

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

**“Технологічні основи
машинобудування”**

для студентів спеціальності

133 Галузеве машинобудування -

освітня програма «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні
машини і обладнання»

усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування - освітня програма «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 53 с.

Укладачі: Г.В. Пухальська, к.т.н., доц. каф. ТМБ

Рецензент: О.Б.Козлова, к.т.н., доц. каф. ТМБ

Відповідальний
за випуск: Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри
«Технологія машинобудування»
Протокол № 1
від 06 серпня 2025 р.

Рекомендовано до видання
НМК МФ
Протокол № 1 від 26.08.2025 р.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Техніка безпеки при виконанні лабораторних робіт..... | 4 |
| Лабораторна робота №1 Вивчення технологічних можливостей металорізальних верстатів і інструменту..... | 6 |
| Лабораторна робота №2 Оцінка похибки установки заготовки в цанговому та трьохкулачковому патронах | 17 |
| Лабораторна робота №3 Оцінка похибки обробки, яка викликана пружнім відтисканням в залежності від операційного припуску..... | 23 |
| Лабораторна робота №4 Оцінка похибки обробки викликаної розмірним зносом різця..... | 30 |
| Лабораторна робота №5 Дослідження впливу технологічних факторів на шорсткість поверхні при токарній обробці..... | 35 |
| Додаток А. | 45 |
| Додаток Б..... | 47 |
| Додаток В. | 51 |
| Додаток Г. | 52 |

Метою лабораторних робіт є вивчення принципів формування якості виробів при механічній обробці та складанні. Окремі роботи присвячені знайомству з технологічними можливостями металорізальних верстатів та інструменту. Особливу увагу звернено на одержання навиків проектування технологічних операцій та визначенню режимів обробки, знайомству з наладкою верстата для обробки деталей.

Кожна лабораторна робота складається з розділів і містить основні теоретичні положення по розглянутому в роботі питанню.

В розділах приведені вказівки для виконання роботи.

Довідкові дані, які необхідні для виконання роботи, приведені в додаткових матеріалах.

Лабораторні роботи виконуються на листках стандартного розміру. Студенти приводять в роботі основні положення, ескізи, заповнюють необхідні таблиці, приводять результати розрахунків і висновки по роботі.

Техніка безпеки при виконанні лабораторних робіт

Загальні вимоги

1. Роботу в лабораторії виконують під наглядом та за участю учбового майстра.
2. До початку роботи студенти повинні ознайомитись з правилами по техніці безпеки, та пройти технічний інструктаж.
3. Забороняється без дозволу викладача починати роботу.
4. Забороняється виключати та включати обладнання, на якому не виконується дана робота.
5. Після закінчення роботи необхідно відключити станок і привести робоче місце у порядок.

Спеціальні вимоги при виконанні робіт:

1. Перед початком роботи необхідно привести в порядок робочий одяг: застігнути рукава, надіти головний убір, щоб запобігти захвату одягу та волосся частинами обладнання, які обертаються.
2. Дозволяється працювати тільки придатним інструментом.
3. Під час роботи обладнання необхідно: виконувати вимоги, які забезпечують безпеку роботи на металорізальних верстатах, одягти

захисні окуляри, включити верстат тільки після перевірки надійності закріплення зразку, що оброблюється і інструменту.

4. Забороняється відводити стружку руками та вимірювати деталі під час обробки. Після закінчення роботи потрібно виключити верстат або інше лабораторне обладнання та привести в порядок робоче місце.

Тема 1

Технічне забезпечення виконання операцій технологічного процесу

Процес виготовлення машини або механізму складається із комплексу робіт, які необхідні для виконання робіт по отриманню заготовок, їх обробки та складання з них готових виробів. Роботи, в результаті яких напівфабрикат або ж сировина перетворюється в готові деталі або вироби, називають виробничим процесом.

Технологічний процес є частина виробничого процесу, яка тісно пов'язана зі зміною розмірів, форми або властивості оброблюваної заготовки і яка виконується в якійсь послідовності.

Технологія виготовлення складається з ряду процесів, кожний з яких має свій метод обробки. Основа технологічного процесу - операція, яка виконується на якомусь чітко визначеному робочому місці (металорізальному верстаті). Виконання операції залежить від вибраного обладнання, інструменту, за допомогою якого виконується та чи інша операція.

Механічна обробка деталі в необхідній послідовності може вирішити три основні задачі:

- зняття основної маси припуску, який запланували зняти механічною обробкою (первинна обробка - чорнова обробка);
- одержання точно заданого розміру, форми та взаємного розташування однієї поверхні відносно інших (чистова обробка);
- одержання заданої шорсткості та якості поверхневого шару.

При проектуванні процесу механічної обробки деталі вирішуються такі питання як послідовність обробки всіх визначених для цього поверхонь, так об'єднання поверхонь для чорнових, чистових та кінцевих обробок. Для кожної із таких обробок підбирається обладнання та інструмент.

Технологія машинобудівних підприємств повинна безперервно підвищувати ефективність виробництва шляхом удосконалення технології виробництва, застосування прогресивних видів обладнання та інструменту.

Лабораторна робота №1

Вивчення технологічних можливостей металорізальних верстатів і інструменту

Мета роботи

Ознайомитись з технологічними можливостями обладнання та інструмента; придбати навички вибору обладнання та інструменту.

1.1 Зміст роботи

1.1.1 Знайомство з класифікацією обладнання та верстатів.

1.1.2 Знайомство з технологічними можливостями верстатів, токарних, свердильних, фрезерних, шліфувальних.

1.1.3 Знайомство з видами різального інструмента та геометрією токарного різця. Розглянути такі види інструментів: як свердла, зенкери, протяжки, розгортки, зубонарізний інструмент.

1.1.4 Виконання завдання.

Примітка. Роботу виконують студенти на папері стандартної форми або в спеціальному зошиті, старанно записуючи основні положення, з кресленням до них ескізів.

1.2 Порядок виконання роботи

1.2.1 Ознайомитись з правилами техніки безпеки при роботі на металорізальних верстатах.

1.2.2 Ознайомитись з класифікацією металорізальних верстатів (табл.1.1).

1.2.3 Вивчити основні положення по вибору обладнання (верстатів).

1.2.4 Підібрати обладнання для виконання операції згідно табл.1.2.

1.2.5 Вивчити основні положення для вибору ріжучого інструмента.

1.2.6 Підібрати інструмент для виконання операції згідно табл. 1.3.

Примітка. Номер варіанту вказує викладач.

1.3 Класифікація обладнання

В зв'язку з видами обробки (точіння, фрезерування та ін.) металоріжучі верстати розподіляються на 10 груп.

Кожна група має 10 типів обладнання (верстатів), і тільки групи 0 та 4 залишені вільними для верстатів, які будуть працювати по новим видам обробки, наприклад, ультразвукові і т.п. При позначенні моделі верстата є цифри і літери. Перша цифра визначає модель і

Таблиця 1.1 – Типи верстатів

| Найменування верстата | Група | Типи верстатів | | | |
|---|-------|--------------------------|---|--------------------------------|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Токарні | 1 | -- | <u>Автомати та напівавтомати</u> Одношпindelні, багатошпindelні | | Револьверні |
| Свердильні та розточні | 2 | Вертикальні різьонарізні | Вертикально свердильні | -- | -- |
| Для абразивної обробки | 3 | -- | Круглошліфувальні | Для внутрішнього шліфування | Обдирально шліфувальні і торцешліфувальні |
| Для електрофізичної та електрохімічної обробки, комбіновані | 4 | -- | Універсальні | Напівавтомати | Автомати |
| Зубо і різьонарізні | 5 | -- | Зубодовбальні для циліндричних коліс | Зубонарізні для конічних коліс | Зубофрезерні для циліндричних коліс та шліцевих валів |
| Фрезерні | 6 | -- | Вертикально фрезерні консольні | Фрезерні безперервної дії | Вздовж фрезерні одностроєчні |
| Строгальні, протяжні та добвальні | 7 | -- | <u>Вздовж строгальні</u> одностроєчні двостроєчні | | Поперечно строгальні |
| Розрізні | 8 | -- | Відрізні | Абразивно відрізні | -- |
| Різні | 9 | -- | -- | -- | -- |

Продовження таблиці 1.1

| Типи верстатів | | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| - | Карусельні | Токарні, токарно-гвинторізні і лоботокарні | Багаторіцеві | Спеціалізовані | Різні токарні |
| Координатно розточні | Радіально свердлильні | Горизонтально свердлильні | Оздоблювально-розточні | Горизонтально свердлильні та центровочні | Різні свердлильні та розточні |
| Спеціалізовані шліфувальні | -- | Заточні | Плоско шліфувальні | Притиральні полірувальні та хонінгувальні | Різні |
| Електрохімічні | Електроіскрові | -- | Електроерозійні ультразвукові | Анодно-механічні | -- |
| Зубофрезерні для нарізання черв'ячних пар | Для обробки торців зубців коліс | Різьофрезерні | Зубооздоблювальні | Зубо – та різьошліфувальні | Різні для обробки зубців |
| Копіювальні та гравіювальні | Вертикально фрезерні з хрестовим столом | Вздовж фрезерні двостроєчні | Широко універсальні | Горизонтально фрезерні консольні | Різні фрезерні |
| Довбальні | Протяжні горизонтальні | <u>Вертикально-протяжні</u> Внутрішні та зовнішні протяжні | | -- | Різні строгальні |
| | Стрічко-пилісні | | Дискові круглопилісні | -- | -- |
| | | | Балансувальні | -- | -- |

номер групи, друга - номер типа, а одна або дві останні цифри - типорозмір обладнання, яке визначається головним його параметром

(висотою центрів та ін). Літера, яка стоїть після першої цифри визначає модернізацію основної моделі і різні варіанти виконання.

Літера, яка стоїть після цифрової частини, визначає модифікацію базової моделі, ступінь точності або особливості верстату. Наприклад: А240-6К -шестишпіндельний горизонтальний прутковий автомат, підвищеної точності.

Ця класифікація складена стосовно верстатів загального призначення (універсальних).

Спеціальне обладнання, в тому числі й те, що застосовується в масовому виробництві, класифікується по літеро-цифровій системі. Двома літерами визначається підприємство, яке випускає верстат і трьома цифрами - номер моделі конструкції. Наприклад: МК-138 (МК - Московський верстатобудівний завод «Красный пролетарий», 138 - номер моделі).

Таблиця 1.2 – *Завдання 1.* По вибору верстата згідно заданим умовам обробки деталей

| Варіант | Тип верстата | Задані умови обробки |
|---------|--|--|
| 1 | Горизонтально-фрезерний | Розміри пристрою із заготовкою 300х300х250 мм |
| 2 | Плоско-шліфувальний з прямокутним столом | Розміри заготовки з магнітною плитою 2000х400х250 мм |
| 3 | Токарний багатшпіндельний напівавтомат | Розміри заготовки: \varnothing 240 мм |
| 4 | Токарний багаторізцевий або гідрокопіювальний напівавтомат | Найбільший діаметр заготовки валу - \varnothing 65 мм, довжина - 275 мм |
| 5 | Внутрішньо шліфувальний | Найбільший діаметр отвору заготовки — \varnothing 50 мм |
| 6 | Вертикально-фрезерний | Розміри пристрою із заготовкою 600х250х300 мм |
| 7 | Універсально-шліфувальний | Найбільший діаметр виробу, який шліфується \varnothing 350 мм, довжина - 180 мм |
| 8 | Токарно - револьверний з вертикальною віссю револьверної головки | Діаметр пруткового матеріалу - \varnothing 35 мм |
| 9 | Вертикально-свердлильний | Отвір \varnothing 20H9 в деталі габаритних розмірів: \varnothing 80 мм, довжина деталі - 60 мм |
| 10 | Безцентрово-шліфувальний | Заготовка: \varnothing 35 мм, довжина - 120 мм |

По точності усі верстати діляться на класи: Н – нормальної, П – підвищеної, В – високої, А – особливо високої точності.

Довідкові дані по верстатам приводяться в [1].

Таблиця 1.3 - *Завдання 2.* По вибору інструмента для заданих умов

| № | Інструмент | Вид обробки елементарної поверхні деталі |
|----|-----------------|--|
| 1 | Токарний різець | Зняття фаски |
| 2 | « | Проточка канавки |
| 3 | « | Обточка зовнішньої поверхні з упором в торець |
| 4 | « | Обточка на прохід |
| 5 | « | Обточка декількох зовнішніх поверхонь |
| 6 | Фреза торцева | Фрезерування плоскої поверхні $B \times L = 100 \times 250$ мм |
| 7 | Фреза дискова | Фрезерування шпонкового пазу $R = 50$ мм, $B = 6$ мм |
| 8 | Свердло | Свердлення отвору $\varnothing 20$ мм |
| 9 | Розгортка | Розгортання отвору $\varnothing 20$ мм |
| 10 | Протяжка | Протягування отвору $\varnothing 60$ мм |

1.4 Основні положення по вибору верстатів

Під вибором обладнання розуміють вибір типу і моделі верстату. Вибір того чи іншого типу верстата залежить від технологічних та економічних рішень.

При серійному типі виробництва підбирають верстат з широкими технологічними можливостями: широким колом швидкостей та подач, достатньою жорсткістю і потужністю на всіх режимах обробки, які дозволяють обробляти деталі різних форм і розмірів.

При масовому виробництві потрібно щоб:

- верстат найбільш повно відповідав потребам обробки (по точності, продуктивності, собівартості, а також по можливості узгодження роботи всієї лінії верстатів);
- верстати повинні бути спеціальними або спеціалізованими;
- кількість верстатів, необхідних для виконання операції було б не більше двох.

Визначальним при виборі верстатів повинен бути вид обробки (точіння, свердління, фрезерування, шліфування і тощо); розміри

деталі повинні відповідати розміру верстата (робочої частини). Вибір верстата з запасом відносно розмірів деталі є недоцільним.

Висока потужність і жорсткість потрібна для верстатів, які використовуються на чорнових операціях, для того, щоб одержати необхідну продуктивність, а також для багатоінструментальної обробки. Достатня жорсткість і швидкохідність необхідні для чистових операцій.

Приклад: Вибрати токарний верстат для обробки заготовки вала з кількома уступами довжиною 1050 мм і найбільшим діаметром 320 мм.

Рішення: Користуючись [1, кн.2], вирішуємо, що токарний верстат для обробки заготовок типу валів з декількома уступами довжиною 1050 мм, повинен бути моделі 16Б16ТП, який має найбільший діаметр обробки над супортом 320 мм, розмір між центрами якого - 1400 мм.

1.5 Основи вибору інструмента

Вибір інструмента визначається видом обробки табл. 1.4

Таблиця 1.4 - Приклади вибору інструментів

| Основні оброблювані поверхні | Інструмент |
|---------------------------------|---|
| Зовнішні поверхні тіл обертання | Різці, шліфувальні круги |
| Внутрішні поверхні | Свердла, зенкери, розгортки, протяжки, розточувальні різці, шліфувальні круги |
| Плоскі поверхні | Різці, фрези, шліфувальні круги, протяжки |
| Зубці зубчастих коліс | Фрези черв'ячні, довбляки, фрези дискові, модульні зубострогальні різці, зубчасті головки, протяжки кругові |
| Шліці | Фрези черв'ячні, шліцеві протяжки, довбляки |
| Різь | Різці, метчики, плашки, різбові головки, накатні ролики та плашки |

Матеріал ріжучої частини інструмента вибирають в зв'язку з умовами обробки і обробляемого матеріалу. Так, для інструментів, які працюють з низькими швидкостями різання (плашок, розгортков, метчиків) інструмент виробляють із сталей У10А, У12А і т.ін.; для

в допоміжній перерізаючій площині N_1N_1 . До них відносяться допоміжний задній α_1 , та допоміжний передній γ_1 кути

Крім розглянутих кутів різець має головний φ і допоміжний φ_1 кути в плані, а також кут нахилу головної ріжучої кромки.

Значення геометричних параметрів різця різні для різноманітних обробляємих матеріалів і матеріалів ріжучої частини різця. Рекомендовані значення задніх кутів для різців, що мають пластинку із твердих сплавів: з подачею $S < 0,3$ мм/об - $\alpha = 10^\circ \dots 12^\circ$; з подачею $S > 0,3$ мм/об - $\alpha = 6^\circ \dots 8^\circ$.

Передні кути при обточці конструкційних сталей та чавунів вибираються в межах $8^\circ \dots 10^\circ$.

При обробці загартованих сталей, а також при ударній навантаженості (переривчасте різання), для того, щоб підвищити стійкість ріжучої кромки рекомендують застосовувати навіть різці з від'ємними передніми кутами ($\gamma = -5^\circ \dots -10^\circ$). Рекомендовані значення геометричних параметрів інструментів для інших матеріалів приводяться в довідковій літературі [1].

Для токарної обробки зовнішніх та внутрішніх поверхонь тіл обертання рекомендують такі конструкції різців (рис. 1.2), де 1 і 6 - прохідні; 3, 12 - підрізні; 4 - відрізні; 2, 10 - прорізні; 7, 9 - розточувальні; 13, 1 - фасонні; 5, 8 - нарізні різці.

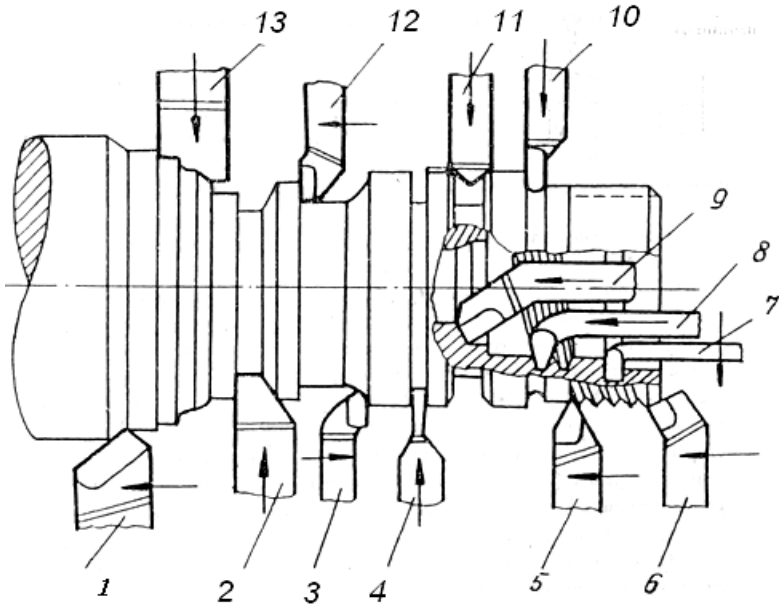


Рисунок 1.2 - Основні типи токарних різців

В умовах масового виробництва для токарних верстатів застосовують різці з механічним кріпленням пластин (рис. 1.3) та різці з багатограничними непереточувальними пластинами (рис. 1.4).

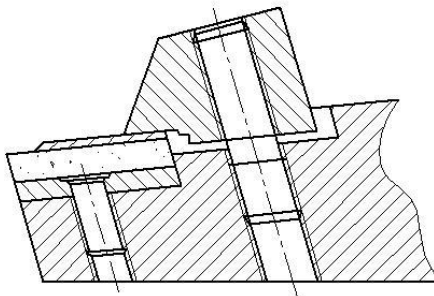


Рисунок 1.3 – Різець з механічним кріпленням пластини.

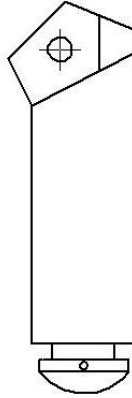


Рисунок 1.4 – Різець з непереточувальними пластинами

1.6 Зміст звіту

1.6.1 Записати тему, мету роботи, стислі данні що до методики класифікації верстатів, та вибору інструментів для обробки конкретної поверхні.

1.6.2 З таблиць 1.2 та 1.3 записати завдання згідно варіанту.

1.6.3 Записати вибрану модель верстата, розшифрувати її за класифікацією верстатів, навести технічні характеристики верстата, що підтверджують можливість дотримання заданих по варіанту умов обробки.

1.6.4 Записати назву інструменту, технічні характеристики, ГОСТ, надати зображення вибраного інструменту та його головних та допоміжних кутів різання.

1.6.5 Навести висновки по роботі.

Тема 2

Забезпечення якості деталей при механічній обробці

Якість деталей машин, яка забезпечується механічною обробкою, визначається показниками точності і якості поверхні.

Точність деталей характеризується точністю розмірів, форми, та взаємного розташування поверхні відносно інших поверхонь; якість поверхні - показниками шорсткості і фізико-механічними властивостями поверхневого шару.

Забезпечення заданої точності деталей - основна вимога до технологічного процесу.

На точність розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь впливає ряд факторів, які властиві тому чи іншому процесу обробки. До них можна віднести: неточність та спрацювання верстатів, пристрою чи інструмента, похибки, спричинені силами затиску під час установки деталі на верстаті, низька жорсткість системи ВПД, температурні деформації, остаточні напруження оброблюваної деталі, копіювання похибок попередніх обробок, неточність засобів і методів вимірювання, наладки верстатів та ін. Ступінь впливу зазначених факторів на точність обробки різна. До цього ж відхилення значень параметрів виготовленої деталі від параметрів, заданих кресленням, характеризує ту чи іншу величину похибки.

На поверхнях деталі після механічної обробки завжди залишаються нерівності, сукупність яких називають шорсткістю. Висота та характер нерівностей залежать від оброблюємого матеріалу, режимів різання, геометрії ріжучої частини інструмента та інших факторів. Крім цього внаслідок механічної обробки змінюються фізико-механічні властивості поверхневого шару: мікротвердість, загартованість, внутрішні напруження і мікроструктура.

Лабораторна робота №2

Оцінка похибки установки заготовки в цанговому та трьохкулачковому патронах

Мета роботи

Встановити факт утворення похибки установки та її випадковий характер; оцінити похибку установки експериментальним шляхом і зрівняти її з нормативними значенням.

2.1 Зміст роботи

- 2.1.1 Знайомство з інструкцією.
- 2.1.2 Підготовка протоколів звіту.
- 2.1.3 Проведення експериментів на токарно-револьверному та двох токарно-гвинторізних верстатах.
- 2.1.4 Розрахунок можливих похибок установки заготовок по даним експерименту.
- 2.1.5 Обговорення одержаних результатів.
- 2.1.6 Оформлення і захист звіту.

2.2 Верстати, обладнання і інструмент

- 2.2.1 Токарно – револьверний верстат мод.1336.
- 2.2.2 Токарно – гвинторізний верстат мод. 16К20.
- 2.2.3 Індикатор з ціною ділення 0,005 або 0,01 мм.
- 2.2.4 Заготовки деталей.

2.3 Загальні теоретичні відомості

При обробці деталей на верстатах їх параметри точності завжди залежать від вірної орієнтації заготовок відносно елементів верстатів, що визначають траєкторію руху подачі обробляючих інструментів. Це досягається базуванням заготовок.

Згідно ГОСТ 21495-76 базуванням називається придання заготовці (її системі координат) потрібного положення відносно вибраної системи координат (пристосування верстату). Для виконання технологічної операції потрібно окрім базування заготовки забезпечити її нерухомість відносно пристосування на весь період обробки, для чого заготовка закріплюється в пристосуванні.

Таким чином, при установці заготовки в пристосуванні вирішується дві задачі: базування - забезпечення необхідного

орієнтування та закріплення -забезпечення незмінності орієнтування в процесі обробки.

Похибка установки складається з похибки базування та похибки закріплення і зображує собою відхилення фактичного положення заготовки від потрібного.

Під час роботи на станках токарної групи заготовки часто вставляють в цанговий патрон з упором базового торцю заготовки в торець патрону. При цьому внаслідок дії цілого ряду випадкових факторів заготовка при повторенні установки не займає одного й того ж положення відносно осі повороту шпинделя, що приводить до появи радіального биття оброблюваної поверхні. Якщо допустити, що установча і оброблювана поверхні заготовки є соосними, а радіальне биття шпинделя дорівнює нулю, то й при цих умовах буде биття заготовки. Останнє може бути викликано такими випадковими факторами:

- а) різними зусиллями закріплення;
- б) неоднаковою податливістю кулачків у вісьовому та радіальному напрямку;
- в) неперпендикулярністю поверхні базового торцю відносно осі установочної циліндричної поверхні заготовки при різній кутовій орієнтації відносно кулачків патрону і т.ін.

Коли має місце радіальне биття установочної поверхні кулачка відносно осі повороту шпинделя, то при співвісності установочної і оброблюваної поверхонь цей фактор буде систематичним і в сумарній величині радіального биття заготовки при її різній установці буде виглядати постійною величиною. Однак, коли установочна поверхня заготовки не співвісна з оброблюваною поверхнею, то на вимірювальне биття починає впливати кутлова орієнтація заготовки відносно кулачків.

Систематичний фактор – биття кулачків – впливає на появу середнього значення \bar{X} радіального биття заготовки, а дія комплексу випадкових факторів приводить до розсіювання похибок установки заготовок відносно цього \bar{X} . Середні значення \bar{X} знаходять по формулі:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{X}_j}{n_j} \quad (2.1)$$

де \bar{X}_j - середнє значення в кожній j -й виборці.

При допущенні нормального закону розподілу похибок установки максимальнє їх значення:

$$\bar{X}_{нб} = \bar{X} + 3\sigma \quad \bar{X}_{нм} = \bar{X} - 3\sigma \quad (2.2)$$

де σ - середнє квадратичнє відхилення параметрів \bar{X} .

Величину σ визначають в такій послідовності: вся кількість вимірів ($n=50$) розбивають на 5 виборок, в кожній визначають розмах:

$$W_j = X_{i_{нб}} - X_{i_{нм}}, \quad (2.3)$$

де $X_{i_{нб}}$ - найбільше, $X_{i_{нм}}$ найменше значення X_i .

Таких розмахів буде 5. Визначають середнє значення розмахів:

$$\bar{W} = \frac{\sum_{j=1}^5 W_j}{5} \quad (2.4)$$

В залежності від числа вимірів в кожній виборці ($n=10$) по табл.А.2 (додаток А) визначають коефіцієнт \hat{a}_n . Тоді значення σ :

$$\sigma_x = \frac{\bar{W}}{a_n} \quad (2.5)$$

Значення найбільшої похибки установки необхідно визнавати не тільки при визначенні точності обробки, а й для вибору мінімального припуску на обробку.

2.4 Методичні вказівки

На одному робочому місці кожна група із 3-4 студентів виконує 10 вимірів параметра X . Результати вимірів записують в таблицю А.1 (додаток А). Загальне число вимірів, одержаних п'ятьма підгрупами складає – 50.

Биття деталі вимірюють з правого торцю, тому що тут буде найбільше биття, якщо є перекося деталі /див. рис. 2.1/.

Вимірювання виконують при мінімальному значенні частоти обертання шпинделя. В протокол записують різницю показників індикатора за 1 оберт шпинделя.

2.5 Порядок виконання роботи

2.5.1 Ознайомитись з інструкцією з техніки безпеки (стр. 2).

2.5.2 Підготувати таблиці протоколів. (табл. А.1., додатку А)

2.5.3 Установити заготовку на верстат, притискаючи базовий торець до поверхні патрону. Закріпити.

2.5.4 Установити індикатор.

2.5.5 Включити мінімальную частоту обертання шпинделя верстата.

2.5.6 Зняти показання індикатора.

2.5.7 Результати вимірів записати в протокол.

2.5.8 Відкрипити і зняти заготовку, повернути на якийсь кут, знову установити. Заміряти биття і записати результати.

2.5.9 Повторити 20 разів п.п.2.5.3 – 2.5.8.

2.5.10 На другому та третьому робочому місці провести комплекс робіт, які записані в п.п.2.5.3 – 2.5.9.

2.5.11 Заповнити всі графи табл. А.1 додатку А.

2.5.12 Розрахувати середнє значення похибок установки \bar{X} по формулі (2.1), для чого до одержаних чотирьох значень \bar{X}_j додати ще шість значень \bar{X}_j , одержаних другими підгрупами.

2.5.13 Розрахувати середнє значення розмаху \bar{W} по формулі (2.4) при $n_j=10$, до чого крім своїх даних ($W_1 \dots W_4$) долучити дані інших підгруп.

2.5.14 Вибрати середнє квадратичне відхилення по формулі (2.5).

2.5.15 Вибрати коефіцієнт \dot{a}_n по табл. А.2. додатку А.

2.5.16 Розрахувати максимальне значення биття \bar{X} по формулі (2.2).

2.5.17 Виконати п.п.2.5.12...2.5.16 щодо даних, одержаних на другому і третьому робочих місцях.

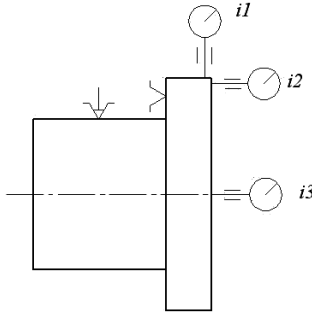


Рисунок 2.1- Схема установки та вимірювання

2.5.18 Порівняти одержані дані між собою та з нормативними даними, які можна знайти в додатку А (табл. А.3).

2.5.19 Зробити висновки.

2.5.20 Оформити і підписати звіт, захистити і здати роботу.

2.6 Контрольні запитання

2.6.1 Чому похибки установки в центруючі пристроях називають випадковими?

2.6.2 З яких похибок складається похибка установки?

2.6.3 Які види похибки установки можуть бути при установці заготовок кулачкових та цангових патронах.

2.6.4 Причини з'явлення похибки установки.

2.6.5 На які параметри точності впливають параметри установки?

2.6.6 Які систематичні та випадкові фактори призводять до утворення похибки установки?

2.6.7 Впливає похибка установки на величину операційного припуску?

2.6.8 Як підвищити точність установки заготовок в цангових та кулачкових патронах?

2.6.9 Чим пояснюється відхилення експериментальних і довідникових величин похибок закріплення?

2.6.10 Чому кутове положення заготовки відносно патрона впливає на похибку установки?

2.7 Зміст звіту

2.7.1 Тема.

2.7.2 Мета роботи.

2.7.3 Верстати, обладнання, інструменти, прилади.

2.7.4 Стислі теоретичні данні що – до появи похибки установки заготовки.

2.7.5 Схема установки заготовки при виконанні роботи, місце розташування індикаторів для можливості вимірювання найбільших показників биття заготовки, при наявності перекосу деталі.

2.7.6 Таблиця А.1 (додаток А) - протокол результатів вимірювання похибок установки в цанговому патроні. – занести результати вимірювань індикатором **I1** – радіальне биття заготовки – (за пунктами 2.5.3 – 2.5.9).

2.7.7 Таблиця А.1 (додаток А) - протокол результатів вимірювання похибок установки в трьох-кулачковому патроні. – занести результати вимірювань індикатором **I2** – торцеве биття – (за пунктами 2.5.3 – 2.5.9). **I3** – осьове биття - (за пунктами 2.5.3 – 2.5.9).

2.7.8 Розрахунки за пунктами 2.5.12-2.5.16.

2.7.9 Порівняння нормативних даних з табл. А3 (додаток А) та розрахованих значень.

2.7.10 Графік фактичного та теоретичного розподілу похибок установки заготовок. $y = f(x)$

2.7.11 Висновок. Оцінка результатів роботи з точки зору оцінки ступеня зношеності приладів верстати і рівня його працездатності.

Лабораторна робота №3

Оцінка похибки обробки, яка викликана пружним відтисканням в залежності від операційного припуску

Мета роботи

Установити факт з'явлення пружних відтискань при різанні: вплив припуску на пружні відтискання та точність обробки; оцінити жорсткість верстата.

3.1 Зміст роботи

3.1.1 Вивчити правила техніки безпеки

3.1.2 Ознайомитися з інструкцією та робочим місцем.

3.1.3 Установити заготовку на верстаті та закріпити її.

3.1.4 Установити різець та індикатор.

3.1.5 Проточити заготовку по всій довжині для виключення радіального биття.

3.1.6 Назначити подачу s та швидкість різання v . (беремо со станка $S=0,1$ мм/об, $n=1850$ об/мм)

3.1.7 Записати в протокол експерименту всі вихідні дані, що характеризують верстат, ріжучий та вимірювальний інструмент, заготовку, режими обробки, особливості схеми установки заготовки

3.1.8 Провести дослід №1. Для цього необхідно проточити заготовку при $t_1 = 1$ мм на довжину $l_1 = 15$ мм; повернути різець у вихідне положення, задати повторно глибину $t_1 = 1$ мм і проточити заготовку на довжину $l_1 = 25...30$ мм, забезпечивши ступінчасте різання при $t_1 = 1$ мм та $t_2 = 2$ мм, виміряти індикатором віджим Δy_2 , розрахувавши P_{y_1} та P_{y_2} .

3.1.9 Виконати досліди №2-5, забезпечивши послідовність умови: $t_1 = 1$ мм; $t_1 = 3$ мм; $l_3 = 10$ мм; $t_1 = 1$; $t_4 = 4$ мм; $l_4 = 50$ мм; $t_1 = 1$ мм; $t_5 = 5$ мм; $l_5 = 60$ мм. Виміряти $\Delta y_3... \Delta y_5$ $\Delta_3... \Delta_5$, та розрахувати $P_{y_3}... P_{y_5}$.

3.1.10 Підготувати та заповнити табл. В.5.(додаток В)

3.1.11 По даним кожного i -го досліду розрахувати ΔP_{y_3} , j_i , y_i та $\Delta d_{y_1} = 2y_i$.

3.1.12 Побудувати графіки залежностей: $P_y = f(z)$ та $\Delta d_y = \psi(P_y)$.

3.1.13 Оцінити поле розсіювання похибки $\omega \Delta d_y$ та координату середини поля розсіювання $\Delta \bar{d}_y$.

3.1.14 Порівняти значення $\omega \Delta d_y$ та $\Delta \bar{d}_y$ зі стандартними значеннями допусків для різних квалітетів точності, приведених в табл. D9.

3.1.15 Сформулювати висновки.

3.1.16 Оформити звіт, захистити та здати роботу.

3.2 Верстати, обладнання, інструмент

3.2.1 Токарні верстати мод. 16К20 та 1А62;

3.2.2 Різці прохідні – Т15К6 $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $r=1-2$ шт;

3.2.3 Заготовки зі сталі 45, $d = 50-100$ мм та $l=150...400$ мм;

3.2.4 Мікрометри 25...50, 50...75, 75...10 мм;

3.2.5 Індикатори з ціною ділення шкали 0,005 або 0,01 мм, державки для індикаторів.

3.3. Загальні відомості

При обробці циліндричних поверхонь заготовок на токарному верстаті виникають пружні відтискання:

$$y = \frac{P_y}{j}; \quad (3.1)$$

Де P_y - радіальна складова сили різання:

$$P_y = c_{p_y} \cdot t^{x_{p_y}} \cdot s^{y_{p_y}} \cdot v^{n_p} \cdot k_{p_y}; \quad (3.2)$$

$$K_{p_y} = k_{\delta} \cdot k_{y_p} \cdot k_{\gamma_p} \cdot k_{a_p} \cdot k_{r_p}; \quad (3.3)$$

j - жорсткість технологічної системи ВПД, приведена до вершини різця. Довідкові дані, необхідні для розрахунку P_y , приведені в табл. D4-D7.

Для оцінки j дослідним шляхом використовується (3.1), записана у вигляді

$$y = \frac{\Delta P_y}{\Delta y}; \quad (3.4)$$

де ΔP_y - прирощення сили P_y ; Δy - радіальне відтискання заготовки, що виникає внаслідок збільшення на ΔP сили P_y .

При інших рівних умовах різання приріст ΔP_y забезпечується зміною глибини різання t , яке досягається точінням ступінчатої заготовки (рис. 3.1, а). Так як $t_2 > t_1$ і $\Delta P_y = P_{y_2} - P_{y_1}$, то на проточеній поверхні утвориться уступ (рис.3.1, б) рівний приросту радіальних відтискань Δy . Розрахункові значення ΔP_y , та заміряне значення Δy дозволяють обчислити по (3.4) жорсткість j верстата

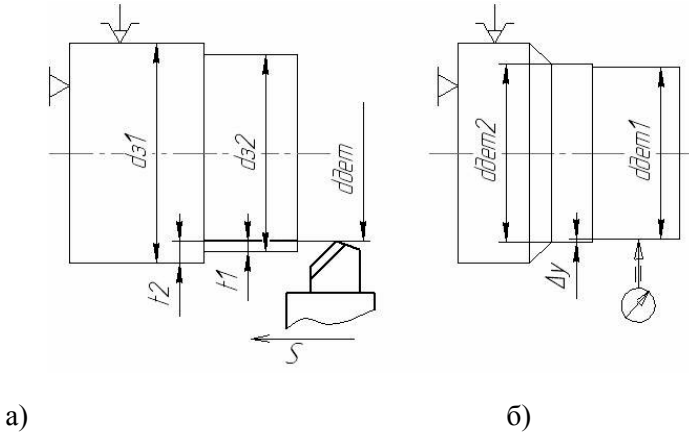


Рисунок 3.1 - Заготовка до і після точіння

З формули (3.1.) видно, що при $j = \text{const}$ зміни y викликаються змінами P_y . Очевидно, що поле розсіювання ωP_y викликає поле розсіювання ω_y з центром групування рівним середньому відтиску \bar{y} . При $\omega P_y = \text{const}$ розташування та величина поля розсіювання ω_y залежить від жорсткості верстату. На рис. 3.2 це показано для випадку, коли $j_1 < j_2$

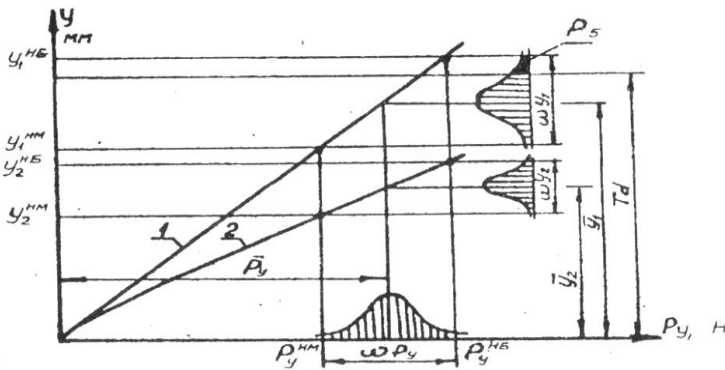


Рисунок 3.2 – Залежність сили різання при різних жорсткостях верстата

Низька жорсткість j_1 першого верстату призводить до виходу поля розсіювання ω_{y_1} за межі допуску Td , що обумовлює деяку вірогідність появи браку P_B . Якщо на настроєному верстаті обробляють партію заготовок, то нестабільність значень P_y і відповідне ω_{P_y} забезпечується в основному нестабільністю дійсних значень операційних припусків z , від яких залежить глибина різання $t = 0,5z$.

Отже, при відомих значеннях припусків $z^{нб}$ та $z^{нм}$ і жорсткості верстата j можна розрахувати $P_y^{нб}$ та $P_y^{нм}$ і по (3.1) визначити (дати прогноз) очікувані значення $y^{нб}$, $y^{нм}$, ω_y та \bar{y} . Так як похибка обробки $\Delta d_y = 2y$, то можливо прогнозувати точність обробки на етапі проектування операції, що і являється основною метою даної лабораторної роботи.

3.4 Порядок виконання роботи

3.4.1 Ознайомитися з інструкцією та робочим місцем.

3.4.2 Установити заготовку на верстаті та закріпити її.

3.4.3 Установити різець та індикатор.

3.4.4 Проточити заготовку по всій довжині для виключення радіального биття.

3.4.5 Назначити подачу s та швидкість різання v .

3.4.6 Записати в протокол експерименту всі вихідні дані, що характеризують верстат, ріжучий та вимірювальний інструмент, заготовку, режими обробки, особливості схеми установки заготовки

3.4.7 Провести дослід №1. Для цього необхідно проточити заготовку при $t_1 = 1$ мм на довжину $l_1 = 15$ мм; повернути різець у вихідне положення, задати повторно глибину $t_1 = 1$ мм і проточити заготовку на довжину $l_2 = 25 \dots 30$ мм, забезпечивши ступінчасте різання при $t_1 = 1$ мм та $t_2 = 2$ мм, виміряти індикатором віджим Δy_2 , розрахувавши P_{y_1} та P_{y_2} .

3.4.8 Виконати досліди №2-5, забезпечивши послідовність умови: $t_1 = 1$ мм; $t_2 = 3$ мм; $l_3 = 10$ мм; $t_1 = 1$; $t_4 = 4$ мм; $l_4 = 50$ мм; $t_1 = 1$ мм; $t_5 = 5$ мм; $l_5 = 60$ мм. Виміряти $\Delta_3 \dots \Delta_5$, та розрахувати $P_{y_3} \dots P_{y_5}$.

3.4.9 Підготувати та заповнити табл. Б. 5.(додаток Б)

3.4.10 По даним кожного i -го досліду розрахувати ΔP_{y_3} , j_i , y_i та $\Delta d_{y_1} = 2y_i$.

3.4.11 Побудувати графіки залежностей: $P_y = f(z)$ та $\Delta d_y = \psi(P_y)$.

3.4.12 Оцінити поле розсіювання похибки $\omega \Delta d_y$ та координату середини поля розсіювання $\Delta \bar{d}_y$.

3.4.13 Зрівняти значення $\omega \Delta d_y$ та $\Delta \bar{d}_y$ зі стандартними значеннями допусків для різних квалітетів точності, приведених в табл. В2.

3.4.14 Сформулювати висновки.

3.4.15 Оформити звіт, захистити та здати роботу.

3.5 Контрольні запитання

3.5.1 Що називається жорсткістю системи ВПД?

3.5.2 Що є показником жорсткості верстата і як його оцінити?

3.5.3 Які заготовки, окрім ступінчатих, можна використовувати в експерименті по оцінці жорсткості верстата?

3.5.4 Які основні причини призводять до нестабільності пружних відтискань при обробці на настроєних верстатах?

3.5.5 Чому в масовому виробництві використовують більш точні заготовки, ніж в серійному та одиничному?

3.5.6 Якщо $\omega \Delta d_y > Td$, то як можна забезпечити умову $\omega \Delta d_y < Td$?

3.5.7 Якщо $\omega \Delta d_y < Td$, але є брак, установити його причини та способи усунення.

3.5.8 Який від має залежність пружних відтискань від різних кутів різця?

3.5.9 Чи впливає знос різця на величину пружних відтискань?

3.5.10 Основні шляхи зниження пружних відтискань.

3.6 Зміст звіту

3.6.1 Тема роботи

3.6.2 Мета роботи

3.6.3 Верстати, обладнання, інструмент

3.6.4 Теоретичні дані про жорсткість і надійність систем ВПД.

3.6.5 Опис експериментального методу визначення відтискань, що виникають при обробці ступінчастого валу. Схеми, що наведені на рис.3.1 а,б.

3.6.6 Вихідні дані, для проведення експерименту:

Жорсткість верстата 16K20 - 2000÷3000 кгс/мм,

Режими різання:

$S=0,1$ мм/об, $n=185$ об/хв., $D=100\div 95$ мм, V_f м/хв (яку треба розрахувати)

Різець прохідний, Т15К6 $\varphi=45^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\lambda=0^\circ$, $r=1^\circ$, Матеріал заготовки - Сталь 45, $\sigma_b=75$ кг/м²

3.6.7 Розрахунки радіальної складової сили різання за формулами (3.2), (3.3), (потрібні для розрахунку коефіцієнти з табл. Б1-Б4. C_{py} , X^{py} , y^{py} , K_{py} , в залежності від вихідних даних пункту 3.5.6)

3.6.8 Таблиця Б5 – вихідні, розрахункові та дослідні дані. Таблиця заповнюється поступово - спочатку виконується експерименти згідно пунктів 3.4.8; 3.6.9, дані вимірювань пункту 3.4.10

3.6.9 Графіки залежності $P_y=f(z)$, $\Delta d=f(P_y)$ орієнтованих на графік рисунка 3.2.

3.6.10 Порівняння значень що отримані експериментально та вибрані з табл. Б.6.

3.6.11 Висновки.

Лабораторна робота №4

Оцінка похибки обробки, що викликана розмірним зносом різця

Мета роботи

Установити факт розмірного зносу різця; оцінити величину зносу та похибку обробки; побудувати графіки залежності величини зносу від шляху різання.

4.1 Верстати, обладнання, інструмент

Токарний верстат; різець прохідний з швидкорізючої сталі та твердого сплаву; заготовка з легованої сталі $d = 100 \dots 200$ мм; $L = 500 \dots 1000$ мм; пристосування для контролю розмірного зносу; лінійка $0 \dots 500$ мм.

4.2 Загальні теоретичні відомості

Розмірний знос ΔU різця виміряють в напрямку нормалі до оброблюваної поверхні (рис. 4.1). при статичній розмірній настройці верстату утворюється розмірний ланцюг "А". По мірі зносу різця початковий налагоджувальний розмір A_1 змінюється (зменшується) і похибка, викликана розмірним зносом рис.4.1

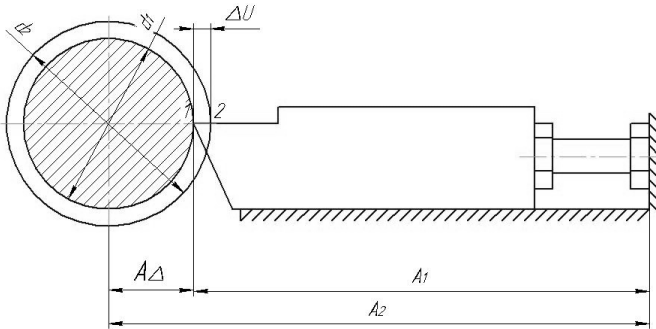


Рисунок 4.1 – Схема вимірювання розмірного зносу

$$\Delta d_u = d_2 - d_1 = A_2 - A_1 - A_\Delta + 2\Delta U, \quad (4.1)$$

де $\Delta U = f(L_p)$; L_p - довжина шляху різання:

$$L_p = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{1000 \cdot s}; \quad (4.2)$$

На графіку залежності $\Delta U = f(L_p)$ (рис. 4.2) ділянка **Оа**, на якій здійснюється приробка ріжучої кромки, вказує на підвищену швидкість зносу різця за час проходження шляху різання L_p . На ділянці **аб** відбувається так званий нормальний знос, тобто знос з постійною швидкістю.

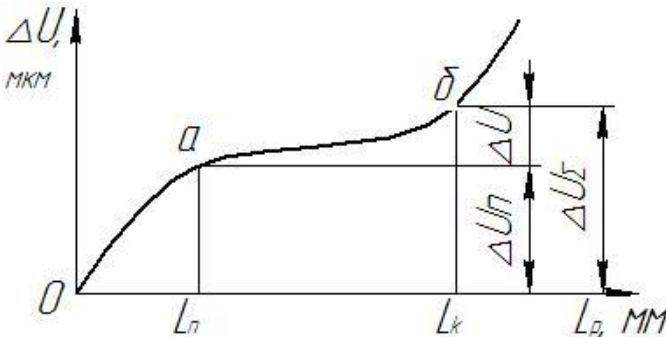


Рисунок 4.2 – Графік залежності $\Delta U = f(L_p)$

Лінійна залежність розмірного зносу від довжини шляху різання L_p на ділянці **аб** дозволяє прийняти за характеристику розмірного зносу відносний знос на 1000 м шляху різання, який позначається U_0 , мкм/км. В [1, табл. 28 с. 74] приведені значення U_0 для різців з пластинами з твердого сплаву. При відомих значеннях L_p та U_0 знос при його постійній швидкості (ділянка **аб**)

$$\Delta U = \frac{L_p}{1000} U_0; \quad (4.3)$$

Якщо врахувати знос ΔU_i який утворюється в період приробки (рис. 4.2), то загальний очікуваний знос

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_i + \Delta U = \frac{(L_p + 1000)}{1000} \cdot U_0; \quad (4.4)$$

Допустимі значення зносу $[\Delta U_{\Sigma}]$ регламентуються на основі узагальнення статистичних даних. В табл. D.10 приведені значення $[\Delta U_{\Sigma}]$ для різних способів токарної обробки.

Так як знос залежить від множини факторів, найбільш вірогідні його значення для конкретних умов обробки краще всього одержувати експериментальним шляхом.

4.3 Порядок виконання роботи

4.3.1 Вивчити правила з техніки безпеки.

4.3.2 Ознайомитися з інструкцією та робочим місцем.

4.3.3 Установити та закріпити заготовку на верстаті.

4.3.4 Вибрати з нормативів [2] режими різання для чистового точіння.

4.3.5 Установити різець у пристосуванні для контролю зносу та настроїти його.

4.3.6 Зняти різець та установити його в різцетримач.

4.3.7 Задати контрольні шляхи різання: $L_{p1} = 259$, $L_{p2} = 500$, $L_{p3} = 1000$, $L_{p4} = 1500$, $L_{p5} = 2000$, $L_{p6} = 2500$

4.3.8 Розрахувати по (4.2) довжини проходів l_i які відповідають вибраним L_{p_i} . Зробити на поверхні заготовки відмітки від правого торця, які відповідають значенням $l_1 \dots l_6$.

4.3.9 Установити частоту обертів шпинделя $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$, ввімкнути оберти шпинделя. Задати значення t та S .

4.3.10 Проточити заготовку на довжині проходу l_1 .

4.3.11 Зняти різець і охолодити. Установити його в контрольне пристосування та виміряти знос ΔU_1 .

4.3.12 Продовжити точити до відмітки l_2 . Виміряти знос ΔU_2 .

Повторити дослід для вимірів $\Delta U_3 \dots \Delta U_6$.

4.3.13 Побудувати графіки експериментальної залежності $\Delta U = f(L_p)$.

4.3.14 Орієнтуючись на дані табл. В.1, встановити допустимі значення $[L_p]$ та. відповідаючи йому значення $[l]$.

4.3.15 При наявності часу повторити дослід для різця з іншим ріжучим матеріалом.

4.3.16 Обговорити одержані результати.

4.3.17 Оформити звіт, захистити та здати роботу.

4.4 Зміст звіту

4.4.1 Тема роботи

4.4.2 Мета роботи.

4.4.3 Верстати, обладнання, інструмент.

4.4.4 Теоретичні дані що до зносу різця в залежності від довжини шляху різання, зобразити на рис.1.

4.4.5 Дані про різці, та матеріал деталі, твердість, оброблюваність, по довіднику [2].

4.4.6 Режими різання: n, V, S, t . за довідником [2]

4.4.7 Заповнити таблицю Д1, за результатами експериментів, виконаних пунктами 4.4.4-4.4.11

4.4.8 Графік залежності $\Delta U = f(L_p)$ (подібний до графіка рис.4.2)

4.4.9 Порівняння експериментальних даних та з табл. Г1, при точінні відповідного матеріалу деталі.

4.4.10 Висновки

4.5 Контрольні запитання

4.5.1 Який знос інструмента називають розмірним? Як він вимірюється та на що впливає?

4.5.2 На що впливає знос по заданій грані різця?

4.5.3 Від чого залежить знос інструменту?

4.5.4 Як можна підвищити зносостійкість інструменту?

4.5.5 Що представляє собою доводка інструмента? Для чого вона потрібна?

4.5.6 Чим пояснити характер кривої зносу (рис. 6.2)?

4.5.7 На яких чистових або чорнових операціях вплив зносу на точність обробки більш вагомий? Що називають відносним (питомим) зносом?

4.5.8 Як розрахувати допустиме число деталей, оброблених в одному міжналадочному періоді, з урахуванням розмірного зносу?

Тема 3

Якість поверхні

Лабораторна робота №5

Дослідження впливу технологічних факторів на шорсткість поверхні
при токарній обробці

Шорсткістю називається сукупність нерівностей з відносно малим кроком, яка утворює рельєф поверхні і розглядається в межах заданої базової довжини L (рис. 5.1)

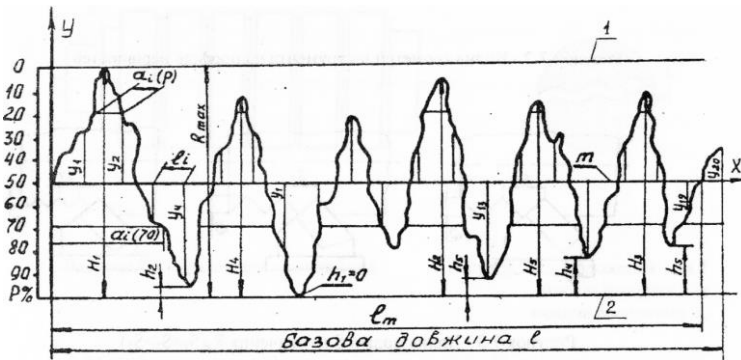


Рисунок 5.1 – Рельєф поверхні

Шорсткість істотно впливає на експлуатаційні показники виконавчих поверхонь: зносостійкість, антикорозійну стійкість, жорсткість стиків, міцність з'єднань та інші.

Зважаючи на ці властивості, конструктор, вказує на робочому кресленні допустимі значення показників шорсткості. Задача технолога - забезпечити ці вимоги конструктора, створивши певні умови обробки поверхні.

На утворення тієї чи іншої шорсткості впливає багато факторів: фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, режими різання, геометрія ріжучого інструмента та інші (рис. 5.2, 5.3).

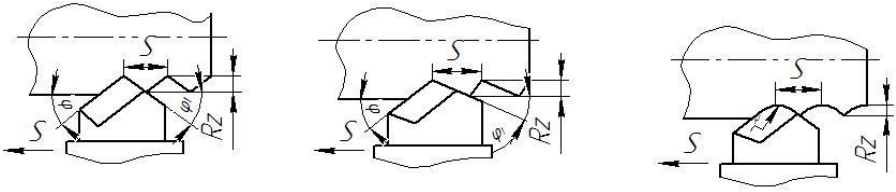
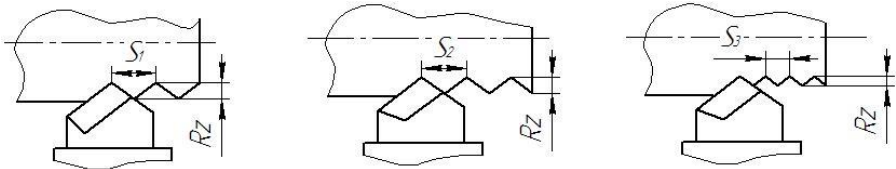


Рисунок 5.2 – Вплив геометрії інструмента на профіль нерівностей

Рисунок 5.3 – Вплив подачі S на значення $R_z (S_1 > S_2 > S_3)$

Для оцінки шорсткості ГОСТ 2789-73 вводять ряд показників, серед них є висотний показник, який показує середню відстань між п'ятьма і розглядається в межах заданої базової довжини L (рис. 5.1)

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 H_i - \sum_{i=1}^5 h_i \right) \quad (5.1)$$

Для оцінки R_z використовується метод світового перетину, який реалізується за допомогою мікроскопу МІС-11. Якщо оброблений зразок (рис. 5.4) установити на призму мікроскопу то в його окулярі можна спостерігати збільшений профіль поверхні та лінію відрахунку. Зміщуючи лінію відрахунку з максимальною точкою виступу (положення 1) знімають показники ноніуса. Потім переміщують лінію відрахунку в положення 2 (рис 5.5) і також знімають показники ноніуса. Різниця показників є висота 1-ї нерівності

$$a_i = H_i - h_i \quad (5.2)$$

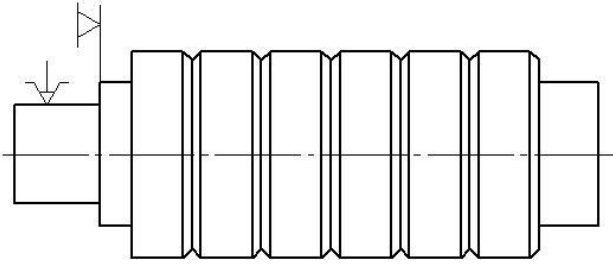
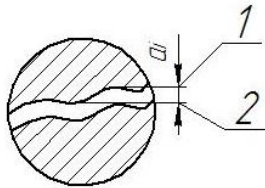


Рисунок 5.4. - Зразок для проведення дослідів

Рисунок 5.5 - Положення 1-ї та 2-ї лінії підрахунку при вимірюванні величини a_i

Маючи п'ять значень a_i , виміряних на базовій довжині знаходять

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i}{5} \quad (5.3)$$

Тоді дійсне значення висотного показника R_z

$$R_z = \frac{10\bar{a}}{2N}, \quad (5.4)$$

де N -збільшення об'єктива (табл. Д.2).

На базі дослідно-статистичних даних встановлені середньо економічні значення R_z одержані при різних методах обробки, частина яких приведена [1, табл. 25, с. 188].

Мета роботи

Встановити залежності $R_z=f(V)$; $R_z=f(S)$; $R_z=f(t)$; $R_z=f(r)$;
Пронормувати значення V , S , t , для забезпечення допустимого значення $[R_z]$

5.1 Верстати, обладнання, матеріали

- 5.1.1 Токарно-гвинторізний станок мод.16К20.
- 5.1.2 Подвійний мікроскоп мод. МИС-11.
- 5.1.3 Різці токарні прохідні з пластинами Т15К6.
- 5.1.4 Кутомір і радіусомір.
- 5.1.5 Срезки із сталі (рис. 5.4).
- 5.1.6 Штангенциркуль.
- 5.1.7 Змащуючо-охолоджувальна рідина ЗОР (емульсія-31 ГОСТ1975-75).
- 5.1.8 Еталони шорсткості.

5.2 Зміст роботи

- 5.2.1 Вивчення завдання і методики проведення роботи.
- 5.2.2 Проведення експерименту.
- 5.2.3 Оцінка шорсткості вимірюванням на мікроскопі МИС-11 з виконанням необхідних розрахунків.
- 5.2.4 Графічне зображення залежності $R_z=f(V)$, $R_z=f(S)$, $R_z=f(r)$.
- 5.2.5 Висновки по характеру залежностей.
- 5.2.6 Рекомендації значень V , S , r , які забезпечують задане значення R_z .
- 5.2.7 Захист звіту.

5.3 Методичні вказівки

5.3.1 Методика пошуку залежності параметра R_z від V , S , r , заснована на проведенні однофакторного експерименту, при якому значення всіх факторів фіксуються, а досліджуемому фактору, наприклад V , задається ряд значень.

5.3.2 Для знаходження залежності $R_z = f(V)$ обробка всіх секцій зразку № I проводяться при $S = 0,15$ мм/об; $t = 0,5$ мм і $r = 1$ мм.

Для обробки кожної i -тої ($i=1,2, \dots, 6$) секції назначають швидкості різання $V_i = 10, 20, 40, 80, 100, 120$ м/мин.

Для прийнятих значень V_i розраховують частоту обертання шпинделя:

$$n_i = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (5.4)$$

де D - діаметр зразку, мм

Кожне значення коректують по паспорту верстата (додаток Д). Одержаний ряд скоректованих (фактичних) значень, використовують для розрахунків фактичних швидкостей:

$$V_i = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (5.5)$$

В табл.5.1. значення $n_{i\phi}$ та $V_{i\phi}$ записують в колонки 2 і 3. Кожна i -а секція зразку обробляється без ЗОР за відповідним значенням $V_{i\phi}$.

Таблиця 5.1 - Дані дослідження залежності $R_z = f(V)$

| № дослід у | п, об/хв | V, м/хв | Різниця відчислень а по окуляр-мікрометру мікроскопа МИС-11 | | | | | | R_z , мкм | Клас шорсткості |
|------------|----------|---------|---|-------|-------|-------|-------|----------|-------------|-----------------|
| | | | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_{cp} | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |

5.3.3 Шорсткість поверхні кожної секції проміряють на мікроскопі МИС-11 визначенням параметра a_i (рис.5.5). Для цього необхідно на базовій довжині l (табл.5.1) виміряти п'ять найбільших значень a, i записати в табл.5.1 (колонки 4-8). Значення a_{cp} :

$$a_{cp} = \frac{a_1 + \dots + a_5}{5} \quad (5.6)$$

Точність вимірів залежить від правильного вибору об'єктива (табл. Д1). При цьому попередню оцінку класу шорсткості потрібно провести за допомогою еталонів шорсткості.

Значення параметра шорсткості поверхні кожної i -тої оцінки:

$$R_z = \frac{10\bar{a}}{2N} \quad (5.7)$$

де N - збільшення мікроскопу, вибране із табл. Д2.

Одержані значення R_z , записуються в графу 10 табл.5.1.

На основі даних табл. Д2 потрібно установити клас шорсткості і записати ці показники в графу 11 табл. 5. 1

5.3.6 Провести комплекс робіт відповідно вказівкам п. 5.3.2, обробку секції з використанням ЗОР. Занести результати в табл. 5.4, знайти залежність $R_z' = f'(V)$, та розглянути її поряд із залежністю $R_z = f(V)$.

Таблиця 5.4 - Дослідження залежності $R_z = f(V)$ при обточці з ЗОР

| № досліджу | n об/хв | V, м/хв | Різниця відчислень по окулярмікрометру мікроскопа МИС- II, мкм | | | | | | R_z , мкм | Клас шорсткості |
|------------|---------|---------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | | | a ₁ | a ₂ | a ₃ | a ₄ | a ₅ | a _{ср} | | |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |

5.3.7 На усіх графіках по осі ординат зазначити значення R_z , а по осі абсис - значення перемінного фактору. На графіках провести горизонтальні лінії, які відповідають класам шорсткості (див. табл. Д1).

5.4 Порядок виконання роботи

5.4.1 Вивчити вимоги техніки безпеки.

5.4.2 Вивчити інструкцію щодо роботи.

5.4.3 Для швидкостей 10, 20, 40, 80, 100 м/хв розрахувати частоту обертання шпинделя n , по формулі (5.4).

5.4.4 Скоректувати значення n , по паспорту (додаток Б) і записати їх в графу 2 табл. 5.1

5.4.5 Розрахувати фактичне значення $V_{i\phi}$ по (5.5), записати їх в графу 3 табл.5.1

5.4.6 Установити на верстаті зразок №1, подачу $S=0,15$ мм/об, глибину різання $t = 0,5$ мм і різець з радіусом $r = 1$ мм.

5.4.7 Проточити кожен секцію зразку, встановлюючи відповідні значення n_i .

5.4.8 Зняти зразок і за допомогою еталону шорсткості установити клас шорсткості поверхні кожної секції.

5.4.9 Використовуючи результати табл. Г2, підібрати об'єктиви.

5.4.10 Заміряти значення a_i ($i=1\dots5$) по поверхні кожної секції (рис.5.4) і занести їх в табл.5.5.

5.4.11 Розрахувати значення a_i та R_z , записати їх відповідно в графі 9 і 10 табл.5.1.

5.4.12 По табл. шорсткості (табл. Д1) встановити клас шорсткості, відповідно одержаним значенням R_z , та записати в графу 11 табл.5.1.

5.4.13 Показати графічне зображення залежності $R_z=f(V)$.

5.4.14 Установити на верстат зразок №2, глибину різання $t = 0,5$ мм, швидкість $V = 100$ м/хв і різець з радіусом $r = 1$ мм.

5.4.15 Записати в табл. 5.2 значення $S_f = 0.05; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4$ мм/об.

5.4.16 Проточити секції, послідовно замінюючи подачі S_f і залишаючи t , V , і r незмінними (першу секцію з $S = 0.05$ мм; другу - з $S = 0.1$ мм і далі).

5.4.17 Виконати роботу, вказану в пп. 5.4.8-5.4.12; заповнити табл.5.3.

5.4.18 Показати графічно залежність $R_z=\psi(\rho)$.

5.4.19 Установити зразок №3: $S = 0,2$ мм/об, $t = 0,5$ мм, $V = 120$ м/мин. Значення $r = 0,5; 1,0; 2,0; 3,0$ мм записати в табл.5.5.

5.4.20 Проточити першу секцію зразка різцем з $r = 0,5$ мм, другу секцію різцем з $r = 1$ мм і далі.

5.4.21 Виконати комплекс робіт, вказаних в пп. 5.4.8-5.4.12 та заповнити табл.5.4.

5.4.22 Зобразити графічно залежність $R_z = f(r)$.

5.4.23 Провести комплекс робіт, вказаних в пп. 5.4.3-5.4.12 при умові, що обточка зразка №4 проводиться з ЗОР; заповнити табл.5.4.

5.4.24 Зобразити графічно залежність $R_z=f(V)$ на графіку, що показує залежність $R_z=f(V)$.

5.4.25 Сформулювати висновки по характеру одержаних залежностей.

5.4.26 Оформити, підписати і захистити звіт.

5.5 Зміст звіту

5.5.1 Тема роботи

5.5.2 Мета роботи

5.5.3 Верстати, обладнання, інструмент.

5.5.4 Теоретичні дані що до впливу технологічних факторів на шорсткість поверхні.

5.5.5 Розрахунки режимів обробки та протокол вимірювань залежності $R_z=f(V)$, Таблиця 5.1. Графік залежності $R_z=f(V)$.

5.5.6 Протокол вимірювань залежності $R_z=f(S)$ Таблиця 5.2
Графік залежності $R_z=f(S)$

5.5.7 Протокол вимірювань залежності $R_z=f(r)$ Таблиця 5.3

Графік залежності $R_z=f(r)$

5.5.8 Протокол вимірювань залежності $R_z=f(V)$ при обробці з використанням ЗОР. Таблиця 5.4 Графік залежності $R_z=f(V)$

5.5.9 Висновки

5.6 Контрольні питання

5.6.1 Які ви знаєте параметри шорсткості?

5.6.2 На які експлуатаційні показники впливає шорсткість поверхонь деталей машин?

5.6.3 Чому зі збільшенням подачі S параметр R_z збільшується, а зі збільшенням радіуса r - зменшується?

5.6.4 Чим пояснюється характер одержаної залежності $R_z=f(V)$?

5.6.5 Як і чому ЗОР впливає на шорсткість поверхні?

5.6.6 На яких швидкостях різання краще точити сталь тієї марки, що досліджується?

5.6.7 Які фактори, крім S , V , r та ЗОР, впливають на шорсткість поверхні, яка обробляється точінням?

5.6.8 Яка основна ідея одно факторного експерименту? Його недоліки.

Додаток А

Таблиця А.1 – Протокол результатів вимірювань похибок установки в цанговому патроні

| Номер вибірки | Результати вимірювань, мм | | | | | | | | | | $\sum_{i=1}^5 X_i$ | $\overline{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{10}$ | $W_j = \overline{X}_{j\text{мм}} - \overline{X}_{j\text{мм}}$ |
|------------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--------------------|--|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | |

Примітка. Для дослідів №2 і 3 таблиці треба оформити за аналогією з табл. А.1

Таблиця А.2 – Значення коефіцієнта a_n

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Кількість вимірювань в вибірці | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 |
| Коефіцієнт a_n | 1,69 | 2,06 | 2,33 | 2,53 | 2,70 | 2,85 | 2,97 | 3,08 | 3,47 |

Таблиця А.3 – Нормативні дані щодо похибки установки

| Метод обробки базової поверхні заготовок | Напрямок зміщення заготовки | Похибки установки, мкм, при діаметрах базової поверхні заготовки, мм* | | |
|--|--------------------------------------|---|--------------|--------------|
| | | Від 18 до 30 | Від 30 до 50 | Від 50 до 80 |
| Точіння та шліфування по 7 та 8-му квалітетам точності | Установка в цанговому патроні | | | |
| | радіальний | 20...45 | 25...50 | 30...75 |
| Калібровані прутки по 13-му квалітету точності | радіальний | 70 | 90 | 100 |
| | осьове | 50 | 60 | 70 |
| Шліфування поверхні одиначної заготовки | Установка в трьохкулачковому патроні | | | |
| | Радіальне | 20 | 20 | 30 |
| | Осьовий | 10 | 10 | 15 |
| Чистове точіння поверхні одиначної заготовки | Радіальне | 50 | 50 | 80 |
| | Осьовий | 30 | 30 | 50 |

Примітка. Похибки установки в мкм для даних діапазонів діаметрів вимірювання контролюються на відстані від базового торцю відповідно 50, 75, 100 мм.

Додаток Б

Таблиця Б.1 - Значення коефіцієнтів та показників ступеней у формулі для розрахунку сили P_y для зовнішнього поздовжнього точіння

Таблиця Б.2 - Формули для розрахунку коефіцієнту K_{mp} ,

| Оброблюваний матеріал | Матеріал ріжучої частини інструменту | Коефіцієнти та показники | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
| | | C_{py} | X_{py} | Y_{py} | n_{py} |
| Сталь конструкційна $\sigma=75 \text{ кс/м}^2$ | Твердий сплав | 243 | 1,0 | 0,6 | -0,3 |
| | Швидкоріжуча сталь | 125 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| Чавун сірий HB 190 | Твердий сплав | 54 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| Чавун ковкий HB 150 | | 43 | 1,0 | 0,75 | 0 |

ураховуючи механічні властивості оброблюемого матеріалу

| Сталь конструкційна | Чавун | |
|---|---|---|
| | сірий | ковкий |
| $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{75} \right)^{np^*}$ | $K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np^*}$ | $K_{mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{np^*}$ |

* показник np дивись у табл. Б.3.

Таблиця Б.3 - Показник ступеню n_p у формулах для визначення коефіцієнта K_{mp} при розрахунку радіальної складової сили P_v

| Оброблюваний матеріал | Показник ступені n_p при матеріалі ріжучої частини інструменту | |
|-----------------------|--|-----------------------|
| | з твердого сплаву | з швидкоріжучої сталі |
| Сталь конструкційна | 1,35 | 2,0 |
| Чавун сірий та ковкий | 1,00 | 1,3 |

Таблиця Б.4 - Поправочні коефіцієнти, ураховуючи вплив геометрії інструмента на складову сили різання при точінні сталі та чавуну

| Параметри | | Матеріал ріжучого інструмента | Поправочний коефіцієнт | |
|--|----------|-------------------------------|------------------------|----------|
| Найменування | Величина | | Символ | Значення |
| Головний кут γ , град | 30 | Твердий сплав | $K_{\gamma p}$ | 1,30 |
| | 45 | | | 1,00 |
| | 60 | | | 0,77 |
| | 90 | | | 0,55 |
| | 30 | Швидкоріжуча сталь | | 1,6 |
| | 45 | | | 1,00 |
| | 60 | | | 0,71 |
| | 90 | | | 0,44 |
| Передній кут γ , град. | -15 | Твердий сплав | $K_{\gamma p}$ | 2,00 |
| | 0 | | | 1,40 |
| | 10 | Швидкоріжуча сталь | | 1,00 |
| | 10-15 | | | 1,60 |
| | 20-25 | | | 1,00 |
| Кут нахилу головного леза, λ град. | -5 | Твердий сплав | $K_{\lambda p}$ | 0,75 |
| | 0 | | | 1,00 |
| | 5 | | | 1,25 |
| | 15 | | | 1,70 |
| | | | | |
| Радіус при вершині r , град | 0.5 | Швидкоріжуча сталь | K_{rp} | 0,66 |
| | 1.0 | | | 0,82 |
| | 2.0 | | | 1,00 |
| | 3.0 | | | 1,14 |

Примітка. Для різців з швидкоріжучої сталі приймати $K_{\lambda p} = 1$; для різців з твердого сплаву $K_{rp} = 1$

Таблиця Б.5 – Вихідні, розрахункові та експериментальні дані.

| № п\п | Припуск z_i , мм | Глибина $t_{ш}$, мм | Сила різання R_{y_i} , кгс | Приріст сили ΔP_{y_i} , кгс | Приріст відтискань, мм | | | Жорсткість j_i , кгс/мм $\Delta dy_i=2y_i$ | Відтискання, мм: $y_i=R_{y_i}/j$ | Похилка, мм; $\Delta dy_i=2y_i$ |
|-------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------|---|------------------------|--------------|---------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | | ΔY_1 | ΔY_2 | ΔY_3 ΔY_i | | | |
| 1 | 2 | 1 | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 2 | | | | | | | | |
| 3 | 6 | 3 | | | | | | | | |
| 4 | 8 | 4 | | | | | | | | |
| 5 | 10 | 5 | | | | | | | | |

Таблиця Б.6 - Табличні значення допусків

| Квалітет | Допуски на розміри, мм | | | | | | | | | | | |
|----------|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|--|
| | Більш 3 до 6 | 6-10 | 10-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 | 180-250 | 250-315 | 315-400 | |
| 7 | 12 | 15 | 18 | 21 | 25 | 30 | 35 | 40 | 46 | 52 | 57 | |
| 8 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 46 | 54 | 63 | 72 | 81 | 89 | |
| 9 | 30 | 36 | 43 | 52 | 62 | 74 | 87 | 100 | 115 | 130 | 140 | |
| 10 | 48 | 58 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 185 | 210 | 230 | |
| 11 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 | |
| 12 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 460 | 520 | 570 | |
| 13 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 | 810 | 890 | |
| 14 | 300 | 360 | 430 | 520 | 620 | 740 | 870 | 1000 | 1150 | 1300 | 1400 | |

Додаток В

Таблиця В.1 - Допустиме розмірне спрацювання інструмента при обробці партії заготовок, мкм

| Витримуємий розмір, мм | Обробка | | |
|------------------------|----------|---------|-------|
| | чорнова | чистова | тонка |
| До 30 | 30...80 | 15 | 2 |
| Більше 30 до 80 | 45...120 | 20 | 3 |
| Більше 80 до 180 | 60...150 | 30 | 6 |
| Більше 180 до 360 | 75...200 | 40 | 10 |

Таблиця В.2 – Протокол вимірювань

| № експерименту | Шлях різання Lр.х. (м) | Довжина проходу на деталі лі (мм) | Знос різця, ΔU_i |
|----------------|---------------------------|---|-----------------------------|
| 1 | 250 | | |
| 2 | 500 | | |
| 3 | 1000 | | |
| 4 | 1500 | | |
| 5 | 2000 | | |
| 6 | 2500 | | |

Додаток Г

Таблиця Г.1 - Фокусні відстані та збільшення при вимірюванні на мікроскопі МИС-11

| № п/п | Фокусні відстані об'єктива F | Збільшення об'єктива N | Виміряні значення R_z , мкм |
|-------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 25,02 | 5,9 | 320...19 |
| 2 | 13,89 | 10,5 | 10...3,2 |
| 3 | 8,16 | 18 | 10...3,2 |
| 4 | 4,25 | 34,5 | 3,2...0,8 |

Таблиця Г.2 – Класи шорсткості поверхонь по ГОСТ 2789-73

| Клас шорсткості поверхні | Параметри шорсткості, мкм | | Базова довжина <i>l</i> , мкм |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|
| | Ra | Rz | |
| 1 | - | від 320 до 160 | 3,0 |
| 2 | - | від 160 до 80 | 3,0 |
| 3 | - | від 80 до 40 | 3,0 |
| 4 | - | від 40 до 20 | 2,5 |
| 5 | - | від 20 до 10 | 2,5 |
| 6 | від 2,5 до 1,25 | від 10 до 6,3 | 0,8 |
| 7 | від 1,25 до 0,63 | від 6,3 до 3,2 | 0,8 |
| 8 | від 0,63 до 0,32 | від 3,2 до 1,6 | 0,8 |
| 9 | від 0,32 до 0,16 | від 1,6 до 0,8 | 0,25 |
| 10 | від 0,16 до 0,08 | від 0,8 до 0,4 | 0,25 |
| 11 | від 0,08 до 0,04 | від 0,4 до 0,2 | 0,25 |
| 12 | від 0,04 до 0,02 | від 0,2 до 0,1 | 0,25 |
| 13 | - | від 0,1 до 0,05 | 0,08 |
| 14 | - | від 0,05 до 0,025 | 0,08 |