

ЗАТВЕРДЖУЮ



Декан факультету металургії

В.Р. Румянцев  
(ініціали та прізвище)

« 02 » 2019 р.

**Теорія прокатки**  
(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки Бакалаврський  
(назва освітнього ступеня)

спеціальності 136 «Металургія»  
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності \_\_\_\_\_  
(якщо є) (шифр і назва)

освітньо-професійна програма Металургія  
(назва)

Укладач: Белоконь Ю. О., канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обробки металів тиском  
(ІПБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри обробки металів тиском

Протокол № 2 від “19” лютого 2019 р.  
Завідувач кафедри обробки металів тиском

О. В. Явтушенко  
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
факультету металургії

Протокол № 2 від “20” лютого 2019 р.  
Голова науково-методичної ради  
факультету металургії

К. В. Таратута  
(ініціали, прізвище)

2019 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрямок підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u>	За вибором	
Розділів – 5	Спеціальність <u>136 «Металургія»</u>	Цикл дисциплін професійної і практичної підготовки	
Загальна кількість годин – 150		<b>Рік підготовки:</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: 18,75 аудиторних – 7,5 самоїсної роботи студента – 11,25	Освітньо-професійна програма <u>Металургія</u>	4-й	4-й
		<b>Лекції</b>	
		36 год.	12 год.
		<b>Практичні</b>	
		24 год.	4 год.
		<b>Лабораторні</b>	
		-	-
		<b>Самоїсна робота</b>	
		90 год.	134 год.
		<b>Вид підсумкового контролю:</b> залік	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна «Теорія прокатки» забезпечує професійну та практичну підготовку майбутнього фахівця з обробки металів тиском.

Основна **мета** дисципліни – освоєння студентами теоретичних питань різних процесів прокатки металу.

**Задача дисципліни** є оволодіння знаннями з теорії процесів прокатки, методами розрахунку деформаційних та енергосилових параметрів прокатки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**знати:**

- основні закономірності зміни параметрів процесів деформації металів при прокатці;
- елементи теорії пластичності і плинності металу при прокатці;
- галузі застосування та шляхи вдосконалення виробництва прокатної продукції.

**вміти:**

- проводити розрахунки геометричних, кінематичних та енергосилових параметрів прокатки штаб і сортових профілів, в симетричних і непростих процесах прокатки металу;
- знаходити раціональні варіанти технологічного процесу виробництва штаб, сортового прокату та заготовки;

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

К 16. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем металургії;

К 17. Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.

### **Міждисциплінарні зв'язки.**

Навчальна дисципліна «Теорія прокатки» продовжує професійну і практичну підготовку студента і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Виробництво прокату», «Прокатка плоского прокату», «Теорія обробки металів тиском», «Теорія пластичного деформування твердих тіл».

Вивчення дисципліни «Теорія прокатки» розширює можливості студентів при виконанні випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### ***Розділ 1. Осередок деформації та умови захоплення металу валками***

#### *Тема 1. Осередок деформації при прокатці та його параметри.*

Геометричний осередок деформації. Фізичний осередок деформації. Зовнішні зони. Абсолютний обтиск. Відносний обтиск. Кут захвату. Дуга контакту. Довжина осередку деформації. Площа контакту. Коефіцієнти деформації. Умови сталості об'єму металу при прокатці.

#### *Тема 2. Сили тертя.*

Контактне тертя. Сила тертя. Ковзання. Тертя кочення. Види тертя. Технологічне мастило. Закон Амонтона-Кулона. Коефіцієнт тертя. Кут тертя. Вплив параметрів прокатки на коефіцієнт тертя. Формули для розрахунку коефіцієнта тертя (С. Екелунда, І.М. Павлова, В.О. Ніколаєва, О.П. Грудєва).

#### *Тема 3. Умови захвату штаби валкам.*

Вільний захват металу валками. Початковий момент захвату. Схема сил, що діють в осередку деформації. Коефіцієнт тертя при захваті. Умови захоплення в початковий момент прокатки. Усталений процес прокатки. Умови захоплення в усталений момент прокатки.

### ***Розділ 2. Кінематика осередку деформації***

#### *Тема 4. Стадії процесу прокатки.*

Захоплення. Усталений процес прокатки. Вихід штаби з валків. Умови сталості секундних об'ємів.

#### *Тема 5. Випередження при прокатці.*

Зона випередження. Зона відставання. Нейтральний переріз. Нейтральний кут. Випередження. Відставання. Формула С. Фінка. Формула С. Екелунда. Формула Головіна-Дрездена. Метод кернових відбитків.

*Тема 6. Середня швидкість деформації.*

Швидкість деформації. Закон зміни швидкості деформації уздовж контакту. Формула О.І. Целікова. Формула С. Екелунда. Показники швидкості деформації різних процесів прокатки.

***Розділ 3. Напружено-деформований стан і формозмінення штаб***

*Тема 7. Напружено-деформований стан металу.*

Основна схема напружень при прокатці. Схема деформованого стану. Закон найменшого опору. Робочі напруження. Основні напруження. Дотичні напруження. Нерівномірність деформації.

*Тема 8. Розподіл деформацій по висоті штаби.*

Зони ускладненої деформації. Форма поперечного перерізу штаби. Фактор форми. Прокатка тонких штаб. Прокатка товстих штаб. Прокатка особливо товстих штаб

*Тема 9. Розширення металу під час прокатки.*

Вільне розширення. Обмежене розширення. Вимушене розширення. Вплив параметрів прокатки на розширення металу. Формула С. І. Губкіна. Формула О.П. Чекмарьова. Формула Б.П. Бахтінова. Формула О.І. Целікова та О.І. Гришкова. Форма калібра.

***Розділ 4. Енергосилові параметри прокатки***

*Тема 10. Тиск на контакті металу з валками.*

Епюри розподілу тиску по дузі контакту. Середній тиск на контакті металу з валком. Коефіцієнт підпору. Вплив параметрів прокатки на середній контактний тиск.

*Тема 11. Сила прокатки.*

Сила прокатки. Формула О.І. Целікова. Формула С.І. Губкіна. Експериментальне визначення сили прокатки. Залежність між силою прокатки та абсолютним обтиском. Вплив товщини штаби після проходження на силу прокатки.

*Тема 12. Крутний момент, робота та потужність прокатки.*

Крутний момент. Формула В.Ф. Баюкова. Коефіцієнт плеча моменту. Формула П.Л. Клименка. Робота деформування при прокатці. Формула С. Фінка. Потужність прокатки. Визначення енергії по моменту обертання валів.

***Розділ 5. Складні процеси прокатки***

*Тема 13. Несиметрична прокатка в гладких валках.*

Прокатка в валках нерівного діаметру. Приведений радіус. Прокатка в стані з одним приводним валком. Прокатка при різних умовах тертя на валках.

*Тема 14. Прокатка у калібрах.*

Прокатка сортових профілів. Форми калібрів. Метод приведенної штаби. Коефіцієнти витяжки. Деформаційні параметри прокатки у калібрах.

*Тема 15. Прокатка труб.*

Поздовжня прокатка труб в калібрах. Основні геометричні параметри круглих та овальних калібрів. Типи круглих калібрів. Показники абсолютної деформації. Дожина осередку деформації. Проекція контактної поверхні труб. Середній радіус валка. Коефіцієнт витяжки.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
<b>Модуль 1</b>												
<b>Розділ 1 – Осередок деформації та умови захоплення металу валками</b>												
Тема 1.	10	2	2			6	10	1	2			7
Тема 2.	10	2				8	10	-	2			8
Тема 3.	10	2	2			6	10	1	-			9
<i>Усього годин</i>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			<b>20</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>4</b>			<b>24</b>
<b>Розділ 2 – Кінематика осередку деформації</b>												
Тема 4.	10	2				8	10	1	-			9
Тема 5.	10	2	2			6	10	1	-			9
Тема 6.	10	2	2			6	10	-	-			10
<i>Усього годин</i>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			<b>20</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>-</b>			<b>28</b>
<b>Розділ 3 – Напружено-деформований стан і формозмінення штаб</b>												
Тема 7.	10	2				6	10	1	-			9
Тема 8.	10	2				8	10	-	-			10
Тема 9.	10	2	2			6	10	1	-			9
<i>Усього годин</i>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>2</b>			<b>22</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>-</b>			<b>28</b>
<b>Модуль 2</b>												
<b>Розділ 4 – Енергосилові параметри прокатки</b>												
Тема 10.	10	2	2			6	10	1	-			9
Тема 11.	10	2	2			6	10	1	-			9
Тема 12.	10	2	2			6	10	1	-			9
<i>Усього годин</i>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>6</b>			<b>18</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>-</b>			<b>27</b>
<b>Розділ 5 – Складні процеси прокатки</b>												
Тема 13.	10	4				6	10	1	-			9
Тема 14.	10	4	4			2	10	1	-			9
Тема 15.	10	4	4			2	10	1	-			9
<i>Усього годин</i>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>8</b>			<b>10</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>-</b>			<b>27</b>
<i>ІНДЗ</i>	-					-	-	-	-			
<i>Усього годин</i>	<b>150</b>	<b>36</b>	<b>24</b>			<b>90</b>	<b>120</b>	<b>12</b>	<b>4</b>			<b>134</b>

### 5. Теми лекційних занять

№ теми з/прогр.	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Осередок деформації при прокатці та його параметри	2	1
2	Сили тертя	2	-
3	Умови захвату штаби валкам.	2	1
4	Стадії процесу прокатки	2	1
5	Випередження при прокатці	2	1
6	Середня швидкість деформації	2	-
7	Напружено-деформований стан металу	2	1
8	Розподіл деформацій по висоті штаби	2	-
9	Розширення металу під час прокатки	2	1
10	Тиск на контактні металу з валками	2	1
11	Сила прокатки	2	1
12	Крутний момент, робота та потужність прокатки	2	1
13	Несиметрична прокатка в гладких валках	4	1
14	Прокатка у калібрах	4	1
15	Прокатка труб	4	1
Разом		36	12

### 6. Теми практичних занять

№ теми з/прогр.	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	ПР 1. Осередок деформації при прокатці та його параметри	2	2
3	ПР 2. Умови захвату штаби валками	2	2
5	ПР 3. Випередження при прокатці	2	-
6	ПР 4. Середня швидкість деформації	2	-
7	ПР 5. Розширення під час прокатки	2	-
9	ПР 6. Середній контактний тиск	2	-
11	ПР 7. Сила прокатки	2	-
12	ПР 8. Момент та потужність прокатки	2	-
14	ПР 9. Показники деформації у калібрах	4	-
15	ПР 10. Показники абсолютної деформації при прокатці труб	4	-
Разом		24	4

### 7. Самостійна робота

№ теми з/прогр.	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Опрацювання теоретичного матеріалу Тем 1, підготовка до виконання та захисту ПР1.	4	5
2	Опрацювання теоретичного матеріалу Тем 2.	4	5
3	Опрацювання теоретичного матеріалу Тем 3, підготовка до виконання та захисту ПР2.	4	5

1-3	Вивчення теоретичного матеріалу на тему «Осередок деформації та умови захоплення металу валками»	4	5
1-3	Підготовка до тестування.	4	4
4	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 4.	4	6
5	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 5, підготовка до виконання та захисту ПР3.	4	6
6	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 6, підготовка до виконання та захисту ПР4.	4	6
4-6	Вивчення теоретичного матеріалу на тему «Кінематика осередку деформації»	4	5
4-6	Підготовка до тестування.	4	5
7	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 7.	5	6
8	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 8.	5	6
9	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 9, підготовка до виконання та захисту ПР5.	4	6
7-9	Вивчення теоретичного матеріалу на тему «Напружено-деформований стан і формозмінення штаб»	4	5
7-9	Підготовка до тестування.	4	5
10	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 10, підготовка до виконання та захисту ПР6.	4	6
11	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 11, підготовка до виконання та захисту ПР7.	4	6
12	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 12, підготовка до виконання та захисту ПР8.	4	6
10-12	Вивчення теоретичного матеріалу на тему «Енергосилові параметри прокатки»	3	5
10-12	Підготовка до тестування.	3	4
13	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 13.	2	6
14	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 14, підготовка до виконання та захисту ПР9.	2	6
15	Опрацювання теоретичного матеріалу Теми 15, підготовка до виконання та захисту ПР10.	2	6
13-15	Вивчення теоретичного матеріалу на тему «Складні процеси прокатки»	2	5
13-15	Підготовка до тестування.	2	4
Разом		90	134

## 8. Види контролю і система накопичення балів

Поточний контроль здійснюється за тестовою методикою з отриманням бальних оцінок, які характеризують рівень засвоєння студентами теоретичного матеріалу, та бальною оцінкою якості виконання лабораторних робіт. Передбачено, що для модулів 1-2 значення максимальної рейтингової оцінки складає 60 балів. Підсумкова атестація – 40 балів. Навчальним планом підготовки з дисципліни «Теорія прокатки» передбачена така форма проведення підсумкового контролю як залік. Сумарний рейтинговий бал за період вивчення дисципліни «Теорія прокатки» у 6-му (6-му для заоч.ф.) семестрі складає 100 балів.

### Розподіл балів, які отримують студенти

Назва теми	Кількість балів
Модуль 1	
<i>Практичне заняття 1.</i> Осередок деформації при прокатці та його параметри (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 2.</i> Умови захвату штаби валками (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 3.</i> Випередження при прокатці (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 4.</i> Середня швидкість деформації (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 5.</i> Розширення під час прокатки (індивідуальне опитування).	5
Поточне тестування	5
<b>Загальна кількість балів за розділом 1</b>	<b>30</b>
Модуль 2	
<i>Практичне заняття 6.</i> Середній контактний тиск (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 7.</i> Сила прокатки (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 8.</i> Момент та потужність прокатки (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 9.</i> Показники деформації у калібрах (індивідуальне опитування).	5
<i>Практичне заняття 10.</i> Показники абсолютної деформації при прокатці труб (індивідуальне опитування).	5
Поточне тестування	5
<b>Загальна кількість балів за розділом 2</b>	<b>30</b>
<b>Всього за поточний контроль</b>	<b>60</b>
<b>Підсумковий контроль (тестування)</b>	<b>40</b>
<b>Разом</b>	<b>100</b>

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЯХ

Критерії комплексного оцінювання доводяться до студентів на початку викладання навчальної дисципліни.

За темою дисципліни бали отримуються за виконання практичних завдань та лабораторних робіт за підсумками індивідуального опитування. За індивідуальне опитування бали нараховуються за такою схемою:

**5 балів** – відповідь відзначається повнотою без допомоги викладача. Студент володіє узагальненими знаннями з предмета, аргументовано використовує їх, вміє застосовувати вивчений матеріал для внесення власних аргументованих суджень у практичній діяльності. Студент має системні, дієві здібності у навчальній діяльності, користується широким арсеналом засобів доказу своєї думки, вирішує складні проблемні завдання, вміє ставити і розв'язувати проблеми.

**4 бала** – відповідь повна, без допомоги викладача, але з деякими огріхами. Студент вільно володіє вивченим матеріалом, зокрема, застосовує його на практиці, вміє аналізувати і систематизувати наукову й методичну інформацію. Використовує загальновідомі докази у власній аргументації, здатний до самостійного опрацювання навчального матеріалу, виконує дослідницькі завдання.

**3 бала** – відповідь неповна з допомогою викладача. Студент володіє вивченим матеріалом, зокрема, застосовує його на практиці, вміє аналізувати і систематизувати



наукову й методичну інформацію. Використовує загальновідомі докази у власній аргументації, здатний до самостійного опрацювання навчального матеріалу, виконує дослідницькі завдання, але потребує консультації викладача.

**2 бала** – відповідь відзначається фрагментарністю виконання, за консультацією викладача або під його керівництвом. Студент володіє навчальним матеріалом, виявляє здатність елементарно викласти думку. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, з допомогою викладача виконує елементарні завдання, здатний усно відтворити окремі частини теми, але відсутні сформовані уміння і навички.

**1 бал** – теоретичний зміст курсу засвоєно частково; необхідні практичні уміння роботи сформовані частково.

**0 балів** – теоретичний зміст курсу не засвоєно; необхідні практичні уміння роботи не сформовані.

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ПОТОЧНОМУ ТЕСТУВАННІ

Поточний контроль знань студентів відбувається у вигляді тестування. Всього передбачено 2 теста. Максимальна оцінка, яку студент може отримати по результатах виконання кожного тестування складає 5 балів.

Кожний тест завдання складається з 5 тестових запитань. Тестове питання містить 4 відповіді, одна з яких є правильною. За правильну відповідь на одне запитання студент отримує 1 бал. Таким чином, відповівши правильно на всі тестові запитання, студент може отримати 5 балів.

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Максимальна оцінка, яку студент може отримати за підсумковий контроль, складає 40 балів. Підсумкова атестація відбувається у вигляді тестування за кожним розділом дисципліни. Всього передбачено 4 теста. Максимальна оцінка, яку студент може отримати по результатах виконання кожного тестування складає 10 балів.

Кожний тест завдання складається з 7 тестових запитань та 1 задачі. Тестове питання містить 4 відповіді, одна з яких є правильною. За правильну відповідь на одне запитання студент отримує 1 бал. Таким чином, відповівши правильно на всі тестові запитання, студент може отримати 7 балів. Результат вирішення студентом задачі оцінюється так:

**3 бали** – студент правильно розв'язав задачу;

**2 бали** – студент розв'язав задачу з помилками, але зрозуміло, що він знає алгоритм вирішення задачі;

**1 бал** – студент правильно вписав формулу, за якою вирішується задача, та зробив спробу її вирішення, наприклад, виконав допоміжні розрахунки;

**0 балів** – студент не розв'язав задачу.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		ЕЕкзамен	ЗЗалік
A	90 – 100 (відмінно)	55 (відмінно)	ЗЗарховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	

E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов’язковим повторним курсом)		

## 9. Рекомендована література

### Основна:

1. Серета Б. П., Белоконь Ю. О. Теорія прокатки : навч.-метод. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 105 с. – 26 прим. + ел. версія (взф – 1 прим., віткз – 1 прим., н.т.л. – 2 прим., уч. аб. – 20 прим., ч.з.№1 – 2 прим.).
2. Грудев А. П. Теория прокатки : учебник для вузов. Москва : Металлургия, 1988. 239 с. – 21 прим. (н.т.л. – 2 прим., уч. аб. – 16 прим., ч.з.№1 – 3 прим.).
3. Николаев В.А. Теория прокатки полос : учеб. пособие. Запорожье : ЗГИА, 2014. 259 с. – 26 прим. + ел. версія (взф – 1 прим., віткз – 1 прим., н.т.л. – 2 прим., уч. аб. – 20 прим., ч.з.№1 – 2 прим.).
4. Серета Б.П., Белоконь Ю.О. Теорія прокатки : метод. вказівки до лабораторних робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 41 с. – 27 прим. + ел. версія (віткз – 1 прим., уч. аб. – 21 прим., ч.з.№1 – 5 прим.).

### Додаткова:

1. Целиков А.И. и др. Теория прокатки : справочник. Под. ред. В. И. Зюзина. Москва : Металлургия, 1982. 335 с. – 8 прим. (н.т.л. – 7 прим., ч.з.№1 – 1 прим.).
2. Василев Я.Д., Мінаєв О.А. Теорія поздовжньої прокатки : підручник. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488с.

### Інформаційні ресурси:

Бібліотека Придніпровського наукового Семінару «Обробка металів тиском» при Національній металургійній академії України [Електронний ресурс] – підручники, навчальні посібники, наукові статті. – 2018. – Режим доступу: <http://metal-forming.org/index.php/elibrary-omd>. – Дата доступу: 26.02. 2018. – Назва з екрана.

Погоджено  
з навчальним відділом

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_