

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

Протокол від 19.05. 2026 р. №4

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення практичних робіт та
виконання завдань самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ»

по темі «Технічне нормування круглошліфовальних операцій»
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійних програм «Комп'ютеризовані технології
машинобудування» та «Комп'ютерний інжиніринг в машинобудуванні»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра механічної інженерії та автомобільного транспорту

Розглянуто і рекомендовано на засіданні
кафедри **МЕТОДИЧНІ** механічної
інженерії та автомобільного транспорту
Протокол від 05.09.2025 р. №1

Розробники: доктор технічних наук, професор кафедри механічної інженерії та
автомобільного транспорту ПОЛОНСЬКИЙ Леонід,
доцент кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту
ЯНОВСЬКИЙ Валерій

Житомир
2026

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 2

Методичні рекомендації для проведення практичних робіт та виконання завдань самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технічне нормування технологічних операцій» по темі «Технічне нормування круглошліфовальних операцій» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування». [Електронне видання] – Житомир.: Державний університет «Житомирська політехніка», 2026. – 44 с.

Розробники: д.т.н. проф. Полонський Л.Г., доц. Яновський В.А.

Рецензенти: к.т.н., доц. Степчин Я.А.,
к.т.н., доц. Ночвай В.М.

Методичні рекомендації призначені для виконання практичних робіт дисципліни «Технічне нормування технологічних операцій» по темі «Технічне нормування круглошліфовальних операцій» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування» факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки. Вони містять тему та мету практичних занять, варіанти індивідуальних завдань для самостійної роботи, методичні рекомендації та приклади рішення таких завдань, зміст звіту та вимоги до оформлення роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 3

ЗМІСТ

1. МЕТА ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ	4
2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ.	5
3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	6
4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИЗНАЧЕННЮ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ НОРМ ЧАСУ КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНИХ РОБІТ.....	11
5. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ КРУГЛОГО ШЛІФУВАННЯ ШИЙКИ ВАЛА МЕТОДОМ ПОВЗДОВЖНЬОЇ ПОДАЧІ	16
6. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ КРУГЛОГО ШЛІФУВАННЯ ШИЙКИ І ТОРЦЯ ВАЛА МЕТОДОМ РАДІАЛЬНОЇ ПОДАЧІ	20
7. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ШЛІФУВАННЯ ОТВОРУ МЕТОДОМ ПОВЗДОВЖНЬОЇ ПОДАЧІ.....	26
8. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ШЛІФУВАННЯ КОНІЧНОГО ОТВОРУ.....	30
9. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ШЛІФУВАННЯ ОТВОРУ І ТОРЦЯ ВТУЛКИ ..	33
10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	37
11. ДОДАТОК А. РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ТА ФОРМУЛИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	36

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 4

1. МЕТА ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ

Закріплення теоретичних знань та придбання практичних навичок по технічному нормуванню технологічних операцій, що виконуються на круглошліфувальних верстатах в умовах серійного виробництва.

Завдання передбачає ознайомлення студентів з методикою визначення режимів різання, технічного нормування різних видів круглошліфувальних операцій та вирішенню завдань по визначенню основного і оперативного часу, часу на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, часу перерв на відпочинок та фізичні потреби верстатника, підготовчо-завершального часу, а також визначення норм штучного та штучно-калькуляційного часу на виконання технологічних операцій, що виконуються на круглошліфувальних верстатах в умовах серійного виробництва.

2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ

Під час виконання практичного заняття студенти знайомляться з послідовністю розрахунків режимів різання, розрахунків технічних норм основного, допоміжного та оперативного часу на операцію. Засвоюють методику визначення норм часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, встановлення часу перерв на відпочинок та фізичні потреби верстатника, підготовчо-завершального часу, штучного та штучно-калькуляційного часу.

Перед виконанням практичного заняття викладач проводить загальну консультацію у групі студентів, знайомить з методичними вказівками по виконанню роботи та видає студентам варіант завдання для самостійної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 5

роботи.

Для закріплення знань і практичних навичок технічного нормування в даних методичних вказівках представлені варіанти індивідуальних завдань для самостійної роботи по нормуванню різних операцій, що виконуються на круглошліфувальних верстатах.

Якщо в процесі виконання практичного заняття у студента виникають питання то викладач надає йому необхідні додаткові консультації.

Практичні заняття по технічному нормуванню круглошліфувальних технологічних операцій виконуються з використанням навчальних посібників, спеціальної технічної літератури, довідникових посібників та іншої нормативної літератури. Перелік літературних джерел необхідних для використання в процесі технічного нормування приводиться в методичних вказівках.

Звіт по виконаному варіанту індивідуального завдання надається викладачу для перевірки. Звіт, що виконаний не в повному обсязі, недбало, або не за своїм варіантом, не зараховуються і повертаються студенту на доопрацювання.

3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ЗАВДАННЯ: За нормативами для серійного виробництва визначити режими різання та норму штучного та штучно-калькуляційного часу на задану операцію. Невказані розмірні величини, що необхідні для рішення завдання, студент призначає самостійно.

Варіант 1

1. Деталь – Вал-шестерня.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 6

2. Тип виробництва – Серійне.
3. Операція – Внутрішньошліфувальна.
4. Зміст операції:
 - а) Шліфувати отвір діаметром - $D_0 = 76$ мм, на довжину - $L = 50$ мм, витримуючи розмір $D_1 = 76,4-0,03$ мм та $Ra = 0,4$ мкм.
5. Верстат - Внутрішньошліфувальний моделі 3К227В.
6. Матеріал деталі - Сталь 40Х, загартована HRC 48..50, $\sigma_B = 650$ МПа.
7. Вага деталі - 2,5 кг.
8. Верстатний пристрій - Цанговий патрон з пневмоприводом.
9. Розмір партії деталей - $n = 80$ штук.
10. Інструмент - Шліфувальний круг 1600х63х305, 24А16НС26К8
11. Контрольно-вимірювальний інструмент-калібр-пробка 76,4h7мм.
Контроль - 100%.

Варіант 2

1. Деталь – вал-шестерня.
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – круглошліфувальна.
4. Зміст операції:
 - а) Шліфувати зовнішню поверхню вала до діаметра 60h7мм.
5. Верстат - круглошліфувальний моделі 3Б151.
6. Матеріал деталі - сталь 40Х, гартована – HRC 48..50. $\sigma_B = 600$ МПа.
7. Вага заготовки - 5 кг.
8. Припуск на обробку - $h = 0,4$ мм; $L_{різ} = 80$ мм.
9. Верстатний пристрій - повідковий патрон (центра).
10. Інструмент - шліфувальний круг 1600х63х305, 24А16НС26К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент - скоба 60h7 мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 7

Контроль - 100%.

12. Кількість деталей в партії - $n = 25$ штук.

Варіант 3

1. Деталь – вал-шестерня.
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – круглошліфувальна.
4. Зміст операції:
 - а) Шліфувати зовнішню поверхню вала до діаметра $60h7$ мм.
5. Верстат - круглошліфувальний моделі 3Б151.
6. Матеріал деталі - сталь 40Х, загартована – HRC 48..50, $\sigma_b = 600$ МПа.
7. Вага заготовки - 5 кг.
8. Припуск на обробку - $h = 0,4$ мм; $L_{різ} = 80$ мм.
9. Верстатний пристрій - повідковий патрон (в центрах).
10. Інструмент - шліфувальний круг 1600х63х305, 24А16НС26К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент - скоба $60h7$ мм. Контроль - 100%.
12. Кількість деталей в партії - $n = 25$ штук.

Варіант 4

1. Деталь - ступінчастий вал ($d_0 = 50$ мм; $d = 46_{-0,036}^{0}$ мм)
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція круглошліфувальна.
4. Зміст операції:
 - а) шліфувати зовнішню циліндричну поверхню вала до діаметра $d = 46_{-0,036}^{0}$ мм, на довжину $L = 40$ мм.
 - б) шліфувати торець вала ($d_0 = 50$ мм; $d = 46_{-0,036}^{0}$ мм).
5. Верстат – торцекруглошліфувальний.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 8

6. Матеріал деталі - сталь 40Х; $\sigma_B = 650$ МПа.
7. Вага заготовки - 4 кг.
8. Припуск на обробку - $h = 0,2$ мм; $L_{різ} = 40$ мм.
9. Верстатний пристрій - трикулачковий самоцентрівний патрон з пневмоприводом.
10. Інструмент - шліфувальний круг 1600х63х305, 24А16НС26К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент - скоба 46h7 мм. Контроль - 100%.
12. Кількість деталей в партії - $n = 25$ штук.

Варіант 5

1. Деталь – вал гладкий ($D=52h7$ мм, $L = 200$ мм, $R_a = 0,50$ мкм.).
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – круглошліфувальна (методом поздовжньої подачі).
4. Зміст операції:
 - а) Шліфувати зовнішню поверхню вала до діаметра 52h7мм.
5. Верстат - круглошліфувальний моделі 3Б151.
6. Матеріал деталі - сталь ШХ15, гартована HRC58...62.
7. Вага заготовки - 6,5 кг.
8. Припуск на обробку - $h = 0,4$ мм; $L_{різ} = 200$ мм.
9. Верстатний пристрій - в центрах з кріпленням хомутиком.
10. Інструмент - шліфувальний круг ПП600Х63Х305 х 22А16НС16К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент - скоба 52h7 мм. Контроль - 100%.
12. Кількість деталей в партії - $n = 30$ штук.

Варіант 6

1. Деталь – вал ступінчастий ($D_0 = 60$ мм, $D = 52h7$ мм, $L = 100h12$ мм, $R_a = 0,50$ мкм.).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 9

2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – круглошліфувальна (методом радіального врізання).
4. Зміст операції:
 - а) шліфувати зовнішню поверхню і торець вала до діаметра 52h7мм.
5. Верстат - круглошліфувальний моделі 3Б151.
6. Матеріал деталі - сталь ШХ15, гартована HRC58...62.
7. Вага заготовки - 6,5 кг.
8. Припуск на обробку - $h = 0,4\text{мм}$; $L_{\text{різ}} = 200\text{ мм}$.
9. Верстатний пристрій - в центрах з кріпленням хомутиком.
10. Інструмент - шліфувальний круг ПП600Х63Х305 х 22А16НС16К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент - скоба 52h7 мм. Контроль - 100%.
12. Кількість деталей в партії - $n = 30$ штук.

Варіант 7

1. Деталь – вал ($D = 60,4_{-0,13}\text{мм}$, $L = 200\text{ мм}$, $Ra = 1,25\text{ мкм}$).
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – круглошліфувальна (шліфування діаметра і торця вала).
4. Зміст операції:
 - а) шліфувати діаметр вала, витримуючи розмір $D = 60h7\text{ мм}$;
 - б) шліфувати торець вала, витримуючи розмір $B = 10_{-0,13}\text{ .мм}$
5. Верстат - круглошліфувальний моделі 3Б151.
6. Матеріал деталі - сталь У8, гартована HRC 56...58.
7. Вага заготовки - 5,0 кг.
8. Припуск на шліфування торця - $0,2\text{ мм}$.
9. Верстатний пристрій - центра з кріпленням хомутиком.
10. Інструмент - шліфувальний круг ПП600Х63Х305 х 22А16НС16К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент - скоба 60h7 мм. Контроль - 100%.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 10

12. Кількість деталей в партії - $n = 100$ штук.

Варіант 8

1. Деталь – втулка - $D_o = 80H9$ мм; $L = 100$ мм. $R_a = 1,25$ мкм.
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – внутрішнє шліфування отвору методом повздовжньої подачі.
4. Зміст операції:
 - а) шліфувати отвір втулки витримуючи діаметр $D=80H9$ мм, та довжину $L = 100$ мм.
5. Верстат - внутрішньошліфувальний моделі 3Б228.
6. Матеріал деталі - сталь 40Х, HRC 58...62.
7. Вага заготовки – 4,0 кг.
8. Припуск на шліфування отвору - $h = 0,5$ мм.
9. Верстатний пристрій - трикулачковий патрон з вивіркою положення деталі.
10. Інструмент - шліфувальний круг ПП50Х40Х23 х А25НС15К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент – калібр-пробка 80H9 мм.
Контроль - 100%.
12. Кількість деталей в партії - $n = 100$ штук.

Варіант 9

1. Деталь – втулка - $D_o = 80H8$ мм; $L = 100h12$ мм. $R_a = 1,25$ мкм.
2. Тип виробництва – серійне.
3. Операція – внутрішньошліфувальна (шліфування отвору $D_o = 80H8$ мм і торця деталі).
4. Зміст операції:
 - а) шліфувати отвір втулки витримуючи діаметр $D=80H8$ мм, та довжину $L = 100h12$ мм.
 - б) шліфувати торець втулки в розмір - $L = 100h12$ мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 11

5. Верстат - внутрішньошліфувальний моделі 3Б228.
6. Матеріал деталі - сталь 40Х, HRC 58...62.
7. Вага заготовки –6,0 кг.
8. Припуск на шліфування отвору - $h=2P=0,5$ мм.
9. Верстатний пристрій - трикулачковий патрон з вивіркою положення деталі.
10. Інструмент - шліфувальний круг - ПП60х40х23, 24А16НС25К8.
11. Контрольно-вимірювальний інструмент – калібр-пробка 80Н8 мм.
Контроль - 100%.
12. Кількість деталей в партії - $n = 60$ штук.

4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИЗНАЧЕННЮ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І ТЕХНІЧНИХ НОРМ ЧАСУ ДЛЯ КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНИХ РОБІТ

До основних видів круглошліфувальних робіт відносяться *кругле зовнішнє, внутрішнє, безцентрове, плоске шліфування і різьбошліфування*, причому кожен із зазначених видів шліфування, у свою чергу, в залежності від обладнання, абразивних інструментів, розташування поверхонь та інших факторів ділиться на різновиди; наприклад, кругле зовнішнє шліфування проводиться за методом *радіальної подачі або на прохід*. Не звертаючи увагу на велику різноманітність методів шліфування поверхонь, визначення режимів різання і норм часу в основному однаково і виконується в такій послідовності.

1. Встановлення вихідних даних для розрахунків.

- 1.1. Назва та номер деталі по конструкторському документу.
- 1.2. Матеріал деталі і його механічні властивості. При круглому шліфуванні. вихідними даними для встановлення режимів різання є твердість HRC (HB) поверхні, що шліфується і марка оброблюваного конструкційного матеріалу, в залежності від групи його оброблюваності яку визначають за допомогою поправкових коефіцієнтів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. — / 12

1.3. Необхідна шорсткість поверхні, що шліфується.

1.4. Послідовність виконання установів і переходів, ескіз обробки із зазначенням встановлювальних баз і направлення всіх рухів різального інструменту і деталі.

1.5. Припуск на обробку для тіл обертання приймають на діаметр, для площин на сторону. У зв'язку з тим, що в деяких довідниках наведені значення мінімального припуску на шліфування, то в нормативах на шліфувальні роботи зазначено, що припуск слід приймати, включаючи допуск попередньої операції, брати за основу розрахунковий припуск.

1.6. Назва і модель верстата, форма, розміри і характеристику шліфувального круга. Діаметр і ширину (висоту) шліфувального круга приймають за паспортними даними верстата.

1.7. Застосовуване технологічне снащення: центри, патрони, електромагнітні плити, вимірювальний інструмент.

1.8. Вага деталі, величина партії деталей, тип виробництва.

2. Розраховують основний час виконання для кожного переходу.

2.1. Визначають розрахункові розміри обробки. Методика встановлення розрахункових розмірів дається окремо для кожного виду шліфування.

Приклади визначення розрахункових розмірів на основні види шліфувальних робіт наведені в табл. 1.

2.2. Визначають режими різання і коригують їх за паспортом верстата. При знаходженні режимів різання необхідно:

2.2.1. При визначенні за нормативами швидкості обертання або руху деталі великі значення приймати при високих вимогах до шорсткості оброблюваної поверхні;

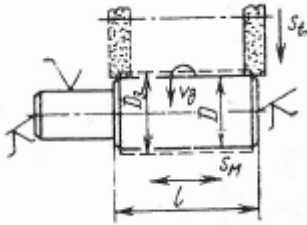
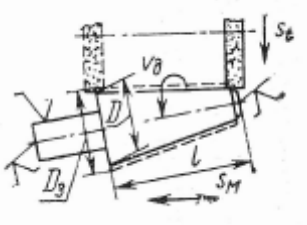
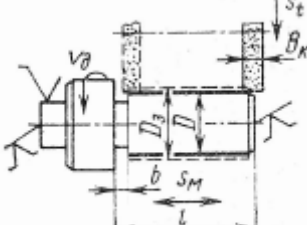
2.2.2. Швидкість обертання шліфувальних кругів (швидкість різання) постійна для кожного типу верстата і на величину основного часу не впливає.

2.3. Визначають потужність необхідну для шліфування за нормативами або формулами та перевіряють виконання умови безпідгарного шліфування.

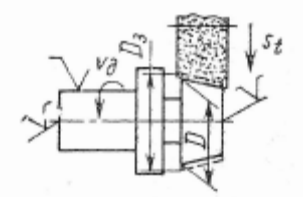
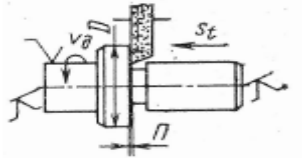
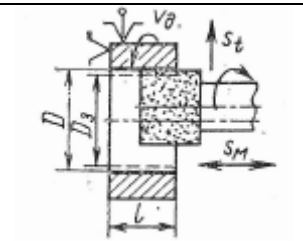
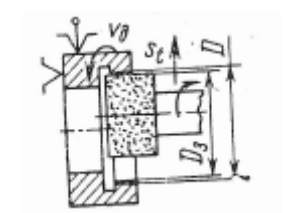
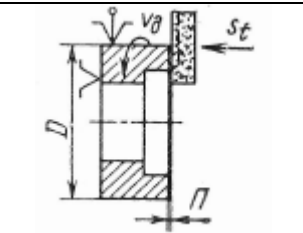
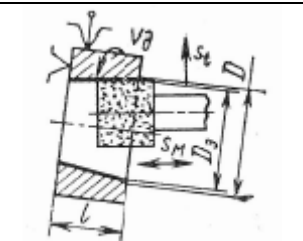
Потужність різання повинна бути менше потужності, що визначається на підставі умови безпідгарного шліфування, тобто: $N_p \leq N_6$.

Таблиця 1

Схеми круглого шліфування

Вид шліфування	Ескіз обробки	Розміри обробки			t, мм	S _{XB} , мм/ХВ
		D	L	2П		
1	2	3	4	5	6	7
На прохід		D ₃	l	D ₃ – D	t = s _t	S _{XB}
1	2	3	4	5	6	7
На прохід		D ₃	≈ l	D ₃ – D	t = s _t	S _{XB}
На прохід (до упору)		D ₃	$l - \frac{B_K}{2} + \frac{b}{2}$	D ₃ – D	t = s _t	S _{XB}

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 14

Врізне (з радіальною подачею)		D_3	Π	$D_3 - D$	$ t = s_t $	$S_t n_d$
Торцем круга		D	Π	Π	$ t = s_t $	$S_t n_d$
На прохід		D	l	$D - D_3$	$ t = s_t $	S_{XB}
Врізне (з радіальною подачею)		D	Π	$D - D_3$	$ t = s_t $	$S_t n_d$
1	2	3	4	5	6	7
Торцем круга		D	Π	Π	$ t = s_t $	$S_t n_d$
На прохід		D	$\approx l$	$D - D_3$	$ t = s_t $	$S_t n_d$

Потужність різання при безпідгарному шліфуванні $N_6 = N_{\text{пит}} B_K$, де $N_{\text{пит}}$ - пи

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. — / 15

тома потужність на 1 мм ширини круга, яка приймається за нормативами в залежності від твердості круга і швидкості обертання або руху деталі, кВт;

B_k - ширина. шліфувального круга, мм.

2.4. Визначення основного часу.

3. Визначають допоміжний час на операцію.

3.1. Допоміжний час на виконання комплексу прийомів зі встановлення і зняття деталі приймають так само, як і для всіх видів верстатних робіт в залежності від способу встановлення (в лещатах, центрах, на електромагнітної плиті, тощо) і маси деталі.

3.2. Допоміжні прийоми по підводу і відводу частин верстата, включення і виключення подачі, вимір при роботі за методом пробних стружок і інші, виконуються при обробці кожної поверхні деталі, об'єднані в комплекси. Час на такі комплекси прийомів приведено в нормативах як «час, пов'язаний з обробкою поверхні». Величина цього часу залежить від розмірів оброблюваної деталі, точності обробки і розмірів верстата.

3.3. Допоміжний час на контроль розмірів деталі після закінчення шліфування в комплекс не входить і його знаходять додатково за відповідними нормативами.

3.4. Для операцій з одним переходом і з постійними режимами різання, наприклад, при різьбошліфуванні – допоміжний час приводять у вигляді укрупненого комплексу на операцію в цілому, включаючи встановлення і зняття деталі.

4. Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця та час перерв на відпочинок та фізичні потреби верстатника, а також норму штучного та штучно-калькуляційного часу визначають в такій же послідовності, що і для інших верстатних робіт.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. — / 16

5. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ КРУГЛОГО ШЛІФУВАННЯ ВАЛА МЕТОДОМ ПОЗДОВЖНЬОЇ ПОДАЧІ

Задача 1. *Визначити норму штучного часу на операцію круглого шліфування поверхні вала (див. рис.1) з розмірами $D=52h7$ мм, $l = 200$ мм методом поздовжньої подачі. Параметр шорсткості оброблюваної поверхні $R_a = 0,50$ мкм.*

Вихідні дані: деталь – вал XXX.002.006; матеріал - сталь ШХ15, загартована до твердості HRC56...58; діаметр заготовки - 52,4-0,1 мм, маса деталі - 6,5 кг; операція – 060 круглошліфувальна; встановлення деталі - в центрах з кріпленням хомутиком; верстат - круглошліфувальний мод. ЗБ151 ($N_d = 7$ кВт; ККД – 0,8); Різальний інструмент - шліфувальний круг ПП600Х63Х305 (приймається за паспортними даними верстата). характеристика шліфувального круга - 22А16НС16К8; тип виробництва - серійне.

1. Розраховуємо основний час.

1.1. Розрахункові розміри обробки: $D=52,4$ мм; довжина робочого ходу столу верстата з деталлю $L_{p.x} = l = 200$ мм; припуск на діаметр – $2П = 52,4-52 = 0,4$ мм.

1.2. Частота обертання деталі при обробці сталі з HRC>50 і діаметрі шліфування до 63 мм - $n_d = 170$ об/хв [1, карта 6, лист 1]. Так як згідно паспорту верстата частота обертання регулюється безступінчато в межах 63-400 об/хв, то нормативне значення частоти обертання деталі - $n_d = 170$ об/хв буде здійснено.

1.3. Фактична швидкість обертання деталі:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 17

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_d}{1000} \cdot \frac{3,14 \cdot 52,4 \cdot 170}{1000} = 28 \text{ м/хв} = 0,47 \text{ м/с.} \quad (1.1)$$

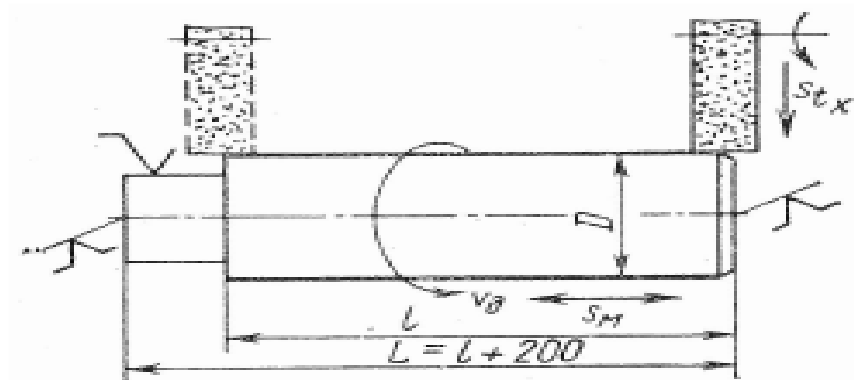


Рис.1. Ескіз круглого шліфування вала методом поздовжньої подачі.

1.4. При частоті обертання деталі $n_d = 170$ об /хв і ширині шліфувального круга $B_k = 63$ мм поздовжня хвилинна подача $s_m = 4720$ мм/хв, поперечна подача $s_{tx} = 0,005$ мм/хід [2, карта 6].

Поправкові коефіцієнти на поздовжню подачу S : для забезпечення параметра шорсткості оброблюваної поверхні $Ra = 0,5$ мкм – $K_{s_{m1}} = 0,77$; при шліфуванні деталі циліндричної форми – $K_{s_{m2}} = 1$.

$$\text{Отже, } s_{xв} = 4720 \cdot K_{s_{m1}} \cdot K_{s_{m2}} = 4720 \cdot 0,77 \cdot 1 = 3634 \approx 3600 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата ЗБ151 - поздовжня подача (швидкість поздовжнього ходу столу) регулюється безступінчато в межах 0,1-6 м/хв (100-6000 мм/хв).

Поправкові коефіцієнти на поперечну подачу s_{tx} [1, карта 6, ст 2 і 3]: для першої групи оброблюваного матеріалу і 7-го квалітету точності - $K_{s_{t1}} = 1,25$; при величині припуску $2\Pi = 0,4$ мм - $K_{s_{t2}} = 0,94$ (інтерполяція); при діаметрі шліфувального круга 600 мм і швидкості його обертання $v_k = 35$ м/с - $K_{s_{t3}} = 1$; при ручній подачі і вимірі мікрометром - $K_{s_{t4}} = 0,8$; для деталі, що має суцільну циліндричну поверхню, при її жорсткості, яка визначається відношенням:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 18

$L_d/D_d = 400/52 \approx 7,7$, тобто більше 7 - $K_{st_5} = 0,9$; коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата ЗБ151 при його експлуатації до 10 років - $K_{ж} = 1$ [1, карта 2]. З врахуванням поправкових коефіцієнтів поперечна подача:

$$s_{t_x} = 0,005 K_{st_1} K_{st_2} K_{st_3} K_{st_4} K_{st_5} K_{ж} = 0,005 \cdot 1,25 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,0042 \text{ мм/хід}; \text{приймаємо } s_{t_x} = 0,005 \text{ мм/хід}.$$

1.5. Потужність, що витрачається на різання, при обробці матеріалу першої групи, діаметрі шліфування до 70 мм, хвилинної подачі до 3950 мм/хв і поперечної подачі s_{t_x} до 0,005 мм/хід - $N_p = 3$ кВт [2, карта 7, ст 1]. Поправковий коефіцієнт на потужність - при швидкості круга $v_k = 35$ м/с, ширині круга $B_k = 63$ мм та твердості С1 - $K_N = 1,16$, тоді :

$$N_p = 3 K_N = 3 \cdot 1,16 = 3,48 \text{ кВт} \quad (1.2.)$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{шп} = N_d \eta = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ кВт}. \quad (1.3)$$

Так як — $N_p < N_{шп}$ то прийняті режими обробки здійсненні (3,48 < 5,6).

1.6. Перевірка виконання умови безпідгарного шліфування. Питома потужність при швидкості обертання деталі до 36 м/хв і твердості шліфувального круга С1- $N_{пит} = 0,125$ кВт/мм [2, карта 7, ст 2].

Потужність різання для забезпечення безпідгарного шліфування:

$$N_6 = N_{уд} B_k = 0,125 \cdot 63 = 7,87 \text{ кВт}. \quad (1.4)$$

Умова безпідгарного шліфування $N_p \leq N_6$ виконується (3,48 < 7,87).

1.7. Розраховуємо основний час:

$$t_o = \frac{L_{p_x} \Pi}{s_M s_t} = \frac{200 \cdot 0,2}{3600 \cdot 0,005} = 2,22 \text{ хв}. \quad (1.5)$$

2. Визначення допоміжного часу на операцію.

2.1. Допоміжний час на виконання комплексу прийомів по встановленню деталі в центрах та зняття її з відведенням пінолі задньої бабки рукояткою (час

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 19

на надягання хомутика перекривається основним часом і тому не враховується) при масі деталі до 8 кг складає - $t_{д1} = 0,24$ хв [1, карта 6, поз. 5].

2.2. Допоміжний час на виконання комплексу прийомів, пов'язаних з обробкою поверхні, при шліфуванні за методом поздовжньої подачі, точність $h7$, діаметр шліфування до 100 мм і довжиною до 250 мм складає –

$$t_{д2} = 0,8 \text{ хв [1, карта 44, поз. 9].}$$

2.3. Допоміжний час на контроль деталі важільною скобою після шліфування при вимірюваному діаметрі до 100 мм і довжиною до 200 мм, складає:

$$t_{д3} = 0,24 \text{ хв [1, карта 86, поз. 64].}$$

2.4. Допоміжний час (сумарний) на операцію:

$$t_{доп} = t_{д1} + t_{д2} + t_{д3} = 0,24 + 0,8 + 0,24 = 1,28 \text{ хв.} \quad (1.6)$$

3. Визначаємо оперативний час - $t_{оп} = t_o + t_{доп} = 2,22 + 1,28 = 3,5$ хв.

4. Визначаємо час на обслуговування робочого місця - для верстатів з найбільшим діаметром шліфування до 300 мм – він складає 9% від $t_{оп}$ [2, карта 45], тобто $t_{обс} = t_{оп} \cdot 0,09 = 3,5 \cdot 0,09 \approx 0,32$ хв.

5. Визначаємо час перерв на відпочинок та фізичні потреби верстатника - він дорівнює 4% від $t_{оп}$ [2, карта 88], тобто $t_{відп} = t_{оп} \cdot 0,04 = 3,5 \cdot 0,04 = 0,14$ хв.

6. Розраховуємо норму штучного часу:

$$T_{ш} = t_{оп} + t_{обс} + t_{відп} = 3,5 + 0,32 + 0,14 = 3,96 \approx 4 \text{ хв.}$$

7. Розряд роботи - 4-й. Розцінка на операцію:

$$P = \frac{T_{ш} C_{сд}}{60} = \frac{4 \cdot 67}{60} = 4,55 \approx 4,6 \text{ коп.} \quad (1.7)$$

6. ПРИКЛАД ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ КРУГЛОГО ШЛІФУВАННЯ ШИЙКИ І ТОРЦЯ ВАЛА

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк ___ / 20

МЕТОДОМ РАДІАЛЬНОЇ ПОДАЧІ

Задача 2. Визначити режими різання норму штучно-калькуляційного часу на операцію круглого шліфування методом радіальної подачі діаметра і торця вала (див. рис. 2).

Вихідні дані: деталь - вал ХХХ.002.004; матеріал - сталь У8, загартована до твердості HRC 56...58

Операція – 060 круглошліфувальна.

Зміст операції:

1 перехід - Шліфувати діаметр, витримуючи розмір $D = 60h7$ мм;

2 перехід - Шліфувати торець, витримуючи в розмір $B = 10_{-0,13}$ мм

Діаметр заготовки - $60,4_{-0,13}$ мм;

Припуск на шліфування торця - $0,2$ мм.

Верстат - круглошліфувальний мод 3Б151.

Шліфувальний круг - ПВ 600Х63Х305, 24А16НС26К8.

Встановлення заготовки на верстаті - в центрах з кріпленням хомутиком.

Маса деталі - 5 кг.

Партія, деталей - $n_d = 100$ шт.

Тип виробництва - серійний.

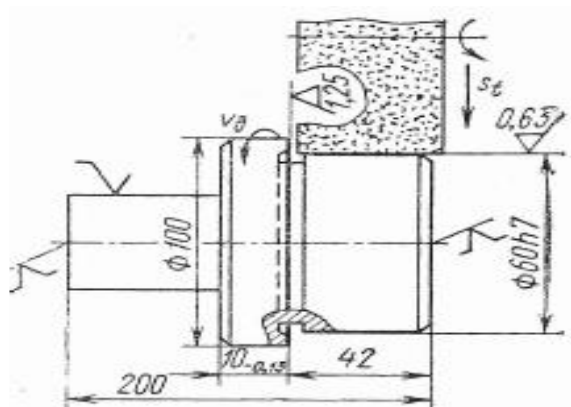


Рис. 2. Ескіз круглого шліфування шийки і торця вала

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 21

методом радіальної подачі .

1. Визначаємо режими різання і основний час на операцію.

1.1. Перехід 1 - Шліфувати діаметр витримуючи розмір - 60h7.

1.1.1. Розрахункові розміри обробки: $D = 60,4$ мм; Припуск на сторону - $\Pi = (60,4 - 60) : 2 = 0,2$ мм; Довжина робочого ходу переміщення бабки шліфувального круга в радіальному напрямку - $L_{p.x} = \Pi = 0,2$ мм.

1.1.2. Частота обертання деталі при обробці сталі з $HRC > 50$ і діаметрі шліфування до 63 мм - $n_d = 170$ об/хв [1, карта 4, ст 1]. Так як згідно паспорта верстата ЗБ151 частота обертання регулюється безступінчато в межах від 63-400 об/хв, то нормативне значення частоти обертання - $n_d = 170$ об/хв може бути виконано.

1.1.3. Фактична колова швидкість обертання заготовки:

$$v_\phi = \frac{\pi D_{n_d}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60,4 \cdot 170}{1000} = 32,3 \frac{\text{м}}{\text{хв}} \approx 0,54 \text{ м/с.} \quad (1.8)$$

1.1.4. Поперечна хвилинна подача (нормативна) при довжині поверхні, що шліфується до 50 мм і припуску $2\Pi = 0,4$ мм складає $s_{t_{\text{хв}}} = 0,55$ мм/хв [1, карта 4, лист 1] (інтерполяція).

Поправкові коефіцієнти [1, карта 4, листи 3 і 4]; для оброблюваного матеріалу першої групи 7-го квалітету точності та параметра шорсткості оброблюваної поверхні $Ra = 0,63$ мкм - $K_{st_1} = 1,1$; при швидкості обертання шліфувального круга (швидкості різання) до 35 м/сек і діаметрі круга 600 мм - $K_{st_2} = 1,0$; при ручній подачі і вимірюванням мікрометром $K_{st_3} = 0,8$; при шліфуванні циліндричної поверхні і жорсткості деталі, що визначається відношенням $L_d/D_d = 200/60 \approx 3,3$ - $K_{st_1} = 1$; коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата мод. ЗБ151 при терміні його експлуатації до 10 років -

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк ____ / 22

$K_{st_4} = 1$, [1, карта 2]. Звідки поперечна хвилинна подача:

$$s_{хв} = 0,55K_1K_2K_3K_4K_{ж} = 0,55 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48 \text{ мм/хв.}$$

1.1.5. Поперечна подача на оборот деталі:

$$s_{t_x} = s_{t_M} / n_d = 0,48 / 170 = 0,0028 \approx 0,003 \text{ мм/об.} \quad (1.9)$$

1.1.6. Потужність, що витрачається на різання [1, карта 5, ст. 1]. При оброблюваному матеріалі першої групи, діаметрі шліфування до 62 мм, довжиною шліфування до 50 мм і хвилинній поперечній подачі -

$$s_{t_{хв}} = 0,53 \text{ мм/хв} - N_p = 2,6 \text{ кВт.}$$

Поправковий коефіцієнт, що враховує швидкість круга 35 м/сек та твердість шліфувального круга C2 - $K = 1,16$.

$$\text{Тоді: } N_p = 2,6 \times 1,16 = 2,92 \approx 2,9 \text{ кВт.} \quad (1.20)$$

Потужність на шпинделі верстата - $N_{шп} = N_{д\eta} = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ кВт}$. Прийняті режими обробки будуть здійсненні верстатом, так як $N_{ш} > N_p$, тобто $5,6 \text{ кВт} > 2,9 \text{ кВт}$.

Визначаємо основний час для першого переходу:

$$t_{o_1} = \Pi / s_{t_{хв}} = 0,2 / 0,48 = 0,42 \text{ хв.}$$

1.2. Перехід 2 - Шліфувати торець, витримуючи розмір - $B = 10_{-0,13} \text{ мм}$.

Діаметр заготовки - $60_{+0,13} \text{ мм}$;

1.2.1. Розрахункові розміри обробки $D = 100 \text{ мм}$; припуск $\Pi = 0,2 \text{ мм}$; довжина робочого ходу шліфувальної бабки в поперечному напрямку:

$L_{p.x} = l + l_1$, де $l = \Pi = 0,2 \text{ мм}$; $l_1 = l'_1 + l''_1$; враховуючи можливі відхилення положення деталі при встановленні її в центрах верстата, приймаємо :

$$l'_1 = 0,05 \text{ мм}; \quad l''_1 = 0 \quad \text{і} \quad l_1 = l'_1 = 0,05 \text{ мм.}$$

$$\text{Тоді: } L_{p.x} = l + l'_1 = 0,2 + 0,05 = 0,25 \text{ мм.}$$

$$\text{Довжина шліфування - } l_d = (D - d) / 2 = (100 - 60) / 2 = 20 \text{ мм.}$$

1.2.2. Частота обертання деталі при обробці сталі з $\text{HRC} > 50$ і діаметрі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 23

шліфування до 100 мм складе - $n_d = 185$ об/хв [1, карта 8, лист 1]. З метою скорочення витрат допоміжного часу на зміну частоти обертання деталі приймаємо частоту обертання за попереднім переходом $n_d = 170$ об/хв.

1.2.3. Фактична колова швидкість обертання деталі:

$$v_\phi = \frac{\pi D_{n_d}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 170}{1000} = 53,4 \text{ м/хв} = 0,89 \text{ м/сек.} \quad (1.21)$$

1.2.4. Поперечна подача [1, карта 8, лист 1] при діаметрі шліфування до 100 мм, припуску на сторону П до 0,25 мм і довжині шліфування (ширині) $L_d = 20$ мм складе - $s_{t_{x\pi}} = 0,60$ мм/хв.

Поправкові коефіцієнти: для оброблюваного матеріалу першої групи, точності обробки грубіше 0,05 мм ($\delta = 0,13$ мм) і параметрі шорсткості $Ra = 1,25$ мкм - $K_{st_1} = 1,25$; при діаметрі круга до 600 мм і швидкості його обертання $v_k = 35$ м/с - $K_{st_2} = 1,0$; коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата - $K_{st_3} = 1,0$ [1, карта 2]. Звідки:

$$s_{t_{x\pi}} = 0,60 \cdot K_{st_1} \cdot K_{st_2} \cdot A_{st_3} = 0,60 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75 \text{ мм/хв.}$$

1.2.5. Подача за один оборот деталі:

$$s_{t_x} = s_{t_{x\pi}} : n_d = 0,75 : 170 = 0,0044 \approx 0,005 \text{ мм/об.}$$

1.2.6. Потужність на різання при шліфуванні торцем круга в даних нормативах не наводиться, тому для перевірки потужності верстата на шліфування торця умовно прирівнюють його до шліфування з радіальною подачею.

Для оброблюваного матеріалу першої групи, при діаметрі шліфування до 120 мм, довжиною шліфування до 32 мм і хвилинної подачі $s_{t_{x\pi}} = 0,78$ мм/хв, потужність (нормативна) на різання складе $N_p = 3,2$ кВт [1, карта 5, лист 1]. З врахуванням поправкового коефіцієнта на твердість круга $C2 - K = 1,16$, отримаємо - $N_p = 3,2 \cdot 1,16 = 3,7$ кВт.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 24

Отже, прийняті режими обробки будуть здійсненні на даному верстаті, так як потужність на шпинделі верстата більше потужності на різання: $N_{\text{шт}} > N_p$ ($5,6 > 3,7$).

1.2.7. Перевірка виконання умови безпідгарного шліфування.

При швидкості обертання деталі до 63 м/хв і твердості круга С2 – $N_{\text{шт}} = 0,160$ кВт/мм [1, карта 5, ст 2]. Фактична питома потужність, що припадає на 1 мм ширини круга $N_{\text{шт.ф}} = N_p / L_d = 3,7 / 20 = 0,185$ кВт/мм. Умова безпідгарного шліфування $N_{\text{шт}} > N_{\text{уд.ф}}$ не дотримана, так як $0,160 < 0,185$.

З огляду на те, що довжина шліфування за нормативами прийнята $L_d = 32$ мм, тому фактична питома потужність при $L_d = 20$ мм буде значно менше і прийняті режими обробки забезпечать умову безпідгарного шліфування.

1.2.8. Визначаємо основний час для другого переходу: $t_{o_2} = \Pi / s_{t_M}$, або з урахуванням додаткового шляху :

$$t_{o_2} = L_{p.x} / s_{t_M} = 0,25 / 0,75 = 0,33 \text{ хв.} \quad (1.22)$$

Визначаємо сумарний основний час на операцію шліфування, що складається з двох переходів:

$$t_o = t_{o_1} + t_{o_2} = 0,42 + 0,33 = 0,75 \text{ хв.} \quad (1.23)$$

2. Визначаємо допоміжний час.

2.1. Допоміжний час на виконання комплексу прийомів по встановленню деталі масою 5кг в центрах з встановленням хомутика - $t_{d_1} = 0,34$ хв [2, карта 6, поз. 2].

2.2. Допоміжний час, що пов'язаний з обробкою поверхні, при шліфуванні з радіальною подачею вала діаметром 60h7 і контролем універсальним вимірювальним інструментом складе – $t_{d_2} = 0,55$ хв [2, карта 44, поз. 54J].

2.3. Допоміжний час, що пов'язаний з переходом при шліфуванні торця діаметром 100мм та контролем розміру 10h11, складе - $t_{d_3} = 0,36$ хв [2, карта

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 25

44, поз. 40].

2.4. Допоміжний час на контроль мікрометром діаметра 60h7 після закінчення операції $t_{д4} = 0,22$ хв [4, карта 8 поз. 149].

Поправковий коефіцієнт на періодичність контролю при роботі по лімбу дорівнює одиниці [2, карта 87].

Визначаємо допоміжний час на операцію (сумарний):

$$t_{доп} = t_{в1} + t_{в2} + t_{в3} + t_{в4} = 0,34 + 0,55 + 0,36 + 0,22 = 1,47 \text{ хв.} \quad (1.24)$$

3. Визначаємо оперативний час - $t_{оп} = t_o + t_v = 0,75 + 1,47 = 2,22$ хв.

4. **Визначаємо час на обслуговування робочого місця** - для шліфовальних верстатів з найбільшим діаметром виробу до 300 мм він дорівнює 9% від оперативного часу $t_{он}$ [2, карта 45], тобто:

$$t_{обс} = t_{оп} \cdot 0,09 = 2,22 \cdot 0,09 = 0,2 \text{ хв.} \quad (1.25)$$

5. **Час перерв на відпочинок та фізичні потреби верстатника** складає

$$4\% \text{ від } t_{он} [2, карта 88], t_{пер} = t_{оп} \cdot 0,04 = 2,22 \cdot 0,04 = 0,09 \text{ хв.}$$

6. **Розраховуємо норму штучного часу:**

$$T_{ш} = t_{оп} + t_{обс} + t_{відп} = 2,22 + 0,2 + 0,09 = 2,51 \text{ хв} \quad (1.26)$$

7. **Визначаємо підготовчо-завершальний час** - на налагодження верстата, інструменту та пристрою при встановленні деталі в центрах, для шліфовального верстата з найбільшим діаметром виробу до 300 мм він складає 10 хв, на отримання і здачу інструментів - 7 хв. Звідки:

$$T_{п-з} = 10 + 7 = 17 \text{ хв} [2, карта 45].$$

8. **Розраховуємо норму штучно-калькуляційного часу:**

$$T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n_d} = 2,51 + \frac{17}{100} = 2,68 \text{ хв.} \quad (1.27)$$

9. Розряд роботи 4-й - розцінка на операцію:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк ___ / 26

$$P = \frac{T_{\text{шк}} C_{\text{сд}}}{60} = \frac{2,68 \cdot 67}{60} = 3 \text{ коп.} \quad (1.28)$$

7. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ ШЛІФУВАННЯ ОТВОРУ МЕТОДОМ ПОВЗДОВЖНЬОЇ ПОДАЧІ

Задача 3. *Визначити режими різання та норму штучно-калькуляційного часу на шліфування отвору методом поздовжньої подачі. Розміри оброблюваної поверхні - $D_o = 80H9 \text{ мм}$; $l = 100h12 \text{ мм}$. Параметр шорсткості оброблюваної поверхні - $Ra = 1,25 \text{ мкм}$.*

Вихідні дані: деталь - гільза XXX.001.001; матеріал - сталь 40X, HRC 58; припуск на шліфування $h = 2\Pi = 0,5 \text{ мм}$.

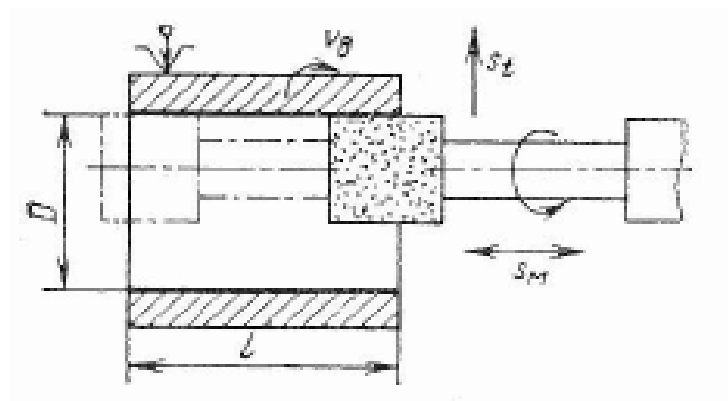
Верстат- внутрішньошліфувальний мод.ЗБ228.

Шліфувальний круг - ПП50Х40Х23, А25НС15К8.

Встановлення деталі - масою 4 кг в трикулачковому патроні з вивіркою положення деталі.

Кількість деталей в партії - $n_d = 100 \text{ шт.}$

Тип виробництва - малосерійне.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 27

Рис. 3. Ескіз круглого шліфування отвору методом повздовжньої подачі.

1. Визначаємо режими різання та основний час на операцію.

1.1. Розрахункові розміри обробки:

$$D_o = 80H9 \text{ мм}; L_{p.x} = l = 100h12 \text{ мм}; h = 2П = 0,5 \text{ мм}.$$

1.2. Частота обертання деталі при шліфуванні отворів до 100 мм в деталі зі сталі з твердістю HRC > 50 складає $n_d = 230$ об/хв [2, карта 15]. Так як згідно паспорта верстата частота обертання регулюється безступінчато в межах 85-600 об/хв, то нормативне значення частоти обертання – $n_d = 230$ об/хв буде здійснено.

1.3. Фактична колова швидкість обертання деталі:

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 230}{1000} = 57,8 \text{ м/хв} \approx 1 \text{ м/с}$$

1.4. При частоті обертання деталі $n_d = 230$ об / хв і ширині шліфувального круга $B_k = 40$ мм повздовжня хвилинна подача $s_{xb} = 5150$ мм/хв; поперечна подача $s_t = 0,004$ мм/подв.хід. [2, карта 15]. Поправкові коефіцієнти на повздовжню подачу s_{xb} - для забезпечення параметра шорсткості оброблюваної поверхні $Ra = 1,25 \mu\text{м}$ – $K_{sxb_1} = 1$; при шліфуванні отвору циліндричної форми $K_{sxb_2} = 1$. Отже, $s_{xb} = 5150 \cdot K_{sxb_1} \cdot K_{sxb_2} = 5150 \cdot 1 \cdot 1 = 5150$ мм /хв.

Згідно паспорта верстата повздовжня подача (швидкість повздовжнього ходу бабки шліфувального шпинделя) регулюється безступінчато в межах 0,1 - 10 м/хв (100-10000 мм/хв).

Поправкові коефіцієнти на поперечну подачу [2, карта 15]: для оброблюваного матеріалу першої групи і 9-го квалітету точності – $K_{st_1} = 1,56$; при величині припуску - $2П = 0,5$ мм - $K_{st_2} = 1$; при відношенні діаметра круга до діаметра отвору $D_k/D_{отв} = 50/80 = 0,62$ то $K_{st_2} = 0,8$; при контролі отвору

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 28

калібром-пробкою - то $K_{st_4} = 1$; для деталей циліндричної форми і відношення $l/D_o = 100:80 = 1,25 - K_{st_5} = 0,9$; коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата ЗБ228 при терміні його експлуатації до 10 років, $K_{ж} = 1$ [2, табл. 2]. Звідки: $s_t = 0,004 K_{st_1} K_{st_2} K_{st_3} K_{st_4} K_{st_5} K_{ж} = 0,004 \cdot 1,56 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,0044$ мм/подв.хід, приймаємо $S_t = 0,004$ мм /подв. хід.

1.5. Потужність, що витрачається на різання [2, карта 16], при обробці матеріалу першої групи, та діаметрі шліфування до 95 мм, з повздовжньою подачею до 5450 мм/хв і поперечною подачею s_t до 0,004 мм/подв.хід складе $N_p = 4,2$ кВт. Поправковий коефіцієнт на потужність при ширині круга B_k до 50 мм і твердості С1 - $K_1 = 1,16$; звідки - $N_p = 4,2 \cdot K_1 = 4,2 \cdot 1,16 = 4,87$ кВт.

Потужність на шліфувальному шпинделі верстата :

$$N_{ш} = N_{д\eta} = 5,5 \cdot 0,85 = 4,68 \text{ кВт.}$$

Прийняті режими різання на верстаті здійсненні, так як незначне перевантаження двигуна верстата в такому випадку допустиме.

1.6. Перевірка виконання умови безпідпалового шліфування [2, карта 16]. Питома потужність на різання для безпідпалового шліфування при v_d до 63 м/хв і твердості шліфувального круга С1 - $N_{пит} = 0,13$ кВт/мм. Фактична питома потужність $N_{пит.ф} = N_p / B_k = 4,87/40 = 0,112$ кВт/мм; так як $N_{пит} > N_{пит.ф}$, то умова безпідпалового шліфування буде виконаною.

1.7. Основний час на операцію :

$$t_o = \frac{2L_{p.x}\Pi}{s_M s_t} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 0,25}{5150 \cdot 0,004} = 2,42 \approx 2,4 \text{ хв.} \quad (1.29)$$

2. Визначаємо допоміжний час.

2.1. Допоміжний час на комплекс прийомів при встановленні деталі масою до 5 кг в трикулачковому патроні з вивірянням положення деталі по індикатору $t_{в_1} = 1,5$ хв [2, карта 2, поз. 4].

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 29

2.2. Допоміжний час на комплекс прийомів, пов'язаних з обробкою поверхні, при шліфуванні отворів до 200 мм з точністю $H9$ на верстаті другої групи, довжині отвору 150 мм і контролі розміру калібром-пробкою $t_{в_2} = 1,15$ хв [2, карта 47, поз. 28].

2.3. Допоміжний час на операцію - $t_{доп} = t_{в_1} + t_{в_2} = 1,5 + 1,15 = 2,65$ хв.

3. Оперативний час на операцію: $t_{оп} = t_o + t_{доп} = 2,4 + 2,65 = 5,05$ хв.

4. Час на обслуговування робочого місця - для верстатів другої групи дорівнює 6% від $t_{оп}$ [2, карта 46], тобто $t_{обс} = t_{оп} \cdot 0,06 = 5,05 \cdot 0,06 = 0,3$ хв.

5. Час перерв на відпочинок та фізичні потреби складе 4% від $t_{оп}$ [2, карта 88], тобто $t_{відп} = t_{оп} \cdot 0,04 = 5,05 \cdot 0,04 \approx 0,2$ хв.

6. Норма штучного часу:

$$T_{ш} = t_{оп} + t_{обс} + t_{отл} = 5,05 + 0,3 + 0,2 = 5,55 \text{ хв.} \quad (1.30)$$

7. Підготовчо-завершальний час - на налагодження верстата, пристрою та інструменту для верстатів другої групи дорівнює 12 хв [1, карта 46, поз. 1], на отримання і здачу інструменту 7 хв [1, карта 46, поз. 2].

Разом $T_{п-з} = 12 + 7 = 19$ хв.

8. Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{ш-к} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n_{пр}} = 5,55 + \frac{19}{100} \approx 5,7 \text{ хв.} \quad (1.31)$$

9. Розряд роботи – 4-й, розцінка:

$$P = \frac{T_{ш-к} C_{гтс}}{60} = \frac{5,70 \cdot 67}{60} = 6,4 \text{ коп.} \quad (1.32)$$

8. ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ ШЛІФУВАННЯ КОНІЧНОГО ОТВОРУ

Задача 4. Визначити режими різання та основний час на шліфування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк ____ / 30

конічного отвору в деталі - втулка (див. рис.4) методом повздовжньої подачі.

Вихідні дані: деталь - втулка XXX.001001; матеріал - сталь ШХ15, HRC 60; припуск $2\Pi = 0,3$ мм. Верстат внутрішньошліфувальний мод. ЗБ228, шліфувальний круг ПП 80Х40, 24А16НС25К.

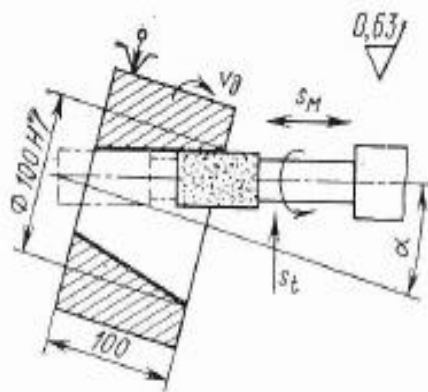


Рис.5. Ескіз шліфування конічного отвору до задачі 5

1. Розрахункові розміри обробки: $D = 100$ мм; довжина робочого: ходу шліфувального шпинделя – $L_{p.x} = l = 100$ мм; припуск - $2\Pi = 0,3$ мм.

2. Частота обертання деталі при шліфуванні отворів до 100 мм в деталі зі сталі з твердістю HRC > 50...52 складе $n_d = 220$ об/хв [1, карта 15, лист 2]. Так як по паспорту верстата частота обертання регулюється безступінчасто в межах 85-- 600 об/хв, то нормативне значення $n_d = 220$ об/хв буде здійснено.

3. Фактична колова швидкість обертання деталі:

$$v = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 220}{1000} = 69,1 \text{ м/хв} = 1,15 \text{ м/с.} \quad (1.33)$$

4. При частоті обертання деталі $n_d = 220$ об/хв і ширині. шліфувального круга $B_k = 40$ мм поздовжня хвилинна подача $s_t = 5000$ мм/хв; поперечна подача $s_t = 0,004$ мм/подв.хід [1, карта 15, ст 2]. Поправкові коефіцієнти на повздовжню подачу $s_{хв}$: для забезпечення параметра шорсткості оброблюваної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 31

поверхні $R_a = 0,63$ мкм - $K_{SXB_1} = 0,77$; при шліфуванні циліндричної поверхні – $K_2 = 1$. Отже, $s_{XB} = 5000 \cdot K_{SXB_1} \cdot K_{SXB_2} = 5000 \cdot 0,77 \cdot 1 = 3850 \approx 3800$ мм/хв. За паспортом верстата повздовжня подача регулюється безступінчато в межах 0,1-10 м/хв (100-10000 мм/хв).

Поправкові коефіцієнти на поперечну подачу [1, карта 15, листи 2 і 3] - для першої групи оброблюваного матеріалу і 7-го квалітету точності $K_{st_1} = 1$; при припуску $2\Pi = 0,3$ мм - $K_{st_2} = 0,87$; при відношенні діаметра круга до діаметру отвору $D_k/D = 80/100 = 0,8$ то $K_{st_3} = 1$; при контролі калібром - $K_{st_4} = 1$; для суцільної циліндричної поверхні і відношенні $\frac{l}{D} = \frac{10}{100} = 1$ - $K_{st_5} = 1$; коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата ЗБ228 при терміні його експлуатації до 10 років, $K_{ж} = 1$ [1, карта 2, с 110]. отже,

$$s_t = 0,004 K_{st_1} K_{st_2} K_{st_3} K_{st_4} K_{st_5} K_{ж} = \\ = 0,004 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,0035 \approx 0,004 \text{ мм / дв. хід.}$$

5. Потужність, що витрачається на різання [2, карта 16, лист 1], при обробці матеріалу першої групи, діаметрі шліфування до 130 мм, повздовжньої подачі до 3950 мм/хв і подачі $s_t = 0,004$ мм/подв.хід складе $N_p = 4,2$ кВт. Поправковий коефіцієнт на потужність [2, карта 16, лист 2] при ширині круга B_k до 50 мм і твердості круга $C2 = K = 1,16$; тоді - $N_p = 4,2 \cdot 1,16 = 4,87$ кВт. Потужність на шпинделі верстата $N_{ш} = N_{д\eta} = 5,5 \cdot 0,85 = 4,68$ кВт,

Прийняті режими обробки можуть бути виконані на верстаті, так як незначне перевантаження двигуна допустиме.

6. Перевірка умови безпідпалого шліфування [1, карта 16, лист 1]. Питома потужність на різання для безпідпалого шліфування при v_d до 85 м/хв і твердості круга $C2$ складе $N_{уд} = 0,16$ кВт/мм. Фактична питома потужність $N_{пит.ф} = N_p/B_k = 4,87/40 = 0,12$ кВт/мм; так як $N_{пит} > N_{пит.ф}$, то умова безпідпалого шліфування буде виконана ($0,16 > 0,12$).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк ___ / 32

7. Основний час:

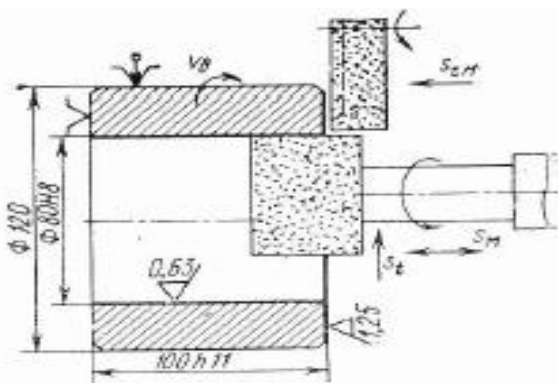
$$t_o = \frac{2L_{p.x}\Pi}{s_M s_t} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 0,15}{3800 \cdot 0,004} = 1,98 \approx 2 \text{ хв.} \quad (1.34)$$

9. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ КРУГЛОГО ШЛІФУВАННЯ ОТВОРУ І ТОРЦЯ

Задача 5. Визначити режими різання та норму штучного часу на операцію внутрішнього шліфування отвору і торця деталі-втулка (див. рис.5).

Вихідні дані: деталь - втулка ХХХ.011.006; матеріал деталі - сталь 40Х, HRC42. Послідовність обробки: 1 перехід - шліфувати отвір витримуючи діаметр 80H8 шліфувальний круг ПП 60Х40, 24А16НС25К8, припуск на шліфування $h=2\Pi= 0,5$ мм; 2 перехід - шліфувати торець в розмір 100h11, інструмент шліфувальний, круг ПВ120Х20, 23А25НС25К8, припуск на сторону $\Pi = 0,2$ мм. Верстат - внутрішньошліфувальний мод. ЗБ228.

Встановлення заготовки - в трикулачковому патроні з вивірянням її по індикатору. Маса деталі - 6 кг. Виробництво - серійне.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. — / 33

Рис.5. Ескіз операції круглого шліфування отвору і торця

1. Визначаємо режими різання і норму основного часу на операцію.

1.1. Перехід 1 - шліфувати отвір витримуючи діаметр 80H8.

1.1.1. Розрахункові розміри обробки: $D = 80$ мм; $L_{p.x} = l = 100$ мм; $2\Pi = 0,5$ мм.

1.1.2. Частота обертання деталі при шліфуванні отворів до 80 мм в деталі зі сталі твердістю HRC42 складе $n_d = 185$ об/хв [2, карта 15, лист 1]. Так як по паспорту верстата частоту обертання регулюється безступінчасто в межах 85 – 600 об/хв, то нормативне значення $n_d = 185$ об / хв буде здійснено.

1.1.3. Колова швидкість обертання:

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 185}{1000} = 46,5 \text{ м/хв} = 0,78 \text{ м/с} \quad (1.35)$$

1.1.4. При частоті обертання заготовки $n_d = 185$ об / хв і ширині шліфувального круга $B_k = 40$ мм, повздовжня хвилинна подача - 4120 мм/хв; поперечна подача - $s_t = 0,005$ мм/подв.хід [1, карта 15]. Поправкові коефіцієнти на повздовжню подачу $s_{хв}$ в залежності від необхідного параметра шорсткості $Ra = 0,63$ мкм - $K_{SM_1} = 0,77$, для циліндричної форми поверхні - $K_{SM_1} = 1$. Отже, $s_{хв} = 4120 K_{SM_1} \cdot K_{SM_2} = 4120 \cdot 0,77 \cdot 1 = 3172$ мм/хв; приймаємо $s_{хв} = 3100$ мм/хв. За паспортом верстата подовжню подачу регулюють безступінчасто в межах 0,1-1,0 м/хв (100-10 000 мм/хв). Поправкові коефіцієнти, на поперечну подачу [1, карта 15]: для матеріалу, що обробляється першої групи і 8-го квалітету точності - $K_{st_1} = 1,25$; всі інші коефіцієнти рівні кожен одиниці.

Отже, $s_t = 0,005 - K_{st_1} = 0,005 \cdot 1,25 = 0,00625 \approx 0,006$ мм/подв.хід.

1.1.5. Потужність, що необхідна для різання при обробці матеріалу першої групи, діаметрі шліфування до 95 мм, повздовжній подачі 3100 мм/хв (інтерполяція) і подачі $s_t = 0,006$ мм/подв.хід складе $N_p = 4,1$ кВт [1, карта 16];

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 34

поправковий коефіцієнт на ширину шліфувального круга $B_k = 40$ мм та твердість С2 - $K = 1,16$.

$$\text{Отже, } N_p = 4,1 \cdot K = 4,1 \cdot 1,16 = 4,76 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата :

$$N_{\text{ш}} = N_{\text{д}\eta} = 5,5 \cdot 0,85 = 4,68 \text{ кВт.} \quad (1.36)$$

Прийняті режими різання можуть бути виконані, так як незначне перевантаження двигуна допустиме.

1.1.6. Перевірка умови безпідпалого шліфування [1, карта 16]. Питома потужність на різання для безпідпалого шліфування при v_d до 63 м/хв і твердості шліфувального круга С2 - $N_{\text{пит}} = 0,13$ кВт/мм. Фактична питома потужність $N_{\text{пит.ф}} = N_p : B_k = 4,76 : 40 = 0,12$ кВт/мм; так як $N_{\text{пит}} > N_{\text{пит.ф}}$, то умова безпідпалого шліфування виконується ($0,13 > 0,12$).

1.1.7. Основний час на перший перехід:

$$t_{o1} = \frac{2L_{\text{р.х}}\Pi}{s_M s_t} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 0,25}{3100 \cdot 0,006} = 2,69 \approx 2,7 \text{ хв.} \quad (1.37)$$

2. Визначаємо режими різання і основний час на другий перехід.

Перехід 2 – шліфувати торець деталі в розмір $100h12$.

1.2.1. Розрахункові розміри обробки: $D_T = 120$ мм; $L_{\text{рх}} = \Pi = 0,2$ мм.

1.2.2. Частота обертання заготовки при твердості сталі HRC42...45 і діаметрі шліфування до 125 мм, $n_3 = 140$ об/хв [1, карта 17].

1.2.3. Колова швидкість обертання заготовки:

$$v_3 = \frac{\pi D_{n_d}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 140}{1000} = 52,8 \text{ м/хв} = 0,88 \text{ м/с} \quad (1.38)$$

1.2.4. Хвилинна подача $s_{t_{\text{хр}}}$ уздовж осі заготовки при довжині шліфування

$$L_{\text{рх}} = \frac{120-80}{2} = 20 \text{ мм, частоті обертання } n_3 = 140 \text{ об/хв та припуску на обробку}$$

Π до 0,25 мм складе $s_{t_{\text{хр}}} = 0,21$ мм/хв; [1, карта 17]. Поправковий коефіцієнт на

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. — / 35

s_t для матеріалу, що оброблюється першої групи, та параметра шорсткості поверхні $Ra = 1,25$ мкм і допуску на шліфування $> 0,05$ мм – $K_{st_M} = 1,25$; коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{ж} = 1$ [1, карта 2].

Отже, $s_{t_M} = 0,21 K_{st_M} K_{ж} = 0,21 \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,26$ мм/хв.

Подача на один оборот деталі - $s_{t_x} = s_{t_{xR}} / n_d = 0,26 / 140 = 0,0018$ мм/об.

1.2.5. Основний час: $t_{o_2} = \Pi / s_{t_{xR}} = 0,2 / 0,26 = 0,77$ хв.

Сумарний основний час круглошліфувальну на операцію:

$$t_o = t_{o_1} + t_{o_2} = 2,7 + 0,77 = 3,47 \approx 3,5 \text{ хв.} \quad (1.39)$$

2. Визначаємо допоміжний час на операцію:

2.1. Допоміжний час на комплекс прийомів на встановлення і зняття заготовки масою 6 кг в трикулачковому патроні з вивірянням її положення по індикатору складе - $t_{доп_1} = 1,7$ хв [2, карта 2, поз. 4].

2.2. Допоміжний час на комплекс прийомів, пов'язаних з обробкою поверхні отвору діаметром 80H8. та довжиною до 100 мм, з вимірюванням універсальним вимірювальним інструментом з точністю 7-го квалітету, при обробці на верстаті другої групи складе – $t_{доп} = 0,9$ хв [2, карта 47, поз. 10].

2.3. Допоміжний час на комплекс прийомів, пов'язаних з обробкою торця і вимірюванням калібром з точністю до 0,1 мм, при вимірюванні на довжині до 100 мм $t_{доп_3} = 0,55$ хв [2, карта 47, поз. 41].

Сумарний допоміжний час на операцію:

$$t_{доп} = t_{доп_1} + t_{доп_2} + t_{доп_3} = 1,7 + 0,9 + 0,55 = 3,15 \text{ хв.} \quad (1.40)$$

3. Оперативний час на операцію:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} = 3,5 + 3,15 = 6,65 \text{ хв.} \quad (1.41)$$

4. Час на обслуговування робочого місця - для верстатів другої групи дорівнює 6% від $t_{оп}$ [2, карта 46], тобто

$$t_{обс} = t_{оп} \cdot 0,06 = 6,65 \cdot 0,06 \approx 0,4 \text{ хв.} \quad (1.42)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 36

5. Час перерв на відпочинок та фізичні потреби верстатника дорівнює 4% від $t_{оп}$ [2, карта 88], тобто $t_{пер} = t_{оп} 0,04 = 6,65 - 0,04 = 0,27$ хв.

6. Норма штучного часу:

$$T_{шт} = t_{оп} + t_{обс} + t_{отл} = 6,65 + 0,4 + 0,27 = 7,32 \approx 7,3 \text{ хв.} \quad (1.43)$$

7. Розряд роботи - 4-й. Розцінка:

$$P = \frac{T_{шт} C_{гтс}}{60} = \frac{7,3 \cdot 67}{60} = 8,2 \text{ коп.} \quad (1.44)$$

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с

2. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Навчальний посібник / Під заг. ред. В.А. Кириловича. – Житомир.: ЖІТІ, 2001. – 600 с.

3. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування: Підручник. – Житомир.: ЖДТУ, 2005. – 924 с.

4. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин: Підручник – Житомир.: ЖДТУ, 2017. – 266 с.

5. Збірник задач і вправ з технології машинобудування: Навчальний посібник. / Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир.: ЖІТІ, 2001. – 314 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 37

6. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир.: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.

7. Кирилович В.А., Яновський В.А. Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 3. Курсове проектування. Навчально-методичний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 2002. – 148 с.

8.. Северилов В.С., Полонський Л.Г., Клименко С.А. Теоретичні основи технології механічної обробки: Навчальний посібник. – Житомир.: ЖІТІ, 2002. – 246 с.

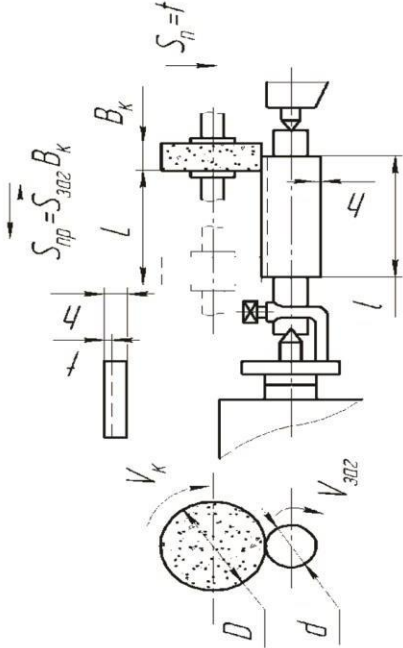
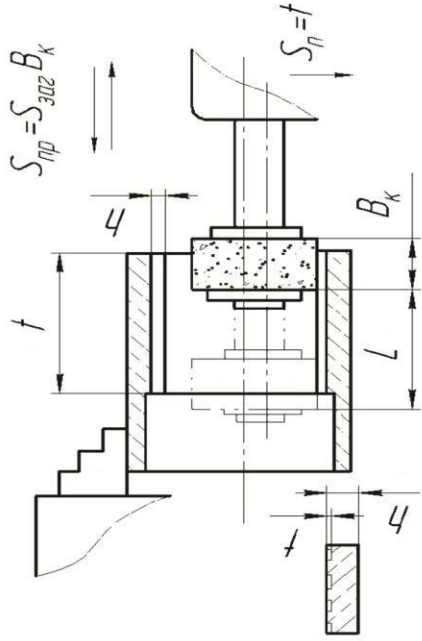
9. Балицька Н.О., Глембоцька Л.Є., Громовий О.А., Колеснік В.М., Кремнєв Г.П., Мельник О.Л., Мельничук П.П., Ночвай В.М., Пилипенко О.М., Полонський Л.Г., Яновський В.А. Технологія машинобудування. Практичні та лабораторні роботи: навч. метод. посібник. – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка». 2023. 171 с. Електронне видання. Режим доступу: <https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=2300>.

10. Курсове проектування з технології виготовлення типових деталей. Навчально-методичний посібник для студентів освітнього ступеня "бакалавр" денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування", галузь знань 13 "Механічна інженерія" (автори: Мельничук П.П., Мельник О.Л., Яновський В.А.) , 2024. 250 с. Електронне видання. Режим доступу: <https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=1305#sectionid-71606-title>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	Ф-20.05- 05.02/131.00.1/Б/ВК1.X -2026
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 38

ДОДАТОК А

Види, розрахункові схеми та формули для визначення
основного часу для шліфувальних робіт

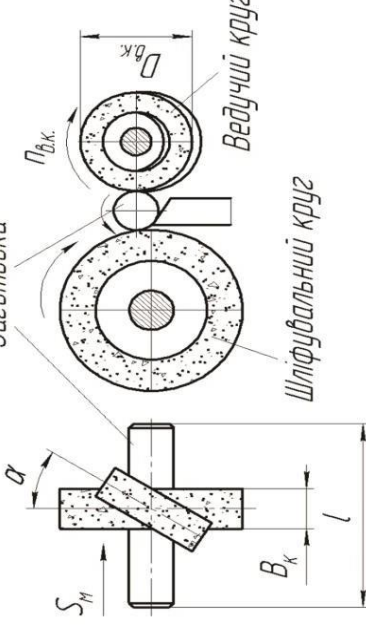
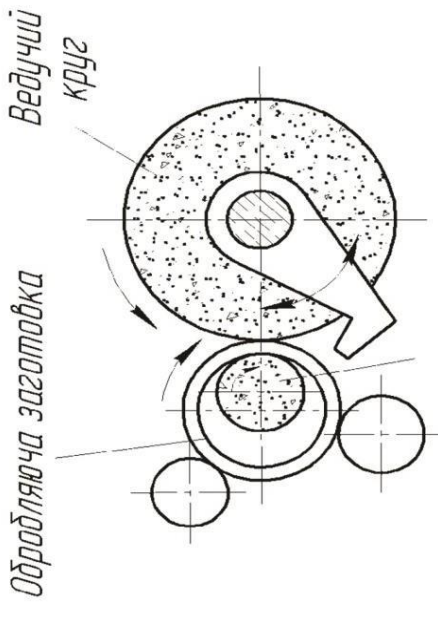
Шліфувальні роботи		
Зовнішнє кругле шліфування в центрах методом повздовжньої подачі		$T_m = \frac{L}{s_{np} \cdot B_k \cdot n_3} \cdot \frac{h}{t} \cdot k, \text{ хв;}$ де L - довжина повздовжнього ходу стола, мм; При шліфуванні на прохід: $L = l - (0,2 \div 0,4) B_k, \text{ мм;}$ При шліфуванні в упор: $L = l - (0,2 \div 0,6) B_k, \text{ мм;}$ l - довжина шліфованої поверхні, мм; B_k - ширина круга, мм; s_{np} - повздовжня подача круга на один оберт заготовки; n_3 - кількість обертів заготовки, мм/об; h - припуск на шліфування, мм; k - поправочний коефіцієнт.
Внутрішнє шліфування з повздовжньою подачею		

Продовження додатку А

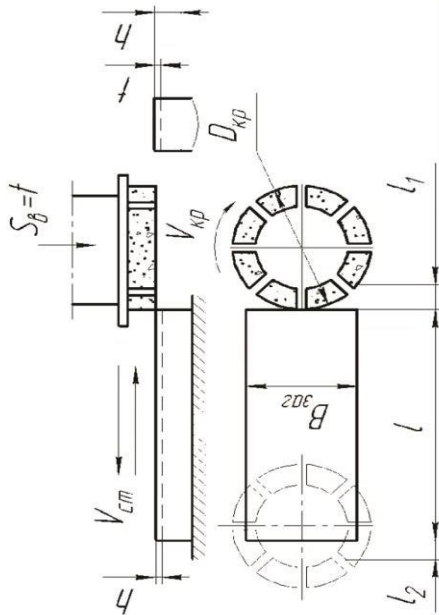
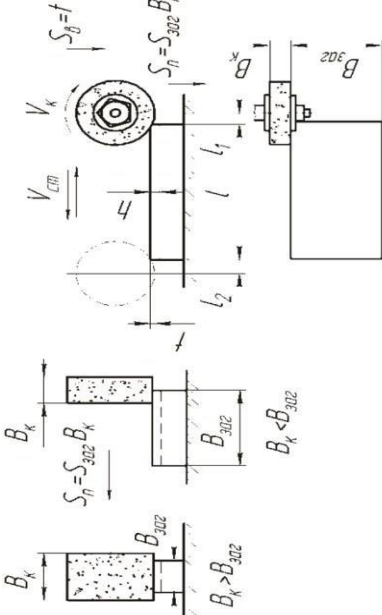
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк ____ / 40

Зовнішні круглі шліфування в центрах методом врізання		$T_m = \frac{h}{t \cdot n_s} \cdot k, \text{ хв};$ де t - поперечна подача за один оберт заготовки, мм.
Зовнішні безцентрове шліфування методом врізання		

Продовження додатку А

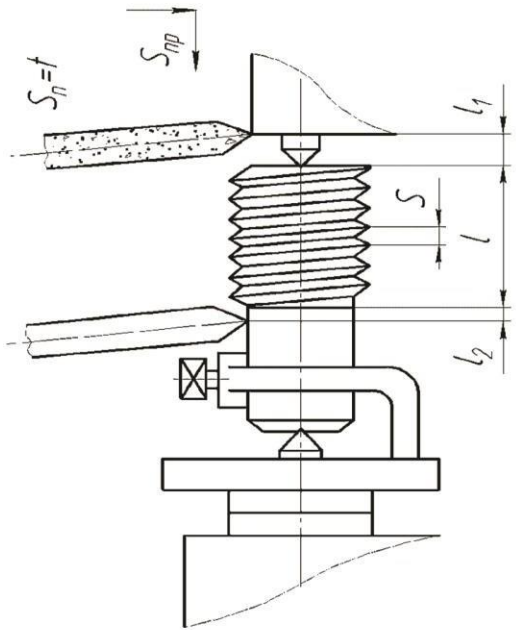
Зовнішнє безцентрове шліфування на прохід		$T_m = \frac{l \cdot m + B_k}{s_3 \cdot m} \cdot i \cdot k, \text{ хв};$ де m - кількість заготовок партії при шліфуванні неперервним потоком; s_3 - повздовжня подача, мм/хв; i - кількість проходів.
Внутрішнє безцентрове шліфування		$T_m = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7, \text{ хв};$ де τ_1 - час на встановлення і затиск заготовки; τ_2 - час на швидкий підвід шліфувального круга, хв; τ_3 - час на чорнове шліфування, хв; τ_4 - час на правку круга, хв; τ_5 - час на чистове шліфування, хв; τ_6 - час на швидкий відвід круга, хв; τ_7 - час на знімання обробленої заготовки, хв; $\tau_3, \tau_5 = \frac{h}{S_n \times n}, \text{ хв};$ h - припуск на шліфування, мм; S_n - поперечна подача круга на один подвійний хід, мм; n - кількість подвійних ходів.

Продовження додатку А

Плоске шліфування торцем круга на верстатах з прямокутним столом		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{v_{cm}} \cdot 1000 \cdot \frac{h}{s_B} \cdot \frac{1}{k}, \text{ хв};$ де l - загальна довжина шліфування; $l_1 = 0,5(D_k - \sqrt{D_k^2 - B_{заг}^2}) \text{ мм};$ $l_2 = 5 \div 10 \text{ мм};$ D_k - діаметр круга, мм; v_{cm} - швидкість зворотно-поступального руху стола, м/хв.
Плоске шліфування периферією круга на верстатах з прямокутним столом		$T_m = \frac{B_{заг} + B_k + 5}{s_g \cdot n_{cm}} \cdot \frac{h}{t} \cdot \frac{1}{k}, \text{ хв};$ де $B_{заг}$ - загальна ширина деталей, мм; s_B - вертикальна подача круга на хід стола, мм; ($s_B = t$)

Закінчення додатку А

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ	Ф-20.05-
	ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	05.02/131.00.1/Б/ВК1.X
	Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019	-2026
	Екземпляр № 1	Арк. — / 43

Шліфування різі одностороннім кругом	 $T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n_{заг}} \cdot \left(\frac{h}{t} + i \right), \text{ хв};$ де $l_1 = 1 \div 3$ кроку різби, яка нарізається, мм; $l_2 = 1 \div 3$ кроку різби, яка нарізається, мм; $l_2 = 0$ (при нарізанні різби в упор); s - поперечна подача на один прохід, мм; $n_{заг}$ - кількість обертів заготовки за хвилину; h - припуск на шліфування по середньому діаметру різби, мм; t - глибина шліфування, мм; i - кількість проходів.	$T_m = \frac{h}{t \cdot n_x}, \text{ хв};$ де h - припуск в сотих долях міліметра; t - величина поперечної (радіальної) подачі брусків на один подвійний хід головки, мм; n_x - кількість подвійних ходів головки за хвилину; $n_x = \frac{v_{Б.П} \cdot 1000}{2 \cdot l_x},$ $l_x = l + 2l_n - l_{бр}$, мм; $v_{ен}$ - швидкість зворотно-поступального руху; l_x - хід хонінгувальної головки, мм; $l_{бр}$ - довжина абразивного бруска, мм.
Доводка отворів хонінгуванням	