

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Обробки металів тиском  
ім. акад. О. П. Чекмарьова»

*В авторській редакції*

**КУРСОВА РОБОТА З ТЕОРІЇ ПРОЦЕСІВ  
ОБРОБКИ МЕТАЛІВ**

Навчально-методичні рекомендації  
до виконання курсової роботи

*Електронне видання*

ДНІПРО  
2026

Упорядник:  
*Д. В. Коноводов*

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
«Технології та обладнання обробки металів тиском»  
Протокол № 7 від 26.03.2026

К 93 Курсова робота з теорії процесів обробки металів: навчально-методичні рекомендації до виконання курсової роботи / упоряд. Д. В. Коноводов ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2026. – 38 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання здобувачами першого (бакалаврського) рівня освіти спеціальності 136 (G10) Металургія під час вивчення дисципліни «Курсова робота з теорії процесів обробки металів».

Навчально-методичні рекомендації містять вимоги щодо структури, змісту, обсягу, порядку захисту та оформлення курсових робіт.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ СКЛАДОВИХ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
2 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ ЧАСТИНИ .....	6
2.1 Розрахунок параметрів процесів виробництва заготовок, сортних профілів та штаб.....	6
2.2 Розрахунок параметрів процесів виробництва труб.....	13
3 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	18
4 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	20
5 ВАРІАНТИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	21
5.1 Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесів виробництва заготовок, сортних профілів та штаб.....	26
5.2 Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесів виробництва труб.....	31
5.3 Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесів кування та штампування.....	32
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	34
ДОДАТОК А Приклад титульного аркушу курсової роботи.....	35
ДОДАТОК Б Приклад оформлення змісту курсової роботи.....	36
ДОДАТОК В Приклад оформлення ілюстрації.....	37

## ПЕРЕДМОВА

«Курсова робота з теорії процесів обробки металів» є вибірковою освітньою компонентою при підготовці здобувачів, які навчаються на освітньо-професійній програмі «Технології та обладнання обробки металів тиском» за спеціальністю 136 (G10) Металургія. Навчальним планом підготовки бакалаврів на вищевказаній освітній програмі, передбачено виконання здобувачами курсової роботи з дисципліни «Курсова робота з теорії процесів обробки металів». Метою даних навчально-методичних рекомендацій є надання здобувачам необхідної інформації та рекомендацій щодо написання та оформлення курсової роботи.

Виконання курсової роботи сприяє поглибленню та розвитку передбачених освітньою програмою компетентностей: здатність застосовувати положення теорій пластичного плину та методи розрахунку для визначення напружено - деформованого стану матеріалу, режимів деформації та технологічних параметрів в процесах обробки тиском; здатність продемонструвати розуміння фізичних основ пластичної деформації; враховувати та прогнозувати властивості та поведінку металів в процесах обробки тиском. Також виконання курсової роботи має на меті досягнення здобувачами очікуваних результатів навчання: застосовувати сучасні методики для розрахунку параметрів процесів прокатки, аналізувати отримані результати; застосовувати сучасні методики для розрахунку параметрів процесів волочіння, кування та штампування, аналізувати отримані результати.

Виконання курсової роботи базується на застосуванні здобувачами знань та практичних навичок, які вони отримали під час вивчення обов'язкових освітніх компонент «Теорія обробки металів тиском» та «Теорія процесів обробки металів тиском», а також практичних занять з дисципліни «Курсова робота з теорії процесів обробки металів».

Тематика курсової роботи обумовлює вибірковість навчання здобувачів. Різноманіття процесів обробки металів тиском дає можливість здобувачам обирати тематику роботи з трьох основних напрямків:

- виробництво заготовок, сортових профілів та штаб;
- виробництво труб;
- ковальсько-штампувальне виробництво.

Зміст курсової роботи формується в залежності від обраної самостійно здобувачем тематики, з урахуванням застосовуваних процесів обробки металів тиском у конкретному виробництві, розрахунки параметрів яких буде виконано здобувачем під час підготовки роботи. Здобувачі узгоджують тему та зміст курсової роботи з керівником, після чого обирають вихідні дані для розрахунку згідно з варіантом.

Матеріали, що викладено у навчально-методичних рекомендаціях, містять варіанти вихідних даних для виконання курсової роботи, опис змісту та методику виконання розділів роботи, приклади виконання окремих складових роботи, критерії оцінювання.

## 1 СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ СКЛАДОВИХ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота повинна складатися з титульного аркуша (Додаток А), змісту, вступу, теоретичної частини (розділ 1), практичної частини (розділи 2 – 4), висновків та переліку посилань. Орієнтовний обсяг курсової роботи становить 20 – 25 сторінок.

Тема курсової роботи визначається обраним напрямком та номером варіанта. Наприклад, для напрямку «Виробництво заготовок, сортових профілів та штаб» та варіантів 1 – 17, темою роботи буде: «Розрахунок параметрів процесів виробництва заготовок, сортових профілів та штаб». Для варіантів 18-25, темою роботи може бути: «Розрахунок параметрів виробництва заготовок, гарячекатаних та холоднокатаних штаб».

Номер варіанта здобувачі обирають згідно з двома останніми цифрами індивідуального навчального плану (залікової книжки). Якщо останні дві цифри номеру індивідуального навчального плану перевищують 25, то для визначення номеру варіанта необхідно від числа із залікової книжки відняти 25, 50 або 75. Наприклад, якщо останні цифри номеру індивідуального навчального плану становлять 89, то студенту необхідно виконувати варіант № 14 ( $89-75=14$ ). Якщо останніми двома цифрами номеру індивідуального навчального плану є нулі, то студент виконує 25-й варіант.

*Зміст* курсової роботи містить назви розділів (підрозділів) та номери сторінок, на яких вони починаються. До змісту не вносяться титульний аркуш та зміст, але враховуються в загальній нумерації сторінок. Приклад змісту курсової роботи наведено в Додатку Б.

*Вступ* розміщують з нової сторінки після змісту. Обсяг вступу зазвичай становить 1-2 сторінки тексту. У вступі висвітлюють актуальність застосування процесів обробки металів тиском, вказують об'єкт та предмет дослідження, формулюють мету роботи, визначають метод дослідження. Наприкінці вступу формулюють основні завдання, які необхідно розв'язати в процесі виконання курсової роботи.

*Теоретична частина* (розділ 1) містить теоретичні відомості щодо процесів обробки металів тиском, параметри яких розраховуються в курсовій роботі. У цьому розділі можуть бути наведені принципові схеми реалізації процесів обробки металів тиском, які розглядаються в курсовій роботі. Розглянуто питання переваг та недоліків процесів, з точки зору напружено-деформованого стану металу, продуктивності, універсальності застосування та інше. Під час написання першого розділу слід звернути увагу на наукові публікації, що висвітлюють сучасний стан та передовий досвід застосування процесів обробки металів тиском. Орієнтовний обсяг теоретичної частини складає 3-5 сторінок.

*Практична частина* (розділи 2 - 4) містить розрахунки параметрів процесів обробки металів тиском в залежності від теми курсової роботи. На початку кожного розділу слід наводити вихідні дані для розрахунку згідно з визначеним варіантом. При виконання практичної частини студенти можуть

використовувати методики розрахунків, які містяться в навчальній літературі, перелік якої наведено наприкінці даних навчально-методичних рекомендацій. Електронний варіант вищезгаданої навчальної літератури розміщено у відповідній команді на платформі Microsoft Teams кафедри обробки металів тиском ім. акад. О. П. Чекмарьова, яка викладає дисципліну «Курсова робота з обробки металів». Також студент може використовувати методики, які наведено в іншій навчально-науковій літературі, після узгодження з керівником курсової роботи.

*Висновки* є завершальною частиною курсової роботи де стисло висвітлюють найбільш важливі теоретичні положення та виконують аналіз значень енергосилових параметрів процесів, які було отримано в кожному розділі практичної частина. Обсяг тексту висновків складає 1 - 2 сторінки.

*Перелік посилань* містить джерела, які використовував здобувач під час виконання курсової роботи. Джерела в переліку посилань розташовуються в міру їх появи в тексті роботи. Опис використаних джерел здійснюється відповідно до бібліографічних стандартів, що наведено у п. 3 навчально-методичних рекомендацій.

## **2 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ ЧАСТИНИ**

Конкретний зміст практичної частини обумовлює варіант вихідних даних для розрахунку, який здобувач обирає за двома останніми числами номеру індивідуального навчального плану (залікової книжки). За узгодженням з керівником курсової роботи, конкретний зміст практичної частини може бути частково змінений за пропозицією здобувача. При цьому дозволяється замінити один з трьох розрахунків параметрів процесу обробки металів тиском на розрахунок параметрів процесу обробки металів тиском, який відсутній в інших варіантах завдань для даної тематики.

У практичній частині, на початку кожного розділу, бажано наводити розрахункові схеми, які пояснюють розрахунки параметрів відповідних процесів. Також перед розрахунком наводять вихідні дані згідно з варіантом курсової роботи.

### **2.1 Розрахунок параметрів процесів виробництва заготовок, сортових профілів та штаб**

У випадку обрання здобувачем теми курсової роботи: «Розрахунок параметрів процесів виробництва заготовок, сортових профілів та штаб», практична частина може містити розділи, в яких необхідно виконати розрахунки деформаційних, кінематичних, температурних та енергосилових параметрів процесів прокатки на обтискних станах, станах для прокатки сортових профілів, гарячої прокатки штаби, холодної прокатки штаби.

Далі наведено декілька прикладів типових розрахунків, які складають практичну частину курсової роботи.

## ***Розрахунок параметрів прокатки овальної штаби в квадратному калібрі***

При прокатці в калібрах для розрахунку показників деформації фасонний профіль замінюють приведеною штабою. Приведена штаба має прямокутну форму поперечного перерізу. При цьому площа поперечного перерізу і ширина приведеної штаби дорівнюють відповідно площі поперечного перерізу і ширині фасонного профілю.

Розглянемо послідовність розрахунку енергосилових параметрів при прокатці на сортових станах на прикладі прокатки овальної штаби в квадратному калібрі (рис. 2.1).

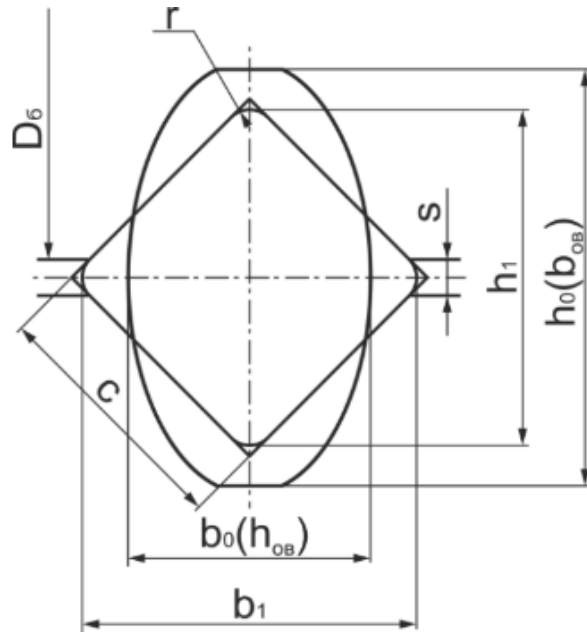


Рисунок 2.1 – Схема прокатки овальної штаби в квадратному калібрі

### ***Вихідні дані до розрахунку:***

- розміри овальної штаби  $h_0 (b_{об}) = 71,6$  мм  $b_0 = 41,8$  мм
- сторона квадратного профілю  $c = 45$  мм;
- радіус заокруглення вершини квадрата  $r = 2,5$  мм
- діаметр валків по буртах  $D_б = 420$  мм
- зазор між буртами валків  $s = 5$  мм;
- температура прокатки  $t = 980^0$  C;
- частота обертання валків  $n_в = 68$  об/хв.;
- марка сталі Ст20;
- базисне значення напруження текучості.  $\sigma_{т0} = 85$  МПа

### ***Розрахунок.***

1. Площа поперечного перерізу овальної штаби:

$$F_0 = 0,7 h_0 b_0 = 0,7 \cdot 71,6 \cdot 41,8 = 2095 \text{ мм}^2$$

2. Висота приведеної штаби до прокатки:

$$h_{0\text{ср}} = \frac{F_0}{b_0} = \frac{2095}{41,8} = 50,1 \text{ мм}$$

3. Висота та ширина квадратної штаби з урахуванням заокруглення вершини калібру:

$$h_1 = b_1 = 1,41 c - 0,83 r = 1,41 \cdot 45 - 0,83 \cdot 2,5 = 61,37 \text{ мм}$$

4. Площа поперечного перерізу квадратного профілю:

$$F_1 = c^2 - 0,43r^2 = 0,98 \cdot 45^2 = 1985 \text{ мм}^2$$

5. Висота приведеної штаби після прокатки:

$$h_{1\text{cp}} = \frac{F_1}{b_1} = \frac{1985}{61,37} = 32,3 \text{ мм}$$

6. Середній абсолютний обтиск:

$$\Delta h_{\text{cp}} = h_{0\text{cp}} - h_{1\text{cp}} = 50,1 - 32,3 = 17,8 \text{ мм}$$

7. Середній відносний обтиск:

$$\varepsilon_{\text{cp}} = \frac{\Delta h_{\text{cp}}}{h_{0\text{cp}}} = \frac{17,8}{50,1} = 0,36$$

8. Середній катаючий діаметр і радіус валків:

$$D_{\text{ксп}} = D_6 + s - 0,65 h_1 = 420 + 5 - 0,65 \cdot 61,37 = 385,1 \text{ мм}$$

$$R_{\text{ксп}} = 0,5 D_{\text{ксп}} = 0,5 \cdot 385,1 = 192,5 \text{ мм}$$

9. Середня довжина зони деформації:

$$l_{d\text{cp}} = \sqrt{R_{\text{ксп}} \Delta h_{\text{cp}}} = \sqrt{192,5 \cdot 17,8} = 58,5 \text{ мм}$$

10. Середній кут захвату:

$$\alpha_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{\Delta h_{\text{cp}}}{R_{\text{ксп}}}} = \sqrt{\frac{17,8}{192,5}} = 0,30 \text{ рад}$$

11. Середня колова швидкість валків:

$$v_{\text{всп}} = \frac{\pi D_{\text{ксп}} n_{\text{в}}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,3851 \cdot 68}{60} = 1,37 \text{ м/с}$$

12. Коефіцієнт тертя

$$f = k_n k_m k_v (0,55 - 0,00024t) = 1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot (0,55 - 0,00024 \cdot 980) = 0,340$$

13. Середнє значення нейтрального кута:

$$\gamma_{\text{cp}} = \frac{\alpha_{\text{cp}}}{2} \left( 1 - \frac{\alpha_{\text{cp}}}{2f} \right) = \frac{0,30}{2} \cdot \left( 1 - \frac{0,30}{2 \cdot 0,34} \right) = 0,084 \text{ рад.}$$

14. Середнє випередження при прокатці:

$$S_{\text{cp}} = \frac{R_{\text{ксп}}}{h_{1\text{cp}}} \gamma_{\text{cp}}^2 = \frac{192,5}{32,3} \cdot 0,084^2 = 0,042$$

15. Середня швидкість штаби при виході з валків:

$$v_{1cp} = v_{вcp}(1 + S_{cp}) = 1,37 \cdot (1 + 0,042) = 1,31 \text{ М/с}$$

16. Середня швидкість деформації:

$$u_{cp} = \frac{(\varepsilon_{cp} v_{1cp})}{l_{dcp}} = \frac{0,36 \cdot 1,31 \cdot 1000}{58,5} = 8,06 \text{ с}^{-1}$$

17. Термомеханічні коефіцієнти:

$$k_t = 0,57 + 0,0045(1200 - t) \sqrt{\frac{|1200 - t|}{t}} =$$
$$= 0,57 + 0,0045 \cdot (1200 - 980) \cdot \sqrt{\frac{1200 - 980}{980}} = 1,04$$

$$k_\varepsilon = 0,82 + 0,82\sqrt{\varepsilon_{cp}} = 0,82 + 0,82 \cdot \sqrt{0,36} = 1,363$$

$$k_u = 0,8 + 0,065\sqrt{u_{cp}} = 0,8 + 0,065 \cdot \sqrt{8,06} = 0,98$$

18. Напруження текучості:

$$\sigma_T = \sigma_{T0} k_t k_\varepsilon k_u = 85 \cdot 1,04 \cdot 1,363 \cdot 0,98 = 118 \text{ МПа}$$

19. Фактор форми зони деформації:

$$\frac{l_{dcp}}{h_{cp}} = \frac{2l_{dcp}}{h_{0cp} + h_{1cp}} = \frac{2 \cdot 58,5}{50,1 + 32,3} = 1,42$$

20. Коефіцієнт напруженого стану при прокатці в калібрі:

$$n_\sigma = a \left( \frac{l_{dcp}}{h_{cp}} + b \frac{h_{cp}}{l_{dcp}} \right) = 0,75 \cdot \left( 1,42 + 0,5 \cdot \frac{1}{1,42} \right) = 1,33$$

Для квадратного калібру  $a = 0,75$ ;  $b = 0,5$ .

21. Середній контактний тиск при прокатці в квадратному калібрі:

$$p_{cp} = \beta \sigma_T n_\sigma p_{cp} = \beta \sigma_T n_\sigma = 1,15 \cdot 118 \cdot 1,33 = 181 \text{ МПа}$$

22. Площа контактної поверхні:

$$F_k = \frac{(b_0 + b_1) l_{dcp}}{2} = \frac{(41,8 + 61,37) \cdot 58,5}{2} = 3017,7 \text{ мм}^2$$

23. Сила прокатки:

$$P = p_{cp} F_k = 181 \cdot 3017,7 = 544996 \text{ Н} = 545 \text{ кН}$$

24. Коефіцієнт плеча моменту:

$$\psi = 0,51 - 0,02 \frac{l_{dcp}}{h_{cp}} = 0,51 - 0,02 \cdot 1,42 = 0,48$$

25. Крутний момент на двох валках:

$$M_{\text{пр}} = 2R\psi l_{\text{дср}} = 2 \cdot 545 \cdot 58,5 \cdot 0,48 = 30607 \text{ кН} \cdot \text{мм} = 30,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

26. Потужність, що витрачається на прокатку:

$$N_{\text{пр}} = M_{\text{пр}}\omega = M_{\text{пр}} \frac{\pi n}{30} = 30,6 \cdot \frac{3,14 \cdot 68}{30} = 217,8 \text{ кВт}$$

### ***Розрахунок параметрів холодної прокатки штаби***

***Вихідні дані до розрахунку:***

- |   |  |
|---|--|
| - товщина штаби до та після прокатки    | $h_0 = 2,0 \text{ мм}, h_1 = 1,26 \text{ мм};$ |
| - ширина штаби                          | $b = 1030 \text{ мм};$                         |
| - попередній відносний обтиск           | $\varepsilon_{\text{нон}} = 0;$                |
| - питомий передній та задній натяг      | $q_1 = 160 \text{ МПа}, q_0 = 20 \text{ МПа};$ |
| - діаметр робочих валків                | $D_p = 560 \text{ мм};$                        |
| - швидкість прокатки                    | $V_1 = 8 \text{ м/с};$                         |
| - марка сталі                           | Ст2;   |
| - вихідна межа текучості матеріалу      | $\sigma_{\text{ТВИХ}} = 300 \text{ МПа};$      |
| - коефіцієнти зміцнення матеріалу       | $m = 30,6 \text{ МПа}; k = 0,62;$              |
| - шорсткість поверхні валків            | $R_a = 3,5 \text{ мкм};$                       |
| - коефіцієнт, який враховує вид мастила | $k_m = 1,0;$                                   |
| - в'язкість мастила                     | $\nu_{50} = 24 \text{ мм}^2/\text{с}.$         |

### ***Розрахунок.***

1. Абсолютний обтиск в проході:

$$\Delta h = h_0 - h_1 = 2,00 - 1,26 = 0,74 \text{ мм}$$

2. Відносний обтиск:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{0,74}{2,00} = 0,37$$

3. Сумарний відносний обтиск:

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1 - (1 - \varepsilon)(1 - \varepsilon_{\text{нон}}) = 1 - (1 - 0,37) \cdot (1 - 0) = 0,37$$

4. Довжина зони деформації:

$$l_d = \sqrt{R\Delta h} = \sqrt{280 \cdot 0,74} = 14,39 \text{ мм}$$

5. Кут захвату:

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h}{D_p}\right) = \arccos\left(1 - \frac{0,74}{560}\right) = 0,051 \text{ рад}$$

6. Середнє значення напруження текучості матеріалу штаби.

Напруження текучості сталі Ст2 визначається за емпіричною формулою:

$$\sigma_{\text{T}} = 230 + 34,6\varepsilon^{0,6}$$

Напруження текучості на вході в зону деформації:

$$\sigma_{T0} = 230 + 34,6\varepsilon_{\text{поп}}^{0,6} = 230 + 36,6 \cdot 0^{0,6} = 230 \text{ МПа}$$

Напруження текучості на виході з зони деформації:

$$\sigma_{T1} = 230 + 34,6\varepsilon_{\Sigma}^{0,6} = 230 + 36,6 \cdot 37^{0,6} = 532 \text{ МПа}$$

Середнє значення напруження текучості:

$$\sigma_{\text{тср}} = 0,4\sigma_{T0} + 0,6\sigma_{T1} = 0,4 \cdot 230 + 0,6 \cdot 532 = 411 \text{ МПа}$$

7. Коефіцієнт тертя при прокатці

Розрахунок виконується за формулою:

$$f = k_m \left( \frac{1 + (0,4 + \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon_{\Sigma}})(0,5 + R_a)}{1 + 0,25\sqrt{v_{50}} - 0,005v_{50}} \right) \cdot \left( 0,07 - \frac{0,1V_B^2}{2(1 + V_B) + 3V_B^2} \right)$$

де  $V_B$  – швидкість обертання валків, м/с.

Приймаємо припущення, що швидкість обертання валків дорівнює швидкості прокатки.

$$f = 1,2 \cdot \left( \frac{1 + (0,4 + \frac{0,37}{1 + 0,37}) \cdot (0,5 + 3,5)}{1 + 0,25 \cdot \sqrt{24} - 0,005 \cdot 24} \right) \left( 0,07 - \frac{0,1 \cdot 8^2}{2 \cdot (1 + 8) + 3 \cdot 8^2} \right) = 0,083$$

8. Середня товщина штаби:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_0 + h_1}{2} = \frac{2 + 1,26}{2} = 1,63 \text{ мм}$$

9. Середній контактний тиск:

$$p_{\text{ср}} = \beta \sigma_{\text{тср}} \left( 1 + \frac{fl_d}{3h_{\text{ср}}} \cdot (1 + 0,5\varepsilon) \right) = 1,15 \cdot 411 \cdot \left( 1 + \frac{0,083 \cdot 14,39}{3 \cdot 1,63} \cdot (1 + 0,5 \cdot 0,37) \right) = 609 \text{ МПа}$$

10. Визначимо довжину зони деформації з урахуванням сплющування валків:

$$l_{dc} = \sqrt{R\Delta h + l_1^2} + l_1$$

де  $l_1 = cmRp_{\text{ср}}$  довжина частини дуги контакту, що знаходиться за лінією, яка з'єднує центри валків. За рекомендацією О.І.Целікова та О.І.Гришкова  $c=1,2...1,5$ . У розрахунку приймаємо  $c = 1,375$ .

Для сталевих валків  $m = 1,12 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{МПа}}$

Одержуємо:

$$l_1 = 1,375 \cdot 1,12 \cdot 10^{-5} \cdot 280 \cdot 609 = 2,63 \text{ мм}$$

Тоді:

$$l_{dc} = \sqrt{280 \cdot 0,74 + 2,63^2} + 2,63 = 17,26 \text{ мм}$$

Визначаємо точність обчислення довжини зони деформації:

$$\Delta = \frac{l_{dc} - l_d}{l_d} = \frac{17,26 - 14,39}{14,39} = 0,2$$

Так як  $\Delta$  перевищує задовільну точність обчислень 0,05, уточнюємо значення середнього контактного тиску та повторюємо розрахунок довжини зони деформації з урахуванням сплющування.

11. Середній контактний тиск з урахуванням сплющування:

$$p_{\text{срс}} = \beta \sigma_{\text{Тср}} \left( 1 + \frac{f l_{dc}}{3 h_{\text{ср}}} (1 + 0,5 \varepsilon) \right) =$$

$$= 1,15 \cdot 411 \cdot \left( 1 + \frac{0,083 \cdot 17,26}{3 \cdot 1,63} \cdot (1 + 0,5 \cdot 0,37) \right) = 637 \text{ МПа}$$

12. Визначимо довжину зони деформації після уточнення значення середнього тиску:

$$l_1 = 1,375 \cdot 1,12 \cdot 10^{-5} \cdot 280 \cdot 637 = 2,75 \text{ мм}$$

$$l'_{dc} = \sqrt{280 \cdot 0,74 + 2,75^2} + 2,75 = 17,40 \text{ мм}$$

Визначаємо точність обчислення довжини зони деформації з урахуванням сплющування:

$$\Delta = \frac{l'_{dc} - l_{dc}}{l_{dc}} = \frac{17,40 - 17,26}{17,26} = 0,008$$

Так як  $\Delta$  не перевищує задовільну точність обчислень 0,05, то остаточно приймаємо довжину осередку деформації рівною 17,4 мм.

13. Розраховуємо значення середнього контактного тиску:

$$p'_{\text{срс}} = \beta \sigma_{\text{Тср}} \left( 1 + \frac{f l'_{dc}}{3 h_{\text{ср}}} (1 + 0,5 \varepsilon) \right) =$$

$$= 1,15 \cdot 411 \cdot \left( 1 + \frac{0,083 \cdot 17,4}{3 \cdot 1,63} \cdot (1 + 0,5 \cdot 0,37) \right) = 638 \text{ МПа}$$

14. Середній контактний тиск з урахуванням натяжіння:

$$p_{\text{срсн}} = p'_{\text{срс}} \left( 1 - \frac{q_0 + q_1}{2 p'_{\text{срс}}} \right) = 638 \cdot \left( 1 - \frac{20 + 160}{2 \cdot 638} \right) = 548 \text{ МПа}$$

15. Сила прокатки:

$$P = p_{\text{срсн}} l'_{dc} b = 548 \cdot 17,4 \cdot 1030 = 9821256 \text{ Н} = 9,8 \text{ МН}$$

16. Величина нейтрального кута з урахуванням натяжіння:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \frac{\alpha}{2f} \right) + \frac{q_1 h_1 - q_0 h_0}{4 f p_{\text{срсн}} R} =$$

$$= \frac{0,051}{2} \left( 1 - \frac{0,051}{2 \cdot 0,083} \right) + \frac{160 \cdot 1,25 - 20 \cdot 2,00}{4 \cdot 0,083 \cdot 548 \cdot 280} = 0,021 \text{ рад}$$

17. Випередження при прокатці:

$$S = \frac{R}{h_1} \cdot \gamma^2 = \frac{280}{1,26} \cdot 0,021^2 = 0,098$$

18. Колова швидкість валків:

$$V_B = \frac{V_1}{1 + S} = \frac{8}{1 + 0,098} = 7,29 \text{ м/с}$$

19. Коефіцієнт плеча моменту:

$$\psi = 0,39 \cdot \frac{l_d}{l_{dc}} + 0,055 = 0,39 \cdot \frac{14,39}{17,4} + 0,055 = 0,378$$

20. Крутний момент прокатки:

$$M_{\text{пр}} = 2P\psi l_{dc} = 2 \cdot 9,8 \cdot 0,378 \cdot 17,4 = 129 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

21. Потужність прокатки:

$$N_{\text{пр}} = M_{\text{пр}} \frac{V_B}{R} = 129 \cdot \frac{7,29}{0,28} = 3\,359 \text{ кВт}$$

## 2.2 Розрахунок параметрів процесів виробництва труб

У випадку обрання здобувачем тематики курсової роботи, яка стосується процесів виробництва труб, практична частина може містити розділи, в яких необхідно виконати розрахунки деформаційних, кінематичних, температурних та енергосилових параметрів процесів гвинтової прокатки, прокатки труб на короткій оправці, безоправочної прокатки труб, волочіння труб.

Далі наведено приклад типового розрахунку, який входить до практичної частини курсової роботи за даною тематикою.

### *Розрахунок параметрів гвинтової прокатки (прошивки) гільз*

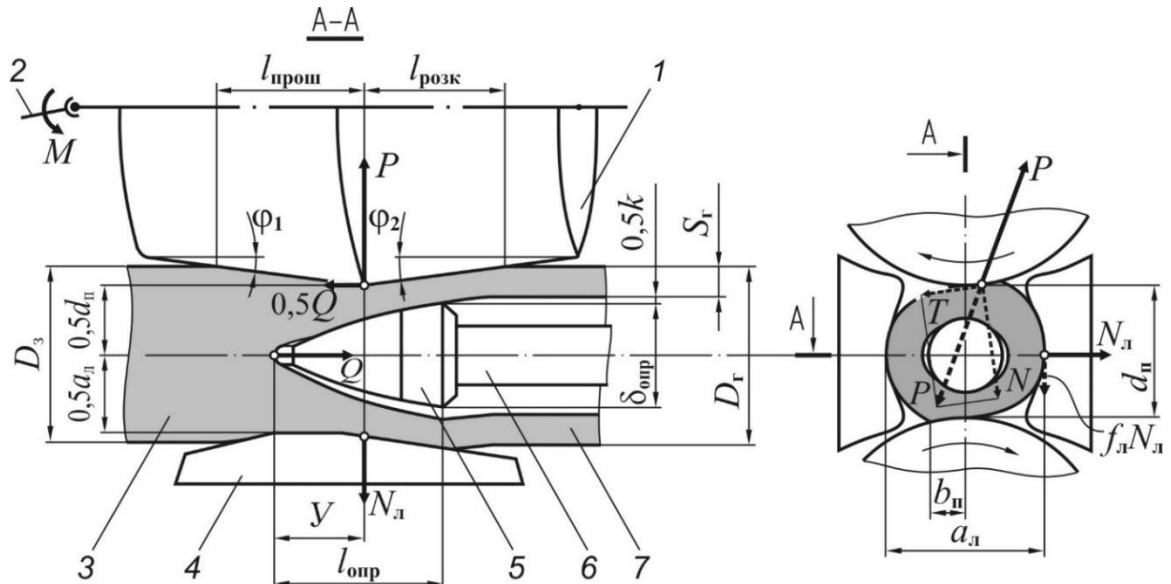
#### **Вихідні дані до розрахунку:**

- |  |  |
|--|--|
| - зовнішній діаметр гільзи                     | $D_r = 306 \text{ мм};$                              |
| - товщина стінки гільзи                        | $S_r = 35 \text{ мм};$                               |
| - середня температура прошивки                 | $t_{\text{сер}}^0 = 1210 \text{ }^\circ\text{C};$    |
| - діаметр заготовки                            | $D_3 = 290 \text{ мм};$                              |
| - діаметр валка в пережимі                     | $D_{\text{п}} = 900 \text{ мм};$                     |
| - кут вхідного конуса валка                    | $\varphi_1 = 0,07 \text{ рад. (4}^\circ\text{);}$    |
| - кут вихідного конуса валка                   | $\varphi_2 = 0,079 \text{ рад. (4,5}^\circ\text{);}$ |
| - кут подачі валків                            | $\alpha = 0,14 \text{ рад (8}^\circ\text{);}$        |
| - частота обертання валків                     | $n = 70 \text{ об/хв};$                              |
| - обтиск перед носком оправки                  | $\varepsilon_0 = 0,05 \text{ (5 \%);}$               |
| - коефіцієнт овальності в пережимі,            | $\xi_{\text{п}} = 1,10;$                             |
| - коефіцієнт тертя на валку (базисне значення) | $f_{\text{вб}} = 0,35;$                              |

- коефіцієнт тертя на лінійці (базисне значення)  $f_{лб} = 0,25$ ;
- марка сталі Ст. 20;
- базисне напруження текучості  $\sigma_{Т6} = 85$  МПа;
- напрямний інструмент лінійки.

### Розрахунок.

Схема процесу прошивки зображена на рис. 2.2



1 – робочий валок; 2 – шпindelь; 3 – заготовка; 4 – лінійка 5 – оправка;  
6 – оправочний стержень; 7 – гільза.

Рисунок 2.2 – Схема зони деформації в прошивному стані і навантаження, що діють на інструмент (суцільними лініями) і метал (пунктиром)

#### а) Налаштування стану

1. Розкатка гільзи по діаметру:

$$k = (0,075 - 0,00135S_r)D_3 = 8 \text{ мм.}$$

2. Діаметр оправки:

$$\delta_{\text{опр}} = D_r - 2S_r - k = 228 \text{ мм.}$$

3. Довжина оправки:

$$l_{\text{опр}} = (1,3 \dots 1,8)\delta_{\text{опр}};$$

$$\text{для } D_r = 290 \text{ мм [1]: } l_{\text{опр}} = 1,3\delta_{\text{опр}} = 296 \text{ мм.}$$

4. Відстань між валками в пережимі:

$$d_{\text{п}} = [(1 - \varepsilon_0)D_3 \text{tg } \varphi_2 + (\delta_{\text{опр}} + 2S_r) \text{tg } \varphi_1 - 2l_{\text{опр}} \text{tg } \varphi_1 \text{tg } \varphi_2] \times \\ \times \frac{1}{\text{tg } \varphi_1 + \text{tg } \varphi_2} = 264 \text{ мм.}$$

5. Висування носка оправки за пережим валків:

$$y = l_{\text{опр}} - (0,5\delta_{\text{опр}} + S_r - 0,5d_{\text{п}}) \cdot \frac{1}{\text{tg } \varphi_2} = 80 \text{ мм.}$$

6. Обтиск по діаметру в пережимі:

$$\varepsilon_{\Pi} = \frac{D_3 - d_{\Pi}}{D_3} = 0,09.$$

7. Сумарний коефіцієнт витяжки в стані:

$$\lambda_{\Sigma} = \frac{D_3^2}{4(D_{\Gamma} - S_{\Gamma})S_{\Gamma}} = 2,22.$$

8. Коефіцієнт витяжки в пережимі:

$$\lambda_{\Pi} = 1 + \frac{(\lambda_{\Sigma} - 1)Y}{l_{\text{опр}} - Y} = 1,451.$$

9. Загальний обтиск по діаметру і товщині стінки в пережимі:

$$\varepsilon_{\Pi, \text{заг}} = 1 - \frac{1}{\lambda_{\Pi}} = 0,311.$$

10. Відстань між лінійками:

$$a_{\text{л}} = \xi_{\Pi} d_{\Pi} = 290,4 \text{ мм.}$$

*б) Контактна поверхня металу з валками*

11. Довжина контактної поверхні металу з валками в конусі прошивки:

$$l_{\text{прош}} = \frac{D_3 - d_{\Pi}}{2 \operatorname{tg} \varphi_1} = 185,9 \text{ мм.}$$

12. Довжина контактної поверхні металу з валками в конусі розкатки:

$$l_{\text{розк}} = \frac{D_{\Gamma} - d_{\Pi}}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2} = 266,8 \text{ мм.}$$

13. Загальна довжина контактної поверхні:

$$l = l_{\text{прош}} + l_{\text{розк}} = 452,7 \text{ мм.}$$

14. Коефіцієнт осьової швидкості:

$$\eta_o = \left[ \left( f_{\text{вб}} \frac{8,5}{\sqrt{n}} \right) \left( \ln \alpha + 5 \frac{D_{\Gamma}}{\delta_{\text{опр}}} \varepsilon_o \right) \right] [1 - 0,007(\sigma_{\text{тб}} - 84)] \times \\ \times [1 - 0,0025(D_3 - 160)] = 0,58.$$

15. Коефіцієнт тангенціальної швидкості:

$$\eta_{\text{т}} = \left( 0,75 + \frac{1}{\alpha \eta_o} \right) = 0,966.$$

16. Ширина контактної поверхні в пережимі:

$$b_{\Pi} = 0,5D_3 \sqrt{\frac{2(1 - \varepsilon_{\Pi})}{1 + \frac{d_{\Pi}}{D_{\Pi}}} \left[ \pi \left( \operatorname{tg} \varphi_1 + \frac{\delta_{\text{опр}}}{2l_{\text{опр}}} \right) \operatorname{tg} \alpha \frac{\eta_o}{\eta_{\text{т}} \lambda_{\Sigma}} + 0,9(1 - \varepsilon_{\Pi})(\xi_{\Pi} - 1) \right]} = 61,2 \text{ мм}$$

17. Площа контактної поверхні в конусі прошивки:

$$F_{\text{прош}} = 0,67b_{\text{п}}l_{\text{прош}} = 7643,8 \text{ мм}^2.$$

18. Площа контактної поверхні в конусі розкатки:

$$F_{\text{розк}} = 0,8b_{\text{п}}l_{\text{розк}} = 13099,6 \text{ мм}^2.$$

19. Середня ширина контактної поверхні:

$$b_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{прош}} + F_{\text{розк}}}{l} = 45,8 \text{ мм.}$$

в) *Напруження текучості*

20. Температурний коефіцієнт:

$$K_t = 0,57 + 0,0045(1200 - t_{\text{сеп}}^0) \sqrt{\frac{|1200 - t_{\text{сеп}}^0|}{t_{\text{сеп}}^0}} = 0,566.$$

21. Середня швидкість деформації:

$$u_{\text{п}} = \frac{\pi D_{\text{п}} n}{60 b_{\text{п}}} \varepsilon_{\text{п.заг}} = 16,7 \text{ с}^{-1}.$$

22. Швидкісний коефіцієнт:

$$K_u = 0,80 + 0,065\sqrt{u_{\text{п}}} = 1,066.$$

23. Деформаційний коефіцієнт:

$$K_{\varepsilon} = 0,82(1 + \sqrt{\varepsilon_{\text{п.заг}}}) = 1,369.$$

24. Напруження текучості:

$$\sigma_{\text{T}} = K_t K_{\varepsilon} K_u \sigma_{\text{T6}} = 65,5 \text{ МПа.}$$

г) *Енергосилові та швидкісні параметри прошивки*

25. Середній тиск в конусі прошивки:

$$p_{\text{прош}} = \left(1,8 - \frac{b_{\text{п}}}{d_{\text{п}}}\right) (1 - 2,7\varepsilon_{\text{п}}^2) \sigma_{\text{T}} = 100,4 \text{ МПа.}$$

26. Середній тиск в конусі розкатки:

$$p_{\text{розк}} = 0,75p_{\text{прош}} = 75,3 \text{ МПа.}$$

27. Нормальна сила, що діє на валок:

$$N = (p_{\text{прош}} F_{\text{прош}} + p_{\text{розк}} F_{\text{розк}}) 10^{-3} = 1753,5 \text{ кН.}$$

28. Осьова сила, що діє на оправку:

$$Q = (0,2 + 0,05\lambda_{\Sigma}) N = 545,0 \text{ кН.}$$

29. Нормальна сила, що діє на лінійку:

$$N_{\text{л}} = (1,6 - 1,25\xi_{\text{п}}) N = 394,5 \text{ кН.}$$

30. Середній діаметр заготовки:

$$d_{cp} = 0,5(D_3 + d_{п}) = 277\text{мм.}$$

31. Середній діаметр валка:

$$D_{cp} = D_{п} + d_{п} - d_{cp} = 887\text{мм.}$$

32. Ефективне значення коефіцієнту тертя на контактi з лінійкою

$$f_{л} = f_{лб} \frac{8,5}{\sqrt{n}} = 0,254.$$

33. Тангенціальна сила тертя на контактi металу з валком:

$$T = \frac{Nb_{cp} \left(1 + \frac{D_3}{D_{п}}\right)}{d_{cp}} + f_{л} N_{л} \xi_{п} = 493,7 \text{ кН.}$$

34. Повна сила, що діє на валок (сила прокатки):

$$P = \sqrt{N^2 + T^2} = 1821,7 \text{ кН.}$$

35. Крутний момент на одному валку:

$$M = 0,5D_{cp} \left(\frac{Q}{2} \sin \alpha + T \cos \alpha\right) \cdot 10^{-3} = 467,3 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

36. Крутний момент на двох валках (момент прокатки):

$$M_{пр} = 2M = 934,6 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

37. Потужність прокатки:

$$N_{пр} = M_{пр} \frac{\pi n}{30} = 3425,6 \text{ кВт.}$$

38. Осьова швидкість прошивки:

$$V_{п} = \frac{\pi(D_{п} + d_{п} - D_{г})n}{60} \sin \alpha \cdot \eta_0 \cdot 10^{-3} = 0,262 \text{ м/с.}$$

39. Питома витрата енергії на прокатку 1 метру гільзи:

$$a_{м} = \frac{N_{пр}}{V_{п}} 10^{-3} = 13,06 \frac{\text{МДж}}{\text{м}}.$$

40. Маса 1 метру гільзи:

$$q = 7,85\pi(D_{г} - S_{г})S_{г} \cdot 10^{-6} = 0,234 \text{ т/м.}$$

41. Питома витрата енергії на прокатку 1 тони гільз:

$$a_{т} = \frac{a_{м}}{q} = 55,8 \text{ МДж/т.}$$

д) Параметр, що впливає на якість гільз

42. Число циклів деформації заготовки перед носком оправки:

$$n_{ц} = \frac{1,5\varepsilon_0 \lambda_{\Sigma}}{\pi t g \alpha \cdot t g \varphi_1 \cdot \eta_0 (1 + \varepsilon_0)} = 8,85.$$

### З ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсову роботу друкують на одному боці аркушів білого паперу формату А4 (210x297 мм). Основний колір тексту – чорний. Допускається включати кольорові ілюстрації, а також ілюстрації, виконані копіюванням.

Текст курсової роботи виконують шрифтом Times New Roman, з інтервалом 1,5 рядки, розмір шрифту – 14 пт, з додержанням таких розмірів полів: ліве – 30 мм, верхнє і нижнє – 20 мм, праве – 10 мм.

Абзацний відступ повинен бути однаковим упродовж усього тексту роботи і дорівнювати 0,7 см.

Помилки в тексті допускається виправляти підчищенням або білою фарбою з розміщенням на тому ж місці виправленого тексту чорнилами чорного кольору.

Заголовки структурних елементів курсової роботи і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи. Перенесення слів у заголовках розділів не допускається.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів курсової роботи слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без перенесення слів і без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше, ніж один рядок. Відстань між рядками заголовка, а також між двома заголовками приймають такими, як у тексті (1,5 рядки).

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено менше, ніж два рядки тексту.

Сторінки нумерують в правому верхньому куті арабськими цифрами без крапки в кінці, додержуючись наскрізної нумерації упродовж всього тексту роботи, включаючи додатки. Титульний аркуш є першою сторінкою курсової роботи. Першою сторінкою, на якій проставляється номер, є «ЗМІСТ». Ілюстрації та таблиці, які розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок курсової роботи.

Ілюстрації (рисунок, графіки, схеми, діаграми, фотознімки тощо) та таблиці слід розміщувати в курсовій роботі безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці, у разі недостатнього місця на поточній сторінці. Кожна ілюстрація та таблиця повинні мати назву.

Ілюстрацію і таблицю вирівнюють по центру сторінки та нумерують арабськими цифрами у порядку в межах розділу. Номер ілюстрації і таблиці складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації (таблиці), відокремлених крапкою. Наприклад, «Рисунок 2.2» – це друга ілюстрація другого розділу, «Таблиця 1.2» – це друга таблиця першого розділу. Якщо в

курсoвій роботі вміщено тільки одну ілюстрацію або таблицю, то їх нумерують за загальними правилами.

Між ілюстрацією та основним текстом повинен бути відступ в один рядок. За необхідності, між ілюстрацією та її назвою розміщують пояснювальні дані, наприклад, пояснення позицій схеми тощо. Такі дані допускається відображати шрифтом 12 пт з одинарним інтервалом. Приклад оформлення ілюстрацій наведено в Додатку В.

Таблиця повинна мати назву, яку пишуть малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою і відповідати змісту таблиці. Текст великих таблиць допускається представляти з одним міжрядковим інтервалом або/та шрифтом 12 пт.

Якщо рядки або графи (колонки) таблиці виходять за межі формату поточної сторінки, таблицю можна розділити на частини. При цьому дозволяється частину таблиці розміщувати на наступній сторінці. При поділі таблиці на частини допускається її головку замінити відповідно номерами граф.

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено один вільний рядок. Формули і рівняння нумерують аналогічно нумерації рисунків і таблиць у межах розділу. Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку. Якщо в курсовій роботі тільки одна формула чи рівняння, її нумерують за загальними правилами.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, наводять безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Якщо символ або коефіцієнт вже зустрічався у попередньому тексті, наводити його пояснення не треба.

Приклад фрагменту тексту з формулою:

«Довжину зони деформації визначаємо за формулою:

$$l_d = b_{cp} \sqrt{R \cdot \Delta h}; \quad (2.5)$$

де:  $b_{cp}$  – середня ширина штаби, мм;

$R$  – радіус робочого валка, мм;

$\Delta h$  – абсолютний обтиск при прокатці».

У практичній частині курсової роботи, якщо формули для розрахунку параметрів процесу обробки металів тиском наведено у вигляді алгоритму, дозволяється нумерація формул в межах алгоритму, починаючи з першої. В цьому випадку номери формул проставляються зліва, а пояснення величин, що входять до формул, наводяться в рядок на початку або наприкінці відповідного алгоритму розрахунку.

Посилання в тексті курсової роботи на джерела інформації слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками. Бібліографічні описи використаних інформаційних джерел наводять у розділі «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ» за правилами, що встановлені чинними в Україні державними стандартами.

Приклад оформлення бібліографічного опису списку використаних джерел з урахуванням Національного стандарту України ДСТУ 8302:2015 наведено бібліотекою УДУНТ на інтернет-сторінці бібліотеки за посиланням <https://library.ust.edu.ua/uk/page/bibliografichne-oformlennya-dzherel>.

#### 4 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Оцінювання курсової роботи здійснюється комісією під час особистого її захисту здобувачем за 12-бальною шкалою, з подальшим переведенням до 100-бальної шкали за визначеною в «Положення про організацію освітнього процесу в УДУНТ» методикою.

Оцінка курсової роботи формується як сума балів за результатами оцінки виконання курсової роботи та рівня знань, виявлених студентом під час захисту курсової роботи.

Оцінка курсової роботи визначається, як сума отриманих балів за чотирма критеріями, що наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

#### Оцінювання курсової роботи

Критерії оцінювання	Варіант оцінювання	Бал
1	2	3
1. Оформлення курсової роботи	Оформлення курсової роботи повністю відповідає встановленим вимогам, текст роботи не містить орфографічних та стилістичних помилок	2
	Оформлення курсової роботи дозволяє прийняти її до захисту, проте у тексті мають місце граматичні чи стилістичні помилки, або допущено некоректності в оформленні посилань на джерела чи списку використаних джерел	1
2. Зміст роботи, рівень аналізу навчально-наукової літератури	Робота містить всі розділи, передбачені змістом, використано обґрунтовані методики розрахунків, а результати розрахунків не містять математичних помилок.	2
	Робота містить всі розділи, передбачені змістом, але використано необґрунтовані методики розрахунків або результати розрахунків містять математичні помилки.	1
3. Рівень одержаних результатів, обґрунтованість та чіткість висновків	Робота містить конкретні, обґрунтовані висновки щодо результатів курсової роботи	1
	В роботі відсутні висновки, або вони є неконкретними, чи не ґрунтуються на положеннях роботи (не впливають з її змісту)	0

1	2	3
4. Рівень знань, виявлених студентом під час захисту курсової роботи	Студент під час захисту дає вірні відповіді на всі запитання, виявляє високий рівень знань щодо теми курсової роботи та суміжних положень відповідної навчальної дисципліни, добре орієнтується у змісті своєї роботи, аргументує отримані висновки	6-7
	Студент під час захисту виявив належний рівень знань щодо теми курсової роботи та її змісту, однак відповіді на поставлені запитання дає не завжди правильно, допускає неточності у визначеннях.	4-5
	Під час захисту курсової роботи студент допускає істотні помилки у відповідях, погано орієнтується у змісті роботи	2-3
	Під час захисту студент погано знає зміст курсової роботи, дає неправильні відповіді або не в змозі відповісти на поставлені запитання	0-1

## **5 ВАРІАНТИ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

### **5.1 Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесів виробництва заготовок, сортових профілів та штаб**

Здобувачі обирають варіант курсової роботи для даної тематики згідно з двома останніми цифрами індивідуального навчального плану (залікової книжки) (див. п.1).

Перелік завдань для кожного з варіантів наведено нижче:

#### **Варіант № 1 – 8**

1. Розрахунок параметрів процесу прокатки на обтискних станах (табл. 5.1).
2. Розрахунок параметрів прокатки на сортових станах (табл. 5.2).
3. Розрахунок параметрів гарячої прокатки штаби (табл. 5.3).

#### **Варіант № 9 – 17**

1. Розрахунок параметрів процесу прокатки на обтискних станах (табл. 5.1).
2. Розрахунок параметрів прокатки на сортових станах (табл. 5.2).
3. Розрахунок параметрів холодної прокатки штаби (табл. 5.4).

#### **Варіант № 18 – 25**

1. Розрахунок параметрів процесу прокатки на обтискних станах (табл. 5.1).
2. Розрахунок параметрів гарячої прокатки штаби (табл. 5.3).
3. Розрахунок параметрів холодної прокатки штаби (табл. 5.4).

Вихідні дані для кожного варіанта розміщено у відповідних таблицях 5.1 – 5.4.

Таблиця 5.1

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів прокатки на обтискних станах

№ варіанту*	Розміри вихідної заготовки, мм		Розміри розкату після проходу, мм		$h_{вр}$ , мм	Температура $t$ , °С	Частота обертання валків $n$ , об/хв.
	$h_0$	$b_0$	$h_1$	$b_1$			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	700	420	620	430	90	1170	60
2	720	460	630	470	92	1150	58
3	750	480	660	490	94	1130	56
4	690	420	590	440	96	1110	54
5	680	410	580	425	98	1100	52
6	680	430	600	440	100	1120	50
7	700	430	610	450	102	1140	48
8	670	400	600	410	104	1160	46
9	660	400	600	410	106	1180	60
10	700	420	620	430	90	1170	58
11	720	460	630	470	92	1150	56
12	750	480	660	490	94	1130	54
13	690	420	590	440	96	1110	52
14	680	410	580	425	98	1100	50
15	680	430	600	440	100	1120	48
16	700	430	610	450	102	1140	46
17	670	400	600	410	104	1160	60
18	660	400	600	410	106	1170	58
19	700	430	610	450	90	1100	56
20	670	400	600	410	92	1120	54
21	660	400	600	410	94	1140	52
22	700	420	620	430	96	1160	50
23	720	460	630	470	98	1180	48
24	750	480	660	490	100	1180	46
25	690	420	590	440	102	1180	50

\*Для всіх варіантів прийнято:

- діаметр валків по бурту  $D_6 = 1200$  мм;
- марка сталі – сталь 45.

Таблиця 5.2

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів прокатки овальної штаби в квадратному калібрі

№ варіанту*	Розміри овальної штаби, мм		Сторона квадрата $c$ , мм	$D_6$ , мм	Температура $t$ , °C	Частота обертання валків, об/хв.
	$h_0$ , мм	$b_0$ , мм				
1	42,0	72,0	38	420	1010	70
2	41,6	72,4	39	410	1005	68
3	41,5	72,6	40	400	1000	66
4	40,6	72,8	41	390	995	64
5	40,8	72,5	38	380	990	62
6	39,5	73,0	42	370	985	60
7	39,8	73,2	43	360	980	61
8	39,0	73,4	44	430	1015	63
9	39,4	73,6	43	440	1020	65
10	39,6	74,0	42	360	1010	67
11	40,9	71,2	41	370	1005	69
12	41,2	71,4	40	380	1000	75
13	41,4	70,6	39	390	995	70
14	42,2	70,8	43	400	990	65
15	42,4	70,4	44	410	985	60
16	41,8	71,6	45	420	980	68
17	42,1	70,5	42	390	1015	60
18	41,0	71,8	41	380	1020	58
19	39,0	73,1	40	370	1010	66
20	38,0	73,8	39	360	1005	64
21	40,0	72,2	38	430	1000	72
22	39,6	73,9	41	440	995	60
23	39,5	74,1	42	360	990	70
24	41,0	70,9	41	370	985	66
25	43,0	71,0	40	400	980	60

\*Для всіх варіантів прийнято:

- марка сталі – сталь 20;
- радіус заокруглення вершини квадрата  $r = 2,5$  мм;
- зазор між буртами валків  $s = 5$  мм.

Таблиця 5.3

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів гарячої прокатки штаби

№ варіанту *	Початкові розміри штаби до прокатки, мм		Розміри штаби після прокатки, мм		D <sub>p</sub> , мм	Температура прокатки t, °C	Частота обертання валків, об/хв.
	h <sub>0</sub>	b <sub>0</sub>	h <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>			
1	11,2	1200	8,5	1205	600	1080	60
2	12,2	1200	8,0	1205	605	1070	58
3	10,2	1200	6,5	1205	610	1060	56
4	10,8	1200	7,0	1205	615	1050	54
5	11,8	1200	7,5	1205	600	1090	52
6	12,5	1200	8,0	1205	590	1080	50
7	10,0	1200	6,8	1205	595	1100	48
8	10,6	1200	7,8	1205	585	1110	46
9	11,6	1200	7,0	1205	580	1120	60
10	10,4	1200	7,0	1205	585	1070	58
11	11,4	1050	8,0	1055	575	1080	56
12	12,0	1050	8,3	1055	560	1090	54
13	11,5	1050	6,5	1055	570	1100	52
14	11,0	1050	7,0	1055	610	1060	50
15	11,5	1050	8,0	1055	615	1080	48
16	11,7	1050	8,5	1055	595	1090	46
17	11,3	1050	8,0	1055	585	1100	60
18	10,7	1050	7,5	1055	585	1100	58
19	10,5	1050	7,0	1055	590	1110	56
20	10,5	1100	6,5	1105	560	1070	54
21	12,2	1100	6,0	1105	600	1120	52
22	10,2	1100	6,8	1105	610	1000	50
23	10,8	1100	7,8	1105	590	1140	48
24	11,8	1100	7,0	1105	580	1120	46
25	12,5	1100	8,0	1105	590	1110	50

\*Для всіх варіантів прийняти марку сталі 10ХСНД.

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів холодної прокатки штаби

№ варіанту	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм	$b$ , мм	$\varepsilon_{\text{поп}}$	$q_0$ , МПа	$q_1$ , МПа	$D_p$ , мм	$V_1$ , м/с	Марка сталі	$\sigma_{\text{ТВИХ}}$ , МПа	$m$ , МПа	$k$
1	0,80	0,70	850	0,65	190	40	570	7,0	08кп	260	34,6	0,60
2	0,65	0,55	1250	0,70	185	195	580	7,5	08пс	300	77,0	0,48
3	0,40	0,35	850	0,80	175	185	600	8,0	10	300	29,5	0,64
4	0,65	0,55	1650	0,65	195	200	560	8,5	Ст1	260	13,3	0,73
5	0,60	0,50	890	0,75	200	40	550	6,0	10	300	29,5	0,64
6	0,55	0,45	1030	0,70	205	40	590	6,5	Ст2	300	30,6	0,62
7	1,10	0,85	850	0,35	150	165	600	9,0	08кп	260	34,6	0,60
8	1,15	0,85	1650	0,55	155	160	510	5,5	08Ю	280	33,5	0,61
9	1,20	0,85	1525	0,35	165	170	500	6,0	10	300	29,5	0,64
10	1,25	0,90	890	0,25	150	170	560	8,2	08кп	260	34,6	0,60
11	1,30	1,00	1200	0,20	160	185	550	9,4	08пс	300	77,0	0,48
12	1,35	1,00	1050	0,40	170	180	590	8,6	10	300	29,5	0,64
13	0,95	0,70	1200	0,45	185	195	600	7,8	20	375	31,6	0,64
14	1,45	1,10	850	0,50	120	145	510	7,0	08Ю	280	33,5	0,61
15	1,50	1,15	1030	0,55	150	150	500	7,5	Ст1	260	13,3	0,73
16	2,00	1,26	1030	0,00	20	160	560	8,0	Ст2	300	30,6	0,62
17	0,85	0,70	1650	0,65	145	175	550	8,5	20	375	31,6	0,64
18	0,95	0,75	850	0,60	165	185	590	6,0	10	300	29,5	0,64
19	1,00	0,85	1250	0,65	195	205	600	6,5	08Ю	280	33,5	0,61
20	1,05	0,90	1250	0,55	145	165	510	9,0	08пс	300	77,0	0,48
21	0,80	0,70	900	0,75	180	180	500	5,5	08кп	260	34,6	0,60
22	2,00	1,25	900	0,00	20	150	520	9,0	08пс	300	77,0	0,48
23	0,95	0,78	1050	0,60	190	190	530	5,5	10	300	29,5	0,64
24	1,15	1,00	850	0,50	160	160	510	6,0	Ст2	300	30,6	0,62
25	1,50	1,20	1050	0,40	140	140	540	8,2	08кп	260	34,6	0,60

\*Для всіх варіантів прийняти:

- шорсткість поверхні валків  $R_a = 3,5$  мкм;
- коефіцієнт, який враховує вид мастила  $k_M = 1,0$ ;
- в'язкість мастила  $\nu_{50} = 24$  мм<sup>2</sup>/с.

## **5.2 Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесів виробництва труб**

Здобувачі обирають варіант курсової роботи для даної тематики згідно з двома останніми цифрами індивідуального навчального плану (залікової книжки) (див. п.1).

Перелік завдань для кожного з варіантів наведено нижче:

### **Варіант № 1 – 8**

1. Розрахунок параметрів процесу гвинтової прокатки (прошивки) гільз (табл. 5.5).
2. Розрахунок параметрів процесу поздовжньої прокатки труб на короткій оправці (табл. 5.6).
3. Розрахунок параметрів процесу безоправочного волочіння труб (табл. 5.7).

### **Варіант № 9 – 17**

1. Розрахунок параметрів процесу гвинтової прокатки (прошивки) гільз (табл. 5.5).
2. Розрахунок параметрів процесу поздовжньої прокатки труб на короткій оправці (табл. 5.6).
3. Розрахунок параметрів процесу волочіння труб на короткій оправці (табл. 5.8).

### **Варіант № 18 – 25**

1. Розрахунок параметрів процесу гвинтової прокатки (прошивки) гільз (табл. 5.5).
2. Розрахунок параметрів процесу поздовжньої безоправочної прокатки труб (табл. 5.9).
3. Розрахунок параметрів процесу волочіння труб на короткій оправці (табл. 5.8).

Вихідні дані для кожного варіанта розміщено у відповідних таблицях 5.5 – 5.9.

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів гвинтової прокатки (прошивки) заготовок

№ варіанту	$D_{II}$ , мм	$D_{Г}$ , мм	$D_{З}$ , мм	$S_{Г}$ , мм	$\alpha$ , °	$\varepsilon_0$ , %	$t_{сер}^0$ , °С	$n$ , об/хв	марка сталі
1	860	236	225	29	10,0	7	1200	80	20
2	870	260	250	31	7,0	5	1220	85	45
3	880	280	270	33	6,0	4	1250	70	35
4	890	295	280	34	8,5	6	1260	90	10
5	940	316	310	36	8,0	5	1240	75	55
6	1100	356	340	38	9,5	9	1180	65	09Г2
7	950	326	310	37	10,0	8	1120	50	35ХМ
8	855	245	227	30	7,0	7	1160	55	40ХН
9	860	272	260	32	8,0	7	1280	60	09Г2С
10	850	264	250	31	9,0	4	1200	70	X18H10T
11	900	308	292	35	8,0	9	1150	80	X25T
12	1050	314	300	36	8,5	8	1100	90	08X13
13	900	304	290	34	9,5	6	1120	65	12X1M1Φ
14	850	236	225	29	11,0	7	1140	75	45X
15	900	260	250	31	6,0	6	1160	85	12ХН3А
16	880	280	270	33	10,0	9	1180	55	30ХГСА
17	890	295	280	34	9,0	8	1220	50	25
18	910	316	310	36	9,5	5	1240	60	40
19	1040	356	340	38	6,5	9	1270	70	15ХМ
20	1020	326	310	37	7,5	7	1250	90	65
21	850	245	227	30	8,5	5	1150	85	18ХНВА
22	870	272	260	32	6,0	4	1140	55	X17H2
23	860	264	250	31	9,0	3	1100	50	X18H12M2T
24	930	308	292	35	10,0	4	1080	75	X23H18
25	920	314	300	36	8,0	6	1180	90	ШХ15

\*Для всіх варіантів прийняти:

- кут вхідного конуса валка  $\varphi_1 = 3,5^\circ$ ;
- кут вихідного конуса валка  $\varphi_1 = 4,0^\circ$ ;
- коефіцієнт овальності в пережимі,  $\xi_{II} = 1,10$ ;
- коефіцієнт тертя на валку (базисне значення)  $f_{вб} = 0,35$ ;
- коефіцієнт тертя на лійці (базисне значення)  $f_{лб} = 0,25$ ;

Таблиця 5.6

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів прокатки труб на короткій оправці

№ варіанту	$D_i$ , мм	$H_k$ , мм	$D_r$ , мм	$S_r$ , мм	$\Delta S$ , мм	$t$ , °C	$n$ , об/хв	марка сталі
1	650	159	168	12,5	2,5	1100	100	X17H2
2	685	149	157	14,5	3,0	1120	110	X18H12M2T
3	670	149	152	12,0	2,5	1150	120	X23H18
4	675	149	154	11,0	2,0	1160	90	ШХ15
5	645	159	166	17,0	4,5	1140	95	09Г2
6	640	140	144	11,0	2,5	1080	105	35ХМ
7	635	140	149	12,0	3,0	1020	115	40ХН
8	630	149	150	12,0	3,5	1060	125	20
9	625	124	139	9,5	3,5	1180	100	X18H10T
10	620	140	148	10,0	2,0	1100	110	X25T
11	615	140	149	11,0	2,0	1050	120	08X13
12	610	144	155	15,5	4,0	1000	90	12X1M1Ф
13	605	149	158	14,5	4,0	1020	95	45X
14	600	159	169	16,5	5,0	1040	105	12ХН3А
15	580	124	134	10,0	2,0	1060	115	30ХГСА
16	585	127	136	9,0	2,5	1080	125	25
17	590	127	140	10,5	2,5	1120	100	40
18	595	127	142	11,5	3,0	1140	110	09Г2С
19	570	124	133	12,5	3,0	1170	120	65
20	575	124	132	13,0	4,0	1150	90	18ХНВА
21	560	124	130	10,0	2,5	1050	95	55
22	555	149	156	16,0	4,5	1040	105	10
23	550	124	128	9,5	2,0	1000	115	20
24	565	124	136	12,0	4,5	980	125	35
25	660	124	137	9,0	2,5	1080	100	45

Для всіх варіантів прийняти:

- овальність калібру  $\Theta_k = 1,06$ ;
- коефіцієнт тертя на валку  $f_b = 0,30$ ;
- коефіцієнт тертя на оправці  $f_o = 0,35$ ;
- кут конусності оправки  $\varphi = 10^\circ$ ;
- довжина циліндричного пояску оправки  $l_{ц} = 20$  мм.

Таблиця 5.7

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесу безоправочного волочіння труб

№ варіанту	$D_0$ , мм	$D_T$ , мм	$S_0$ , мм	f	$\alpha_B$ , °	марка сталі
1	12,0	10,0	0,90	0,08	8	45X
2	18,0	15,0	1,20	0,09	9	12XH3A
3	21,0	17,0	1,40	0,10	10	30XГСА
4	24,0	19,0	2,50	0,11	11	25
5	32,0	25,0	3,20	0,04	12	40
6	45,0	35,0	2,80	0,05	8	12X1M1Ф
7	27,0	22,0	4,50	0,06	9	65
8	25,0	18,0	2,60	0,07	10	18XHBA
9	23,0	20,0	2,10	0,08	11	X17H2
10	20,0	16,0	2,50	0,09	12	X18H12M2T
11	16,0	12,0	1,00	0,10	8	X23H18
12	14,0	11,0	2,10	0,11	9	ШХ15
13	27,0	22,0	1,50	0,04	10	20
14	14,0	11,0	1,80	0,05	11	45
15	16,0	12,0	1,60	0,08	12	30XГСА
16	17,0	14,0	1,00	0,09	8	10
17	22,0	18,0	1,30	0,10	9	55
18	13,5	10,0	1,20	0,11	10	09Г2
19	18,8	15,0	1,40	0,04	11	35XM
20	29,0	21,0	1,25	0,05	12	40XH
21	33,0	27,0	2,40	0,06	8	09Г2С
22	32,0	26,0	2,60	0,07	9	X18H10T
23	14,5	11,0	1,75	0,08	10	X25T
24	42,0	35,0	3,25	0,09	11	08X13
25	40,0	34,0	2,75	0,10	12	20

Таблиця 5.8

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесу волочіння труб на короткій оправці

№ варіанту	$D_0$ , мм	$D_T$ , мм	$S_0$ , мм	$f$	$\alpha_B$ , °	марка сталі
1	27,0	22,0	1,50	0,08	8	12Х1М1Ф
2	14,0	11,0	1,80	0,09	9	45Х
3	16,0	12,0	1,60	0,10	10	12ХН3А
4	17,0	14,0	1,00	0,11	11	30ХГСА
5	22,0	18,0	1,30	0,04	12	10
6	13,5	10,0	1,20	0,05	8	09Г2
7	18,8	15,0	1,40	0,06	9	35ХМ
8	29,0	21,0	1,25	0,07	10	40ХН
9	33,0	27,0	2,40	0,08	11	20
10	32,0	26,0	2,60	0,09	12	Х18Н10Т
11	14,5	11,0	1,75	0,10	8	Х25Т
12	42,0	35,0	3,25	0,11	9	08Х13
13	40,0	34,0	2,75	0,04	10	35
14	12,0	10,0	0,90	0,05	11	45
15	18,0	15,0	1,20	0,08	12	55
16	21,0	17,0	1,40	0,09	8	60Г
17	24,0	19,0	2,50	0,10	9	25
18	32,0	25,0	3,20	0,11	10	40
19	45,0	35,0	2,80	0,04	11	65
20	27,0	22,0	4,50	0,05	12	30ХГСА
21	25,0	18,0	2,60	0,06	8	18ХНВА
22	23,0	20,0	2,10	0,07	9	Х17Н2
23	20,0	16,0	2,50	0,08	10	Х18Н12М2Т
24	16,0	12,0	1,00	0,09	11	Х23Н18
25	14,0	11,0	2,10	0,10	12	ШХ15

Таблиця 5.9

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесу безоправочної прокатки труб

№ варіанту	$D_{i-1}$ , мм	$S_{i-1}$ , Мм	$D_{в.ід}$ , мм	$\varepsilon_i$	$t_{сер}$ , °С	$n$ , об/хв	марка сталі
1	201	21,0	700	0,01	900	68	10
2	205	22,0	705	0,02	920	66	20
3	211	24,0	710	0,01	950	64	35
4	215	24,5	715	0,02	960	62	45
5	221	25,0	720	0,01	940	60	09Г2С
6	231	25,5	725	0,02	880	58	15ХМ
7	242	26,0	730	0,01	880	56	20Х
8	253	26,5	735	0,02	860	54	30ХГСА
9	261	27,0	740	0,01	980	52	40Х
10	272	27,5	745	0,02	900	50	10Г2
11	284	28,0	750	0,01	850	48	15Х5М
12	291	28,5	755	0,02	870	46	12ХМ
13	302	29,0	760	0,01	920	44	30ХМ
14	312	29,5	765	0,02	940	42	12Х1МФ
15	323	30,0	770	0,01	960	40	30Х
16	196	19,0	695	0,02	980	53	50Х
17	191	18,0	690	0,01	920	55	65
18	185	17,0	685	0,02	940	57	60Г
19	180	16,0	680	0,01	870	59	70
20	175	15,5	675	0,02	930	61	70Г
21	169	15,0	670	0,01	925	63	20ХГСА
22	164	14,5	665	0,02	945	65	08Х18Н10Т
23	158	14,0	660	0,01	900	67	10Х17Н13М2Т
24	153	13,5	655	0,02	980	69	ШХ15
25	148	13,0	650	0,01	915	70	12Х18Н10Т

### 5.3 Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів процесів кування та штампування

В рамках цієї тематики здобувачі виконують розрахунки параметрів ковальської операції «Протяжка» та об'ємного штампування. Вихідні дані для розрахунку параметрів процесів кування та штампування наведено у таблицях 5.10 та 5.11 відповідно.

Таблиця 5.10

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів при виконанні ковальської операції «Протяжка»

№	$h_0$ , мм	$b_0$ , мм	L, мм	h, мм	b, мм	$\sigma_{T0}$ , %	t, °C	Марка сталі
1	260	260	624	212	212	83	1280—751	Ст3
2	250	250	616	202	202	83	1280—750	10
3	265	265	628	217	217	83	1280—750	35
4	240	240	608	192	192	83	1250—801	25
5	245	245	612	197	197	83	1250—800	20
6	175	175	556	127	127	90	1200—850	45X
7	190	190	568	142	142	90	1200—800	30ХГСА
8	195	195	572	147	147	89	1200—800	18ХНВА
9	200	200	576	152	152	89	1200—800	12ХН3А
10	205	205	580	157	157	89	1200—800	12Х1М1Ф
11	215	215	588	167	167	89	1200—800	08Х13
12	230	230	600	182	182	84	1200—800	45
13	235	235	604	187	187	84	1200—800	40
14	255	255	620	207	207	83	1200—800	60Г
15	225	225	596	177	177	88	1190—800	55
16	160	160	544	112	112	92	1180—830	X18Н12М2Т
17	165	165	548	117	117	92	1180—830	X18Н10Т
18	180	180	560	132	132	90	1180—830	40ХН
19	185	185	564	137	137	90	1180—830	35ХМ
20	150	150	536	102	102	92	1180—800	X25Т
21	210	210	584	162	162	89	1180—800	09Г2
22	220	220	592	172	172	88	1180—800	65
23	155	155	540	107	107	92	1160—880	X23Н18
24	170	170	552	122	122	90	1160—880	X17Н2
25	145	145	532	97	97	92	1130—850	ШХ15

Для всіх варіантів прийняти:

- ступінь деформації за удар
- відносна подача
- швидкість деформації
- коефіцієнт, якій враховує форму бойків

$$\varepsilon_{один} = 0,05;$$

$$n_L = 0,5;$$

$$u = 15 \text{ c}^{-1};$$

$$\nu = 1;$$

Варіанти вихідних даних для розрахунку параметрів при виконанні ковальської операції об'ємного штампування

№	Діаметри, мм					Висоти, мм					Марка сталі
	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	D <sub>3</sub> , мм	D <sub>4</sub> , мм	D <sub>5</sub> , мм	H <sub>1</sub> , мм	H <sub>2</sub> , мм	H <sub>3</sub> , мм	H <sub>4</sub> , мм	H <sub>5</sub> , мм	
1	278,7	205,7	239,7	173,1	100,2	23,2	44,4	13,6	24,6	12,3	Ст 3
2	277,5	204,5	238,5	171,9	99,0	22,0	43,2	12,4	23,4	11,1	10
3	277,3	204,3	238,3	171,7	98,8	21,8	43	12,2	23,2	10,9	35
4	277,1	204,1	238,1	171,5	98,6	21,6	42,8	12	23	10,7	25
5	279,5	206,5	240,5	173,9	101,0	24,0	45,2	14,4	25,4	13,1	20
6	278,5	205,5	239,5	172,9	100,0	23,0	44,2	13,4	24,4	12,1	45X
7	278,3	205,3	239,3	172,7	99,8	22,8	44	13,2	24,2	11,9	30ХГСА
8	275,1	202,1	236,1	169,5	96,6	19,6	40,8	10	21	8,7	18ХНВА
9	274,9	201,9	235,9	169,3	96,4	19,4	40,6	9,8	20,8	8,5	12ХН3А
10	274,7	201,7	235,7	169,1	96,2	19,2	40,4	9,6	20,6	8,3	12Х1М1Ф
11	279,3	206,3	240,3	173,7	100,8	23,8	45	14,2	25,2	12,9	08Х13
12	279,1	206,1	240,1	173,5	100,6	23,6	44,8	14	25	12,7	45
13	278,9	205,9	239,9	173,3	100,4	23,4	44,6	13,8	24,8	12,5	40
14	278,1	205,1	239,1	172,5	99,6	22,6	43,8	13	24	11,7	60Г
15	277,9	204,9	238,9	172,3	99,4	22,4	43,6	12,8	23,8	11,5	55
16	277,7	204,7	238,7	172,1	99,2	22,2	43,4	12,6	23,6	11,3	X18H12M2T
17	276,3	203,3	237,3	170,7	97,8	20,8	42	11,2	22,2	9,9	X18H10T
18	276,1	203,1	237,1	170,5	97,6	20,6	41,8	11	22	9,7	40ХН
19	275,9	202,9	236,9	170,3	97,4	20,4	41,6	10,8	21,8	9,5	35ХМ
20	276,9	203,9	237,9	171,3	98,4	21,4	42,6	11,8	22,8	10,5	X25T
21	276,7	203,7	237,7	171,1	98,2	21,2	42,4	11,6	22,6	10,3	09Г2
22	276,5	203,5	237,5	170,9	98,0	21,0	42,2	11,4	22,4	10,1	65
23	275,7	202,7	236,7	170,1	97,2	20,2	41,4	10,6	21,6	9,3	X23H18
24	275,5	202,5	236,5	169,9	97,0	20,0	41,2	10,4	21,4	9,1	X17H2
25	275,3	202,3	236,3	169,7	96,8	19,8	41	10,2	21,2	8,9	ШХ15

Для всіх варіантів прийняти:

- ступінь деформації за удар
- швидкість деформації
- коефіцієнт, якій враховує форму бойків

$$\varepsilon_{\text{одн}} = 0,05;$$

$$u = 15 \text{ c}^{-1};$$

$$\nu = 1.$$

## БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головка О. М. Теорія процесів обробки металів тиском. Дніпропетровськ: Пороги, 2008. 370 с.
2. Розрахунок енергосилових параметрів в процесах обробки металів тиском: Навч. посібник / Д. В. Коноводов, В. С. Дехтярьов, А. В. Ашкелянец, О. М. Кузьміна, М. І. Ханін. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. 52 с.
3. Ханін М. І., Дрожжа П. В., Коноводов Д. В. Розрахунок параметрів процесів трубного виробництва і заходи по покращенню якості труб при валковій прошивці, розкатці на оправці та калібруванні: Навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ, 2017. 57 с.
4. Василев Я. Д. Розрахунок енергосилових параметрів при холодній прокатці: Навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005. 34 с.
5. Максименко О. П., Лясота С. М. Романюк Р. Я. Теорія процесів прокатного, трубного, ковальсько-штампувального та волочильного виробництв: навч. посіб. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. 208 с.
6. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: конспект лекцій / укладачі: Д. О. Міненко, В. О. Іванов. Суми: Сумський державний університет, 2014. 107 с.
7. Василев Я. Д. Розрахунок режимів обтисків на безперервних станах холодної прокатки: навч. посіб. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2007. 46 с.
8. Левченко Л. Н., Головка О. М., Гридін О. Ю. Технологія процесів волочіння: навч. посіб. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005. 40 с.
9. Левченко Л. Н., Головка О. М. Виробництво металовиробів: навч. посіб. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2003. 47 с.
10. Данченко В. М. Розрахунки параметрів процесів ОМТ. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2002. 40 с

## ДОДАТОК А

*Приклад титульного аркуша курсової роботи*

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет якості та інженерії матеріалів

Кафедра обробки металів тиском ім. акад. О. П. Чекмарьова

### КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Курсова робота з теорії процесів обробки металів»

на тему: «Розрахунок параметрів виробництва заготовок, гарячекатаних та  
холоднокатаних штаб»

Виконав: студент групи \_\_\_\_\_  
(Шифр групи) (Прізвище, Ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_  
(Підпис) (Посада, Прізвище та Ініціали)

Члени комісії:

\_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище, Ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище, Ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище, Ініціали)

Захищено: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. з оцінкою \_\_\_\_\_.

Дніпро 20\_\_ р.

## ДОДАТОК Б

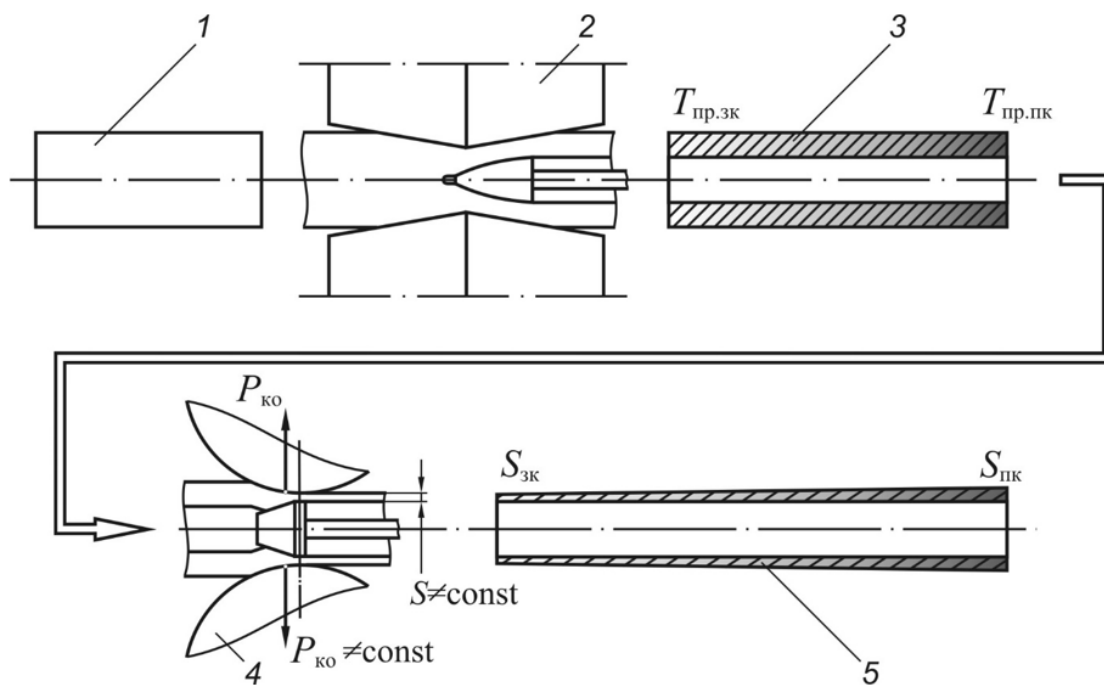
### *Приклад змісту курсової роботи*

#### ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ.....	4
2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕЧНО-ГВИНТОВОЇ ПРОКАТКИ (ПРОШИВКИ) ЗАГОТОВОК.....	7
3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРОКАТКИ ТРУБ НА КОРОТКІЙ ОПРАВЦІ.....	12
4 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВОЛОЧІННЯ ТРУБ БЕЗ ОПРАВКИ.....	17
ВИСНОВКИ.....	19
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	20

## ДОДАТОК В

### Приклад оформлення ілюстрації



1 – суцільна заготовка; 2 – прошивний стан; 3 – порожниста гільза; 4 – короткооправочний стан; 5 – труба з поздовжньою різностінністю (темна штриховка відповідає більш низькій температурі гільзи і труби)

Рисунок 1.2 - Схема прокатки труб на ТПА з короткооправочним станом

Навчально-методичне видання

**Коноводов Дмитро Володимирович**

**КУРСОВА РОБОТА З ТЕОРІЇ ПРОЦЕСІВ  
ОБРОБКИ МЕТАЛІВ**

Навчально-методичні рекомендації до виконання курсової роботи

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Вячеслав Бояркін

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 93 від 24.04.2026)

В авторській редакції  
Комп'ютерна верстка Д. В. Коноводов

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,20. Обл.-вид. арк. 2,23.  
Зам. № 29.

Видавець: Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010