

**Силабус**  
**освітнього компоненту ОК 3**  
(умовне позначення ОК в освітній програмі (ОП))

**Застосування методів кінцевих елементів в техніці**

Назва дисципліни:	<b>Застосування методів кінцевих елементів в техніці</b>
Рівень вищої освіти:	<b>Другий (магістерський)</b>
Галузь знань:	<b>13 Механічна інженерія</b>
Спеціальність:	<b>133 Галузеве машинобудування</b>
Освітньо-професійна (Освітньо-наукова) програма:	<b>Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання</b>
Сторінка курсу в Moodle:	<a href="https://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=1388">https://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=1388</a>
Рік навчання:	<b>1</b>
Семестр:	<b>1 (осінній) та 2 (весінній)</b>
Обсяг освітнього компоненту	<b>8 кредитів (240 годин)</b>
Форма підсумкового контролю	<b>Екзамен (1 семестр) та залік (2 семестр)</b>
Консультації:	<b>за графіком</b>
Назва кафедри:	<b>кафедра теоретичної механіки та гідравліки</b>
Мова викладання:	<b>українська</b>
Керівник курсу:	<b>Роговий Андрій Сергійович, д.т.н., професор</b>
Контактний телефон:	<b>(+38057) 707-69-46</b>
E-mail:	<a href="mailto:asrogovoy@ukr.net">asrogovoy@ukr.net</a>

**Короткий зміст освітнього компоненту:**

**Метою** є підготовка фахівців до самостійного вирішення професійних задач, що виникають при проектуванні будівельних та дорожніх машин й елементів, та оцінки розв'язків задач, отриманих наближеними методами розрахунку.

**Предмет:** педагогічно адаптована система понять про теорії та математичні методи дослідження гідродинаміки, динаміки і міцності елементів будівельних і дорожніх машин, які зазнають впливу фізико-механічних полів різної природи, стосовно до розрахунку елементів машин і обладнання.

**Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:**

реалізація цільової настанови дисципліни шляхом формування комплексу знань та умінь в області розрахунків на міцність, жорсткість та стійкість конструкцій та споруд, інженерних методів розрахунку течій рідин в каналах гідро- та пневмосистем будівельних і дорожніх машин а також уявлень, які необхідні для практичної діяльності.

**Передумови для вивчення освітнього компоненту:**

Вивчення дисципліни «Застосування методів кінцевих елементів в техніці» базується на знаннях, отриманих під час опанування дисциплін ОК2.2 Фізика, ОК2.3 Вища математика, ОК2.6 Теоретична механіка, ОК3.2 Опір матеріалів, ОК3.5 Гідравліка та гідропневмопривод. Набуті теоретичні знання та практичні навички з використання методів кінцевих елементів необхідні для дипломного проектування зі спеціальності

**Компетентності, яких набуває здобувач:****Загальні компетентності:**

ЗК1. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології

ЗК4. Здатність бути критичним та самокритичним

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

**Спеціальні (фахові) компетентності:**

СК1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.

СК2. Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.

СК3. Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії.

СК6. Здатність використовувати знання в розв'язанні завдань з підвищення якості підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання та її контролювання.

**Результати навчання відповідно до освітньої програми:**

РН1. Знання і розуміння технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі

РН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

РН4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.

РН8. Навички в розв'язанні завдань з підвищення якості підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання

**Тематичний план**

№ теми	Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)	Кількість годин	
		очна	заочна
1	ЛК. Вступ. Задачі проектних розрахунків, що виконуються за допомогою МКЕ. Програми. Типи скінчених елементів	4	
	ПР. Методи побудови сіток КЕ.	4	
	СР. Вступ. Задачі проектних розрахунків, що виконуються за допомогою МКЕ.	15	
2	ЛК. Стрижневий КЕ. Степені свободи. Потенціальна енергія. Матриця жорсткості. Рівняння рівноваги.	4	
	ПР. Розрахунок стрижневих конструкцій.	4	
	СР. Стрижневий КЕ. Ступені свободи. Потенціальна енергія. Матриця жорсткості. Рівняння рівноваги	10	
3	ЛК. Балочний КЕ. Функції форми. Потенціальна енергія згину. Кінетична енергія. Рівняння рівноваги та руху.	4	
	ПР. Розрахунок балочних конструкцій.	4	
	СР. Балочний КЕ. Функції форми. Потенціальна енергія згину. Кінетична енергія. Рівняння рівноваги та руху	12	
4	ЛК. Постановка задачі пружності. Тензори напружень і	4	

	деформацій. Властивості матеріалів. Теорії міцності.		
	ПР. Розрахунок циліндра на міцність.	4	
	СР. Тензори напружень і деформацій. Властивості матеріалів. Теорії міцності.	16	
	ЛК	16	
	ПР	16	
	СР	53	
	РГР	5	
	Підготовка до складання екзамену	30	
<b>Усього за 1 семестр</b>		<b>120</b>	
5	ЛК. Постановка задач гідродинаміки. Типи течій. Течія в'язкої рідини.	4	
	ПР. Моделювання течії рідини та газу у машинобудуванні	8	
	СР. Моделювання течії в'язкої рідини.	16	
6	ЛК. Постановка задач теплообміну.	4	
	ПР. Розрахунок задач теплообміну конструкцій та деталей у галузевому машинобудуванні	8	
	СР. Розрахунок задач теплообміну конструкцій та деталей у галузевому машинобудуванні	15	
7	ЛК. Постановка задач міцності конструкцій у галузевому машинобудуванні.	4	
	ПР. Розрахунок задач міцності конструкцій та деталей у галузевому машинобудуванні.	8	
	СР. Розрахунок задач міцності конструкцій та деталей у галузевому машинобудуванні	15	
8	ЛК. Задачі сполученого аналізу та перевірка адекватності отриманих результатів.	4	
	ПР. Задачі сполученого аналізу.	4	
	СР. Перевірка адекватності розрахунків під час використання методів скінченних елементів та контрольних об'ємів	21	
	ЛК	16	
	ПР	32	
	СР	67	
	РГР	5	
<b>Усього за 2 семестр</b>		<b>120</b>	
<b>Разом</b>	ЛК	32	
	ПР (ЛР, СЗ)	48	
	СР	160	
	РГР	10	

### Індивідуальне навчально-дослідне завдання:

Навчальним планом передбачено виконання двох розрахунково-графічних робіт:

1 семестр на тему: «Розрахунок напружень і деформації балочних конструкцій за допомогою числових методів»

2 семестр на тему: «Вирішення задач інженерного аналізу за допомогою числових методів»

### Методи навчання:

МН1–словесний метод (лекція, бесіда, розповідь);

МН2 – практичний метод (практичні заняття, творчі роботи);

МН3 – наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій, самостійне спостереження, складання графічних схем і таблиць, плакати);

МН4 – робота з літературою (навчально-методичною; науковою літературою; нормативною літературою; робота за підручниками і посібниками; пошук інформації за завданням);

МН5 – відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання (дистанційні, мультимедійні);

МН6– самостійна робота;

МН10 – інноваційні методи (інтерактивні методики, логічні методи)

### **Форми та методи оцінювання**

ФМО2 – підсумковий контроль (семестровий іспит, залік)

ФМО3 – усний контроль (бесіда)

ФМО6 – графічний контроль (розрахунково-графічний)

ФМО7 – практична перевірка (захист практичних робіт)

### **Система оцінювання та вимоги:**

#### **Поточна успішність**

**1** Поточна успішність здобувачів за виконання навчальних видів робіт на навчальних заняттях і за виконання завдань самостійної роботи оцінюється за допомогою чотирибальної шкали оцінок з наступним перерахуванням у 100-бальною шкалу. Під час оцінювання поточної успішності враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою.

**1.1** Лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань.

**1.2** Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання, виконання та оформлення практичної роботи.

**2** Оцінювання поточної успішності здобувачів вищої освіти здійснюється на кожному практичному занятті (лабораторному чи семінарському) за чотирибальною шкалою («5», «4», «3», «2») і заносяться у журнал обліку академічної успішності.

– «відмінно»: здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі знання з відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення;

– «добре»: здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– «задовільно»: здобувач в основному опанував теоретичні знання навчальної теми, або дисципліни, орієнтується у першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, невпевнено відповідає на додаткові питання, не має стабільних знань; відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточність у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою професією;

– «незадовільно»: здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

**3** Підсумковий бал за поточну діяльність визнається як середньоарифметична сума балів за кожне заняття, за індивідуальну роботу, поточні контрольні роботи за формулою:

$$K^{поточ} = \frac{K1 + K2 + \dots + Kn}{n},$$

де  $K^{поточ}$  – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю;

$K1, K2, \dots, Kn$  – оцінка успішності  $n$ -го заходу поточного контролю;

*n* – кількість заходів поточного контролю.

Оцінки конвертуються у бали згідно шкали перерахунку (таблиця 1).

**Таблиця 1** – Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу

4-бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100- бальна шкала
5	100	4,45	89	3,90	78	3,35	67
4,95	99	4,4	88	3,85	77	3,3	66
4,9	98	4,35	87	3,80	76	3,25	65
4,85	97	4,3	86	3,75	75	3,2	64
4,8	96	4,25	85	3,7	74	3,15	63
4,75	95	4,20	84	3,65	73	3,1	62
4,7	94	4,15	83	3,60	72	3,05	61
4,65	93	4,10	82	3,55	71	3	60
4,6	92	4,05	81	3,5	70	від 1,78 до 2,99	від 35 до 59
						повторне складання	
4,55	91	4,00	80	3,45	69	від 0 до 1,77	від 0 до 34
4,5	90	3,95	79	3,4	68	повторне вивчення	

#### Підсумкове оцінювання:

**1.** Підсумкове оцінювання (обрати потрібне в залежності від графіку):

**1.1.** Здобувач вищої освіти отримує залік на останньому занятті з дисципліни за результатами поточного оцінювання. Середня оцінка за поточну діяльність конвертується у бали за 100-бальною шкалою, відповідно до таблиці перерахунку (таблиця 1).

Здобувачі вищої освіти, які мають середню поточну оцінку з дисципліни нижче ніж «3» (60 балів), на останньому занятті можуть підвищити свій поточний бал шляхом складання тестів з дисципліни.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

- «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;
- «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;
- «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;
- «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;
- «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;
- «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

**1.2.** Умовою отримання заліку є:

- відпрацювання всіх пропущених занять;
- середня поточна оцінка з дисципліни не нижче «3» (60 балів).

**1.3.** Результат навчання оцінюється:

- за двобальною шкалою (зараховано/не зараховано) згідно з таблицею 2;

Підсумкова оцінка разом з додатковими балами не може перевищувати 100 балів.

**Таблиця 2** – Шкала переведення балів у національну систему оцінювання

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою
від 60 балів до 100 балів	зараховано
менше 60 балів	незараховано

**2.** Екзамен проводиться після вивчення всіх тем дисципліни і складається здобувачами вищої освіти в період екзаменаційної сесії після закінчення всіх аудиторних занять

**3.** До екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, які виконали всі види робіт передбачені навчальним планом з дисципліни:

- були присутні на всіх аудиторних заняттях (лекції, семінари, практичні);
- своєчасно відпрацювали всі пропущені заняття;
- набрали мінімальну кількість балів за поточну успішність (не менше 36 балів, що відповідає за національною шкалою «3»);

Якщо поточна успішність з дисципліни нижче ніж 36 балів, здобувач вищої освіти має можливість підвищити свій поточний бал до мінімального до початку екзаменаційної сесії.

**4.** Оцінювання знань здобувачів при складанні екзамену здійснюється за 100-бальною шкалою.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

- «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;
- «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;
- «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;
- «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;
- «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;
- «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

**5.** Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни визначається як середньозважена оцінка, що враховує загальну оцінку за поточну успішність і оцінку за складання екзамену.

**6.** Розрахунок загальної підсумкової оцінки за вивчення навчальної дисципліни проводиться за формулою:

$$PK^{екз} = 0,6 \cdot K^{поточ} + 0,4 \cdot E,$$

де  $PK^{екз}$  – підсумкова оцінка успішності з дисциплін, формою підсумкового контролю для яких є екзамен;

$K^{поточ}$  – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю (за 100-бальною шкалою);

$E$  - оцінка за результатами складання екзамену (за 100-бальною шкалою).

0,6 і 0,4 – коефіцієнти співвідношення балів за поточну успішність і складання екзамену.

**7.** За виконання індивідуальної самостійної роботи та участь у наукових заходах здобувачам нараховуються додаткові бали.

**7.1.** Додаткові бали додаються до суми балів, набраних здобувачем вищої освіти за поточну навчальну діяльність (для дисциплін, підсумковою формою контролю для яких є залік), або до підсумкової оцінки з дисципліни, підсумковою формою контролю для якої є екзамен.

**7.2.** Кількість додаткових балів, яка нараховується за різні види індивідуальних завдань, залежить від їх об'єму та значимості:

- призові місця з дисципліни на міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 20 балів;
- призові місця з дисципліни на всеукраїнських олімпіадах – 20 балів;
- участь у міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 15 балів

- участь у міжнародних / всеукраїнських наукових конференціях студентів та молодих вчених – 12 балів;
- участь у всеукраїнських олімпіадах з дисципліни – 10 балів
- участь в олімпіадах і наукових конференціях ХНАДУ з дисципліни – 5 балів;
- виконання індивідуальних науково-дослідних (навчально-дослідних) завдань підвищеної складності – 5 балів.

**7.3.** Кількість додаткових балів не може перевищувати 20 балів.

**8.** Загальна підсумкова оцінка за вивчення навчальної дисципліни не може перевищувати 100 балів.

Загальна підсумкова оцінка за вивчення навчальної дисципліни визначається згідно зі шкалою, наведеною в таблиці 3.

**Таблиця 3** – Шкала оцінювання знань здобувачів за результатами підсумкового контролю з навчальної дисципліни

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
90-100	Відмінно	Зараховано	<b>A</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального
80–89	Добре	Зараховано	<b>B</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального
75-79			<b>C</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками
67-74	Задовільно		<b>D</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, можливо, містять помилки

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
60–66			<b>E</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального.
35–59	Незадовільно	Не зараховано	<b>FX</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
0–34			<b>F</b>	Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

### Політика курсу:

- курс передбачає роботу в колективі, середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики;
- освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій і практичних занять, а також самостійну роботу;
- самостійна робота передбачає вивчення окремих тем навчальної дисципліни, які винесені відповідно до програми на самостійне опрацювання, або ж були розглянуті стисло;
- усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;
- якщо здобувач вищої освіти відсутній на заняттях з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача;
- розрахунково-графічна робота повинна бути захищена не пізніше, ніж за тиждень до початку екзаменаційної сесії;
- під час вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності, викладених у таких документах: «Правила академічної доброчесності учасників освітнього процесу ХНАДУ» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvnz\\_67\\_01\\_dobroch\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_dobroch_1.pdf)), «Академічна доброчесність. Перевірка тексту академічних, наукових та кваліфікаційних робіт на плагіат» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvnz\\_85\\_1\\_01.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_85_1_01.pdf)),



«Морально-етичний кодекс учасників освітнього процесу ХНАДУ ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvnz\\_67\\_01\\_MEK\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_MEK_1.pdf)). – у разі виявлення факту плагіату здобувач отримує за завдання 0 балів і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у силабусі;  
– списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування.

### Рекомендована література:

1. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. М.: Высш. шк., 2002. 587 с.
2. Роговий А.С. Використання методів числового вирішення задач інженерного аналізу: навчальний посібник / А.С. Роговий. – Харків: ХНАДУ, 2019. 112 с.
3. Роговий А.С. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Застосування методу кінцевих елементів в техніці». - Харків: ХНАДУ, 2016. 25 с.
4. Солодов В.Г. Методичні вказівки до розрахункової роботи «Визначення течії у каналі і втрат повного тиску» по курсу «Математичне моделювання робочих процесів гідротурбін» Харків: НТУ ХПІ, 2015. 18 с.
5. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных те-чений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 88 с.
6. Рудаков, К. М. Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та стійкості руху: Посібник. К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. 120 с.
7. Runchal, A. (Ed.). (2020). 50 Years of CFD in Engineering Sciences: A Commemorative Volume in Memory of D. Brian Spalding. Springer Nature.
8. Сёмин Д.А. Верификация расчетов течений в вихрекамерных устройствах. / Сёмин Д.А., Роговой А.С., Левашов А.М., Левашов Я.М. // Вісник НТУУ "КПІ". Сер. Машинобудування, 2016. № 2 (77). С. 71-78.

### Додаткові джерела:

1. дистанційний курс: <https://dl2022.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=1388>
2. Файловий архів кафедри теоретичної механіки та гідравліки ХНАДУ (<http://files.khadi.kharkov.ua/avtomobilnij-fakultet/teoretichnoji-mekhaniki-ta-gidravliki.html>).

Розробник (розробники)

силабусу навчальної дисципліни \_\_\_\_\_  
підпис

Андрій РОГОВИЙ

Гарант освітньо-професійної програми

\_\_\_\_\_  
підпис

Володимир СУПОНЄВ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
підпис

Валерій СОЛОДОВ