

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Проректор з наукової роботи  
В. В. Павліков  
(підпис) (ініціали та прізвище)  
2020 р.  
Відділ аспірантури і докторантури



## РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Процеси і машини обробки металів тиском

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 13 «Механічна інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність 132 «Матеріалознавство»  
(код та найменування напрямку підготовки)

Освітня програма: «Матеріалознавство»

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)**

**Харків 2020 рік**

## РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Устаткування і процеси формоутворення заготовок і деталей машин

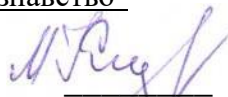
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 132 "Матеріалознавство"

освітньо-науковою програмою "Матеріалознавство"

«28» 08 2020 р., – 14 с.

Розробник: проф. кафедри, к. т. н., доцент  
(посада, науковий ступінь та вчене звання)

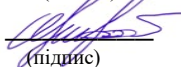


(підпис)

Князєв М. К.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП доцент каф. 202, к.т.н., доцент  
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Ю.В. Широкий

(прізвище та ініціали)

(

Протокол № 10 від « 28 » 08 2020 р. засідання кафедри № 204

Завідувач кафедри д. т. н., професор  
(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

А. І. Долматов

(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу  
аспірантури і докторантури  
(наукова ступінь та вчене звання)

(підпис)



(ініціали та прізвище)

В. Б. Селевко

Голова наукового товариства  
студентів, аспірантів,  
докторантів і молодих вчених  
(наукова ступінь та вчене звання)

(підпис)



(ініціали та прізвище)

Т. П. Старовойт

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показника   | Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти  | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|--|---|---|
| Кількість кредитів – 5,5   | <b>Галузь знань</b><br>13 «Механічна інженерія»<br><br><b>Спеціальність</b><br>132 "Матеріалознавство"<br><br><b>Рівень вищої освіти:</b><br>третій (освітньо-науковий) | Вибіркова   |
| Модулів – 2  |   | <b>Рік підготовки:</b>                                      |
| Змістових модулів – 4  |   | 2020/2021   |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання –  |   | <b>Семестр</b>  |
| Загальна кількість годин – 165 год   |   | 4-й   |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 4<br>самостійної роботи студента – 6,3 |   | <b>Лекції*</b>  |
|  |   | 32 год.   |
|  |   | <b>Практичні, семінарські*</b>                              |
|  |   | 32  |
|  |   | <b>Лабораторні</b>  |
|  |   | –   |
|  |   | <b>Самостійна робота</b>                                    |
| 101 год.   |   |   |
| <b>Вид контролю</b>  |   |   |
| модульний контроль, іспит  |   |   |

Примітки.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 64/101.

\* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

### Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** – засвоєння знань методів адитивних технологій у виробництві літальних апаратів.

**Завдання** – оволодіння інформаційними технологіями, програмами та методами, що застосовуються при обробці та аналізі результатів комплексного дослідження матеріалів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Згідно з вимогами освітньо-професійних програм аспірант повинні досягти таких компетентностей:

#### **Загальні компетентності:**

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

#### **Фахові компетентності:**

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у технічній науці та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з технічних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та іноземною мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в технічній науці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.

СК07. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК09 Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в технічних науках.

#### **Програмні результати навчання:**

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з технічних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН02. Уміти вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми технічної науки державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН03. Уміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН05. Уміти планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з технічних наук та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН07. Уміти розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми технічних наук з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН08. Має розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері технічних наук та у викладацькій практиці.

ПРН09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації технічних наук.

ПРН10. Здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проектів з технічних наук.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень

#### **Міждисциплінарні зв'язки:**

- базується на загальних знаннях з таких дисциплін як «Матеріалознавство авіаційної та ракетно-космічної техніки та новітні зварювальні технології», «Процеси механічної та фізико-технічної обробки, обладнання та інструменти», «Іноземна мова», «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ».

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1

##### Змістовний модуль 1

#### **Тема 1. Базові поняття і положення теорії обробки металів тиском**

Явище пластичної деформації. Пластична деформація монокристалів і полікристалів. Зміцнення при холодному деформуванні.

Пластична деформація при підвищених температурах. Вплив гарячого деформування на властивості металів.

Умова постійності об'єму. Ступінь деформації і зміщений об'єм. Швидкість деформації. Надпластичність.

Напружений стан елемента заготовки. Напруження в координатних площадках. Головні нормальні напруження. Тензор напружень. Еліпсоїд напружень. Головні дотичні напруження. Октаедричні напруження. Діаграма напружень Мора. Умови рівноваги для об'ємного напруженого стану. Плоский напружений і плоский деформований стан.

#### **Тема 2. Теоретичні засади для формування деталей способами об'ємного штампування**

Компоненти зміщень і деформацій в елементарному об'ємі. Нерозривність деформацій. Швидкості зміщень і швидкості деформацій.

Фізичне розуміння умови пластичності. Енергетична умова пластичності. Особливі вирази умови пластичності. Вплив середнього головного нормального напруження. Зв'язок між напруженнями і деформаціями при пластичному деформуванні. Принцип подоби. Контактне тертя при пластичному деформуванні. Принцип найменшого спротиву. Нерівномірність деформацій і додаткові напруження.

Вирішення диференціальних рівнянь рівноваги спільно з рівнянням умови пластичності. Метод розрахунків деформуючої сили по спрощеним рівнянням рівноваги і умови пластичності. Метод ліній ковзання. Метод верхньої оцінки. Метод спротиву матеріалів пластичному деформуванню. Метод балансу робіт. Візіопластичний метод.

#### **Тема 3. Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації об'ємного штампування**

Осаджування. Теоретичне описання. Експериментальні дослідження.

Товстостінна труба під рівномірним тиском. Теоретичне описання. Експериментальні дослідження.

Протягування. Теоретичне описання. Експериментальні дослідження.

Видавлювання. Теоретичне описання. Експериментальні дослідження.

Прошивання. Теоретичне описання. Експериментальні дослідження.

Об'ємне штампування в відкритих штампах. Теоретичне описання. Експериментальні дослідження.

##### Змістовний модуль № 2

#### **Тема 4. Теоретичні засади для формування деталей способами листового штампування жорсткими інструментами**

Рівняння рівноваги. Методика врахування сил тертя на поле напружень. Рівняння пластичності стосовно операцій листового штампування. Методика врахування зміцнення матеріалу заготовки на поле напружень. Методика врахування згину на поле напружень. Методика врахування зміни товщини заготовки в процесі деформування на поле напружень.

## **Тема 5. Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування жорсткими інструментами**

Розділові операції. Механізм деформування в розділових операціях. Особливості процесу деформування при відрізанні та вирізанні. Особливості процесу деформування при вирубці та пробивці. Методи експериментальних досліджень.

Гнуття. Поля напружень і деформацій при згині моментом. Особливості згину тонкої полоси на ребро. Особливості згину силою. Методи експериментальних досліджень.

Формування. Напружено-деформований стан заготовки. Методи експериментальних досліджень.

Витягування. Теоретичне описання витягування циліндричного стакана з плоскої заготовки. Витягування вісесиметричних нециліндричних деталей. Витягування з потоншенням. Методи експериментальних досліджень.

Роздача. Напружено-деформований стан заготовки. Методи експериментальних досліджень.

Обтиск. Напружено-деформований стан заготовки. Обтиск в конічній матриці. Обтиск в матриці з криволінійною твірною.

Штамування з нагрівом. Напружено-деформований стан заготовки. Методи експериментальних досліджень.

Штамування з диференційованим нагрівом. Напружено-деформований стан заготовки. Методи експериментальних досліджень.

## **Тема 6. Устаткування і оснастка для холодного і гарячого кування і штампування**

Ковальські паро-повітряні молоти подвійної дії. Ковальські приводні повітряні молоти. Ковальські гідравлічні преси.

Штампувальні паро-повітряні молоти подвійної дії. Штампувальні фрикційні молоти з дошкою. Штампувальні паро-повітряні безшаботні молоти. Типові конструкції штампів.

Гарячештампувальні кривошипні преси. Типові конструкції штампів.

Горизонтально-ковальські машини. Типові конструкції штампів.

Гвинтові фрикційні преси. Типові конструкції штампів.

Обрізні кривошипні преси. Типові конструкції штампів.

Кривошипні преси загального призначення. Типові конструкції штампів.

Чеканочні (калібрувальні) кривошипно-коленні преси. Типові конструкції штампів.

Холодно-висадочні автомати. Типові конструкції штампів.

Обрізні автомати.

Горизонтально-згинальні машини (бульдозери).

Вертикально-ковальські машини. Типові конструкції штампів.

Ротаційно-ковальські машини. Типові конструкції оснастки.

Ковальські вальці. Типові конструкції оснастки.

## **Модульний контроль**

### **Модуль 2**

#### **Змістовний модуль 3**

## **Тема 7. Теоретичні засади для формування деталей способами листового штампування еластичними інструментами**

Техніко-економічні принципи застосування процесів штампування гумою і рідиною. Класифікація листових деталей рекомендованих до штампування еластичною і рідинною середами. Класифікація процесів штампування еластичною і рідинною середами.

Уточнення основних положень теорії пластичного деформування листового матеріалу при штампуванні гумою, рідиною і газами. Основи гідродинамічної теорії тертя при витяжці.

**Тема 8. Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування еластичними інструментами**

- Вирізання і обрізання заготовок гідростатичним тиском в гумі і рідині.
- Гнуття. Гнуття-формування.
- Формування.
- Витяжка з плоскої заготовки в жорсткій матриці.
- Витяжка з просторової заготовки в жорсткій матриці.
- Витяжка з плоскої заготовки по жорсткому пуансону з притискувачем.

**Тема 9. Устаткування і оснастка для листового штампування еластичними інструментами**

- Устаткування і оснастка для вирізання і обрізання заготовок.
- Устаткування і оснастка для гнуття-формування гумою.
- Устаткування і оснастка для витяжки з плоскої заготовки в жорсткій матриці.
- Устаткування і оснастка для витяжки з просторової заготовки в жорсткій матриці.
- Устаткування і оснастка для формування радіально-гофрованих труб.
- Устаткування і оснастка для витяжки з плоскої заготовки по жорсткому пуансону.

**Змістовний модуль 4**

**Тема 10. Теоретичні засади для формування деталей способами імпульсного штампування**

Особливості розвитку вибуху. Дія підводного вибуху на заготовку. Визначення роботи формоутворення деталі. Моделювання процесів гідровибухової витяжки. Штампувальність матеріалів при витяжці вибухом.

Електрогідравлічний ефект в рідині. Енергосилові фактори заглибленого розряду. Фізичні і математичні моделі утворення і розповсюдження енергосилових факторів і їх взаємодія з жорсткими стінками і деформівною перепонею (заготовкою).

**Тема 11. Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації імпульсного штампування**

- Штампування бризантними вибуховими речовинами.
- Гідроімпульсне штампування в прес-гарматах.
- Газодетонаційне штампування.
- Електрогідравлічне штампування.
- Магнітно-імпульсне штампування.
- Штампування скрапленими газами.

**Тема 12. Устаткування і оснастка для імпульсного штампування**

- Устаткування і оснастка для штампування бризантними вибуховими речовинами.
- Устаткування і оснастка для штампування в прес-гарматах.
- Устаткування і оснастка для газодетонаційного штампування.
- Устаткування і оснастка для електрогідравлічного штампування.
- Устаткування і оснастка для магнітно-імпульсного штампування.
- Устаткування і оснастка для штампування скрапленими газами.

**Модульний контроль**

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем  | Кількість годин |              |           |     |      |           |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----|------|-----------|
|  | денна форма     |              |           |     |      |           |
|  | усього          | у тому числі |           |     |      |           |
| л  |                 | п            | лаб       | інд | с.р. |           |
| 1  | 2               | 3            | 4         | 5   | 6    | 7         |
| <b>Модуль 1</b>  |                 |              |           |     |      |           |
| <b>Змістовний модуль 1</b>   |                 |              |           |     |      |           |
| Тема 1<br>Базові поняття і положення теорії обробки металів тиском   | 13              | 3            | –         | –   | –    | 10        |
| Тема 2<br>Теоретичні засади для формування деталей способами об'ємного штампування   | 12              | 3            | –         | –   | –    | 9         |
| Тема 3<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації об'ємного штампування                         | 16              | 2            | 8         | –   | –    | 6         |
| <i>Разом за змістовим модулем 1</i>  | 41              | 8            | 8         |     |      | 25        |
| <b>Змістовний модуль 2</b>   |                 |              |           |     |      |           |
| Тема 4<br>Теоретичні засади для формування деталей способами листового штампування жорсткими інструментами   | 13              | 3            | –         | –   | –    | 10        |
| Тема 5<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування жорсткими інструментами | 17              | 2            | 8         | –   | –    | 7         |
| Тема 6<br>Устаткування і оснастка для холодного і гарячого кування і штампування   | 11              | 3            | –         | –   | –    | 8         |
| <i>Разом за змістовним модулем 2</i>   | 41              | 8            | 8         |     |      | 25        |
| <i>Разом за модулем 1</i>  | <b>82</b>       | <b>16</b>    | <b>16</b> |     |      | <b>50</b> |
| <b>Модуль 2</b>  |                 |              |           |     |      |           |
| <b>Змістовний модуль 3</b>   |                 |              |           |     |      |           |
| Тема 7.<br>Теоретичні засади для формування деталей способами листового штампування еластичними інструментами  | 13              | 3            | –         | –   | –    | 10        |
| Тема 8<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування                         | 17              | 2            | 8         | –   | –    | 7         |



|   |            |           |           |   |   |            |
|---|------------|-----------|-----------|---|---|------------|
| еластичними інструментами   |            |           |           |   |   |            |
| 1   | 2          | 3         | 4         | 5 | 6 | 7          |
| Тема 9<br>Устаткування і оснастка для листового штампування еластичними інструментами   | 11         | 3         | –         | – | – | 8          |
| <i>Разом за змістовним модулем 3</i>  | 41         | 8         | 8         |   |   | 25         |
| <b>Змістовний модуль 4</b>  |            |           |           |   |   |            |
| Тема 10<br>Теоретичні засади для формування деталей способами імпульсного штампування   | 13         | 3         | –         | – | – | 10         |
| Тема 11<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації імпульсного штампування | 16         | 2         | 8         | – | – | 6          |
| Тема 12<br>Устаткування і оснастка для імпульсного штампування  | 13         | 3         | –         | – | – | 10         |
| <i>Разом за змістовним модулем 4</i>  | 42         | 8         | 8         |   |   | 26         |
| <i>Разом за модулем 2</i>   | <b>83</b>  | <b>16</b> | <b>16</b> |   |   | <b>51</b>  |
| <b>Усього годин</b>   | <b>165</b> | <b>32</b> | <b>32</b> | – | – | <b>101</b> |

#### 5. Теми семінарських занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
|       | –          | –               |

#### 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми   | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1.    | Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації об'ємного штампування                           | 8               |
| 2.    | Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування жорсткими інструментами   | 8               |
| 3.    | Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування еластичними інструментами | 8               |
| 4.    | Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації імпульсного штампування                         | 8               |
|       | <b>Разом</b>   | <b>32</b>       |

#### 7. Теми лабораторних занять

| № | Назва теми | Кількість |
|---|------------|-----------|
|---|------------|-----------|

|     |   |       |
|-----|---|-------|
| з/п |   | годин |
|     | – |       |

### 8. Самостійна робота

| № з/п                      | Назва теми   | Кількість годин |
|----------------------------|--|-----------------|
| 1                          | 2  | 3               |
| <b>Модуль 1</b>            |  |                 |
| <b>Змістовний модуль 1</b> |  |                 |
| 1.                         | Тема 1<br>Базові поняття і положення теорії обробки металів тиском   | 10              |
| 2.                         | Тема 2<br>Теоретичні засади для формування деталей способами об'ємного штампування   | 9               |
| 3.                         | Тема 3<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації об'ємного штампування                           | 6               |
|                            | <i>Разом за змістовним модулем 1</i>   | 25              |
| <b>Змістовний модуль 2</b> |  |                 |
| 4.                         | Тема 4<br>Теоретичні засади для формування деталей способами листового штампування жорсткими інструментами   | 10              |
| 5.                         | Тема 5<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування жорсткими інструментами   | 7               |
| 6.                         | Тема 6<br>Устаткування і оснастка для холодного і гарячого кування і штампування   | 8               |
|                            | <i>Разом за змістовним модулем 2</i>   | 25              |
|                            | <i>Разом за модулем 1</i>  | <b>50</b>       |
| <b>Модуль 2</b>            |  |                 |
| <b>Змістовний модуль 3</b> |  |                 |
| 7.                         | Тема 7.<br>Теоретичні засади для формування деталей способами листового штампування еластичними інструментами  | 10              |
| 8.                         | Тема 8<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації листового штампування еластичними інструментами | 7               |
| 9.                         | Тема 9<br>Устаткування і оснастка для листового штампування еластичними інструментами  | 8               |
|                            | <i>Разом за змістовним модулем 3</i>   | 25              |
| <b>Змістовний модуль 4</b> |  |                 |

|     |   |            |
|-----|---|------------|
| 10. | Тема 10<br>Теоретичні засади для формування деталей способами імпульсного штампування   | 10         |
| 1   | 2   | 3          |
| 11. | Тема 11<br>Вирішення прикладних задач теоретичними і експериментальними методами щодо способів реалізації імпульсного штампування | 6          |
| 12. | Тема 12<br>Устаткування і оснастка для імпульсного штампування  | 10         |
|     | <i>Разом за змістовним модулем 4</i>  | 26         |
|     | <i>Разом за модулем 2</i>   | <b>51</b>  |
|     | <b>Разом</b>  | <b>101</b> |

### 9. Індивідуальні завдання

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
|       | –          | –               |

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота аспірантів з літературними джерелами.

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю при виконанні практичних занять, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді диференційованого заліку.

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

### 12. Розподіл балів, які отримують аспіранти

| Складові навчальної роботи           | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1                                    | 2                               | 3                          | 4                       |
| <b>Модуль 1</b>                      |                                 |                            |                         |
| <b>Змістовний модуль 1</b>           |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                    | 1                               | 4                          | 4                       |
| Виконання та захист практичних робіт | 2                               | 4                          | 8                       |
| <b>Змістовний модуль 2</b>           |                                 |                            |                         |
| Робота на лекціях                    | 1                               | 4                          | 4                       |
| Виконання та захист практичних робіт | 2                               | 4                          | 8                       |

|                                      |    |   |            |
|--------------------------------------|----|---|------------|
| Модульний контроль                   | 26 | 1 | 26         |
| <b>Разом за модуль 1</b>             |    |   | <b>50</b>  |
| 1                                    | 2  | 3 | 4          |
| <b>Модуль 2</b>                      |    |   |            |
| <b>Змістовний модуль 3</b>           |    |   |            |
| Робота на лекціях                    | 1  | 4 | 4          |
| Виконання та захист практичних робіт | 2  | 4 | 8          |
| <b>Змістовний модуль 4</b>           |    |   |            |
| Робота на лекціях                    | 1  | 4 | 4          |
| Виконання та захист практичних робіт | 2  | 4 | 8          |
| Модульний контроль                   | 26 | 1 | 26         |
| <b>Разом за модуль 2</b>             |    |   | <b>50</b>  |
| <b>Всього за семестр</b>             |    |   | <b>100</b> |

### 12.2. Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

“відмінно” – при повному та якісному оволодінню всією програмою лекційно-практичного циклу, при вмінні самостійно виконувати наукові, інженерні і технологічні задачі, пов’язані з розробкою і вдосконаленням технологічних процесів виготовлення деталей аерокосмічної техніки;

“добре” – при неповному, але якісному оволодінні програмою, що дозволяє самостійно вирішувати наукові, інженерні і технологічні задачі профілю;

“задовільно” – при неповному та посередньому оволодінні програмою, що дозволяє вирішувати наукові і технологічні задачі зі сторонньою кваліфікованою допомогою;

“незадовільно” – при частковому оволодінні програмою, невмінні самостійно вирішувати наукові і технологічні задачі навіть зі сторонньою кваліфікованою допомогою.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою  |               |
|------------|-------------------------------|---------------|
|            | Іспит, диференційований залік | Залік         |
| 90 – 100   | Відмінно                      | Зараховано    |
| 75 – 89    | Добре                         |               |
| 60 – 74    | Задовільно                    |               |
| 0 – 59     | Незадовільно                  | Не зараховано |

### 13. Методичне забезпечення

1. Оброблення металів тиском [Текст] : навч. посіб. до лаб. практикуму / В. К. Борисевич, В. В. Третяк, А. М. Грінченко та ін. ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т». – Харків : ХАІ, 2013. – 57 с.
2. Моделювання течії металу в процесах обробки металів тиском [Текст] : метод. рекомендації до виконання лаб. робіт / уклад. В. В. Борисевич, В. Г. Данченко, О. М. Застела, О. М. Мещеряков. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2009. – 48 с.
3. Обробка металів тиском : навчальний посібник до лабораторного практикуму / В. С. Кривцов, В. П. Циганов, О. М. Застела, О. М. Мещеряков. – Харків : Нац. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2000. – 31 с.
4. Застела О. М., Борисевич В. В. Теорія пластичності. Конспект лекцій : Ротапринт ХАІ, 2000. – с. 77.
5. Третяк В. В. Проектування технологічних процесів імпульсного оброблення методами синтезу і адресації [Текст] : навч. посіб. до диплом. проектування / В. В. Третяк, А. В. Онопченко ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т». – Харків : ХАІ, 2000. – 72 с.
6. Технологія конструкційних матеріалів : навч. посібник до лаб. практикуму / В. К. Борисевич [та інші]. – Харків : Держ. аерокосмічний ун-т "Харківський авіац. ін-т". – 1998. – 96 с.

#### **14. Рекомендована література**

##### **Базова (в бібліотеці ХАІ)**

1. Високошвидкісні методи обробки металів тиском [Текст] : підруч. для студентів вищ. навч. закл. / В. А. Тітов, Ю. Є. Шамарін, А. І. Долматов та ін. ; за заг. ред. В. А. Тітова. – Київ : КВІЦ, 2010. – 304 с.
2. Введение в теорию пластичности : учеб. пособие для студентов вузов / Б. М. Илюкович. – Киев. – Вища школа, 1983. – 160 с.
3. Теория обработки металлов давлением : учеб. для вузов / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. – Машиностроение, 1977. – 423 с.
4. Основы теории упругости и пластичности : учеб. для студентов вузов / В. Г. Зубчанинов. – М. – Высшая школа, 1990. – 368 с. :
5. Ковка и объемная штамповка : учеб. пособие для студентов вузов / А. Н. Брюханов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. – Машиностроение, 1975. – 408 с. :ил. - 4,00
6. Технология и оборудованиековки и объемной штамповки : учеб. пособие для машиностроит. техникумов / Е. И. Семенов, В. Г. Кондратенко, Н. И. Ляпунов. – М. – Машиностроение, 1978. – 312 с.
7. Робототехнологические комплексы для листовой штамповки мелких деталей / Е. И. Семенов, Н. Ф. Кравченко. – М. – Машиностроение, 1989. – 288 с.

##### **Додаткова література**

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготованок : Підручник. – Львів : Світ, 1996. – 386 с.
2. Chakrabarty J. Theory of Plasticity / Third edition. – Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. – 882 p.
3. Campbell F. C. Manufacturing Technology for Aerospace Structural Materials / Elsevier Ltd., 2006. – 600 p.
4. Manufacturing Engineering and Technology / Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid. Sixth Edition in SI units: Prentice Hall, 2009. – 1180 p.
5. Modern Manufacturing Process Engineering / Benjamin W. Neibel, Alan B. Draper, Richard A. Wysk. – McGraw-Hill, Inc., 1989 – 896 p.
6. Обработка металлов давлением / Ю. Ф. Шевакин, В. Н. Чернышев, Р. Л. Шаталов ; под ред. Ю. Ф. Шевакина. – М. : Интермет Инжиниринг, 2013. – 492 с.
7. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением : в 2 т. :

- учебное пособие / А. Л. Воронцов. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
8. Технология и автоматизация листовой штамповки : учебник для вузов / А. Е. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 480 с.
  9. Исаченков Е. И. Штамповка резиной и жидкостью / Е. И. Исаченков. – М. : Машгиз, 1962. – 328 с.
  10. Степанов В. Г. Импульсная металлообработка в судовом машиностроении / В. Г. Степанов, И. А. Шавров. – Л. : Судостроение, 1968. – 253 с.
  11. Радзивончик В. Ф. Скоростное пластическое деформирование металлов / В. Ф. Радзивончик. – Харьков : Харьковская книжная фабрика им. Фрунзе, 1967. – 211 с.
  12. Батыгин Ю. В. Магнитно-импульсная обработка тонкостенных металлов: в 2 т. / Ю. В. Батыгин, В. И. Лавинский. – Харьков : МОСТ-Торнадо, 2002.
  13. Оборудование и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта / Г. А. Гулый [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Гулого. – М. : Машиностроение, 1977. – 320 с.
  14. Чачин В. Н. Электрогидравлическая обработка машиностроительных материалов / В. Н. Чачин. – Минск : Наука и техника, 1978. – 184 с.
  15. Кучеряев Б. В. Механика сплошных сред (теоретические основы обработки давлением композитных металлов с задачами и решениями, примерами и упражнениями) : учебник для вузов / Б. В. Кучеряев. – изд. 2-е, доп. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 601 с.
  16. Справочник по холодной штамповке : справочник / В. П. Романовский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1979. – 520 с.
  17. Ковка и объемная штамповка стали : справ.: в 2 т . Т. 2 / под ред. М.В. Сторожева . – 2-е изд., перераб. – М. – Машиностроение, 1968. – 448 с.
  18. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И. В. Белый [и др.]. – Харьков : Вища школа, 1977. – 168 с.
  19. Степанов Г. В. Упруго-пластическое деформирование материалов под действием импульсных нагрузок / Г. В. Степанов. – Киев : Наукова думка, 1979. – 268 с.
  20. Вагин В. А. Методы исследования высокоскоростного деформирования металлов / В. А. Вагин, Г. Н. Здор, В. С. Мамутов. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 207 с.
  21. Тараненко М. Е. Электрогидравлическая штамповка: теория, оборудование, техпроцессы : монография в 2 ч. / М. Е. Тараненко. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиац. ин-т», 2011. – 272 с.
  22. Мазуровский Б. Я. Электрогидравлический эффект в листовой штамповке / Б. Я. Мазуровский, А. Н. Сизёв. – Киев : Наук. думка, 1983. – 192 с.
  23. Методы расчета параметров импульсных технологий с использованием объектно-ориентированных пакетов прикладных программ : учеб. пособие по лаб. практикуму / В. В. Третяк [и др.]. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиац. ин-т», 2015. – 56 с.
  24. Технология заготовительного производства : учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию / А. М. Гринченко, В. В. Третяк. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиац. ин-т», 2010. – 76 с.
  25. Высокоэнергетические методы листовой штамповки : учеб. пособие по лаб. практикуму / В. К. Борисевич [и др.]. – Харьков : Гос. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиац. ин-т», 1998. – 75 с.

## 15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <https://education.khai.edu/department/204>

Сайт бібліотеки ХАІ <http://library.khai.edu>