

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Механіко-машинобудівний інституту

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ лютого 2017 р.

Голова вченої ради \_\_\_\_\_ М.І. Бобир

М.П.

## ПРОГРАМА

додакового випробування для вступу на навчання  
за освітньо-професійною програмою підготовки магістра  
спеціальності 131 Прикладна механіка  
спеціалізації «Системи комп'ютерних технологій пластичного  
формування в машинобудуванні»

Програму рекомендовано кафедрою МПМ та РП  
Протокол № 8 від 18 січня 2017 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ В.А. Тітов

Київ – 2017

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., професор Тітов Вячеслав Андрійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Іващенко Віталій Вадимович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Орлюк Михайло Володимирович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Програма додаткового вступного випробування створена з метою виявлення достатності початкового рівня знань вступника в області спеціальності обраної для вступу спеціалізації, а саме спеціальності 131 Прикладна механіка, **Системи комп'ютерних технологій машинобудування пластичним формоутворенням**, виявлення у абітурієнтів систематизованих знань структури металів, сплавів і мінералів, поведінки матеріалу у випадках його навантаження, впливу різних факторів на процес пластичного деформування та наслідків цього впливу, конструкційних і технологічних властивостей матеріалів та методів їх обробки, вміння оцінювати технологічність виробів, навичок конструювання штампів для їх виготовлення, принципів побудови конструкцій ковальсько-штампувальних машин, технологічного призначення, проектування та розрахунків машин та їх головних вузлів і деталей.

Програма охоплює перелік питань з чотирьох дисциплін циклу професійної та практичної підготовки: Фізико-механічні основи пластичної деформації, Математичні основи пластичної деформації (Теорія пластичної деформації), Технологія холодного штампування та конструювання штампів, Технологія гарячого штампування та конструювання штампів.

Додаткове вступне випробування проводиться у письмовій формі і полягає у виборі вірних відповідей (однієї з трьох запропонованих). При цьому, деякі питання для вибору вірної відповіді вимагають розв'язання практичних задач з вищезазначених дисциплін. На роботу відводиться 60 хвилин. Оцінюються письмові відповіді за системою ECTS (100-бальною шкалою) згідно з загальноприйнятою в Університеті рейтинговою системою: за кожне питання нараховується певна сума балів, які потім підсумовуються в розрахунку на 100-бальну шкалу. Залежно від набраної суми балів виставляється оцінка (ECTS) "A", "B", "C", "D", "E", або "Fx". Потім оцінка "Fx" переводиться у підсумок «незараховано», усі інші – «зараховано».

Для успішного складання додаткового вступного випробування абітурієнт має володіти теоретичними і практичними знаннями з наступних питань дисциплін, що ввійшли до складу програми:

### ***Фізико-механічні основи пластичної деформації***

1. Механічні властивості.
2. Будова металів і сплавів. Кристалографічні площини і напрямки. Індекси Міллера.
3. Монокристал, кристаліт або полікристал. Холодна пластична деформація монокристалів. Закон Шміда-Боаса. Оцінка теоретичного значення напруження зсуву.

4. Елементи теорії дислокацій. Типи дислокацій. Енергія дислокацій. Вектор Бюргерса. Виникнення та розмноження дислокацій – джерело Франка – Ріда.

5. Механізм холодної пластичної деформації: ковзання, двійкування, подвійне ковзання.

6. Холодна пластична деформація полікристалів. Явища, які супроводжують холодну пластичну деформацію.

7. Додаткові і залишкові напруження та їх класифікація. Наслідки утворення додаткових напружень. Заходи, які послабляють дію залишкових напружень.

8. Зміцнення.

9. Криві зміцнення I та II роду. Математична обробка кривих зміцнення. Моделі твердого тіла, що деформується.

10. Температурно-швидкісний фактор деформації:

10.1. Повернення та рекристалізація. Стадії повернення: полігонізація та відпочинок. Залежність між величиною зерна, ступенем деформації та температурою рекристалізації.

10.2. Види пластичної деформації по С.І Губкіну. Механізми гарячої пластичної деформації. Вплив температури на механічні властивості металу. Явища, які супроводжують гарячу пластичну деформацію. Перегрів і перепал.

10.3. Вплив швидкості деформації на механічні властивості матеріалу. Релаксація напружень.

10.4. Повзучість. Надпластичність. Механізми пластичних деформацій наноструктурованих матеріалів.

11. Основні закони пластичної деформації:

11.1. Закон найменшого опору. Правила найменшого периметру. Закон нерівномірності деформацій та додаткових напружень.

11.2. Закон подібності та моделювання процесів обробки металів тиском.

12. Контактне тертя.

### **Математичні основи пластичної деформації**

1. Напружено-деформований стан металу при пластичних деформаціях:

1.1. Сили і напруження. Напруження в площинах похилих до осей координат.

1.2. Поняття про тензор напруженого стану. Інваріанти напруженого стану. Еліпсоїд напружень.

1.3. Головні дотичні напруження. Октаедричні нормальні і дотичні напруження.

1.4. Плоский напружений стан. Круги Мора. Круги Мора для об'ємного напруженого стану. Лінійний напружений стан.

1.5. Диференційні рівняння рівноваги.

- 1.6. Деформований стан: переміщення, подовження, зсуви, швидкості переміщень.
- 1.7. Нескінченно малі пластичні деформації. Великі пластичні деформації. Зміщений об'єм.
- 1.8. Зв'язок між напруженням і деформаціями. Подібність між тензорами напружень і деформацій.
- 1.9. Девіатор тензора напружень. Кутові тензори напружень і деформацій. Плоский деформований стан.
2. Граничний напружений стан:
  - 2.1. Фізична природа контактної тертя. Види контактної тертя. Фактори, що впливають на контактне тертя. Експериментальні методи визначення коефіцієнту тертя.
  - 2.2. Теорія головних дотичних напружень. Енергетична теорія пластичності.
  - 2.3. Окремі випадки основного рівняння пластичності. Канонічне рівняння пластичності. Коефіцієнт Лодє.
  - 2.4. Теорія пластичної течії металу. Опис процесу деформації: вектори переміщень та швидкостей переміщень. Швидкість деформацій і деформації.
  - 2.5. Теорія пластичної течії металу. Рівняння руху. Робота деформації.
  - 2.6. Теорія пластичної течії металу. Зв'язок напружень і швидкостей деформацій. Середнє напруження.
  - 2.7. Механічна схема деформування. Вплив схеми напруженого стану на пластичність опір деформуванню та механічні властивості.
  - 2.8. Основні критерії руйнування металу при пластичній деформації. Ресурс пластичності діаграма пластичності

### ***Технологія гарячого штампування та конструювання штампів***

1. Матеріали для кування і об'ємного штампування та їх розроблення на заготовки.
2. Термомеханічні режими кування та штампування. Допустимі інтервали температур кування та штампування. Температурно-швидкісні режими деформації. Швидкості нагрівання допустима і технологічна. Режими охолодження виходів. Особливості нагрівання кольорових металів і сплавів.
3. Особливості кування. Устаткування, технологічні операції та інструмент.
4. Розроблення технологічного процесу. Основні етапи. Спеціальні заходи техніки безпеки.
5. Особливості кування легованих сталей і не залізних сплавів.
6. Підготовчі операції, формування, викінчувальні операції. Відкрите, закрите об'ємне штампування та штампування витискуванням.

7. Штампувальні ухили, роз'єм штампів, радіуси заокруглення.
8. Формування порожнини. Облой та облойні канавки.
9. Чотири стадії заповнення чистового ручаю. "P-S" – діаграма. Особливості проектування чистового і чорнового ручаїв.
10. Проектування молотових штампів. Визначення параметрів штампів. Матеріали молотових штампів. Штампування на молотах у закритих штампах. Схеми оснащення.
11. Особливості штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах, горизонтально-кувальних машинах, гвинтових та гідравлічних пресах.
12. Спеціалізовані процеси об'ємного деформування. Періодичне прокатування в каліброваних валках, вальцювання формувальне та штампувальне, прокатування в валках з перемінним обтисненням, поперечне прокатування.
13. Особливості штампування на горизонтально-гнуттєвих машинах. Ротаційне штампування. Електровисадка. Розкатування кілець. Штампування на пресах-автоматах.
14. Штампи та їх стійкість.

#### **Технологія холодного штампування та конструювання штампів**

1. Листові конструкційні матеріали (ЛКМ) на основі металів і сплавів. Їх технологічні властивості та застосування.
2. Неметалеві, комбіновані та композиційні ЛКМ. Їх технологічні властивості та застосування.
3. Методи контролю та випробування ЛКМ для визначення їх технологічних властивостей та придатності до штампування.
4. Розрізання листових матеріалів на заготовки.
5. Процеси деформування і руйнування впри розрізанні ЛКМ на ножицях та в штампах. Визначення виконавчих розмірів пуансонів і матриць, точність відштампованих плоских виробів.
6. Класифікація форм гнутих виробів із ЛКМ, методи та обладнання для їх виготовлення.
7. Напружено-деформований стан при пластичному згині; згинаючий момент та пружиніння після згину.
8. Згинання ЛКМ в штампах.
9. Технологічні процеси та елементи конструкцій штампів для гнуття.
10. Форми порожнистих виробів та процеси їх формоутворення із ЛКМ.
11. Розрахунок розмірів і визначення форми заготовок для витягування типових порожнистих виробів.
12. Розрахунок кількості переходів і визначення форми проміжних напівфабрикатів при витягуванні та елементи конструкції штампів.
13. Листове (рельєфне) формування та вирівнювання ЛКМ.
14. Відсорткування, обтискування та роздавання плоских та порожнистих виробів з ЛКМ.

15. Визначення структури технологічного процесу.
16. Основні етапи та послідовність проектування штампів.

#### ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Користування допоміжним матеріалом забороняється – за змістом завдань в ньому немає потреби.

Завдання складається з 7 питань: прикладної задачі з дисципліни Технологія холодного штампування та конструювання штампів (ТХШ та КШ), трьох питань з дисципліни Технологія гарячого штампування та конструювання штампів та трьох питань з дисциплін Фізико-механічні основи пластичної деформації, Математичні основи пластичної деформації. Питання супроводжуються трьома варіантами відповідей, один з яких є вірним. На роботу відводиться 60 хвилин. Оцінюються письмові відповіді за системою ECTS (100-бальною шкалою) згідно з загальноприйнятою в Університеті рейтинговою системою: за кожне питання нараховується певна сума балів, які потім підсумовуються в розрахунку на 100-бальну шкалу. За правильну відповідь на питання з ТХШ та КШ нараховується 40 балів. Максимальна кількість балів за 6 вірних відповідей з інших вищевказаних дисциплін – 60 балів (по 10 балів за кожну вірну відповідь). Залежно від набраної суми балів виставляється оцінка (ECTS) “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, або “Fx”. Потім оцінка “Fx” переводиться у підсумок «незараховано», усі інші – «зараховано».

$$R = \sum_{i=1}^7 r_i; \quad R_{\max} = 40 + 6 \cdot 10.$$

#### Система рейтингових балів

Відповіді на питання з дисциплін **Технологія холодного штампування та конструювання штампів:**

Ваговий бал - **40**:

- вірна відповідь – **40** балів;
- невірна відповідь через незначні неточності у розрахунках при вірно вибраному теоретичному інструменті - **30** балів;
- невірна відповідь через значні неточності у розрахунках – **20** бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – **0** балів;

Відповіді на питання з дисципліни **Технологія гарячого штампування та конструювання штампів, Фізико-механічні основи пластичної деформації, Математичні основи пластичної деформації:**

Ваговий бал за кожну правильну відповідь – **10**:

- вірна відповідь – **10** балів;
- невірна відповідь – **0** балів;

Максимальна сума балів складає **100**.

Сума балів за кожне з 7 питань переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

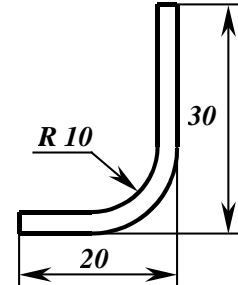
Бали	Оцінка ECTS та визначення	Оцінка традиційна
95...100	A – відмінно	Задовільно
85...94	B – дуже добре	
75...84	C – добре	
65...74	D – задовільно	
60...64	E – достатньо (задов. Мінімальні критерії)	
< 60	FX – незадовільно	Незадовільно



## ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ

### ЗАВДАННЯ № 1

1. Визначити довжину заготовки  $L_{зг}$  для гнуття деталі, зображеної на рисунку. Товщина вихідного матеріалу  $S = 1$  мм. Врахувати, що при співвідношенні  $R_{вн}/S \geq 10$  зміщення нейтрального шару  $X = 0,5$ .



- А.  $L_{зг} \approx 44,5$  мм
- Б.  $L_{зг} \approx 41,8$  мм
- В.  $L_{зг} \approx 46,2$  мм

2. Що за сталь 3Х2В8?

- А. Інструментальна сталь, в якій 0,3% вуглецю, 2% хрому і 8% вольфраму.
- Б. Легована сталь підвищеної якості, в якій 3% хрому і 2% ванадію.
- В. Конструкційна сталь, в якій 3% вуглецю, 2% хрому і 8% вольфраму.

3. При розробленні штанг на заготовки на прес-ножицях для чого підігрівають сталі з межею міцності більше  $60 \text{ кг/мм}^2$  і діаметром більше 150 мм?

А. Ці сталі підігріваються для того, щоб в процесі різання або навіть після нього на торцях штанги і заготівки не з'являлись би тріщини.

Б. Міцні сталі підігріваються для того, щоб зменшити опір деформації і підвищити продуктивність технологічного процесу.

В. Такі сталі підігрівають для зменшення зусилля зрізування, щоб використовувати менш потужні (а значить дешевші) прес-ножиці і зменшити зношування ножів (менше зусилля!).

4. Переваги торцевого штампування.

А. Значно простіше виготовлення штампів для КГШП і обрізних

Не потрібні операції попереднього фасонування.

Зручно укласти заготовку в штамп, немає проблем фіксації.

Значно менші втрати металу на облой за рахунок меншого периметру облою і можливістю зміщувати площину роз'єму до торця.

Краща макроструктура виходу.

- Б. Простіше виготовлення обрізних штампів.  
 Невисокі вимоги до точності заготовки.  
 Легко заготовку фіксувати в штампі.  
 Можна використовувати безоблойне штампування.  
 Не погіршується макроструктура при обрізуванні облою.
- В. Простіше виготовлення штампів для КГШП.  
 Менше металу витрачається на облой.  
 Простіше механізувати технологічний процес.  
 Заготовка просто фіксується в штампі.  
 Макроструктура викову без перерізування волокон.

5. Розглянути, при якому середньому (гідростатичному) тиску в умовах об'ємного навантаження матеріал проявляє більшу пластичність:

- 1)  $\sigma_1 = -200$  МПа;  $\sigma_2 = -400$  МПа;  $\sigma_3 = -450$  МПа;  
 2)  $\sigma_1 = 220$  МПа;  $\sigma_2 = -400$  МПа;  $\sigma_3 = -450$  МПа
- А.  $\sigma_{cp} = -350$  МПа  
 Б.  $\sigma_{cp} = -400$  МПа  
 В.  $\sigma_{cp} = -450$  МПа

6. Матеріали а) сталь 45, б) 25 ХГСА та в) Х12М у загартованому стані мають відповідні характеристики: границя текучості  $\sigma_T$ , границя міцності  $\sigma_B$ , твердість НВ або HRC<sub>3</sub> відповідно

- а)  $\sigma_T = 350$  МПа;  $\sigma_B = 580$  МПа; НВ = 145;  
 б)  $\sigma_T = 380$  МПа;  $\sigma_B = 580$  МПа; НВ = 175;  
 в) HRC<sub>3</sub> = 55.

Визначіть найміцнішу сталь з 3-х, що розглядаються

- А. сталь Х12М  
 Б. сталь 45  
 В. 25ХГСА

7. Загальний напружений стан у точці описаний складовими напружень  $\sigma_x = 500$  МПа;  $\sigma_y = -300$  МПа;  $\sigma_z = -1000$  МПа;  
 $\tau_{xy} = 50$  МПа;  $\tau_{yz} = 300$  МПа;  $\tau_{zx} = -400$  МПа;  
 Записати тензор напружень.

А.  $T_\sigma = \begin{vmatrix} 500 & 50 & -400 \\ 50 & -300 & 300 \\ -400 & 300 & -1000 \end{vmatrix}$ .

$$\text{B. } T_{\sigma} = \begin{vmatrix} 500 & 50 & -400 \\ 50 & -1000 & 300 \\ -400 & 300 & -300 \end{vmatrix}.$$

$$\text{B. } T_{\sigma} = \begin{vmatrix} 500 & 300 & -400 \\ 50 & -300 & 50 \\ -400 & 300 & -1000 \end{vmatrix}$$

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Теория обработки металлов давлением. М, Машиностроение, 1977, 423с.
2. Н.П. Громов. Теория обработки металлов давлением. М., Metallургия, 1978, 360.
3. Евстратов В.А. Теория обработки металов давлением – Харьков: Вища школа, ХГУ, 1981. – 248с.
4. А.Н. Брюханов. Ковка и объемная штамповка. М., 1975.
5. Е.И. Семенов. Ковка и объемная штамповка. М., 19725.
6. Ковка и штамповка, справочник в 4-х томах под ред. Е.И. Семенова, том 1 (М., 1985), том 2 (М., 1986), том 3 (М., 1987).
7. Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. Технология холодной штамповки. М.: Машиностроение, 1989.-304с.
8. М.Е. Зубцов. Листовая штамповка. Л.: Машиностроение, 1980.-432с.