур та траєкторій на площині, їх деформування і відхилення від початкового стану. Геометрія лінії в просторі. 3D геометричний елемент, деформування складної просторової системи
3	Лекція 3. Векторна постановка задач деформування балок. Елемент балки, що має форму частини круга Рівняння спряження для прямолінійних балок. Поворотні елементи для криволінійних балок, розгалуження балкової системи
4	Лекція 4. Енергетичні сплайни при точному визначенні положення дискретних геометричних точок. Приклади застосування теорії балок для побудови гладких замкнутих кривих по неточним дискретним даним

Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

Основні завдання циклу практичних занять (або комп'ютерного практикуму) присвячені закріпленню знань, отриманих на лекційних заняттях та самостійному оволодінню методами побудови індуктивних моделей.

№ з/п	Назва практичного заняття (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Проектування криволінійних ділянок доріг	2
2	Побудова кола, еліпса до декількох точкам, знайденим точно, або з деякою похибкою	2

Лабораторні заняття

Лабораторні заняття в межах навчальної дисципліни не передбачені.

Самостійна робота

№ з/п	Назва розділу, теми (окремого питання), що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Побудова загального алгоритму рішення складної одновимірної задачі. Узагальнений метод Крилова	3
2	Аналіз електричних контурів. Розподіл тисків та потоків в рідинних та газових трубопровідних системах	3
3	Геометрія лінії на площині. Побудова складних фігур та траєкторій на площині, їх деформування і відхилення від початкового стану	3
4	Геометрія лінії в просторі. 3D геометричний елемент, деформування складної просторової системи	2
5	Застосування методу Крилова в 3D криволінійних координатах гвинтової лінії	4
6	Векторна постановка задач деформування балок. Елемент балки, що має форму частини круга	5
7	Рівняння спряження для прямолінійних балок. Поворотні елементи для криволінійних балок, розгалуження балкової системи	2
8	Класична теорія гнучких канатів. Постановочні рівняння, організація обчислювального ітераційного процесу.	4
9	Врахування видовження канату в процесі деформування. Наближені рішення для пологого канату	3
10	Нове аналітичне рішення, алгоритм і приклади реалізації	3
11	Постановка задачі для системи зосереджених сил. Метод абсолютних координат (МАК), основні рівняння та їх лінеаризація	3
12	Метод стрільби, МС, (прогонки) - рівняння та їх лінеаризація	3
13	Особливості ГН аналізу плоских балок та базове рішення, БР. Постановочні рівняння для згладжувального рішення, ЗР	6
14	Узагальнене геометрично нелінійне ЗР для криволінійної балки. Дослідження деформування підводного райзера.	4
15	Енергетичні сплайни при точному визначенні положення дискретних геометричних точок	3
16	Згладжування геометрії при наявності похибок вимірювань чи відхилень	5
17	Приклади застосування теорії балок для побудови гладких замкнутих кривих по неточним дискретним даним	2

Індивідуальні завдання

Виконання індивідуальних семестрових завдань не передбачено.

Самостійна робота студента/аспіранта

До СРС відносяться такі види робіт: вивчення теоретичного матеріалу з розділів, запропонованих викладачем. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання наведені у Положенні про рейтингову систему оцінювання з даного кредитного модуля. Семестровим контролем є іспит.

Студент допускається до іспиту за наявності виконаних та зданих практичних занять (лабораторного практикуму). Іспит з дисципліни «Спеціальні розділи математичного моделювання 1» є підсумком всієї роботи студента в семестрі і враховує всі види робіт, які студенти зобов'язані виконати протягом семестру згідно Рейтингової системи оцінювання.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Виконання завдань із удосконалення методичних матеріалів з дисципліни	1-10 балів	Порушення термінів виконання практичних робіт (за кожний)	-3 бали
Презентації за окремими питаннями	1-10 балів		
Додаткові практичні завдання	До 5 балів кожна		
Проходження окремих курсів навчання за тематикою дисципліни (за погодженням з викладачем та наданням відповідного сертифікату)	До 15 балів		

Відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається базовий теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішної здачі іспиту. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання додаткових завдань та видів діяльності, які здатні розвинути його практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, при наявності відповідного документу щодо поважної причини відсутності на модульній контрольній роботі. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є моніторинг якості навчання студентів та виконання ними графіка освітнього процесу.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши, з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умови погодження між викладачем та студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Спеціальні розділи математичного моделювання 1» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що отримуються: за 2 практичних завдання (комп'ютерних практикуми) та результати самостійного опрацювання наданих матеріалів.

Семестровим контролем є **іспит**.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання:

1. Виконання завдань практичного заняття (комп'ютерного практикуму):

- повне виконання, повні відповіді 15;
- повне виконання, але неповна відповідь 10...14;
- неповне виконання 1...9;
- непрацююча програма, роботу не зараховано 0;

2. Модульний контроль: Результати обговорення напрямку, обраного для самостійного опрацювання. – до 30 балів.

3. Штрафні та заохочувальні бали:

- несвоєчасне виконання практичних завдань (комп'ютерного практикуму) -3 бали;
- виконання додаткового завдання (лабораторної роботи) 1...5 бали;
- Презентації за окремими питаннями – до 10 балів;
- участь в модернізації методичних матеріалів з дисципліни, проходження додаткових онлайн курсів (за домовленістю з викладачем та наданням сертифікату) —до 10 заохочувальних балів за кожний курс.

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = 15 \times 2 + 30 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання студентом відповідної семестрової оцінки його рейтинг має бути:

Рейтингові бали	Оцінка ECTS	Визначення	Традиційна оцінка
95...100	A	Відмінно	Відмінно
85...94	B	Дуже добре	Добре
75...84	C	Добре	
65...74	D	Задовільно	Задовільно
60...64	E	Достатньо	
50...59	FX	Незадовільно	
менше 50	F	Не допущено	

Необхідною умовою допуску до іспиту є: зарахування 2 практичних завдань (комп'ютерних практикумів), а також попередній рейтинг не менше 30 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Проходження додаткових курсів за тематикою навчальної дисципліни та наявність сертифікатів за їх результатом дає можливість підвищити свій загальний рейтинг після узгодження із викладачем

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором каф. ПМА Ориняк І.В.

Ухвалено кафедрою ПМА (протокол № 14 від 14.05.2025).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 23.05.2025).