



# БУДЫВЕЛЬНА МЕХАНІКА СТРИЖНЕВИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити ЄКТС, 90 годин: лекції – 18 годин, практич. заняття – 36 год., самостійна робота – 36 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/контрольні роботи за розділами та семестрова контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція - 1 раз на 2 тижні, практичне заняття – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор Пискунов Сергій Олегович</i> e-mail: <a href="mailto:s.piskunov@kpi.ua">s.piskunov@kpi.ua</a> , профіль: <a href="http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/212-%D0%BF%D1%96%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D0%B9-%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.html">http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/212-%D0%BF%D1%96%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D0%B9-%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.html</a> Практичні: <i>д.т.н., професор Пискунов Сергій Олегович</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Серед конструкцій різного призначення важливе місце належить стрижневим системам: вони широко використовуються в якості несучих елементів в машинобудуванні (каркаси складових частин літаків, суден та ін.), будівництві (прольотні частини мостів, опорні вежі, каркаси споруд). Створення раціональної геометричної структури та розв'язання задач міцності, жорсткості та стійкості стрижневих систем є необхідною складовою при їх проектуванні і забезпеченні безпечної експлуатації.

**Метою вивчення дисципліни** є: побудова розрахункових схем стержневих конструкцій і систем, дослідження їх геометричної незмінності, постановка задачі і вибір методу їх розв'язання, оцінка адекватності отриманих результатів; використання положень і гіпотез механіки деформівного твердого тіла і методів математичного аналізу в інженерних розрахунках стержневих елементів конструкцій машин, приладів і апаратури на міцність, жорсткість і стійкість при дії статичних навантажень.

**Предмет дисципліни** – методи і числові результати розрахунку стрижневих систем при дії статичних навантажень.

### **Програмні результати навчання:**

#### **знання :**

- фізичних співвідношень і рівнянь для опису механічного (термомеханічного) стану стержнів і стержневих систем;
- методів розв'язання задач із визначення напружено-деформованого стану стержневих елементів конструкцій і стержневих систем (ферм і рам).
- якісних закономірностей деформування і втрати стійкості стержневих систем під дією силових і температурних навантажень.

#### **уміння:**

- раціональний вибір розрахункової моделі для визначення напружено-деформованого стану стрижневих конструкцій;
- використання теоретичних положень до розв'язання практичних задач розрахунку на міцність і жорсткість стержнів різної конфігурації і стрижневих систем;
- визначення параметрів навантаження та (або) оптимальних характерних розмірів стрижневих елементів конструкцій із забезпеченням їх несучої здатності;

#### **досвід:**

- виконання проектувальних і перевірочних розрахунків на міцність і жорсткість, стержнів (в тому числі криволінійних, із тонокостінним профілем поперечного перерізу) та стержневих систем (ферм і рам) при дії статичних навантажень.

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

**Пререквізити:** курси вищої математики, теоретичної механіки, механіки матеріалів і конструкцій.

**Постреквізити:** знання по даній дисципліні забезпечують подальше вивчення курсів «МСЕ в механіці стрижневих систем», «Деталі машин і основи конструювання», «Теорія коливань стрижневих і континуальних систем» та є базою для виконання кваліфікаційних бакалаврських та магістерських робіт зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Динаміка і міцність машин».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Розрахунок стержневих систем**

*Тема 1.* Кінематичний аналіз і визначення зусиль взаємодії складових частин стрижневих систем

*Тема 2.* Статично-визначувані і статично-невизначувані ферми

*Тема 3.* Метод переміщень. Розрахунок статично невизначуваних рам

*Тема 4.* Визначення внутрішніх зусиль в кругових кільцях

### **Розділ 2. Стійкість стрижнів і стрижневих систем**

*Тема 1.* Критерії стійкості та методи визначення критичних навантажень

*Тема 2.* Стійкість стрижнів і стрижневих систем з скінченою кількістю ступенів вільності.

Багатопараметричне навантаження, область стійкості

*Тема 3.* Розрахунок стержневих систем на стійкість методом переміщень.

### **Розділ 3. Деформування тонкостінних стрижнів**

*Тема 1.* Теорія тонкостінних стрижнів. Геометричні характеристики тонкостінних стрижнів.

*Тема 2.* Вільне і обмежене кручення тонкостінного стрижня відкритого профілю.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна (підручники)

1. Баженов В.А., Перельмутер А.В., Шишов О.В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології і моделювання [Електронний ресурс] : Підручник для студентів вищих навчальних закладів // Електронні текстові дані (1 файл: 34,7 Мбайт) Київ, 2018 р. – 896 с.
2. Баженов В.А., Іванченко Г.М., Шишов О.В., Пискунов С.О. Будівельна механіка. Розрахункові вправи. Задачі. Комп'ютерне тестування: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів - Київ, Каравела, 2010 р. – 420 с.
3. Бояршинов С.В. Основы строительной механики машин. / Для машиностроит. спец. вузов/- М.: «Машиностроение», 1973, - 456 с.
4. Вольмир А.С. и др. Устойчивость деформируемых систем. - М.: ФМЛ, 1988.- 984 с.
5. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. М, 1978.

##### Навчальні посібники і методичні вказівки

1. Будівельна механіка машин. Розд. І: Стрижневі системи [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. М. Чемерис. – Електронні текстові дані (1 файл: 922,94 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012, Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2238>
2. Чемерис О.М. Конспект лекцій з дисципліни «Будівельна механіка машин» для спеціальності «Динаміка і міцність машин» Розділ 3. Стійкість пружних систем К.НТУУ «КПІ» 2010, 76 с.
3. Будівельна механіка машин. Стрижневі системи. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для студ. спец. «Динаміка і міцність машин» // Уклад. Чемерис О.М. – НТУУ «КПІ», 2006. – 24 с.
4. Будівельна механіка машин. Ч. І: Стрижневі системи [Електронний ресурс] : методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ»; уклад. О. М. Чемерис. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,93 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 60 с. Доступ <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2582>

#### Навчальний контент

##### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1. Розрахунок стрижневих систем</b>					
Тема 1 Кінематичний аналіз і визначення зусиль взаємодії складових частин стрижневих систем	10	2	4	–	4
Тема 2. Статично-визначувані і статично-невизначувані ферми	8	2	4	–	2
Тема 3. Метод переміщень. Розрахунок статично невизначуваних рам	12	2	6	–	4
Тема 4. Визначення внутрішніх зусиль в кругових кільцях	6	2	2	–	2
Контрольні роботи 1,2	2	–	-	–	2
Разом за розділом 1	38	8	16	–	14

1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 2. Стійкість стрижнів і стрижневих систем.</b>					
<i>Тема 1.</i> Критерії стійкості та методи визначення критичних навантажень	4	2	2	–	-
<i>Тема 2.</i> Стійкість стрижнів і стрижневих систем з скінченою кількістю ступенів вільності. Багатопараметричне навантаження, область стійкості.	8	2	4	–	2
<i>Тема 3</i> Розрахунок стержневих систем на стійкість методом переміщень.	12	2	4	-	6
<i>Контрольна робота 3</i>	2	–	-	–	2
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>–</b>	<b>10</b>
<b>Розділ 3. Деформування тонкостінних стрижнів</b>					
<i>Тема 1.</i> Теорія тонкостінних стрижнів. Геометричні характеристики перерізу тонкостінних стрижнів	7	1	2	–	4
<i>Тема 2.</i> Вільне і обмежене кручення тонкостінного стрижня відкритого профілю	7	1	4	–	4
<i>Тема 3.</i> Напружений стан тонкостінного стрижня у випадку складного опору	10	2	2	–	4
<i>Контрольна робота 3</i>	2	–	-	–	2
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>–</b>	<b>12</b>
<i>Семестрова контрольна робота</i>	2	–	2	–	2
<b>Всього годин</b>	<b>90</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>–</b>	<b>36</b>

№	Теми лекційних занять	Кількість
1	Кінематичний аналіз і визначення зусиль взаємодії складових частин стрижневих систем	2
2	Статично-визначувані ферми – методи визначення внутрішніх зусиль. Статично-невизначувані ферми – розрахунок методом сил	2
3	Метод переміщень - основні невідомі і розв'язувальні рівняння	2
4	Визначення внутрішніх зусиль в кругових кільцях	2
5	Критерії стійкості та методи визначення критичних навантажень	2
6	Стійкість стрижнів і стрижневих систем з скінченою кількістю ступенів вільності. Багатопараметричне навантаження, область стійкості	2
7	Розрахунок стержневих систем на стійкість методом переміщень – складання розв'язувальних рівнянь і визначення критичних навантажень	2
8	Теорія тонкостінних стрижнів. Геометричні (секторіальні) характеристики перерізу тонкостінних стрижнів. Вільне і обмежене кручення тонкостінного	2
9	Напружений стан тонкостінного стрижня у випадку складного опору. Визначення нормальних і дотичних напружень	2

№	Теми практичних занять	Кількі
1	Кінематичний аналіз - кількісний і якісний етап і	2
2	Визначення зусиль взаємодії складових частин стрижневих систем	2
3	Статично-визначувані ферми – методи визначення внутрішніх зусиль.	2
4	Статично-невизначувані ферми – розрахунок методом сил	2
5	Метод переміщень - основні невідомі, основна система і канонічна форма розв'язувальних рівнянь.	2
6	Розгорнута форма рівнянь методу переміщень	2
7	Визначення внутрішніх зусиль в статично невизначуваній рамі методом переміщень. Урахування симетрії	2
8	Визначення внутрішніх зусиль в кругових кільцях при дії навантажень у площині та перпендикулярно до площини кільця.	2
9	Визначення критичних навантажень в недеформованих стержневих системах з одним ступенем вільності	2
10	Визначення критичних навантажень для стрижневих систем з скінченною кількістю ступенів вільності..	2
11	Визначення області стійкості при багатопараметричному навантаженні	2
12	Розрахунок стержневих систем на стійкість методом переміщень – співвідношення між внутрішніми зусиллями та переміщеннями в однопрогонових балках	2
13	Розрахунок рам на стійкість методом переміщень. Урахування симетрії	2
14	Обчислення геометричних характеристики перерізу тонкостінних стрижнів	2
15	Визначення напружено-деформованого стану тоностінного стрижня при вільному крученні	2
16	Диференційне рівняння стисненого кручення і напружено-деформований стану тоностінного стрижня при стисненому крученні	2
17	Напружено-деформований стану тоностінного стрижня при складному опорі (з урахуванням згину)	2
18	Семестрова контрольна робота	2

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента складається зі:

- підготовки до аудиторних занять – повторення викладеного на попередньому занятті матеріалу;
- підготовка до теоретичної складової контрольних робіт за розділами;
- самостійне розв'язання контрольних завдань (задач) тематикою розділів та індивідуального завдання.

Самостійна робота виконується протягом семестру в межах часу, відведеного на самостійну роботу по темі.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентам практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання практичної роботи (за кожне завдання)	+ 4 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожне завдання)	- 1 бал
		Несвоєчасне написання контрольної роботи за розділом	-3 бали

### Пропущені контрольні заходи

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюється зі штрафними балами.

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), не оцінюється.

### 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>.

### Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Будівельна механіка стрижневих систем» не передбачає її вивчення англійською мовою.

## Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Будівельна механіка стрижневих систем» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб 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)

#### Контрольні роботи

##### Контрольна робота 1. «*Кінематичний аналіз і розрахунок стержневих систем*»

- 1) *Теоретичні питання*: Основні положення кінематичного аналізу
- 2) *Задача*: Кінематичний аналіз і визначення зусиль в стержневих і комбінованих системах

##### Контрольна робота 2. «*Розрахунок статично невизначуваних стержневих систем*».

- 1) *Теоретичні питання*: Основні теоретичні положення методу сил і методу переміщень
- 2) *Задача*: Визначення внутрішніх зусиль в статично-невизначуваній рамі методом переміщень

##### Контрольна робота 3. «*Стійкість стержневих систем*».

- 1) *Теоретичні питання*: Основні теоретичні положення теорії стійкості
- 2) *Задача*: Визначення критичного навантаження для стиснутого ступінчастого стержня

**Індивідуальне завдання: Розрахунок статично-невизначуваної рами на стійкість методом переміщень:** Визначення критичних значень параметрів навантаження для статично-невизначуваної рами. Побудова області стійкості.

#### Обчислення стартового рейтингу ( $R_c=50$ )

**1. Контрольні роботи 1-4** - ваговий бал 8, у т.ч. п.1 – 2 бали, п.2 (задача) – 6 балів.

Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи : 32 бали.

##### Критерії оцінювання п.1 контрольних робіт №№1-4 (теоретичні питання):

- 66 % і більше правильних відповідей на питання ..... 2 бали;
- від 30 % до 65 % правильних відповідей на питання ..... 1 бал;
- менше 30 % правильних відповідей на питання ..... 0 балів;

##### Критерії оцінювання п.2 контрольних робіт 1-4 (задач):

- задача виконана правильно ..... 6 балів;
- хід розв'язання правильний, незначні помилки в обчисленнях ..... 5 балів;
- хід розв'язання правильний, суттєві помилки в обчисленнях ..... 2-4 балів;
- помилки в методиці розв'язання задачі ..... 1 бал;
- відсутність розв'язання задачі ..... 0 балів

*Виправлення помилок в ході співбесіди по результатам перевірки контрольних робіт + 1-2 бали*

##### **2. Індивідуальне завдання 12 балів («Розрахунок рами на стійкість методом переміщень»)**

##### Критерії оцінювання індивідуального завдання

- задача виконана правильно, викладення розв'язку повне і послідовне ..... 12 балів;
- хід розв'язання правильний, викладення розв'язку неповне . . . . . 10 балів;

- хід розв'язання правильний, помилки в обчисленнях 7 бали;
- помилки в методиці розв'язання задачі . 3-5 балів;
- відсутність розв'язання задачі ..... 0 балів

*Виправлення помилок в ході співбесіди по перевірці індивідуального завдання* **+ 2-3 бали**  
*Контрольна робота, виконана з оцінкою «0 балів» має бути виконана повторно.*

### **3. Інші критерії**

***Відвідування лекційних і практичних занять - 5 балів***

90-100%	<b>5 балів</b>
70-90%	<b>4 бали</b>
50-70%	<b>2 бали</b>
Менше 50 %	<b>0 балів</b>

***Участь в розв'язанні задач на практичних заняттях, за семестр, заохочувально*** до 10 балів

**3.Розрахунок шкали (Rc) стартового рейтингу**  $R = 32 + 12 + 5 + (0...10) = 49...59$  балів.

### **Обчислення рейтингу екзаменаційних балів ( Re=50 )**

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування всіх контрольних робіт, виконання індивідуального завдання, відвідування не менше **50%** занять а також стартовий рейтинг не менший 50% від **R**, тобто **25 балів**.

Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань і двох задач

*Критерії оцінювання відповідей на теоретичні питання :*

Відповідь на одне питання - **5 балів** (всього два питання):

- правильна і повна відповідь – **5 балів**;
- принципово правильна відповідь – **4 бали**;
- неповна відповідь з помилками – **1-3 бали**;
- відсутність відповіді - **0 балів**.

*Критерії оцінювання розв'язків задач :*

Розв'язання однієї задачі - **20 балів** (всього дві задачі):

- правильне розв'язання задачі із наданням пояснень про хід розв'язання задачі– **20 балів**;
- правильне розв'язання задачі, помилки в наданні пояснень - **15 балів**;
- розв'язання з незначними помилками – **12 балів**;
- розв'язання зі значними помилками – **8 балів**;
- розв'язання з помилками в методиці розв'язання задач – **2-6 балів**;
- відсутність розв'язку - **0 балів**.

**Сума екзаменаційних балів**  $R = 5 + 5 + 20 + 20 = 50$  балів.

### **Обчислення сумарного рейтингу ( R= 100 )**

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його сумарна рейтингова оцінка (  $R = R_c + R_e$  ) переводиться згідно з таблицею:



Кількість балів	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95 – 100	A	зараховано
85 – 94	B	
75 – 84	C	
65 – 74	D	
60 - 64	E	
< 60	Fx	не зараховано
< 30 балів або не виконані інші умови допуску до заліку	F	не допущений

Студенти, які отримали оцінку <F, до складання екзамену не допускаються і повинні підвищити свій рейтинг шляхом додаткового виконання контрольних робіт, співбесіди з індивідуальних завдань протягом додаткової сесії.

Результати контрольних заходів оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Moodle або е-поштою).

#### Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання контрольних робіт за розділами робіт;
2. Виконання індивідуального завдання
3. Відвідування 70% лекційних занять та 80% практичних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

*Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:*

1. Кінематичний аналіз. Кількісний і якісний етапи
2. Кількісний етап кінематичного аналізу. Геометрично змінювані і геометрично незмінювані системи.
3. Якісний аналіз. Способи утворення геометрично незмінюваних систем
4. Миттєво змінювані системи. Приклади.
5. Ферми. Класифікація ферм. Кінематичний аналіз ферм.
6. Спосіб вирізування вузлів для визначення зусиль в стержнях ферм. Окремі випадки рівноваги вузлів ферм (нульові стержні)
7. Спосіб наскрізних перерізів для визначення зусиль в стержнях ферм
8. Розрахунок статично невизначуваних ферм. Особливості отримання основної системи.
9. Використання симетрії при розрахунку статично невизначуваних ферм

10. Визначення внутрішніх зусиль в тонких кільцях при згині.
11. Метод переміщень (МП). Основні невідомі. Основна система МП
12. Система канонічних рівнянь методу переміщень: зміст рівнянь і порядок складання
13. Визначення внутрішніх зусиль в балці «защемлення-защемлення»
14. Визначення внутрішніх зусиль в балці «защемлення-шарнір»
15. Обчислення коефіцієнтів системи канонічних рівнянь методу переміщень. Матриця жорсткості системи
16. Побудова і перевірка дійсних епюр зусиль в методі переміщень
17. Розрахунок симетричних рам методом переміщень
18. Стійкість механічних систем. Стійка і нестійка рівновага. Методи дослідження стійкості.
19. Стійкість систем з декількома ступенями вільності Визначення критичних навантажень.
20. Багатопараметричне навантаження. Область стійкості.
21. Диференційне рівняння повздовньо-поперечного згину і критична сила для стиснутого стержня. Формула Ейлера.
22. Розв'язання диференційного рівняння повздовньо-поперечного згину при різних умовах закріплення кінців стержня.
23. Визначення умов стійкої рівноваги механічних систем з декількома ступенями вільності
24. Розв'язання диференційного рівняння повздовньо-поперечного згину в формі методу початкових параметрів.
25. Розрахунок стержневих систем на стійкість методом переміщень
26. Рівняння для визначення кінцевих зусиль в однопрогонових балках «защемлення-защемлення» при повздовньо-поперечному згині.
27. Рівняння для визначення кінцевих зусиль в однопрогонових балках «защемлення-шарнір» при повздовньо-поперечному згині.
28. Розрахунок симетричних рам на стійкість методом переміщень.
29. Геометричні (секторіальні) характеристики тонкостінних профілів
30. Визначення напружень і переміщень при вільному крученні тонкостінного стрижня замкнутого профіля
31. Визначення напружень і переміщень при вільному крученні тонкостінного стрижня не замкнутого профіля
32. Стиснене кручення тонкостінного стрижня – умови виникнення і механічні ефекти
33. Диференційне рівняння стисненого кручення для тонкостінного стрижня і його розв'язок
34. Визначення напружень і переміщень при стисненому крученні тонкостінного стрижня не замкнутого профіля.
35. Складний напружено-деформований стан тонкостінного стрижня (урахування згину)

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** : зав.кафедрою ДММ і ОМ, д.т.н., професор Пискунов С.О.

**Ухвалено** кафедрою ДММ і ОМ (протокол 9 від 27 травня 2021 р.

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_)

---

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.