

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра автоматизованих металургійних машин та обладнання



**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**  
Декан факультету машинобудування

В. Д. Кассов

Розглянуто и схвалено на  
засіданні кафедри автоматизованих  
металургійних машин та обладнання  
Протокол № 1 “ 30 ” серпня 2019 року

Зав. кафедри АММ

Е. П. Грибков

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕОРІЯ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ»**

(шифр і назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 13 механічна інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки)

спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

професійне спрямування: Інжиніринг автоматизованих металургійних машин і агрегатів

(назва спеціалізації)

Факультет машинобудування

(назва інституту, факультету, відділення)

2019 рік

Робоча програма «Теорія обробки металів тиском» для магістрів  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 13 «Механічна інженерія», спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
професійне спрямування: Інжинирінг автоматизованих металургійних машин і агрегатів

Розробник: Федорінов Володимир Анатолійович, к. т. н., проф.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Автоматизовані металургійні машини і обладнання

Протокол від “30” серпня 2019 року № 1

Завідувач кафедри АММО

\_\_\_\_\_ (Грибков Е. П.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

“30 ” серпня \_\_\_\_\_ 2019 року

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань <u>13 "Механічна інженерія"</u> (шифр і назва)	<b>Вибіркова</b>	
	Спеціальність <u>133 Галузеве машинобудування</u> (шифр і назва)		
Модулів – 3	Спеціалізація (професійне спрямування): <u>Інжиніринг автоматизованих металургійних машин і агрегатів</u>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 0		1-й	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____		<b>Семестр</b>	
(назва)			
Загальна кількість годин - 90	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	1	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента - 6		Лекції 30 год.	
		<b>Лабораторні</b>	
		<b>Практичні</b>	
		<b>Самостійна робота</b>	
Загальна кількість годин - 45		60 год.	
		Вид контролю: залік	
		<b>Семестр</b>	
		2	
		<b>Лекції</b>	
		12 год.	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента - 4		<b>Практичні</b>	
	6 год.		
	<b>Самостійна робота</b>		
	27 год.		
	Вид контролю: залік		

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

Для денної форми навчання – (48/87)

## 2 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета курсу** в галузі обробки металів тиском формування комплексу професійних знань та вмінь, необхідних для науково-дослідницької, проектно-конструкторської та виробничої діяльності, пов'язаної з розробкою технологій процесів обробки металів тиском та проектуванням машин та агрегатів для їх реалізації.

**Завдання** навчити майбутнього фахівця самостійно здійснювати дослідження напружено-деформованого стану металу під час обробки тиском, правильно вибирати технологічні режими обробки з урахуванням їх впливу на якість готової продукції та навантаження.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні

**Знати:**

- основні технологічні процеси ОМТ, що реалізуються на обладнанні, їх переваги і недоліки;
- механізми пластичної деформації, закономірності деформаційного контактного тертя;
- характеристики напружено-деформованого стану металу, методи визначення показників опору деформації і пластичності;
- методи теоретичного аналізу і методики математичного опису процесів ОМТ;
- вплив технологічних та конструкційних параметрів на технологічні навантаження в машинах та якість готової продукції;
- шляхи удосконалення існуючих процесів ОМТ, а також можливості використання різних фізичних явищ з метою створення нових процесів обробки металів тиском.

**Студент повинен вміти**

- використовувати висновки теорії ОМТ при розробці оптимальних режимів деформації, що забезпечують одержання високоякісної металопродукції;
- вибирати та використовувати методи дослідження напружено-деформованого стану при обробці матеріалів тиском, методи розрахунку навантажень та робочих параметрів у машинах;
- розробляти і описувати технологічні процеси у частині обробки тиском з опрацюванням питань безперервності технології;
- формулювати і видавати завдання на проектування ділянки обробки тиском лінії чи агрегату.

### **3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

3.1 МОДУЛЬ № 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ (Лекційні заняття – 16 годин).

3.1.1. Тема 1.1. Зміст і задачі курсу «Теорія обробки металів тиском» і його зав'язок з вирішенням основних завдань металургії і машинобудування (Лекційні заняття – 2 години).

3.1.2. Тема 1.2. Фізичні основи пластичної деформації (Лекційні заняття – 4 години).

3.1.3. Тема 1.3. Фактори, що впливають на опір металу деформації і пластичність (Лекційні заняття – 2 години).

3.1.4. Тема 1.4. Напружений стан металу в осередку деформації (Лекційні заняття – 2 години).

3.1.5. Тема 1.5. Деформований стан металу в точці тіла (Лекційні заняття – 2 години).

3.1.6. Тема 1.6. Зв'язок між напруженнями та деформаціями. Умови рівноваги та пластичності (Лекційні заняття – 2 години).

3.1.7. Тема 1.7. Методи розрахунку напружень в процесах обробки металів тиском (Лекційні заняття – 2 години).

3.2. МОДУЛЬ № 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОЗДОВЖНЬОЇ ПРОКАТКИ (Лекційні заняття – 14 годин).

3.2.1. Тема 2.1. Процес прокатки. Осередок деформації при поздовжній прокатці (Лекційні заняття – 2 години).

3.2.2. Тема 2.2. Умови захвату штаби валками. Умови тертя і коефіцієнт тертя при прокатці (Лекційні заняття – 2 години).

3.2.3. Тема 2.3. Особливості напружено-деформованого і кінематичного стану в осередку деформації при прокатці (Лекційні заняття – 2 години).

3.2.4. Тема 2.4. Напрямки сил, що діють на валки при прокатці (Лекційні заняття – 2 години).

3.2.5. Тема 2.5. Випередження і розширення штаби при прокатці (Лекційні заняття – 2 години).

3.2.6. Тема 2.6. Сила і момент прокатки при холодній прокатці тонких штаб (Лекційні заняття – 4 години).

3.3. МОДУЛЬ № 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ БЕЗПЕРЕРВНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ (Лекційні заняття – 14 годин).

3.3.1. Тема 3.1. Асиметричні процеси прокатки. Силкові і кінематичні особливості (Лекційні заняття – 2 години).

3.3.2. Тема 3.2. Процес прокатки-волошіння. Процес деформації металу між нерухомим і приводним валками (процес ДНПВ) (Лекційні заняття – 2 години).

3.3.3. Тема 3.3. Поєднання процесу симетричної прокатки з іншими процесами ОМТ. Умови і способи сумісної реалізації процесів (Лекційні заняття – 4 години).

3.3.4. Тема 3.4. Теоретичні основи пресування (Лекційні заняття – 2 години).

3.3.5. Тема 3.5. Теоретичні основи волошіння (Лекційні заняття – 4 години).

#### 4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістовних 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. Основи теорії обробки металів тиском</b>						
Тема 1.1 Зміст і задачі курсу ОМТ і його зав'язок з вирішенням основних завдань металургії і машинобудування	5	2				3
Тема 1.2 Фізичні основи пластичної деформації	14	4				10
Тема 1.3 Фактори, що впливають на опір металу деформації і пластичність	8	2				6
Тема 1.4. Напружений стан металу в осередку деформації	10	2				8
Тема 1.5. Деформований стан металу в точці тіла	9	2				7
Тема 1.6. Зв'язок між напруженнями та деформаціями. Умови рівноваги та пластичності	11	2				9
Тема 1.7. Методи розрахунку напружень в процесах обробки металів тиском	10	2				8
Разом за модулем № 1	67	16				51
<b>Модуль № 2. Основи теорії поздовжньої прокатки</b>						
Тема 2.1. Процес прокатки. Осередок деформації при поздовжній прокатці	8	2				6
Тема 2.2. Умови захвату штаби валками. Умови тертя і коефіцієнт тертя при прокатці	9	2		2		5
Тема 2.3. Особливості напружено-деформованого і кінематичного стану в осередку деформації при прокатці	10	2	2			6
Тема 2.4. Напрямки сил, що діють на	9	2				7

валки при прокатці						
Тема 2.5. Випередження і розширення штаби при прокатці	10	2		2		6
Тема 2.6. Сила і момент прокатки при холодній прокатці тонких штаб	21	4	2	2	4	9
Разом за модулем № 2	67	14	4	6	4	39
<b>Модуль № 3. Теоретичні основи безперервних процесів обробки металів тиском</b>						
Тема 3.1. Асиметричні процеси прокатки	9	2		2		5
Тема 3.2. Процес прокатки-волочіння. Процес деформації металу між нерухомим і приводним валками (процес ДНПВ)	10	2		2		6
Тема 3.3. Поєднання процесу симетричної прокатки з іншими процесами ОМТ. Умови і способи сумісної реалізації процесів	21	4	2	2	4	11
Тема 3.4. Теоретичні основи пресування	7	2				5
Тема 3.5. Теоретичні основи волочіння	13	4				9
Разом за модулем № 3	60	14	2	8		36
<b>УСЬОГО ГОДИН</b>	<b>194</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>126</b>

### 5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Назва теми	Кількість годин
Розрахунок енергосилових параметрів процесу гарячої прокатки широких листів і штаб	2
Розрахунок енергосилових параметрів холодної прокатки тонких штаб	2
Сумісне рішення спрощеного диференціального рівняння рівноваги з рівнянням пластичності (інженерний метод)	2
<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>6</b>

### 6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Назва теми	Кількість годин
Оцінка ефективності технологічних мастил при холодній прокатці	2
Дослідження впливу умов тертя на випередження при прокатці в гладких валках	2
Дослідження процесу виробництва стрічок шляхом плющення круглої заготовки	2
Дослідження процесу плющення круглої заготовки сумісно з процесом волочіння шляхом прошовування	2
Дослідження процесу ДНПВ без натягнення. Визначення коефіцієнтів тертя при прокатці і волочінні та фактичного значення опору металу деформації	2
Дослідження поєднаних процесів симетричної прокатки і ДНПВ	2
Дослідження процесу назношення тиснення на поверхню штаби шляхом прокатки	2
<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>14</b>

## 7 САМОСТІЙНА РОБОТА

Назва теми	Кількість годин
Тема 1.1. Зміст і задачі курсу «Теорія обробки металів тиском» і його зав'язок з вирішенням основних завдань металургії і машинобудування	3
Тема 1.2. Фізичні основи пластичної деформації	10
Тема 1.3. Фактори, що впливають на опір металу деформації і пластичність	6
Тема 1.4. Напружений стан металу в осередку деформації	8
Тема 1.5. Деформований стан металу в точці тіла	7
Тема 1.6. Зв'язок між напруженнями та деформаціями. Умови рівноваги та пластичності	9
Тема 1.7. Методи розрахунку напружень в процесах обробки металів тиском	8
Тема 2.1. Процес прокатки. Осередок деформації при поздовжній прокатці	6
Тема 2.2. Умови захвату штаби валками. Умови тертя і коефіцієнт тертя при прокатці	5
Тема 2.3. Особливості напружено-деформованого і кінематичного стану в осередку деформації при прокатці	6
Тема 2.4. Напрямки сил, що діють на валки при прокатці	7
Тема 2.5. Випередження і розширення штаби при прокатці	6
Тема 2.6. Сила і момент прокатки при холодній прокатці тонких штаб	9
Тема 3.1. Асиметричні процеси прокатки. Силкові і кінематичні особливості	5
Тема 3.2. Процес прокатки-волочіння. Процес деформації металу між нерухомим і приводним валками (процес ДНПВ)	6
Тема 3.3. Поєднання процесу симетричної прокатки з іншими процесами ОМТ. Умови і способи сумісної реалізації процесів	11
Тема 3.4. Теоретичні основи пресування	5
Тема 3.5. Теоретичні основи волочіння	9
Індивідуальні завдання	4
<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>130</b>

Питання, які виносяться на самостійне припрацювання

Тема 1.1. Зміст і задачі курсу «Теорія обробки металів тиском» і його зав'язок з вирішенням основних завдань металургії і машинобудування.

- Класифікація процесів обробки металів тиском.

Тема 1.2. Фізичні основи пластичної деформації.

- Пластична деформація та її характеристики.

- Будова металів і сплавів.

Тема 1.3. Фактори, що впливають на опір металу деформації і пластичність.

- Головні схеми напруженого стану металу.

Тема 1.4. Напружений стан металу в осередку деформації.

- Закон парності дотичних напружень.

- Інваріанти напружень.

Тема 1.5. Деформований стан металу в точці тіла.

- Закон постійності об'єму.

Тема 1.6. Зв'язок між напруженнями та деформаціями. Умови рівноваги та пластичності

- Рівняння пластичності для випадків ОМТ.

Тема 1.7. Методи розрахунку напружень в процесах обробки металів тиском

- Класифікація методів розрахунку напружень в процесах ОМТ.

Тема 2.1. Процес прокатки. Осередок деформації при поздовжній прокатці.

- Параметри осередку деформації при поздовжній прокатці.

Тема 2.2. Умови захвату штаби валками. Умови тертя і коефіцієнт тертя при прокатці.

- Методи визначення коефіцієнтів тертя.

Тема 2.3. Особливості напружено-деформованого і кінематичного стану в осередку деформації при прокатці.

- Вибір швидкості валків безперервного стану.

Тема 2.4. Напрямки сил, що діють на валки при прокатці.

- Напрямок сил у простому процесі прокатки.

Тема 2.5. Випередження і розширення штаби при прокатці.

- Фактори, що впливають на розмір випередження.

Тема 2.6. Сила і момент прокатки при холодній прокатці тонких штаб.

• Фактори, що впливають на характер розподілення та розмір нормальних напружень в осередку деформації при прокатці.

Тема 3.1. Асиметричні процеси прокатки. Силкові і кінематичні особливості.

- Класифікація несиметричних процесів прокатки.

Тема 3.2. Процес прокатки-волочіння. Процес деформації металу між нерухомим і приводним валками (процес ДНПВ).

- Умови реалізації процесу ДНПВ без натягування стрічки.

Тема 3.3. Поєднання процесу симетричної прокатки з іншими процесами ОМТ. Умови і способи сумісної реалізації процесів.

- Умови поєднання симетричної прокатки з іншими процесами ОМТ.

Тема 3.4. Теоретичні основи пресування.

- Класифікація процесів пресування.

Тема 3.5. Теоретичні основи волочіння.

- Класифікація процесів волочіння.

За всіма темами – повторення лекційного матеріалу.

## **8 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

Студенти виконують завдання пов'язане з використанням інженерного методу теоретичного визначення контактних нормальних напружень і поздовжніх сил для різноманітних процесів прокатки тонких стрічок, у тому числі поєднаних з іншими процесами ОМТ (4 год).

## **9 МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота, виконання індивідуального завдання.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

При викладанні лекційного матеріалу використовуються технічні засоби навчання: графопроектор та плівки. Вони використовуються паралельно з графічним матеріалом, який видається студентам для використання в конспекті. Закріплення лекційного матеріалу студентів



нтами планується з розрахунку 1-1,5 години на 2 години лекції. Підготовка до практичних занять та лабораторних робіт – з розрахунку 1-1,5 година на 2 години роботи в аудиторії.

На практичних заняттях студенти засвоюють теоретичний матеріал, одержують вміння та навички з розрахунків енергосилових параметрів прокатки.

На лабораторних заняттях проводяться дослідження параметрів процесів прокатки та його варіацій.

Індивідуальне завдання виконується відповідно до методичної вказівки з самостійної роботи. Виконання завдання розраховано на 4 години. Захист проводиться за окремим розкладом в часи індивідуальної роботи зі студентами і складає до 15 хвилин на студента.

Для покращення засвоювання матеріалу студентами їм рекомендується поглиблене самостійне вивчення окремих питань з їх конспектуванням. Успіх вивчення дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи студента з матеріалами лекцій і рекомендованою літературою.

## 10 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Передбачається використання модульно-рейтингової системи оцінювання знань. Основною формою контролю знань студентів в кредитно модульній системі є складання студентами всіх запланованих модулів. Формою контролю є накопичувальна система. Складання модуля передбачає виконання студентом комплексу заходів, запланованих кафедрою і передбачених семестровим графіком навчального процесу та контролю знань студентів, затверджених деканом факультету.

Підсумкова оцінка за кожний модуль виставляється за 100-бальною шкалою. При умові, що студент успішно здає всі контрольні точки, набравши з кожної з них не менше мінімальної кількості балів, необхідної для зарахування відповідної контрольної точки, виконує та успішно захищає лабораторні роботи, самостійно виконує і успішно захищає розрахунково-графічні завдання та має за результатами роботи в триместрі підсумковий рейтинг не менше 55 балів, то за бажанням студента в залежності від суми набраних балів йому виставляється підсумкова залікова оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS. Переведення набраних студентом балів за 100-бальною шкалою в оцінки за національною (5-бальною) шкалою та шкалою ECTS здійснюється в відповідності до таблиці:

<b>Рейтинг студента за 100-бальною шкалою</b>	<b>Оцінка за національною шкалою</b>	<b>Оцінка за шкалою ECTS</b>
90-100 балів	відмінно	A
81-89 балів	добре	B
75-80 балів	добре	C
65-74 балів	задовільно	D
55-64 балів	задовільно	E
30-54 балів	незадовільно з можливістю повторного складання	FX
1-29 балів	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

Поточний контроль знань студентів включає наступні види:

- вибіркового усного опитування перед початком кожної лабораторної роботи та практичного заняття;
- захист кожної лабораторної роботи з виставленням оцінок (балів);
- захист результатів індивідуального завдання з самостійної роботи з виставленням оцінки (балів);
- письмові контрольні роботи з окремих модулів дисципліни.

Контрольні роботи виконуються по закінченні вивчення модулю. По кожному модулю студенти виконують 1 контрольну роботу.

Модуль 1.

К.р. № 1. Основи теорії обробки металів тиском.

Модуль 2.

К.р. № 2. Основи теорії поздовжньої прокатки.

Модуль 3.

К.р. № 3. Теоретичні основи безперервних процесів обробки металів тиском.

Приклади завдань на контрольні роботи наведені в додатку.

Підсумковий контроль знань включає наступні види:

- модульний контроль за результатами захисту лабораторних робіт, захисту результатів індивідуального завдання і контрольних робіт;
- залік (письмовий) після завершення вивчення 1 і 2 модулів першого семестру та залік по дисципліні в цілому (після закінчення вивчення 3 модулю) у другому семестрі;
- визначення рейтингу за підсумками роботи студента в семестрі і рейтингу з навчальної дисципліни.

### **11 РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ ЗА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЮ СИСТЕМОЮ**

№	Назва	оцінка	
		мін	макс
Модуль 1			
1	К.р.1	55	100
	Сумарна	55	100
	Ваговий коефіцієнт	0,4	
Модуль 2			
1	К.р.2	45	80
2	Л.р. 1...7	10	20
	Сумарна	55	100
	Ваговий коефіцієнт	0,6	
	Залік		
Модуль 3			
1	К.р.3	50	90
	Індивідуальне завдання	5	10
	Сумарна	55	100
	Ваговий коефіцієнт	1,0	
	Залік		

Виконання усіх контрольних точок є обов'язковим для позитивної оцінки модуля.

Залікова оцінка виводиться як сума модульних оцінок, помножених на вагові коефіцієнти. Якщо всі модулі оцінені позитивно, вони автоматично зараховуються як залікова оцінка. В протилежному випадку студенти здають залік за питаннями до відповідного модуля.

### **12 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

1 Конспект лекцій з дисципліни «Теорія обробки металів тиском» (для магістрів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування») / Укл. В.А.Федорінов.- Краматорськ : ДДМА, 2016.

2 Методичні вказівки до лабораторних робіт № 1–7 з дисципліни «Теорія обробки металів тиском» (для магістрів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» ) / Укл. В.А.Федорінов, М. В. Федоринов. – Краматорськ : ДДМА, 2016. – 52 с.

3 Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія обробки металів тиском» (для магістрів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» ) / Укл. В.А.Федорінов, – Краматорськ : ДДМА, 2016. – 36 с.

5 Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Теорія обробки металів тиском» (для магістрів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» ) / Укл. В.А.Федорінов, – Краматорськ : ДДМА, 2016. – 28 с.

### 13 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

#### Базова

1. Целиков А. И. Теория продольной прокатки / А. И. Целиков, Г. С. Рокотян, С. Е. Рокотян. – М. : Metallurgiya, 1980. – 318 с.

2. Целиков А. И. Основы теории прокатки / А. И. Целиков. – М. : Metallurgiya, 1965. – 247 с.

3. Целиков А. И. Теория расчета усилий в прокатных станах / А. И. Целиков. – М. : Metallurgizdat, 1962. – 494 с.

4. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1977. – 423 с.

5. Громов Н. П. Теория обработки металлов давлением / Н. П. Громов. – М. : Metallurgiya, 1978. – 360 с.

6. Целиков А. И. Теория прокатки / А. И. Целиков, А. И. Гришков. – М. : Metallurgiya, 1970. – 358 с.

7. Смирнов В. С. Теория обработки металлов давлением / В. С. Смирнов. – М. : Metallurgiya, 1973. – 496 с.

8. Целиков А. И. Основы теории прокатки / А. И. Целиков. – М. : Metallurgiya, 1965. – 247 с.

9. Целиков А. И. Теория продольной прокатки / А. И. Целиков, Г. С. Никитин, Г. С. Рокотян. – М. : Metallurgiya, 1980. – 320 с.

10. Федоринов В. А. Процесс ДНПВ: теория, технология, конструкции : монография / В. А. Федоринов. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 316 с.

11. Мазур В. Л. Теория и технология тонколистовой прокатки (численный анализ и технические приложения) / В. Л. Мазур, А. В. Ноговицын. – Днепрпетровск : РВА «Дніпро-VAL», 200. – 500 с.

#### Допоміжна

12. Василев Я. Д. Теория продольной прокатки : учебник для магистров вузов / Я. Д. Василев, А. А. Минаев. – Донецк : УНИТЕХ, 2010. – 456 с.

13. Гарбер Э. А. Теория прокатки : учебник для студентов вузов / Э. А. Гарбер, И. А. Кожевникова. – Череповец : ЧГУ ; М. : Теплотехник, 2013. – 305 с.

14. Зильберг Ю. В. Теория обработки металлов давлением : монография / Ю. В. Зильберг. – Днепропетровск : Пороги, 2009. – 434 с.
15. Данченко В. М. Теорія процесів обробки металів тиском : підручник / В. М. Данченко, В. О. Гринкевич, О. Н. Головка. – Дніпропетровськ : Пороги, 2008. – 370 с.
16. Федоринов В. А. Математическое моделирование напряжений, деформаций и основных показателей качества при прокатке относительно широких листов и полос : монография / В. А. Федоринов, А. В. Сатонин, Э. П. Грибков. – Изд. 2-е, стер. – Краматорск : ДГМА, 2010. – 244 с.
17. Потапкин В. Ф. процессов обработки металлов давлением : монография / В. Ф. Потапкин. – Краматорск : ДГМА, 2005. – 160 с.
18. Потапкин В. Ф. Метод полей линий скольжения в теории прокатки широких полос : монография / В. Ф. Потапкин. – Краматорск : ДГМА, 2005. – 316 с.
19. Василев Я. Д. Теория продольной прокатки : учебник для магистров вузов / Я. Д. Василев, А. А. Минаев. – Донецк : УНИТЕХ, 2010. – 456 с.

Додаток А

### Питання до модульного контролю

#### Модуль 1

1. Основні процеси обробки металів тиском. Безперервні процеси ОМТ.
2. Завдання теорії ОМД, напрямки розвитку.
3. Роль вітчизняних вчених в розвитку теорії ОМД.
4. Пластична деформація і її характеристики.
5. Будова металів і сплавів.
6. Механізми пластичної деформації монокристала.
7. Ковзання і двійникування. Роль дислокацій в процесі пластичної деформації.
8. Холодна пластична деформація полікристала.
9. Зміцнення металу при холодній деформації. Зміна властивостей металу при холодній деформації.
10. Рекристалізація. Вплив термічної обробки на властивості металу.
11. Гаряча деформація. Особливості механізму пластичної деформації при гарячій обробці.
12. Вплив температури і ступеня деформації на величину зерна і властивості металу.
13. Фактори, що впливають на опір металу деформації і пластичність. Вплив напруженого стану.
14. Основні схеми напруженого стану.
15. Вплив температури деформації.
16. Температурний діапазон гарячої прокатки.
17. Швидкість деформації і її вплив на опір деформації і пластичність.
18. Ступінь деформації і її вплив на опір деформації і пластичність.
19. Напружений стан металу в осередку деформації. Напружений стан в точці.
20. Тензор напружень. Еліпсоїд напружень.
21. Закон парності дотичних напружень.
22. Головні нормальні напруги. Головні осі напруг.
23. Девіатор напружень.

24. Графічне зображення напружень при об'ємному напруженому стані. Кругова діаграма Мора.
25. Максимальні дотичні напруження. Майданчики дії максимальних дотичних напружень.
26. Октаедричні напруження.
27. Інваріанти напружень. Інтенсивність напружень.
28. Деформований стан в точці тіла. Малі деформації.
29. Тензор деформацій. Еліпсоїд деформацій.
30. Девіатор деформацій. Інтенсивність деформацій.
31. Закон сталості об'єму.
32. Тензор швидкості деформації. Інтенсивність швидкості деформації.
33. Ступінь деформації зсуву.
34. Поняття про зміщений об'єм.
35. Зв'язок між напруженнями і деформаціями.
36. Теорія малих деформацій. Теорія течії.
37. Умови рівноваги і види деформацій.
38. Плоско-напружений і плоско-деформований стан.
39. Умови пластичності. Умова пластичності Треска, Сен-Венана.
40. Умова пластичності Губера-Мізеса.
41. Рівняння пластичності для випадків ОМД.
42. Методи розрахунку напружень в процесах ОМТ.
43. Рішення плоскої задачі пластичної деформації. Метод Леві, метод полів ліній ковзання.
44. Властивості ліній ковзання.
45. Граничні умови при вирішенні задач методом полів ліній ковзання.
46. Метод спільного рішення наближених рівнянь рівноваги і пластичності (інженерний метод).

## Модуль 2

1. Процес прокатки. Основні терміни та визначення.
2. Осередок деформації при прокатці. Параметри осередку деформації.
3. Визначення довжини контактної поверхні. Облік пружного стиснення валків.
4. Визначення площі контактної поверхні.
5. Умова захоплення смуги валками при вході в валки.
6. Умова захоплення при сталому процесі прокатки.
7. Поняття про нейтральний кут.
8. Коефіцієнти тертя при прокатці. Види тертя.
9. Умова пробуксовки.
10. Методи визначення коефіцієнтів тертя.
11. Кінематичні особливості процесу прокатки.
12. Особливості напруженого і деформованого станів під час прокатки.
13. Випередження і відставання в осередку деформації.
14. Фактори, що впливають на випередження.

15. Вибір швидкостей валків, безперервного стану.
16. Розподіл швидкостей і напруг по вертикальних перетинах в осередку деформації.
17. Напрямок сил при простому процесі прокатки.
18. Напрямок сил при прокатці з натягом.
19. Напрямок сил при прокатці з одним приводним валком.
20. Напрямок сил при прокатці з різними окружними швидкостями.
21. Визначення тиску металу на валки.
22. Визначення моменту прокатки.
23. Визначення випередження при рівномірній деформації.
24. Визначення випередження з урахуванням нерівномірності швидкостей.
25. Фактори що визначають величину випередження.
26. Розширення при прокатці. Формула О.І. Целікова.
27. Вплив різних факторів на величину розширення.
28. Розтягуючі напруги по крайках смуги.
29. Сила і момент прокатки при холодній прокатки тонких смуг. Основні допущення.

Спрощене рівняння рівноваги.

30. Диференціальне рівняння контактних напружень.
31. Епюри контактних напружень. Фактори, що впливають на характер розподілу і величину нормальних напружень.
32. Сила прокатки. Формула О.І. Целікова.
33. Момент прокатки.

### Модуль 3

1. Недоліки процесу симетричної прокатки. Підпираюча дія сил тертя в осередку деформації.
2. Несиметричні процеси прокатки, варіанти і особливості цих процесів.
3. Процеси прокатки з кінематичною асиметрією.
4. Силкові та кінематичні особливості прокатки з неузгодженою швидкістю валків.
5. Процес «прокатка-волочіння» (ПВ), варіанти і особливості його реалізації, переваги і недоліки процесу.
6. Процес деформації металу між нерухомим і приводним валками (процес ДНПВ), варіанти і особливості його реалізації, переваги і недоліки процесу.
7. Силкові умови реалізації процесу ДНПВ (поздовжні і контактні напруги в осередку деформації).
8. Реалізація процесу ДНПВ без поздовжніх напруг.
9. Активний і реактивний моменти на приводному і нерухомому валках при ДНПВ.
10. Поєднання процесу симетричної прокатки з іншими процесами ОМТ, варіанти поєднання.
11. Умови і способи сумісної реалізації процесів симетричної прокатки з процесами ОМТ.
12. Сумісна реалізація процесів ДНПВ і симетричної прокатки (умови і способи).
13. Сумісна реалізація процесів ДНПВ і симетричної прокатки в одній кліті.
14. Сумісна реалізація процесів симетричної прокатки с процесами деформації металу між нерухомим і холостим валками (ДНХВ), холостими валками (ДХХВ).

15. Сумісна реалізація процесів симетричної прокатки с процесами волочіння і пресування.
16. Сумісна реалізація різноманітних процесів ОМТ з процесом симетричної прокатки тільки з зоною відставання в осередку деформації.
17. Класифікація процесів пресування.
18. Особливості плинності металу та нерівномірність деформації при пресуванні.
19. Особливості багатоканального пресування.
20. Сила пресування.
21. Формування структури та властивостей прес виробів.
22. Сутність процесу волочіння. Види волочіння.
23. Деформація при волочінні.
24. Безоправочне волочіння труб.
25. Оправочне волочіння труб.
26. Сила та напруження при волочінні.
  - 26.1. Волочіння суцільних виробів круглого перерізу (дроту).
  - 26.2. Протягування круглих виробів у роликівих волоках.
  - 26.3. Безоправочне волочіння труб.
  - 26.4 Волочіння труб на короткій (нерухомій) оправці.
  - 26.5. Волочіння труб на довгій рухомій оправці.
  - 26.6. Волочіння труб на самоустановлювальній (плаваючій) оправці.
  - 26.7. Волочіння труб роздачею розтягуванням.
  - 26.8. Профілювання труб волочінням.

Додаток Б

### Приклади контрольних робіт та критерії оцінки

#### Модуль 1

1. Тензор напруження. Еліпсоїд напружень. Закон парності дотичних напружень.
2. Швидкість деформації і її вплив на опір деформації і пластичність.

#### Модуль 2

1. Епюра контактних напружень при прокатці тонких смуг. Фактори, що впливають на характер розподілу і величину нормальних напружень.
2. Параметри осередку деформації при прокатці.

#### Модуль 3

1. Силкові умови реалізації процесу ДНПВ (поздовжні і контактні напруги в осередку деформації).
2. Сутність процесу волочіння. Види волочіння.

### Критерії оцінювання

“Відмінно” - у роботі немає помилок, питання розкриті у повному обсязі.

Припускаються окремі неточності, які не впливають на правильність відповідей.

“Добре” - у роботі немає помилок, вона виконана у повному обсязі, але є незначні помилки, які не мають принципового значення, або робота виконана без помилок, але одне з питань розкрито не в повному обсязі, але більше, ніж наполовину.

“Задовільно” - робота виконана не у повному обсязі (питання розкриті більше, ніж наполовину), або в одному з питань припущено грубу помилку.

“Незадовільно” - робота виконана не у повному обсязі (питання розкриті менш, ніж наполовину), та (або) з грубими помилками.

До грубих помилок відносяться:

У теоретичних питаннях – розкрита інша конструкція, наведено невірну або непрацездатну схему машини чи механізму, невірно розкритий принцип дії механізму або машини, наведені невірні розрахункові залежності.

У розрахунках – використання невірних формул для розрахунків, грубі математичні помилки, що значно впливають на результат, невірний вибір констант, невірне побудування епюр сил та моментів.

До грубих помилок відносяться:

У теоретичних питаннях – не розкрита суть процесу, наведено невірну схему процесу, осередку деформації, невірно розкриті механізм взаємодії металу з інструментом, кінематична картина та силові характеристики в осередку деформації, невірно трактується вплив різноманітних факторів на результат обробки металу, наведені невірні математичні залежності.

У розрахунках – незнання методики розрахунків, використання невірних формул, невірний вибір параметрів, грубі математичні помилки, що значно впливають на результат.