



# ТЕОРІЯ ПЛАСТИЧНОСТІ ТА ПОВЗУЧОСТІ.

## ЧАСТИНА 1. ТЕОРІЯ ПЛАСТИЧНОСТІ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | Перший (бакалаврський)                                                                                                                                                                                                                                        |
| Галузь знань                                | 13 Механічна інженерія                                                                                                                                                                                                                                        |
| Спеціальність                               | 131 Прикладна механіка                                                                                                                                                                                                                                        |
| Освітня програма                            | Динаміка і міцність машин НН ММІ                                                                                                                                                                                                                              |
| Статус дисципліни                           | Основна                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Форма навчання                              | Очна (денна)                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Рік підготовки, семестр                     | IV-й курс, осінній семестр                                                                                                                                                                                                                                    |
| Обсяг дисципліни                            | 120 годин / 4 кредитів (лекції – 36 год.; практичні заняття – 18 год.; самостійна робота – 66 год.)                                                                                                                                                           |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | Екзамен                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Розклад занять                              | <a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a>                                                                                                                         |
| Мова викладання                             | Українська                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: <i>член-кор. НАН України, д.т.н., професор, Бобир Микола Іванович, <a href="mailto:m.bobyr@ukr.net">m.bobyr@ukr.net</a></i><br>Практичні: <i>к.т.н., доцент, Можаровський Валерій Миколайович, <a href="mailto:vmagor@ukr.net">vmagor@ukr.net</a></i> |

#### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна вивчає: основи методів розрахунків відповідальних елементів конструкцій різного призначення з врахуванням незворотніх пружно-пластичних деформацій. При цьому вивчається граничний стан конструкційного матеріалу на рівні границь текучості та міцності. Окрему увагу приділено технологічним задачам теорії пластичності.

Розглядаються фізичні рівняння конструкційних металічних матеріалів (ізотропних та анізотропних). Показано взаємозв'язок механічних характеристик матеріалів та кінетики накопичення розсіяних руйнувань за умов пружно-пластичного деформування і з врахуванням їх реологічних властивостей описано основні методи розв'язку задач теорії пластичності: змінних параметрів пружності, додаткових навантажень, додаткових деформацій та варіаційні методи. Аналогічним чином розглянуті основні методи розв'язку задач теорії повзучості.

Детально розглянуті основні випадки розв'язку задач термопластичності, коли маємо основні закономірності зміни температури та навантаження. Кожний розділ модулів пластичності та повзучості супроводжується розв'язком типових інженерних задач по визначенню граничних станів конструктивних елементів з врахуванням термосилового навантаження та часу.

Курс складається із лекційних та практичних занять, що дозволяє студентам оволодіти практичними навичками розрахунку типових елементів та вузлів конструкцій, які використовуються в авіакосмічній галузі, енерго- та транспортному машинобудуванні, а також

інших наукоємних і високотехнологічних галузях машинобудівного комплексу. Заключним етапом вивчення даного курсу є складання екзамену з обох модулів названого курсу.

*Метою навчальної дисципліни*, є вивчення основних резервних властивостей конструкційних матеріалів, їх граничного стану, а також проектування високоефективних технологій виготовлення відповідальних елементів конструкцій різного призначення. Після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати наступні результати навчання :

#### **Знання:**

- несучої спроможності конструкційних матеріалів за межами пружності та з врахуванням часу;
- граничного стану матеріалів та елементів конструкцій різного призначення;
- асоційованого закону пластичної течії;
- теорії пластичності;
- залишкових напружень та деформацій;
- наближених методів розв'язування задач теорії пластичності;
- основних методів розв'язування задач неізотермічної пластичності.

#### **Уміння:**

- правильно визначити граничний стан матеріалів з врахуванням незворотніх деформацій;
- правильно визначити граничні умови;
- правильно застосувати наближені методи розв'язування задач теорії пластичності;
- розв'язувати актуальні інженерні задачі пластичності;
- використовувати в роботі електронні посібники, вітчизняну та іноземну технічну літературу.

#### **Навички:**

- правильно визначити граничний стан матеріалів з врахуванням незворотніх деформацій;
- розв'язування задач проектування та розрахунку граничного стану типових несучих елементів різного призначення;
- розв'язування технологічних задач теорії пластичності і короткочасної повзучості;
- самостійного розуміння можливості застосування аналітичних або наближених методів розрахунку;
- визначення параметрів і критеріїв розсіяного руйнування конструктивних елементів;
- роботи з навчально-науковою та довідковою літературою

| <b>Загальні компетентності (ЗК)</b> |                                                                             |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| ЗК 2                                | Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. |
| ЗК 4                                | Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.                      |

| <b>Фахові компетентності спеціальності (ФК)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ФК 1                                            | Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.                                                                                                                   |
| ФК 2                                            | Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності. |
| ФК 14                                           | Здатність оптимізувати конструкцію устаткування, машини, агрегату, вузла, тощо з точки зору її міцності, надійності та вартості.                                                                                                                                 |
| ФК 15                                           | Здатність коректно визначати граничні умови та створювати розрахункові моделі реальної конструкції з урахуванням зовнішнього експлуатаційного навантаження                                                                                                       |

|       |                                                                                                                                                                                           |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ФК 16 | Здатність реалізовувати та застосовувати на практиці основні методи та підходи теорії пружності та пластичності з точки зору оцінки граничних станів елементів конструкцій та обладнання. |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Програмні результати навчання |                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| РН 3                          | Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин;                                                                                         |
| РН 4                          | Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження;                                                                                           |
| РН 18                         | Знання сучасних пакетів прикладних програм для розрахунку на міцність, жорсткість та стійкість елементів машинобудівних конструкцій.                                                         |
| РН 21                         | Знання сучасних чисельних методів.                                                                                                                                                           |
| РН 25                         | Знання теорії пластичності і повзучості                                                                                                                                                      |
| РН 26                         | Уміння синтезувати алгоритми вирішення науково-технічних завдань з використанням сучасних технічних і програмних інформаційних засобів реалізації підтримки наукової та технічної діяльності |
| РН 28                         | Уміння готувати вихідні дані для обґрунтування технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій                         |

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Наявність знань, умінь та навичок базових дисциплін освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка або суміжними спеціальностями, який включає дисципліни Вища математика, Механіка матеріалів і конструкцій, Теорія пружності.

Знання, здобуті студентами при вивченні цієї дисципліни, можуть бути використані в подальшому при виконанні бакалаврського дипломного проекту.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

**Тема 1.** Основні положення та підходи в теорії пластичності і повзучості. Несуча здатність елементів конструкцій.

**Тема 2.** Теорія напружень.

**Тема 3.** Теорія деформацій.

**Тема 4.** Залежність між деформаціями та напруженнями в межах і за межами пружності.

**Тема 5.** Умови початку пластичності для анізотропних конструкційних матеріалів.

**Тема 6.** Поверхня та теорії пластичності.

**Тема 7.** Розвантаження та залишкові напруження і деформації.

**Тема 8.** Методи схематизації діаграм деформування металічних конструкційних матеріалів.

**Тема 9.** Розв'язок задач теорії пластичності по теорії малих пружно-пластичних деформацій (ТМППД).

**Тема 10.** Наближені методи розв'язування задач по ТМППД.

**Тема 11.** Розв'язок задач згідно теорії пластичної течії.

**Тема 12.** Плоска деформація.

**Тема 13.** Плоский напружений стан.

**Тема 14.** Граничний стан. Статична та кінематична теореми.

**Тема 15.** Неізотермічне пружно-пластичне навантаження. Метод змінних параметрів пружності.

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Базова література

1. Можаровський, М. С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: підручник для студентів механічних і машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. Київ: Вища школа, 2002. <https://discovery.kpi.ua/Record/000135233>
2. Козак Л.Ю.. Пластичність матеріалів і нестійкість кристалічної ґратки: монографія. Івано-Франківськ, 2004. <https://discovery.kpi.ua/Record/000206693>
3. Яворовський В. М., Теорія пластичної деформації: методичні вказівки до практичних занять для студентів, що навчаються за програмою підготовки бакалавра 6.050502 «Інженерна механіка» спеціальності «Обладнання для обробки металів тиском». Київ: НТУУ «КПІ», 2010. <https://discovery.kpi.ua/Record/000254446>

### Додаткова література

1. Дяченко С.С. Дощечкіна І.В., Мовлян А.О. Фізичні основи міцності та пластичності металів: Лабораторний практикум : Навч. посіб. Х.: ХНАДУ, 2004. <https://discovery.kpi.ua/Record/000174765>
2. Писаренко Г.С., Можаровський М.С. Рівняння та крайові задачі теорії пластичності і повзучості / К.: Наукова думка, 1989. – 493 с.
3. Можаровський М.С., Качаловська Н.Е. Методи та алгоритми розв'язку крайових задач / К.: Вища школа, 1991. – 287 с.

## Навчальний контент

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

#### Теорія пластичності.

**Лекція 1.** Основні положення. Основні цілі курсу теорії пластичності.

**Лекція 2.** Напружений стан матеріалу. тензор і девіатор напружень.

**Лекція 3.** Головні площадки, головні напруження. октаедричні площадки.

**Лекція 4.** Параметр Надаї та кут виду напруженого стану по напруженнях.

**Лекція 5.** Деформований стан. рівняння Коші.

**Лекція 6.** Головні площадки. Октаедричні деформації.

**Лекція 7.** Основні рівняння в приростах та швидкостях деформацій.

**Лекція 8.** Залежність між напруженнями і деформаціями за межами пружності.

**Лекція 9.** Умови початку виникнення незворотньої деформації.

**Лекція 10.** Термомеханічна поверхня.

**Лекція 11.** Критерії початку пластичної течії в точці твердого деформівного тіла.

**Лекція 12.** Параметри зміцнення конструкційних матеріалів.

**Лекція 13.** Постулат Друкера.

**Лекція 14.** Асоційований закон пластичної течії.

**Лекція 15.** Теорії (моделі) пластичності.

**Лекція 16.** Теорія пластичності ізотропного матеріалу з анізотропним зміцненням.

**Лекція 17.** Наближені методи розв'язування задач теорії пластичності.

**Лекція 18.** Метод змінних параметрів пружності.

**Лекція 19.** Теорема про навантаження та розвантаження.

**Лекція 20.** Варіаційні методи розв'язування задач теорії пластичності.

**Лекція 21.** Плоска деформація.

**Лекція 22.** Лінії ковзання.

**Лекція 23.** Технологічні задачі теорії пластичності.

**Лекція 24.** Плоский напружений стан.

- Лекція 25.** Основні задачі теорії пластичності при плоскому деформованому та плоскому напруженому стані.
- Лекція 26.** Теорії пластичної течії при неізотермічному навантаженні.
- Лекція 27.** Основна система рівнянь при неізотермічному навантаженні.
- Лекція 28.** Гіперповерхня пластичності при неізотермічному навантаженні.
- Лекція 29.** Граничний стан конструкційних матеріалів при неізотермічному навантаженні.
- Лекція 30.** Фізичні рівняння теорії неізотермічної пластичної течії.
- Лекція 31.** Метод змінних параметрів пружності при неізотермічному навантаженні.
- Лекція 32.** Термопружнопластичність стержнів при неізотермічному навантаженні.

### Практичні заняття

#### МОДУЛЬ 1. Теорія пластичності.

- Практичне заняття №1.** Вплив виду напруженого стану на скалярні характеристики конструкційного матеріалу.
- Практичне заняття №2.** Пружно-пластичний стан товстостінного циліндру під дією тиску.
- Практичне заняття №3.** Пружно-пластичний стан товстостінного циліндру за умов неізотермічного навантаження.
- Практичне заняття №4.** Пружно-пластичний стан товстостінних сфер.
- Практичне заняття №5.** Пружно-пластичний стан обертових рівномірного нагрітих дисків постійної товщини.
- Практичне заняття №6.** Пружно-пластичний стан обертових дисків з отвором за умов неізотермічного навантаження.
- Практичне заняття №7.** Несуча здатність балок з використанням статичної та кінематичної теорем.
- Практичне заняття №8.** Несуча здатність рамних конструкцій з використанням статичної та кінематичної теорем.
- Практичне заняття №9.** Граничний стан плиток за умов пружно-пластичного деформування.

### 6. Самостійна робота студента

| № з/п | Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання                                                                                                     | Кількість годин СРС |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1     | Теорія деформацій. Кінцеві та малі пружно-пластичні деформації.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i>          | 10                  |
| 2     | Пластичність та руйнування. Розсіяне руйнування.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i>                         | 10                  |
| 3     | Феноменологічні моделі розсіяного руйнування.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i>                            | 10                  |
| 4     | Технологічні задачі теорії пластичності. Об'ємне пластичне деформування.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i> | 6                   |

|   |                                                                                                                                               |    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5 | Моделювання процесів різання матеріалів.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i>                       | 10 |
| 6 | Плоска деформація в технологічних задачах теорії пластичності.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i> | 10 |
| 7 | Статистичний аспект проблеми деформування та руйнування.<br><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача.</i>       | 10 |

#### Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів бажаним, оскільки дозволяє більш детально ознайомитися з навчальним матеріалом та отримати консультації і роз'яснення за його змістом.

Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем наприкінці заняття.

Матеріали пропущених занять мають бути відпрацьованими самостійно.

#### Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізнь.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти. Під час проведення лекційних занять та на практичних заняттях не допускаються сторонні розмови, користування комп'ютерами, смартфонами, мобільними телефонами без дозволу викладача.

#### Правила оцінювання практичних занять

Контроль засвоєння матеріалу практичних занять здійснюється шляхом оцінювання виконання студентами індивідуальних завдань (див. п.8)

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання (див. п. 8)

#### Політика дедлайнів та перескладань

Виконання всіх завдань курсової роботи є обов'язковим для допуску до екзамену з дисципліни. Оцінювання ступені та якості виконання завдання відбувається відповідно до вимог п.8.

#### Політика щодо академічної доброчесності

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують завдання з курсової роботи та індивідуальні практичні завдання. При цьому студенти і викладачі на взаємній основі керуються принципами академічної доброчесності стосовно неприпустимості плагіату, фальсифікації результатів роботи, корупційних проявів тощо. У разі виявлення плагіату або фальсифікації результатів роботи під час виконання студентом завдань бали за це завдання автоматично анулюються.

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

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

- **Поточний контроль.** Включає оцінювання виконання завдань з практичних занять.
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Екзамен.

**Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

- 1) виконання завдань з практичних занять;
- 2) написання модульної контрольної роботи;
- 3) штрафних та заохочувальних балів.

**На час дії воєнного стану та в умовах тривалої відсутності електроенергії в учасників освітнього процесу припиняється нарахування штрафних балів за порушення здобувачами вищої освіти термінів виконання поточних завдань з навчальної дисципліни, визначених відповідним силабусом.**

### 8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

#### 8.1.1. Виконання завдань практичних занять та курсової роботи

Оцінювання якості виконання завдань практичних занять, а також степені опанування теоретичного матеріалу, необхідного для виконання цих завдань, здійснюється шляхом аналізу правильності виконання розрахунків та опитування по тематиці виконаних завдань.

Величина коригувального коефіцієнта  $K_{гр}$ , що враховує якість виконання завдань та точність відповідей на питання наведена у таблиці нижче.

*Критерії оцінювання якості виконання практичних задач:*

| <i>Критерій</i>                                                                                                                                                                                                           | <i>Коригувальний коефіцієнт <math>K_{гр}</math></i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| завдання виконано повністю вірно/вірна та повна відповідь на питання                                                                                                                                                      | 1                                                   |
| завдання виконано з незначними неточностями/відповідь містить деякі неточності або несуттєві помилки (механічна помилка, невірно відображений результат арифметичної дії, необгрунтовано консервативний розрахунок, тощо) | 0,85-0,95                                           |
| завдання виконано зі значними помилками/відповідь неповна (помилка в розмірності, невірно використані довідкові коефіцієнти або параметри, суть питання розкрита поверхнево та у загальних рисах, тощо)                   | 0,75-0,84                                           |
| завдання виконано, проте використаний невірний підхід/відповідь на питання лише частково торкається суті питання                                                                                                          | 0,6-0,74                                            |
| завдання не виконано                                                                                                                                                                                                      | 0                                                   |

#### 8.1.2. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується на останньому практичному занятті та містить 12 теоретичних запитань за матеріалами курсу 11 з яких є тестовими питаннями, що передбачають



можливість вибору студентом відповіді на питання з запропонованих варіантів, та одного запитання для самостійної відповіді. Час виконання модульної контрольної роботи становить 15 хвилин. У разі здачі студентом роботи пізніше ніж за 15 хвилин від початку її виконання бали за модульну контрольну роботу не виставляються. Перездача модульної контрольної роботи з метою підвищення балів не передбачена.

Максимальна кількість балів за кожне тестове питання становить 1 бал, за запитання для самостійної відповіді – 2 бали.

Величина коригувального коефіцієнта  $K_{кр}$ , що враховує точність відповідей на питання наведена у таблиці нижче.

*Критерії оцінювання правильності відповідей на питання контрольної роботи:*

| <i>Критерій</i>                                                                    | <i>Питання 1-11</i>                                 | <i>Питання 12</i> |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------|
|                                                                                    | <i>Коригувальний коефіцієнт <math>K_{кр}</math></i> |                   |
| Вірна відповідь на питання                                                         | 1                                                   | 1                 |
| Відповідь містить деякі неточності або несуттєві помилки                           | -                                                   | 0,9               |
| Відповідь неповна, відсутні основні або базові моменти, що стосуються суті питання | -                                                   | 0,75              |
| Відповідь на питання лише частково торкається суті питання                         | -                                                   | 0,5               |
| Невірна відповідь на питання                                                       | 0                                                   | 0                 |

### 8.1.3. Заохочувальні бали нараховуються за:

Участь в розробці нових задач з теорії практичності і повзучості, допомозі у підготовці наочного лекційного матеріалу, допомозі у створенні електронного методичного матеріалу (за умови виконання навчальної програми з дисципліни) - від +1 до +10 балів.

## 8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума набраних рейтингових балів може бути розрахована як:

$$R = \sum_{i=1}^4 (ПЗ_i \times K_{ПЗ_i}) + \sum_{i=1}^{12} (ПЗ_i \times K_{ПЗ_i}) + \sum_{i=1}^{12} (КР_i \times K_{КР_i}) + ЗБ$$

Де  $ПЗ_i$  – бали, набрані за виконання практичної частини  $i$ -го завдання практичних занять;  
 $ПЗ_i$  – бали, набрані за відповіді на теоретичні питання за тематикою завдань практичного заняття;

$КР_i$  – бали, набрані за відповіді на питання модульної контрольної роботи; сума балів, набраних за відповіді на питання модульної контрольної роботи;

$K_{ПЗ}$ ,  $K_{КР}$  – відповідні коригувальні коефіцієнти;

ЗБ – сума заохочувальних балів.

### 8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконанні завдання з початку навчального семестру і до моменту проведення атестації. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконанні завдання за інтервал від першої атестації і до моменту проведення другої атестації.



#### 8.4. Критерії оцінювання:

Набрані протягом навчального семестру бали переводяться до залікової оцінки згідно таблиці:

| Бали                                                                            | Оцінка                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 100...95                                                                        | Відмінно                                                              |
| 94...85                                                                         | Дуже добре                                                            |
| 84...75                                                                         | Добре                                                                 |
| 74...65                                                                         | Задовільно                                                            |
| 64...60                                                                         | Достатньо                                                             |
| Менше 60                                                                        | Незадовільно (виконується залікова робота за умови допуску до заліку) |
| Невиконані всі завдання ПЗ, кількість набраних балів за завдання ПЗ менша за 30 | Не допущено                                                           |

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. У разі, якщо кількість набраних балів складає менше 60 або студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку «Достатньо» або «Задовільно» – виконується залікова робота. При цьому всі набрані бали протягом семестру анулюються і кількість рейтингових балів стає рівною 0. Залікова робота складається з двох теоретичних питань та двох практичних завдань.

Кожне теоретичне питання максимально оцінюється в 20 балів за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – 20 балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 15-19 балів;
- неповна відповідь – 12-14 балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0-12 балів.

Кожне практичне завдання оцінюється максимально в 30 балів з урахуванням співбесіди з викладачем за наступними критеріями:

- повністю правильно виконане завдання – 30 балів;
- завдання виконане з незначними помилками – 23-29 балів;
- завдання виконане зі значними помилками – 18-23 бали;
- завдання не виконане або містить лише кілька виконаних вірних кроків – 0-18 балів.

У разі, якщо студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку «Добре» або «Дуже добре» – проводиться залікова співбесіда з викладачем за матеріалами пройденого курсу, що складається з 5 додаткових базових питань або базових завдань. За результатами співбесіди до рейтингу студента можуть бути додані додаткові бали за кожну вірну відповідь на запитання/кожне вірно виконане завдання. При цьому максимальна кількість балів, що може бути отримана за одне запитання/завдання складає:

$$ЗР = \frac{100 - R}{5}$$

Кожне питання/завдання оцінюється за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – 3Р балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 0,75\*3Р...0,95\*3Р балів;
- неповна відповідь – 0,65\*3Р...0,75\*3Р балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0...0,6\*3Р балів.

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

### ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН

#### Теорія пластичності.

- 1) Основні положення, гіпотези та припущення в теорії пластичності.
- 2) Напружений стан. Рівняння рівноваги на поверхні.
- 3) Головні площадки. Інваріанти тензора напружень.
- 4) Напруження в октаедричній площині.
- 5) Деформований стан в октаедричних площадках.
- 6) Деформований стан в приростах. Рівняння Коші.
- 7) Деформований стан у швидкостях деформацій.
- 8) Умова початку пластичних деформацій.
- 9) Види зміцнення матеріалу.
- 10) Постулат Друкера.
- 11) Термопластичність. Теорія течії з ізотропним зміцненням.
- 12) Види зміцнення матеріалу. Основні параметри.
- 13) Теорема про просте навантаження.
- 14) Теорія граничного стану. Граничне навантаження.
- 15) Граничний стан. Статична теорема.
- 16) Граничний стан. Кінетична теорема.
- 17) Основні види апроксимації діаграм деформування. Вплив основних параметрів процесу.
- 18) Основні види термомеханічного навантаження (розвантаження) в пружно-пластичній області.
- 19) Критерій Треска-Сен-Венана.
- 20) Критерій Хубера-Мізеса-Генкі.
- 21) Критерій Писаренка-Лебєдева.
- 22) Асоційований закон пластичної течії.
- 23) Постановка задачі в теорії малих пружнопластичних деформацій.
- 24) Метод змінних параметрів пружності.
- 25) Основні рівняння теорії пластичної течії.
- 26) Теорія пластичності. Основні закони теорії малих пружнопластичних деформацій.
- 27) Основні закони теорії пластичної течії.
- 28) Метод додаткових навантажень.
- 29) Постановка крайової задачі в теорії пластичної течії.
- 30) Використання варіаційних методів в теорії пластичності.
- 31) Плоска деформація. Основні рівняння.
- 32) Варіаційні принципи. Принцип мінімуму повної енергії.
- 33) Лінії ковзання при плоскій деформації.
- 34) Основні властивості ліній ковзання.
- 35) Поля швидкості деформацій при плоскій деформації.
- 36) Основні рівняння теорії пластичності при плоскому напруженому стані.
- 37) Критерій приросту пластичних деформацій при термосиловому навантаженні.
- 38) Миттєва термомеханічна поверхня.
- 39) Теорема про навантаження і розвантаження.

- 40) Основні рівняння теорії пластичної течії при неізотермічному навантаженні.
- 41) Метод змінних параметрів пружності при неізотермічному навантаженні.

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

**Склав** професор кафедри ДММ та ОМ, член-кор. НАН України, д.т.н. **Бобир М.І.**

**Ухвалено** кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 11 від 01 .07. 2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 29 .08. 2022 р.)