

В.В. Воронько, Ю.В. Д'яченко, А.С. Набатов,
С.Д. Проскурін, Е.П. Рогачов, В.Т. Сікульський

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ РОЗМІРНОЮ ОБРОБКОЮ**

2005

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

В.В. Воронько, Ю.В. Д'яченко, А.С. Набатов,
С.Д. Проскурін, Е.П. Рогачов, В.Т. Сікульський

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ РОЗМІРНОЮ ОБРОБКОЮ**

Навчальний посібник з лабораторного практикуму

Харків "ХАІ" 2005

удк 621.753.4 (075.8)

Технологія виробництва деталей літальних апаратів розмірною обробкою / В.В. Воронько, Ю.В. Д'яченко, А.С. Набатов, С.Д. Проскурін, Є.П. Рогачов, В.Т. Сікульський. – Навч. посібник з лабораторного практикуму. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2005. – 76 с.

Викладено методику розрахунку режиму різання для токарської обробки заготовок з алюмінієвих, сталевих і титанових сплавів на верстаті з ЧПК.

Подано основні етапи розробки керуючої програми обробки на токарському верстаті з ЧПК моделі ТПК-125ВН у режимі прямого керування від комп'ютера.

Проаналізовано питання забезпечення заданої точності при токарській обробці партії деталей.

Описано особливості електроерозійної (ЕЕО) й електрохімічної (ЕХО) обробки високоміцних авіаційних матеріалів.

Висвітлено питання базування деталей, методику проектування спеціальних верстатних і використання системи універсально-збірних пристроїв.

Для студентів, що вивчають дисципліни, пов'язані із літако- і вертольотобудуванням, виробництвом літальних апаратів, а також системами автоматизованого проектування.

Іл. . Табл. . Бібліогр.: назв.

Рецензенти: лауреат Державної премії України В.І. Заяц,
канд. техн. наук, доц. В.Г. Чистяк

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2005 р.

Воронько Віталій Володимирович
Д'яченко Юрій Веніамінович
Набатов Олексій Степанович
Проскурін Сергій Дмитрович
Рогачов Євгеній Петрович
Сікульський Валерій Терентійович

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ РОЗМІРНОЮ ОБРОБКОЮ**

Редактор

Св. план, 2005

Підписано до друку . .2007

Формат 60(84 1/16. Бум. офс. № 2. Офс. печ.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Т. 150 экз. Замовлення .

Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАИ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

ВСТУП

Лабораторні заняття сприяють формуванню практичних навичок у розробці і реалізації технологічних процесів виробництва виробів авіаційної і ракетно-космічної техніки і відіграють важливу роль у технологічній підготовці інженерів-механіків.

Процес різання являє собою комплекс надзвичайно складних явищ, що залежать від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, якості ріжучого інструмента умов різання, стану верстата, твердості технологічної системи.

Фізичні явища, що складають процес різання, визначають необхідну основу для конструювання інструментів, верстатів і пристроїв, а також для створення більш досконалих методів обробки. Виходячи з аналізу фізичного механізму різання, визначають оптимальний режим різання, при якому максимально використовуються властивості ріжучого інструмента і технологічні можливості верстата й оснащення.

Одним зі шляхів підвищення ефективності автоматизованої обробки різанням на устаткуванні з ЧПК є інтенсифікація режиму різання, швидкісних і силових параметрів технологічних процесів розмірної обробки. Дані фактори поряд з підвищенням продуктивності обробки викликають збільшення пружних деформацій системи **"верстат – пристроїв – інструмент – деталь"**, а також динамічних і функціональних погрешностей обробки. Застосування в конструкції літальних апаратів високоміцних матеріалів з низькою оброблюваністю клиновим різальним інструментом вимагає використання електрофізичних методів розмірної обробки.

У даному навчальному посібнику з лабораторного практикуму викладена методика розрахунку режиму різання для токарських верстатів із ЧПК, розглянуті методика і технологічні особливості розробки керуючих програм обробки. Проаналізовано питання забезпечення заданої точності механічної обробки виробничих партій деталей на токарському верстаті з ЧПК моделі ТПК–125ВН. Лабораторний практикум дає уявлення про технологічні можливості електроерозійної й електрохімічної обробки високоміцних авіаційних матеріалів, сприяє набуттю практичних навичок у рішенні питань проектування спеціальних верстатних пристроїв, застосуванні системи універсально-збірних верстатних пристроїв. Лабораторний практикум реалізується на базі комп'ютерних інтегрованих систем CAD/CAM, що відповідає концепції сучасної інженерної підготовки авіаційних фахівців.

Лабораторна робота № 1

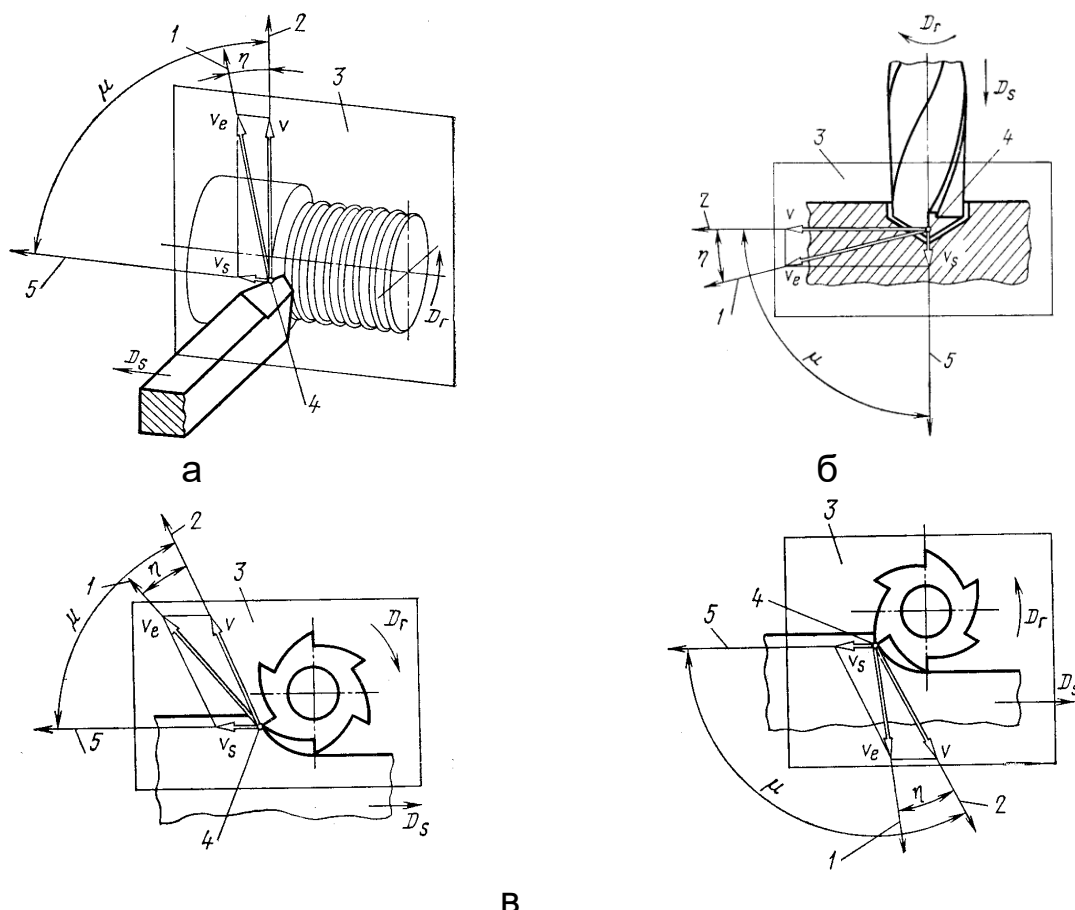
ВИВЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ

Мета роботи – ознайомлення з кінематичними елементами обробки різанням, вивчення геометричних параметрів токарського різця і їхнього впливу на процес різання при точінні.

1.1 КІНЕМАТИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ

Обробка різанням – обробка, що полягає в утворенні нових поверхонь відділенням поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. Утворення поверхонь супроводжується деформуванням і руйнуванням поверхневих шарів матеріалу.

Обробка різанням має загальні кінематичні елементи і характеристики (малюнок 1.1).



В
Малюнок 1.1 – Елементи рухів у процесі різання:

а – точіння; б – свердління; в – зустрічне і побіжне фрезерування; 1 – напрямок швидкості результуючого руху різання; 2 – напрямок швидкості головного руху різання; 3 – робоча (головна) площина P_s ; 4 – розглянута точка ріжучої кромки; 5 - напрямок швидкості руху подачі; η – кут швидкості різання; μ – кут подачі

Головний рух різання D_r – прямолінійний поступальний або обертальний рух заготовки або різального інструмента, що відбувається з найбільшою швидкістю в процесі різання. Забезпечує певну швидкість відділення стружки від заготовки.

Швидкість головного руху різання v – швидкість розглянутої точки ріжучої кромки, або заготовки в головному русі різання. Розглядається в головному русі і є відношенням шляху, пройденого точкою ріжучої кромки до одиниці часу (м/хв, м/с).

Рух подачі D_s – прямолінійний поступальний або обертальний рух ріжучого інструмента, або заготовки, швидкість якого менше швидкості головного руху різання, призначене для того, щоб поширити відділення шару матеріалу на всю оброблювану поверхню. Рух подачі може бути безперервним або переривчастим, а в залежності від напрямку – поздовжнім, поперечним і складним.

Швидкість руху подачі v_s – швидкість розглянутої точки ріжучої кромки у русі подачі.

Швидкості головного руху різання і руху подачі розташовуються в робочій (головній січній) площини P_s .

1.2 ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТА

Ріжучий інструмент має такі загальні конструктивні елементи (малюнок 1.2):

- лезо інструмента – це клинчастий елемент ріжучого інструмента для проникнення в матеріал заготовки і відділення шару матеріалу;

- передня поверхня ріжучого леза A_γ (на малюнку 1.2, а) – поверхня леза інструмента, що контактує в процесі різання із зрізуваним шаром, і стружкою;

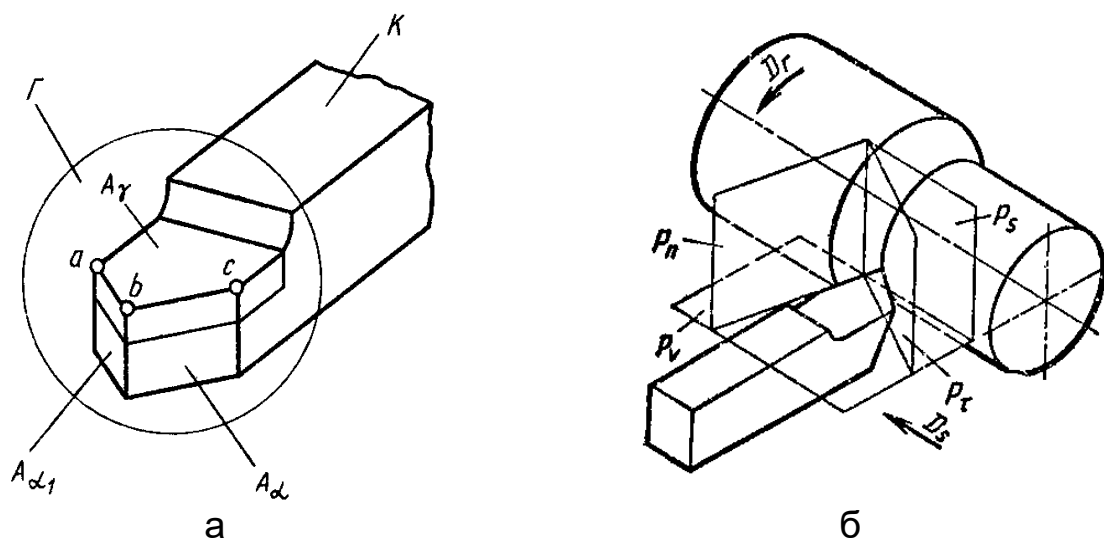
- задня поверхня (A_α на малюнку 1.2, а) – поверхня леза інструмента, що контактує в процесі різання з поверхнями оброблюваної заготовки;

- ріжуча кромка - кромка леза інструмента, утворена перетинанням передньої і задньої поверхонь леза.

Токарський різець (малюнок 1.2, а) складається з робочої частини G й корпусу K (стрижень, держало, хвостовик) для закріплення на верстаті і має такі типові геометричні параметри: ab – допоміжна ріжуча кромка; bc - головна ріжуча кромка; b - вершина різця A_γ ; - передня поверхня $A_{\alpha 1}$; - задня допоміжна поверхня A_α ; - головна задня поверхня.

Головна ріжуча кромка й виконує основну роботу різання, утворюється перетинанням передньої і головної задньої поверхонь різця. Перетинання передньої і задньої допоміжної поверхонь утворює допоміжну ріжучу кромку.

Головна ріжуча кромка й виконує основну роботу різання, утворюється перетинанням передньої і головної задньої поверхонь різця. Перетинання передньої і задньої допоміжної поверхонь утворює допоміжну ріжучу кромку.



Малюнок 1.2 – Елементи і координатні площини токарського різця

Місце перетинання головної і допоміжної ріжучих кромки є вершиною різця.

Для відліку кутів токарського різця використовують такі вихідні площини (малюнок 1.2, б): основна площина P_v , площина різання P_n , а також головна P_s і допоміжна P_τ січні площини.

Основна площина P_v рівнобіжна векторам поздовжньої і поперечної подачі. У токарських різців основна площина P_v збігається з опорною площиною корпуса різця.

Площина різання P_n є дотичною до поверхні різання і проходить через головну ріжучу кромку різця перпендикулярно основній площині.

Головна січна площина P_s перпендикулярна проекції головної ріжучої кромки на основну площину, а допоміжна січна P_τ площина перпендикулярна проекції допоміжної ріжучої кромки на основну площину.

1.2.1 ГЕОМЕТРІЯ ТОКАРСЬКОГО РІЗЦЯ

Сукупність кутів, що визначають положення граней різця щодо координатних площин, називається геометрією інструмента.

На малюнку 1.3 показані токарський різець і заготовка в проекції на основну площину: P_n – слід площини різання; P_v – слід площини, рівнобіжної основній площині; I – оброблювана поверхня; II – оброблена поверхня; R – поверхня різання.

Головні кути різця (γ, α, β) розглядають у головній січній площині

(на малюнку 1.3 площина $N-N$), а допоміжні кути ($\gamma_I, \alpha_I, \beta_I$) – у допоміжній січній площині (на малюнку 1.3 площина N_I-N_I).

Для визначення положення граней токарського різця щодо координатних площин використовують шість кутів:

- передній кут γ – кут між передньою гранню й основною площиною P_v ;

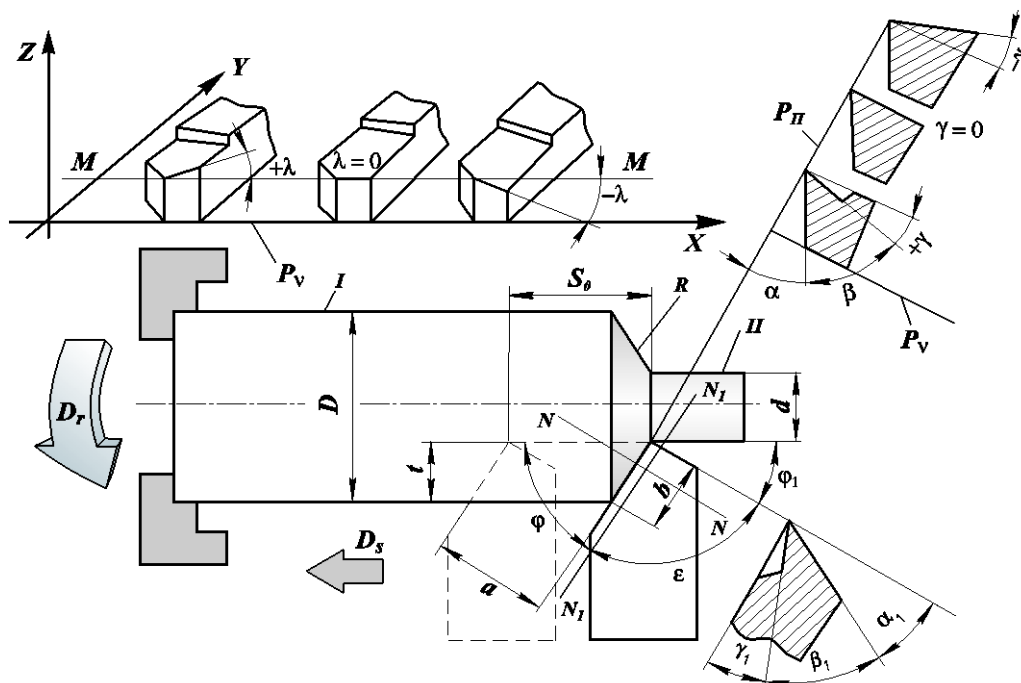
- головний задній кут α – кут між головною задньою гранню і площиною різання (його вимірюють у головній січній площині, на малюнку 1.3 – це площина $N-N$);

- допоміжний задній кут α_I – кут між допоміжною задньою гранню і площиною, що проходить через допоміжну ріжучу кромку перпендикулярно основній P_v площині (його вимірюють у допоміжній січній площині, на малюнку 1.3 – це площина N_I-N_I);

- кут нахилу λ головної ріжучої кромки - кут між головною ріжучою кромкою і основною площиною P_v (цей кут вимірюють у площині різання P_n);

- головний кут у плані φ – кут між проекцією головної ріжучої кромки на основну площину і напрямком руху подачі;

- допоміжний кут у плані φ_I – кут між проекцією допоміжної ріжучої кромки на основну площину і напрямком, протилежним рухові подачі (ці кути вимірюють в основній площині P_v).



Малюнок 1.3 – Геометричні параметри токарського різця

Похідні кути різця від перерахованих вище: кут загострення $\beta=90^\circ-(\gamma + \alpha)$, кут при вершині різця $\epsilon=180^\circ-(\varphi + \varphi_I)$.

Найбільше істотно на процес різання впливає передній кут γ . При позитивному передньому куті різець має гострий кут різання. При цьому пластична деформація металу і сили різання зменшуються, але утрудняється тепловідвід і знижується міцність ріжучої частини тому, що вона працює на вигин і вірогідність її зламу зростає. При негативних значеннях γ кут різання стає тупим, пластична деформація і сили різання збільшуються, але поліпшується тепловідвід і зростає міцність ріжучої частини тому, що вона працює на стискування, що є більш сприятливим видом навантаження. При обробці кольорових металів і сплавів приймають γ від 10 до 30°; при гострінні важкооброблюваних матеріалів і загартованих вуглецевих сталей, а також при наявності ливарної кірки на поверхні заготовки – γ від 0 до -10°.

Задній кут α служить для зменшення тертя між задніми гранями різця й обробленою поверхнею, його вибирають у межах від 6 до 10°.

Значно на процес гостріння впливає кут нахилу λ головної ріжучої кромки (на малюнку 1.3 – кут між головною ріжучою кромкою і $M-M$ площиною, проведеною через вершину ріжучої частини різця паралельно основній площині P_v). Прийнято вважати кут λ позитивним, якщо вершина різця – найнижча точка ріжучої кромки. Величина і знак кута λ впливають на напрямок сходу стружки.

Для обдирних робіт застосовуються позитивні кути λ . При цьому стружка направляєтся до обробленої поверхні, можливе намотування її на деталь і дряпання поверхні деталі. Тому для чистової обробки застосовують різці з негативними кутами λ , коли стружка спрямована до оброблюваної поверхні.

Головний кут у плані ϕ істотно впливає на стійкість різця і шорсткість обробленої поверхні. Зі зменшенням головного кута в плані шорсткість обробленої поверхні зменшується. Однак при малих значеннях кута ϕ можливе виникнення вібрацій, у результаті чого погіршується якість обробленої поверхні і збільшується знос інструмента.

Товщина зрізаного шару a виміряється в напрямку, нормальному до ріжучої кромки між положеннями площини різання за одне обертання заготовки (див. малюнок 1.3): $a = S_0 \sin \phi$.

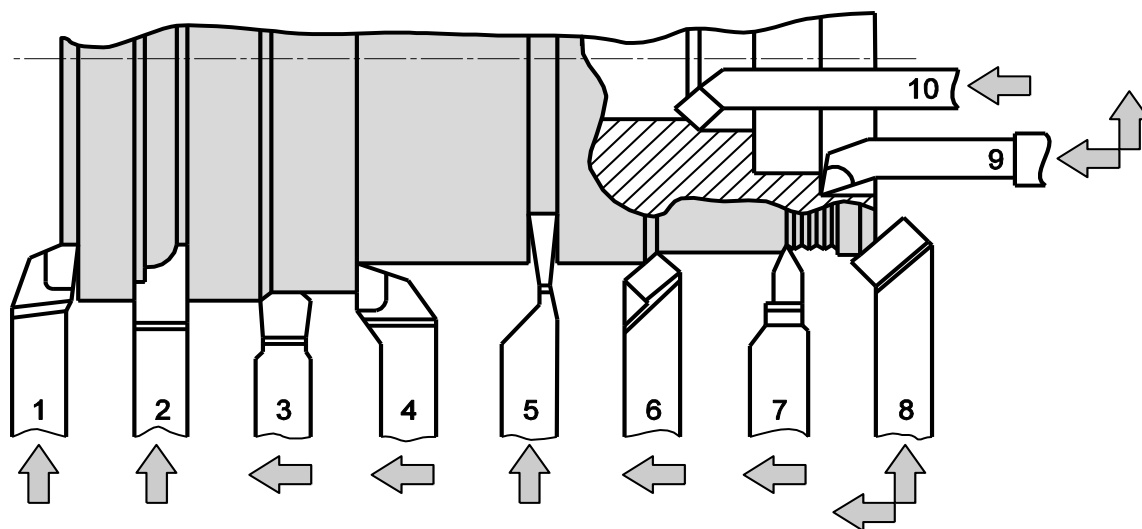
Ширина зрізаного шару b - відстань між точками на поверхні заготовки, виміряна вздовж ріжучої кромки (по ширині поверхні різання) $b = t / \sin \phi$.

1.3 ТИПИ ТОКАРСЬКИХ РІЗЦІВ

Велика кількість різних технологічних операцій, виконуваних на токарських верстатах, обумовлює різноманіття конструкцій застосовуваних різців.

За конструктивно-технологічними ознаками токарські різці підрозділяють на такі типи (малюнок 1.4):

- за призначенням – прохідні 6, 8 і прохідні упорні 4, підрізні 1, відрізні і прорізні 5, розточувальні 10, 9, фасонні 2, різьбові 7, різці для чистової обробки 3;
- за напрямком руху – праві 6 і ліві, радіальні і тангенціальні;
- за формою ріжучої частини - прямі 6, 3, відігнуті 1, 4, 8, 9, 10, відтягнуті 5, 7;
- за конструкцією – цільні, збірні з різними способами кріплення ріжучих пластин і різцеві блоки.



Малюнок 1.4 – Основні типи токарських різців

Типи конструкції різців вибирають з урахуванням комплексу технологічних показників (характеру операції, властивостей матеріалів, геометричних параметрів інструмента).

1.3.1 ЕЛЕМЕНТИ КОНТУРУ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ

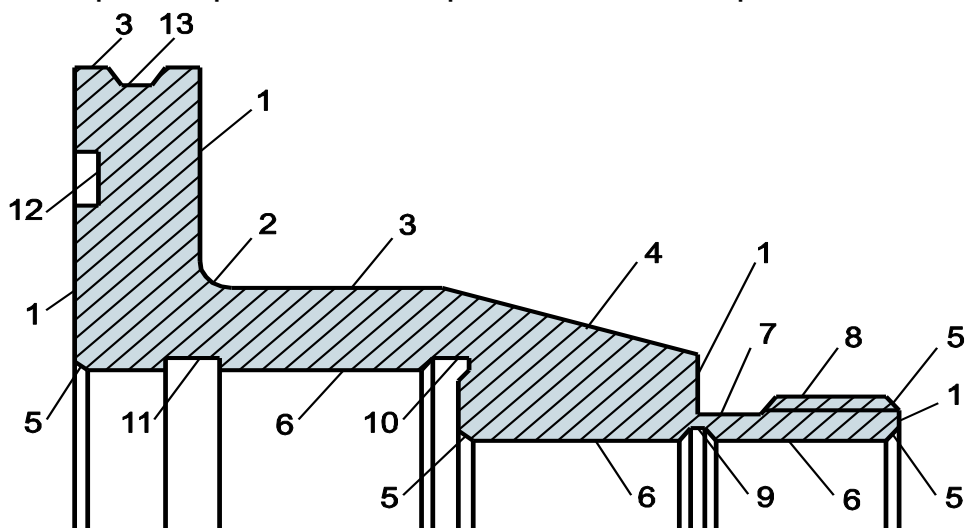
Поверхні деталей, оброблюваних на токарських верстатах, поділяють на торцеві площини, перпендикулярні до осі обертання, співвісні циліндри, конуси, сфери, тори і поверхні обертання з довільною криволінійною твірною, а також гвинтові поверхні, що формують різьби. Твірними цих поверхонь є прямі, кола та лінії.

З технологічної точки зору ці геометричні елементи і відповідні їм поверхні прийнято поділяти на основні і додаткові (малюнок 1.5).

Основними елементами контуру деталі є твірні поверхонь, що можуть бути оброблені різцем для контурної обробки з головним кутом у плані $\varphi = 95^\circ$ і допоміжним кутом плану $\varphi_1 = 30^\circ$. Для зовнішніх і торцевих поверхонь такий різець належить до типу прохідних, а для внутрішніх – розточувальних.

Додатковими елементами контуру деталі є твірні поверхонь, формоутворення яких не може бути виконано зазначеним різцем. До додаткових елементів контуру відносяться торцеві й кутові канавки для виходу шліфувального кола, канавки на зовнішній, внутрішній і

торцевій поверхнях, різьбові поверхні, жолоби під ремені тощо.



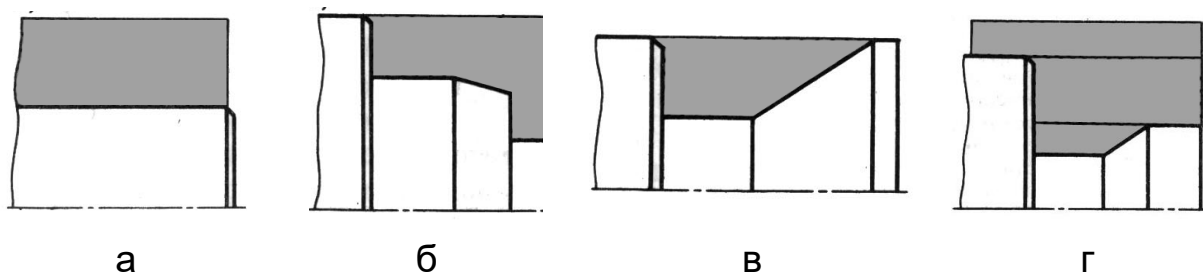
Малюнок 1.5 – Поверхні, що утворюють контур деталі:

основні: 1 – торцева, 2 – радіусна торцева, 3 – циліндрична зовнішня, 4 – конусна, 5 – фаска, 6 – циліндричний отвір; додаткові: 7 – зарізьбова канавка, 8 – різьбова поверхня, 9 – внутрішня трапеційдальна канавка, 10 – кутова канавка, 11 – внутрішня прямокутна канавка, 12 – торцева канавка, 13 – жолоб

1.3.2 ЗОНИ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ

Кожна зона токарської обробки на верстатах із ЧПК відповідає одному технологічному переходові і формується в залежності від конфігурації чорнового або чистового контуру деталі і технологічних можливостей ріжучого інструмента, що виконує даний перехід. Для токарських різців ці технологічні можливості визначаються основним і допоміжним кутами в плані.

Зони токарської обробки поділяються на відкриті, напіввідкриті, закриті та комбіновані (малюнок 1.6).



Малюнок 1.6 – Зони токарської обробки:

а – відкрита; б – напіввідкрита; в – закрита; г – комбінована

Відкрита зона (малюнок 1.6, а) формується при знятті припуску з циліндричної, а в деяких випадках конічної поверхні. При виборі різця для обробки цієї зони обмеження на головний і допоміжний кути в плані не накладаються.

Найбільш типовою для токарської обробки є напіввідкрита зона (малюнок 1.6, б), конфігурація якої накладає обмеження на величину

головного кута різця в плані.

Закрита зона (малюнок 1.6, в) зустрічається переважно при обробці додаткових поверхонь і її конфігурація накладає обмеження на величину як головного, так і допоміжного кутів різця в плані.

Комбінована зона (малюнок 1.6, г) являє собою об'єднання двох або трьох зон, описаних вище.

1.4 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Токарські різці різного типу.
2. Кутомір слюсарний.
3. Мікроскоп МБС–9 (збільшення від 4 до 100).

1.5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитися із сутністю кінематичних елементів обробки різанням.

2. Вивчити геометричні параметри ріжучого інструмента, типи токарських різців, елементи контуру і зони обробки точінням.

3. Вимірити геометричні параметри токарських різців і проаналізувати їхні технологічні можливості.

4. Відповісти на контрольні питання.

5. Оформити звіт про лабораторну роботу.

1.6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які кінематичні елементи є загальними для процесів обробки різанням?

2. Які загальні конструктивні елементи має ріжучий інструмент?

3. Які координатні площини використовують для визначення кутів токарського різця?

4. Назвіть шість кутів, що визначають положення граней токарського різця.

5. Як впливають на процес різання передній і задній кути; кут нахилу головної ріжучої кромки?

6. На які типи поділяють токарські різці за конструктивно-технологічними ознаками?

1.7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Короткий конспект, що відбиває елементи руху, елементи і координатні площини токарського різця.

2. Основні поняття, що визначають геометричні параметри токарського різця, і їхній вплив на процес різання.

3. Ескіз токарського різця з геометричними параметрами й аналіз його конструктивно-технологічних ознак.

4. Висновки за лабораторною роботою.

Лабораторна робота № 2

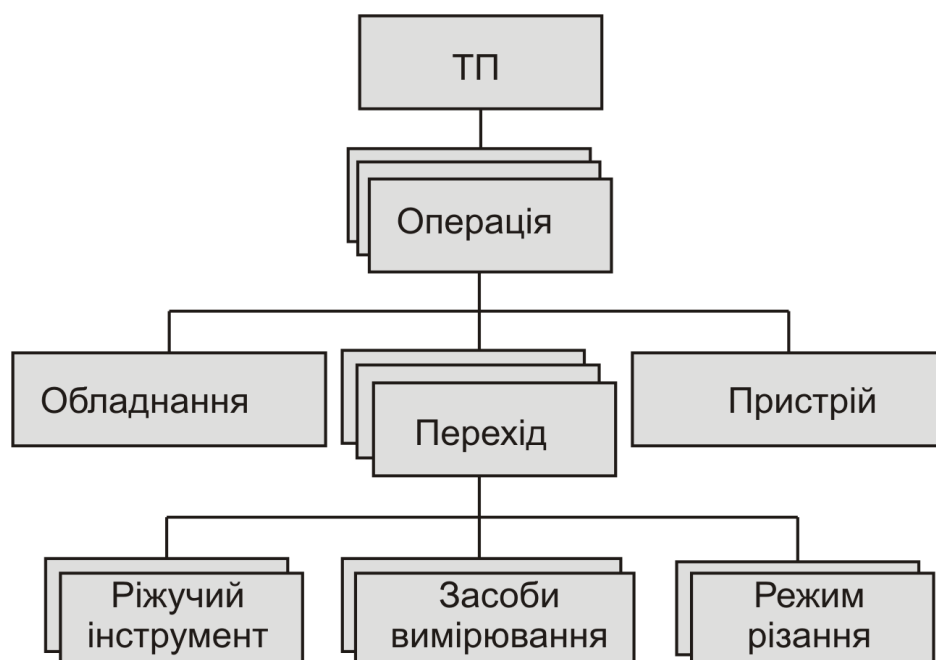
РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РІЗАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРСЬКИХ ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК

Мета роботи – вивчення технологічних особливостей розрахунку режиму різання для обробки деталей на токарських верстатах із ЧПК, набуття практичних навичок у розробці операційних технологій програмної обробки точінням.

2.1 СТРУКТУРНА СХЕМА ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ

Обробка матеріалів різанням є найбільш універсальним процесом формоутворення деталей шляхом видалення поверхневих шарів заготовки. У результаті відбувається утворення нових поверхонь деталі заданої форми, визначеної точності і шорсткості.

Структурна схема технологічного процесу (ТП) обробки різанням з видаленням зайвого матеріалу представлена на малюнку 2.1.



Малюнок 2.1 – Структурна схема ТП обробки різанням

ТП обробки різанням складається з послідовності технологічних і допоміжних операцій.

Технологічна операція – це закінчена частина ТП, виконувана на одному робочому місці. Робочим місцем для операцій обробки різанням є технологічне устаткування різного призначення (токарські, фрезерні, свердлильні, шліфувальні верстати).

Технологічне устаткування – це засоби технологічного оснащення, у яких для виконання визначеної частини ТП розміщують матеріали або заготовки, засоби впливу на них, а також технологічне оснащення.

У лабораторній роботі як технологічне устаткування

використовується токарський верстат із ЧПК високої точності моделі ТПК–125ВН із пристроєм ЧПК Н22–1М.

Пристрій – це технологічне оснащення, призначене для установки або напрямку предмета праці або робочого інструмента при виконанні технологічної операції.

Для токарських верстатів, у тому числі і верстатів із ЧПК, пристосуванням для установки і закріплення круглих заготовок є трикулачковий патрон у шпинделі верстата.

Робочий інструмент – це технологічне оснащення, призначене для безпосереднього впливу на предмет роботи з метою зміни його стану.

Для обробки точінням робочими інструментами є токарські різці різного призначення і конструкції. Токарські різці кріплять у різцетримачі на двохкоординатному супорті верстата. Геометричні параметри і технологічні можливості токарських різців розглянуті в лабораторній роботі №1.

Токарська обробка знаходить широке застосування при виготовленні тіл обертання складної форми і підвищеної точності з різних конструкційних матеріалів.

За характером обробки розрізняють такі **види точіння**:

– **чорнове** – видалення дефектних шарів заготовок, розрізування, відрізка і підрізування торців заготовок, зрізання поверхневої «кірки» і основної (до 70%) частини припуску на обробку;

– **напівчистове** – зняття від 20 до 25% припуску; шорсткість $R_z = 40 \dots 20 \dots 20$, точність 10 – 11-го квалітетів; заготівля одержує форму, близьку до форми деталі;

– **чистове** – шорсткість $R_z = 20 \dots 1 \dots 1,25$, точність 7 – 9-го квалітетів; деталь набуває остаточної форми і розмірів;

– **тонке (алмазне)** – зрізання дуже тонкої стружки; шорсткість $R_z = 0,65 \dots 0 \dots 0,32$, точність 5 – 7-го квалітетів.

2.1.1 ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПЕРЕХОДУ

Технологічний перехід – це закінчена частина технологічної операції, виконувана тими самими засобами технологічного оснащення в кожному з установів при постійному технологічному режимі.

Установ – це частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваної заготовки.

Стосовно умов обробки різанням технологічний перехід являє собою закінчену частину технологічної операції, виконувану над поверхнями заготовки одним інструментом без зміни або з автоматичною зміною режиму роботи верстата (частоти обертання шпинделя або хвилинної подачі).

Робочий хід – це закінчена частина технологічного переходу,

що полягає в однократному переміщенні інструмента відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні заготовки. На робочих ходах відбувається зняття стружки, тобто досягається мета операції.

Допоміжний хід – це закінчена частина технологічного переходу, що полягає в однократному переміщенні інструмента відносно заготовки, що не супроводжується зміною форми, шорсткості поверхні заготовки, але необхідно для підготовки робочого ходу. При виконанні допоміжних ходів інструмент переміщається по повітрю на прискореній подачі для підведення до оброблюваної поверхні заготовки і відводу від обробленої поверхні після виконання робочих ходів.

2.1.2 ПОСЛІДОВНІСТЬ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ

Після ознайомлення з кресленням деталі і технічних умов на її виготовлення вибирають послідовність обробки поверхонь деталі і кількість установів заготовки на верстаті.

Для кожного установу визначають:

- послідовність обробки за зонами (відкрита, напіввідкрита тощо.) у залежності від конструктивних особливостей деталі;
- послідовність обробки за видами (наприклад, чорнова, чистова) у кожній зоні;
- сукупність елементів деталі, оброблюваних одним інструментом у кожній зоні.

Кожна зона токарської обробки на верстатах із ЧПК відповідає одному технологічному переходові і формується в залежності від конфігурації чорнового або чистового контуру деталі і технологічних можливостей ріжучого інструмента, що виконує даний перехід. Для токарських різців ці технологічні можливості визначаються основним ϕ і допоміжним ϕ_1 кутами в плані. Дані питання розглянуті в лабораторній роботі №1.

Аналіз креслення деталі "Опора" (малюнок 2.2) показує, що необхідні відповідно до вимог креслення точність і шорсткість обробки деталі забезпечить чистовий вид точіння, наявність сферичних поверхонь на деталі вимагає використання токарського верстата з ЧПК. Остаточна чистова обробка поверхонь даної деталі можлива за два установи.

Кожний із двох установів для даної деталі можна виконати за один технологічний перехід за допомогою прохідного різця, тому що геометрична форма його ріжучої частини дозволяє точити торцеві площини, уступи, фаски, циліндричні, сферичні і конічні поверхні. Зони токарської обробки даної деталі в кожному установі – напіввідкриті і відкриті.

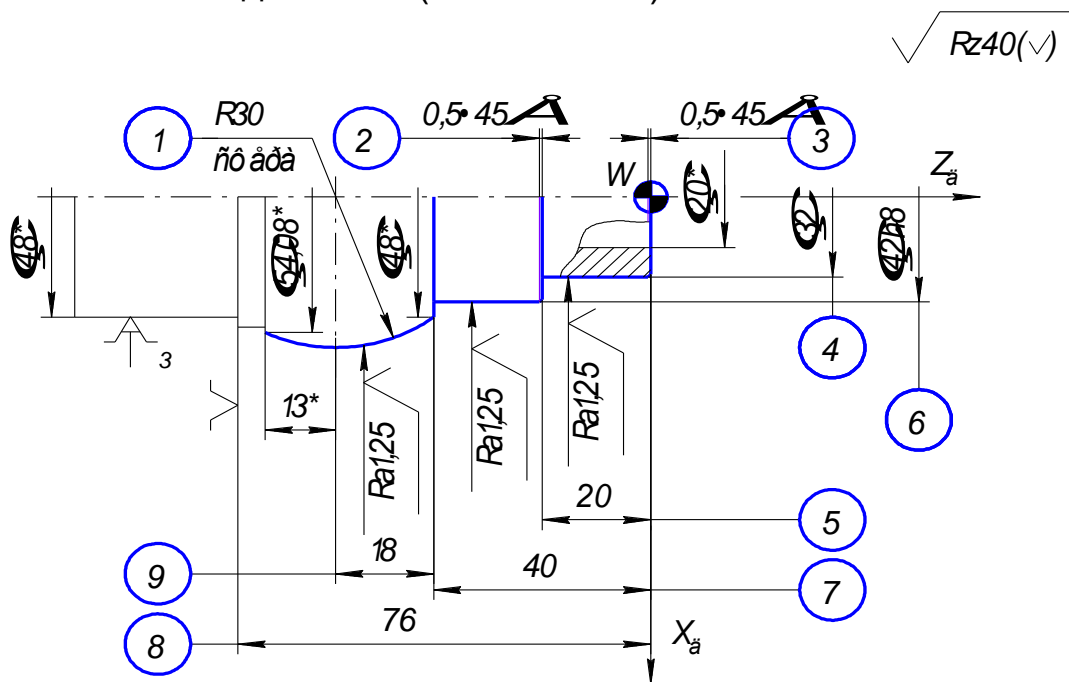
послідовності:

- призначають вид інструментального матеріалу і його марку;
- вибирають геометричні елементи токарського різця;
- призначають глибину різання;
- розраховують подачу на оборот;
- призначають період стійкості токарського різця;
- розраховують швидкість різання;
- розраховують номінальну частоту обертання шпинделя;
- розраховують силу і потужність різання;
- визначають основний час обробки.

2.2.1 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ПРИ ГОСТРИННІ НА ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК

Режим різання при токарській обробці на верстатах із ЧПК призначають на підставі операційного ескізу.

На операційному ескізі програмної обробки для кожного установу показують креслення деталі з операційними і довідковими розмірами, схему базування і закріплення заготовки, систему координат з нульовою точкою деталі W (малюнок 2.3).

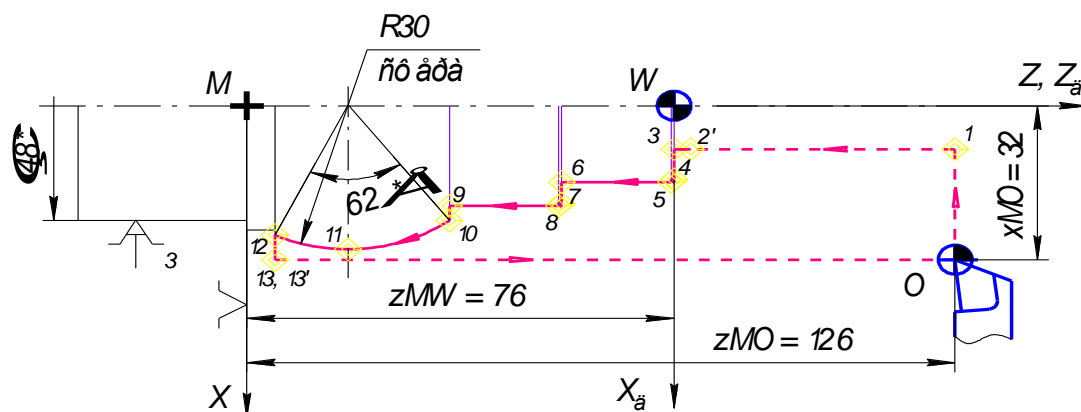


Малюнок 2.3 – Операційний ескіз деталі "Опора" (перший установ, чистове точіння)

Нульова точка деталі (нуль деталі) W – точка на деталі, відносно якої задані розміри деталі. Перелік розмірів на кресленні деталі відносно нуля деталі W на операційному ескізі необхідний для програмування траєкторії переміщення інструмента в кожному з технологічних переходів.

Операційні розміри, тобто геометричні розміри і шорсткість поверхонь деталі, які необхідно одержати при обробці в даному установі, нумерують цифрами в кружках з напрямком обходу нумерації за годинниковою стрілкою. Оброблений контур деталі виділяють жирною лінією.

Крім операційного ескізу обов'язковим елементом операційної технології програмної обробки на верстатах із ЧПК є кінематична схема переміщення інструмента для кожного технологічного переходу – розрахунково-технологічна карта (РТК) (малюнок 2.4).



Малюнок 2.4 – РТК обробки деталі "Опора" (перший установ, чистове точіння): 1, 2, ... 13 – опорні геометричні точки; 2', 12', 13' – опорні технологічні точки

РТК повинна містити такі дані:

1. Прямокутні системи координат XMZ з початком відліку в нульовій точці верстата M і деталі $X_{\partial}MZ_{\partial}$ з початком відліку в нульовій точці деталі W і вказівкою напрямку осей, координати вихідної точки верстата O . Нульова точка верстата (нуль верстата) M – точка, прийнята за початок координат верстата. Вихідна точка верстата (вихідна точка) O – точка, визначена відносно нульової точки верстата і використовується для початку роботи за керуючою програмою.

2. Контур деталі, що підлягає обробці, із указанням схеми базування і закріплення заготовки, а також довідкові розміри, необхідні для програмування.

3. Траєкторію руху вершини інструмента в системі координат верстата XMZ . Початком і кінцем траєкторії є вихідна точка верстата O з заданими за паспортом верстата координатами XMO , ZMO . На лінії руху інструмента позначають опорні точки – геометричні і технологічні, у яких відбувається зміна геометрії траєкторії або умов обробки. Основною лінією позначають ділянки робочого ходу, пунктирною – допоміжного ходу. Напрямок обходу для наочності задають стрілками на кожній ділянці траєкторії руху вершини

інструмента.

Режим різання розраховують для всіх операційних розмірів, за винятком фасок, що відносять до попередніх за черговістю обробки поверхонь. Кожному розміру на операційному ескізі відповідає геометричний елемент РТК – безперервна ділянка розрахункової траєкторії або контуру деталі, що задається тим самим законом в одній і тій же системі координат.

2.2.2 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ДЛЯ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК

Установлення виду інструментального матеріалу і його марки

Матеріал ріжучої частини інструмента вибирають за нормативними даними у залежності від оброблюваного матеріалу, виду обробки (чорнова, чистова), а також від характеру обробки – безперервного або переривчастого різання згідно з таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Вибір марки матеріалу різця при різних видах точіння

Вид і характер обробки	Оброблюваний матеріал		
	Сталеві сплави	Титанові сплави	Алюмінієві сплави
Чорнове точіння при переривчастому різанні з ударами	T5ДО10 T5ДО12	ВК8	ВК4 ВК6
Напівчистове точіння при переривчастому різанні з ударами	T15ДО6 T5ДО10	ВК4	ВК4 T15ДО6
Чистове точіння при безперервному різанні	T30ДО4	ВК4 ВК3М	ВК3 T15ДО6

Вибір геометричних елементів ріжучої частини інструмента

Оптимальні значення кутів ріжучої частини токарського різця для обробки різних матеріалів у залежності від матеріалу інструмента, характеру обробки визначають за нормативами через поправочний коефіцієнт K_p сили різання

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}, \quad (2.1)$$

де K_{mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує впливи якості оброблюваного матеріалу (таблиця 2.2);

$K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують геометричні параметри ріжучої частини інструмента (таблиця 2.3).

Таблиця 2.2 – Значення поправочного коефіцієнта K_{mp}

Оброблюваний матеріал	Межа міцності σ_b , МПа	Поправочний коефіцієнт
Сталеві сплави	≤ 600	$(\sigma_b/750)^{0,35}$
	> 600	$(\sigma_b/750)^{0,75}$
Титанові сплави	< 800	$(\sigma_b/750)^{0,40}$
	≥ 800	$(\sigma_b/750)^{0,70}$
Алюмінієві сплави	< 350	2,00
	≥ 350	2,75

Таблиця 2.3 – Значення поправочних коефіцієнтів $K_{\phi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$

Геометричні параметри різця		Поправочний коефіцієнт	
Головний кут різця в плані ϕ , град	75	$K_{\phi p}$	1,08
	90		1,00
	95		0,94
Передній кут γ , град	15	$K_{\gamma p}$	1,25
	0		1,35
	-10		1,40
Кут нахилу λ головної ріжучої кромки, град	5	$K_{\lambda p}$	1,00
	0		
	-5		

Призначення глибини різання

Глибина різання t , мм – товщина шару припуску, що знімається за один робочий хід інструмента, обмірювана перпендикулярно осі або поверхні заготовки. Глибину різання вибирають у залежності від виду токарської обробки (чорновий, напівчистовий, чистовий).

При обробці циліндричних поверхонь глибина різання

$$t = 0,5(D - d), \quad (2.2)$$

де D – діаметр заготовки до обробки; d – діаметр заготовки або деталі після обробки за один робочий хід інструмента.

Розрахунок подачі на оборот

Подача на оборот S_o , мм/про – величина переміщення ріжучої кромки різця у напрямку руху подачі за один оборот заготовки. Величину подачі на оборот для токарських операцій, здійснюваних на верстатах із ЧПК, розраховують за емпіричними формулами, наведеними у таблицях 2.4 – 2.6.

Таблиця 2.4 – Подача на оборот при чорновому точінні на верстатах із ЧПК, мм/про $S_o = Kt^x D_{max}^y D_o^z$

Оброблюваний матеріал	K	x	y	z
Сталеві сплави	0,15	-0,33	0,19	0,20
Титанові сплави	0,67	-0,35	0,22	0,20
Алюмінієві сплави	0,29	-0,30	0,08	0,25

Примітка: K , x , y , z – коефіцієнти пропорційності і показники ступеня; D_{max} , D_o – максимальний діаметр і діаметр оброблюваної в даному переході поверхні, мм; t – глибина різання, мм

Таблиця 2.5 – Подача на оборот при чистовому точінні на верстатах із ЧПК, мм/про $S_o = K_1 D_{max} + K_2 R_z + b$

Оброблюваний матеріал	K_1	K_2	b
Сталеві сплави	0,00012	0,013	0,012
Титанові сплави	0,00009	0,008	0,056
Алюмінієві сплави	0,00016	0,011	0,036

Примітка: D_{max} – найбільший діаметр оброблюваної поверхні деталі, мм; R_z – параметр шорсткості, мкм; K_1 , K_2 , b – коефіцієнти пропорційності

Таблиця 2.6 – Подача на оборот при чистовому точінні фасонних поверхонь на верстатах із ЧПК, мм/про $S_o = K D_{max}^x R_z^y F^z$

Оброблюваний матеріал	Група подач	K	x	y	z
Сталеві сплави	II	0,017	0,27	0,40	-0,45
Титанові сплави	II	0,010	0,28	0,73	-0,56
Алюмінієві сплави	II	0,011	0,33	0,60	-0,34

Примітки: 1 K , x , y , z – коефіцієнт пропорційності і показники ступеня; D_{max} – найбільший діаметр оброблюваної поверхні деталі, мм; R_z – параметр шорсткості фасонної поверхні, мкм; F – кут нахилу твірної оброблюваного фасонного контуру, град.
2 Група подач: **II** – інтерполятор з імпульсним множенням, привід подач з ціною імпульсів $\Delta x = 0,001$ мм, $\Delta z = 0,002$ мм

Призначення періоду стійкості токарського різця

Період стійкості T , хв – це час різання новим або відновленим різальним інструментом від початку різання до досягнення припустимої величини затуплення, після чого необхідне переточування інструмента.

На вибір періоду стійкості ріжучого інструмента впливають вид обробки і характер різання.

За нормативами середнє значення періоду стійкості токарських різців становить від 30 до 60 хв.

Розрахунок швидкості різання

Швидкість різання v , м/хв при токарській обробці є окружною швидкістю точки, взятої на найбільшому діаметрі заготовки.

Величину швидкості різання для токарської обробки на верстатах із ЧПК розраховують за емпіричною формулою, наведеною в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахункова швидкість різання для точіння на верстатах із ЧПК, м/хв $v_{расч} = C_v K_v / T^m t^x S_o^y$

Оброблюваний матеріал	Подача S_o мм/про	C_v	K_v	x	y	m
Сталеві сплави	$\leq 0,3$	420	1,1	0,15	0,20	0,2
	$> 0,3$	350	0,8		0,35	
Титанові сплави	$\leq 0,3$	400	0,8	0,14	0,16	0,18
	$> 0,3$	410	0,7		0,20	
Алюмінієві сплави	$\leq 0,2$	485	0,5	0,12	0,25	0,28
	$> 0,2$	328	0,4		0,50	

Примітка: C_v, K_v – коефіцієнти пропорційності; m, x, y – показники ступеня; T – період стійкості токарського різця, хв; t – глибина різання, мм; S_o – подача на оборот, мм/про

Розрахунок номінальної частоти обертання шпинделя

Номінальну частоту обертання шпинделя $n_{расч}$, 1/хв розраховують для зовнішніх торцевих, циліндричних і сферичних поверхонь деталі за формулою

$$n_{расч} = 1000v_{расч} / \pi D, \quad (2.3)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Для кожного застосовуваного токарського різця (тобто технологічного переходу) частота обертання шпинделя повинна бути незмінною. Її вибирають з нормалізованого ряду частоти обертання шпинделя конкретного верстата з ЧПК, що підходить за технічними характеристиками для обробки даної деталі (див. додаток А).

Прийнята частота обертання $n_{прин}$ повинна бути менше кожної з розрахункової номінальної частоти обертання для найбільш відповідальних за точністю і шорсткістю поверхонь деталі. Значення $n_{прин}$ виставляється на пульті керування верстатом із ЧПК заздалегідь до початку програмної обробки.

За прийнятим значенням $n_{прин}$ уточнюють швидкість різання v^* для всіх ділянок обробки деталі на технологічному переході кожного з установів заготовки за формулою

$$v^* = \pi D n_{прин} / 1000, \quad (2.4)$$

де v^* – прийнята швидкість різання, м/хв.

Розрахунок сили і потужності різання

Головна складова сили різання P_z спрямована по дотичній до поверхні різання і збігається за напрямком з вектором швидкості обертання заготовки.

Силу різання P_z для токарських операцій на верстатах із ЧПК розраховують за емпіричною формулою, наведеною в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Сила різання для токарської обробки на верстатах із ЧПК, $P_z = 10C_p t^x S_o^y v^n K_p$

Вид токарської обробки	Оброблюваний матеріал	C_p	x	y	n
Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння	Сталеві сплави	300	1	0,75	-0,15
	Титанові сплави	280			-0,14
	Алюмінієві сплави	40			0

Примітка: C_p – коефіцієнт пропорційності; K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує зміни умови роботи і геометрію токарського різця; x , y , n – показники ступеня

Величину потужності різання при токарській обробці N , квт визначають за формулою

$$N = P_z v / 61200 \quad (2.5)$$

За прийнятим значенням частоти обертання шпинделя коректують швидкість різання і потужність різання, при цьому повинна задовольнятися умова

$$N \leq N_{np} \eta \quad (2.6)$$

де N – розрахункова потужність різання, квт;

N_{np} -потужність електродвигуна привода головного робочого руху верстата, квт (див. додаток А);

η – ККД верстата ($\eta = 0,8 \dots 0,85$)

Визначення основного часу обробки

Основний (технологічний, машинний) час T_o , хв являє собою час, протягом якого здійснюється зміна розмірів і форми заготовки, шорсткості поверхні.

Для усіх верстатних робіт основний час T_o визначається відношенням величини шляху, пройденого обробним інструментом, до його хвилинної подачі.

Основний час автоматичної роботи верстата T_{oa} , хв,

обчислюють за формулою

$$T_{oa} = \sum_{i=1}^m (L_i / S_{mi}), \quad (2.7)$$

де L_i – довжина шляху, що проходиться інструментом в напрямку подачі при обробці i -го геометричного елемента згідно РТК, мм;

S_{mi} – хвилинна подача на окремому геометричному елементі РТК, мм/хв;

m – кількість геометричних елементів РТК, що задають переміщення токарського різця на робочих ходах.

Хвилинна подача S_m , мм/хв пов'язана з подачею на оборот S_o мм/про співвідношенням

$$S_m = S_o n_{прин}, \quad (2.8)$$

де $n_{прин}$ – частота обертання шпинделя, прийнята для програмної обробки в даному технологічному переході, 1/хв.

Розрахункові хвилинні подачі для поздовжніх і поперечних переміщень токарського різця за траєкторією РТК не повинні перевищувати діапазон робочих подач верстата, обраного для обробки (див. додаток А).

2.3 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Креслення деталі "Опора" і технічні умови її виготовлення. Вид заготовки – прокат круглого перетину, матеріал – алюмінієвий сплав марки Д16АТ, $\sigma_{\epsilon} = 370$ МПа. Варіанти матеріалів для розрахунку режиму різання:

- титановий сплав марки ВТ20-2, $\sigma_{\epsilon} = 950$ МПа;
- сталевий сплав марки 30ХГСА, $\sigma_{\epsilon} = 1100$ МПа.

При чистовій обробці припуск підлягає видаленню за поверхнями: торцевими – 1 мм, діаметральними – 2 мм.

2. Верстат токарський високої точності з ЧПК моделі ТПК–125ВН, система ЧПК Н22–1М.

3. Різець прохідний 2142-0019 Т15Д06 ДСТ 9795–84 (геометричні параметри різця: $\phi = 95^{\circ}$, $\gamma = 15^{\circ}$, $\lambda = -5^{\circ}$).

2.4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1 Ознайомитися з кресленням деталі (див. малюнок 2.2) і технологічною послідовністю її обробки, вивчити технічні характеристики верстата (див. додаток А).

2 Виконати операційний ескіз для обробки заданих поверхонь деталі "Опора".

3 Розробити кінематичну схему переміщення інструмента – РТК для заданого установу і технологічного переходу.

4 Розрахувати режим різання й основний час автоматичної роботи при точінні заданих поверхонь деталі "Опора" із заданого матеріалу.

5 Заповнити зведену таблицю результатів розрахунку режиму різання за формою таблиці 2.9.

6 Відповісти на контрольні питання.

7 Оформити звіт про роботу.

Таблиця 2.9 – Режим різання для оброблюваних поверхонь

Поверхня	t , мм	S_o , мм/про	$v_{расч}$, м/хв	v^* , м/хв	P_z , Н	N , кВт	S_m , мм/хв	T_{oa} , хв

2.5 ЗМІСТ ЗВІТУ

1 Короткий конспект про порядок розрахунку режиму різання для токарської обробки на верстатах із ЧПК.

2 Операційний ескіз для обробки заданих поверхонь деталі "Опора".

3 Кінематична схема переміщення інструмента – РТК для заданого установу і технологічного переходу.

4 Технічні характеристики токарського верстата моделі ТПК–125ВН, необхідні для розрахунку режиму різання.

5 Зведена таблиця результатів розрахунку режиму різання для оброблюваних поверхонь.

6 Висновки по лабораторній роботі.

2.6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 Які елементи структурної схеми ТП обробки різанням використовуються в даній лабораторній роботі?

2 Назвіть елементи технологічного переходу і зони токарської обробки деталі "Опора".

3 В якій послідовності виконують розрахунок режиму різання для токарської обробки?

4 Що зображують на операційному ескізі деталі для кожного установу?

5 Які дані містить кінематична схема переміщення інструмента РТК?

6 За якими критеріями вибирають модель верстата з ЧПК і геометричні параметри токарського різця?

7 Які елементи режиму різання необхідно змінити у випадку, якщо паспортна потужність верстата менше розрахункової?

Лабораторна робота № 3

СКЛАДАННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Мета роботи – вивчення методики і набуття практичних навичок складання керуючих програм для токарської обробки на верстаті з ЧПК в режимі прямого керування від комп'ютера.

3.1 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЗІ СКЛАДАННЯ КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧПК

Терміни в області систем ЧПК металорізальними верстатами встановлені ДСТ 20523-80, ДСТУ 2579-94.

КЕРУЮЧА ПРОГРАМА (КП) – сукупність команд мовою програмування, що відповідає заданому алгоритмові функціонування верстата для обробки конкретної заготовки. Програма складається з кадрів.

КАДР – складова частина КП, що вводиться й оброблюється як єдине ціле й містить не менш однієї команди. Кадр складається з послідовності слів.

СЛОВО – складова частина кадру КП, що містить дані про параметр процесу обробки і (або) інші дані про виконання керування. Слово є командою для верстата про геометричні або програмно-технічні дії. Кожне слово КП складається з адрес.

АДРЕСА – частина слова КП, що визначає призначення наступних за ним даних, що містяться в цьому слові.

Кожен кадр програми повинний містити порядковий номер кадру, числову інформацію з відповідними адресами, символ кінця кадру.

3.2 МЕТОДИКА РОЗРОБКИ КП ДЛЯ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧПК

Для запису керуючої інформації використовують семирозрядний буквено-цифровий код ІСО-7. Значення букв і символів у термінах числового програмного керування коду наведені нижче:

N – номер кадру; *X* – переміщення по осі X; *Z* – переміщення по осі Z; *I* – координата початкової точки дуги по осі X; *K* – координата початкової точки дуги по осі Z; *S* – команда на швидкість шпинделя; *T* – позиція інструмента; *F* – подача; *G* – підготовча функція; *M* – допоміжна функція; % – початок програми; *LF* – кінець кадру; *L* – звернення до коректора.

Рекомендована послідовність адрес у кадрі:

% N G F X Z I K M S T L LF.

Присутність тієї або іншої адреси (слова) обумовлена КП. Відсутність слова вказує на незмінність даної інформації щодо попереднього кадру. Повторення в одному кадрі слів з однойменними

адресами не допускається.

Завдання підготовчої функції

Підготовча функція визначає режим і умови роботи верстата й кодується адресою *G* двохрозрядним числом.

Усі підготовчі команди розділені на функціональні групи (таблиця 3.1). Тривалість дії заданої підготовчої функції визначається часом приходу іншої підготовчої функції. Винятком є функція, *G40*, дія якої припиняється автоматично після закінчення відпрацьовування кадру.

Розмірні переміщення можуть бути задані у вигляді абсолютних значень відносно початку координат або у вигляді приростів розмірів.

Числова інформація про переміщення видається після адрес *X*, *Y*, *I*, *K* кількістю імпульсів з відповідними знаками. Знак привласнюється в залежності від того, з яким напрямком координатних осей верстата збігається напрямок руху різця при завданні в приростах.

Таблиця 3.1 – Завдання підготовчих функцій

Підготовча функція	Код функції	Розмір переміщення
Лінійна інтерполяція	<i>G01</i> <i>G10</i> <i>G11</i>	нормальний довгий короткий
Кругова інтерполяція. Рух за годинниковою стрілкою.	<i>G02</i> <i>G20</i> <i>G21</i>	нормальний довгий короткий
Кругова інтерполяція. Рух проти годинникової Стрілки	<i>G03</i> <i>G30</i> <i>G31</i>	нормальний довгий короткий
Розмір у приростах	<i>G26</i> (<i>G91</i>)	Звіт переміщення щодо попередньої точки
Абсолютний розмір	<i>G27</i> (<i>G90</i>)	Звіт переміщення щодо нульової точки
Скасування корекції	<i>G40</i>	–

Завдання переміщень при лінійній інтерполяції

Завдання довжини відрізка прямої у випадку лінійної інтерполяції робиться програмуванням команд *G01*, *G10*, *G11* і адрес *X*, *Z* з відповідною інформацією. При лінійній інтерполяції в одному кадрі КП можна задати тільки один відрізок прямої.

Ознаки нормальних, довгих і коротких розмірів впливають тільки на розрядність геометричної інформації, що задається в кадрі:

– "Нормальний розмір" (функції *G01*, *G02*, *G03*) – задають п'ять десяткових розрядів геометричної інформації;

– "Довгий розмір" (функції *G10*, *G20*, *G30*) – задають шість десяткових розрядів геометричної інформації;

– "Короткий розмір" (функції *G11*, *G21*, *G31*) – задають чотири десяткові розряди геометричної інформації.

Можливі два режими завдання геометричної інформації: у приростах $G26$ ($G91$) і в абсолютних розмірах $G27$ ($G90$).

При роботі в приростах $G26$ у кадрах після адрес X і Z задається числова інформація, що відповідає приростам за координатами.

Для одержання кодового числа, що визначає кількість імпульсів для геометричного переміщення по осях, величину переміщення множать на 1000 для осі X і на 500 для осі Z , мм:

$$N_{X_{\text{имп}}} = 1000X; \quad N_{Z_{\text{имп}}} = 500Z$$

Приклад.

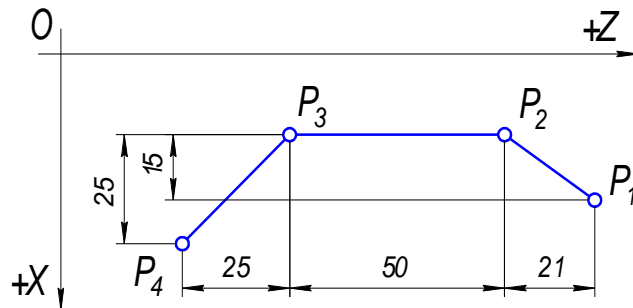
Завдання переміщення з точки $P1$ у точку $P4$ (малюнок 3.1):

N014 G26 LF

N015 G01 Z - 10500 X - 15000 LF

N016 Z - 25000 LF

N017 Z - 12500 X + 25000 LF



Малюнок 3.1 – Схема завдання координат опорних точок у приростах

При роботі в абсолютних розмірах $G27$ у кадрах після адрес X і Z наводиться числова інформація, що відповідає координатам кінцевих точок відрізків переміщення в системі координат верстата ZMX .

Приклад.

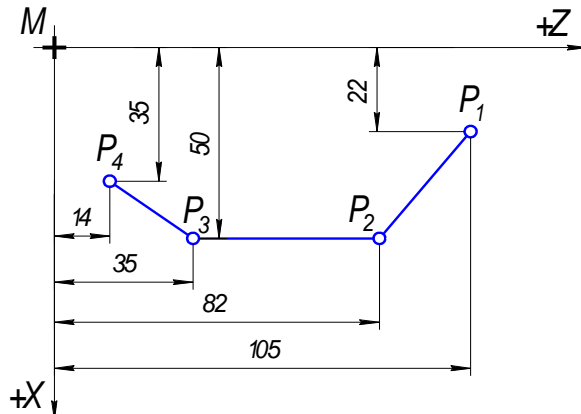
Завдання переміщення з точки $P1$ у точку $P4$ (малюнок 2.2)

N023 G27 LF

N024 G01 Z + 41000 X + 50000 LF

N025 Z + 17500 LF

N026 Z + 07000 X + 35000 LF



Малюнок 3.2 – Схема завдання координат опорних точок в абсолютних розмірах

Завдання переміщень при круговій інтерполяції

Кругова інтерполяція задається у відносних *G26* або абсолютних *G27* розмірах однієї з підготовчих функцій *G02*, *G20*, *G21* (рух за годинниковою стрілкою) або *G03*, *G30*, *G31* (рух проти годинникової стрілки) у залежності від напрямку руху й ознаки розміру.

Ділянка програмування дуги окружності повинна лежати в межах одного квадранта. Якщо дуга окружності розташована в різних квадрантах, то при програмуванні її розбивають на ділянки з опорними геометричними точками, що відповідають даній умові.

При роботі в приростах *G26* необхідно задати числову інформацію:

за адресами *X*, *Z* – про координати кінцевої точки дуги в приростах відносно початкової точки;

за адресами *I*, *K* – про координати центра дуги P_c відносно її початкової точки.

Адресою *I* позначають відрізок, паралельний осі *X*, адресою *K* – відрізок, паралельний осі *Z*.

Приростам ΔX і ΔZ привласнюють знаки в залежності від напрямку руху в координатах *X*, *Z*. Інформацію під адресами *I*, *K* записують завжди з позитивним знаком.

Приклад.

Завдання дуги окружності в приростах (малюнок 3.3)

а) рух за годинниковою стрілкою (малюнок 3.3, а):

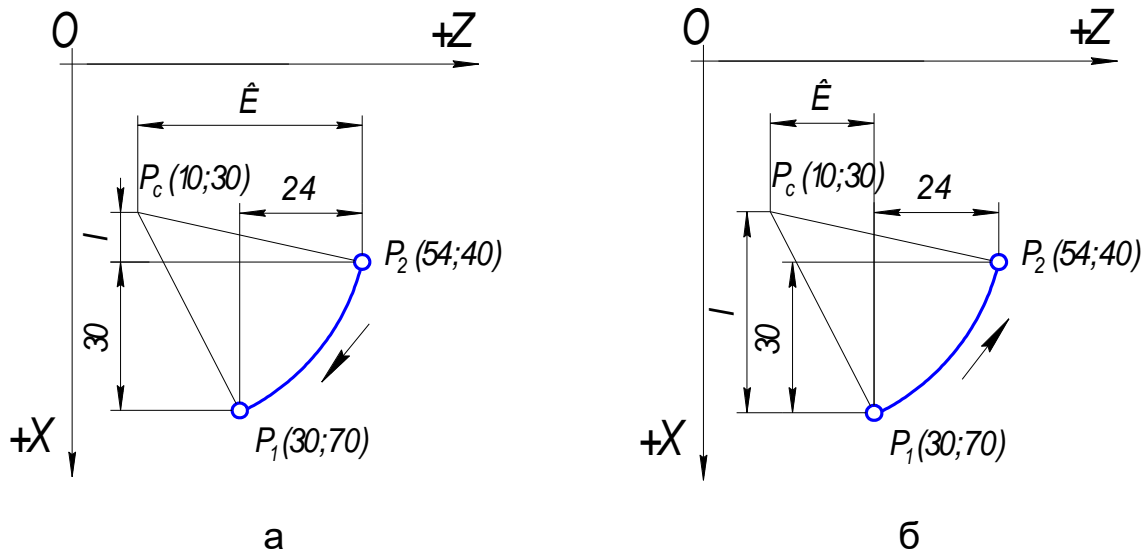
N015 G26 LF

N016 G02 Z – 12000 X + 30000 K + 22000 I + 10000 LF;

б) рух проти годинникової стрілки (малюнок 3.3, б):

N015 G26 LF

N016 G03 Z + 12000 X – 30000 K + 10000 I + 40000 LF.



Малюнок 3.3. Завдання дуги окружності в приростах:
 а – рух за годинниковою стрілкою; б – рух проти годинникової стрілки

При роботі в абсолютних розмірах $G27$ до кадру вводять за адресами X , Z й адресами I , K координати кінцевої точки дуги окружності і координати центра дуги окружності P_c відносно початкової точки дуги, аналогічно завданню дуги в приростах.

Приклад.

Завдання дуги окружності в абсолютних розмірах (малюнок 3.4):

а) рух за годинниковою стрілкою:

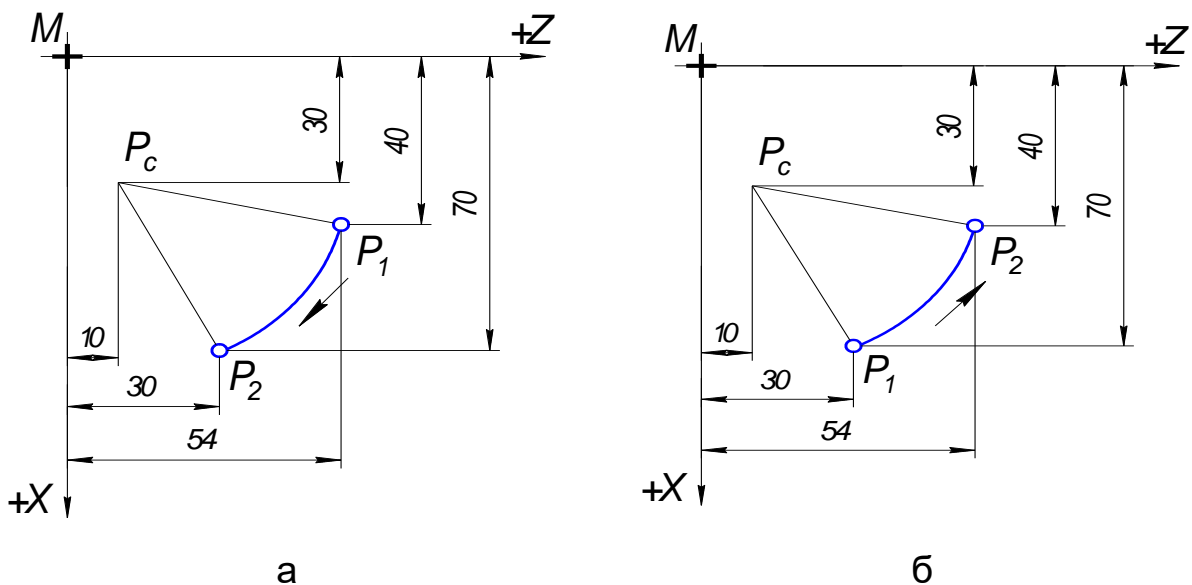
$N023 \ G27$

$N024 \ G02 \ Z + 15000 \ X + 70000 \ K + 22000 \ I + 10000;$

б) рух проти годинникової стрілки:

$N023 \ G27$

$N024 \ G03 \ Z + 27000 \ X + 40000 \ K + 10000 \ I + 40000.$



Малюнок 3.4 – Завдання дуги окружності в абсолютних розмірах:
 а – рух за годинниковою стрілкою; б – рух проти годинникової стрілки

Завдання подачі

Хвилинна подача інструмента уздовж оброблюваного контуру програмується під адресою F п'ятирозрядним ($A_1 A_2 A_3 A_4 A_5$) числом з використанням кодової таблиці 3.2. Уведена хвилинна подача зберігається в процесі відпрацьовування КП до приходу нової величини хвилинної подачі, тобто нового слова з адресою F .

У першому розряді A_1 після адреси F цифрами 1, 2 або 7 задають ознаку стану генератора пристрою ЧПК. Для кодування значення власне хвилинної подачі S_m використовують коефіцієнти K і K_1 . Отримані числа ставлять у розряди $A_2 A_3 A_4 A_5$, вільні розряди заповнюють нулями.

Таблиця 3.2 – Завдання подачі

Ознака стану генератора			Код подачі		
Режим робочих подач	Інтервал робочих подач S_m , мм/хв.	Значення розряду A_1	Значення розрядів $A_2 A_3 A_4 A_5$	K	K_1
I ("Перший")	0,2...240,0	1	$S_m K$	5	–
II ("Другий")	0,01...24,0	2	$S_m K K_1$	5	20
"Швидкий хід"	400	7	0000	–	–

Приклад.

F10350 – адреса програмування хвилинної подачі, що становить 70 мм/хв.

У режимі "Швидкий хід" у КП задається код F70000 без указання величини подачі за координатами. Швидке переміщення допускається тільки за однією з координат.

Введення в КП коду функції подачі можливе як окремим кадром, так і разом з геометричною інформацією, що буде оброблятися з даною хвилинною подачею.

Завдання допоміжної функції

Допоміжна функція програмується під адресою M трирозрядним числом.

Деякі характерні значення допоміжної функції:

M000 – програмований зупинник. Після відпрацьовування кадру, у якому записана дана команда, відбувається зупинник шпинделя. Робота з КП відновлюється натисканням кнопки "Пуск" на пульті пристрою керування.

M001 – зупинник з підтвердженням. Є командою на зупинку верстата, якщо на пульті оператора натиснута кнопка "Технологічний зупинник".

M002 – кінець КП. Указує на завершення відпрацьовування КП і

приводить до зупинки шпинделя і подачі, вимикання охолодження після виконання всіх команд у кадрі.

M003 – обертання шпинделя за годинниковою стрілкою. Включає шпиндель у напрямку, при якому гвинт із правою нарізкою, закріплений у шпинделі, входить у заготовку.

M004 – обертання шпинделя проти годинникової стрілки. Діє аналогічно **M003**.

M005 – зупинник шпинделя. Скасовує команди **M003** і **M004** з початку відпрацьовування кадру, у якому вона зазначена.

Завдання швидкості обертання шпинделя

Виконується командою з адресою *S*. Для токарського верстата з ЧПК моделі ТПК-125ВН передбачене програмування п'яти номерів швидкості шпинделя: *S001*, *S002*, *S004*, *S008*, *S010*. Чисельні значення частоти обертання шпинделя виставляють на пульті верстата до початку роботи. Для включення заданого номера швидкості обертання шпинделя крім команди *S* необхідно задати і команду на напрямок обертання шпинделя (**M003** або **M004**).

Програмування позиції інструмента

Здійснюється командою з адресою *T*, за якою іде трирозрядне десяткове число. Старший розряд приймає значення одиниці, два молодших – номери інструмента.

Для пошуку потрібного інструмента за адресою *T* програмують кількість прохідних інструментальних позицій *n* за формулою: $T = n + 2$.

Приклад. *T105* – кількість прохідних інструментальних позицій $n = 3$.

Корекція переміщення інструмента

Корекція компенсує неточності виставлення інструмента у вихідну точку верстата і розмірний знос інструмента. Величину корекції уточнюють у процесі обробки пробної деталі.

Корекцію вводять тільки в режимі лінійної інтерполяції (*G01*, *G10*, *G11*). В КП корекція задається командою з адресою *L*. Під цією адресою вказують двохрозрядний десятковий код. Старший розряд коду приймає значення: 1 – одиночна корекція по осі X; 2 – одиночна корекція по осі Z; 3 – парна корекція по осях Z, X.

Молодший розряд коду цифрами від 1 до 9 відповідає номерові декадних перемикачів на панелі пристрою ЧПК Н22–1М.

Приклад. *L16* – одиночна корекція по осі X, коректор № 6.

Величини, набрані на декадних перемикачах, алгебраїчно складаються з величинами, заданими в кадрі. У кожному з декадних перемикачів величини корекції по осях Z, X незалежні.

При роботі в збільшеннях *G26* величини переміщень коректуються тільки в тому кадрі, у якому записана команда з адресою *L*, а інформація в інших кадрах не змінюється.

При роботі в режимі абсолютних координат *G27* корекція геометричних величин починається з кадру, що містить адресу *L*, і враховується далі у всіх наступних кадрах КП до кадру, що містить команду на скасування корекції *G40*.

3.3 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Токарський верстат із ЧПК моделі ТПК – 125ВН із пристроєм ЧПК Н22–1М. Режим керування – DNC (безпосередньо від комп'ютера). Координати вихідної точки верстата: $XMO = 126$ мм; $ZMO = 32$ мм.
2. Пристрій контролю КП планшетного типу.
3. Різець прохідний 2142–0019 Т15Д06 ДСТ 9795-84.
4. Варіанти для розробки КП (додаток Б).

3.4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Ознайомитися з методикою розробки КП для токарської обробки на верстатах із ЧПК.
2. Розробити КП для одного з варіантів (див. малюнок 3.5.) за завданням викладача.
3. Заповнити карту кодування інформації (таблиця 3.3) даними про координати геометричних і технологічних опорних точок РТК у системі координат верстата ZMX і приростах щодо вихідної точки верстата O .
4. На підставі карти кодування інформації розробити КП токарської обробки заданих поверхонь деталі "Опора".
5. Провести графічне моделювання токарської обробки заданого варіанта КП на пристрої контролю планшетного типу.
6. Ввести в комп'ютер команду корекції інструмента на задану величину, перевірити на супорті координати фіксованої точки верстата, відносно якої задано положення токарського різця.
7. Обробити деталь за КП, визначивши при цьому час автоматичної роботи верстата.
8. Відповісти на контрольні питання.
9. Оформити звіт про лабораторну роботу.

Таблиця 3.3 – Карта кодування інформації

Номер кадру	Траєкторія			Приріст		Номер коректора	Подача, мм/хв	Шпиндель, позиція	Інструмент, позиція
	крапка	Z, мм	X, мм	ΔZ	ΔX				

3.5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які елементи повинний містити кожен кадр КП?
2. На які функціональні групи розділені підготовчі команди?
3. Яка інформація необхідна для завдання переміщень при круговій інтерполяції?

4. Як програмується хвилинна подача в КП?
5. Які допоміжні функції використовують при точінні деталі "Опора"?
6. Як виконується пошук інструмента в КП?
7. Для чого призначена команда на корекцію інструмента?

3.6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Короткий конспект, що відбиває методику складання КП для токарської обробки.
2. Варіант кінематичного переміщення різця відповідно до малюнка 3.5 і відповідна КП.
3. Карта кодування інформації для токарської обробки деталі "Опора" у заданому установі відповідно до таблиці 3.3.
4. КП токарської обробки заданих поверхонь деталі "Опора".
5. Висновки по лабораторній роботі.

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ ПАРТІЇ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК

Мета роботи – вироблення практичних навичок дослідження точності процесів обробки партії деталей на токарському верстаті з ЧПК ймовірно-статистичним методом.

4.1 ТОЧНІСТЬ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК

Точність деталі – ступінь відповідності деталі вимогам креслення і технічних умов за розмірами, геометричною формою, шорсткістю, взаємним розташуванням оброблюваних поверхонь.

При виготовленні на металорізальних верстатах деталей точність їхніх розмірів і форми залежить від великого числа факторів. Ці залежності носять вірогідностний (статистичний) характер. У теорії імовірності і математичній статистиці існують методи, що дозволяють об'єктивно оцінювати точнісні характеристики ТП обробки різанням партії деталей.

При оцінці точності звичайно говорять не про відповідність параметрів реальної і заданої деталей, а про їхню відмінність.

Чисельним вираженням точності є **абсолютна похибка** обробки за даним параметром $\Delta = A_d - A_n$, де A_d – дійсне значення параметра; A_n – задане номінальне значення параметра.

Похибки, що виникають у процесі обробки деталей на металорізальних верстатах, носять систематичний або випадковий характер. Систематичні похибки, у свою чергу, можна розділити на постійні і функціональні (що змінюються в процесі обробки за певними законами).

До причин появи **постійних** похибок відносять: похибки виготовлення верстата, інструмента, що ріже, і пристрою; для верстатів із ЧПК похибки системи автоматизованого керування обробкою.

Функціональні похибки пояснюються розмірним зносом інструмента, що ріже, зносом верстата за період експлуатації, коливанням пружних об'ємних і контактних деформацій елементів технологічної системи "верстат - пристрій - інструмент - деталь" унаслідок їхнього нагрівання при різанні, тертя рухомих елементів системи, зміни температури в зоні обробки.

Випадкові похибки викликаються впливом на процес обробки ряду незалежних один від одного факторів:

– неточною установкою заготовки в пристрої з урахуванням коливання розмірів баз, контактних деформацій технологічних баз заготовки і пристрою;

– пружними деформаціями елементів технологічної системи під

дією змінюваних сил;

– залишковими напругами від попередньої обробки.

4.1.1 МЕТОДИКА ПОБУДОВИ КРИВОЇ РОЗПОДІЛУ

Вплив випадкових факторів виражається в розсіюванні розмірів досліджуваного параметра. Для визначення сумарної похибки при дослідженні ТП використовують ймовірно - статистичний метод, сутність якого полягає в такому: вимірюють розмір (або інший точнісний параметр) деталей аналізованої партії; обчислюють характеристики розподілу; будують експериментальну криву розподілу; аналізують криву і характеристики розподілу похибок і вибирають на цій основі теоретичний закон розподілу точнісного параметра аналізованої партії деталей.

Для побудови кривої розподілу необхідно вимірити параметри не менш ніж на 50-70 деталях. Беручи до увагу, що обробка на верстатах із ЧПК здійснюється за допомогою однієї КП, можна використовувати результати точіння деталі "Опора", проведені в лабораторній роботі №3.

Якщо результати виміру параметра партії деталей відомі, експериментальну криву розподілу будують у такій послідовності:

1 Розбивають весь ряд значень досліджуваного параметра на кілька рівних інтервалів, кількість яких K погоджують з кількістю деталей у партії. При N від 50 до 100 штук вибирають K від 5 до 7; при N більш 100 штук – K від 7 до 11. Підраховують кількість значень параметра, що попадають у кожен інтервал. Якщо показники попадають на границю інтервалів, то до кожного суміжного інтервалу додають по 0,5 одиниці.

2 По осі абсцис відкладають спільні значення обраних інтервалів і відзначають середини інтервалів L_i .

3 По осі ординат у середині кожного інтервалу відкладають значення кількості деталей партії n_i , відхилення яких попадають у даний інтервал.

Центр групування відхилення визначають як середнє арифметичне значення величини параметра в партії деталей

$$L_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{N}, \quad (4.1)$$

де L_i – відхилення окремих деталей; N – кількість деталей у партії; n – кількість вимірів параметра в кожному інтервалі.

Систематичні постійні похибки на форму розподілу не впливають, а викликають лише зсув центра групування від номінального значення розміру. Випадкові похибки впливають як на форму кривої розподілу, так і на величину розсіювання відхилень.

Величина розсіювання характеризується середнім квадратичним

відхиленням

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_{cp})^2 n_i}{N}}. \quad (4.2)$$

Криві розподілу, отримані на підставі результатів експериментів, являють собою ламані лінії. Така експериментальна крива розподілу служить лише для першої наближеної оцінки точнісних показників процесу, правильності обробки результатів експерименту, а також ухвалення рішення про вибір теоретичного закону для характеристики даного розподілу. Наближеною така крива є тому, що її форма залежить не тільки від об'єктивних причин – характеру розподілу відхилення, але і від випадкових факторів – кількості обраних інтервалів K й аналізованих деталей N . Тому для об'єктивної оцінки точності обробки експериментальна крива розподілу повинна бути замінена на теоретичну, що відбиває конкретний закон розподілу, описуваний математичним рівнянням.

Дослідження показали, що при обробці заготовок різанням на металорізальних верстатах із ЧПУ розподіл параметрів підкоряється законові нормального розподілу (закону Гаусса). Закон нормального розподілу описується рівнянням

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{x}{2\sigma}\right)^2}, \quad (4.3)$$

де параметр $x = L_i - L_{cp}$.

При такому законі практичне розсіювання заданих розмірів на 99,73 % укладається в межах $\pm 3\sigma$ від центра групування, тобто поле розсіювання розмірів у партії деталей приймається рівним 6σ .

Точність процесу обробки партії деталей зіставляють з необхідною точністю шляхом порівняння поля допуску T з теоретичним полем розсіювання $6\sigma = T$.

Коли розсіювання не підкоряється законові Гаусса, необхідно враховувати асиметрію розподілу похибок:

$$\omega_0 = L_{cp} - \alpha \frac{T}{2}; \quad T = \frac{6\sigma}{K}, \quad (4.4)$$

де ω_0 – координата середини поля допуску; α – коефіцієнт відносної асиметрії (визначає зсув центра групування від середини поля допуску T); K – коефіцієнт відносного розсіювання (визначає ступінь відмінності закон розподілу похибок від закона Гаусса).

Значення α і K для різних ТП беруть з довідкової літератури. Для трикутного закону розподілу (Сімпсона) значення α визначається графічно за кривою розподілу, а величина K приймається рівною 1,22.

Результати розрахунків експериментальної кривої розподілу

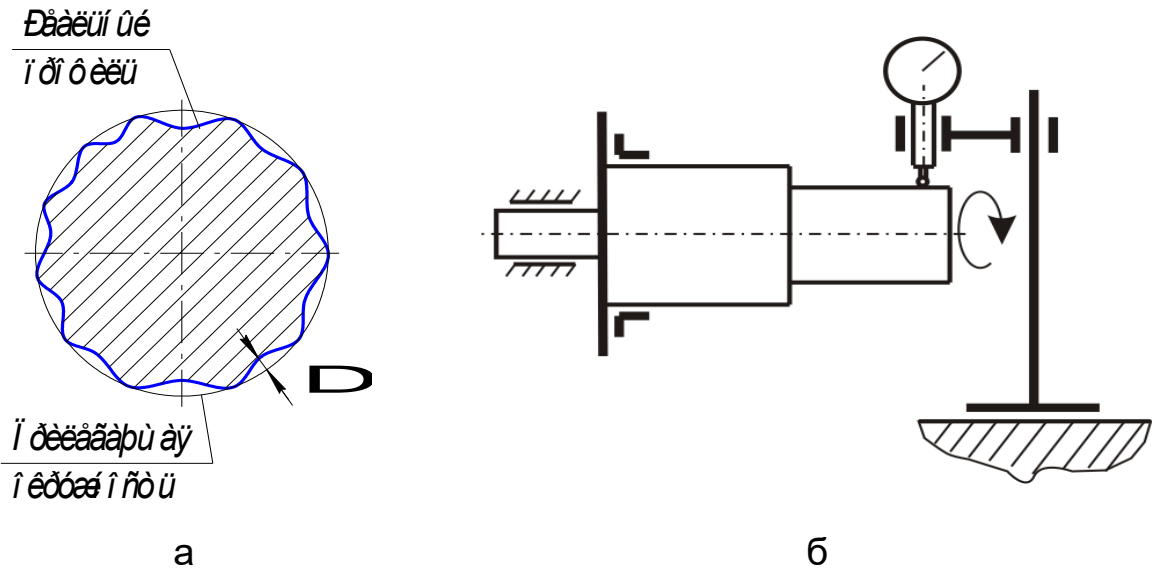
похибок зручно подати у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок кривої розподілу похибок

Номер інтервалу	Границя інтервалів	L_i	n_i	$L_i n_i$	$L_i - L_{cp}$	$(L_i - L_{cp})^2$	$(L_i - L_{cp})^2 n_i$
Σ	-	-			-	-	
$L_{cp} = \frac{\sum L_i n_i}{\sum n_i} = ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (L_i - L_{cp})^2 n_i}{\sum n_i}} = ; \quad T = \frac{6\sigma}{K} = .$							

4.2 КОНТРОЛЬ ВІДХИЛЕННЯ ВІД КРУГЛОСТІ

Відхилення від круглості – це найбільша відстань Δ від точок реального профілю до прилягаючої окружності мінімально можливого діаметра (малюнок 4.1).



Малюнок 4.1 – Відхилення від круглості перетину деталі:
 а – схема відхилення від круглості реального профіля;
 б – схема контролю круглості перетину деталі

Відхилення від круглості контрольного перетину циліндричних деталей вимірюють за схемою, зображеною на малюнку 4.1, а. Виміри виконують у точках, повертаючи деталь, закріплену в патроні контрольного пристрою або патроні токарського верстата, до повернення у вихідне положення. Кут повороту контролюють за лімбом, закріпленим на деталі. На підставі отриманих значень будують кругову або розгорнуту профілограму круглості контрольного перетину деталі.

Як досліджуваний параметр у лабораторній роботі розглянуто похибку відхилення від круглості, що виникає при обробці партії

циліндричних деталей "Опора" за однією КП на токарському верстаті з ЧПК моделі ТПК-125ВН.

Стандартами встановлено для кожного виду допусків форми або розташування 16 ступенів точності.

У залежності від співвідношення між допуском розміру і допусками форми і розташування встановлені такі рівні відносної геометричної точності:

А – нормальна відносна геометрична точність (допуски форми і розташування становлять 60 % допуску розміру);

В – підвищена відносна геометрична точність (відповідно 40 % допуску розміру);

С – висока відносна геометрична точність (відповідно 25 % допуску розміру).

У таблиці 4.2 наведено співвідношення квалітетів допусків розміру зі ступенями точності форми і розташування в залежності від відносної геометричної точності.

Таблиця 4.2 – Співвідношення квалітетів допусків розмірів зі ступенями точності форми і розташування

Рівень відносної геометричної точності		Квалітет допуску розміру								
нормальна	A			4	5	6	7	8	9	10
підвищена	B		4	5	6	7	8	9	10	11
висока	C	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ступінь точності		1	2	3	4	5	6	7	8	9

У таблиці 4.3 наведені допуски круглості для різних інтервалів номінальних розмірів контролюваного параметра.

Таблиця 4.3 – Допуски круглості за ДСТ 24643-81 (фрагмент)

Ступінь точності	Інтервал номінальних розмірів, мм			
	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 120
Допуски, мкм				
1	0,5	0,6	0,8	1,0
2	0,8	1,0	1,2	1,6
3	1,2	1,6	2,0	2,5
4	2,0	2,5	3,0	4,0
5	3,0	4,0	5,0	6,0
6	5,0	6,0	8,0	10,0
7	8,0	10,0	12,0	16,0
8	12,0	16,0	20,0	25,0
9	20,0	25,0	30,0	40,0

4.3 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1 Верстат токарський із ЧПК моделі ТПК-125ВН.

- 2 Сійка з індикатором годинникового типу (ціна ділення 0,001 мм).
- 3 Деталь "Опора" (токарська обробка деталі зроблена при виконанні лабораторної роботи №3).
- 4 Лімба кутовий (ціна ділення 1о).
- 5 Статистичні результати вимірювання відхилення від круглості партії деталей "Опора" (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Відхилення від круглості партії деталей "Опора"

№ деталі	Відхилення, мкм	№ деталі	Відхилення, мкм	№ деталі	Відхилення, мкм	№ деталі	Відхилення, мкм	№ деталі	Відхилення, мкм
1	7	12	9	23	7	34	5	45	2
2	10	13	7	24	11	35	7	46	7
3	9	14	10	25	2	36	12	47	4
4	1	15	5	26	8	37	7	48	10
5	5	16	7	27	11	38	1	49	7
6	8	17	12	28	6	39	9	50	11
7	3	18	4	29	6	40	5	51	9
8	7	19	6	30	10	41	7	52	3
9	11	20	8	31	3	42	4	53	6
10	8	21	4	32	8	43	8	54	9
11	1	22	9	33	13	44	11	55	

4.4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.Ознайомитися із сутністю ймовірно-статистичного методу аналізу точності обробки.

2.Вивчити методика визначення відхилення від круглості.

3.Вимірити контрольний перетин деталі "Опора" за схемою на малюнку 4.1,б, результати вимірів оформити у вигляді таблиці 4.5.

4.Побудувати профілограму круглості контрольного перетину деталі "Опора" в обраному масштабі, визначити відхилення від круглості.

5.На основі отриманого значення і даних раніше проведених експериментів (див. таблицю 4.4) заповнити таблицю розрахунків експериментальної кривої розподілу у формі таблиці 4.1 і виконати розрахунки, необхідні для побудови кривої розподілу.

6.За даними таблиць 4.2 і 4.3 вибрати допуск на круглість для контрольного перетину аналізованої деталі.

7. Побудувати експериментальну криву розподілу.

8. Дати висновок про придатність ТП токарської обробки на верстаті з ЧПК моделі ТПК-125ВН для досліджуваної партії деталей "Опора" за відхиленням від круглості.

9. Оформити звіт про лабораторну роботу.

10. Відповісти на контрольні питання.

Таблиця 4.5 – Результати вимірів контрольного перетину деталі "Опора"

Номер виміру	1	2	3	4	...	12	13
Кут повороту лімба, град	0	30	60	90	...	330	360
Показання індикатора							

4.5 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Короткий конспект, що відбиває сутність і причини виникнення похибок при обробці на верстатах із ЧПК партії деталей.

2. Методика дослідження точності обробки і побудови кривих розподілу.

3. Схема контролю відхилення від круглості (малюнок 4.1).

4. Результати вимірів за формою таблиці 4.5 і профілограма круглості контрольного перетину деталі.

5. Таблиця розрахунків за формою таблиці 4.1 й експериментальна крива розподілу.

6. Висновки по роботі.

4.6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називається точністю деталі і похибкою обробки?

2. Як розділяють похибки обробки на металорізальних верстатах?

3. В чому полягає сутність ймовірно-статистичного методу дослідження похибок?

4. Як впливають на форму розподілу систематичні постійні і випадкові похибки?

5. Опишіть методику побудови експериментальної кривої розподілу для партії деталей.

6. Які коефіцієнти визначають ступінь розсіювання точності обробки від нормального закону?

7. Як співвідносяться квалітети допусків розмірів зі ступенями точності форми деталей?

8. Запропонуйте можливі технологічні заходи щодо підвищення точності обробки партії деталей на верстатах із ЧПК.

Лабораторна робота № 5

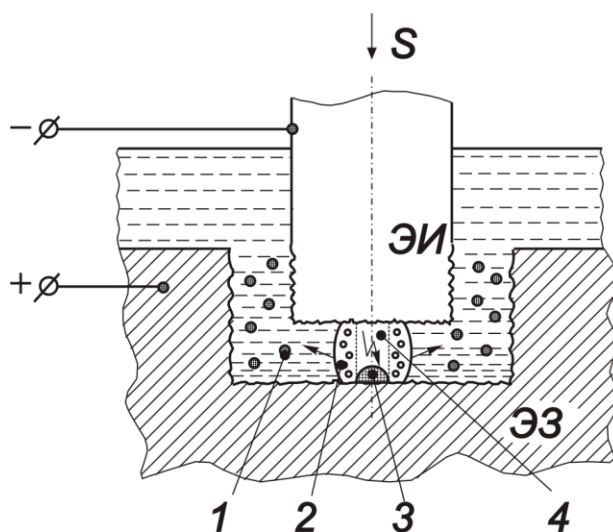
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

Мета роботи – вивчення технологічних особливостей електроерозійної обробки металів; набуття практичних навичок в експериментальних дослідженнях режиму електроерозійної обробки.

5.1 ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

Електроерозійна (електроіскрова) обробка (ЕЕО) заснована на явищі ерозії металів під впливом електричного струму. Електричні розряди, що виникають між двома електродами – електродом-інструментом (ЕІ) й електродом-заготовкою (ЕЗ), що знаходяться на невеликій відстані один від одного, руйнують їхні поверхні.

Розглянемо механізм руйнування металу заготовки під впливом іскрового розряду. При зближенні ЕІ з ЕЗ, що знаходяться під напругою, настає момент, коли між виступаючими частинами їхніх поверхонь, що найбільше наблизилися одна до одної створюється електричне поле максимальної напруги (малюнок 5.1).



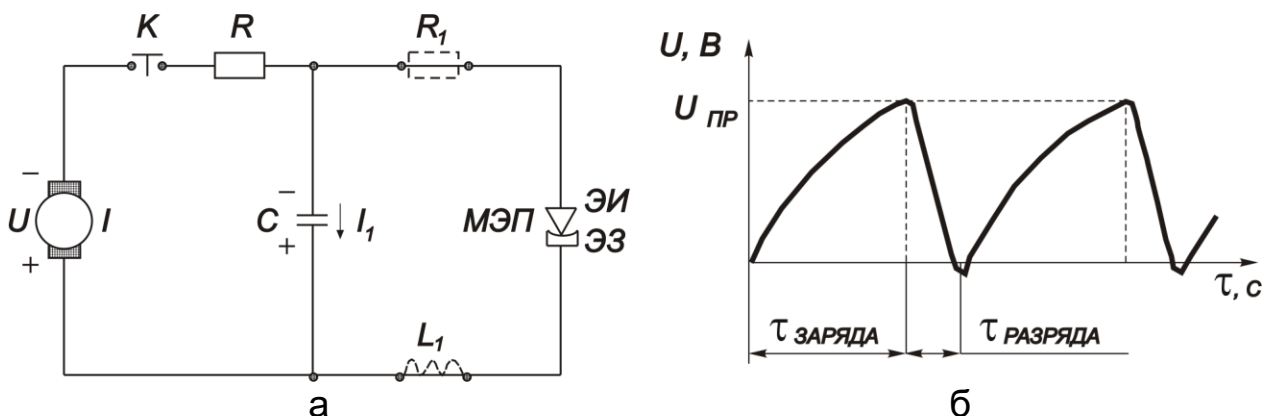
Малюнок 5.1 – Схема процесу руйнування металу при ЕЕО

Відбувається електричний пробій міжелектродного проміжку (МЕР), заповненого рідким діелектриком (водою, гасом, мінеральними оліями тощо). У місці пробію і локалізації іскри виникає плазменний канал розряду 1, де протікають процеси нагрівання (до 11000°C) і розпаду іонізації речовини робочої рідини. Між електродами через канал розряду переноситься електричний розряд, у плазмі виділяється тепла енергія, а перехід зарядів через границю між плазмою й електродами супроводжується надходженням імпульсних теплових потоків на анод і катод. Матеріал ЕЗ з лунки 2 у вигляді рідкої краплі викидається в МЕР. Завдяки виділенню теплової енергії

канал розряду оточується газоподібними продуктами розпаду робочого середовища - газовим міхуром 3. Стінки міхура, що розширюється, виштовхують з МЕР робоче середовище, потік якого підхоплює частки 4, раніше викинуті з лунок, і виводить їх з МЕР. Так виникає явище електричної ерозії, що використовується для знімання металу з поверхні заготовки.

Таким чином, якщо в ланцюзі ЕТ-ЕЗ створити умови, за яких періодично відбувався б іскровий розряд, то в результаті електроіскрової обробки профіль ЕІ буде точно відтворений на поверхні або в тілі заготовки. Для створення імпульсів напруги, що йдуть один за одним через певні проміжки часу, в електроерозійному верстаті передбачаються генератори імпульсів (ГІ). Імпульси невеликої енергії одержують за допомогою релаксаційних ГІ – RC і RLC, могутні імпульси – за допомогою машинних ГІ.

При виконанні лабораторної роботи використовується електроерозійний верстат моделі 183, у якому в якості ГІ застосований релаксаційних RC - генератор (малюнок 5.2, а). ГІ складається з джерела електричної енергії постійного струму U (220 В), кнопки ДО "Пуск", струмообмежувального зарядного резистора R і накопичувального конденсатора C , підключеного паралельно МЕР.



Малюнок 5.2 – Схема RC- генератора: а – принципова електрична схема; б – графік зміни напруги на конденсаторі

Елементи U-R-C складають зарядний ланцюг, а контур C-МЕР - розрядний ланцюг.

RC-генератор працює в такий спосіб. Вважаємо, що на початку напруга на конденсаторі U дорівнює нулеві. При натисканні кнопки K в ланцюга U-R-C з'являється зарядний струм I , напруга на конденсаторі й МЕР підвищується. При досягненні ним пробивного значення $U_{пр}$ відбувається пробій МЕР. У ланцюзі C-МЕР виникає струм розряду I_1 , при цьому енергія імпульсу, запасена в конденсаторі, за дуже короткий час вводиться в МЕР. Через те, що тривалість заряду конденсатора перевищує час розряду (малюнок 5.2, б), напруга на конденсаторі падає і розряд у МЕР припиняється.

Відбувається деіонізація (відновлення електричної міцності МЕР)

речовини каналу розряду, і напруга на конденсаторі знову починає підвищуватися внаслідок його зарядки від джерела U . Оскільки розрядний ланцюг має деяку індуктивність L_1 , конденсатор перезаряджається протягом розряду до деякої негативної напруги, що полегшує процес деіонізації. Таким чином, джерело уніполярних імпульсів (імпульсів однієї полярності) періодично збуджує короточасні розряди між $E1$ і $E3$ і дозволяє здійснити процес вибіркової ерозії, тобто різко послабити ерозію одного з електродів.

Більш інтенсивному руйнуванню піддається електрод, з'єднаний з позитивною обкладкою конденсатора (анод), а електрод підключений до негативної обкладки (катод), направляє руйнування й обумовлює його форму. Тому застосовують два способи включення електродів у ланцюг:

- а) пряму полярність ($E1$ служить катодом, $E3$ - анодом);
- б) зворотну полярність ($E1$ служить анодом, $E3$ – катодом).

Вибір полярності обумовлений необхідністю одержувати швидкості руйнування металу на заготовці й найменший знос $E1$.

Для підвищення інтенсивності руйнування металу МЕП заповнюють діелектричною рідиною, тобто процес ЕЕО проводять у ванні, заповненій робочим середовищем (гасом, дистильованою водою, соляровою олією тощо).

Матеріал $E1$ вибирають у залежності від матеріалу оброблюваної заготовки. При обробці сталевих заготовок матеріалом $E1$ служать мідь, латунь, алюміній, графітований ЕЕГ, мідно-графітова або коксографітова композиція АРВ, при обробці твердих сплавів – чавун і алюміній.

При електроерозійній обробці відсутній безпосередній контакт $E1$ і $E3$. Основна область застосування електроерозійної обробки – прошивання отворів і порожнин різної конфігурації в залежності від форми перетину $E1$ (незалежно від твердості і в'язкості матеріалу).

5.2 ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ЕЕО

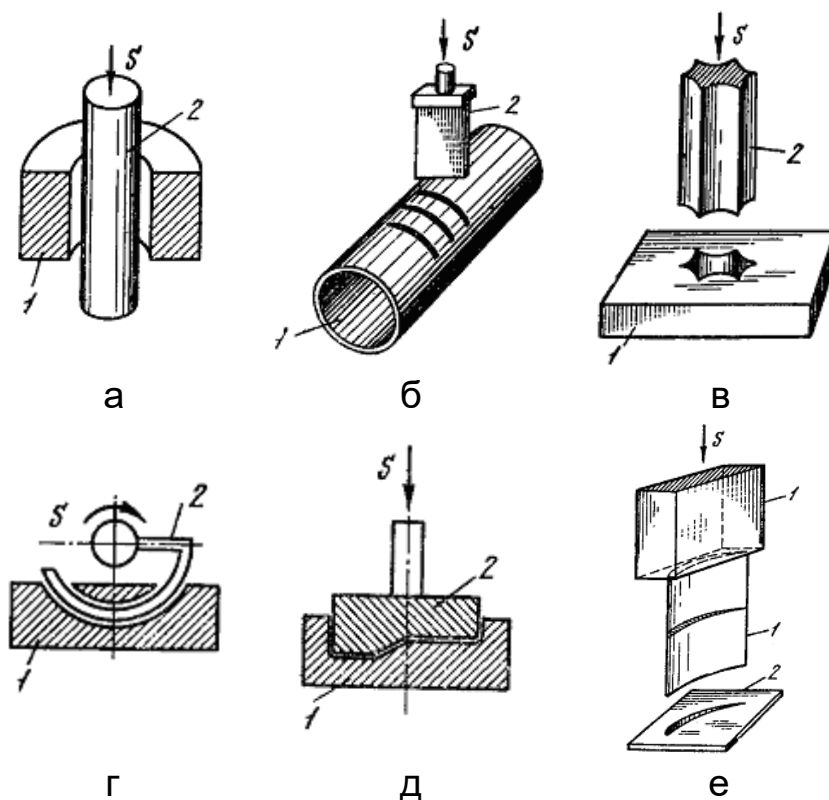
Технологічні схеми ЕЕО забезпечують реалізацію необхідного взаємозв'язку електричного режиму з технологічними показниками процесу.

Електроерозійну обробку виконують профільованими або непрофільованими $E1$. Форму і розміри робочих поверхонь профільованих $E1$ визначають відповідно до заданої поверхні деталі, що виготовляється, тоді як непрофільовані $E1$ мають найпростішу геометричну форму – у вигляді дроту, стрижня або диска.

Формоутворення оброблюваної деталі електроерозійним методом можна здійснювати за двома схемами:

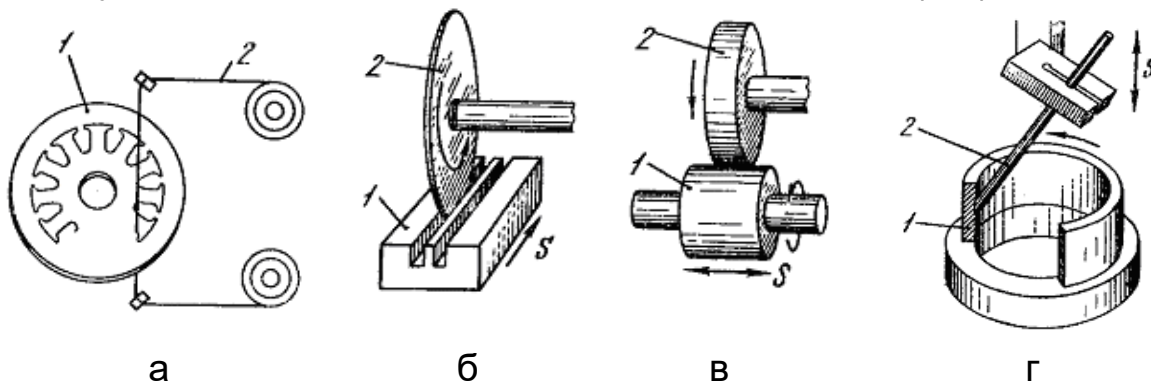
1 Копіюванням форми $E1$, тобто одержанням у деталі порожнини або опуклості, що є зворотним відображенням робочої поверхні $E1$. Цю операцію, що називають прошиванням, виконують при одному

поступальному русі ЕІ. Окремий випадок описаного процесу – прошивання різних отворів у заготовлях, при якому лише копіюють форму перетину ЕІ. На малюнку 5.3 зображені: технологічні схеми ЕЕО заготовок 1 методами прямого (а-д) і зворотного (е) копіювання форми профільованими ЕІ 2; прошивання отворів із прямолінійними (у) і криволінійній (г) осями; об'ємне формоутворення порожнини (д) і зовнішніх поверхонь (е).



Малюнок 5.3 – Схеми процесів ЕЕО профільованим ЕІ

2 Взаємним переміщенням оброблюваної деталі і непрофільованого ЕІ, при якому матеріал знімається з поверхні або заготовка розрізається (малюнок 5.4). У цій схемі можна виділити два види операцій: вирізання складнопрофільованих деталей і розрізування деталей 1 непрофільованим ЕІ 2 (а, б); шліфування і розточування заготовок дисковими і стрижневими ЕІ (в, г).



Малюнок 5.4 – Схеми процесів ЕЕО непрофільованим ЕІ

Перша технологічна схема ЕЕО профільованим ЕІ найбільш поширена. Форма ЕІ відповідає формі одержуваної поверхні.

В другій технологічній схемі ЕЕО непрофільованим ЕІ найбільшого поширення набула обробка дровим ЕІ. Переваги даного методу: можливість вирізання складних контурних листових деталей високої точності; доступність і відносна нескладність автоматизації руху подачі за заданою програмою; простота конструкції верстата. Вада цієї схеми обробки – можливість її використання тільки при вирізних або обрізних роботах.

5.3 ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМУ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕЕО

Важливою характеристикою режиму ЕЕО є енергія імпульсу, що визначає продуктивність, точність і якість обробленої поверхні деталі. З ростом енергії імпульсів підвищується продуктивність, однак знижується якість оброблюваної поверхні.

Енергія імпульсу дорівнює енергії, накопичений у конденсаторі, Дж:

$$A_u = \frac{CU_{np}^2}{2}, \quad (5.1)$$

де C – ємність конденсатора, Ф;

U_{np} – пробивна напруга, В.

Досвідним шляхом знайдено, що в оптимальному режимі конденсатор заряджається до напруги, що становить 0,50...0,75 напруги холостого ходу ($U = 180$ В). Таким чином, $U_{np} = (0,50...0,75)U$.

За енергією імпульсу A_u режими ЕЕО поділяють на три основні групи: тверді (5,0...0...0,5 Дж), середні (0,5...0,05 Дж) і м'які (менш 0,05 Дж), що за технологічними показниками відповідає чорновим, чистовим і оздоблювальним видам розмірної обробки.

Продуктивність ЕЕО

Продуктивність ЕЕО визначається обсягом (масою) металу обробленої поверхні в одиницю часу, мм³ /хв (г/хв).

Продуктивність обробки залежить від електроерозійної оброблюваності металу, сполучення марок матеріалів ЕІ і ЕЗ і потужності імпульсу, реалізованої в МЕР. При постійній енергії імпульсу і збільшенні площі обробки вона зменшується, що пояснюється уповільненням швидкості видалення продуктів ерозії з МЕР. У цьому випадку значна частина розрядів супроводжується не зняттям металу, а дробленням часток, не виведених з МЕР.

З метою поліпшення умов виведення продуктів ерозії з МЕР, що стабілізує процес ЕЕО і підвищує його продуктивність, застосовують обертання або вібрацію ЕІ в напрямку його подачі і прокачування робочої рідини.

На технологічні показники ЕЕО істотно впливають види і стан робочої рідини. Наприклад, заміна гасу дистильованою водою при ЕЕО мідним ЕІ твердих сплавів і загартованих сталей знижує, а при ЕЕО вольфрамова і твердосплавними ЕІ підвищує її продуктивність. У ході обробки зростають зольність і в'язкість робочої рідини, і тому останню періодично змінюють. Збільшення в'язкості робочої рідини сповільнює виведення з МЭП продуктів ерозії і знижує продуктивність.

На продуктивність ЕЕО впливає матеріал ЕІ, від властивостей якого залежать пробивна напруга і, відповідно, енергія імпульсів, характер теплообміну в МЭП, швидкість деіонізації тощо.

Усі метали і сплави за електроерозійною оброблюваністю поділяються на три групи: а) добре оброблювані; б) що піддаються обробці в меншому ступені; в) слабо руйнуються від впливу розрядів.

Різний вплив імпульсних розрядів на метали і сплави визначається їх теплофізичними властивостями (температурою плавлення і кипіння, теплопровідністю і теплоємністю). Механічні властивості (твердість, в'язкість) на ефект ерозії не впливають. Нижче показана відносна оброблюваність матеріалів (при цьому оброблюваність сталі умовно прийнята за одиницю):

Магнієві сплави	– 6,0	Сталеві сплави	– 1,0
Алюмінієві сплави	– 4,0	Титанові сплави	– 0,6
Латунні сплави	– 1,6	Тверді сплави	– 0,5

Чим вище теплофізичні властивості матеріалу ЕІ і шорсткість робочих поверхонь, тим більше зазначена гранична потужність, оскільки теплопровідність визначає швидкість відводу тепла з поверхні ЕІ, а шорсткість – дійсну площу теплопровідної поверхні. Якщо шорсткість однакова, то найбільша гранична потужність досягається при ЕЕО мідними електродами, менша – алюмінієвими, найменша – електродами з графітованих матеріалів.

Точність обробки

Точність ЕЕО задається факторами, притаманними як будь-якому методу розмірної обробки, так і характерними тільки для ЕЕО. Ці фактори визначають відповідно первинні погрішності, сукупність яких створює сумарну погрішність Δ .

Первинна погрішність $\Delta_{МЭП}$, що виникає в наслідок наявності міжелектродного зазору α , найбільш істотна. У загальному випадку

$$\alpha = \alpha_{np} + \frac{2}{3} R_{z,max} + t, \quad (5.2)$$

де α_{np} – пробивний міжелектродний зазор для чистої робочої рідини, залежить від максимальної напруги генератора імпульсів;

$R_{z,max}$ – висота нерівностей шорсткості, зростає з підвищенням енергії імпульсу;

t – сумарна частина міжелектродного зазору, перекритого

продуктами ерозії, збільшується з посиленням твердості режиму обробки.

Погрішність форми $\Delta\phi$ оцінюється різницею між верхнім α_v і нижнім α_n міжелектродними зазорами:

$$\Delta\phi = \alpha_v - \alpha_n. \quad (5.3)$$

Для підвищення точності ЕЕО необхідно зменшити різницю міжелектродних зазорів, наприклад, застосуванням оздоблювального режиму. При прошиванні наскрізних отворів погрішність їхньої форми знижують, просуваючи ЕІ за межі нижньої поверхні ЕЗ, тобто до повного припинення електричних розрядів у бічній частині МЕР.

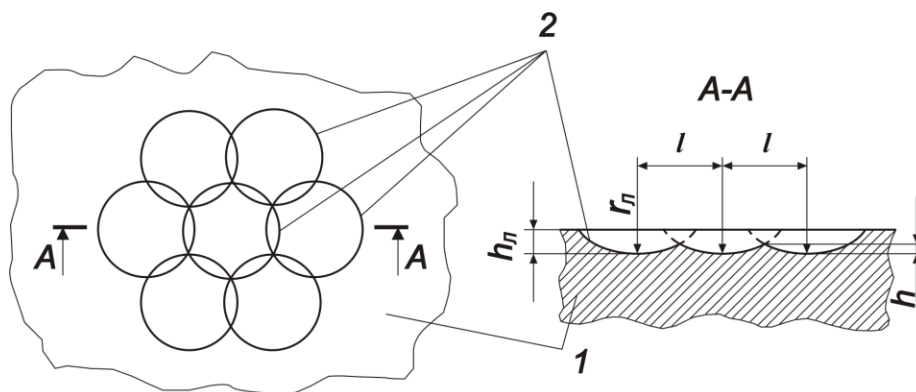
Якість поверхні

При ЕЕО в результаті впливу електричних розрядів оброблена поверхня набуває характерних нерівностей, тобто профіль поверхні являє собою результат накладення одної на одну величезної кількості лунок (малюнок 5.5).

Шорсткість обробленої поверхні оцінюють висотою горбків у місці перетинання лунок, що утворюються на поверхні деталі при електричному розряді.

Якщо вважати, що дно лунки сферичне з радіусом r_L глибиною h_L , а відстань між центрами лунок $l = r_L$, то виявиться, що висота горбків у місці перетинання лунок $h = R_{z,max}$.

Таким чином, з геометричних розрахунків



Малюнок 5.5 – Профіль поверхні ЕЗ, обробленої на електроерозійному верстаті: 1 – електрод-заготівля; 2 – лунки

$$R_{z,max} = h \approx 0,33h_L. \quad (5.4)$$

Отже, шорсткість визначається тими ж умовами обробки, що і глибина лунки. Останню можна розрахувати за допомогою емпіричної залежності

$$h_L = kA_u^n, \quad (5.5)$$

де k – коефіцієнт глибини лунки, що залежить від механічних властивостей матеріалу заготовки (для сталей $k = 226$ мкм/Дж, для твердих сплавів $k = 120$ мкм/Дж); n – безрозмірний коефіцієнт (для

сталей і твердих сплавів $n = 0,38$).

Тоді шорсткість визначається енергією імпульсу

$$R_z = \frac{k}{3} (0,5CU_{np}^2)^{0,38}. \quad (5.6)$$

Шорсткість поверхні і продуктивність обробки зменшуються зі зниженням енергії імпульсу і відповідають даним таблиці 5.1.

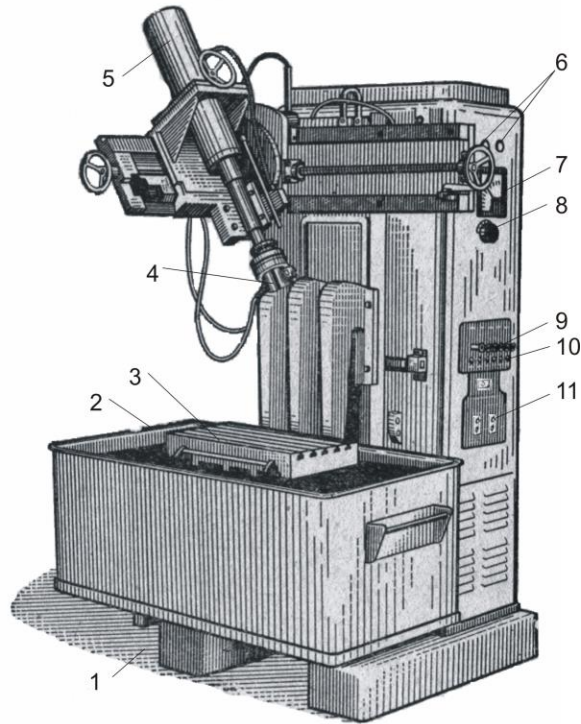
Таблиця 5.1 – Залежність параметрів обробки від режиму ЕЕО

Параметри обробки	Оброблений матеріал							
	Сталь				Твердий сплав			
Номер режиму	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Продуктивність процесу Q , мм ³ /хв	119	66	26	9	59	32	7	5
Шорсткість поверхні R_z , мкм	40...20 0	20...10 0	10...5 5	5...2,5 5	20...10 0	10...5 5	5...2,5 5	2,5...1,2 5
Міжелектродний однібічний зазор α , мм	0,15	0,08	0,05	0,03	0,08	0,04	0,03	0,01

5.4 КОНСТРУКЦІЯ КОПІЮВАЛЬНО-ПРОШИВАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 183

Конструкція електроерозійних верстатів залежить від габаритів, маси заготовок, вимог до якості поверхні, призначення верстата. Електроерозійні верстати поділяють на прошивальні, шліфувальні, для розрізування профільним і непрофільним інструментом. Копіювально-прошивальні верстати призначені для одержання отворів будь-якого перетину, порожнин, заглиблень, а також нанесення на заготовки написів.

У лабораторній роботі використаний верстат копіювально-прошивальний електроерозійної моделі 183, у якому механічні вузли й електричне устаткування становлять єдине ціле (малюнок 5.6).



Малюнок 5.6 – Верстат ЕЕО копіювально-прошивальний моделі 183

Електровимірювальні прилади і системи керування верстатом розташовані на правій панелі корпуса, де 6 – сигнальні лампи, 7 – вольтметр, 8 – ручка потенціометра настроювання регулятора, 9 – натискні рубильники включення режиму обробки, 10 – кнопки вимикання режиму обробки, 11 – кнопки керування верстатом.

Верстат моделі 183 підвищеної точності має RC-генератор, дозволяє обробляти ЕЗ з габаритними розмірами 1100x400x120 мм і масою не більш 1350 кг із максимальною продуктивністю по сталі 115 мм³/хв і по твердому сплаву – 46 мм³/хв, забезпечуючи шорсткість поверхні відповідно від 40 до 6,3 мкм і від 2,0 до 1,6 мкм; потрібна потужність до 5 квт.

Корпус верстата укріплений на підставці 1 коробчастої форми. На рухомій рамі верстата встановлена ванна 2 з робочою рідиною. Переміщення ванни відбувається за допомогою гвинтової передачі, що має привід від електродвигуна, або вручну знімною рукояткою.

ЕЗ встановлюють на столі 3, ЕІ – в електродотримачі 4. Інструментальну голівку 5 переміщують у двох взаємно перпендикулярних напрямках і повертають на кут $\pm 90^\circ$ відносно столу вручну.

5.4.1 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ НА ВЕРСТАТАХ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ

Найбільшу небезпеку при обслуговуванні електроерозійних верстатів становлять ураження електричним струмом і загоряння робочої рідини, що приводить до опіків і пожежі.

Працюючий на електроерозійних верстатах повинний

дотримуватися таких загальних правил і рекомендацій, що забезпечують пожежну безпеку при роботі на такому устаткуванні:

1 Забороняється включати верстат і працювати на ньому без дозволу викладача або навчального майстра.

2 Верстат повинний бути заземлений.

3 При обслуговуванні верстата слід стояти на гумовому килимку і користуватися гумовими рукавичками.

4 При роботі верстата забороняється доторкатися до струмоведучих його частин (електродотримача, електродів, столу).

5 ЕІ і ЕЗ повинні бути надійно ізольовані від корпусу верстата і добре закріплені. При слабкому закріпленні може виникнути іскріння, що буде причиною загорання робочої рідини.

6 У випадку загорання рідини ванну необхідно опустити, а потім накрити щитом. Щит варто зберігати поруч з верстатом.

7 Ванну опускають тільки при виключеному верстаті.

8 При обслуговуванні працюючого верстата варто знаходитися на достатній відстані від ванни з метою запобігання забруднення одягу робочою рідиною.

9 На ділянці електроерозійної обробки забороняється курити.

5.5 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1 Верстат електроерозійний моделі 183.

2 Мікроскоп вимірвальний МБС-9 (збільшення від 4 до 100).

3 Індикатор вимірвальний на стійці (ціна ділення 10 мкм).

4 Зразки-свідки з матеріалів: нержавіючої сталі марки 1Х18Н9Т, титанового сплаву марки ВТ20-3, алюмінієвого сплаву марки Д16Т і сталі марки 40Х.

5 ЕІ з матеріалів: латунь марки ЛС59, мідь марки М1.

5.6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1 Ознайомитися з основними технологічними характеристиками процесу електроерозійної обробки металів.

2 Вивчити правила техніки безпеки при роботі на верстатах електроерозійної обробки.

3 Закріпити в електродотримачі ЕІ, зафіксувати перехоплювачами заготовку на столі верстата і занурити її в рідину шляхом підйому ванни.

4 Ввімкнути верстат натисканням рубильника 9 для обраного режиму обробки і прошити отвір.

5 Вимкнути верстат натисканням кнопки 10 для обраного режиму.

6 Зробити вимір перетинів отвору в зразку-свідку зі сталі марки 40Х, обчислити міжелектродний зазор α і занести результати до протоколу №1.

7 Зробити вимір глибини лунок для зразків-свідків із трьох

матеріалів, обчислити продуктивність ЕЕО при заданих режимах і занести результати до протоколу №2.

8 Оформити звіт про лабораторну роботу.

9 Відповісти на контрольні питання.

5.7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1 Короткий конспект, що відбиває основні технологічні характеристики процесу ЕЕО металів (підрозділ 5.1, малюнок 5.1).

2 Ескізи технологічних схем ЕЕО (малюнки 5.3, м і 5.4, а).

3 Ескіз профілю поверхні ЕЗ, обробленої на електроерозійному верстаті (малюнок 5.5).

4 Операційні ескізи для обробки поверхонь ЕЗ і ЕІ з виконавчими розмірами.

5 Протокол №1 про результати залежності міжелектродного однобічного зазору α від режиму ЕЕО.

6 Графік залежності міжелектродного однобічного зазору α від режиму ЕЕО зразка-свідка зі сталі 40Х.

7 Протоколи про результати залежності продуктивності ЕЕО від коефіцієнтів теплоємності матеріалів зразків-свідків: 1Х18Н9Т, ВТ20-3 і Д16Т згідно з протоколом №2.

8 Графіки залежності продуктивності ЕЕО від теплоємності матеріалів для зразків-свідків, зазначених у протоколі №2, при заданому режимі і часі обробки.

9 Висновки про результати проведених експериментальних досліджень на зразках-свідках.

ПРОТОКОЛ №1

Залежність міжелектродного однобічного зазору α від режиму ЕЕО

1 Зразок-свідок – пластина, матеріал – сталь марки 40Х, твердість від 58 до 63 HRCЭ, лист $S = 5$ мм;			
2 ЕІ – пруток ш.Н.М – 14 ДСТ 8560 – 81 ; Латунь ЛС 59 ДСТ 2060 – 81			
3 Час обробки $\tau =$ хв.			
Номер режиму (потужність, кВт)	Розміри перетинів отворів, мм		Міжелектродний однобічний зазор α , мм
	верхнього	нижнього	
I (5,0)			
II (3,0)			
III (2,0)			

ПРОТОКОЛ №2

Залежність продуктивності ЕЕО від теплоємності матеріалу, режиму і часу обробки

1 Зразок-свідок – пластина, матеріал і їхня теплоємність, кдж/кг.оК – сталевий сплав марки 1Х18Н9Т (450); титановий сплав марки ВТ20-3 (550); алюмінієвий сплав марки Д16Т (900);	
2 ЕІ – пруток ш.Н.М – 14 ДСТ 8560 – 81 ; Латунь ЛС 59 ДСТ 2060 – 81	

Час обробки τ , хв		1,0	1,5	2,0	2,5
Глибина лунки зразка-свідка h_L , мм					
Номер режиму обробки (потужність, кВт)	I (5,0)				
	II (3,0)				
	III (2,0)				
	IV (1,0)				
Продуктивність ЕЕО при заданому режимі і часі обробки Q , мм ³ /хв	I (5,0)				
	II (3,0)				
	III (2,0)				
	IV (1,0)				

5.8 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 При яких умовах виникає явище електричної ерозії металу?
- 2 На які технологічні показники впливає ріст енергії імпульсу?
- 3 Як впливає на шорсткість режими обробки металів ЕЕО?
- 4 Які фактори впливають на якість оброблення поверхні ЕЕО?
- 5 Які фактори в процесі ЕЕО впливають на точність обробки?
- 6 Від яких показників залежить продуктивність ЕЕО заготовок?
- 7 Наведіть приклади взаємозв'язку електричного режиму з технологічними показниками процесу ЕЕО.

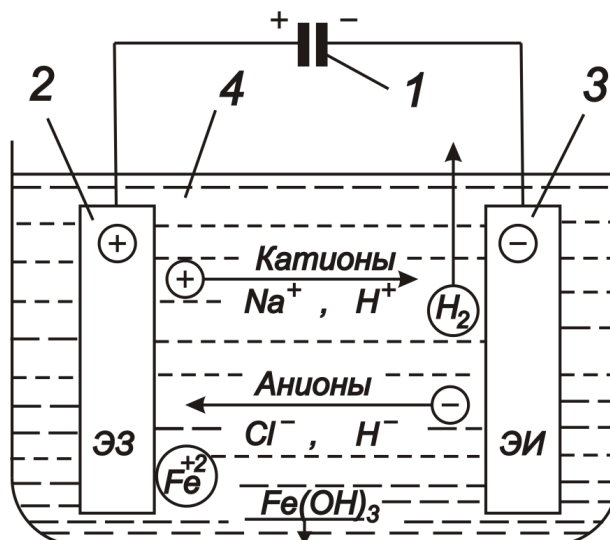
Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

Мета роботи – закріплення теоретичних знань про електрохімічну обробку металів; проведення експериментальних досліджень залежності продуктивності процесу розчинення металу заготовки від електричних режимів обробки.

6.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

Електрохімічна обробка (ЕХО) металів заснована на здатності їх розчинятися в результаті окисних реакцій, що відбуваються в середовищі електропровідного розчину (електроліту) під дією на нього постійного електричного струму. Такий хімічний процес розчинення металів називається електролізом. Схема електролізу показана на малюнку 6.1.



Малюнок 6.1 – Схема електролізу

Рух іонів розглянемо в найбільш часто застосовуваному для ЕХО електроліті – водному розчині хлористого натрію NaCl. При подачі на електроди напруги від джерела живлення 1 аніони гідроксиду і катіони водню разом з аніонами хлору і катіонами натрію під дією сил електричного поля переміщуються відповідно до катода й анода. Атоми поверхневого шару анода 2, тобто електрода - заготовки (ЕЗ), одержуючи від аніонів Cl⁻ і OH⁻, що рухаються до нього, додаткові негативні заряди, перетворюються в позитивні іони заліза Fe⁺². Останні під дією катодних і анодних реакцій взаємодіють з іонами OH⁻ й утворюють гідрат окису заліза Fe(OH)₃, що у вигляді нерозчинної хімічної сполуки випадає в осад. Таким чином, відбувається електрохімічне анодне розчинення заліза. Одночасно з цим на катоді 3, тобто на електроді- інструменті (ЕІ), виділяється

водень H_2 , що виходить з електроліту 4 у вигляді пухирців. Реакції, що протікають на катоді, як правило, не руйнують його, тобто ЕІ при ЕХО не зношується.

Зі схеми малюнка 6.1 видно, що електроліз відбувається в міжелектродному проміжку (МЕП), де анодне розчинення в нейтральних електролітах супроводжується утворенням гідратів окису металів, що випадають в осад і засмічують МЕП. Так, якщо доступ електроліту на деякі ділянки МЕП за якихось причин утруднений або цілком припиняється, то нормальний плин процесу ЕХО в цьому випадку порушується. Для нормалізації процесу ЕХО необхідно, зокрема, вчасно видалити продукти розчинення (шлам) з МЕП, що забезпечується при швидкості витікання електроліту від 5 до 20 м/с. Такі швидкості дозволяють виконувати обробку при підвищених щільностях струму (до 1 А/мм²) і сприяють охолодженню електроліту, що нагрівається більшою силою струму.

6.2 ОСНОВНІ СХЕМИ ПРОЦЕСІВ ЕХО

Під розмірною ЕХО розуміють процес одержання з заготовки деталі необхідної форми і розмірів за рахунок анодного розчинення металу.

Існує кілька схем ЕХО:

1 Обробка з нерухомими ЕІ. За цією схемою одержують місцеві полегшення в деталях, отвори в листових металах, наносять інформацію, видаляють задирки, скруглюють гострі кромки, заточують інструмент.

2 Прошивання заглиблень, порожнин, отворів. За цією схемою виготовляють робочі порожнини кувальних штампів, прошивають отвори, пази, пера лопаток турбін.

3 Протягання зовнішніх і внутрішніх поверхонь у заготовках, що мають попередньо оброблені поверхні, по яких можна базувати ЕІ. За цією схемою виконують чистову обробку циліндричних отворів, шліців, гвинтових канавок.

4 Розрізування заготовок. ЕІ служить обертовий диск. За цією схемою виконують пази, щілини, підрізування пружин.

5 Шліфування або полірування. Використовують обертовий ЕІ циліндричної форми, що поступально рухається уздовж заготовки. Цю схему використовують як кінцеву операцію при виготовленні тонких пластин, а також – деталей із в'язких і міцних сплавів.

6.2.1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСІВ ЕХО

Основними технологічними характеристиками процесів ЕХО є продуктивність, точність розмірів і отриманої форми, а також шорсткість оброблених поверхонь.

До факторів, що впливають на технологічні характеристики процесів ЕХО, відносять: об'ємний електрохімічний еквівалент

оброблюваного металу k ; склад застосовуваного електроліту, його питому електропровідність χ ; напругу джерела живлення U ; анодну щільність струму i ; коефіцієнт виходу за струмом η , величину міжелектродного проміжку α ; технологічний припуск Z .

Відповідно до першого закону Фарадея об'єм розчиненого металу V при електролізі прямо пропорційний об'ємному електрохімічному еквіваленту k даного металу, силі струму I і часу τ , ммЗ:

$$V = kI\tau. \quad (6.1)$$

Об'ємний електрохімічний еквівалент k металу залежить від його валентності й атомної маси.

На практиці об'єм розчиненого металу не завжди відповідає величині, розрахованій за рівнянням (6.1). Так, об'єм розчиненого металу істотно залежить від щільності струму i на аноді, яка визначається відношенням сили струму I до площі F анода, А/мм²:

$$i = \frac{I}{F}. \quad (6.2)$$

Ефективність процесів ЕХО оцінюють коефіцієнтом виходу металу за струмом:

$$\eta = \frac{V_{\phi}}{V}, \quad (6.3)$$

де V_{ϕ} – фактичний об'єм розчиненого металу при пропусканні певної кількості електрики, мм³.

З урахуванням рівняння (6.1) і коефіцієнта η фактичний об'єм розчиненого металу, ммЗ, визначають за формулою:

$$V_{\phi} = kI\tau\eta. \quad (6.4)$$

Фактичний об'єм розчиненого металу V_{ϕ} , як правило, завжди менше розрахункового обсягу V (при активному розчиненні $\eta=0,5\dots0,9$, при пасивному – $\eta < 0,5$).

Якісні показники технологічних характеристик процесів ЕХО знаходяться в прямій залежності від застосування технологічних схем ЕХО.

6.2.2 ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ЕХО

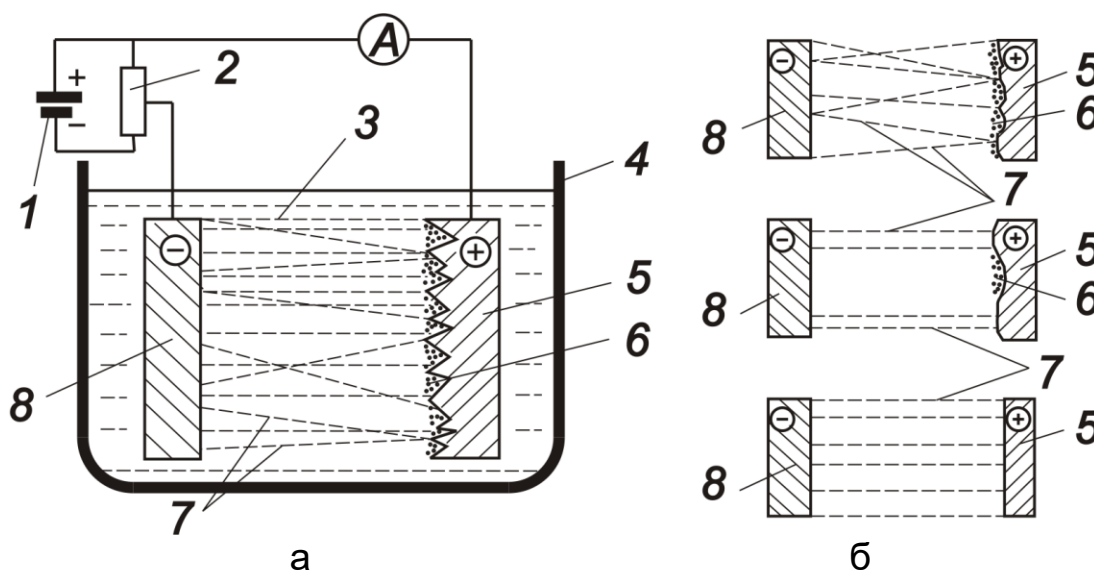
Операції ЕХО можуть бути умовно розділені по технологічним режимом на дві групи:

1.ЕХО при невисокій щільності струму (від 0,02 до 0,03 А/мм²) у стаціонарному електроліті (ЕХС).

2.ЕХО при високій щільності струму (до 1 А/мм²) у проточному електроліті (ЕХП).

На малюнку 6.2, а показана принципова схема ЕХО в стаціонарному електроліті для найбільш типової операції -

електролітичного шліфування або полірування: 1 – джерело живлення; 2 – резистор; 3 – електроліт; 4 – ванна; 5 – електрод заготовки (анод); 6 – плівка продуктів розчиненого металу (шлам); 7 – силові лінії струму; 8 – електрод - інструмент (катод).



Малюнок 6.2 – Принципова схема ЕХО в стаціонарному електроліті: а – електрична схема; б – механізм розчинення виступів

Проходження електричного струму через електроди 5 і 8 й електроліт 3 супроводжується розчиненням поверхні ЕЗ 5 в електроліті й утворенням плівки з продуктів розчинення в западинах шорсткості, що ізолює їх від проходження струму, зосереджуючи його силові лінії 7 на незахищених виступах поверхні ЕЗ (малюнок 6.2, б). З цієї причини виступи швидко розчиняються і мікронерівність згладжується.

На відміну від розглянутого процесу ЕХС розмірна ЕХП відбувається при безперервному й інтенсивному відновленні електроліту, прокачуваного під тиском через МЕП. Примусове видалення електроліту з робочої зони забезпечує формоутворення оброблюваних поверхонь з меншими, ніж при електрохімічному травленні і поліруванні, величинами МЕП.

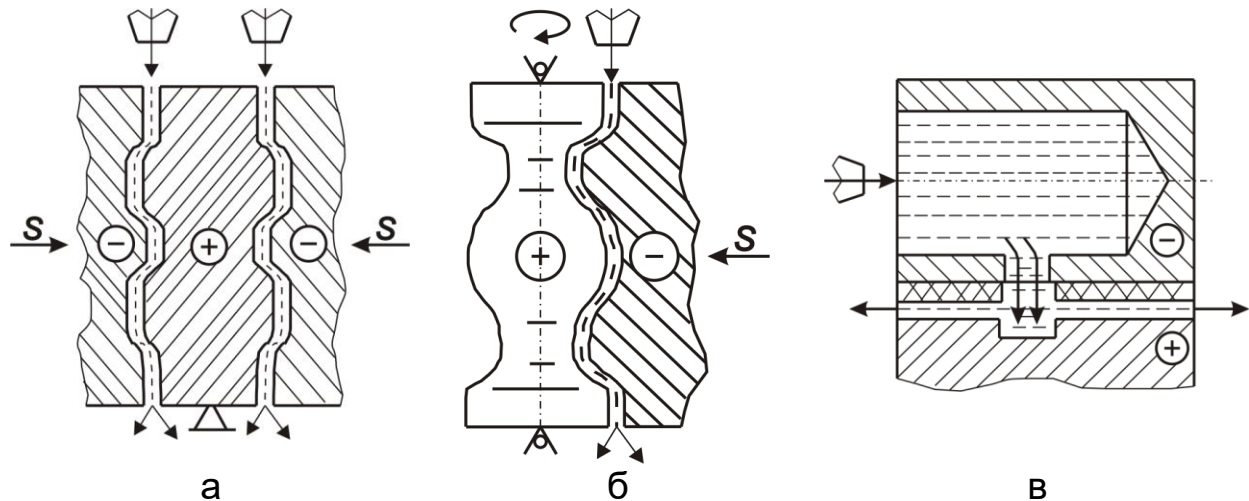
Відповідно до цього анодне розчинення металу на ділянках з мінімальним значенням МЕП відбувається в початковій стадії обробки більш інтенсивно, ніж на ділянках з великими значеннями МЕП.

Існує технологічна схема розмірної ЕХП із двома рухомими ЕІ, що розташовані по обидві сторони заготовки (малюнок 6.3,а) і зближуються назустріч один одному з подачею S .

На малюнку 6.3,б зображена схема електрохімічного формоутворення фасонних поверхонь тіл обертання. У цьому випадку робоча подача S здійснюється шляхом переміщення ЕІ до заготовки,

що обертається.

Утворення канавок різної форми може виконуватися за технологічною схемою, показаною на малюнку 6.3, в. При цьому ЕЗ і ЕІ в процесі обробки нерухомі відносно один одного, і, отже, значення МЕР буде зростати в міру збільшення часу обробки. Поверхні ЕІ, що не беруть участь у формоутворенні деталі, при такій технологічній схемі захищають діелектричним шаром.



Малюнок 6.3 – Технологічні схеми процесів ЕХО в проточному електроліті

Переваги ЕХС: можливість одержання поверхонь з малою шорсткістю в складнопрофільованих деталей і відсутність необхідності в спеціальному інструменті.

Вади ЕХС: невисока питома продуктивність і труднощі збільшення її підвищенням щільності струму; чутливість до змін стану і складу електроліту.

Переваги ЕХП: висока продуктивність, що принципово не має обмежень росту; повна відсутність зносу ЕІ; низька шорсткість поверхні і висока точність обробки при одночасному підвищенні продуктивності.

Вади ЕХП: висока енергоємність процесу, необхідність уживання спеціальних заходів для видалення шламу і газу; обов'язкове забезпечення інтенсивної циркуляції електроліту через МЕР.

6.3 ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ЕХО

Продуктивність оздоблювальних процесів ЕХО характеризується швидкістю обробки, що виражається в різних одиницях вимірів фізичних величин. Так, при електрохімічному травленні швидкість обробки визначається величиною знімання металу за одиницю часу й у залежності від виду оброблюваного металу, складу електроліту й інших факторів коливається від 0,05 до 0,2 мм/хв. Продуктивність електрохімічного полірування визначають за тривалістю процесу, що при поліруванні вуглецевих сталей становить від 5 до 10 хв, алюмінію

– від 2 до 3 хв.

Продуктивність розмірного електрохімічного формоутворення характеризується швидкістю анодного розчинення металу, що виражається в лінійних (мм/хв) або об'ємних (мм³/хв) одиницях.

При електрохімічному формоутворенні з нерухомими електродами, коли величина МЕР змінюється в процесі обробки, продуктивність залежить від багатьох факторів, у першу чергу від тривалості процесу обробки. Так, зі збільшенням часу обробки відповідно зростає МЕР і знижується швидкість електрохімічного розчинення.

Об'ємний електрохімічний еквівалент k для кожного виду металу має певне значення і тому не впливає на продуктивність розмірної ЕХО. Зміною же параметрів U , α , χ , η до граничних значень можна істотно знизити або підвищити продуктивність розмірного електрохімічного формоутворення.

З підвищенням робочої температури електропровідність i , відповідно, щільність струму на аноді збільшуються. Підвищення швидкості прокачування електроліту в МЕР сприяє більш інтенсивному видаленню шламу з зони обробки, що також збільшує електропровідність шаруючи електроліту в МЕР.

6.3.1 ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ ПРИ ЕХО

При ЕХО якість оброблених поверхонь визначається в основному їхньою шорсткістю.

На відміну від традиційних процесів обробки різанням, коли різець, роблячи силовий вплив на оброблювану поверхню, утворює на ній деформовані (напружені) шари металу, ЕХО не викликає в поверхневих шарах оброблюваного металу яких-небудь механічних напруг. Це в ряді випадків позитивно позначається на якості оброблюваних поверхонь.

У загальному вигляді якість оброблюваних поверхонь залежить від сполучення значень таких параметрів, як склад електроліту, його температура, швидкість прокачування електроліту через МЕР і щільність електричного струму.

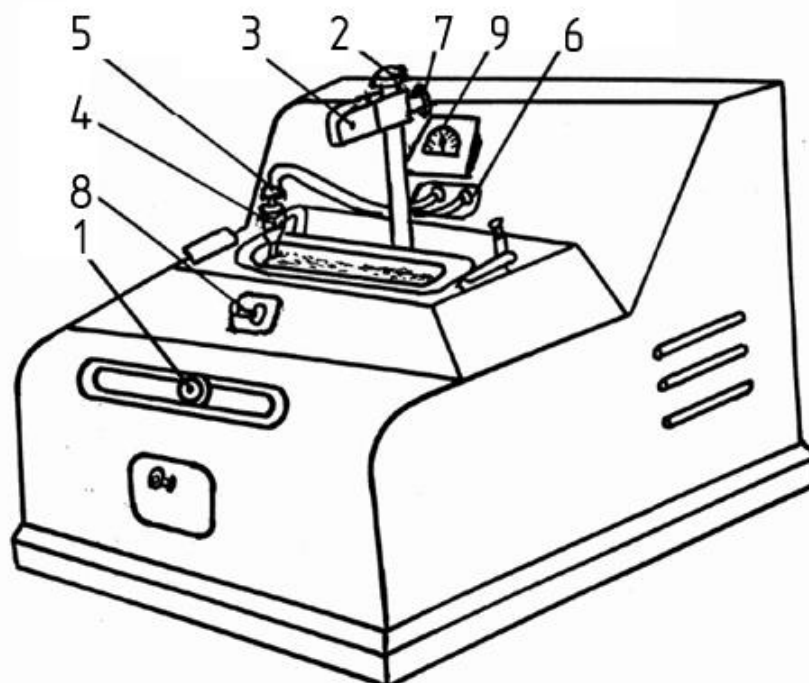
При обробці вуглецевих і нержавіючих сталей з використанням в якості електроліту розчину хлористого натрію шорсткість поверхонь, отримана при розмірній ЕХО, становить від 2,5 до 1,25 мкм.

Підвищення температури електроліту, як правило, негативно позначається на шорсткості поверхонь. Однак у деяких випадках, наприклад, при розмірній ЕХО титанових сплавів, з підвищенням температури електроліту якість оброблюваної поверхні підвищується.

Збільшення щільності електричного струму зменшує шорсткість оброблюваних поверхонь.

6.4 УСТАНОВКА ДЛЯ ЕХО В СТАЦІОНАРНОМУ ЕЛЕКТРОЛІТІ

У лабораторній роботі використовується установка для ЕХО в стаціонарному електроліті, основні конструктивні елементи якої показані на малюнку 6.4.



Малюнок 6.4 – Установка для ЕХО в стаціонарному електроліті:
1 – рухомий контакт реостата; 2 – стійка; 3 – анодний затискач;
4 – кронштейн; 5 – термоконтактор; 6 – панель; 7 – гвинт; 8 – тумблер;
9 – амперметр

Обробку на даній установці виконують у такій послідовності:

1. Підготовка установки до роботи:

– установити рухомий контакт 1 реостата в середнє положення, тому що в протилежному випадку при увімкненні струму може відбутися поломка амперметра;

– закріпити на стійці 2 анодний затискач 3;

– вставити в кронштейн 4 термоконтактор 5 і включити його в ланцюг установки за допомогою двох штирків, вставлених у гнізда панелі 6;

– опустити термоконтактор 5 в електроліт на 15 мм;

– підключити установку до мережі перемінної напруги 220 В.

2. Порядок проведення ЕХО:

– установити в анодний затискач 3 заготовку, опустити її у ванну до лінії оцінки занурення і закріпити анодний затискач гвинтом 7;

– увімкнути струм тумблером 8;

– установити за допомогою рухомого контакту реостата 1 необхідну силу струму за амперметром 9 для заданої щільності

струму;

- обробити заготовку протягом заданого часу;
- виключити струм тумблером 8;
- установити рухомий контакт реостата 1 у середнє положення;
- вийняти заготовку з ванни і, утримуючи її пінцетом, видалити з анодного затискача 3;
- промити заготовку проточною водою.

6.4.1 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ НА УСТАНОВЦІ ДЛЯ ЕХО

1. Забороняється вмикати установку і працювати на ній без дозволу викладача або навчального майстра.

2. Установка для ЕХО повинна бути заземлена.

3. При підготовці установки до роботи і під час роботи на ній не можна допускати попадання електроліту на відкриті частини тіла (обличчя і руки) і одяг. Уражені ділянки тіла необхідно промити струменем проточної води.

4. При роботі на установці необхідно стояти на гумовому килимку і користуватися гумовими рукавичками.

5. На ділянці установок ЕХО курити забороняється.

6.5 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Установка для ЕХО в стаціонарному електроліті.

2. Мікрометр листовий ДСТ 6507–78 (ціна ділення 0,01 мм).

3. Зразки-свідки з матеріалу марки 1Х18Н9Т.

4. Мікроскоп вимірвальний МБС-9 (збільшення від 4 до 100).

6.6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Вивчити основні відомості про розмірну ЕХО металів і її технологічні схеми, правила і техніку безпеки при роботі на електрохімічній установці, конструкцію установки (малюнок 6.4).

2. Вимірити товщину і визначити шорсткість зразків перед обробкою на установці.

3. Розрахувати величину струму за заданою щільністю струму відповідно до формули (6.2).

4. Обробити заготовки на установці ЕХО протягом заданого часу, змінюючи щільність струму для кожного зразка.

5. Вимірити товщину оброблених заготовок і обчислити фактичний об'єм розчиненого металу кожної заготовки.

6. Визначити параметри шорсткості на оброблених поверхнях заготовок.

7. Обчислити продуктивність процесу з урахуванням режиму обробки кожної заготовки.

8. Побудувати графік залежності продуктивності процесу ЕХО від

щільності струму $Q = f(i)$.

9. Дати рекомендації з вибору режимів обробки заготовки.

10. Оформити звіт про лабораторну роботу.

11. Відповісти на контрольні питання.

6.7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Короткий конспект, що відбиває основні схеми і технологічні характеристики процесу ЕХО металів (підрозділи 6.1 і 6.2, малюнки 6.1 і 6.2).

2. Схема процесу ЕХО в проточному електроліті (малюнок 6.3, а).

3. Протокол результатів експериментальних досліджень ЕХО відповідно до протоколу.

4. Графік залежності $Q = f(i)$.

5. Висновки про результати проведених експериментальних досліджень на зразках-свідках.

ПРОТОКОЛ

Залежність продуктивності процесу ЕХО від щільності струму

1 Матеріал зразка-свідка (ЕЗ) –						
2 Матеріал ЕІ –						
3 Час обробки, хв – $\tau =$						
4 Площа оброблюваної поверхні, мм ² – $F =$						
5 Склад електроліту –						
6 Температура електроліту, °С – $t =$						
Номер заготовки	Електричний режим обробки		Параметри шорсткості, мкм		Об'єм розчиненого металу V , мм ³	Продуктивність процесу Q , мм ³ /хв
	щільність струму i , А/мм ²	сила струму I , А	до обробки	після обробки		
1						
2						
3						

6.8 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які фактори впливають на технологічні характеристики процесів ЕХО?

2. Назвіть особливості технологічних процесів розмірної ЕХО з ЕІ, що переміщається в проточному електроліті.

3. Назвіть особливості проектування ЕІ для різних технологічних схем ЕХО.

4. Від яких параметрів устаткування залежить продуктивність процесу ЕХО?

5. Перелічить переваги процесу розмірної ЕХО у стаціонарному електроліті.

6 Перелічить переваги розмірної ЕХО в проточному електроліті.

Лабораторна робота № 7

БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК І ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Мета роботи – вивчення схем базування заготовок для розмірної обробки з видаленням припуску; ознайомлення з призначенням і конструкцією основних елементів спеціальних верстатних і універсально-збірних пристроїв; вироблення практичних навичок компонування універсально-збірного пристрою.

7.1 БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК ПРИ ОБРОБЦІ

Терміни і визначення основних понять базування і баз викладені в ДСТ 21495-76 і ДСТУ 2232-93.

Базування – надання заготовці або виробові необхідного положення щодо обраної системи координат.

База – поверхня, вісь, точка, що належать заготовці або виробові і використовуються для базування.

За призначенням бази поділяють на три види: конструкторські, технологічні і вимірювальні.

Конструкторські бази використовують для визначення положення деталі у виробі. Конструкторські бази поділяють на основні і допоміжні. Основна конструкторська база служить для визначення положення даної деталі, а допоміжна – для визначення положення деталі, що приєднується до даної.

Технологічною називається база, використовувана для завдання положення заготовки або виробу при виготовленні або ремонті.

Вимірювальну базу використовують для знаходження відносного положення заготовки або виробу і засобів вимірювання.

Незалежно від призначення бази класифікують також за характером прояву (прихована і явна) і за ступенями свободи, що віднімається від базової, деталі або складальної одиниці заготовки (направляюча, опорна, подвійна направляюча і подвійна опорна).

Під **прихованою** розуміють базу у вигляді умовної площини, осі або точки (наприклад, вісь симетрії деталі). База ж у вигляді реальної поверхні, розмірної риски або точки перетинання рисок називається **явною**. Технологічні бази завжди явні.

7.1.1 КОМПЛЕКТ БАЗ ПРИЗМАТИЧНОЇ І ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЗАГОТОВОК

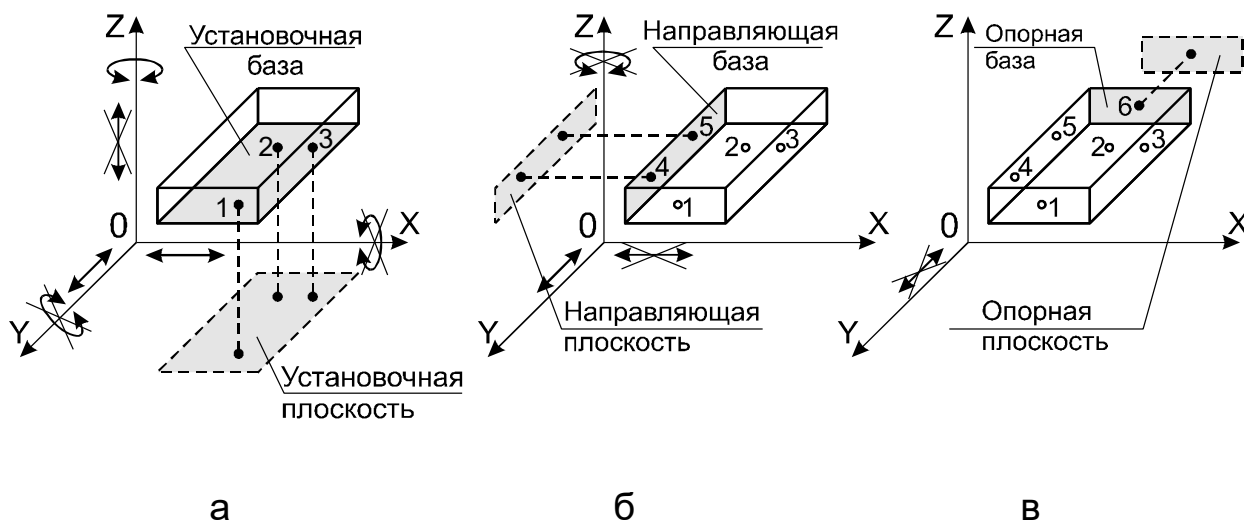
Спрощено вважають, що контакт дотичних тіл відбувається в опорних точках, що символізують кожен зв'язок заготовки з обраною системою координат.

Правило шести точок: для повного базування заготовки в

просторі необхідний комплект баз із трьох ортогональних площин, що несуть шість опорних точок. **Комплектом баз** називаються сукупність трьох баз, що утворюють систему координат заготовки.

Деталі літаків, вертольотів і ЛА, одержувані розмірною обробкою різанням, мають, як правило, складну геометричну форму. На деталях, однак, можна виділити характерні геометричні поверхні – плоскі, циліндричні, конічні й ін. Для прикладу розглянемо комплект баз призматичних і циліндричних заготовок.

Комплект баз призматичної заготовки показаний на малюнку 7.1.



Малюнок 7.1 – Комплект баз призматичної заготовки: а – настановна база; б – направляюча база; в – опорна база

Щоб позбавити призматичну заготовку трьох ступенів волі (можливості переміщення уздовж осі Z й обертання навколо осей X і Y), необхідно зв'язати її нижню поверхню з площиною XOY трьома твердими двосторонніми зв'язками 1 – 3 (малюнок 7.1, а).

База, використувана для накладення на заготовку зв'язків, що позбавляють її трьох ступенів волі (переміщення уздовж однієї координатної осі і поворотів навколо двох інших осей) називається **установочною**.

Для позбавлення заготовки ще двох ступенів волі (можливості переміщення уздовж осі X й обертання навколо осі Z) необхідно зв'язати її бічну поверхню з площиною YOZ двома твердими двосторонніми зв'язками 4, 5 (малюнок 7.1, б).

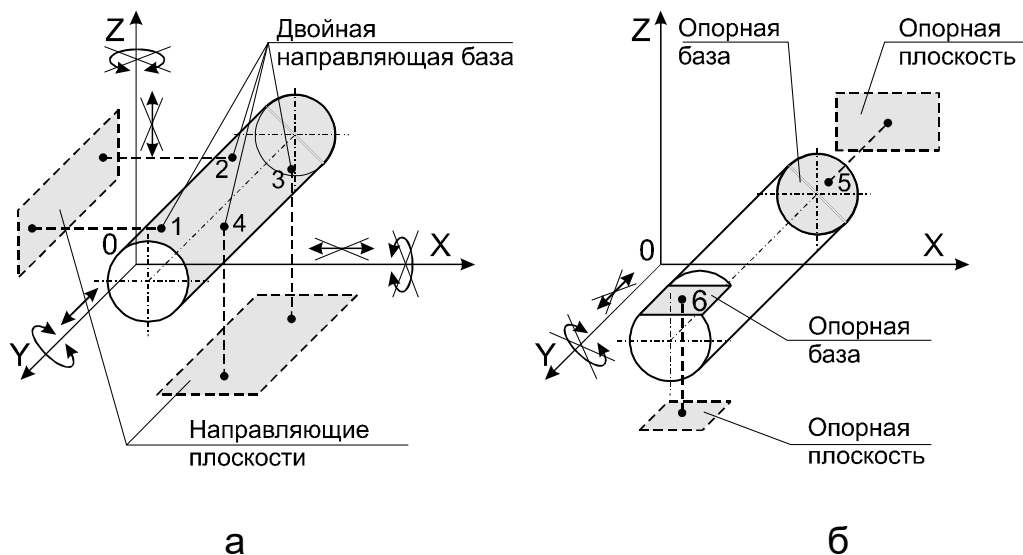
База, використувана для накладення на заготовку зв'язків, що позбавляють її двох ступенів волі (переміщення уздовж однієї координатної осі і повороту навколо іншої осі) називається **направляючою**.

Для того щоб позбавити заготовку одного ступеня волі (можливості переміщення уздовж осі Y), її торцеву поверхню з'єднують із площиною XOZ одним твердим двостороннім зв'язком 6 (малюнок 7.1, в).

База, використовувана для накладення на заготовку зв'язків, що позбавляють її одного ступеня волі (переміщення уздовж однієї координатної осі або повороту навколо цієї ж осі) називається **опорною**.

Як установочну базу для призматичних заготовок рекомендується вибирати поверхню з максимальними габаритними розмірами, як направляючу базу – поверхню найбільшої довжини, а як опорну базу – найбільш коротку поверхню заготовки.

Комплект баз циліндричної заготовки показано на малюнку 7.2.



Малюнок 7.2 – Комплект баз циліндричної заготовки: а – подвійна направляюча база; б – опорні бази

Для базування циліндричної заготовки її бічну поверхню з'єднують зв'язками 1, 2 із площиною YOZ і зв'язками 3, 4 – із площиною XOY , позбавляючи заготовку чотирьох ступенів волі – можливості переміщення уздовж осей X і Z , а також поворотів навколо цих осей (малюнок 7.2, а).

Поверхня циліндричної заготовки, що несе чотири опорні точки, є **подвійною направляючою базою**.

Щоб позбавити циліндричну заготовку можливості переміщення уздовж осі Y , необхідно з'єднати її торець зв'язком 5 із площиною XOZ (малюнок 7.2, б). Для забезпечення певного положення заготовки відносно власної осі повинний бути передбачений зв'язок 6 у вигляді опорної точки, розташовуваної на поверхні, наприклад, шпонкової лиски. Площини заготовки, що несуть по одній опорній точці, відповідно до раніше наведеного визначення служать опорними базами.

7.1.2 СХЕМА БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК

Схему розташування опорних точок на базах називають **схемою базування**. Для орієнтованого положення заготовки в обраній системі координат на неї необхідно накласти шість двосторонніх геометричних

зв'язків (позбавити шести ступенів волі). Кожна опорна точка віднімає в деталі один ступінь волі. Зайві опорні точки (більше шести) роблять схему базування статично невизначеною і знижують точність установки. Графічне позначення опор і затискачів у технологічній документації наведено в таблицях 7.1 і 7.2.

Таблиця 7.1 – Умовні позначки опор

Найменування опори	Позначення опори на видах		
	попереду, позаду	зверху	знизу
Нерухома			
Рухома			
плаваюча			
Регульована			

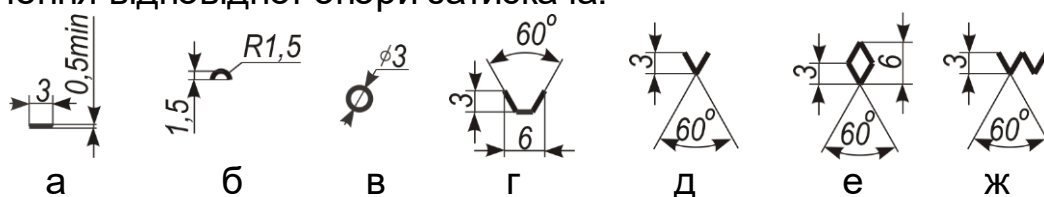
Для сталості положення заготовки і протидії силам різання до неї за допомогою затискачів прикладають зусилля, що здійснюють силове замикання в обраній системі координат. Графічне позначення затискачів наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Графічне позначення затискачів

Найменування затискача	Позначення затискача на видах		
	спереду, ззаду	зверху	знизу
Одиночний			
Подвійний			

Для указання форми робочої поверхні опор і затискачів застосовують позначення відповідно до малюнка 7.3. Позначення

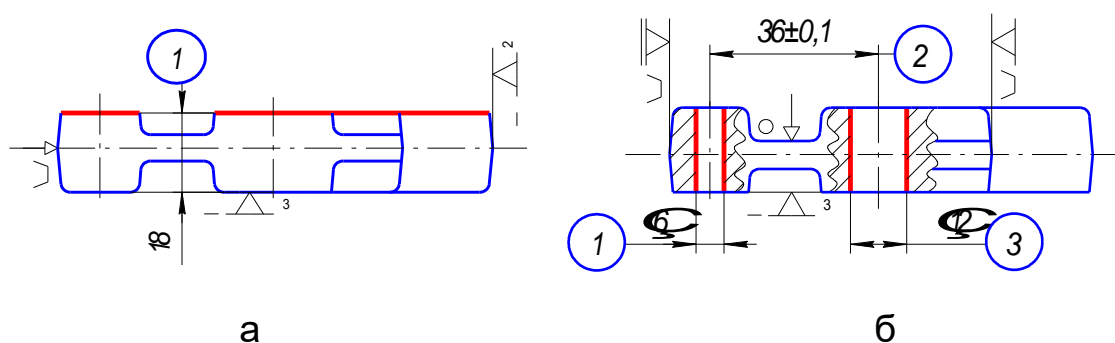
форм робочих поверхонь наносять ліворуч від позначення опори або затискача. Позначення рельєфу робочої поверхні наносять на позначення відповідної опори затискача.



Малюнок 7.3 – Позначення форми робочої поверхні: а – плоска; б – сферична; в – циліндрична; г – призматична; д – конічна; е – ромбічна; ж – рельєф

На схемах допускається кілька позначень однойменних опор на кожному виді замінити одним позначенням із зазначенням їхньої кількості праворуч.

При розробці схеми базування виконують операційний ескіз, на якому вказують розташування опор і затискачів, а також розміри оброблюваних поверхонь. Опори, затискачі позначають суцільною тонкою лінією, а оброблювані поверхні заготовки – суцільною основною лінією, що у два-три рази товща суцільної (малюнок 7.4).



Малюнок 7.4 – Операційний ескіз для обробки: а – площини фрезеруванням; б – двох отворів свердлінням

На операційному ескізі оброблювана заготовка зображується в тому стані, якого набуває в результаті виконання даної операції.

Методика вибору схеми базування:

– на основі аналізу конструкції, призначення деталі і складальної одиниці, постановки конструкторських розмірів і допусків визначають конструкторські бази;

– як кращий комплект технологічних баз вибирають відповідну сукупність конструкторських баз;

– послідовно розглядають можливість обробки різних поверхонь деталі в залежності від обраного комплекту технологічних баз;

– обраний варіант базування перевіряють на відповідність заданих (конструкторській, нормативній) точності.

Правила вибору технологічних баз:

- вибирають схему базування, що забезпечує мінімальну погрішність установки деталі;
- для підвищення точності виготовлення деталей застосовують принцип **сполучення** баз: конструкторської, технологічної, вимірjuвальної;
- доцільно дотримуватися принципу **сталості** баз. При зміні баз у ході виконання ТП точність обробки заготовки знижується через погрішність взаємного розташування нових і технологічних баз, що застосовувалися раніше.

7.2 КЛАСИФІКАЦІЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Верстатними пристроями називають додаткові (допоміжні) пристрої до металорізальних верстатів.

Верстатні пристрої призначені:

- для установки оброблюваних заготовок при виконанні операцій відповідно до вимог технологічного процесу;
- підвищення точності і стабільності якості обробки поверхонь, що забезпечується шляхом правильного базування, надійного закріплення заготовки і надання їй більшої твердості в процесі обробки;
- підвищення продуктивності праці, що досягається за рахунок усунення розмітки заготовок перед обробкою, вивірки заготовок при установці і скороченні штучного часу на всіх технологічних операціях механічної обробки.

Усі пристрої класифікують за ступенем спеціалізації, числом встановлюваних заготовок, рівнем механізації й автоматизації і типами верстатів.

За ступенем спеціалізації пристрої поділяють на універсальні, спеціалізовані і спеціальні.

Універсальними називають пристрої для установки заготовок різної конструкції в настановному діапазоні розмірів. Звичайно ці пристосування входять у комплект оснащення, що додається до верстата.

Спеціалізованими називають пристрої для установки однотипних заготовок, тобто заготовок, що належать до однієї класифікаційної групи, виділеної за ознаками близькості конструктивних і технологічних характеристик.

Спеціальними називають пристрої для установки заготовок одного типорозміру. Вони застосовуються для установки конкретної заготовки при виконанні окремої операції.

За числом встановлюваних заготовок пристрої поділяють на одномісні – для установки однієї заготовки і багатомісні – для одночасної установки кількох заготовок.

За рівнем механізації й автоматизації пристрої поділяють на такі:

- ручні – у яких закріплення і розкріплення заготовки

виконуються вручну;

– механізовані – у яких закріплення і розкріплення заготовок виконуються за допомогою гідравлічних, пневматичних або магнітних приводів;

– напівавтоматичні – виконують заданий алгоритм функціонування частково за участю людини;

– автоматичні – є автоматичним технічним пристроєм без участі людини.

За типами верстатів пристрої розділяються на токарські, свердлильні, фрезерні, шліфувальні тощо .

Незважаючи на велику розмаїтість конструкцій застосовуваних пристрів, усі вони мають спільну структуру, що дозволяє розділити пристрої за функціональним призначенням на окремі частини. Такі частини пристроїв прийняті називати елементами.

Елемент – це деталь, складальна одиниця, механізм, призначені для виконання певної функції в пристрої .

Всі елементи можна об'єднати в такі основні групи: установочні, затискні, направляючі, корпуси. У групі елементи розрізняються не тільки за розмірами, але і за конструктивним виконанням. У залежності від призначення конструкція пристрою може складатися з усього комплексу елементів або тільки з окремих груп елементів.

Проектують елементи з урахуванням вимог, що ставлять до них виходячи з виконуваної ними функції. Це дозволяє використовувати спільні методи проектування для кожної окремої групи елементів.

7.2.1 УСТАНОВОЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ПРИСТРОЇВ

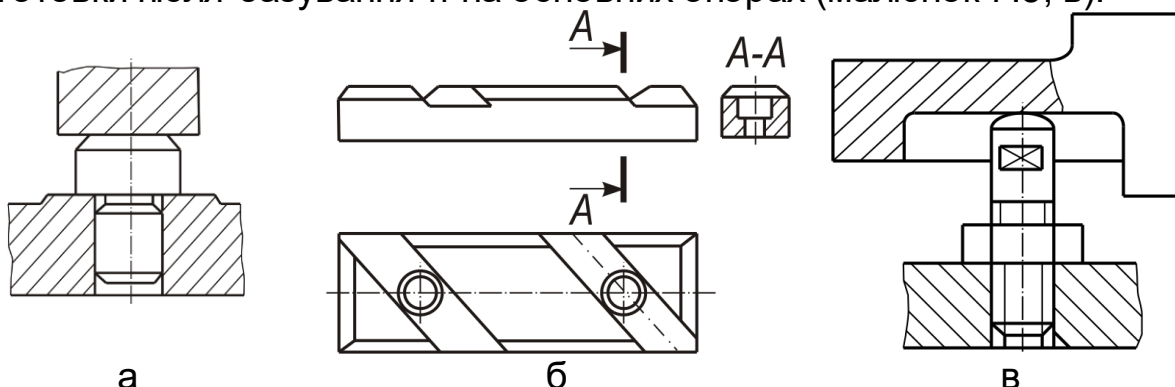
При установці заготовка повинна бути правильно зорієнтована відносно робочих органів верстата. Орієнтування заготовки досягається її базуванням відповідно до правила шести точок.

Для базування заготовок призначені установочні елементи пристроїв, що жорстко з'єднані з корпусом пристрою. Установочні елементи виконуються у вигляді опорних штирів, пластин, кілець, втулок, пальців, призм.

Конструкція опорних штирів стандартизована – вони називаються **опори постійні**. Опори з плоскою голівкою (малюнок 7.5, а) застосовують для чистового базування попередньо оброблених плоских поверхонь, зі сферичною і насічною голівками – для чорнового базування.

Базування за допомогою **опорних пластин** – найбільш розповсюджений спосіб орієнтування оброблених площин заготовки. Опорні пластини виготовляють двох типів: плоскі і з косими пазами (малюнок 7.5, б). В останніх опорні поверхні легше очищаються від стружки, тому їх варто застосовувати для установки в горизонтальній площині, а плоскі – на бічних поверхнях.

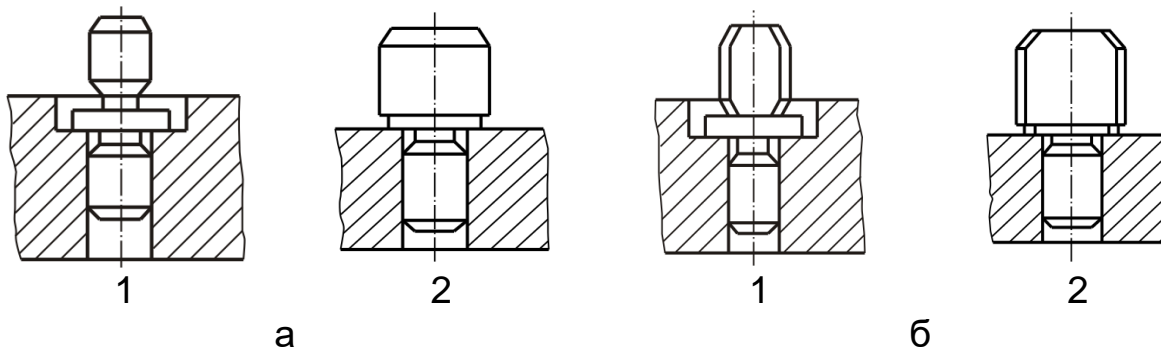
Базування заготовки в пристрої забезпечують основні установочні елементи, щодо застосування додаткових елементів, то вони не беруть участі у базуванні, але дозволяють надати заготовці більшої стійкості і твердості. Ці **опори рухомі**, їх підводять до заготовки після базування її на основних опорах (малюнок 7.5, в).



Малюнок 7.5 – Установочні елементи для призматичних заготовок

Установка **на пальці** по двох отворах і площині використовується при обробці заготовок типу корпусів, плит. Перевагами даної схеми базування є простота конструкції пристрою, можливість дотримання принципу сталості баз на більшості операцій.

Конструктивно розрізняють установку на два циліндричні пальці або на один циліндричний і один зрізаний пальці (малюнок 7.6). Границя застосовності цих сполучень визначається точністю діаметрів і взаємного розташування базових отворів і необхідною точністю відносних відстаней, що витримуються на операції, і поворотів оброблюваних поверхонь.



Малюнок 7.6 – Установочні пальці: а – циліндричні; б – зрізані; 1 – $D < 10$ мм; 2 – $D = 10...16$ мм;

Для базування циліндричних заготовок переважно застосовують **призми** – установчі елементи з робочою поверхнею у вигляді паза, утвореного двома площинами з кутом між ними α . Призма визначає положення осі заготовки, перпендикулярної до основи призми внаслідок сполучення її з віссю кутового паза. Віссю кутового паза вважають вісь, проведену через точку перетинання робочих площин перпендикулярно до площини основи призми.

У верстатних пристроях використовують призми з кутами α ,

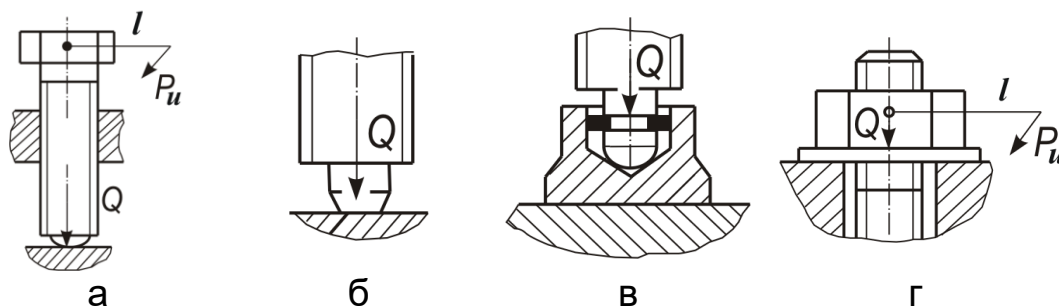
рівними 60, 90 і 120°. Найбільшого поширення набули призми з $\alpha=90^\circ$. При установці заготовок з чисто обробленими базами застосовують призми із широкими опорними поверхнями, а для чорнових баз – з вузькими.

7.2.2 ЗАТИСКНІ ЕЛЕМЕНТИ ПРИСТРОЇВ

Затискні елементи (затискачі) призначені для забезпечення контакту заготовки з установочними елементами і створення надійного закріплення її в процесі обробки. При цьому заготовці надається підвищена твердість і вібростійкість, що дозволяє вести обробку з заданою точністю і продуктивністю.

Затискні механізми пристроїв поділяють на прості і комбіновані. Прості затискачі передають силу закріплення заготовки безпосередньо через одну ланку.

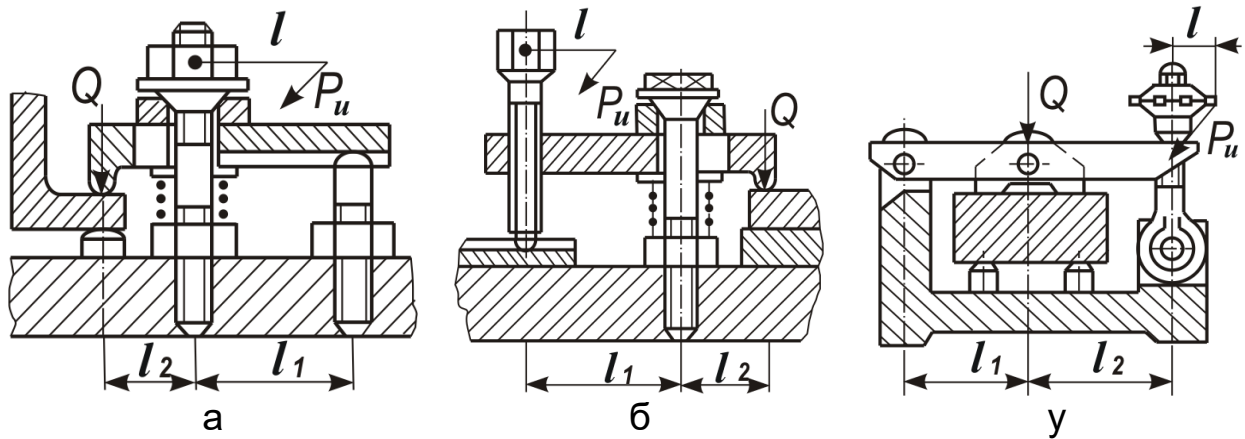
Гвинтові затискачі мають широке поширення, вони прості за конструкцією і дозволяють створити більшу силу закріплення. Істотним недоліком є те, що при закріпленні витрачається порівняно великий допоміжний час. Закріплення здійснюється болтом або гайкою (малюнок 7.7).



Малюнок 7.7 – Гвинтові затискачі: а – гвинт зі сферичним торцем; б – гвинт із плоским торцем; в – гвинт із башмаком; г – за допомогою гайки; Q – затискне зусилля; P_u – вихідне зусилля; l – плече, на якому додається вихідне зусилля

Комбіновані затискні пристрої, що складаються з важеля в сполученні з гвинтовим, ексцентриковим або клиновим механізмом, називають **перехоплювачами**.

Перехоплювачі застосовують для збільшення сил закріплення, зміни величини ходу або напрямку затиску (малюнок 7.8).



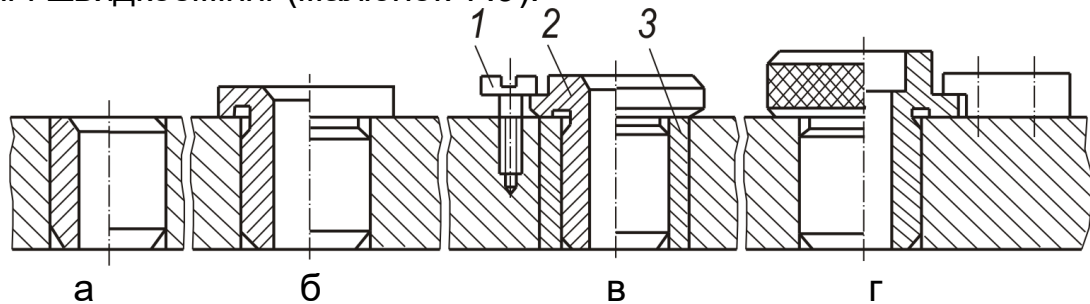
Малюнок 7.8 – Конструкції перехоплювачів: а, б – з регульованою опорою; в – з відкидною планкою; l_1, l_2 – плечі важелів

7.2.3 НАПРАВЛЯЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ ПРИСТРОЇВ

Кондукторні втулки застосовують для визначення положення і напрямку різноманітних осьових інструментів при обробці отворів – свердлами, зенкерів, розверток тощо. Вони визначають положення осі інструмента щодо установочних елементів пристрою і підвищують його радіальну твердість. При цьому відпадає необхідність у розмітці оброблюваних заготовок, за рахунок чого підвищується точність розташування отворів і зменшується скривлення осі отвору.

Оснащені кондукторними втулками пристосування для обробки отворів на верстатах свердлильної групи прийнято називати **кондукторами**.

Розрізняють три види стандартних кондукторних втулок: постійні, змінні і швидкозмінні (малюнок 7.9).



Малюнок 7.9 – Стандартні кондукторні втулки: а – постійна без бурту; б – постійна з буртом; в – змінна; г – швидкозмінна; 1 – гвинт; 2 – змінна втулка; 3 – проміжна втулка

Висота постійних і змінних втулок становить $(1,5...2)$ діаметра отвору втулки під інструмент. Відстань від нижнього торця втулки до поверхні заготовки вибирають рівними $(0,3...1)$ діаметра отвору. Різальний інструмент направляє в отвори всіх кондукторних втулок по рухомій посадці з гарантованим зазором.

7.2.4 КОРПУСИ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Корпус – це основна частина пристрою, на якій розміщуються і

закріплюються в суворо визначеному положенні всі інші елементи, утворюючи при цьому єдину конструкцію. На корпусі передбачаються базові посадкові поверхні для орієнтації і кріплення до верстата верстатного пристрою.

Застосування того або іншого методу виготовлення корпусу визначається його собівартістю. На практиці найбільш поширеними стали литі, зварені і збірні корпуси.

При проектуванні корпусу конструктор повинний передбачити достатні зазори між заготовкою і стінками корпусу, що дозволяють вільно ставити і знімати заготовку. Для забезпечення зручного очищення від стружки і відводу змащувально-охолоджуючої рідини в конструкції корпусу необхідно уникати заглиблень і важкодоступних місць, а також передбачати спеціальні вікна.

7.2.5 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Для проектування верстатного пристрою конструктор повинний мати такі вихідні матеріали:

- робочі креслення деталі і вихідної заготовки;
- операційну карту з ескізом оброблюваної заготовки в даній операції зі схемою базування і закріплення;
- операційні карти попередніх операцій для обробки базових поверхонь, використання яких передбачено в даній операції;
- річний обсяг випуску деталей;
- паспортні дані верстата, для якого проектується пристрій.

Проектування верстатного пристрою здійснюється в такій послідовності:

- вивчаються вихідні матеріали і розробляються варіанти конструктивних схем пристрою;
- виконуються техніко-економічні розрахунки з обґрунтування оптимального варіанта пристрою;
- розробляються конструкції оптимального варіанта пристрою.

До технічних входять розрахунки на точність виконуваних геометричних параметрів заготовок і надійність їхнього закріплення в пристрої. Економічні розрахунки зв'язані з оцінкою доцільності застосування даного пристрою і визначення його продуктивності.

Технічні розрахунки починають з оцінки пристрою на точність. Якщо пристрій не задовольняє за точністю обробки, то цей варіант для виробництва не придатний.

Наступним етапом є розрахунок надійності закріплення заготовки. Після визначення потрібної сили закріплення заготовки остаточно вибирають конструкції затискного пристрою і приводу.

Розробка конструкції верстатного пристрою виконується у певній послідовності. Спочатку тонкими лініями креслять контур оброблюваної заготовки в проекційному зв'язку. Проекції

розташовують на такій відстані одна від одної, щоб було вдосталь місця для розміщення на них відповідних елементів пристрою.

Потім на проекціях заготовки креслять установочні і затискні елементи, а якщо пристрій має направляючі елементи, їх теж наносять на креслення. Після цього оформляють конструкцію корпусу пристрою.

Загальний вигляд пристрою зображується в робочому положенні, на ньому даються всі необхідні проекції, перетини і розрізи, що дозволяють уявити конструкцію всіх елементів пристрою в цілому і їхній взаємозв'язок. Загальний вигляд пристрою креслять, як правило, у масштабі 1:1. На складальному кресленні верстатного пристрою проставляють габаритні, установчі (посадкові) і приєднувальні розміри, а також розміри направляючих елементів. Приєднувальні розміри визначають поверхні, що зв'язують пристрій з верстатом.

7.3 СИСТЕМА УНІВЕРСАЛЬНО-ЗБІРНИХ ПРИСТРОЇВ

Універсально-збірними (УСП) називають пристрої, що збираються з комплекту стандартизованих елементів – деталей, вузлів, механізмів. Елементи УСП – універсальні, а зібраний пристрій стає спеціальним, тому що він призначений для установки конкретної заготовки на виконуваний операції. Після обробки заданого числа заготовок пристрій розбирають і його елементи використовуються для компонування інших пристроїв. Таким чином, елементи УСП багаторазово використовуються для повторної зборки пристроїв. Цей клас пристроїв широко застосовується в одиничному і дрібносерійному виробництві.

Конструкція і розміри елементів УСП визначені серіями стандартів. Головну відмінність кожної серії становить ширина кріпильного Т- подібного паза в елементах УСП: 8 мм (УСП-8) – приладобудування; 12 мм (УСП-12) – середнє машинобудування, у тому числі і літакобудівне виробництво; 16 мм (УСП-16) – важке машинобудування.

Номенклатуру комплекту елементів УСП поділяють на п'ять груп:

1 **Базові деталі**: квадратні, прямокутні і круглі плити, конусні оправлення, косинці, кільця. Конструктивною особливістю базових деталей є наявність на їхніх робочих поверхнях сітки Т- подібних і шпонкових пазів.

2 **Корпусні деталі**: косинки, підкладки, клини, планки. Деталі корпусної групи призначені для утворення корпусу пристрою. Крім того, вони можуть виконувати функції базових деталей або використовуватися як сполучні елементи. На них також мають Т- подібні пази.

3 **Установочно-направляючі деталі**: шпонки, штирі, пальці, призми, кондукторні втулки, центри. Призначені для виставлення і фіксації корпусних деталей УСП відносно базових, а також для

настроювання виконавчих розмірів пристрою, базування заготовок і напрямку інструмента, що ріже.

4 Кріпильно-притискні деталі: перехоплювачі і планки, болти, гвинти, шпильки, гайки, шайби. Служать для з'єднання між собою елементів пристосування і закріплення в пристосуванні заготовок .

5.Складальні одиниці: поворотні голівки, опори, кронштейни, центрові бабки, затискачі. Їх застосовують для монтажу більш раціональним і компактним УСП із мінімальним числом вхідних у них корпусних, кріпильно-притискних і інших деталей.

Номенклатурний і кількісний склад комплекту УСП залежить від обсягу продукції, що випускається, і коливається в межах від 4 до 20 тисяч елементів.

Практикою встановлено, що деталі в комплекті УСП розподілені по групах у таких пропорціях, %: базові до 1; корпусні до 15; установочні до 22; направляючі до 4; притискні до 5; кріпильні до 53.

На відміну від спеціальних пристроїв, система УСП виключає додаткову доробку в процесі зборки пристроїв, тому що елементи УСП виготовляють з підвищеною точністю лінійних і кутових розмірів і міжцентрових відстаней. Основні лінійні і кутові розміри базових і корпусних деталей виконують за квалітетом точності *IT6* . Допуски на відхилення від паралельності і перпендикулярності робочих площин, осей отворів, Т-подібних і шпонкових пазів відповідають квалітетові точності *IT5* . Елементи УСП розраховані на тривалий термін експлуатації – до 15 років.

Вихідними даними для конструювання УСП є: метод обробки, креслення деталі, операційний ескіз обробки заготовки, тип верстата і кількість одночасна оброблюваних у пристрої деталей.

Процес створення УСП складається з розробки монтажної схеми пристрою відповідно до вимог ТП і подальшої зборки пристрою зі стандартизованих елементів, після чого виконують налагодження виконавчих розмірів направляючих елементів.

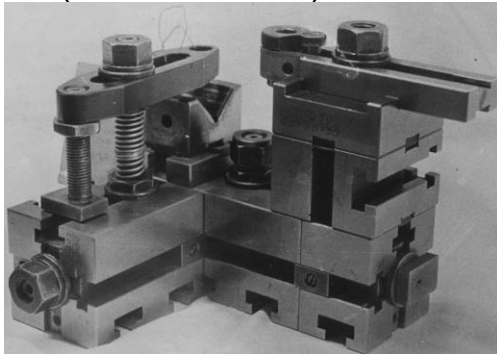
Процес зборки УСП починають з вибору базової плити, розміри якої повинні забезпечити установку на її робочій поверхні деталей і складальних одиниць, що приймають основне навантаження від сил різання. Потім на базовій плиті встановлюють елементи базування і затиску заготовки, прямокутні опори, на яких закріплюють направляючі планки з кондукторними втулками. Наявність заготовлі деталі істотно спрощує зборку УСП.

З метою накопичення досвіду і полегшення повторних зборок компонування УСП, що пройшли експлуатаційну перевірку, фотографують і оформляють у вигляді альбому.

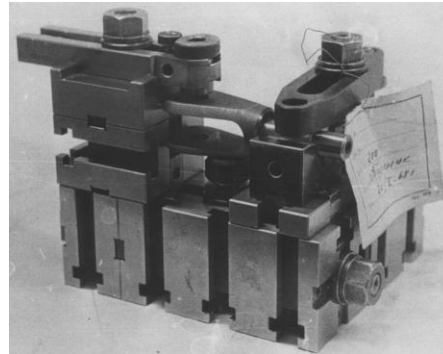
Цикл зборки УСП за часом від 40 до 50 разів і за трудомісткістю від 10 до 15 разів менший в порівнянні з циклом виготовлення спеціальних верстатних пристроїв.

7.4 КОМПЛЕКТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

- 1 Верстатні пристрої для різних типів верстатів.
- 2 Деталь "Вушко" (креслення подано в додатку В).
- 3 Комплект елементів УСП для обробки отворів $O9,8H7$ і $O2$ у деталі "Вушко."
- 4 Компонування УСП для обробки отвору $O9,8H7$ у деталі "Вушко" (малюнок 7.10).



а



б

Малюнок 7.10 – Компонування УСП для обробки отвору:
а – загальний вид; б – із установленою деталлю

7.5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1 Вивчити теоретичні положення, пов'язані з базуванням призматичних і циліндричних заготовок.
- 2 Вивчити основні конструктивні елементи і методику проектування спеціальних верстатних пристроїв.
- 3 Ознайомитися з конструкцією і принципом дії одного зі спеціальних верстатних пристроїв, розробити операційний ескіз обробки за допомогою даного пристрою, а також ескіз загального комплектування спеціального верстатного пристрою.
- 4 Ознайомитися із сутністю системи УСП, вивчити конструкцію основних елементів комплекту УСП.
- 5 Розробити операційний ескіз для обробки отвору $\varnothing 9,8H7$ або $\varnothing 2$ у деталі "Вушко".
- 6 Зібрати з елементів УСП кондуктор для обробки отвору $\varnothing 9,8H7$ відповідно до операційного ескізу і використанням деталі "Вушко".
- 7 Розробити кондуктор і розкласти деталі в шухляді для збереження УСП.
- 8 Оформити звіт про роботу.
- 9 Відповісти на контрольні питання.

7.6 ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1 Короткий конспект, що містить основну термінологію і схеми базування призматичних і циліндричних заготовок.
- 2 Основні положення про конструктивні елементи і методику проектування верстатних пристроїв.
- 3 Ескіз спеціального верстатного пристрою операційний ескіз

заготовки для обробки за допомогою даного пристрою.

4 Сутність системи УСП, перелік груп елементів УСП.

5 Операційний ескіз деталі "Вушко" для свердлення отворів $\varnothing 9,8H7$ і $\varnothing 2$.

6 Висновки по лабораторній роботі.

7.7 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 На які види за призначенням розділяють бази?

2 Які бази утворюють комплект баз для призматичних і циліндричних заготовок?

3 Перелічить правила вибору технологічних баз.

4 Як класифікують верстатні пристрої?

5 Які установочні елементи застосовують для базування призматичних і циліндричних заготовок?

6 Який принцип дії покладений у конструкцію перехоплювачів?

7 Які функції виконують кондукторні втулки верстатних пристроїв?

8 Які конструктивні елементи розміщують на корпусі верстатного пристрою?

9 Чому система УСП виключає додаткову доробку в процесі зборки верстатних пристроїв?

10 У чому переваги і недоліки використання УСП?

ДОДАТОК А (довідковий)

Основні технічні характеристики токарського верстата моделі ТПК-125ВН

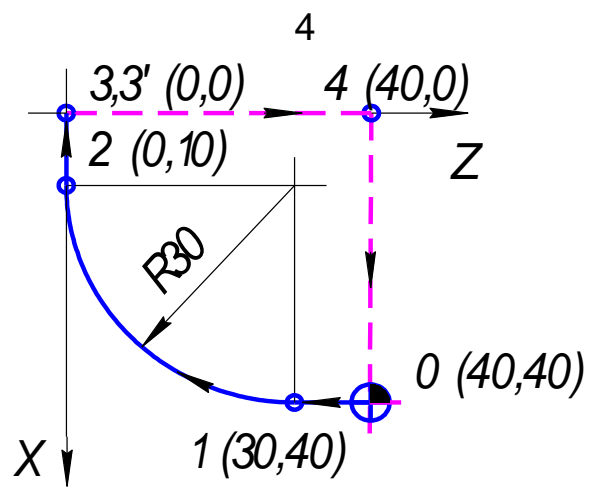
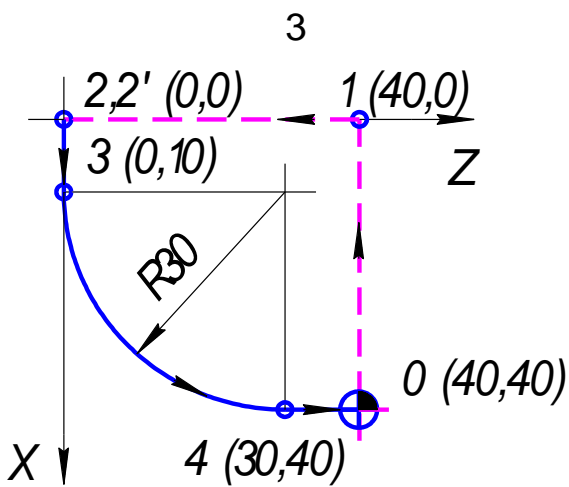
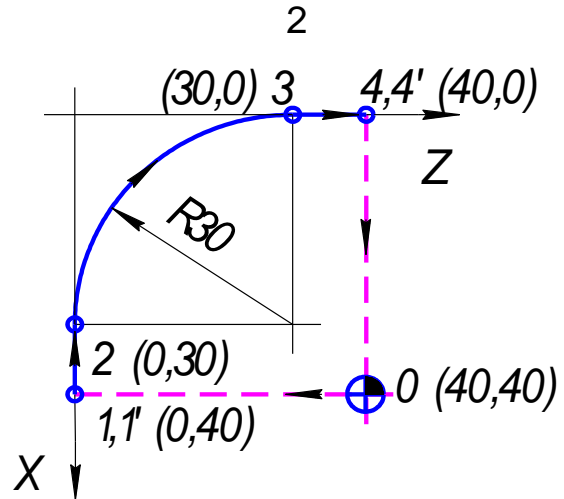
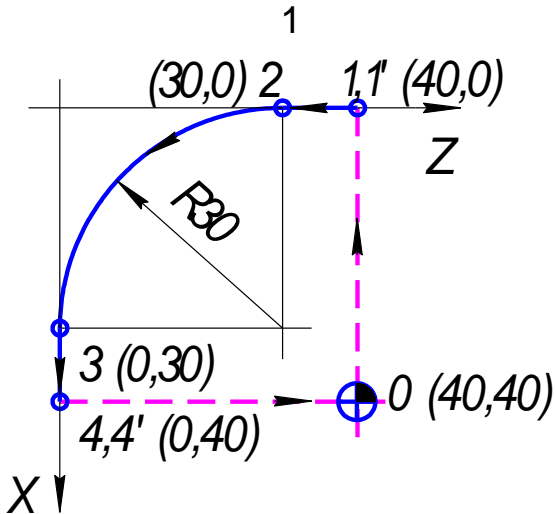
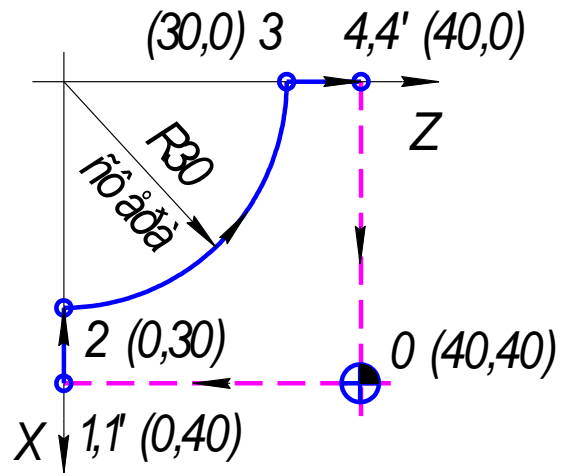
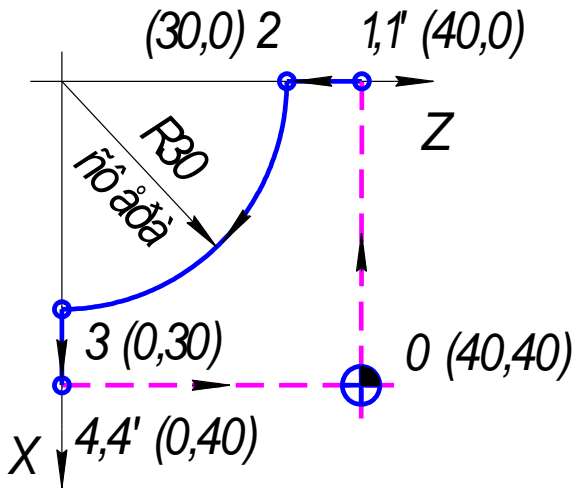
1	Діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм –	200
2	Найбільша довжина установлюваного виробу, мм –	550
3	Найбільша довжина обробки, мм –	200
4	Биття осі шпинделя, мм –	не більш $\pm 0,002$
5	Кількість керованих координат –	2
6	Нормалізований ряд частоти обертання шпинделя, 1/хв –	50, 130, 335, 630, 900, 1250, 1500, 1700, 2500, 3300, 4000
7	Діапазон робочих подач супорта, мм/хв:	
	поздовжнього –	від 6 до 180
	поперечного –	від 3 до 90
8	Швидкість допоміжних ходів, мм/хв	400
9	Число позицій револьверної голівки –	6
10	Дискретність переміщень, мм:	
	поздовжніх –	0,002
	поперечних –	0,001
11	Потужність електродвигуна приводу головного робочого руху, квт–	1,75
12	Тип пристрою ЧПК –	Н22-1М

Основні дані пристрої ЧПК Н22-1М

- 1 Тип пристрою – з імпульсним множенням
- 2 Система відліку координат – абсолютна і відносна
- 3 Вид інтерполяції – лінійна і кругова
- 4 Система завдання розмірів – метрична
- 5 Кількість керованих координат – дві
- 6 Дискретність завдання розмірів у напрямку, мм:
 поздовжньому (вісь Z) – 0,002
 поперечному (вісь X) – 0,001
- 7 Точність інтерполяції, мм – $\pm 0,01$

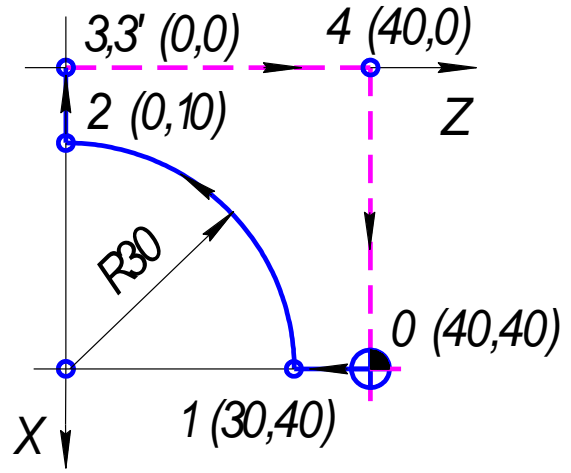
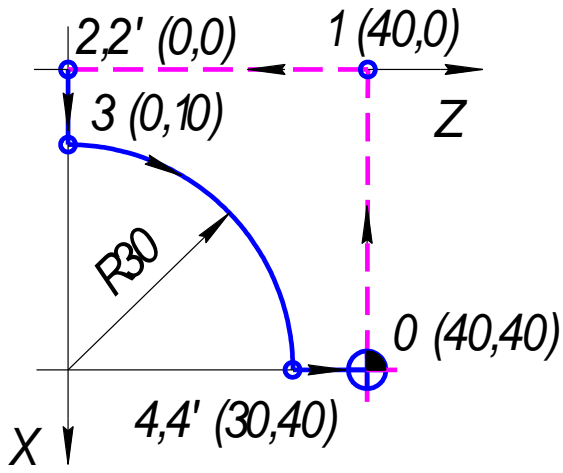
ДОДАТОК Б

Варіанти для розробки програми керування
(хвилинна подача на лінійних ділянках робочого ходу
 $S_m = 90$ мм/хв, фасонних – $S_m = 18$ мм/хв)



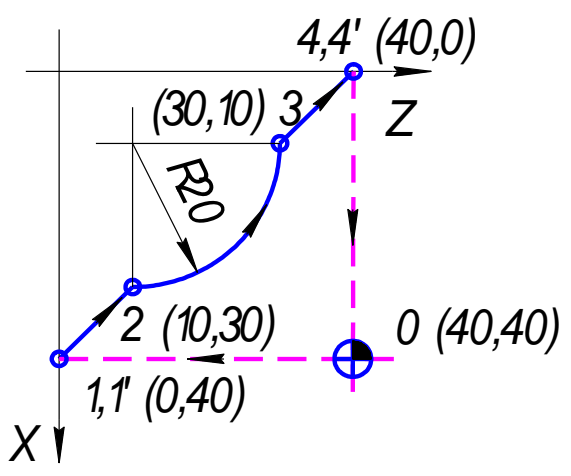
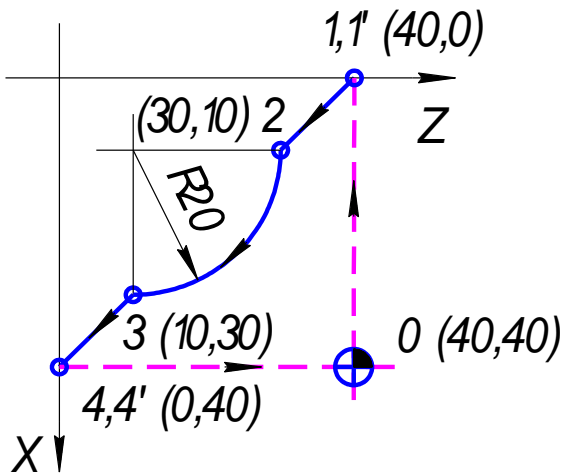
5

6



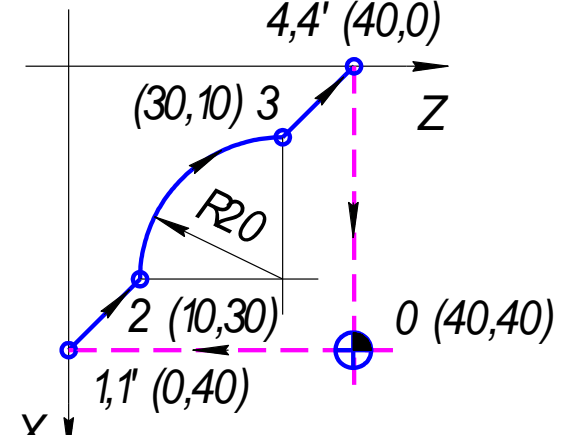
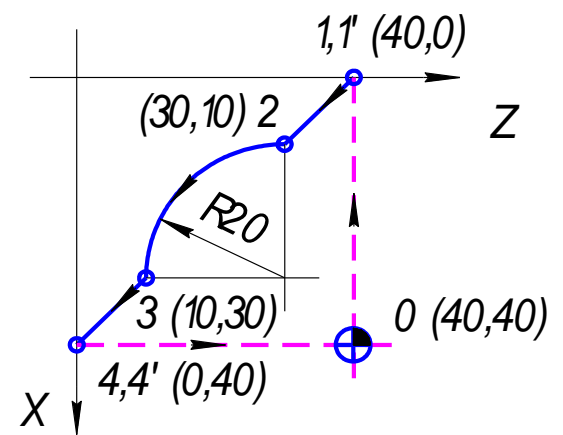
7

8



9

10

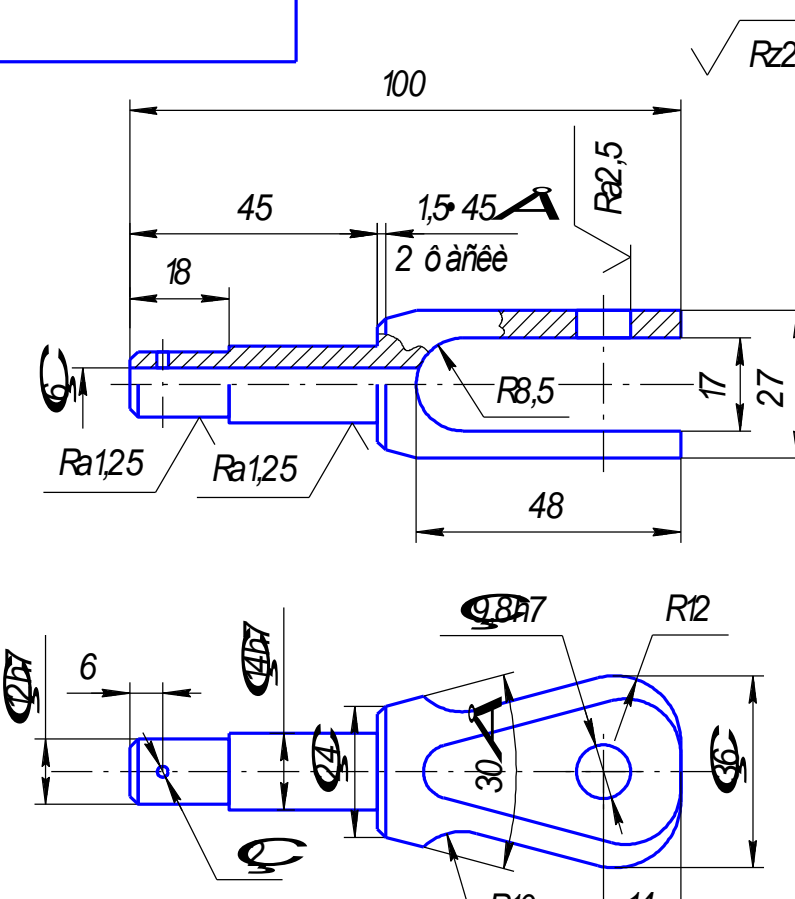


11

12

ДОДАТОК В

(інформаційний)
Креслення деталі "Вушко"

І а́а. і о́аі. а́.	$\sqrt{Rz20 (\vee)}$ 														
N óàá. 1															
І і́аі. è àòò à															
А́аі. è і́а. 1															
І і́аі. è àòò à															
Èçì. Èèñò	1	àí èòì.	І і́аі. Ааò à												
Èàçòàá.															
І òí à.															
Òèí í ò ò.															
І. èí í ò ò.															
Òò à.															
<p>1. $h12, í 12, \pm \frac{IT 12}{2}$.</p> <p>2. Í àñí î ñí î ñò ù í í à. $\textcircled{12h7}$ è $\textcircled{14h7}$ í à áí è à à 0,03 í í.</p> <p>3. HRC_{40...50}</p>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Èèò.</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">І àñí à</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">І àñò ò à á</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ó</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1:1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Èèñò</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Èèñò í à</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>		Èèò.	І àñí à	І àñò ò à á	Ó		1:1	Èèñò	1	Èèñò í à	1		1
Èèò.	І àñí à	І àñò ò à á													
Ó		1:1													
Èèñò	1	Èèñò í à													
1		1													
Ì òòò í è $\frac{Èò \textcircled{40} \text{ Á Í ÑÒ 7417-75}}{45 \text{ Á Í ÑÒ 1050-74}}$		ÕÀÈ, è à ò .104													
Èí í è òí à à è		Óí òí à ò A4													

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1 Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 240 с.
- 2 Бирюков Б.Н. Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки. – М.: Машиностроение, 1981. – 191 с.
- 3 Гжиров Р.И. Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. Л., 1990. – 681 с.
- 4 Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. – Минск: Вышэйш. шк., 1986. – 230 с.
- 5 Дерябин А.А., Эстерзон М.А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС. – М.: Машиностроение, 1983. – 369 с.
- 6 Коваленко А.В. Подшивалов Р.Н. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1986. – 150 с.
- 7 Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1983. – 276 с.
- 8 Кузнецов Ю. И., Маслов А.Р., Битков А.А. Оснастка для станков с ЧПУ: – Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 369 с.
- 9 Маталин А.А. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1985. – 510 с.
- 10 Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : Справочник / Под ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
- 11 Проектирование специальных станочных приспособлений / В.В. Воронько, Ю.В. Дьяченко, С.Д. Проскурин, В.Т. Сикульский. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 66 с.
- 12 Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – 592 с.
- 13 Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – 592 с.
- 14 Технология изготовления деталей летательных аппаратов с удалением припуска / В.С. Кривцов, В.Т. Сикульский, Ю.В. Дьяченко, А.П. Кириенко. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 182 с.
- 15 Фираго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. – М.: Машиностроение, 1973. – 468 с.
- 16 ГОСТ 3.1107-81. ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. – Введ. 01.07.82. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 11 с.
- 17 ГОСТ 3.1109-82. ЕСТД. Термины и определения основных понятий. – Введ. 01.01.83. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 18 с.
- 18 ГОСТ 25762-83. ЕСТД. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 42 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Лабораторна робота № 1	
ВИВЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ.....	4
1.1 Кінематичні елементи обробки	4
різанням.....	
1.2 Геометричні параметри ріжучого	5
інструмента.....	
1.3 Типи токарських різців.....	8
1.4 Комплектування лабораторної	11
роботи.....	
1.5 Порядок виконання лабораторної	11
роботи.....	
1.6 Контрольні питання.....	11
1.7 Зміст звіту.....	11
Лабораторна робота № 2	
РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РІЗАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРСЬКИХ ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК.....	12
2.1 Структурна схема процесу обробки	12
різанням.....	
2.2 Режим різання при токарській	15
обробці.....	
2.3 Комплектування лабораторної	23
роботи.....	
2.4 Порядок проведення експериментальних	23
досліджень.....	
2.5 Зміст звіту.....	24
2.6 Контрольні питання.....	24
Лабораторна робота № 3	
СКЛАДАННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК.....	25
3.1 Загальні рекомендації зі складання керуючих програм	
для верстатів із ЧПК.....	25
3.2 Методика розробки КП для верстатів із ЧПК.....	25
3.3 Комплектування лабораторної	31
роботи.....	
3.4 Порядок проведення експериментальних	32
досліджень.....	
3.5 Контрольні питання.....	32
3.6 Зміст звіту.....	32

Лабораторна робота № 4	
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ТОКАРСЬКОЇ ОБРОБКИ ПАРТІЇ	
ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК.....	33
4.1 Точність розмірної обробки	33
заготовок.....	
4.2 Контроль відхилення від круглості.....	36
4.3 Комплектування лабораторної роботи.....	38
4.4 Порядок проведення експериментальних	38
досліджень.....	
4.5 Зміст звіту.....	39
4.6 Контрольні питання.....	39
Лабораторна робота № 5	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ	
ОБРОБКИ МЕТАЛІВ.....	40
5.1 Основні технологічні характеристики процесу електроерозійної	
обробки металів.....	40
5.2 Технологічні схеми ЕЕО.....	42
5.3 Характеристики режиму і технологічні показники	44
ЕЕО.....	
5.4 Конструкція копіювально-прошивального електроерозійного	
верстата моделі 183.....	47
5.5 Комплектування лабораторної	49
роботи.....	
5.6 Порядок проведення експериментальних	49
досліджень.....	
5.7 Зміст звіту.....	49
5.8 Контрольні питання.....	50
Лабораторна робота № 6	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ	
ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ.....	51
6.1 Загальні відомості про процес електрохімічної	
обробки металів.....	51
6.2 Основні схеми процесів ЕХО.....	52
6.3 Продуктивність процесів ЕХО.....	55
6.4 Установка для ЕХО в стаціонарному	56
електроліті.....	
6.5 Комплектування лабораторної	58
роботи.....	
6.6 Порядок проведення експериментальних	58
досліджень.....	
6.7 Зміст звіту.....	58
6.8 Контрольні питання	59

Лабораторна робота № 7

БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВОК І ПРОЕКТУВАННЯ

ВЕРСТАТНИХ ПРИСТОСУВАНЬ.....	60
7.1 Базування заготовок при обробці.....	60
7.2 Класифікація верстатних пристроїв.....	65
7.3 Система універсально-збірних	71
присторів.....	
7.4 Комплектування лабораторної роботи.....	72
7.5 Порядок проведення експериментальних	73
досліджень.....	
7.6 Зміст звіту.....	73
7.7 Контрольні питання.....	73
БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	74
ДОДАТОК А.....	75
ДОДАТОК Б.....	76
ДОДАТОК В.....	77