

**Міністерство освіти і науки України  
Державний університет “Житомирська політехніка”**

**Кирилович В.А.  
Яновський В.А.**

**ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ТА  
АВТОМАТИЗАЦІЯ ДИСКРЕТНОГО  
ВИРОБНИЦТВА.  
Частина II.**

**Курсове проєктування.**

**Навчальний посібник  
для студентів спеціальності  
151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології”  
усіх форм навчання.**

**Видання 2-е, виправлене та доповнене**

Державний університет «Житомирська політехніка»

2022

УДК 621.9(07)  
К-43

*Рекомендовано вченою радою Державного університету “Житомирська політехніка”, протокол засідання вченої ради № X від 26 серпня 2022 року*

*Укладачі:*

**Кирилович Валерій Анатолійович**

доктор технічних наук,  
професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім.  
проф. Б.Б. Самооткіна Державного університету “Житомирська політехніка”,  
відмінник освіти України.

**Яновський Валерій Анатолійович**

доцент кафедри механічної інженерії Державного університету “Житомирська  
політехніка”

*Рецензенти:*

**Пасічник Віталій Анатолійович**

доктор технічних наук, професор,  
проректор з наукової роботи  
Національного університету України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”.

**Маруцак Павло Орестович**

доктор технічних наук, професор,  
проректор з наукової роботи  
Тернопільського національного технічного університету  
імені Івана Пулюя.

**Мельничук Петро Петрович**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри механічної інженерії  
Державного університету “Житомирська політехніка”,  
Заслужений діяч науки і техніки України.

Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва. Частина II. Курсове проектування: навчальний посібник для підготовки фахівців освітнього рівня “бакалавр”, що навчаються за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”; за ред. В.А. Кириловича. – Житомир: Державний університет “Житомирська політехніка”, 2022. – 148с.

ISBN XXX-XXX-XXX-XX-X

УДК 621.9(07)

В даному навчальному посібнику представлені методичні матеріали, що необхідні для виконання курсового проєкту з предмету “Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва. Частина II. Розглянуто методика та склад виконання типових курсових проєктів, вказано на загальні вимоги до оформлення текстової та графічної частини. Надано методичні рекомендації по виконанню окремих розділів курсового проєкту.

Посібник призначено для студентів спеціальностей:  
151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”  
та може бути корисним студентам спеціальностей:  
133 “Прикладна механіка” та 144 “Галузеве машинобудування”.

Лл. 1. Табл. 11. Бібл. 61 назв.

© Кирилович В.А. 2022  
© Яновський В.А. 2022

ISBN XXX-XXX-XXX-XX-X

## ВСТУП

Курсовий проєкт (КП) з курсу “Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва” (ОТАДВ), частина II – самостійна робота студентів, при виконанні якої використовуються знання з таких навчальних курсів як “Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва”, частина I, “Взаємозамінність, стандартизація та управління якістю”, “Матеріалознавство та обробка матеріалів”, а також знання лекційних, лабораторних та практичних занять з курсу ОТАДВ.

Мета курсового проєктування – отримати та закріпити студентами навички самостійної роботи при розв’язуванні конкретних задач сучасного автоматизованого виробництва на прикладі розробки роботизованої технології виготовлення заданої варіантом курсового проєктування деталі на металорізальних верстатах, в тому числі з ЧПУ, з використанням промислових роботів (ПР) та іншого допоміжного технологічного обладнання (ДТО).

Впродовж курсового проєктування студент у відповідності до навчального плану спеціальності повинен проявити знання принципів програмування автоматичного і автоматизованого основного (в даному випадку металорізальних верстатів) та допоміжного (промислових роботів, засобів упорядкування середовища тощо) технологічного обладнання, продемонструвати вміння виконувати розрахунки показників ефективності роботи структурних елементів запропонованої технологічної структури (в даному випадку гнучкої виробничої комірки (ГВК), що за змістом є близькою до відомого терміну – роботизований технологічний комплекс (РТК)) та виконати критичний аналіз виконаних розробок. Вказане неможливе без вміння студента обґрунтовано приймати конструктивно-технологічно-організаційні рішення, розробляти відповідну технологічну документацію тощо.

Отримані при виконанні даного курсового проєкту вміння та навички є корисними та необхідними при дипломній роботі бакалавра (ДРБ) та дипломній роботі магістра (ДРМ) за напрямом 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

## 1. ТЕМАТИКА, СКЛАД ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Курсовий проєкт (КП) виконується самостійно кожним студентом згідно варіанта індивідуальних завдань, представлених в додатку Д.1. Номер варіанта вибирається рандомно з використанням генератора випадкових чисел.

Тематика КП відображає превалюючу особливість промислового потенціалу Житомирського регіону і тому орієнтована перш за все на машино- та приладобудування, а конкретніше – на автоматизовані технології обробки деталей різанням з використанням автоматичного та автоматизованого технологічного обладнання – металорізальних верстатів з ЧПУ, ПР тощо. Вказане є очевидним проявом автоматизації та технології дискретного виробництва.

Типовою темою КП є розробка роботизованої технології виготовлення однієї із деталей, робоче креслення якої задане варіантом індивідуальних завдань. Конструкції вказаних деталей підібрано такими, що їх виготовлення передбачає можливе використання токарних верстатів з ЧПУ, основи програмування яких вивчались студентами при виконанні лабораторного практикуму [25] та практичних занять [23] з курсу ОТАДВ, частина II. При цьому передбачається виготовлення деталей в умовах середньосерійного типу виробництва, для якого є характерним використанням верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), ПР та інших засобів автоматизації [26], [59].

Особливістю постановки загальної (глобальної) задачі проєктування роботизованої технології, що розв'язується в КП, є те, що :

- конкретна модель ПР може і повинна бути вибрана в умовах заданих варіантами індивідуальних завдань обмежень, що зумовлені особливостями конструкції ПР (системою координат, конструктивним виконанням тощо). Це виконано з навчальною метою для збільшення кількості альтернатив конкретних проєктних ситуацій та підтримання самостійної роботи студента при вивченні даної дисципліни;

- значення продуктивності функціонування спроектованої в КП технологічної структури (ГВК) є не заданим, що більш характерно для реальної інженерної практики, а розрахунковим. Вказане в загальному випадку є некоректним, так як не завжди відтворює потреби реальної інженерної практики даної предметної області;

- за науково-методичним підходом до проблеми проєктування ГВК прийняття кожного конструктивно-технологічного рішення

повинно супроводжуватись оптимізаційним обґрунтуванням кожного кроку проєктування. В даному КП це не є обов'язковим в зв'язку з тим, що ця проблема виходить за межі навчальної програми даного рівня підготовки бакалаврів та магістрів з напрямку 151 “Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології”.

Таким чином, типовою темою КП є “Роботизована технологія виготовлення деталі типу ...” (“диск”, “кришка”, “стакан” тощо за варіантом індивідуального завдання КП).

За окремим узгодженням з керівником проєктування тема КП може бути змінена, але обов'язково повинна відображати автоматизовану (роботизовану) реалізацію запропонованої студентом технології з будь-якої іншої галузі виробництва.

КП складається із текстової (пояснювальна записка) та графічної (креслення) документації.

Приблизний об'єм пояснювальної записки без додатків – не менше 50–60 сторінок формату А4 (210x297 мм) комп'ютерного тексту, що роздруковані шрифтом TNR 14 через 1,5 інтервали. Додатки повинні містити специфікацію планування технологічного обладнання зпроектованої ГВК та комплект технологічної документації розробленого роботизованого ТП.

Склад пояснювальної записки КП є наступним (із обов'язковим вказання номера сторінки, з якої починається відповідний розділ, підрозділ, додаток, тощо).

Титульний лист.

Анотація.

Відомість КП.

Завдання на проєктування.

Вступ.

1. Аналіз конструкції деталі.

2. Аналіз технологічності конструкції деталі.

2.1. Аналіз технологічності деталі для умов автоматизованого виробництва.

2.2. Аналіз технологічності деталі для умов роботизованого виробництва.

3. Вибір форми заготовки та способу її отримання.

4. Складання технологічного маршруту обробки поверхонь деталі.

5. Визначення припусків та допусків на обробку поверхонь деталі.

6. Розробка технологічного маршруту обробки деталі.

7. Вибір технологічного обладнання та засобів технологічного оснащення.
    - 7.1. Вибір основного технологічного обладнання.
    - 7.2. Вибір допоміжного технологічного обладнання.
    - 7.3. Вибір засобів технологічного оснащення.
  8. Розробка операційного ТП.
  9. Розрахунок режимів різання та норм часу.
  10. Управляюча програма (УП) обробки деталі на токарному верстаті з ЧПУ.
  11. Проектування ГВК.
    - 11.1. Планування ГВК.
    - 11.2. Циклова траєкторія переміщення схвата ПР.
    - 11.3. Тактограма роботи ГВК.
    - 11.4. Розрахунок тривалості циклу роботи ГВК та циклової продуктивності.
    - 11.5. Показники функціонування ГВК та його структурних елементів.
  12. Аналіз виконаних розробок.
- Висновки.  
 Використані інформаційні джерела.  
 Додатки.  
 Додаток Д.1. Планування ГВК (специфікація).  
 Додаток Д.2. Технологічна документація роботизованої технології виготовлення заданої деталі.

Рекомендований перелік графічного матеріалу КП складається із креслення планування спроектованого ГВК – 1-2 аркуші формату А1(594x842). При цьому для кожного розділу (1, 2, 3, ...), підрозділу (1.1, 1.2, 1.3,....) повинні бути пронумеровані відповідно сторінки.)

Комплект технологічної документації виготовлення деталі повинен містити:

- титульний лист (ТЛ) комплекту технологічної документації на механічну обробку;
- маршрутний технологічний процес (МК) обробки заготовки деталі (ГОСТ 3.1118-82);
- операційний технологічний процес (ОК) обробки деталі (ГОСТ 3.1404-86);
- карти ескізів (КЕ) на технологічні операції за ГОСТ 3.1105-84.

## 2. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КП

Курсовий проект повинен виконуватись на основі останніх досягнень науки і техніки, новітніх прогресивних форм організації виробництва, при високому рівні механізації і автоматизації технологічних процесів. При виконанні проекту необхідно суворо дотримуватися вимог Єдиної системи конструкторської і технологічної документації (ЕСКД і ЄСТД), державних та галузевих стандартів.

### 2.1. Вимоги до виконання текстової частини

Основною складовою текстової частини КП є пояснювальна записка, яка за складом та змістом відображає виконані студентом конструктивні, технологічні та організаційні розробки.

Пояснювальна записка курсового проекту виконується у відповідності з вимогами ГОСТ 2.105-79 “Загальні відомості до текстових документів”, ГОСТ 2.106-69 “Текстові документи” та [17].

На першому аркуші пояснювальної записки вздовж нижньої короткої сторони розміщується основний напис форми 2 розміром 40x185 мм згідно ГОСТ 2.104-68 (див. додаток Д.5).

Всі останні аркуші повинні мати основний напис форми 2a розміром 15x185 мм за ГОСТ 2.104-68 (див. додаток Д.5).

Зміст пояснювальної записки ділиться на складові частини: розділи, підрозділи, пункти і підпункти (див. вище).

Кожна складова повинна мати порядковий номер. Нумерація проводиться арабськими цифрами в межах документу. Номери підрозділів складаються з номера розділу і підрозділу, розділених крапкою. Номер кожної складової частини повинен включати в себе всі номери відповідних складових частин більш високих ступенів поділу.

Заголовки (найменування) розділів друкуються з нової сторінки літерами по центру. Заголовки підрозділів друкуються, починаючи з великої літери, малими літерами з відступом для абзацу. Крапка в кінці заголовків не ставиться. Відстань між заголовком та текстом повинна дорівнювати 3 інтервали. Не допускається закінчення сторінки заголовком розділу чи підрозділу. Заголовки не підкреслюються.

Найменування розділів та підрозділів пояснювальної записки для типових КП повинні відповідати складу пояснювальної записки згідно п. 1. даного посібника.

Формули, на які є посилання в подальшому тексті

пояснювальної записки, можуть мати послідовну нумерацію в межах розділу або наскрізну нумерацію в межах всієї пояснювальної записки КП. Порядковий номер формули ставиться праворуч від неї в круглих дужках. При цьому праву (закриваючу) дужку вирівнюють по правому текстовому полю записки. Формули доцільно набирати в невидимій таблиці, причому сама формула та її номер повинні знаходитись в різних стовпцях. Всі формули обов'язково подаються у загальному вигляді з наступною підстановкою до них конкретних цифрових значень.

Ілюстрації в пояснювальній записці (малюнки, діаграми, схеми) також повинні мати цифрову нумерацію в межах розділу і розміщуватись або безпосередньо в тексті, або на окремих аркушах. Якщо ілюстрація розміщується на окремому аркуші вздовж довгої його сторони, то вона повинна розглядатись при повороті сторінки за годинниковою стрілкою. Ілюстрації позначаються словом “Рис.” з номером в межах розділу та назвою. Номер та назва розділяються крапкою та розміщуються в центрі під ілюстрацією.

Таблиці розміщують безпосередньо в тексті або на окремому аркуші так само, як і ілюстрації, з позначенням для кожної з них її порядкового номера в межах розділу. В тексті пояснювальної записки дається посилання на таблицю у вигляді, наприклад, “див. табл. 5.2.”. Таблицю розміщують післяпершого згадування про неї в тексті. Номер кожної таблиці пишеться у правому верхньому куті над назвою таблиці, наприклад, “Таблиця 3.4.”. Назва таблиці починається з великої

літери і розміщується по центру сторінки. При переносі таблиці на наступну сторінку над її перенесеною частиною в правому куті пишеться “Продовження табл. 3.4” без повторення назви і дублюється “шапка” таблиці. У випадку останнього переносу таблиці над її перенесеною частиною пишеться “Закінчення табл. 3.4.”.

Обов'язковим є посилання на використані інформаційні джерела. При цьому в квадратних дужках вказується порядковий номер джерела, що відповідає складеному в алфавітному порядку їх переліку за ДСТУ 8302:2015, номер сторінки, номер таблиці, формули тощо. Наприклад, [5, С. 29, табл. 1.7], [52, С. 169, рис.4.7] тощо.

Пояснювальна записка виконується і оформляється паралельно з виконанням графічної частини проекту.

## **2.2. Вимоги до виконання графічної частини**

Графічна документація типового КП складається з креслень



графічної частини, графіків, діаграм, рисунків та схем, що представляються в пояснювальній записці (в окремих випадках – виносяться як матеріал графічної частини). При цьому необхідним є дотримання правил та вимог ЄСКД та ЄСТД.

Графічна частина КП виконується у відповідності з вимогами ЄСТД та [17] на аркушах формату А1 (594x840 мм).

Креслення, що складаються з двох чи більше форматів А1, коментується виконувати на аркушах формату А1 без їх склеювання; креслення формату А2, А3 або А4 тощо – розмішувати на аркуші формату А1 без його розрізання на окремі аркуші.

Допуски та посадки для всіх типів з'єднань та окремих поверхонь повинні призначатись за ЄСДП. При цьому граничні відхилення на кресленнях рекомендується показувати умовними позначеннями полів допусків із розміщенням праворуч від номінального розміру в дужках числових значень граничних відхилень, наприклад:

$$\text{Ø}20\text{H}7(+0,021); \text{Ø}16\text{f}7(-0,016_{-0,034}); \text{Ø}42\text{d}9(-0,080_{-0,142}) .$$

В певних випадках окремі розміри на кресленнях допускається вказувати без зазначення відхилень. До таких розмірів відносяться:

- розміри для довідок;
- розміри, що визначають зону різної шорсткості однієї і тієї ж поверхні, зони термообробки, покриттів, обробки накатуванням тощо;
- розміри невисокої точності (від 14 квалітету і нижче).

Розміри для довідок позначаються знаком “.”, а в технологічних вимогах – записом “. Розміри для довідок.” До таких розмірів відносяться:

- один з розмірів замкнутого розмірного ланцюга;
- розміри деталей із сортового прокату;
- розміри, що повністю визначаються позначенням матеріалу, які наведені в основному напису;
- розміри, що визначають положення поверхонь, які підлягають обробці на іншій технологічній операції;
- габаритні, встановлювальні і приєднувальні розміри на складальних кресленнях.

На кожному аркуші графічної документації проекту виконується основний напис – кутовий штамп (ГОСТ 2.104-68, форма 1). Якщо креслення виконано на двох або більше аркушах формату А1, то

кутовий штамп по формі 1 виконується тільки для першого аркуша креслення, а кутові штампи наступних аркушів виконуються по формі 2а (ГОСТ 2.104-68). У верхньому куті креслення записується повернуте на 180° кодове позначення креслення. Форми кутових штампів та їх розміри представлені в додатку Д.5.

В графі “Аркуш” кутового штампу (ГОСТ 2.104-68) проставляють порядковий номер листа креслення даного найменування та шифру (позначення).

В графі “Аркушів” зазначають загальну кількість аркушів, креслень, що входять до складу креслення даного позначення.

В графах основного напису записують:

- для креслення технологічних наладок – “Карта наладок на токарну операцію з ЧПУ”;
- для креслення планування розробленої структури ГВК – “Планування ГВК.”

Графотехнологія (карта наладок) виконується тільки на технологічну операцію, на яку розробляється УП. Як правило (для типового ТП) – це токарна операція з ЧПУ, наприклад, токарно-револьверна при використанні верстата мод. 1В340Ф30, або токарно-гвинторізна при використанні верстата мод. 16К20ФЗРМ132.

Основні структурні елементи ГВК повинні бути пронумеровані цифрами приблизно в 1,5 рази більшими за інші цифрові позначення (лінійні, кутові розміри тощо). Ці позначення проставляються на одному горизонтальному та/або вертикальному рівні і використовуються при складанні специфікації для креслення планування ГВК.

Специфікація складається на окремих аркушах на кожну складальну одиницю, комплекс, комплект і є додатком Д.1 текстової частини КП.

Розділи специфікації розміщуються в такій послідовності:

1. Документація.
2. Комплекси.
3. Складальні одиниці.
4. Деталі.
5. Стандартні вироби.
6. Інші вироби.
7. Матеріали.
8. Комплекти.

Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу, що специфікується.

Назва кожного розділу специфікації вказується у вигляді

заголовка в графі “Назва” і підкреслюється.

Нижче кожного заголовку повинен бути залишений один вільний рядок, вище – не менше одного рядка.

Приклад специфікації наведено в додатку Д.7.

При оформленні креслень графічної частини проекту керуються основними вимогами діючих державних стандартів: ГОСТ 12.104-68, ГОСТ 2.107-68, ГОСТ 2.109-73, ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.308-79, ГОСТ 2.309-73, ГОСТ 2.310-68, ГОСТ 2.311-68, ГОСТ 2.312-72, ГОСТ 2.313-82, ГОСТ 2.316-68 та інші. Обов'язково слід використовувати Держстандарти України, якщо вищеназвані ГОСТ замінені відповідними ДСТУ та які видаються з аналогічної тематики.

Розміщувати текст технічних вимог на полі креслення слід над основним написом (кутовим штампом). Порядок запису технічних вимог регламентується ГОСТ 2.316-68.

Всі написи на кресленнях виконуються креслярським шрифтом згідно з ГОСТ 2.309-81. Висота цифр та букв приймається в залежності від розміру зображень на проекціях, розрізах та перерізах. Розміри букв та цифр доцільно обирати з рядів 3,5; 5,0; 7,0.

## **3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ**

### **3.1. Титульний лист**

Титульний лист складається згідно рекомендацій [17]. Форма титульного листа представлена в додатку Д.2, де справа від окреслюючої лінії показані відстані рядків відповідних записів по відношенню до нижньої окреслюючої лінії формату і розмір шрифту, яким повинен бути виконаний рядок.

### **3.2. Анотація**

В анотації в стислій формі відображається основний зміст КП, основні результати виконаних розробок та можливі сфери їх впровадження у виробництво, вказується рівень новизни конструкторсько-технологічних рішень (вдосконалення ТП, використання сучасного високоавтоматизованого обладнання, інструментів тощо).

Анотація формується в наступній послідовності:

- прізвище та ініціали виконавця проєкту (прізвища та ініціали співвиконавців, якщо проєкт комплексний);
- тема КП;
- назва вищого навчального закладу, факультету, кафедри;
- дані про обсяг пояснювальної записки та кількості в ній рисунків, схем, графіків, технологічних карт, листів специфікації;
- кількість креслень формату А1 графічної частини проєкту;
- мета проєкту та методи її досягнення;
- результати, що одержані в ході виконання проєкту;
- рівень новизни виконаних розробок;
- ефективність розробок, якщо вона визначена;
- можливі галузі застосування.

Анотація проєкту виконується на аркуші формату А4. Орієнтовний обсяг анотації – 0,5 аркуша формату А4. На другій половині аркуша подається переклад анотації на одну із іноземних мов (англійську, німецьку, французьку тощо).

Приклад україномовного тексту анотації представлено в додатку Д.4.

## **Відомість КП**

До відомості КП заносять всі технологічні та конструкторські документи, що розроблені в проєкті у відповідності із завданням на проєктування. Відомість проєкту заповнюється на стандартних формулярах специфікацій за ГОСТ 2.102-68.

Перелік документів, що входять до складу КП, подається у відомості в такій послідовності:

- документація;
- конструкторська документація;
- технологічна документація;
- проєктна документація;
- плакати.

Приклад оформлення відомості КП подано в додатку Д.6.

### **3.3. Завдання на проєктування**

Завдання на проєктування фактично є стислою формою технічного завдання і містить:

- тему КП;
- основні вихідні (початкові) дані;
- зміст пояснювальної записки;
- перелік креслень графічної частини проєкту;
- термін виконання КП;
- календарний план виконання КП.

Завдання на проєктування підписується студентом та керівником проєкту.

Приклад оформлення завдання на проєктування представлений в додатку Д.3.

### **3.4. Вступ**

В цьому розділі вказуються основні завдання та проблеми, що стоять перед сучасним автоматизованим виробництвом, обґрунтовується актуальність теми, що розробляється, її значення для підвищення ефективності виробництва і формулюються основні завдання, які будуть розв'язані в проєкті.

При формулюванні вказаних завдань особливу увагу необхідно звернути на їх актуальність, практичне значення, перспективність та техніко-економічну ефективність.

### 3.6. Аналіз конструкції деталі

Розділ виконується на основі поетапного вивчення робочого креслення деталі, роботизований ТП виготовлення якої необхідно розробити.

На першому етапі встановлюється правильність виконання креслення у відповідності до вимог ЄСКД. Робоче креслення деталі повинно містити всі необхідні дані, які дають повне представлення про геометричну форму деталі, всі проєкції та розрізи, повинні чітко і однозначно пояснювати її конструкцію та можливі способи одержання заготовки. На кресленні повинні бути вказані всі розміри з необхідними відхиленнями, вимогами шорсткості обробки поверхонь, допустимі відхилення взаємного розташування та форми поверхонь.

На другому етапі встановлюються поверхні деталі, які підлягають механічній обробці; аналізується їх точність та показники шорсткості; технічні вимоги на їх виготовлення; геометрична форма та розміщення в просторі. Це дає можливість в подальшому вибрати необхідні способи обробки поверхонь деталі.

Аналізу підлягає також матеріал, із якого виготовлена деталь, його механічні властивості, хімічний склад, вид термічної обробки, захисні та декоративні покриття, вага деталі.

Після аналізу властивостей матеріалу робиться висновок про його придатність для виготовлення даної деталі.

### 3.7. Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічний аналіз конструкцій деталей є одним з найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва [2], [10].

Методично аналізом технологічності конструкції деталі необхідно займатися на протязі всього періоду роботи над курсовим проєктом, так як ряд питань виникає безпосередньо при розробці технологічного процесу, виборі заготовки, виборі та проєктуванні засобів автоматизації, виборі промислових роботів, металорізальних верстатів тощо. Тому аналіз технологічності виконується в декілька етапів.

На першому етапі розглядаються загальні питання технологічності щодо одержання заготовки та її механічної обробки на автоматизованому обладнанні. При цьому необхідно керуватись рекомендаціями, що викладені в

[16, С. 30-36], [19, С. 9-13], [51, С. 28-35], а також ГОСТ 14.202-83 – ГОСТ 14.204-83.

На другому етапі розглядається питання технологічності з урахуванням використання ПР в процесі виготовлення деталі. При цьому необхідно врахувати, що в умовах роботизованого виробництва ставляться особливі вимоги до технологічності деталей та оптимізації структури технологічного процесу.

Технологічність конструкцій об'єктів роботизації визначається можливістю простого і надійного орієнтування різних за геометричною формою деталей. Таким чином, забезпечення технологічності конструкцій в умовах автоматизованого виробництва має свої особливості, що обумовлені широким використанням верстатів з ЧПУ, ПР, пристроїв орієнтації, переміщення деталей тощо.

Остаточне оформлення даного розділу пояснювальної записки рекомендується виконувати після розробки ТП. Це зумовлене появою ряду пропозицій щодо підвищення технологічності деталі безпосередньо під час розробки ТП.

За результатами проведеного аналізу робиться висновок про відповідність конструкції деталі вимогам технологічності (якісної та кількісної) і вносяться пропозиції та проводяться заходи по підвищенню технологічності конструкції деталі.

### **3.7.1. Аналіз технологічності деталі для умов автоматизованого виробництва**

Зміст виконання даного розділу поділяється на дві частини:

- аналіз технологічності деталі за якісними та кількісними оцінками;
- аналіз технологічності деталі для автоматизованого виробництва.

Перша частина розділу виконується у відповідності із загальними правилами, що встановлені ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.202-73, ГОСТ 14.204-74. Вказані документи представляють якісні та кількісні оцінки технологічності, дають пропозиції щодо усунення недоліків конструкції деталі.

В записці КП достатньо представити тільки наступні кількісні показники технологічності [2], [10]:

1. Основні:

- абсолютний техніко-економічний показник - трудомісткість виготовлення деталі за пропонуваним (розробленим в КП) варіантом  $T_n$ , хв;
- рівень (коефіцієнт) технологічності конструкції за трудомісткістю виготовлення:

$$K_{pt} = T_n / T_b, \quad (1)$$

де  $T_b$  – трудомісткість базової технології (аналога) виготовлення деталі, хв.

Величина  $K_{pt}$  повинна бути менша за 1, що є показником зменшення трудомісткості виготовлення заданої деталі порівняно з базовим аналогом;

- технологічна собівартість деталі  $C_n$ , грн, пропонуваного варіанта технології;
- рівень (коефіцієнт) технологічності конструкції за технологічною собівартістю:

$$K_{pc} = C_n / C_b, \quad (2)$$

де  $C_b$  – базова технологічна собівартість ТП аналога, грн.

Величина  $K_{pc}$  повинна бути меншою за 1, що є показником зменшення собівартості виготовлення деталі в порівнянні із базовим варіантом технології;

Розрахунок  $K_{pt}$  та  $K_{pc}$  виконується після розробки роботизованого ТП та визначення необхідних для розрахунку вихідних даних. Доречно нагадати, що в даному КП  $K_{pt}$  та  $K_{pc}$  не розраховуються і згадані тут тільки дл їх узагальнення та розуміння їх змісту.

2. Додаткові:

- коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{ye} = Q_{ye} / Q_e, \quad (3)$$

де  $Q_{ye}$  – загальна кількість уніфікованих елементів деталі;

$Q_e$  – загальна кількість елементів деталі.

Деталь вважається технологічною при  $K_{ye} > 0,6$  ;



– коефіцієнт використання матеріалу з врахуванням його фізико-механічних властивостей [35]:

$$K_{\text{вм}} = m_{\text{д}}/m_3, \quad (4)$$

де  $m_{\text{д}}$  – маса деталі, **H**;

$m_3$  – маса заготовки, **H**;

– коефіцієнт точності обробки поверхонь деталі:

$$K_{\text{IT}} = 1 - (1/\text{IT}_c), \quad (5)$$

де  $\text{IT}_c$  – середній квалітет точності:

$$\text{IT}_c = (1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_1 + \dots + 19 \cdot n_{19}) / \sum_{i=1}^{19} n_i = \quad (6)$$

$$\left( \sum_{i=1}^{19} i \cdot n_i \right) / \sum_{i=1}^{19} n_i,$$

де  $n_i$  – кількість поверхонь деталі, що виконані відповідно за  $i$ -им квалітетом точності.

Вважається, що при  $K_{\text{IT}} > 0,8$  деталь є технологічною ;

– коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$K_{\text{Ra}} = 1/\text{Ra}_c, \quad (7)$$

де  $\text{Ra}_c$  – середня шорсткість оброблених поверхонь деталі, що визначається в значеннях параметра **Ra**, мкм:

$$\text{Ra}_c = (\sum_{i=1}^{14} \text{Ra}_i \cdot m_i - \sum_{i=1}^{14} m_i), \quad (8)$$

де  $m_i$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість  $i$ -го класу шорсткості в параметрах **Ra** ;

$\text{Ra}_i$  – значення параметра шорсткості, мкм,  $i$ -го класу шорсткості.

Деталь технологічна при  $K_{\text{Ra}} < 0,32$ .

Дані результатів кількісних показників заносяться до табл.1.

Ознаки підготовки деталі

I	Не потребує орієнтації	Асиметрія зовнішньої конфігурації	Асиметрія центру тяжіння
	Металічні 0000000 Неметалічні 1000000	Металічні 1000000 Неметалічні 2000000	Металічні 2000000 Неметалічні 3000000
II	Що незчіплюються 000000	Що зчіплюються 500000	Що зчіплюються механічно 600000
	Властивості форми не враховуються 000000	Стрижневі Феромагнітні 10000 Неферомагнітні 20000	Пластинчасті товсті Феромагнітні 20000 Неферомагнітні 30000
IV	Властивості форми не враховуються Шарові 0000 Прямі 1000 Зігнуті 1000	Круглі Прямі 2000 Зігнуті 4000	Некруглі Прямі Зігнуті
	Множина осей обертання 000	Одна вісь обертання, одна площина симетрії 100	Одна вісь обертання 200
VI	Центральний отвір відсутній		Центральний отвір
	Шарові 00 Гладкі 10 Ступінчасті з симетричною формою кінців 30 Ступінчасті з несиметричною формою кінців 60		Гладкі Ступінчасті з симетричною формою кінців Ступінчасті з несиметричною формою кінців
VII	Додаткові ознаки відсутні 0	Паз або виступ на твірній Наскрізний 1 Глухий 3	Паз або виступ на торці центральний З двох сторін 2 З однієї сторони 4

Таблиця 2

до автоматизованого виробництва

Асиметрія внутрішньої конфігурації		Асиметрія фізичних властивостей		Асиметрія властивостей поверхні		I		
Металічні	4000000	Металічні	6000000	Металічні	0000000			
Неметалічні	5000000	Неметалічні	7000000	Неметалічні	1000000			
Що зчіплюються подем		Саморозбірні		Що зчіплюються		II		
700000		800000		900000				
Пластичасті тонкі		Мініатюрні та мікромініатюрні		Рівнорозмірні		III		
Феромагнітні	40000	Феромагнітні	60000	Феромагнітні	80000			
Неферомагнітні	50000	Неферомагнітні	70000	Неферомагнітні	90000			
Некруглі		З жорсткими елементами		Непостійна форма (розміри, кількість)		IV		
Прямі	3000	Прямі	6000	Прямі	8000			
Зігнуті	5000	Зігнуті	7000	Зігнуті	9000			
Дві площини симетрії		Одна площина симетрії		Оссиметрія		Асиметрія		V
500		600		700		900		
наскрізний		Центральний отвір глухий						
	20	Гладкі		50				
ричною формою	40	Ступінчасті з симетричною формою кінців		80		VI		
ричною формою	70	Ступінчасті з несиметричною формою кінців		90				
Отвір на твірній поперечний		Паз, виступ або отвір на торці нецентральний		Отвір в деталі шарової форми		VII		
Наскрізний	5	З двох сторін		6				
Глухий	7	З однієї сторони		8				
				9				

Таблиця 1

Результати конструкторського аналізу поверхонь деталі

Поверхні		Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості $R_a$ , мкм
Цифрове позначення	Найменування				
...	...	...	...	...	...
Всього		$Q_e = \dots$	$Q_{v.e.} = \dots$		
				$IT_C = \dots$	$R_{ac} = \dots$

Друга частина даного розділу виконується за методикою оцінки технологічності конструкції деталі для умов автоматизованого виробництва [32].

В основу методики покладено принцип поетапного аналізу конструкції виробу. Конструкція при цьому аналізується щодо можливості та технологічної доцільності автоматичного виконання дискретних переходів і операцій орієнтації деталей в просторі, подачі та базування в робочих органах і позиціях, а також міжопераційного транспортування.

Властивості деталей диференційовані на сім ступенів, кожна із яких характеризує певну сукупність ознак (табл. 2). Кожній ознаці експертним методом присвоєно певну кількість балів. За підсумковою сумою балів встановлено 4 категорії складності (табл. 3).

Сума балів за сімома диференційованими ознаками з урахуванням розрядності кожного із цифрових кодів оцінки (так звана сума по вертикалі) визначає кодовий номер. Сума цифр кодового номера (сума по горизонталі) утворює суму балів, за якою у відповідності з рекомендаціями табл. 3 визначається необхідність виконання подальших конструктивно-технологічних розробок.

Наприклад, при кодовому номері 10122110, одержаного як сума по вертикалі семи чисел (кодів) 1000000, 000000, 10000, 2000, 100 і 10, сума балів по горизонталі дорівнює 6, що за табл. 3 визначає першу категорію складності деталі.

Таблиця 3

Категорії складності орієнтування деталей та їх характеристики

Категорія складності	Сума балів кодового номера	Характеристика
1	<10	Деталі достатньо простої форми. Операції орієнтації, завантаження, базування та транспортування об'єктів роботизації легко автоматизуються. Відомі технічні рішення.
2	10...20	Автоматизація середньої складності. Необхідна розробка системи орієнтації та завантаження ОР. Доцільна експериментальна перевірка.
3	20...25	Висока складність автоматизації. Необхідний детальний аналіз деталі за елементами конструкції з урахуванням складності ТП і створення засобів автоматизації. Необхідне економічне обґрунтування доцільності робіт по автоматизації.
4	>25	З причин складності геометричної форми деталі автоматизація її завантаження, транспортування та накопичення недоцільна.

### 3.7.2. Аналіз технологічності деталі для умов роботизованого виробництва

Однозначної методики аналізу технологічності деталі для умов роботизованого виробництва не існує [38]. Існуючі методики носять обмежені можливості і тому при виконанні даного КП не використовуються.

В зв'язку з цим наведені нижче вимоги до конструкцій деталей та вузлів, що виготовляються з використанням ПР, тобто в умовах роботизованого виробництва, носять рекомендаційний характер і є наступними:

- об'єкти роботизації (ОР) повинні мати оптимальне

співвідношення розмірів, точності, шорсткості поверхні та фізико-механічних властивостей матеріалу;

- форма об'єкту роботизації повинна бути відносно простою, без гострих кромek та великих виступів, з мінімальним числом ребер жорсткості, особливо на поверхнях, що призначені для базування в схваті ПР;

- деталі та заготовки (тобто ОР) повинні мати якнайбільшу кількість площин і осей симетрії, так як симетрія спрощує орієнтування і забезпечує більш ефективну поштучну видачу ОР;

- об'єкти роботизації повинні мати мінімальну кількість різних стійких положень і займати в просторі тільки стабільне (стійке відмітне) положення; при цьому необхідно забезпечити умови для виконання необхідних обертань і переміщень в просторі при маніпулюванні ОР;

- деталі повинні мати яскраво виражені елементи орієнтації;

- дуже важливим є забезпечення суміщення напрямів координат осей ОР з осями координат системи робота.

Таким чином, очевидно є часткова загальність вимог до технологічності деталі при її аналізі для умов автоматизованого та роботизованого виробництва.

### **3.8. Вибір форми заготовки та способу її отримання**

При виборі способу одержання заготовки враховується тип виробництва, матеріал деталі та його технологічні властивості (ковкість, зварюваність, оброблюваність); розміри, конфігурація та маса деталі; точність та якість поверхонь, що обробляються; технічні вимоги на виготовлення деталі [18].

При виборі форми заготовки необхідно, щоб форма і розміри заготовки максимально наближались до форми і розмірів деталі, що оброблюється. При цьому необхідно врахувати, що надмірне підвищення точності розмірів і ускладнення форми заготовки дуже часто приводять до значного підвищення її собівартості, особливо в одиничному та мілкосерійному типах виробництва.

Вибір форми та способу виготовлення вихідної заготовки рекомендується проводити з врахуванням таких факторів як:

- вид матеріалу та його фізико-механічні показники;

- програма випуску деталей та тип виробництва;

- призначення, конструкція, розміри та геометрична форма деталі;

- технічні вимоги на виготовлення деталі;
- характер технологічного обладнання на дільниці або в ГВК (універсальне, автоматизоване, спеціальне);
- технологічні можливості допоміжних цехів базового підприємства (ковальського, ливарного, зварювального).

Загальні рекомендації для попереднього вибору способу виготовлення заготовок в залежності від форми деталей наступні [18]:

– *корпусні заготовки* закритої конструкції для всіх типів виробництва доцільно виготовляти литтям;

– *корпусні заготовки* відкритої конструкції для масового та серійного виробництва доцільно виготовляти литтям, а для одиничного та дрібносерійного виробництва - зварюванням;

– *заготовки дисків, шківів, шестерень, трійників, важелів, кришок тощо* для масового та серійного виробництва отримують штампуванням, прокатуванням або литтям, а для одиничного та дрібносерійного – литтям або з прокату;

– *заготовки валів, стаканів, втулок* з невеликою різницею діаметрів поверхонь для всіх типів виробництва виготовляють з прокату;

– *заготовки балок, кронштейнів, рам, ферм, каркасів, траверс* для всіх типів виробництва отримують зварюванням з прокату.

В умовах багатосерійного та масового типів виробництв широко застосовують сортовий, періодичний та спеціальний прокат, тонкостінні гнуті профілі, спеціальні види лиття та штампування [18].

Спосіб отримання заготовки повинен бути економічним (при заданому об'ємі випуску деталей).

Правильний вибір заготовки впливає на техніко-економічні показники технологічного процесу.

Тип виробництва (середньосерійний для всіх варіантів індивідуальних завдань), матеріал деталі та її конструкція при виконанні КП задаються варіантами індивідуальних завдань додатку Д. 1.

Послідовність виконання даного розділу є наступною:

- вибір способу одержання та форми заготовки з урахуванням вище перерахованих факторів;
- короткий опис технологічного процесу одержання

- заготовки (виконувати не обов'язково);
- визначення за нормативними таблицями припусків на поверхні деталі, що оброблюється;
- розробка і виконання креслення заготовки;
- визначення маси заготовки;
- визначення вартості заготовки (по можливості).

При виникненні ускладнень щодо кінцевого вибору методу виготовлення заготовок рекомендується виконати техніко-економічний розрахунок двох або декількох можливих варіантів одержання заготовок. Вказаний розрахунок при виконанні КП є необов'язковим.

Рекомендована література при виконанні даного розділу:

[7, С. 25-41], [13], [19, С. 69-195], [31, С. 25-40], [34], [51, С. 35-44], [55, С. 114-168].

### **3.9. Складання технологічного маршруту обробки поверхонь деталі**

Складання маршруту обробки поверхонь (МОП) деталі є важливим етапом розробки ТП. При цьому за результатами аналізу робочого креслення встановлюються елементарні поверхні, що оброблюються (ЕПО), деталі, їх геометрична форма (площина, циліндр, отвір тощо) та вимоги, які ставляться до них (точність, шорсткість тощо). На основі проведеного аналізу вибирають різні технологічні методи обробки ЕПО з урахуванням габаритних розмірів, характеру і точності наявної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

При складанні маршрутів обробки елементарних поверхонь деталі в КП доцільно керуватися довідниковими таблицями економічної точності обробки [23, С. 20-27], [28, С. 17-32], [54, Т.1, С. 4-10]. При цьому необхідно враховувати, що для досягнення однакових показників якості для ЕПО можливі декілька варіантів МОП [21] [24, пп. 2.3.4.1-2.3.4.4; Д.7.11-Д.7.15]. При цьому кількість переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах може бути різною. Перевага віддається варіанту МОП, що забезпечує мінімальні витрати в досягненні кінцевої мети з необхідною точністю обробки, тобто забезпечується найменша кількість переходів.

При складанні МОП кількість методів обробки зводиться до мінімуму. Це скорочує номенклатуру різальних інструментів,



зменшує кількість встановлень та переходів, підвищує продуктивність та точність обробки.

Результати технологічного аналізу варіантів обробки елементарних поверхонь необхідно представити у вигляді табл. 4.

Таблиця 4

Варіанти МОП

Поверхні деталі				Варіанти МОП		
№ з/п	вид	квалітет	шорсткість Ra, мкм	1	2	3
1	Плоска ВхН= 80х50	10	2,5	Стругання: – чорнове; – чистове.	Фрезерування: – чорнове; – чистове.	Протягування
2	Циліндрична внутрішня Ø20Н7	7	0,63	Розточування: – чорнове; – чистове; – тонке.	Зенкерування: – чорнове; – чистове. Розвертування: – точне; – тонке.	Зенкерування: – однократне. Протягування.
...	...	...	...	...	...	...

Кінцевий МОП для кожної ЕПО приймається лише за результатами аналізу варіантів МОП всіх поверхонь деталі.

**3.10. Визначення припусків і допусків на поверхні, що оброблюються**

Визначення оптимальних припусків на обробку тісно пов'язане з початковими розмірами заготовки. За визначеними припусками обґрунтовано визначаються маса заготовки, режими різання та норми часу.

Використовують два методи визначення припусків:

- за нормативними таблицями;
- розрахунково-аналітичний.

Вихідними даними при цьому є: матеріал деталі, прийнятий метод виготовлення заготовки, її форма та розміри, а також прийнятий маршрут обробки деталі.

Загальні припуски на обробку деталі та допустимі відхилення (допуски) визначаються за нормативними таблицями згідно:

- ГОСТ 26645-85 – для відливок із чавунних, сталених та кольорових сплавів та [18, п.2];
- ГОСТ 7505-89 – для штампованих заготовок та [18, п.3];
- ГОСТ 2590-77 – для сортаменту круглого прокату та [18, п.5].

Розміри вихідної заготовки розраховуються після визначення загальних припусків на механічну обробку, які додаються (для зовнішніх поверхонь) або віднімаються (для внутрішніх поверхонь) до розмірів готової деталі.

Результати розрахунків доцільно подати в пояснювальній записці у вигляді таблиці, що містить дані про порядковий номер кожної поверхні деталі, її розміри (діаметральні, лінійні), точність, шорсткість, загальні припуски та допуски на них та кінцеві розміри заготовки (див. табл. 5).

Таблиця 5

Розраховані значення припусків та допусків на поверхні,  
що обробляються

№ з/п	№ поверхні	Розмір, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки
1	1	050	2x2,4=4,8	+1,3 -1,7	Ø54,8( <sup>+1,3</sup> <sub>-1,7</sub> )

З врахуванням одержаних припусків та допусків уточнюється форма і розміри заготовки, розробляється її робоче креслення.

Визначення міжопераційних та загальних припусків на поверхні, що обробляються, за нормативними таблицями виконується для всіх поверхонь деталі крім поверхні, що визначена КП окремо в індивідуальному завданні. Для вказаної поверхні міжопераційні та загальні припуски визначаються розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунки мінімальних і максимальних міжопераційних припусків виконуються за відповідними формулами, що наведені в технологічних довідниках та навчальній літературі [15], [18], [31], [55],

Результати проведених розрахунків представляються у

вигляді таблиць та графічних схем розподілу міжопераційних припусків та допусків при обробці окремих поверхонь [15, 31].

Розрахунок міжопераційних припусків та кінцевих розмірів поверхонь, що оброблюються, на технологічних операціях (переходах) проводиться у такій послідовності:

- визначення порядку (полідовності) виконання та кількості технологічних переходів (операцій), що необхідні для обробки заданої поверхні, та розробка схеми базування деталі;

- з довідкової літератури для кожного технологічного переходу знаходяться величини складових елементів міжопераційного припуску: шорсткості  $R_z$ ; дефектного шару  $h$ ; просторового відхилення  $\Delta_\Sigma$ ; похибки встановлення деталі в пристосуванні  $E_y$ ; міжопераційні допуски  $T_{di}$ ;

- виконуються розрахунки мінімальних та максимальних припусків на кожен технологічний перехід за формулами:

$$Z_{i \min} = R_{z_{i-1}} + h + \Delta_\Sigma + \varepsilon_y ; \quad (9)$$

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + T_{di} ; \quad (10)$$

- визначаються загальні припуски (мінімальний  $Z_{0 \min}$  та максимальний  $Z_{0 \max}$ ) на обробку заданої поверхні деталі:

$$Z_{0 \min} = \sum_{i=1}^n Z_{i \min} ; \quad (11)$$

$$Z_{0 \max} = \sum_{i=1}^n Z_{i \max} , \quad (12)$$

де  $n$  – кількість технологічних переходів при обробці даної поверхні.

При визначенні міжопераційного допуску  $T_{di}$  слід враховувати, що цей допуск забезпечується прийнятним способом обробки і за величиною не повинен виходити за межу його економічної точності. Орієнтовно величина допуску становить (25...45)% середньої величини припуску наступної операції. Тобто кожний наступний вид обробки (перехід) підвищує точність оброблюваної поверхні на 2~3 квалітети при чорновій обробці та на 1-2 квалітети при чистовій обробці [23, табл. 2.1].

Після визначення загальних припусків і допусків на обробку поверхонь деталі розраховуються остаточні розміри заготовки та її форма, виконується робоче креслення вихідної заготовки із зазначенням номінальних розмірів, відповідних допусків та технічних умов на її виготовлення.

Робоче креслення заготовки та технічні вимоги до неї оформляються згідно відповідних державних стандартів і представляються в графічній частині (див. додаток Д.8) та пояснювальній записці проекту.

### **3.11. Визначення технологічного маршруту обробки деталі**

Розробку технологічного процесу рекомендується виконувати в такому порядку:

1. Обґрунтування та вибір технологічних баз. При цьому слід звернути увагу на раціональний вибір чорнових та чистових технологічних баз, а також керуватися принципами постійності та суміщення баз.

Правильний вибір технологічних баз впливає на структуру технологічного процесу, одержання заданої точності, продуктивності та собівартості виготовлення деталі.

При виборі технологічних баз слід враховувати наступне:

– якщо в деталі обробляються не всі поверхні, то на першій операції за чорнову технологічну базу слід прийняти поверхню, що в подальшому не оброблюється (якщо це можливо). За чорнову базу може бути прийнята і поверхня, що в подальшому підлягає обробці, якщо припуск на її обробку чітко регламентований;

– якщо в деталі оброблюються всі поверхні, то за чорнову технологічну базу слід прийняти поверхню з найменшим припуском, щоб виключити появу браку при подальшій обробці цієї поверхні;

– чорнова база повинна використовуватись лише на першому установі з метою обробки поверхні, яка буде використовуватись в подальшому як чистова технологічна база;

– по можливості необхідно дотримуватись принципу постійності баз, тобто на всіх основних операціях використовувати одні і ті ж технологічні бази. Постійність баз забезпечує високу точність обробки взаємоз'язаних поверхонь та дозволяє скоротити кількість спеціальних

верстатних пристосувань;

– слід намагатися поєднувати технологічні бази з вимірювальними і конструкторськими базами (принцип суміщення баз). Це дає можливість підвищувати точність обробки.

При виборі технологічних баз слід враховувати також особливості роботизованої технології і керуватися рекомендаціями, які викладені в літературних джерелах: [3, С. 128-157], [7, С. 17-25], [16, С. 36-46], [31, С. 76-67], [34, С. 103-151], [59].

2. Визначення методів попередньої та кінцевої обробки основних поверхонь деталі з метою досягнення заданої точності. До основних відносяться поверхні деталі, до яких пред'являються найбільш високі вимоги по точності, їх відносному розташуванню та за допомогою яких деталь виконує своє функціональне призначення в механізмі (складальній одиниці). При цьому враховується геометрична форма, розміри, маса та матеріал деталі, а також визначається тип необхідного устаткування, пристроїв, різального та допоміжного інструмента.

3. Визначення виду термічної або хіміко-термічної обробки деталі (окремих поверхонь) та встановлення її місця в структурі ТП.

4. Визначення послідовності технологічного маршруту виготовлення деталі, його змісту, методів та засобів механічної обробки, формування основних етапів ТП (чорновий, чистовий та кінцевий).

5. Визначення поверхонь деталі, що підлягають обробці, їх точності, шорсткості, відносного розташування. Встановлення послідовності обробки елементарних поверхонь деталі та розробка змісту технологічних операцій.

6. Вибір моделей металорізальних верстатів, пристроїв, різальних та допоміжних інструментів, засобів автоматизації та контролю деталі та окремих її поверхонь.

При розробці послідовності виконання ТП необхідно керуватися такими положеннями (рекомендаціями):

– в першу чергу обробляються поверхні деталі, які будуть використовувати як технологічні бази для подальшої обробки;

– після цього обробляються поверхні, які мають найбільший припуск;

– далі обробляються ті поверхні деталі, при обробці яких можлива поява браку через можливу наявність

прихованих дефектів заготовки (тріщин, раковин тощо);

– поверхні, які зв'язані між собою розмірами високої точності та допусками на відносне розташування (співвісність, перпендикулярність, паралельність тощо) обробляються за одне встановлення;

– суміщення чорнової та чистової обробки на одній операції та на одному і тому ж обладнанні небажане; таке суміщення можливе при обробці жорстких заготовок з незначними припусками;

– при виборі технологічних баз необхідно керуватись принципами постійності баз та суміщення технологічних баз з конструкторськими.

Якщо деталь підлягає термічній обробці, то слід враховувати наступне:

– термічна обробка впливає на форму заготовки, відносне розташування поверхонь та погіршує шорсткість. Для ліквідації цих дефектів рекомендується в технологічному процесі передбачити операції правки або повторної обробки окремих поверхонь;

– термічна обробка в окремих випадках потребує введення в ТП специфічних операцій, таких як, наприклад, оміднення частин деталі, які не підлягають цементації, та інше.

Операції технічного контролю рекомендується виконувати після операцій, на яких можлива поява браку, наприклад, перед складними операціями великої технологічної собівартості та в кінці обробки. Для всіх інших операцій (їх повинна бути більшість) планується вибірковий контроль.

Слід відмітити, що при розробці ТП необхідно користуватися типовими ТП виготовлення заданої деталі. Це зменшує час розробки, а також зменшує кількість нераціональних рішень [39], [59]. Для цього деталь необхідно віднести до одного із наступних класів:

– “корпусні деталі” (литі або зварні коробчатої форми, станини, плити, кутники, кришки тощо);

– “круглі стрижні” (вали, осі, штоки, штанги, труби, шпинделі, кулачкові вали тощо);

– “порожнисті циліндри” (гільзи, стакани, циліндри гідро- і пневмосистем, втулки довільних конфігурацій тощо);

– “диски” (шків, маховики, фланці, корпуси муфт, кільця, зубчасті колеса тощо);

- “некруглі стрижні” (важелі, шатуни, коромисла, планки, бруски, вилки перемикачів, тяги тощо);
- “невеликі деталі складної конфігурації” (корпуси невеликих вузлів, фасонні кулачки, штуцери тощо);
- “деталі кріплення” (болти, гайки, шпильки, штифти, шпонки тощо).

Для деталей кожного класу розроблені типові технологічні процеси. Посилаючись на них, можна розробити конкретний технологічний маршрут з урахуванням конкретних умов проектування, в тому числі для автоматизованого виробництва. При цьому слід керуватися загальними рекомендаціями по розробки маршрутної технології, що викладені в: [7, С. 223-246], [16, С. 16-23, 130-135], [19, С. 156-200], [31], [39, С. 404-446], [55], [56] ], [59].

При розробці ТП, які будуть реалізовуватися на верстатах з ЧПУ, необхідно:

- добиватись максимальної концентрації технологічних операцій;

- забезпечити найбільш повну обробку заготовок із всіх сторін з найменшою кількістю встановлень; при цьому перше встановлення вибирається із умов найбільш зручного базування з використанням попередньо підготовлених баз;

- при розробці послідовності обробки поверхонь враховується можливість зміни жорсткості окремих деталей, що зумовлене концентрацією великої кількості різних технологічних переходів;

- доцільно використовувати прогресивні різальні інструменти, що дозволяють використовувати високі режими різання і реалізують концентрацію технологічних переходів (різальні інструменти з механічним кріпленням різальних пластин, спеціальні різальні інструменти, наприклад, комбіновані свердла, зенкери, багатозубі розточувальні головки тощо);

- широко використовувати як спеціальне (наприклад, пристосування-супутники), так і уніфіковане оснащення (оправки, цангові патрони тощо).

### **3.12. Вибір технологічного обладнання та засобів технологічного оснащення**

Вибір обладнання для розроблюваного ТП проводиться після попередньої розробки кожної технологічної операції на етапі визначення маршруту обробки. При цьому враховуються:

- габаритні розміри деталі;
- методи обробки поверхонь або їх поєднання (фрезерування, шліфування і т.д.);
- точність і шорсткість поверхонь;
- припуски на обробку;
- різальні інструменти;
- програма випуску виробів та тип виробництва.

Технологічне обладнання слід вибирати за каталогами, довідниками, паспортами, навчальними посібниками та іншими доступними інформаційні джерелами, наприклад: [24, С. 489-511], [34, С. 163-231], [56, Т.2, С 5-64], [57], [59].

Загальні правила вибору обладнання визначені ГОСТ 14.404-73.

#### **3.12.1. Вибір основного технологічного обладнання**

Вибір основного технологічного обладнання (ОТО) (в даному випадку металорізальних верстатів) виконується за результатами аналізу маси та габаритних характеристик деталі, її основних поверхонь та окремих методів їх обробки з урахуванням призначення і розмірних параметрів. Результати аналізу впливають на значення основного часу, штучного часу (див. п. 3.14) і приведені витрат на виконання операцій різними методами.

При виборі основного технологічного обладнання слід керуватися наступними основними правилами:

- розміри робочої зони обладнання повинні відповідати габаритним розмірам деталі, що оброблюється (однієї або декільком);
- ОТО повинне забезпечити задану якість поверхні, що оброблюється (якість точності, величина мікронерівностей оброблених поверхонь, як показник її шорсткості тощо). Це особливо важливо при чистовій обробці;
- потужність, жорсткість і кінематична схема обладнання повинна відповідати оптимальним режимам обробки;



- продуктивність обладнання повинна відповідати заданій програмі випуску.

Слід пам'ятати, що в умовах масового та серійного типів виробництв використовуються, в основному, верстати-автомати, напівавтомати, спеціальні, агрегатні та спеціалізовані верстати.

В умовах серійного та дрібносерійного виробництва використовуються спеціалізовані верстати, гідрокопіювальні, багаторізцеві напівавтомати, токарно-револьверні, верстати з ЧПУ та універсальні верстати.

В індивідуальному виробництві використовуються універсальні верстати та верстати з ЧПУ.

Основними вимогами, які ставляться до технологічного обладнання роботизованого виробництва, є забезпечення виготовлення деталей в автоматизованому режимі, що передбачає автоматичне виконання як основних, так і допоміжних технологічних операцій, а також швидка переналадка обладнання при зміні предметів виробництва.

Верстати, що входять до складу ГВК, повинні забезпечувати:

- автоматичне затискання та розтискання деталі на верстаті;
- точне і надійне затискання заготовки (деталі) в пристрої для встановлення заготовки (деталі) верстата;
- відокремлення відходів від деталі в процесі різання та видалення їх із зони обробки за межі верстата (подрібнення стружки, її змивання тощо);
- автоматизацію контролю окремих параметрів деталі в циклі обробки;
- зв'язок системи управління верстата із системою управління ПР, що забезпечує повний автоматичний цикл роботи ГВК;
- можливість безпечного для обслуговуючого персоналу контролю та обслуговування верстата в процесі його завантаження-розвантаження;
- автоматизацію переміщення захисних пристроїв робочої зони верстата;
- надійність роботи верстата та інших структурних елементів ГВК.

Як показує аналіз технологічних можливостей верстатів різних груп, найбільш підготовленими до роботи в складі ГВК є токарні та шліфувальні напівавтомати, гірше – фрезерні та свердловальні (не враховуючи багатопільових) та зубообробні верстати.

Для скорочення необхідної кількості обладнання і зменшення кількості перевстановлень необхідно забезпечувати максимальну концентрацію операцій на окремих одиницях обладнання. Вищеназаним вимогам найбільш повно відповідають верстати з ЧПУ. Це зумовлене високою автоматизацією процесу різання, простотою переналадки тощо.

Необхідну (розрахункову) кількість верстатів  $N_p$  по кожній операції можна розрахувати по формулі:

$$N_p = \frac{t_{шт.к}}{F_e \cdot S \cdot k_n}, \quad (13)$$

де  $t_{шт.к}$  – сумарний штучно-калькуляційний час, хв, що необхідний для виконання на верстаті (або групі верстатів) певної операції в об'ємі річної програми випуску виробів;

$F_e$  – річний ефективний фонд часу роботи одного верстата в одну зміну (за нормативами  $F_e = 2015$  год/рік);

$S$  – кількість робочих змін в добі,  $S = 1, 2, 3$ ;

$k_n$  – плановий коефіцієнт виконання норми.

Коефіцієнт завантаження верстатів, що виконують певну операцію, розраховується за формулою:

$$K_3 = \frac{N_p}{N_n}, \quad (14)$$

де  $N_n$  – прийнята кількість верстатів.

При неповному завантаженні обладнання коефіцієнти завантаження  $K_3$  можна змінити (збільшити) за рахунок обробки інших груп деталей або розширенням номенклатури деталей, що оброблюються.

Приклад розрахунку кількості необхідного основного обладнання для гнучкої виробничої системи (ГВС) механічної обробки наведений в додатку Д.11.

В пояснювальній записці повинні бути приведені технічні характеристики кожного із вибраних металорізальних верстатів.

### 3.12.2. Вибір допоміжного технологічного обладнання

Застосування верстатів з ЧПУ та іншого автоматизованого обладнання дозволяє використовувати як допоміжне технологічне обладнання промислові роботи (ПР). Останні виконують функції:

– міжопераційного транспорту; транспортні промислові

роботи при цьому здійснюють завантаження-розвантаження деталей на технологічному обладнанні та їх переміщення із складу на робочі позиції, на конвеєр або навпаки. Технічні характеристики підвісних, напольних та монорельсових транспортних роботів наведені в [27], [57, С. 100-103] та в доступних Internet-ресурсах підприємств-виробників ПР;

– завантажувальних пристроїв, що здійснюють завантаження-розвантаження верстатів.

При виборі ПР слід пам'ятати, що конструкції та технологічні можливості ПР, які використовуються в різних типах виробництв, різні.

В дрібносерійному та серійному виробництві ПР повинні мати розширені технологічні можливості та гнучке програмування. Це характерно для роботів першого покоління, що певним чином конструктивно, апаратно та програмно адаптовані до умов, що змінюються, їх функціонування, а також для роботів другого покоління.

У великосерійному та масовому виробництві використовуються більш спеціалізовані ПР, частіше всього програмовані, тобто роботи першого покоління, так звані роботи-позиціонери з пневмо- та гідروприводом.

Вибір ПР для обслуговування технологічного обладнання (в даному випадку металорізальних верстатів) виконується за наступними характеристиками.

1. Вантажепід'ємність  $G_{np}$  робота, що визначається за формулою:

$$G_{np} \geq \max(C_d + G_s), \quad (15)$$

де  $G_d$  – вага деталі,  $H$ ;

$G_s$  – вага затискного пристрою (захвата),  $H$ .

2. Точність позиціонування  $\Delta_{np}$ , мм:

$$\Delta_{np} \leq \pm 0,35 \cdot S_n, \quad (16)$$

де  $S_n$  – мінімальний зазор між розмірами встановлюваної поверхні деталі та установчої поверхні пристосування (наприклад, розведених кулачків патрона верстата).

3. Характер, кількість та послідовність рухів робота на кожній з робочих позицій, що обслуговуються ПР. При цьому необхідно враховувати можливість обходу різних перешкод (елементів

завантажувальних пристроїв, елементів верстата, транспортерів тощо).

4. Тип ПР (стаціонарний чи мобільний), спосіб установки на робочому місці (підвісний, вмонтований), кінематична схема маніпулятора (декартова, полярна, сферична система координат) і розміри ланок визначають форму і розміри робочої зони ПР.

5. Можливість застосування мінімальної кількості схватів для всієї гами деталей, що оброблюються на даному обладнанні. Це визначає необхідність вибору захватних пристроїв (схватів) або розробки схеми та розрахунку їх параметрів. Приклад вибору схватів наведено в [60, С. 128-133].

6. Швидкодія при відпрацюванні кожного із ступенів рухомості ПР та їх одночасності, що необхідно для розрахунку часу допоміжних переміщень, які виконує ПР, і для підрахунку продуктивності роботи ГВК.

7. Ступінь автоматизації ПР, в тому числі кількість каналів зв'язку системи управління ПР із зовнішнім обладнанням – на вхід і на вихід, (особливо для ПР першого покоління) можливість автоматичної зміни схватів тощо.

Необхідні технічні характеристики ПР, що визначають їх технологічні можливості, представлені в [27], [39], [44], [45], [57].

При визначенні потреби в ПР враховуються можливості організації багатостатного обслуговування обладнання одним ПР. Основними критеріями при цьому є:

- великосерійний або серійний тип виробництва деталей;
- наявність обладнання, яке має спільні схеми завантаження і параметричні характеристики заготовок, що оброблюються;
- наявність заготовок, близьких за конструктивно-технологічними параметрами, які забезпечують роботу ПР без переналадки протягом обробки виробничої партії;
- мінімальний штучний час обробки заготовок на ГВК  $t_{шт} > 3$  хв [53], [54].

При  $t_{шт} > 3$  хв організація багатостатних ГВК не розглядається, а кількість ПР приймається рівною кількості одиниць виробничого обладнання, що обслуговується ПР.

Мінімальну кількість верстатів, що обслуговуються одним ПР, рекомендується приймати не більше 4-х. Найбільш поширеним є обслуговування одним ПР 2-3 верстатів [39], [48].

В пояснювальній записці повинна бути представлена загальна схема ПР, його кінематична структура та її формалізований запис [20], [22], а також технічні характеристики за його паспортними даними.

Виходячи з результатів якісної оцінки аналізу деталі на технологічність для умов роботизованого виробництва (див. вище) вибирається або проектується інше допоміжне обладнання ГВК – орієнтувальні, завантажувальні та інші пристрої. При цьому слід керуватися наступним:

- намагатися зберігати стабільність одержаного одного із різних положень деталі (заготовки) найбільш простими технічними засобами;
- передбачити наявність або використовувати легкодоступні технологічні бази деталі;
- забезпечити надійну фіксацію базових поверхонь відносно заданих координат;
- провести розрахунок необхідної та достатньої продуктивності.

Приклади подібних розрахунків приведені в [5], [32], [33].

До допоміжного технологічного обладнання, що необхідне для реалізації роботизованої технології виготовлення заданої деталі відносяться так звані засоби упорядкування середовища (ЗУС) – пристрої орієнтації, транспортування, поштучної видачі деталей тощо. Основним їх призначенням є підготовка об'єктів роботизації до умов роботизованого виробництва.

В даній постановці задачі прикладом ЗУС є тактові столи, що забезпечують доставку заготовок в орієнтованому положенні на позицію затиску їх схватом ПР (вхід ГВК), а також забезпечують видалення із ГВК після обробки деталей або напівфабрикатів (вихід ГВК). Позиції входу та виходу можуть співпадати.

Іншим прикладам ЗУС є так звана позиція проміжкового збереження. Вона використовується при необхідному перебазуванні деталі в схваті ПР.

Технічні характеристики тактових столів представлені в [37], [56], [57].

В пояснювальній записці КП необхідно представити схему вибраного допоміжного технологічного обладнання та привести його конструктивні та технічні дані.

Після остаточної розробки технологічного процесу виготовлення деталі і розрахунку режимів різання виконується проектування спеціальних верстатних пристосувань.

Розробку пристосувань доцільно виконувати в такій послідовності [1], [9], [30], [58].

1. Встановлюються розміри робочої зони верстата та розміри

тих елементів верстата, на які буде встановлюватись та закріплюватись пристосування [22].

2. Виходячи із теоретичної схеми базування деталі, що оброблюється, та шорсткості базових поверхонь, визначаються тип і розмір встановлювальних елементів, їх кількість та взаємне розміщення, розраховуються похибки базування [1, С. 17-39], [9], [31, С. 76-78], [55, С. 30-34] та інші.

3. З урахуванням заданої продуктивності операцій визначається тип пристосування (одно- або багатомісне, одно- або багатопозиційне).

4. Виходячи із схем базування, величини, напрямку та місця прикладання сил різання вибираються точки прикладання та напрямку дії сили затиску. З урахуванням одержаної схеми дії сил визначається необхідна сила затиску.

5. За розрахованою необхідною силою затиску, кількості точок її прикладання вибирається тип силового механізму (гвинтовий, клиновий, важільний, ексцентриковий, шарнірно-важільний тощо), визначаються його конструктивні розміри.

6. За силою тяги вибирається тип силового приводу і розраховуються його розміри, що в подальшому уточнюються за державними стандартами або галузевими нормами.

7. Визначаються фактичні похибки базування, закріплення та встановлення деталі в пристосуванні [7], [15], [31, С. 79-82], [36], [55, С. 41-53].

8. Визначається тип і розмір елементів для визначення положення і напрямку розташування різальних інструментів (при необхідності).

Виконання пп. 1-8 складають основні етапи проектування спеціальних пристосувань.

Слід відмітити, що розробка схватів ГР або верстатних пристосувань не входить до складу типового КП. Вона може виконуватись тільки за окремим погодженням з керівником проекту та з наступним корегуванням складу пояснювальної записки та графічної частини КП.

В пояснювальній записці типового КП описуються тільки загальні вимоги до верстатних пристосувань (кількість місць, можливість переорієнтації заготовок тощо).

### **3.12.3. Вибір засобів технологічного оснащення**

Вибір засобів технологічного оснащення, що необхідні для

виконання кожної технологічної операції, включає в себе вибір встановлювально-загісних пристроїв, різальних та допоміжних інструментів та засобів контролю.

В даному КП необхідно обмежитись тільки вибором різальних інструментів стандартних конструкцій.

Вид металорізальних інструментів визначається прийнятим (вибраним) методом механічної обробки. Матеріал різальної частини визначається в залежності від матеріалу деталі, що оброблюється, та виду обробки (чорнова, чистова, фінішна тощо). Вибір конструкцій стандартних інструментів здійснюється за каталогами, довідниками та державними стандартами [15], [24], [31], [39], [52], [56].

При необхідності використання спеціальних різальних інструментів дається обґрунтування їх доцільності.

Крім того, при розробці карт налагоджень верстатів (для типового КП – токарних) слід орієнтуватись на використання стандартних різцетримачів. Їх конструкції та геометричні розміри представлені в [30, С. 286-303], [39, С. 312-314].

### **3.13. Розробка операційного ТП**

Операційна технологія в КП розробляється тільки на ту поверхню, що окремо вказана в індивідуальному завданні на проектування (див. додаток Д.1). При цьому корисним є відомі технології обробки поверхонь деталей машин [18].

Вихідними даними для розробки операційної технології (операційного ТП) є:

- маршрутна технологія;
- величини міжопераційних припусків на механічну обробку;
- величини міжопераційних розмірів та допусків на них;
- креслення заготовки.

За результатами розробленого операційного ТП перевіряється та уточнюється правильність попередньо прийнятих рішень.

Загальна послідовність розробки операційного ТП наступна.

1. Для заданої поверхні визначається послідовність її обробки та зміст операції ТП, встановлюються основні та допоміжні технологічні переходи, робочі ходи (їх кількість уточнюється в процесі призначення режимів різання), визначаються прийоми, що необхідні для виконання операції.

2. Визначається послідовність виконання технологічних переходів, проходів і прийомів, необхідних для здійснення всіх операцій, а також вирішуються питання суміщення переходів за рахунок використання комбінованих інструментів та багатоінструментальних наладок.

3. Для заданої операції ТП встановлюється конкретна модель металорізального верстата, яка остаточно уточнюється після проведення технічного нормування (при недостатній потужності, продуктивності тощо).

4. Підбираються металорізальні, допоміжні та контрольні інструменти з номенклатури стандартизованих або нормалізованих та визначається необхідність у спеціальних видах інструмента.

5. Встановлюється необхідність в спеціальних пристроях, уточнюється принцип їх роботи, визначається необхідність багатопозиційної та багатомісної обробки, при необхідності розроблюється технічне завдання на їх проектування.

6. Згідно діючих державних стандартів заповнюються та оформляються операційні технологічні карти (ОК) та карти ескізів (КЕ), що входять до комплексу технологічної документації (див. додаток Д.10).

Обґрунтування заданої операції технологічного процесу в пояснювальній записці рекомендується виконувати в такій послідовності:

– мета операції (приклад, чорнове або чистове фрезерування поверхні для отримання числових технологічних баз та забезпечення необхідної координації розмірів, які визначають положення поверхонь деталі);

– обґрунтування методів і засобів досягнення встановленої мети операції (за рахунок базування, обробки з одного встановлення, за рахунок суміщення та постійності баз тощо). При цьому наводиться теоретична схема базування деталі, яка прийнята на заданій технологічній операції;

– обґрунтування необхідної кількості технологічних переходів для досягнення заданої точності обробки поверхні деталі.

### **3.14. Розрахунок режимів різання та норм часу**

Режими різання розраховуються за відомими:

– кресленням деталі;

– фізико-механічними характеристиками матеріалу деталі;



- вибраними моделями металорізальних верстатів (основного технологічного обладнання);
- вибраними різальними інструментами та їх характеристиками;
- операційними ескізами деталі.

При розрахунку режимів різання визначаються наступні параметри:

- глибина різання –  $t$ , мм;
- подача  $S_o$ , мм/об;  $S_{xв}$ , мм/хв;  $S_z$ , мм/зуб;
- швидкість різання  $V$ , м/хв; м/с;
- частота обертання шпинделя (інструмента, деталі)  $n$ ,  $хв^{-1}$ ,  $с^{-1}$ ;
- потужність, що необхідна для виконання процесу різання  $N_p$ , кВт;
- основний (машинний) час  $t_0$ , хв.

Розрахункові параметри режимів різання за потреби обов'язково корегуються згідно паспортних даних верстата і визначаються їх фактичні значення, які зносяться до операційних (маршрутних) карт технологічної документації.

Приклади розрахунку режимів різання представлені в [15], [24], [25], [31], [39-43], [46], [56].

В пояснювальній записці КП режими різання розраховуються двома методами:

- 1 – аналітичним – з використанням емпіричних формул;
- 2 – дослідно-статистичним – з використанням нормативних таблиць.

Аналітичний розрахунок режимів різання використовується при розробці операційної технології тільки на обробку однієї поверхні, що окремо вказана в індивідуальному завданні на проектування (додаток Д.1). Для всіх інших операцій технологічного процесу режими різання призначаються за нормативними таблицями загальномашинобудівний нормативів і відповідних довідників з обов'язковим врахуванням всіх поправкових коефіцієнтів, які враховують зміни умов різання (див. наприклад, [24]). Результати розрахунків зносяться до відповідних таблиць ПЗ та до операційних карт.

При виконанні розрахунків і виборі режимів різання в пояснювальній записці даються посилання на відповідні інформаційні джерела згідно переліку інформаційних джерел (довідник, збірник нормативів тощо), карту, таблицю та сторінку, на основі яких проведено розрахунок.

Слід пам'ятати, що допущені при визначенні режимів різання помилки можуть призвести до переробки окремих

розділів проекту, а в деяких випадках і всього проекту.

При виконанні робіт по розрахунку режимів різання необхідно звернути увагу на такі положення:

- при визначенні режимів різання в окремих випадках виникає необхідність внесення змін у розроблений технологічний процес з метою підвищення продуктивності обробки та поліпшення умов праці;
- розраховані за нормативами режими різання не є остаточними, їх необхідно розглядати як один з етапів визначення раціональних режимів різання;
- однією з важливих особливостей визначення режимів різання для багатьох інструментальних верстатів є погодження робіт, які виконуються на окремих позиціях шпинделів, окремих супортах та окремими інструментами.

Для цього проводиться оптимізація розрахованих параметрів за загальним критерієм.

Режими різання вибираються (розраховуються) в такій послідовності [24].

1. Встановлюється глибина різання  $t$  в залежності від припуску на обробку та кількості переходів.

2. Вибираються конструкції різальних інструментів, матеріал та геометрія їх різальних частин.

3. Вибираються подачі  $S$ :

- при чорновій обробці – максимально можлива для даного верстата;
- при чистовій – виходячи із заданої шорсткості поверхні;
- виконується корегування (за потреби) розрахованих (вибраних) значень подач за паспортними даними верстата.

4. Вибирається період стійкості  $T$  різальних інструментів за нормативами [24].

5. Знаходиться швидкість різання  $V$  за нормативами або розраховується за формулами теорії різання. За знайденою швидкістю різання визначається частота обертання шпинделя  $n$ , що при необхідності корегується згідно паспортних даних верстата. За відкорегованим значенням частоти обертання шпинделя визначається дійсне значення швидкості різання та основний час.

6. Визначаються складові  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  сили різання та крутний момент  $M_{кр}$  на шпинделі верстата.

7. Розраховується потужність, що необхідна для здійснення процесу різання  $N_{різ}$ , та перевіряється умова:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{ед}},$$

де  $N_{\text{ед}}$  – потужність електродвигуна привода робочого органу верстата, кВт, наприклад, шпинделя. Якщо ця умова не виконується, зменшується швидкість різання.

Розрахункові та прийняті (фактичні) параметри режимів різання заносяться до табл. 6 або табл. 7.

Розрахунок норм часу (технічне нормування) в ТП рекомендується проводити в такій послідовності [24].

1. На основі проведених розрахунків режимів роботи обладнання для кожного  $i$ -го технологічного переходу визначається основний машинний час обробки  $t_{oj}$ . Для більшості видів механічної обробки  $t_{oj}$  визначається за формулою:

$$t_{oj} = \sum_{j=1}^J \frac{L_j}{n_j \cdot S_{oj}} = \sum_{j=1}^J \frac{l_j + l_{\text{врj}} + l_{\text{nj}}}{n_j \cdot S_{oj}} \quad (17)$$

де  $L_j$  – розрахункова довжина  $j$ -го робочого ходу, мм;

$l_j$  – довжина поверхні, що обробляється на  $j$ -му технологічному переході, мм;

$l_{\text{врj}}$  – довжина врізання інструмента на  $j$ -му технологічному переході, мм;

$l_{\text{прj}}$  – довжина перебігу інструмента на  $j$ -му технологічному переході, мм;

$n_j$  – частота обертання деталі (інструмента) на  $j$ -му технологічному переході,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$S_{oj}$  – обертова подача інструмента (деталі) на  $j$ -му технологічному переході, мм/об.

1. Розраховується сумарний основний час на операцію:

$$T_o = \sum_{j=1}^J t_{oj}, \quad (18)$$

де  $J$  – кількість технологічних переходів даної операції.

3. За змістом технологічних переходів кожної операції встановлюється необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт та визначається допоміжний час  $t_{\text{дон}}$ ,  $\text{хв}$ , на операцію, до якого входять:



4. За змістом технологічних переходів кожної операції встановлюється необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт та визначається допоміжний час  $t_{\text{доп}}$ , хв, на операцію, до якого входять:

- час на встановлення, закріплення та зняття деталі  $t_{\text{вст}}$  ;
- час, що пов'язаний з переходом  $t_{\text{пер}}$ ;
- час на зміну режимів роботи верстата та на зміну інструментів  $t_{\text{зм}}$  ;
- час на контрольні виміри поверхні, що обробляється,  $t_{\text{к}}$  :

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}. \quad (19)$$

Доцільно наголосити, що пов'язані із встановленням та зняттям деталі складові допоміжного часу  $t_{\text{вст}}$  безпосередньо реалізуються ПР і визначаються згідно п. 3.17

4. Визначається оперативний час операції:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{доп}}. \quad (20)$$

5. За загальномашинобудівними або іншими галузевими нормативами в залежності від виду обробки та типу обладнання визначається ( $y$  % від оперативного часу на операцію) [24]:

- час на обслуговування робочого місця (технічне і організаційне)  $t_{\text{обс}}$ ;
- час на відпочинок та природні потреби  $t_{\text{відп}}$  .

6. Визначається норма штучного часу на операцію:

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{доп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}}. \quad (21)$$

7. Для серійного виробництва в залежності від умов робіт, що виконуються, встановлюється склад підготовчо-заклучних робіт та за нормативами визначається норма підготовчо-заклучного часу  $t$ , що витрачається на їх виконання.

8. Визначається (для серійного виробництва) норма штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (22)$$

де  $n$  – кількість деталей в партії, шт.

Для розрахунків штучного часу  $t_{\text{шт}}$  значення  $t_{\text{обс}}$  та  $t_{\text{відп}}$

беруться у відсотках від величини оперативного значення часу  $t_{оп}$ . В цьому випадку формула для розрахунку штучного часу має вигляд:

$$t_{шт} = (t_o + t_{доп}) * (1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100}). \quad (23)$$

де  $\alpha$  – відсоток від оперативного часу  $t_{оп}$  на технічне обслуговування робочого місця (для більшості верстатів  $\alpha = (1,0-3,5) \%$ );

$\beta$  – відсоток від оперативного часу на  $t_{оп}$  організаційне обслуговування робочого місця ( $\beta = (1,0-2,5)\%$  – в залежності від типу та розміру верстатів);

$\gamma$  – відсоток від оперативного часу  $t_{оп}$  на відпочинок та природні потреби працівника ( $\gamma = (4,0-6,0)\%$ ).

Результати розрахунків норм штучного часу для зручності їх аналізу в пояснювальній записці рекомендується надавати у вигляді табл. 8.

Нормативні дані по визначенню режимів різання і норм часу приведені в [24], [39-44], [46], [56].

По узгодженню з керівником проєкту допускається спрощене визначення основного часу  $t_o$  на окремі технологічні операції механічної обробки у відповідності із рекомендаціями [19, С. 38-53, 246-260].

### 3.15. Управляюча програма обробки деталі

Текст управляючої програми (УП) при виконанні типового КП складається для технологічної операції, що реалізується на технологічному обладнанні, основи програмування якого вивчались студентами попередньо [8], [25]. За окремим узгодженням з керівником проєктування допускається складання УП для іншого технологічного обладнання. Причому текст УП повинен відображати кількість встановлень (перевстановлень) деталі при її обробці на технологічному обладнанні.

Очевидно, що вихідними даними для складання УП є попередньо розроблена операційна технологія із визначеними режимами різання на вибраному технологічному обладнанні.

Текст УП представляється у вигляді табл. 9 із обов'язковим заповненням усіх її граф.

Таблиця 8

Технічні норми часу на технологічні операції, хв

Номер та назва операції технологічного процесу	Основний час $t_0$ , хв	Допоміжний час $t_{доп}$ , хв			Час на обслуговування робочого місця $t_{обс}$ , хв
		установка та зняття деталі $t_{уст}$	зв'язаний з переходом $t_{пер}$	контрольні вимірювання $t_{кв}$	
		Оперативний час $t_{оп} = t_0 + t_{доп}$			
		технічне $t_{обс.г}$			
		організаційне $t_{обс.о}$			
		Час на відпочинок $t_{відп}$			
		Штучний час $t_{штг}$			
		Підготовчо-заключний час $t_{п.з}$			
		Штучно-калькуляційний час $t_{штг.к}$			

Таблиця 9

Текст УП при обробці деталі на верстаті мод. ...  
з системою ЧПУ ...

Текст УП		Коментарі (пояснення)
номер кадру	зміст кадру	

### **3.16. Заповнення комплекту технологічної документації**

Заключним етапом розробки ТП виготовлення деталі є заповнення комплекту технологічної документації – маршрутних карт (МК), операційних карт (ОК) та карт ескізів (КЕ).

Склад та форми технологічних карт, що входять до комплекту, залежать від виду ТП (типовий, груповий, одиничний тощо) та типу виробництва.

Маршрутна карта (МК) – основний технологічний документ, який використовується для описання технологічного процесу виготовлення деталі.

Форми і правила оформлення МК встановлені ГОСТ 3.1118-82.

Вимоги до оформлення маршрутних карт, а також приклади їх заповнення приведені в [36, С. 4-8] та в додатку Д.9.

Форми і правила заповнення операційних карт (ОК) встановлені ГОСТ 1404-86. Крім цього ГОСТ 3.1418-82 встановлює правила заповнення технологічних карт на операції, які виконуються на верстатах з ЧПУ.

Для кожної операції заповнюється окрема карта, в якій вказуються всі переходи, вибране обладнання, пристосування, інструменти, режими різання та норми часу.

В пояснювальній записці ОК заповнюється тільки на технологічну операцію, на яку складається УП. Для типового ТП це токарна операція з ЧПУ.

Кarti ескізів (КЕ) розробляються тільки для операцій, на які розроблені ОК.

Основні вимоги для оформлення ОК і КЕ, а також приклади їх заповнення представлені в [36, С. 9-16] та в додатку Д.10.

### **3.17. Проектування ГВК**

#### **3.17.1. Загальна послідовність проектування ГВК**

Вихідними даними при проектуванні ГВК є:

- робочі креслення деталей;
- ТП обробки заготовок деталей;
- програма випуску деталей (тип виробництва);
- трудомісткість механічної обробки.



Послідовність проектування ГВК в загальному вигляді наступна:

- підбір та аналіз деталей, що підлягають обробці на ГВК;
- збір та аналіз даних по трудомісткості механічної обробки;
- збір та аналіз даних про склад обладнання, що використовується, з автоматичним і напівавтоматичним циклом роботи;
- розрахунок необхідної кількості одиниць основного технологічного обладнання, яке переводиться на обслуговування ПР;
- розрахунок необхідної кількості ПР в складі ГВК; як правило це 1 промисловий робот;
- техніко-економічне обґрунтування використання ПР (ГВК);
- розрахунок необхідної кількості ГВК для виконання виробничої програми.

Загальна послідовність проектування ГВК в постановці задачі, що вирішується при курсовому проектуванні, є наступною:

- розробка ТП обробки заданої деталі;
- вибір типу та кількості одиниць основного технологічного обладнання (ОТО) – металорізальних верстатів;
- вибір необхідних засобів упорядкування середовища (ЗУС), що забезпечують певне орієнтоване положення заготовки та деталі на “вході” та “виході” ГВК (“вхід” та “вихід” конструктивно можуть бути суміщені) – тактові столи, орієнтуючі пристрої, пристрої для проміжкового зберігання заготовок при необхідності їх перебазування в схваті ПР, транспортні пристрої тощо;
- вибір моделі ПР за вихідними даними варіанту індивідуальних завдань на курсове проектування та за даними попередніх розрахунків;
- розміщення вибраних одиниць основного та допоміжного технологічного обладнання в межах робочої зони ПР із врахуванням 2-х габаритних розмірів, розмірів робочих просторів обладнання та прийнятих відстаней між структурними одиницями ГВК;
- розташування обладнання за схемою найменшої кількості точок позиціонування схвата ПР, або найкоротшої траєкторії переміщення схвата ПР, або їх комбінацій;
- визначення опорних точок траєкторії елементарних циклових переміщень схвату ПР;
- розрахунок часу циклу роботи ГВК, циклової

- продуктивності та інших показників функціонування ГВК;
- розробка креслення планування розробленого ГВК.

Очевидно, що деякі етапи вказаної послідовності проектування ГВК можуть бути виконані завчасно до безпосереднього проектування ГВК.

### **3.17.2. Планування структурних елементів ГВК**

Вихідними даними для планування обладнання, що входить до складу ГВК, є:

- моделі та характеристики вибраних згідно вимог технології одиниць ОТО;
- моделі та характеристики вибраних ПР;
- моделі та характеристики вибраних або сконструйованих ЗУС та іншого ДТО.

Планування структурних елементів ГВК починається із викреслювання в певному масштабі робочої зони вибраної моделі ПР (вид зверху). Далі в межах робочої зони ПР в тому ж масштабі розміщуються масштабні копії вибраних одиниць ОТО та ДТО (вид зверху) із позначенням їх робочих просторів та точок початку встановлювального руху (ТП ВР) заготовки, що встановлена та закріплена в схваті ПР. Наприклад, для токарних верстатів ця точка знаходиться на осі обертання шпинделя і є точкою положення характеристичної точки (полюса) схвата ПР із закріпленою в ньому заготовкою.

ТП ВР знаходиться на певній відстані закріпленого на торці шпинделя пристосування – патрона, а вказана відстань враховує зазор між торцем патрона та торцем затисненої в схваті ПР заготовки. Встановлювальним рухом заготовки в даному випадку є рух схвата ПР із заготовкою вздовж осі обертання шпинделя для її закріплення в патроні з базуванням в упор (в торець) або без упору заготовки.

В залежності від конструктивних особливостей вибраних моделей ПР (та їх кількості) розрізняють лінійне (наприклад, для ПР порталного типу), кругове (для ПР з циліндричною або сферичною системою координат) та комбіноване (поєднання названих ПР) планування ГВК.

Вказане розміщення ОТО та ДТО в горизонтальній площині виконується з врахуванням їх геометричних розмірів, розмірів робочих просторів ТО та прийнятих відстаней між окремими одиницями обладнання.

Аналогічним чином виконується розміщення обладнання

відносно ПР у вертикальній площині. Для цього на кресленні ГВК вказуються відповідні проекції, розрізи, перетини тощо.

Вказане є сукупністю дій забезпечення так званої геометричної сумісності одиниць ТО, що розглядаються. При цьому розрізняють планування одиниць обладнання за критеріями мінімальної кількості точок позиціонування схвата ПР, мінімальної довжини траєкторії переміщення схвата ПР та комбіноване [4].

Доцільно наголосити, що в межах робочої зони ПР технологічне обладнання може розміщуватись як за ходом, так і не за ходом виконання ТП. Оптимізація розташування обладнання для вирішуваних в даному КП задач не виконується.

### **3.17.3. Циклова траєкторія переміщення схвата ПР**

Циклова траєкторія переміщення схвата ПР є сукупністю елементарних переміщень схвата за час циклу роботи ГВК, тобто за час між послідовним випуском (виготовленням) двох виробів у встановленому режимі [23].

Для відтворення циклової траєкторії при обслуговуванні ПР всіх робочих позицій ГВК на кожній із них арабськими цифрами проставляються опорні точки траєкторії з обов'язковим їх дублюванням на усіх проекціях, видах та розрізах (див. вимоги до відповідного листа графічної частини).

Таким чином, в тексті пояснювальної записки циклова траєкторія переміщення схвата ПР представляється ланцюгом цифрових позначень опорних точок траєкторії, наприклад:

0-1-2-2-3-...-10-11-11-10-...-50-51-0.

Тут однаковими цифрами позначені опорні точки траєкторії, що не супроводжуються переміщеннями схвата як такими, але відпрацювання яких супроводжується витратами часу, наприклад, затиск заготовки губками схвата, затиск кулачками патрона заготовки, що закріплена в схваті, тощо.

Переміщення між двома опорними точками циклової траєкторії називаються елементарними і характеризуються видом руху (лінійний, обертвий), його величиною та швидкістю.

Характеристики елементарних переміщень циклової траєкторії схвата ПР в пояснювальній записці представляються табл. 10. Типові приклади фрагментів її заповнення наведені нижче.

### 3.17.4. Розрахунок тривалості циклу роботи ГВК

Розрахунок тривалості циклу роботи ГВК доцільно виконувати за відомою методикою [23].

Для розрахунку переміщень схвата ПР від одної робочої позиції до будь-якої іншої (див. [23, табл. 7.1]) для прийнятого планування ГВК розраховується тривалість виконання елементарних переміщень схвата ПР згідно даних п. 17.3 (див. табл. 10). Результати розрахунків представляються у формі табл. 11.

Очевидно, що час циклу роботи ГВК  $T_{\text{ц}}$  може бути розрахований з використанням даних табл. 11 з урахуванням часу простоїв ПР біля кожної  $j$ -ої одиниці обладнання при очікуванні закінчення її роботи. В цьому випадку  $T_{\text{ц}}$  розраховується за формулою:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{уп}}^{\text{нр}} + \sum_{j=1}^m t_{\text{оч}j} = T_{\Sigma} + \sum_{i=1}^n t_{\text{з}i} + t_{j=2}^m t_{\text{оч}j}, \quad (24)$$

де  $t_{\text{оч}j}$  – час очікування ПР закінчення роботи  $j$ -го технологічного обладнання, с;

$m$  – кількість одиниць технологічного обладнання, закінчення роботи яких очікує робот.

### 3.17.5. Тактограма роботи ГВК

Тактограмою роботи ГВК є умовне позначення послідовності відпрацювань елементарних рухів виконавчими механізмами структурних елементів ГВК та/або самими структурними елементами впродовж циклу функціонування ГВК.

Як правило, тактограма представляється в прямокутних або полярних координатах.

Приклад фрагментів тактограми роботи ГВК, що представлена в прямокутній системі координат, проілюстровано рис. 1. Як видно, особливістю тактограми є зміна стану (положення) виконавчих механізмів структурних елементів ГВК та самих структурних елементів на межі кожної пари суміжних тактів. При цьому допускається одночасна зміна станів на одній і тій же межі, якщо це не протирічить логічному та фізичному змісту такої зміни.

Елементарні переміщення циклової траєкторії схвата ПР  
(типові приклади)

№ з/ п	Елементарні переміщення	
	між опорними точками	коментарі
1	0 – 1	Опускання схвата ПР від вихідної точки до позиції затиску заготовки, що знаходиться над тактовим столом (лінійне переміщення)
2	1 – 1	Затискання деталі (заготовки) схватом ПР
...	...	...
6	6 – 6	Рух встановлення схвата ПР із закріпленою заготовкою вздовж осі шпинделя (патрона) токарного верстата (лінійне переміщення)
...	...	...
8	10 – 11	Рух встановлення ОР, що закріплений в схваті ПР – лінійний рух
9	11 – 11	Затискання деталі (заготовки) в патроні верстата
...	...	...
12	11 – 11	Розтискання схватом ПР заготовки (зняття механічного зв'язку системи заготовка – схват)
...	...	...
52	51 – 0	Переміщення схвата ПР від фрезерного верстата до вихідної точки над тактовим столом (обертове переміщення)

Таблиця 11

Розрахунок складових (елементарних переміщень) та загального часу циклової траєкторії переміщення схвата ПР (роботи ПР за УП)  $T_{уп}^{пр}$  (приклад)

№ з/п	Переміщення							Інші складові, с	
	опорні точки траєкторії	лінійне			обертове				
		величина, мм	швидкість, мм/с	тривалість, с	величина, град	швидкість, град/с	Тривалість, с		
1	0 – 1	200	100	2,00				0,50	
2	1 – 2				120	90	1,33		
3	2 – 3				90	180	0,5		
4	3 – 4	100	100	1,00					
...	...								
6	6 – 6								
...	...								
8	10 – 11	120	100	1,20					
9	11 – 11								0,80
...	...								
15	14 – 14								0,50
...	...								
48	51 – 0				180	180	1,00		
Разом				4,20			2,83		1,80
Всього *, с		$T_{уп}^{пр} = T_{\Sigma} = 4,20 + 2,83 + 1,80 = 8,83$							

Примітка: \* Для деяких систем ЧПУ роботами величина  $T_{уп}^{пр}$  розраховується за формулою:

$$T_{уп}^{пр} = T_{\Sigma} + \sum_{i=1}^n t_{zi},$$

де  $T_{\Sigma}$  – накопичений час тривалості лінійних, обертових та інших складових циклових переміщень схвата ПР, с;

$t_{zi}$  – тривалість затримки виконання  $i$ -го елементарного переміщення схвата ПР, с;

$n$  – кількість елементарних переміщень, відпрацювання яких супроводжується  $t_{zi}$

Тактограма будується для встановленого режиму роботи ГВК, тобто за умови завантаження усіх одиниць технологічного обладнання, сталої послідовності повторюваних рухів  $C_x$  ПР та їх тривалості в часі. При цьому корисною є інформація, що отримана при визначенні тривалості циклу роботи ГВК [23]

Доцільно наголосити, що тактограма роботи ГВК разом з цикловою траєкторією переміщення схвата ПР відображають особливості роботизованої технології в даному її прояві, тобто на рівні автоматизації допоміжних технологічних операцій та переходів. В той же час технологія виготовлення деталей на верстатах з ЧПУ є характерним проявом автоматизації основних технологічних операцій і переходів.

### 3.17.6. Показники функціонування ГВК та його структурних елементів

Такими показниками для постановки задачі проектування ГВК, що вирішується в КП, є:

1. циклова продуктивність ГВК:

$$Q_{\text{ц}} = \begin{cases} \frac{1}{T_{\text{ц}}} \text{ (шт/с);} \\ \frac{60}{T_{\text{ц}}} \text{ (шт/хв);} \\ \frac{60 \cdot 60}{T_{\text{ц}}} \text{ (шт/год);} \\ \frac{60 \cdot 60 \cdot 8}{T_{\text{ц}}} \text{ (шт/зміну),} \end{cases} \quad (25)$$

де  $T_{\text{ц}}$  – час циклу роботи ГВК (див. п. 3.17.4);

2. коефіцієнт використання  $j$ -го основного технологічного обладнання (в даному випадку металорізального верстата) при його роботі за УП:

$$\eta_j^{\text{мрв}} = T_{\text{уп}j}^{\text{мрв}} / F, \quad (26)$$

де  $T_{\text{уп}j}^{\text{мрв}}$  – сумарний час роботи  $j$ -го верстата за УП фонд часу  $F$ , хв, функціонування ГВК.

Доцільно прийняти  $F = T_{\text{ц}}$  і в такому випадку даний показник називається коефіцієнтом циклового використання  $j$ -го верстата при його роботі за УП. Він показує частку часу роботи верстата за УП впродовж циклу роботи ГВК і розраховується за формулою:

$$\eta_j^{\text{мрв}} = T_{\text{уп}j}^{\text{мрв}} / T_{\text{ц}}; \quad (27)$$

3. коефіцієнт використання часу роботи ПР за УП:

$$\eta_{\text{п}}^{\text{пр}} = T_{\text{уп}}^{\text{пр}} / F, \quad (28)$$

де  $T_{\text{уп}}^{\text{пр}}$  – сумарний час роботи ПР, хв, за фонд часу  $F$ , хв, функціонування ГВК.



Структурні елементи та механізми, їх стан		Такти																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
МРС мод. ...	кутове положення схвата відносно вертикальної осі колони	1																		
	лінійне положення схвата вздовж вертикальної осі колони	0																		
МРС мод. ...	лінійне положення схвата вздовж горизонтальної осі	1																		
	положення схвата вздовж вертикальної осі кисті	0																		
Тактовий стіл	стан схвата ПР	1																		
	робота за УП	0																		
МРС мод. ...	стан палет тактового столу	1																		
	робота за УП	0																		

Рис.1. Тактограма роботи ГВК

При  $F = T_{\text{ц}}$  даний показник називається коефіцієнтом циклового використання ПР при його роботі за УП за час  $T_{\text{ц}}$ . Він показує частку часу роботи ПР за УП за час циклу роботи ГВК і розраховується за формулою:

$$\eta_{\text{р}}^{\text{пр}} = T_{\text{уп}}^{\text{пр}} / T_{\text{ц}}; \quad (29)$$

4. коефіцієнт завантаженості робітника-оператора:

$$\eta^{\text{оп}} = T^{\text{оп}} / F, \quad (30)$$

де  $T^{\text{оп}}$  – сумарний час роботи оператора, хв, в загальному часі  $F$ , хв, функціонування ГВК.

За умови  $F = T_{\text{ц}}$  даний показник називається коефіцієнтом циклової завантаженості робітника-оператора за час  $T_{\text{ц}}$  циклу роботи ГВК і розраховується за формулою:

$$\eta^{\text{оп}} = T^{\text{оп}} / F. \quad (31)$$

5. коефіцієнт простоювання  $j$ -ої одиниці ОТО (МРВ) через зайнятість чи відмову ПР:

$$\eta_j^{\text{мрв}} = T_{\text{нп}j}^{\text{мрв}} / F, \quad (32)$$

де  $T_{\text{нп}j}^{\text{мрв}}$  – сумарний час накладеного простоювання  $j$ -го верстата, хв, через зайнятість ПР чи його відмову за час  $F$ , хв, функціонування ГВК.

При  $F = T_{\text{ц}}$  даний коефіцієнт називається коефіцієнтом циклового простоювання  $j$ -ої одиниці ОТО через зайнятість чи відмову ПР і визначається за формулою:

$$\eta_j^{\text{мрв}} = T_{\text{нп}j}^{\text{мрв}} / T_{\text{ц}}; \quad (33)$$

6. коефіцієнт простоювання ПР через зайнятість чи відмову функціонування структурних одиниць ГВК:

$$\eta_{\text{п}}^{\text{пр}} = T_{\text{нп}}^{\text{пр}} / F, \quad (34)$$

де  $T_{\text{нп}}^{\text{пр}}$  – сумарний час накладеного простоювання ПР, хв, через зайнятість чи відмову роботи одного або усіх структурних

елементів ГВК за час  $F$ , хв, роботи ГВК.

За умови  $F = T_{\text{ц}}$  даний показник називається коефіцієнтом циклового простоювання ПР через зайнятість чи відмову функціонування структурних одиниць ГВК (крім ПР) і визначається за формулою:

$$\eta_{\text{п}}^{\text{пр}} = T_{\text{нп}}^{\text{пр}} / T_{\text{ц}}. \quad (35)$$

Очевидною є необхідність розрахунку відповідних показників роботи ГВК для кожної  $j$ -ої одиниці ОТО та ПР.

### 3.18. Аналіз виконаних розробок

Метою написання цього розділу КП є виявлення та демонстрація навичок студента критично оцінювати (аналізувати) виконані ним же розробки, не принижуючи їх змісту та значення.

Змістом цього розділу є оцінка (на основі критичного аналізу виконаних студентом розробок) практично усіх етапів (задач) виконання КП, починаючи з методу виготовлення заготовки і закінчуючи кількісними показниками функціонування структурних елементів ГВК та ГВК в цілому.

На основі отриманих в процесі проектування знань та навичок, що характеризують набутий певний професійний досвід, та за результатами виконаного аналізу студент повинен продемонструвати своє особисте бачення шляхів підвищення ефективності функціонування розробленого ГВК.

Аналіз повинен виконуватись без економічних розрахунків, що підтверджують запропоновані заходи, але із усвідомленням необхідності їх виконання в реальній інженерній практиці.

Логічним закінченням проведеного критичного аналізу виконаних розробок є розробка шляхів підвищення ефективності функціонування зпроектованого ГВК.

### 3.19. Висновки

В даному розділі пояснювальної записки подаються основні результати розв'язаних в КП організаційно-технологічних та конструкторських задач. При цьому вказується за рахунок яких заходів організовано виготовлення об'єкта виробництва та досягнута його задана якість. Тут же наводяться основні технічні показники функціонування розробленого ГВК.

### **3.20. Використані інформаційні джерела**

Інформаційні джерела подаються в даному розділі пояснювальної записки в алфавітному порядку і тільки ті, на які є посилання в тексті пояснювальної записки КП.

Дані про джерела, що сюди вносяться, повинні відповідати вимогам ДСТУ 8302:2015 “Біографічні посилання...”.

Корисними при оформленні списку використаних інформаційних джерел є відповідний розділ рекомендованих джерел даних методичних вказівок та [17].

## 4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

### 4.1. Оформлення креслень планування ГВК

Загальні вимоги до планування ГВК згідно ГОСТ 12.2.078 – 82 наступні:

- планування комплексу повинне забезпечувати вільний, зручний і безпечний доступ обслуговуючого персоналу до основного і допоміжного технологічного обладнання, а також до органів управління структурними елементами ГВК та всього комплексу взагалі;

- планування повинно по можливості виключати перетин траєкторій руху операторів та ПР в процесі роботи ГВК за УП;

- розміщення засобів управління повинно забезпечувати вільний швидкий доступ до органів аварійного відключення.

При оформленні креслень планування ГВК на основі прийнятої його компоновки необхідно показати порядок розміщення кожної одиниці технологічного обладнання в робочому просторі ПР, їх взаємну орієнтацію і побудувати траєкторію переміщення полюсів захватів ПР. При цьому, як правило, на 3-х проєкціях різним напрямком штриховок або кольоровим фоном обов'язково показуються робочі зони роботів, основного та допоміжного технологічного обладнання, їх лінійні та кутові розміри. Це дозволяє визначити достатність площі робочої зони ПР для розміщення технологічного обладнання в ній з урахуванням місця для обслуговування обладнання без зупинки виконання ТП.

В більшості випадків рекомендується не допускати перетин робочих просторів декількох роботів, навіть якщо можливе програмне або апаратне узгодження їх дій.

Крім того на всіх проєкціях, видах та перетинах повинні бути проставлені та пронумеровані опорні точки траєкторії циклового переміщення схвату ПР із вказанням величин цих переміщень. При цьому взаємодоповнюючими є дані, що представляються в табл. 10 та 11.

Обов'язковим є представлення над кутовим штампом (основним написом) технічних характеристик спроектованого ГВК, до яких відносяться:

- циклова продуктивність роботи ГВК;
- тривалість циклу роботи ГВК;
- коефіцієнт циклового використання кожної j-ої одиниці ТО

(див. п. 3.17.6);

- коефіцієнт циклового використання ПР;
- коефіцієнт циклового простоювання кожної  $j$ -ої одиниці ТО;
- коефіцієнт циклового простоювання ПР;
- споживана потужність, кВт;
- габаритні розміри, мм;
- площа,  $m^2$ .

При оформленні креслень планування ГВК доцільно використати наступну літературу: [4, С. 254-259], [6, С. 357– 383], [27], [47, С. 4-86], [48, С. 28-32], [59, п. 5.4].

## 4.2. Оформлення креслень наладок (графотехнологія)

Для виконання креслень наладок відводиться один лист формату А1. На цьому листі студент повинен представити ілюстрації до розробленого їм технологічного процесу, але в такій формі, яка дозволить судити про зміст всього технологічного процесу в цілому, а не представляла просто зображення деяких вільно вибраних операцій.

Звідси випливає, що вибір операцій, які необхідно ілюструвати кресленнями наладок, повинен бути виконаний досить ретельно.

Представлені в графічній частині КП креслення наладок, що ілюструють операції технологічного процесу, повинні характеризувати розроблений технологічний процес в цілому.

Тут повинні бути показані характерні операції технологічного процесу. Показуються послідовно токарні, фрезерні, свердлувальні та інші операції. Однотипні операції можуть бути показані лише один раз. Порядок розміщення креслення встановлень заготовок на аркуші наладок не грає особливої ролі, але необхідно дотримуватись наступних вимог:

- креслення встановлень операцій або позицій бажано розміщати у відповідності з порядком виконання операцій ТП;

- відображати встановлення в робочому положенні, тобто положення деталі та інших елементів встановлень на кресленні повинно відповідати положенню деталі, яка встановлена на верстаті. Наприклад, при обробці деталі на токарному верстаті, патрон повинен розміщуватися ліворуч, а не праворуч; вісь деталі розміщується горизонтально, а не вертикально; напрямком обертання шпинделя, що вказується стрілкою на кресленні, повинен відповідати напрямку обертання на верстаті, а не вибирається довільно тощо;

- витримувати певну “щільність” креслення, не допускати великої кількості вільного місця на листах;

– не допускати схематизму у відображенні креслень встановлень.

Лист може містити зображення декількох встановлень заготовки.

Кожне встановлення повинне бути підписане з позначенням номерів операцій і позицій. Масштаб креслень встановлень вибирається в залежності від розмірів деталі, що обробляється, пристосувань, інструментів тощо. Бажано користуватися одним масштабом для всіх встановлень.

На кресленні кожного встановлення зображається:

- пристосування;
- деталь, що оброблюється;
- різальний інструмент;
- допоміжний інструмент та інші елементи кріплення різального інструменту;
- вимірювальний інструмент (у випадку його використання для контролю розмірів деталей в процесі обробки).

Пристосування зображається в одній проекції, але в такій, яка дозволяє наглядно показати базування деталі, що оброблюється, її кріплення та конструктивні елементи самого кріплення. Крім того, показуються: елементи пристосувань, які призначені для направлення інструменту (кондукторні втулки, направляючі втулки і т.д.); елементи пристроїв, які використовуються для базування і фіксації навісних кондукторних плит (при ілюстрації операцій, які виконуються на одно– і багатопозиційних агрегатних та інших аналогічних верстатах, показуються люнети).

На кресленнях наладок фрезерних операцій показуються габаритні розміри пристосувань та розміри їх закріплення на столі. У випадку, коли при виконанні даної операції передбачено автоматичне завантаження верстатів, на кресленні встановлення зображається пристрій для автозавантаження (частково або повністю), або елементи схвату ПР (при розробці роботизованої технології).

Якщо однієї проекції не достатньо для чіткого пояснення роботи пристосування або базування деталі, то зображається повністю або частково друга проекція.

При ілюстрації кресленнями встановлень, які виконуються на однакових пристосуваннях, допускається зображення пристосування на встановленнях лише один раз.

Деталі, що обробляються, зображаються в робочому положенні (тобто встановлені (закріплені) в пристосуванні) суцільними лініями чорним кольором. Поверхні деталі, що оброблюються, вказуються

кольором, відмітним від чорного, або виділяються потовщеними лініями на всіх проекціях.

Різальні інструменти зображаються в положенні, яке відповідає закінченню робочого ходу інструментів. Стандартні інструменти (різці, свердла, зенкери, розвертки, фрези та інші) зображаються у відповідності з нормальними та стандартами.

Елементи кріплення різальних інструментів повинні показуватися без схематизму. Допоміжні інструменти для стрижневих або насадних інструментів (оправки, продовжувачі, плаваючі та інші патрони тощо) бажано показувати в розрізі (повному або частковому). Те ж відноситься до напрямних пристроїв борштанг. Державки для кріплення різців та інших інструментів (особливо у випадку багатоінструментальної обробки) також повинні бути показані детально із вказанням елементів державок, які служать для кріплення інструментів, та для регулювання їх положення відносно базових елементів верстата і пристосування.

Напрямок подач і напрямок головного руху показується на встановленнях стрілками з відповідними позначеннями  $S_o$ ,  $S_p$ ,  $S_{\text{нон}}$ ,  $n_z$ ,  $n_i$  тощо.

На кресленнях наладок проставляються настроювальні розміри.

У випадку обробки на токарних, розточувальних та свердлувальних верстатах для діаметральних розмірів проставляються номінальні розміри діаметрів отворів; для осьових розмірів вказуються розміри, які зв'язують базову торцеву поверхню деталі з торцем виступів, канавок і т.д.

При обробці на фрезерних і стругальних верстатах проставляються розміри, які зв'язують базові поверхні пристосувань з робочими поверхнями установів або габаритів, а також розміри встановлених шупів.

При обробці на агрегатних верстатах та в інших аналогічних випадках (застосування багатошпindelних свердлувальних головок на свердлувальних верстатах, обробка на автоматичних лініях тощо) настроювальні розміри визначають положення різальних кромки інструментів відносно базових поверхонь деталі або пристосування. Для діаметральних розмірів повинні бути проставлені номінальні розміри діаметрів отворів.

Осьові розміри для інструментів, які працюють з виходом (перебігом), наприклад, при свердлуванні наскрізних отворів, проставляються від кінця робочої частини кожного із інструментів до дзеркала шпindelної коробки агрегатної головки; для інструментів, які забезпечують точне одержання торцевих поверхонь (підрізання,



проточування канавок і т.д.), настроювальні розміри зв'язують положення різальної кромки, яка формує торцеву поверхню з базовою поверхнею пристосування; проставляється також розмір, який зв'язує різальну кромку із дзеркалом шпindelної коробки. Цей розмір повинен враховувати розміри шпиделя (його довжину), допоміжних інструментів (оправки, продовжувачі і т.д.), напрямних пристроїв в осьовому напрямку. Всі ці розміри також повинні бути вказані на кресленнях встановлень. Вказується також товщина кондукторної плити, висота кондукторних втулок, зазор між кондукторною плитою (або торцями кондукторних втулок) і поверхнею деталі, що оброблюється. При роботі інструментів з виходом (робота на прохід) вказується величина перебігу інструменту.

Всі вище перераховані розміри призначаються згідно нормативів та рекомендацій, що наводяться в нормалях та стандартах на допоміжні та різальні інструменти, на елементи пристосувань тощо.

### ДОДАТКИ

#### Додаток Д.1.1. Варіанти індивідуальних завдань

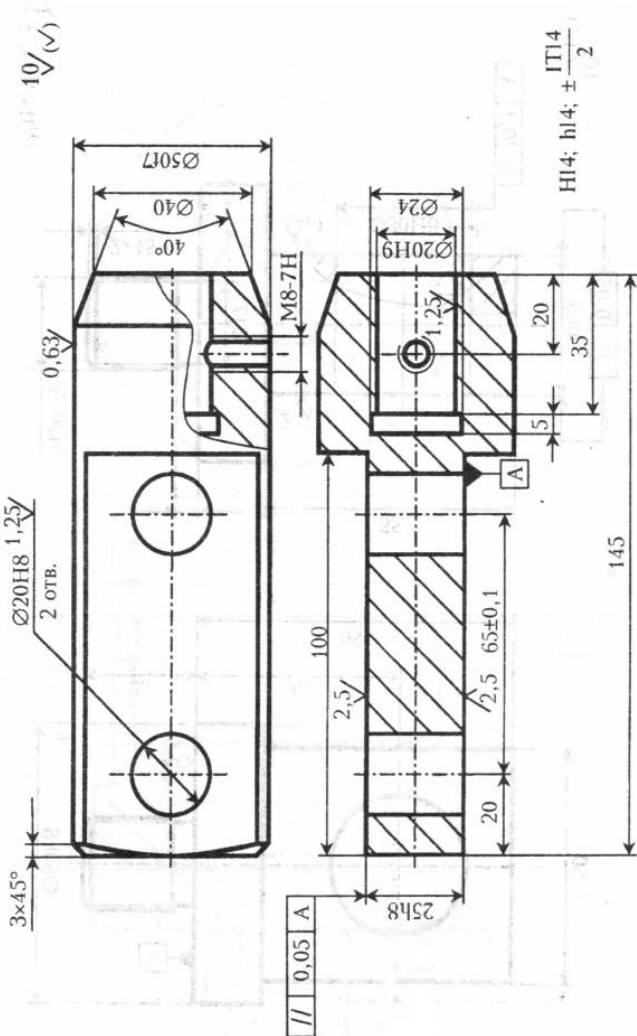


Рис. Д.1.1. Важіль (варіанти 01–05)

Продовження додатку Д.1.

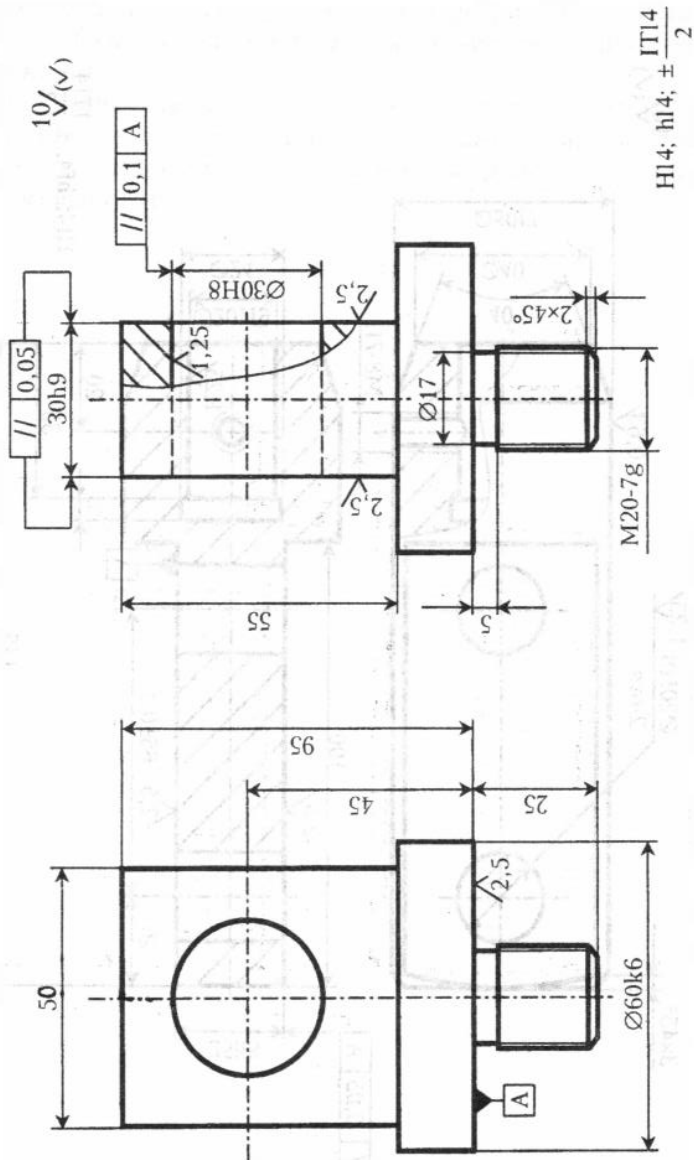


Рис. Д.1.2. Вушко (варіанти 06-10)

Продовження додатку Д.1.

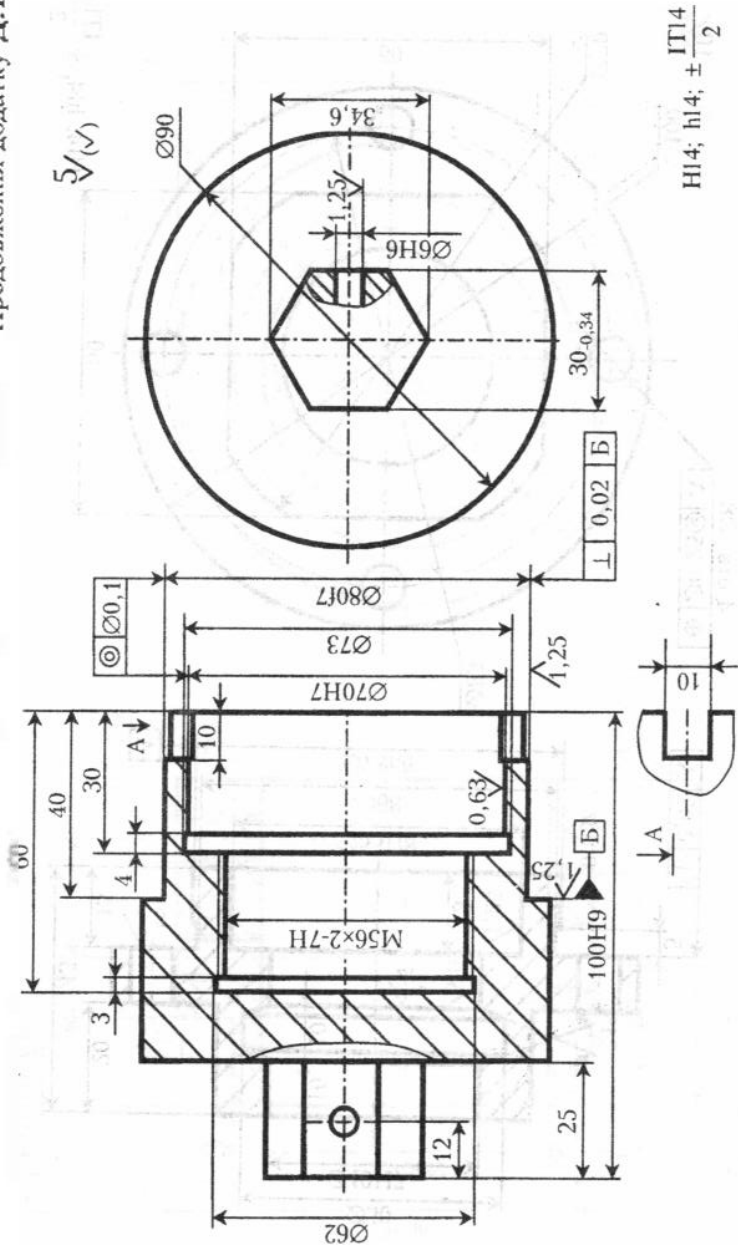


Рис. Д.1.3. Гайка-А (варіанти 11-15)

Продовження додатку Д.1.

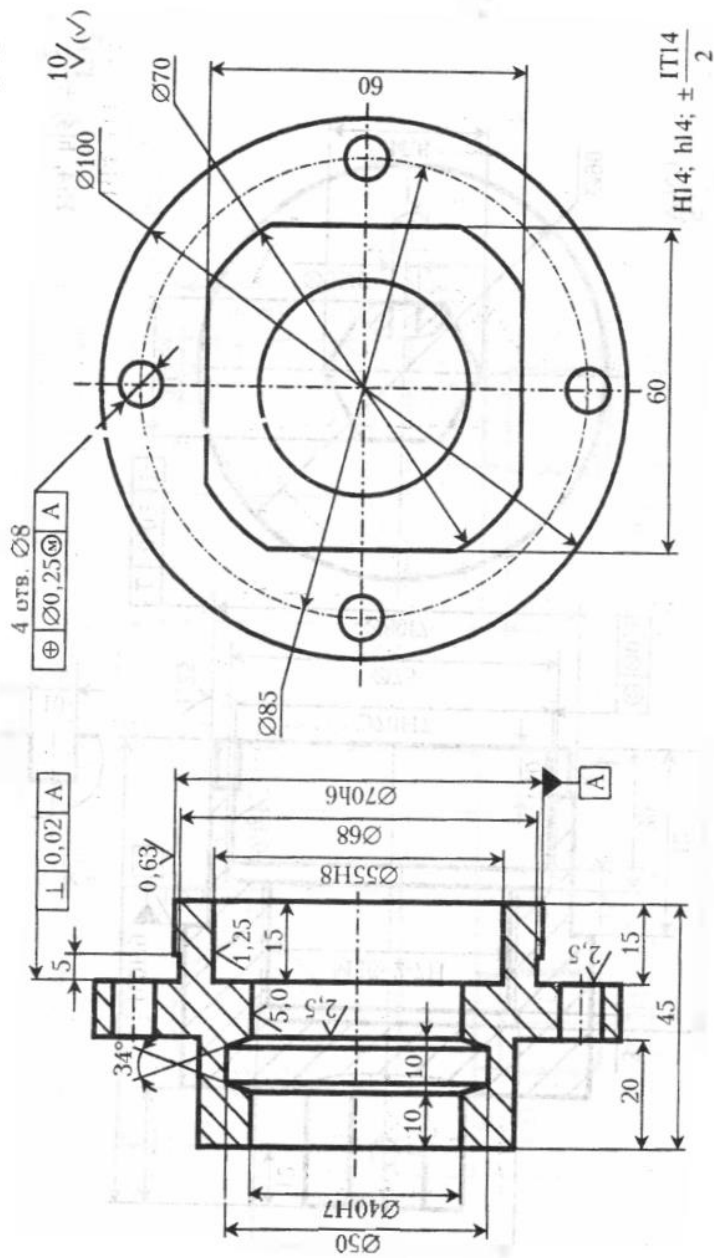


Рис.Д.1.4. Гайка-Б (варіанти 16-20)

Продовження додатку Д.1.

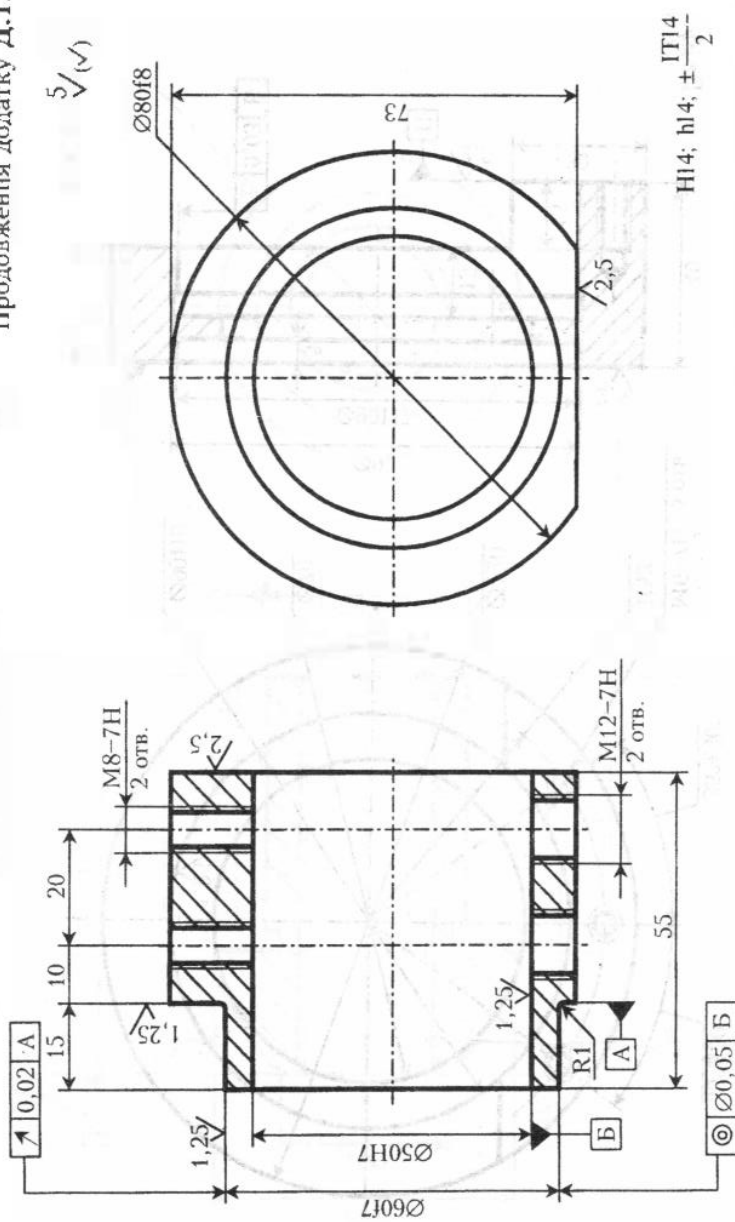


Рис. Д.1.5. Кільце-А (варіанти 21-25)

Продовження додатку Д.1.

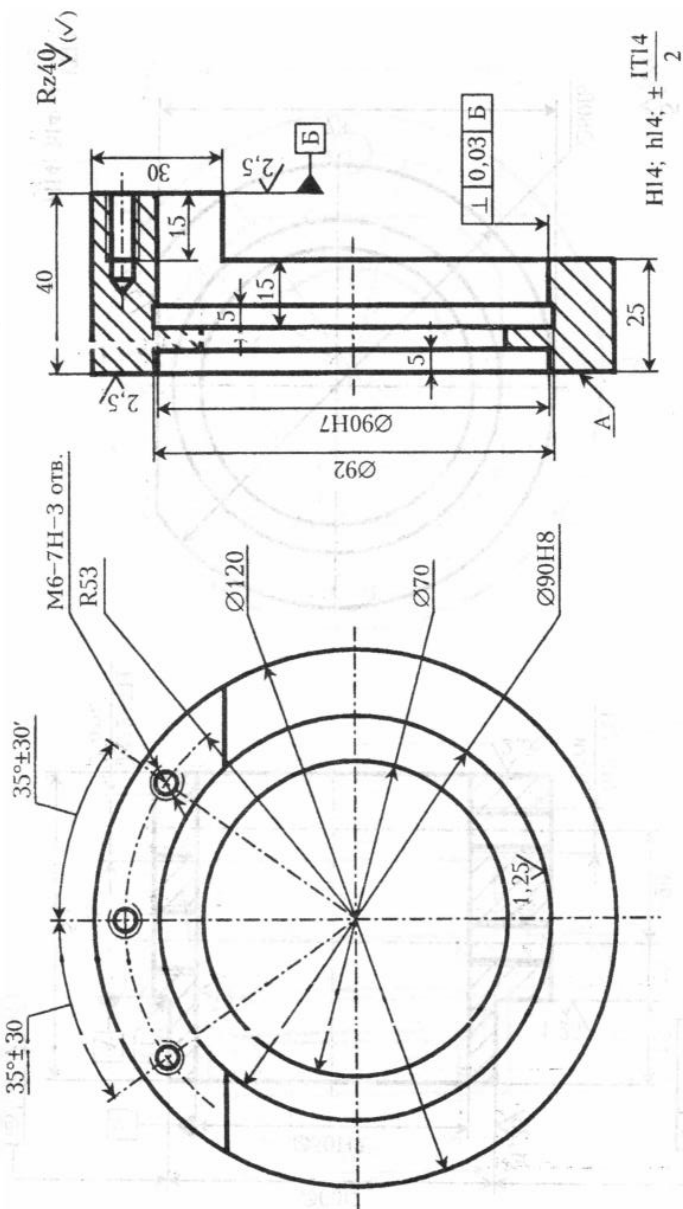


Рис. Д.1.6. Кільце-Б (варіанти 26-30)

Продовження додатку Д.1.

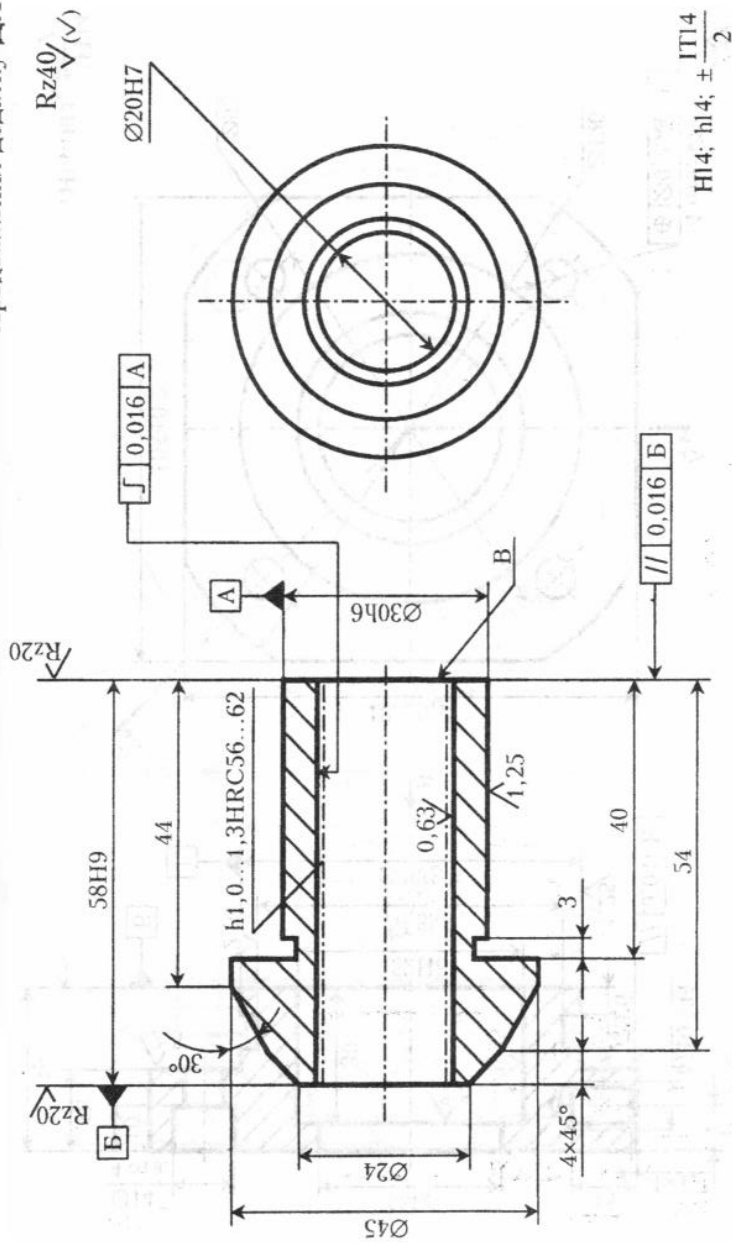


Рис. Д.1.7. Корпус муфти (варіанти 31–35)



Продовження додатку Д.1.

Вид В

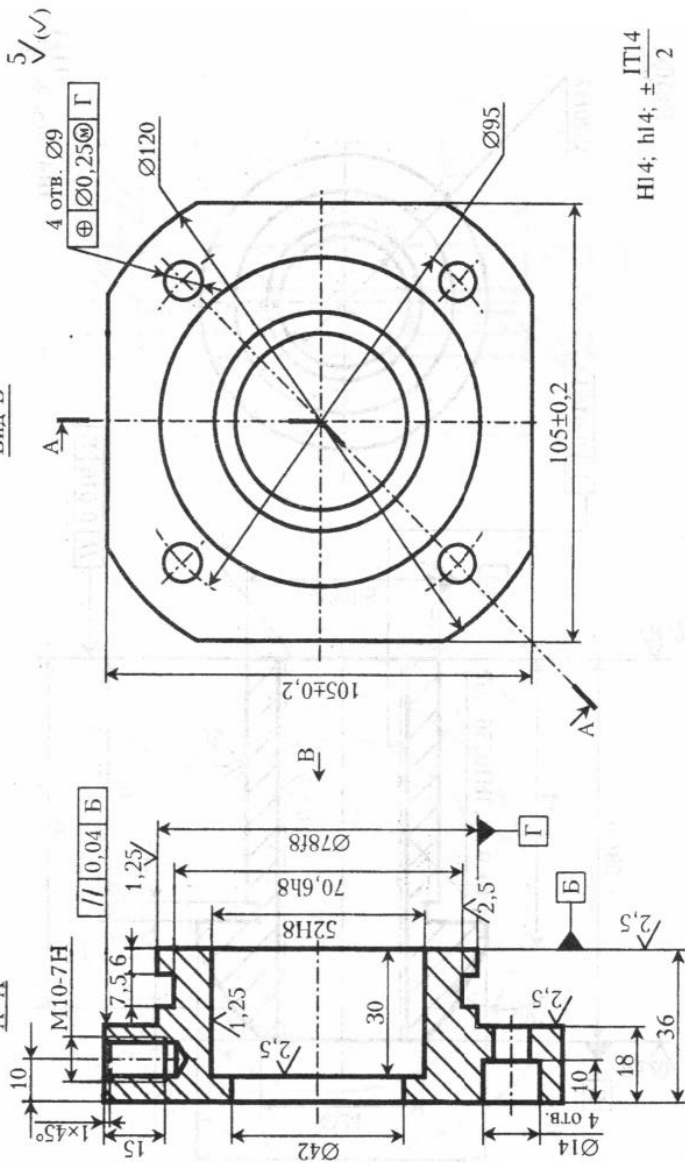
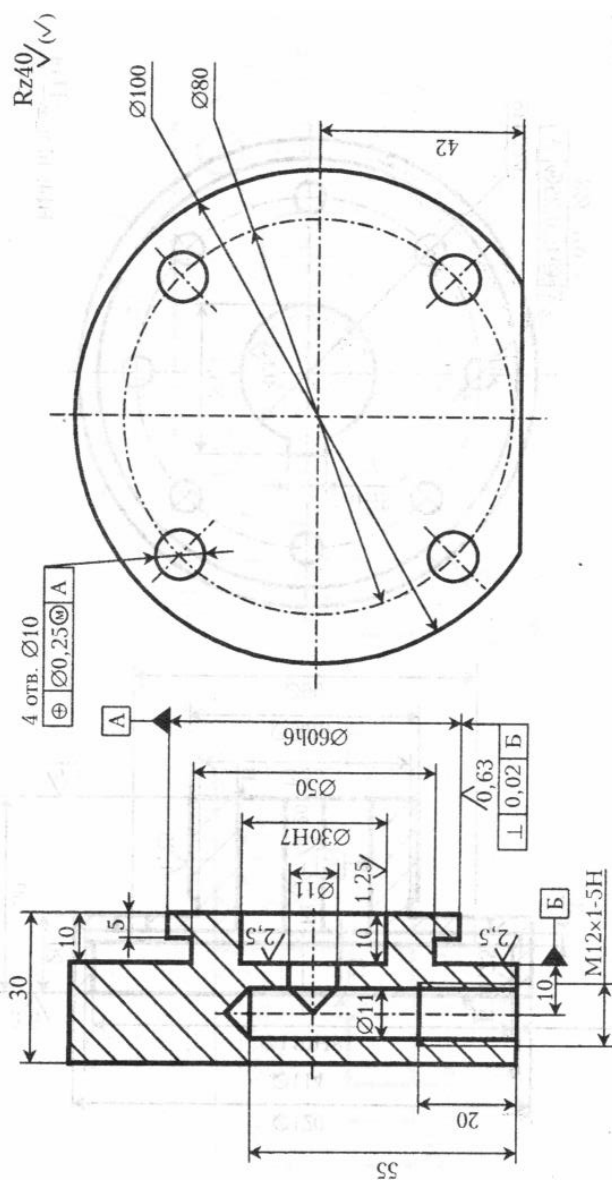


Рис. Д.1.8. Крышка А (варианты 36-40)

Продовження додатку Д.1.



НІ4; h14; ± $\frac{IT14}{2}$

Рис. Д.1.9. Кришка-Б (варіанти 41–45)

Продовження додатку Д.1.

Rz40  $\sqrt{\text{✓}}$

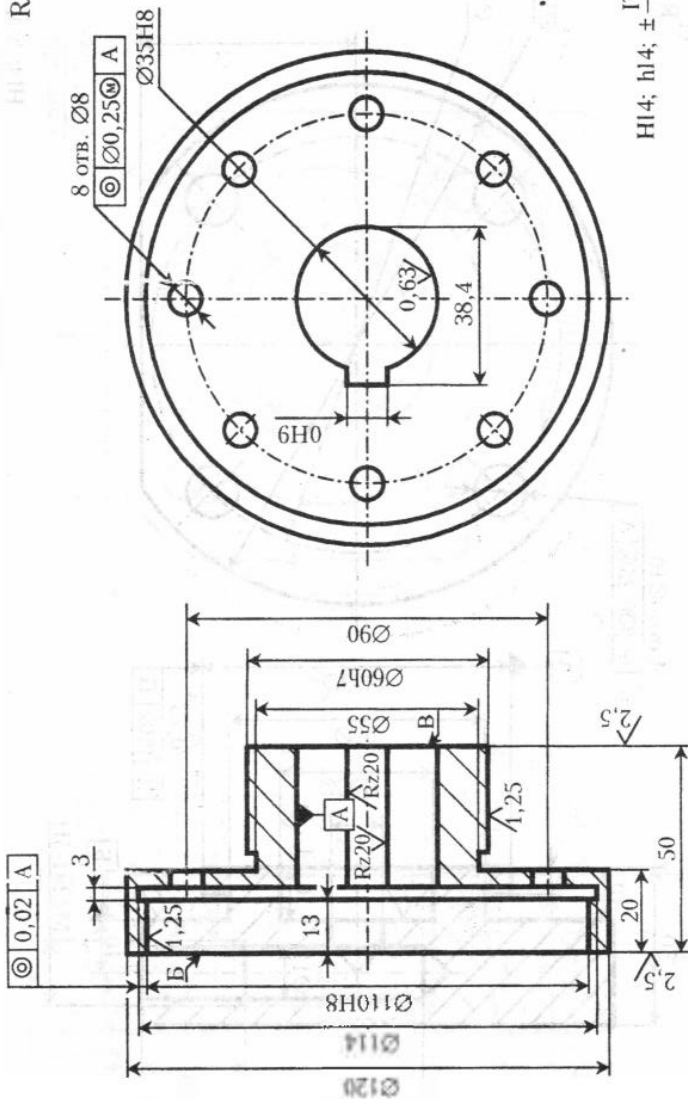


Рис. Д.1.10. Попівмуфла (варіанти 46-50)

Продовження додатку Д.1.

Rx20/51

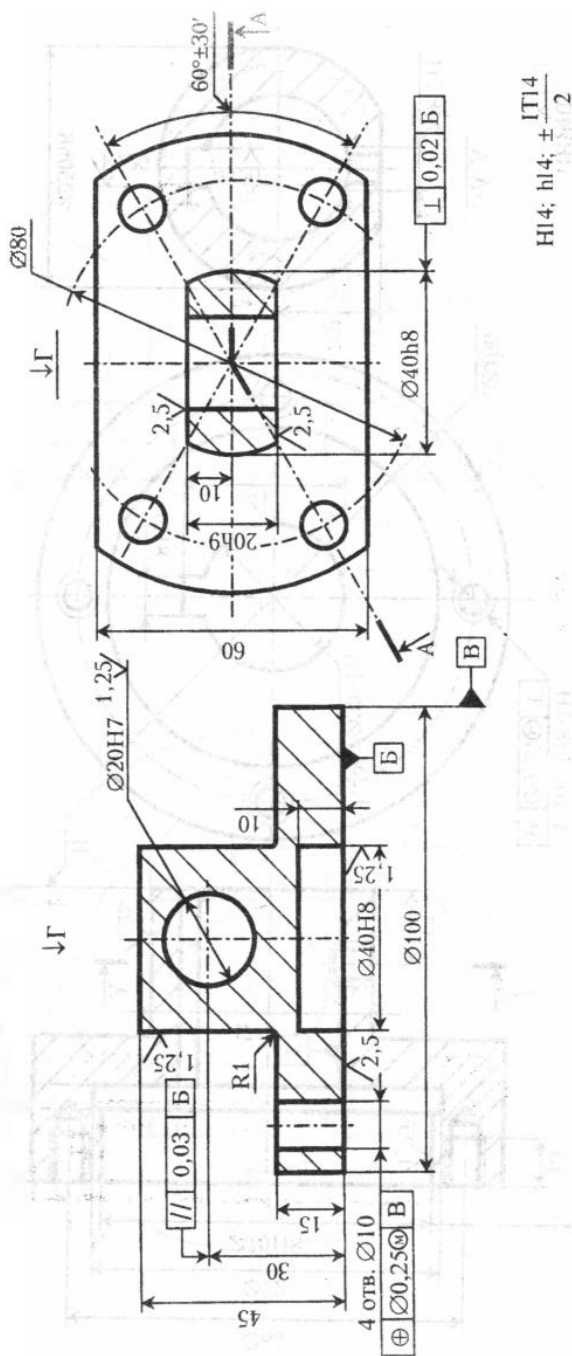
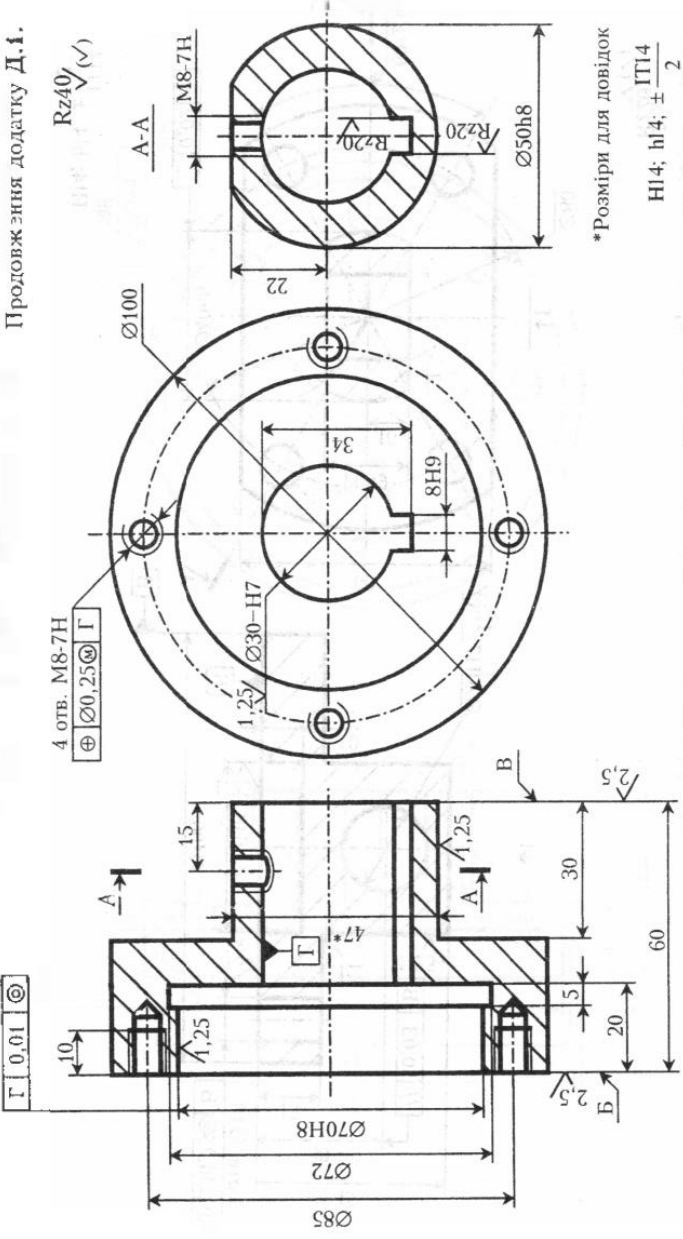


Рис. Д.1.11. Пасадка-А (варіантн 51-55)

Продовження додатку Д.1.



\* Розміри для довідок

$H1/4; h1/4; \pm \frac{IT14}{2}$

Рис. Д.1.12. Насадка-Б (варіанти 56-60)

Продовження додатку Д.1.

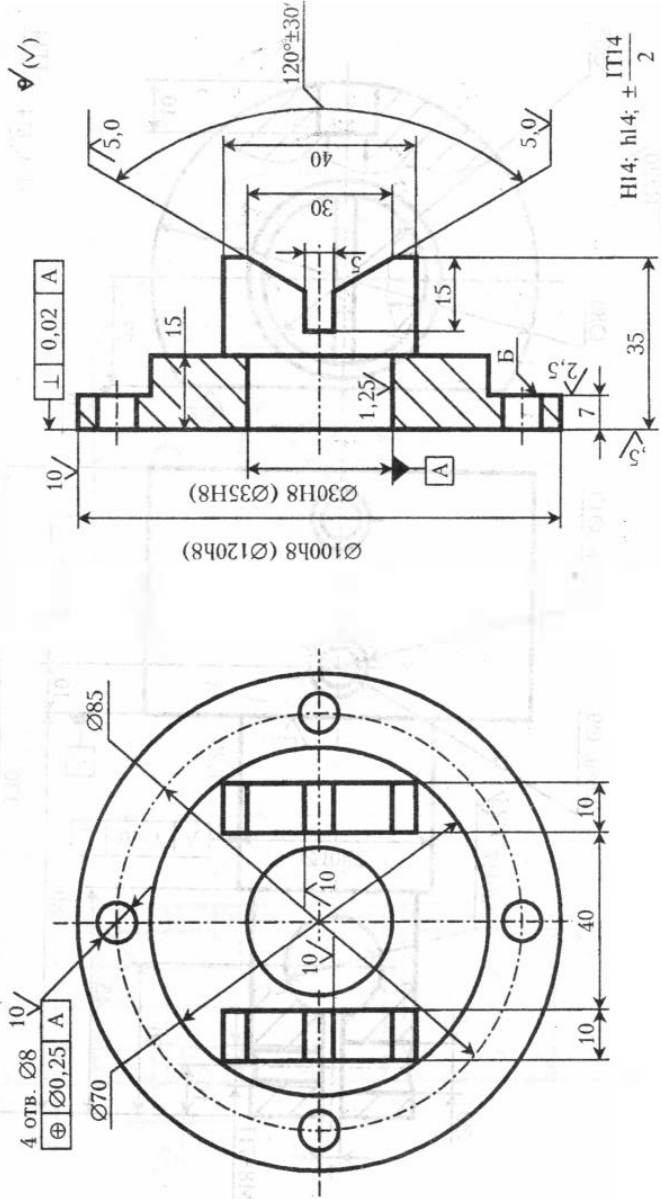


Рис. Д.1.13. Опора-А (варіанти 61-65)

Продовження додатку Д.1.

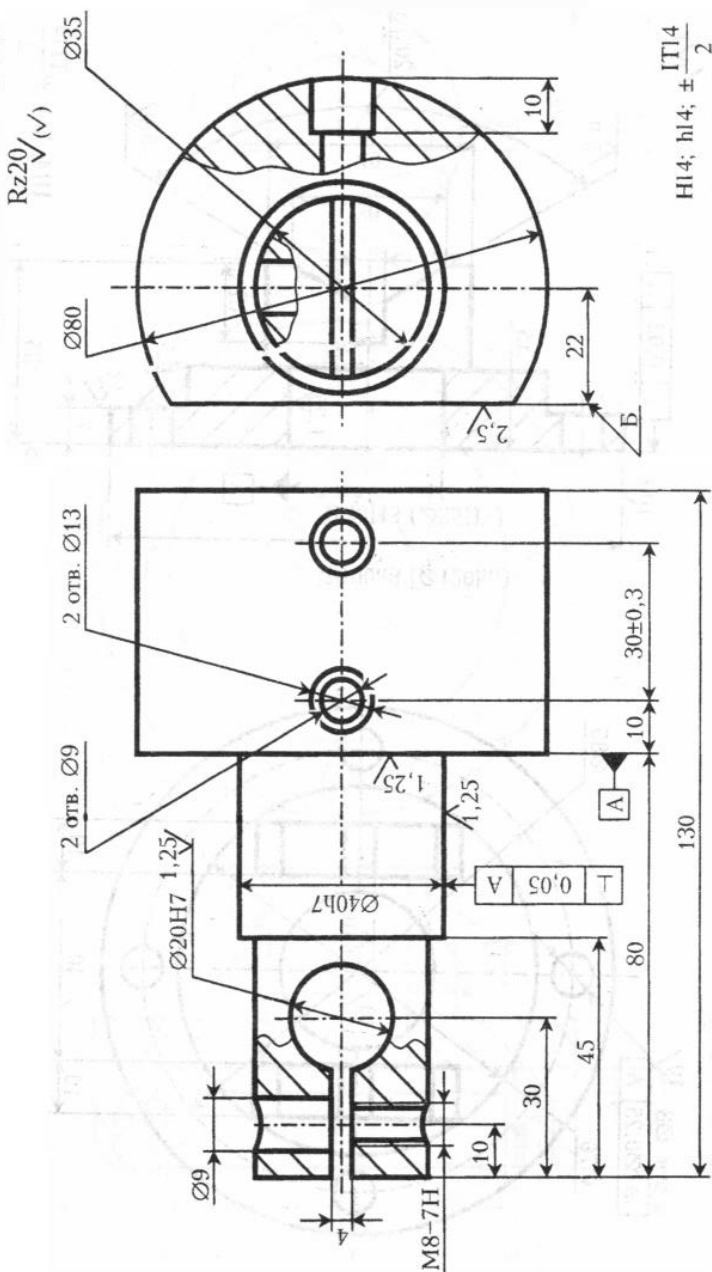


Рис. Д.1.14. Опора-Б (варіанти 66-70)

Продовження додатку Д.1.

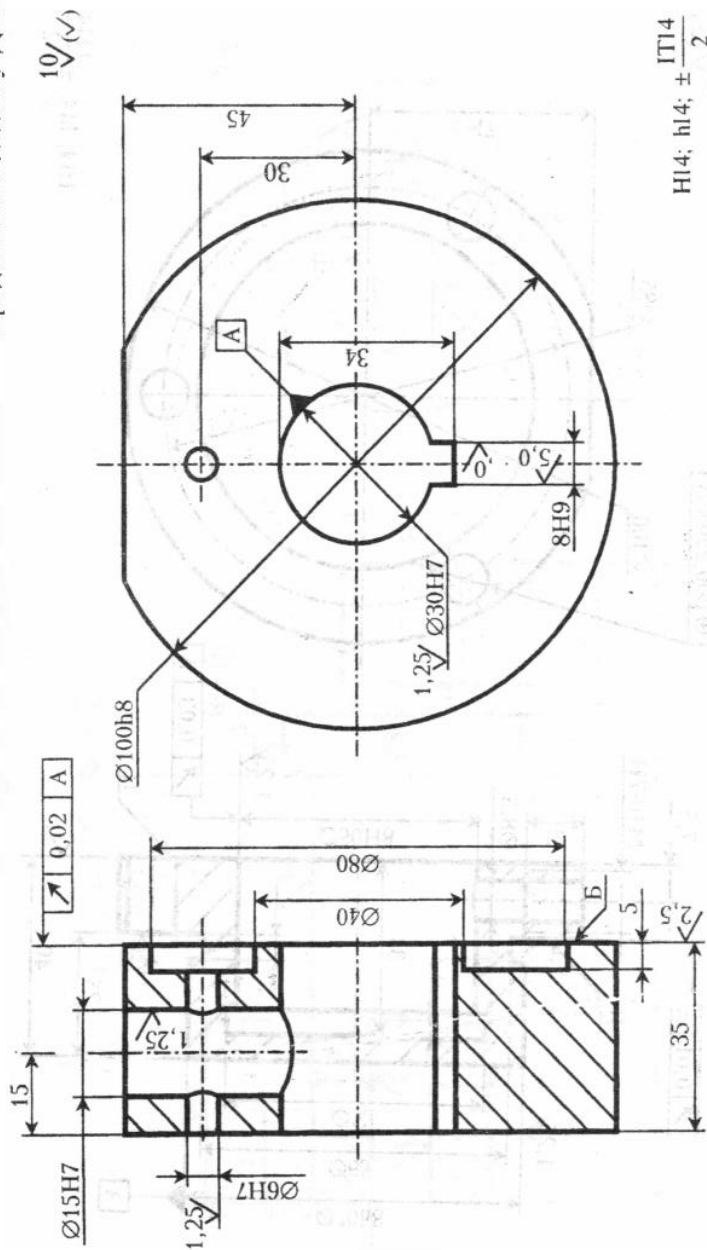


Рис. Д.1.15. Поводок (варіант 71-75)



Продовження додатку Д.1.

Rz40  $\sqrt{\text{✓}}$

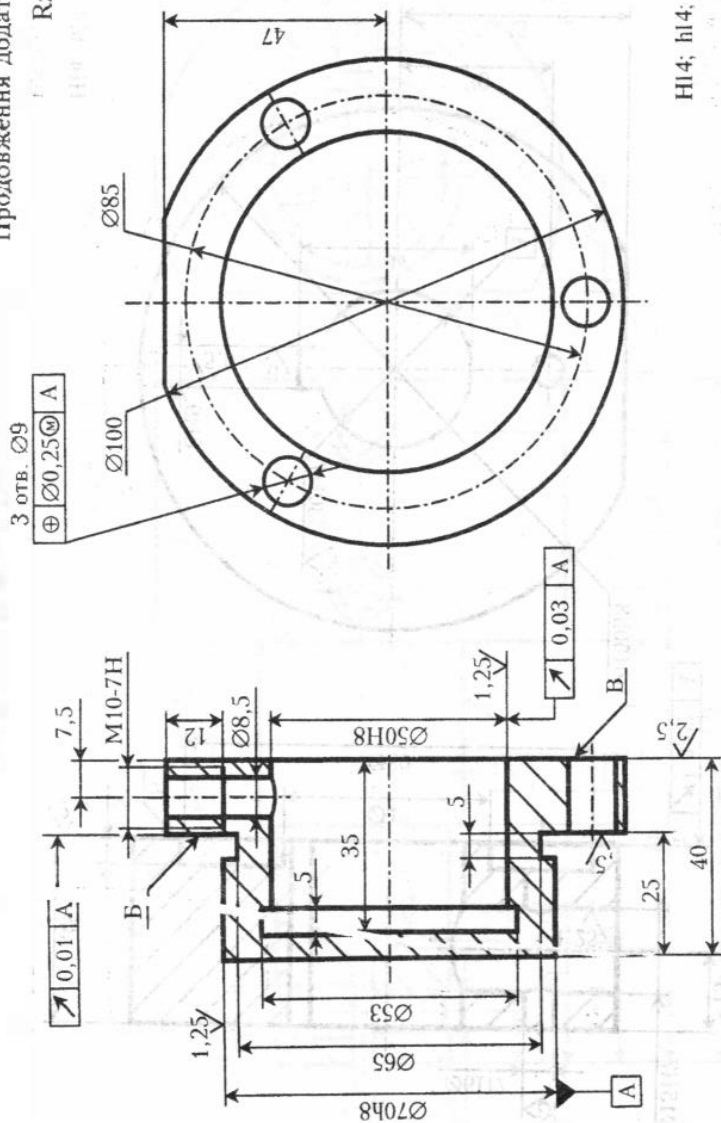


Рис. Д.1.16. Стакан (варіанти 76–80)

Продовження додатку Д.1.

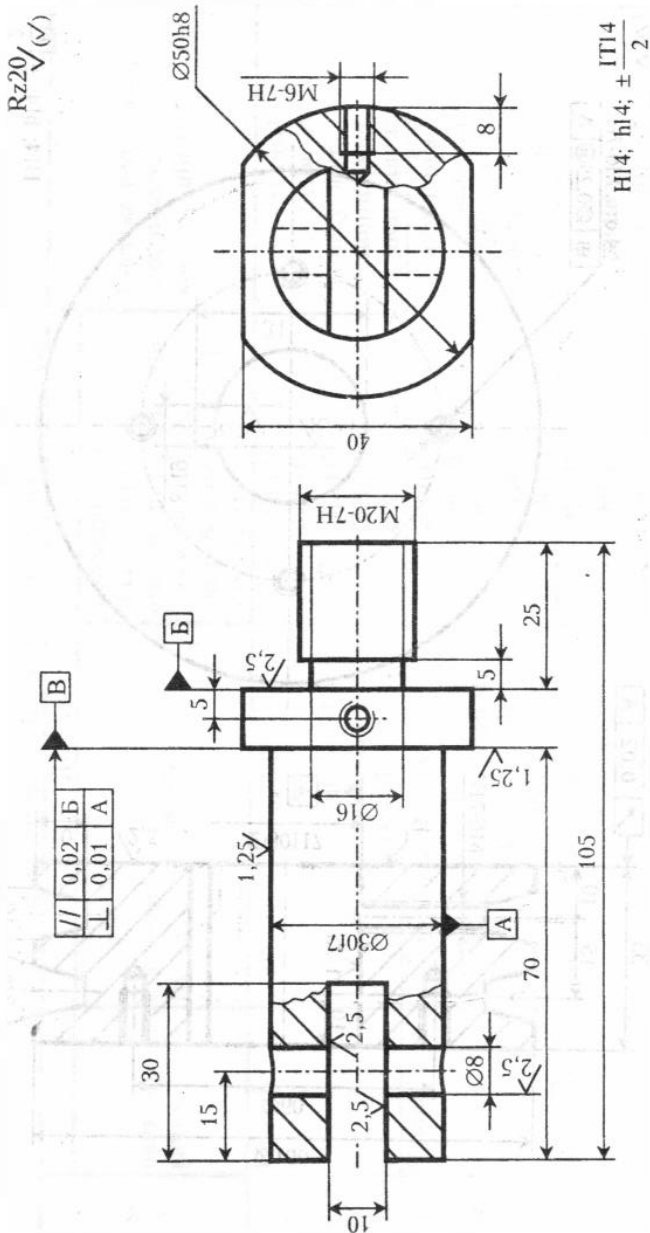


Рис.Д.1.17. Стійка (варіанти 81-85)

Продовження додатку Д.1.

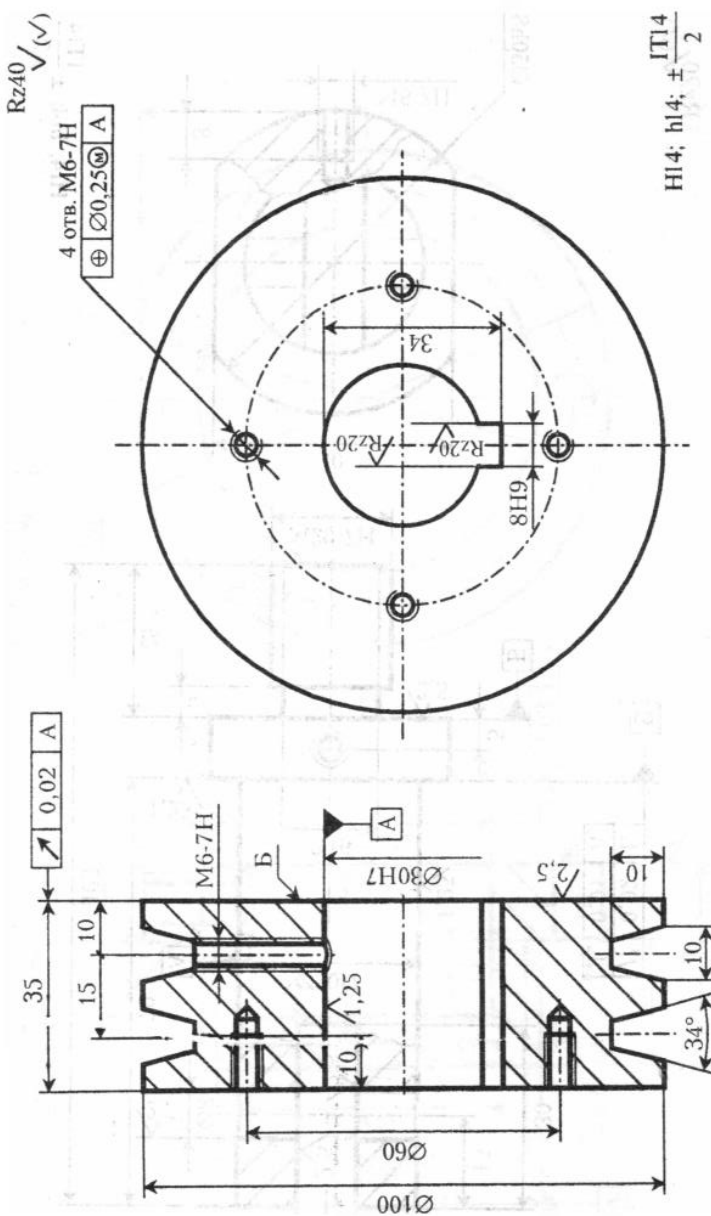


Рис. Д. 1.18. Шків (варіанти 86-90)

Продовження додатку Д.1.  
Таблиця Д.1.1.

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань  
Деталь

№ вар.	найменування	креслення за рис.	матеріал	поверхня для аналітичного розрахунку припусків, режимів різання та розробки операційної технології		Система координат, особливості конструкцій ПР
01	Важіль	Д.1.1.	сталь 65Г	Ø50f7	портальний	портальний циліндрична ангулярна портальний циліндрична
02			АЛ-9	Ø20H9	циліндрична	
03			латунь Л-60	Ø20H8	ангулярна	
04			сталь 20Х	Ø20H9	портальний	
05			сталь 45	Ø50f7	циліндрична	
06	Вушко	Д.1.2.	сталь 45	Ø30H8	ангулярна	ангулярна портальний циліндрична ангулярна портальний
07			АЛ-6	Ø60k6	портальний	
08			бронза Б010-42	Ø60k6	циліндрична	
09			латунь Л-60	Ø60k6	ангулярна	
10			сталь 20Х	Ø30H8	портальний	
11	Гайка-А	Д.1.3.	сталь 45	Ø70H7	портальний	портальний циліндрична ангулярна портальний циліндрична
12			сталь 12Х13	Ø80f7	циліндрична	
13			сталь 20	Ø6H6	ангулярна	
14			сталь 20Х	Ø70H7	портальний	
15			сталь 35	Ø80f7	циліндрична	

Г ролодження додатку Д.1.  
Продовження табл. Д.1.1.

№ вар.	Деталь					Система координат, особливості конструкцій ІР
	найменування	креслення за рис.	матеріал	поверхня для аналітичного розрахунку припусків, режимів різання та розробки операційної технології		
16	Гайка-Б	Д.1.4.	сталь 40Х	Ø70h6	ангулярна портальний циліндрична ангулярна портальний	
17			АЛ-9	Ø40Н7		
18			латунь Л-60	Ø55Н8		
19			сталь 20Х	Ø40Н7		
20			бронза Бр010-112	Ø70h6		
21	Кільце-А	Д.1.5.	сталь 40Х	Ø60f7	циліндрична ангулярна портальний циліндрична ангулярна	
22			бронза Бр010-112	Ø50Н7		
23			сталь 45	Ø80f6		
24			латунь Л-60	Ø50Н7		
25			АЛ-9	Ø60f7		
26	Кільце-Б	Д.1.6.	сталь 40Х	Ø90Н7	портальний циліндрична портальний циліндрична ангулярна	
27			сталь 45Х-1	Ø90Н7		
28			сталь 40ХНЛ	Ø90Н8		
29			сталь 40Х	Ø90Н8		
30			сталь 45	Ø90Н8		

Продовження додатку Д.1.  
Продовження табл. Д.1.1.

№ вар.	найменування	креслення за рис.	Деталь		система координат, особливості конструкцій ПР
			матеріал	поверхня для аналітичного розрахунку припусків, режимів різання та розробки операційної технології	
31	Корпус муфти	Д.1.7.	сталь 45	Ø30h6	ангулярна
32			сталь 40Х	Ø20H7	циліндрична
33			сталь 25	Ø30h6	портальний
34			сталь 45	Ø20H7	портальний
35			сталь 18ХГТ	Ø30h6	циліндрична
36	Кришка-А	Д.1.8.	АЛ-9	Ø32H8	ангулярна
37			латунь Л-60	Ø70,6h6	портальний
38			бронза Бр010-Ц2	Ø78f8	циліндрична
39			18ХГТ	Ø70,6h6	ангулярна
40			сталь 20	Ø52H8	портальний
41	Кришка-Б	Д.1.9.	сталь 45	Ø60h6	циліндрична
42			сталь 12Х13	Ø30H7	ангулярна
43			сталь 40Х	Ø60h6	портальний
44			сталь 45	Ø30H7	циліндрична
45			сталь 12Х13	Ø60h6	ангулярна

Продовження додатку Д.1.  
Продовження табл. Д.1.1.

№ вар.	найменування	креслення за рис.	Деталь		система координат, особливості конструкцій ІІР
			матеріал	поверхня для аналітичного розрахунку припусків, режимів різання та розробки операційної технології	
46	Напівмуфта	Д.1.10.	сталь 35	Ø35H8	портальний ангулярна циліндрична портальний ангулярна
47			сталь 12X13	Ø60h7	
48			сталь 45	Ø110H8	
49			сталь 40XНЛ	Ø60h7	
50			сталь 20	Ø110H8	
51	Насадка-А	Д.1.11.	чавун СЧ 21	Ø40H8	циліндрична портальний циліндрична ангулярна портальний
52			сталь 12X13	Ø20H7	
53			сталь 45	Ø40h8	
54			чавун СЧ 21	Ø20H7	
55			сталь 40XНЛ	Ø40h8	
56	Насадка-Б	Д.1.12.	чавун СЧ 21	Ø30H7	циліндрична ангулярна портальний портальний ангулярна
57			сталь 45	Ø50h8	
58			сталь 12X13	Ø50h8	
59			сталь 12X13	Ø70H8	
60			сталь 35	Ø70H8	

№ вар.	найменування	креслення за рис.	Деталь		поверхня для аналітичного розрахунку припусків, режимів різання та розробки операційної технології	Система координат, особливості конструкцій ПР
			креслення за рис.	Матеріал		
61	Опора-А	Д.1.13.	сталь 40Х	сталь 40Х	Ø30H8	циліндрична ангулярна портальний циліндрична ангулярна
62			сталь 45	сталь 45	Ø100h8	
63			бронза Бр010-112	бронза Бр010-112	Ø120h8	
64			латунь Л-60	латунь Л-60	Ø35H8	
65			АЛ-9	АЛ-9	Ø30H8	
66	Опора-Б	Д.1.14.	сталь 20Х	сталь 20Х	Ø20H7	ангулярна портальний циліндрична портальний циліндрична
67			сталь 40Х	сталь 40Х	Ø40h7	
68			чавун СЧ21	чавун СЧ21	Ø20H7	
69			сталь 45	сталь 45	Ø40h7	
70			сталь 35	сталь 35	Ø40h7	
71	Поводок	Д.1.15.	сталь 20Х	сталь 20Х	Ø100h8	портальний циліндрична ангулярна портальний циліндрична
72			сталь 45	сталь 45	Ø15H7	
73			АЛ-9	АЛ-9	Ø6H7	
74			бронза Б010-42	бронза Б010-42	Ø15H7	
75			латунь Л60	латунь Л60	Ø100h8	



Закінчення додатку Д.1.  
Закінчення табл. Д.1.1.

№ вар.	Деталь					Система координат, особливості конструкцій ПР
	найменування	креслення за рис.	матеріал	поверхня для аналітичного розрахунку припусків, режимів різання та розробки операційної технології		
76	Стакан	Д.1.16.	сталь 45	Ø50H8	циліндрична ангулярна портальний циліндрична ангулярна	
77			сталь 40X	Ø70h8		
78			сталь 20X	Ø50H8		
79			сталь 12X13	Ø70h8		
80			сталь 45	Ø50H8		
81	Стілка	Д.1.17.	сталь 12X13	Ø50h8	циліндрична портальний ангулярна циліндрична ангулярна	
82			сталь 40X	Ø30f7		
83			сталь 40XНЛ	Ø50h8		
84			сталь 45	Ø30f7		
85			чавун СЧ21	Ø50h8		
86	Шків	Д.1.18.	чавун СЧ 21	Ø30H7	портальний портальний циліндрична ангулярна циліндрична	
87			сталь 40X	Ø30H7		
88			сталь 35	Ø30H7		
89			чавун СЧ21	Ø30H7		
90			сталь 20X	Ø30H7		

## Додаток Д.2. Форма титульного листа

Міністерство освіти і науки України <b>ЖИТОМИРСЬКИЙ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ</b>	272 № 3,5 260 № 5	
Кафедра автоматизації і комп'ютеризованих технологій гр.АТК-8	230 № 3,5	
<b>ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА</b>	180 № 5	
Роботизована технологія виготовлення деталі "Кулачок"	170 № 3,5	
Пояснювальна записка курсового проекту	140 № 3,5	
<b>КАТ.420000.XXX--00ПЗ</b>	130 № 7	
(останні 3 цифри залкової книжки)		
Керівник проекту	(підпис) проф. Кирилович В. А. (дата)	80 № 3,5
Виконавець студент	(підпис) _____ (дата) (прізвище ініціал)	40 № 3,5
2002	10 № 3,5	

## Додаток Д.3. Завдання на курсовий проект

Кафедра	Державний університет «Житомирська політехніка» – автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б. Б. Самотокіна	
Дисципліна	– обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва. Частина II	
Спеціальність	– автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології	
Курс 4	Група АТ-28	Семестр 7

### ЗАВДАННЯ на курсовий проект студента Ковальчука Анатолія Миколайовича

1. Тема проекту: Роботизована технологія виготовлення деталі “кулачок”.
2. Строк здачі студентом закінченого проекту 25.12.2022р.
3. Вихідні дані для проекту згідно варіанта №91 індивідуальних завдань:
  - робоче креслення деталі “кулачок”;
  - матеріал деталі – сталь 45;
  - система координат (особливості конструкції) ПР – порталний;
  - поверхня для аналітичного розрахунку припусків режиму  
врізання, операційної технології – Ф60Н7.
4. Зміст пояснювальної записки:
  - Вступ.
  - 1. Загальні відомості.
  - 2. Аналіз конструкції та технологічності деталі.
  - 3. Складання технологічного маршруту обробки поверхні деталі.
  - 4. Вибір технологічного обладнання та засобів технологічного  
оснащення.
  - 5. Розробка операційного ТП.
  - 6. Розрахунок режимів різання та норм часу.
  - 7. УП обробки деталі.
  - 8. Заповнення комплекту технологічної документації.
  - 9. Проектування ГВК.
  - 10. Аналіз виконаних розробок.
5. Перелік графічного матеріалу:
  - 1. Планування ГВК.
  - 2. Карта наладки на токарно-револьверну операцію з ЧПУ (за  
узгодженням з керівником КП).
6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів курсового проектування	Термін виконання етапів КП	
		в весняному семестрі	в осінньому семестрі
1	Загальні відомості проекту.	22.02.2022	22.09.2022
2	Аналіз деталі на технологічність, проектування заготовки.	28.02.2022	28.09.2022
3	Призначення технологічного маршруту.	07.03.2022	07.10.2022
4	Вибір технологічного обладнання та засобів технологічного оснащення.	12.03.2022	20.10.2022
5	Розробка операційного ТП.	20.03.2022	20.10.2022
6	УП обробки деталі на токарну операцію з ЧПУ.	30.03.2022	30.10.2022
7	Заповнення комплексу технологічної документації.	08.04.2022	08.11.2022
8	Проектування технологічних наладок.	22.04.2022	22.11.2022
9	Планування обладнання ГВК.	05.05.2022	05.12.2022
10	Циклова траєкторія переміщення схватf ПР розрахунок тривалості циклу роботи ГВК.	15.05.2022	15.12.2022
11	Тактограма роботи ГВК.	20.05.2022	20.12.2022
12	Кінцеве оформлення креслень, пояснювальної записки, додатків.	31.05.2022	30 12.2022

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис) \_\_\_\_\_

Ковальчук А.М.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кирилович В.А.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

“ “ \_\_\_\_\_ 20\_\_ р

## Додаток Д.4. Анотація (приклад)

### АНОТАЦІЯ

курсowego проекту

студента ФІКТ групи АТ-28 Іваненка П.С. на тему:

“Роботизована технологія виготовлення  
деталі “Кулачок”

Курсовий проект представлений в обсязі 68 сторінок формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 11 схем, 7 графіків, 6 технологічних карт, 2 листи специфікації та 2 аркуші креслень формату А1 графічної частини.

В курсовому проекті виконано аналіз технологічності конструкції деталі, що оброблюється, для умов автоматизованого (в тому числі роботизованого) виробництва, вибрана форма заготовки та спосіб її отримання.

Вибране основне та допоміжне технологічне обладнання, а також засоби технологічного оснащення.

Розроблено маршрутний та операційний (на вказану в індивідуальному завданні поверхню) технологічний процес виготовлення деталі “Кулачок”, розраховані припуски, режими різання та норми часу, розроблено УП для обробки деталі на верстаті мод. 1В340Ф30 з системою ЧПУ Електроника НЦ-31. Розроблено комплект технологічної документації.

Для реалізації запропонованої технології зпроектовано ГВК на базі 2 верстатів з ЧПУ, 1 автоматизованого та 1 універсального верстатів та 1 промислового робота. Розрахована тривалість циклу роботи ГВК, його продуктивність та показники функціонування

Проведено критичний аналіз виконаних розробок та зроблено висновки щодо підвищення ефективності функціонування спроектованої технологічної структури.

**Додаток Д.5. Основний напис для текстових та графічних документів (ГОСТ 2.104-68, форма 1, форма 2, форма 2а)**

Форма 1 – для креслення та схем

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	7х34	10	5	5	5	17	18
Розробив											
Перевірив І контор											
II контор											
Затверд.											

Форма 2 – для першого аркуша текстових документів

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	вх 34	10	5	5	5	15	15
Розробив											
Перевірив І контор											
II контор											
Затверд.											

Форма 2а – для наступних аркушів креслень (схем) і текстових документів

185											
7	10	23	15	10	110						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата							
					Аркши						

### Додаток Д.6. Відомість проекту

Код	Знак	Познач.	Позначення	Наменування	Кил	Примтка
<i>Документація</i>						
A4			КАТ 420 000 XXX-00 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
<i>Конструкторська документація</i>						
A1			КАТ 420 000 XXX-00 ВЗ	РТК виготовлення деталі „Кулачок”	1	
A4			КАТ 420 000 XXX-00	Специфікація	1	
<i>Технологічна документація</i>						
A1			КАТ 420 000 XXX-00 КН	Карта налашки (графотехнологія) на токарно-револьверну операцію з ЧПУ	1	
A4			КАТ 420 000 XXX-00 КТ	Комплект технологічної документації на виготовлення деталі „Кулачок”	1	
<i>Проектна документація</i>						
A1			КАТ 420 000 XXX-00 ТК	Планифкація РТК	1	
A4			КАТ 420 000 XXX-00	Специфікація	1	
<i>Паякати</i>						
A2			КАТ 420 000 XXX-00 П	Техніка - економічні показники роботи РТК	1	
<b>КАТ 420 000 XXX-00 ВП</b>						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Полт		
Розробив		Григорукми			Лит	Аркши
Перевірив		Кирилодич				Аркшид
І конпр					ЖІТІ, зр АТК-В	
Н конпр		Янадськчи				
Зрмтер						
<b>Відомість курсового проекту</b>						

### Додаток Д.7. Специфікація РТК

№	Знак	Позначення	Найменування	Кіл	Примітка	
<i>Документація</i>						
АТ		КАТ. 420 000 XXX-00 ВЗ	РТК на виготовлення деталей „Кулачок”	1		
<i>Комплекси</i>						
ВМ	1		Верстат токарно-револьверний мод. ВР340Ф30	1		
ВМ	2		Стійка системи управління Електроніка МЦ-31	1		
ВМ	3		Шкаф електрообладнання верстата мод. ВР340Ф30	1		
ВМ	4		Вертикально-сверлильний верстат мод. 2Р135Ф2	1		
ВМ	5		Стійка системи управління Координата - С70	1		
ВМ	6		Шкаф електрообладнання верстата мод. 2Р135Ф2	1		
ВМ	7		Промисловий робот мод. МЮП62 01	1		
ВМ	8		Стійка системи управління ПР	1		
ВМ	9		Стіл робочий мод. ТС-150	1		
<b>КАТ. 420 000 XXX-00</b>						
Зм.	Аук.	№ докум.	Підпис	Пілля		
Розробив		Гонимовський			РТК виготовлення деталей „Кулачок” Вид загальний	
Перевірив		Коршаківич				
Т. контр.						
Н. контр.		Янецький				
Затвер.						
				Лист	Архів	Архів
				ХТТ, зр. АТК-8		

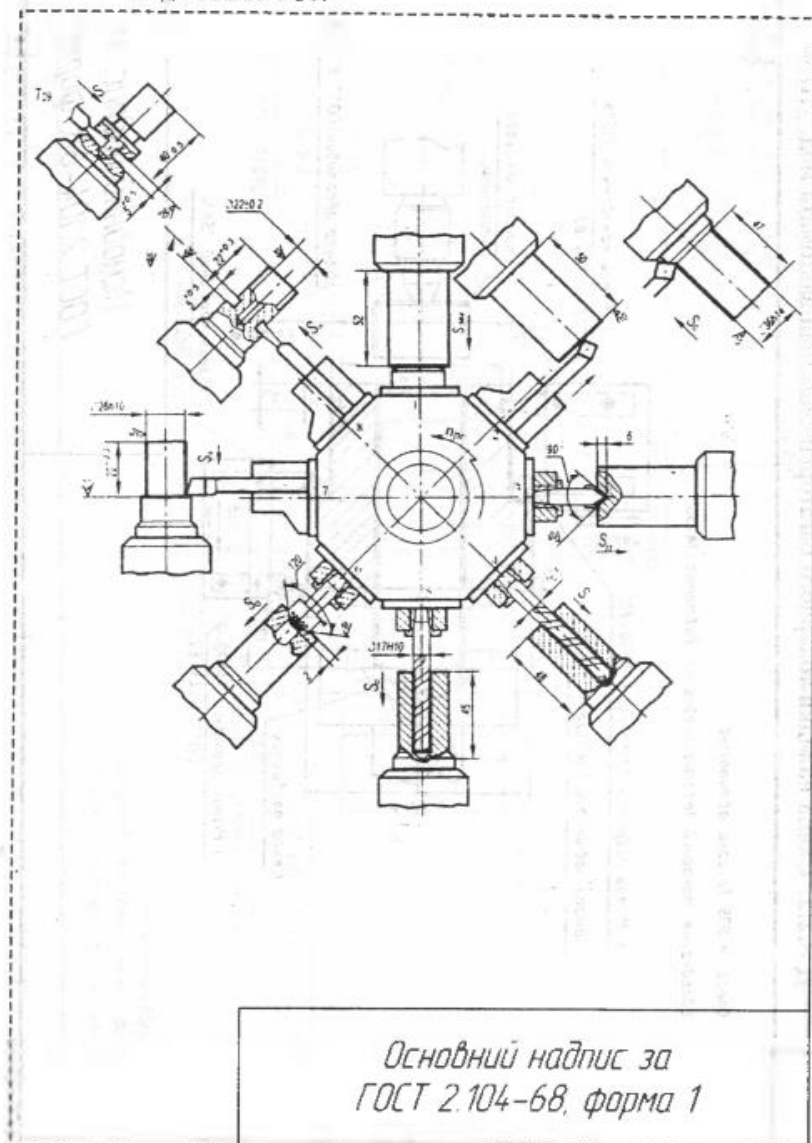


**Додаток Д.8. Приклади оформлення карт наладок**  
**Д.8.1.** Чагоальне компоування карти наладки на аркуші формату А1

	<p>Креслення заготовки</p>	<p>Креслення детали після токарно – револьверної операції з ЧПУ</p>	<p>Креслення заготовки детали</p>
<p>Технологічна карта токарно- револьверної операції (Приклад виконання див. додаток Д.8.3)</p>			
<p>Схема наладки токарно- револьверного верстата з ЧПУ на обробку деталі (Приклад виконання див. додаток Д.8.2)</p>			
<p>Основний нарис за ГОСТ 2.104-68, форма 1</p>			

## Д.8.2. Приклади схем наладок

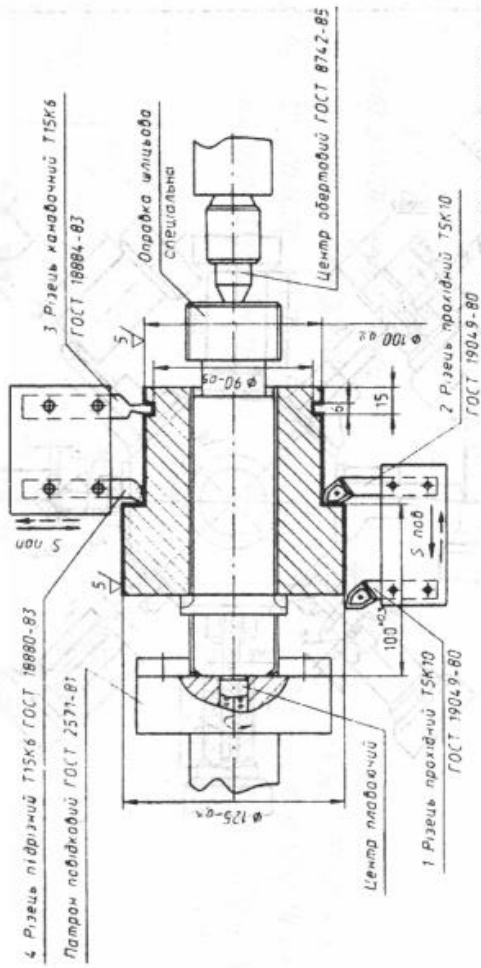
### Д.8.2.1. Схема наладки токарно – револьверного верстата мод. 1В340Ф30.



**Д.8.2.2. Схема наладки токарного багаторізного напівавтомата мод. 1А730**

В/А

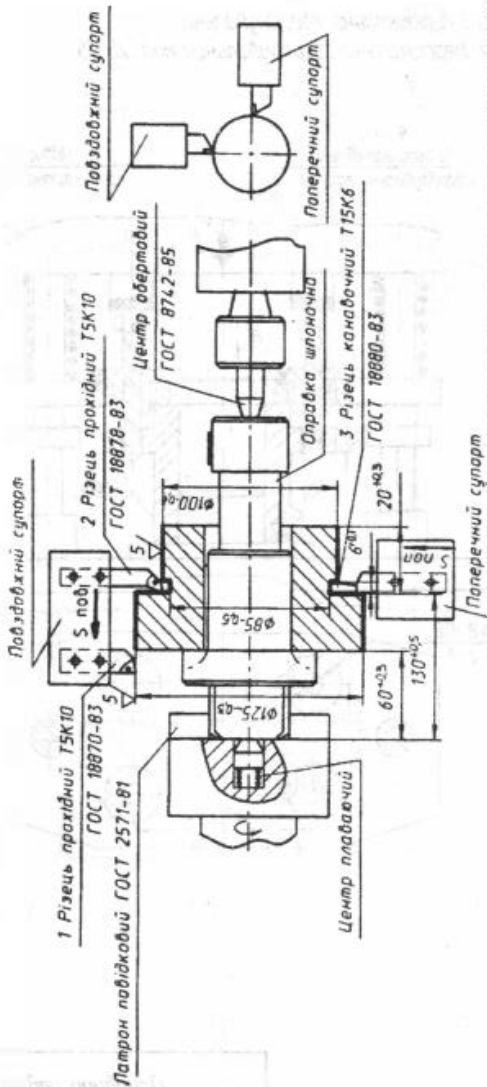
Операция 005 Токарно-абразивна  
обладнання токарний багаторізний ч/бавтомат 1А730



Основний надпис за  
ГОСТ 2.104-68, форма 1

**Д.8.2.3.** Схема наладки токарного копювального напівавтомата мод. 1Н713

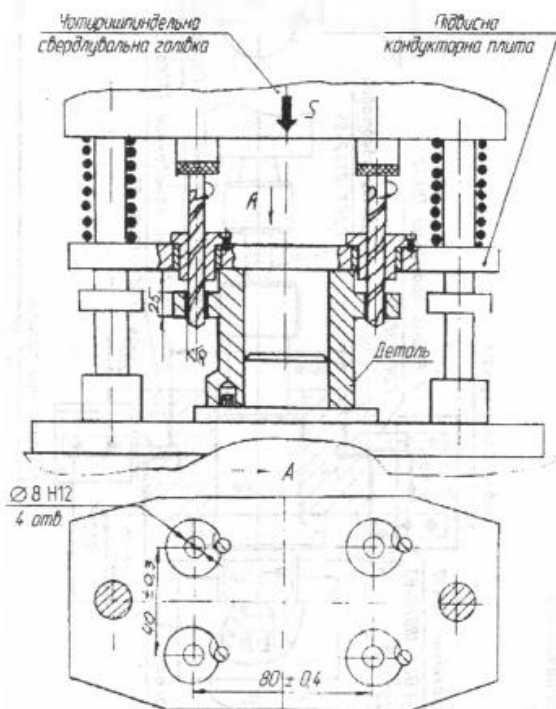
Операция 006 Токарно-копьевально  
Обладания: Токарный копьевальный  
матбавтомат мод 1Н713



Основний надпис за  
ГОСТ 2.104-68, форма 1

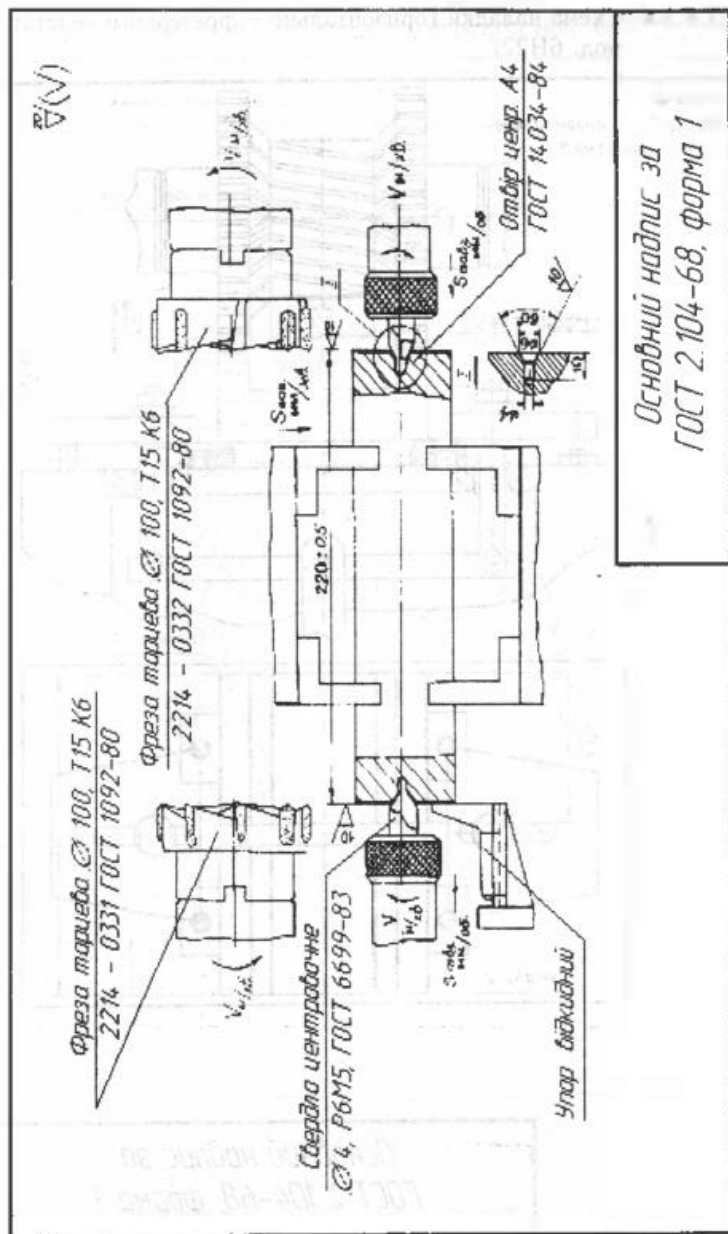
Д.2.8.4. Схема наладки вертикально – свердлувального верстата  
мод. 2Н135

Операция 030 Вертикально-свердлувальна  
Обладнання Вертикально-свердлувальний мод 2Н135

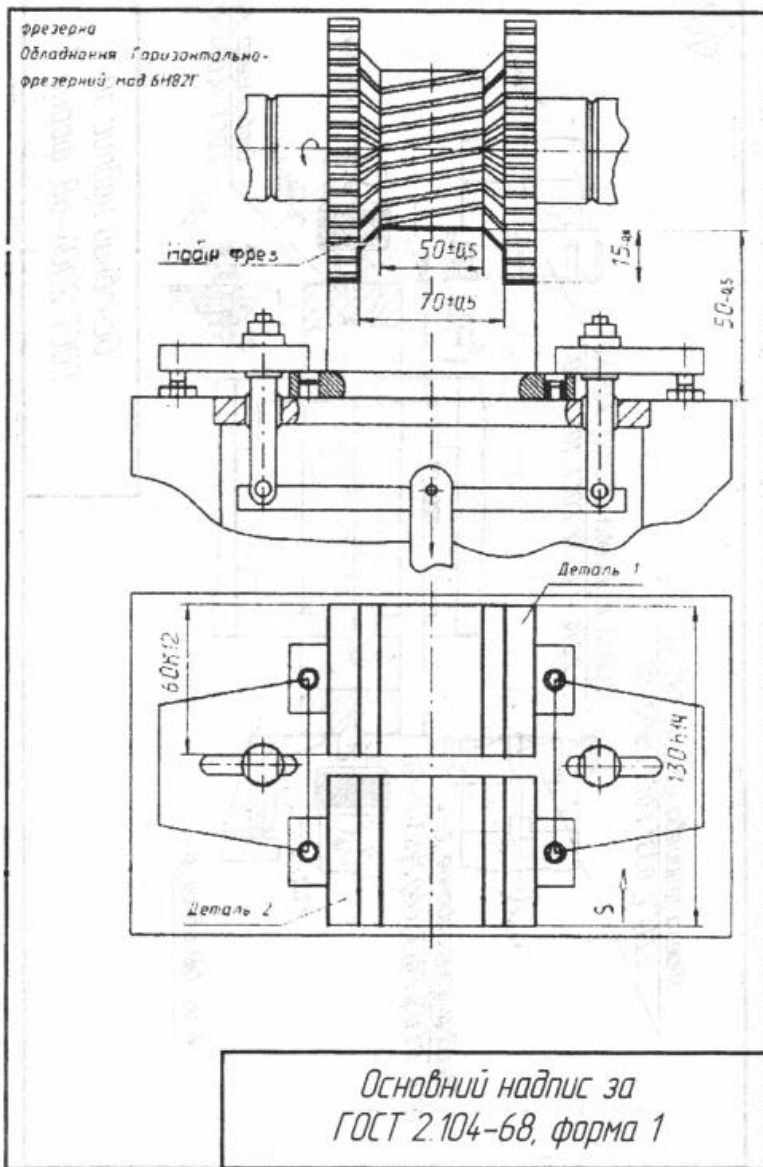


Основний надпис за  
ГОСТ 2.104-68, форма 1

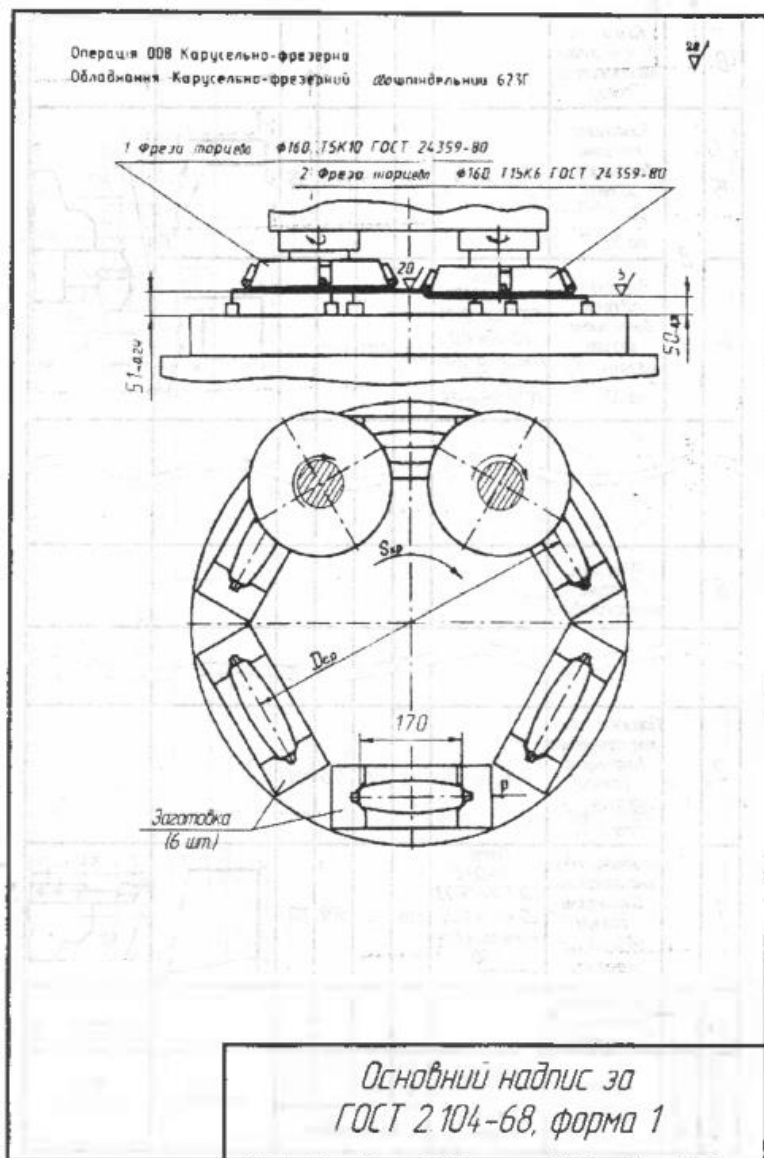
Д.8.2.5. Схема наладки фрезерно - центрального верстата мод. МР-77



Д.8.2.6. Схема наладки горизонтально – фрезерного верстака  
мод. 6Н22Г



Д.8.2.7. Схема наладки двухшпиндельного  
карусельно-фрезерного верстака мод. 623Г



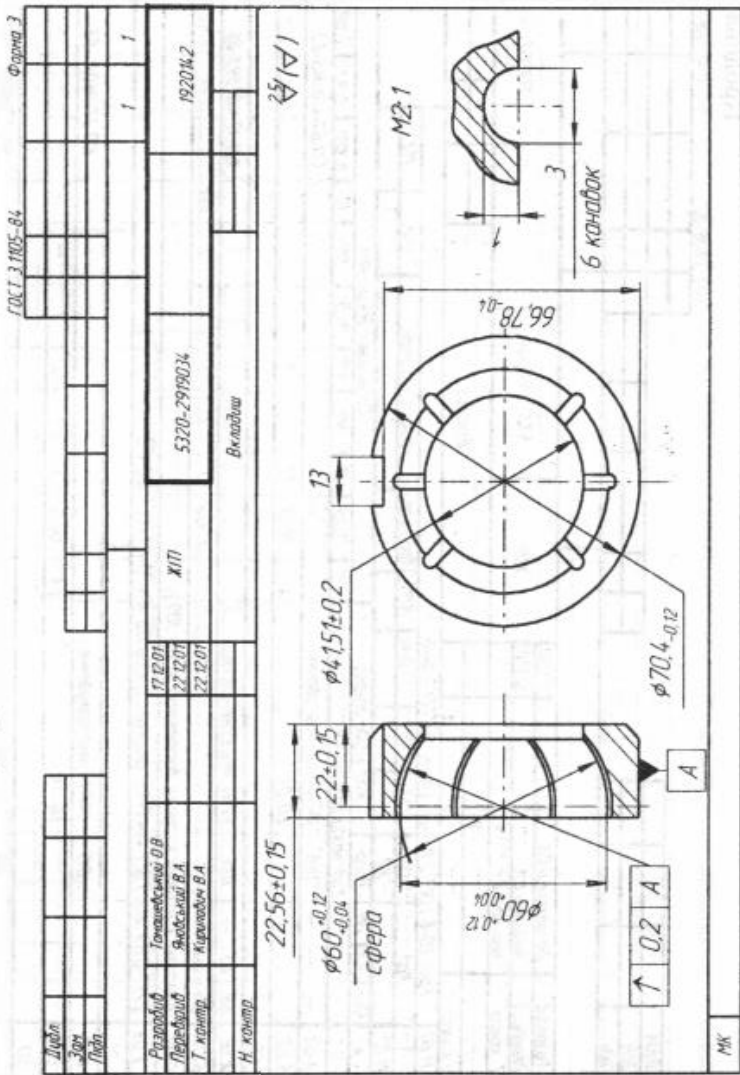


### Д.8.3. Технологічна карта токарно-револьверної операції

В		Розкрити деталь зняти та покласти в тару								
15		Розточити поверхню витримуєчи розміри $\varnothing 40_{-0,015}^{+0,015}$ та $30_{-0,021}^{+0,021}$	Діаб пер 14	0,03	0,06	1000	125			
14		Розточити поверхню витримуєчи розміри $\varnothing 39,9_{-0,021}^{+0,021}$ та $30_{-0,021}^{+0,021}$	Резець 2141-0007 ГОСТ 18882-73 20x20x40 Різецтрибувач 2-50 ОСТ 2 П15-6-84	0,03	0,06	1000	125			
Б		Розкрити деталь, переустановити								
2		Удиряти поверхню передньої витримуєчи розміри $\varnothing 70,28_{-0,11}^{+0,11}$ та 14 <sub>-0,11</sub>	Діаб пер 1	0,8	10	500	110,3			
1		Обточити поверхню передньої витримуєчи розміри $\varnothing 70,28_{-0,11}^{+0,11}$ та 14 <sub>-0,11</sub>	Резець 2103-0008 ГОСТ 18879-73 25 x 16 x 140; Різецтрибувач 1-50 ОСТ 2 П15-6-84	1,08	10	500	110,3			
А		Встановити та закрити заготовку								
№ переходу	№ позначи	Зміст переходу	Різальні та допоміжні інструмент	l мет	S мм/об	v м/хв	f мм/об	Циклограма	Вилт інструменту	
				Режими різання						

Додаток Д.9. Приклад оформлення карт маршрутного технологічного процесу (ТП)

Д.9.1. Маршрутний ТП виготовлення деталі „Вкладки”





Продолжения Д.9.1

ГОСТ 3 118-82										Формы 6б				
Виды	Классификация	Код изделия	Код материала	Код марки	Код цвета	Код размера	Код материала	Код марки	Код цвета	Код размера	Код материала	Код марки	Код цвета	Код размера
А	Цех	Дил	РМ	Очер	Код изделия	Код материала	Код марки	Код цвета	Код размера	Код материала	Код марки	Код цвета	Код размера	
Б	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
А														
Б														
А17	68	02		030	4233	Токарно з ЧПУ								
Б 16					ЕП-011									
Б 18					76К2011-02	НЦ31-01								
0 19														
20														
21														
1 22														
23														
А 24	68	02		035	4116	Токарно шлифовальна з ЧПУ								
Б 25					76К2011-02	НЦ 3101								
0 26														
27														
1 28														
29														
МК														

Продовження Д.9.1

Додаток		Зміст		Листів		ГОСТ 3118-82		Форма №	
								5	
						5320-2919034		1910101	
						Позначення документа			
А	00х	001	001	001	001	001	001	001	001
		Код назви операції		СМ		Група	Р	УП	КР
		Код назви операції		СМ		Група	Р	УП	КР
А.30	68	032	--	040	--	110	Штановий		
Б.31							прес II 1010А	1	19100
0.32	Штановий шість канодок колірфотки внутрішня піддержка сфери							1	1
33									
Г.34	XXX	XXX	Штановий	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
35									
А.36	68	01	--	045	4.26.2	Горизонтально-фрезерувальна			100 374.06.065-83
37									
Б.38								1	194.79
0.39	Фрезерувальні леза внутрішньої розсірки 7% діл. та 6-13							1	10
Г.40	Затисний пристрій (спец.), виробка 6225-01771 ГОСТ 150068-83; Фреза 2241-0023 ГОСТ 5348-69								
41									
А.42	08	04	--	050	0109	Складання			100 374.06.071-83
Б.43								2	104.66
МК									



Закінчення Д.9.1

		ГОСТ 3118-82										Форма №													
Вид	Зам.	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид											
Вид	Зам.	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид											
		5120-2918034										191001													
		Вимірювання довжини																							
А	Цех	Дл	РМ	Джер	Код	назва	атрибути	СМ	Лин	Р	УП	КР	КОВ	ОН	ОП	К	тип	Г	плз	Г	тип				
Б 59					Код	назва	об'єкту	ЕП-011	19217																
60																							5		
А 61	1	01	--	075	431	Корунгоштрифальна		2	19630	3	2	1											5		
Б 62																									
0 63																									
Т 64																									
А 65																									
66																									
А 67	68	--	--	080	0200	Контрольна		4	27113	4	1	1													
Б 68																									
0 69																									
Т 70																									
71																									
А 72	68			085	0800	Консервна та усадка																			
МК																									

### Д.9.2. Маршрутний ТП виготовлення деталі «Перехідник»<sup>®</sup>

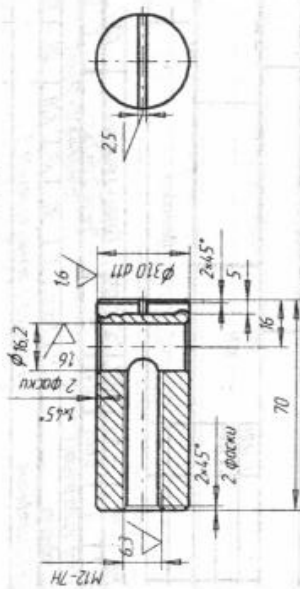
ГОСТ 3.1105-84 Формат 3

Шфл										
Зач										
Ліст										
Розроб	Гетовихівська О В	17.12.01								
Лектор	Веделина В А	22.12.01								
І констр	Королюк В А	22.12.01								
Н констр										

ЖПІ

Перехідник

12/11



1 Н14, Н14, ±0.5 IT 14

МК



Продовження Д.9.2

Вид		Знак		Відт.		ГОСТ 3.118-82		Форми 2	
Розроблювач	Головний конструктор	08	08	08	08	08	08	08	08
Перевірив	Висхідний	02	02	02	02	02	02	02	02
Технік	Корисний	04	04	04	04	04	04	04	04
Нормувальник									
М 01	Сталь 45 ГОСТ 4050-88	08	08	08	08	08	08	08	08
М 02	05-208 1000	02	02	02	02	02	02	02	02
А	Цех ДПР ПМ Сперо	04	04	04	04	04	04	04	04
Б									
А 03	17 05 25	200	4203	Заготовчий	Інструкція з техніки безпеки № 8				
04									
А 05	21 20 10	205	5190	Гарбульова	Інструкція з техніки безпеки № 32				
06									
А 07	21 20 7	280	5140	Валоків	Інструкція з техніки безпеки № 32				
08									
А 09	19 20 12	225	4190	Гончарна	Інструкція з техніки безпеки № 1				
Б 10	19321 84.20	Гончарно-обточувальний							
0 11	Встановити пульт в шпиндель верстата	Підприємство	Підприємство	Підприємство	Підприємство	Підприємство	Підприємство	Підприємство	Підприємство
12	Гончарна Д31 011 до Р <sub>н</sub> = 16 мм по діаметру 76 мм по розміру 76 мм Гончарна фланець 2x4,5° Відправити деталь в розмір 71 по розміру 70								
13									
14									
15									
МК									

Продовження Д.9.2

ГОСТ 31118-82										Форми Ф							
Маса	Зона	Підш.	Код назви матеріалу	Код назви отвори	Код назви обробки	ГМ	Лазер	Р	ХП	КП	КПБ	ОН	ОП	К шп	Т шп	Т шп	
																	2
																	4
А	Цех	Дил	РМ	Шпир	Код назви отвори												
Б					Код назви обробки												
Г 16	395110	Патрон 3-х кулачковий	392110	2300-0229	ГОСТ 20903-85 (Введно. 39284-1 123-34	ГОСТ 234-80	Центр обдарт.										
17	392110	2114-560	ГОСТ 2345-81	Резець прядний універс. ГСМК	392110	2010-1203	ГОСТ 2803-81	резець відрезний ГСМК									
18	393311	ШЛ-А-0.1	ГОСТ 1666-80	Штангенциркуль													
19																	
А 20	19	20	10	230													
Б 21	19321	16х20	Токерно-длинторезний														
0 22	Встановити деталі в 3-х кул. патрон. зокрема деталі торцеві в розмір 70	Точити фаски 2х45° по Ø31±0.11															
Г 23	395110	Патрон 3-х кул.	392110	2114-560	ГОСТ 2345-81	Резець прядний універс. ГСМК											
24																	
А 25	19	20	7	235													
Б 26					Інструкція з техніки безпеки № 4												
0 27	Гарбувати позначення деталі на етикетці																
Г 28	Комплекти пафой	785В-0074	ГОСТ 25726-83														
29																	
МК																	

Продовження Д.9.2

		ГОСТ 31118-82										Форма №1					
Діапазон	Значення																
Ліній	Ліній																
Ліній	Ліній																
												6					
												3					
А		Цік	Діа	РМ	Г	ФР	Код назви отвори				Позначення об'єкту						
Б		Код назви отвори															
А 30	19	20	5	240	4223	Коврид - розточувальна	Інструкція з техніки безпеки № 2	І	221	5.10	1.Х	І	І	100	І	20	110
Б 31	127220	246504	4	Ковридинтнн-розточувальна	І	221	5.10	1.Х	І	І	І	І	100	І	20	110	
В 32	Центрифуги, свердловини, розточувальні отвори Ø16,2 <sup>102</sup> на проті, доповнюються розрідку 16. Розточувачі 2 фазки 8x45°																
Г 33	396181	3471	396180	1287-3421	ГОСТ 3456-81	Патрон 3-х кул.	391210, 2100-1028	ГОСТ 10903-85	Свердло Ø15, Р6М5,								
34	391210	2112-3087	ГОСТ 10903-85	свердло центрифугальне	Р6М5, 392110, 2023-2103	ГОСТ 1003-81	різень різточувальний	Г5Х6									
35	І ОНІ 3101 11 1 1 100 1 10																
А 36	19	20	5	245	4110	Токерна	Інструкція з техніки безпеки № 1	І	030	3.10	1.Х	І	І	100	І	10	10
Б 37	119321	16Х20	Токерно-свердло														
В 38	Встановити деталі в 3-х кул. патроні, свердлити отвір Ø10,20 під різьбу М12-Н7 на проті в отві Ø16,2 <sup>102</sup>																
39	Земляють фазки 8x45° Інструмент різьбу М12-7Н на проті в отві Ø16,2 <sup>102</sup>																
Г 40	396180	1287-3421	ГОСТ 3456-81	Патрон 3-х кулечкавий	391210, 2300-1028	ГОСТ 10903-85	Свердло, Ø10,20, Р6М5,										
41	391630	3453-3427	ГОСТ 1234-80	земляка фаз-90°	Р5М5, 391330, 2216-1619	ГОСТ 2344-81	Милчик	М12-7Н, Р6М5,									
42																	
43																	
МК																	

Закінчення Д.9.2

ГОСТ 3.118-82										Форма №		
Діал	Зач	Ліст	Цех	Діл	ГМ	Олев	Код назва операції	Код назва обладнання	Інструмент	Інструція з техніки безпеки	К.шт.	Г.шт.
Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст	Ліст
А	Цех	Діл	ГМ	Олев	Код назва операції	Код назва обладнання	Інструмент	Інструція з техніки безпеки	К.шт.	Г.шт.	1	1
Б	Цех	Діл	ГМ	Олев	Код назва операції	Код назва обладнання	Інструмент	Інструція з техніки безпеки	К.шт.	Г.шт.	1	1
А 44	19	20	10	250	4268	Гориз-фрезерувальна	Інструція з техніки безпеки № 4				1	100
Б 45	172110	6Р80Г	Горизонтальна-фрезерний								1	100
46	Фрезерувальні шліф в размір 2х5											
Г 47	396110	1287-3421	ГОСТ 3456-81	Полірон 3-х мул.	391802	22% -0155	ГОСТ 9723-80	Фреза прорізна б-з. 1263. Р6М5				
48												
А 49	19	20		255			Інструція з техніки безпеки № 13					
Б 50					090208	Верстак					1	100
0 51	Зачистити задири											
52												
А 53	19	20	4	260	0130	Проміслина	Інструція з техніки безпеки № 107					
Б 54	756120	Машина для проміслина	030-696А									
55												
А 56	19	20	5	265	0220	Контроль	Інструція з техніки безпеки № 77					
57	19	21	12	270	0901	Консервація	Інструція з техніки безпеки № 57					
МК												

Додаток Д.10. Приклад оформлення операційних технологічних карт (ОК) та карт ескізів (КЕ)  
Д.10.1. Приклад оформлення ОК та КЕ на токарно-гвинторізну операцію з ЧПУ для обробки деталі  
 "Вал"

Формат 3

СОС. 21105. 64

Прис			
Парт			
Відкрито	Готувальник: ПР	11.12.21	ХНН
Перевірено	Виконавець: ВА	12.12.21	
Г. впровад.	Виконавець: П.Я	19.03.21	
Н. керівник			Вар
			270

**Станок 1**

**Станок 2**

Позиція 1

Позиція 2

НН, НН, НН, НН

## Продовження Д.10.1

		ГОСТ 31418-82		Формат 20	
Додаток	Зміст	Матеріал	Висота	Ширина	Масштаб
Розробив	Технікський 08	17.12.01	ХІІІ		
Перевірив	Ведучий В.А.	22.12.01			
І. контроль	Контролююч В.А.	22.12.01			
Н. контроль					
Назва отримани					
4.14. Таблиця-додаток до 4.17.9					
Оброблені перцислав 4.17.9					
381101, 16X2109-3.39, МЛ-31					
Р		12	1	1	10
0 01	Установи 1.1 Висоти пропару 4.17.9-4.059				
02					
0 03	2. Встановити деталь, закрити, зміни				
1 04	386110. Директор 4.17.9-1.ГОСТ 2356-80, 392871. Центр 1-5-М.ГОСТ 8742-82				
05					
Р 06	3. Готовити таблицю згідно карти ескізів, дотримуючись розмірів 1-5				
0 07	392190. Вставка рідшеві АР74-000, або 2101-4.012 ГОСТ 512-85				
1 08	393111. Штандартний ШІ 1-125-0.1 ГОСТ 166-89				
09		175	175	325	2
10					4.125
0 11	4. Контроль деталей згідно карти ескізів				
0К					

# Закінчення Д.10.1

ГОСТ 14.01-92		Формо 2а	
Діагн	Знач	Підп	ГОСТ 14.01-92
Розряд	Генератори	Вид	ГОСТ 14.01-92
0.12	Установки в 1-й частоті проміжної, 971-4060	В	В
13			
14	2. Перемикачі в 1-й частоті, змінні та постійні в 1-й частоті		
15	196710. Підстанції 2356-80, 292871. Центри 1-5-Н ГОСТ 8742-92		
16			
17	3. Точки підв'язки з'єднань електричних мереж, встановлюються розміром 1-10		
18	392190. Вставка з'єднання А1774-080, або 2101-4013, або 2101-4012 ГОСТ 5312-85		
19	393311. Штативні пристрої АЩ 1-125-01 ГОСТ 166-89		
20	2 175 152 325 7 015 750 412		
21			
0.22	4. Контактні пристрої з'єднань електричних мереж		
23			
24			
25			
26			
27			
08			

**Д.10.2. Приклад оформлення ОК та КЕ на токарно-гвинторізну операцію з ЧПУ для обробки деталі „Кільце”**

Вироб	ЦСТ-1720-04	Формат 3
Зам		
РЗВ		
Кільце		
Відділ	Виробництва ДФ	№111
Виробничий цех	Виробництво БА	078-091-0089 1909349 40746 022895 000849 20746 02828
І. КІРМІСЬ	КІРМІСЬ БА	
М. КОТЛОВА		
М. КОТЛОВА		
С/МТ 289	20	
С/МТ 290	20	
С/МТ 291	Мат. Авантаж	
1 5	Резьба	
1 2	№ інструмент	
1 2	№ записки	
0	Варіанти обробки	

Заготовки		Установка 1		Установка II	



Продовження Д.10.2

ГОСТ 314-89-87

Форма 2а

Діал	Зміст	Код	Кількість	Матеріал	Інвентарний номер	Маса	Профіль і розміри	МЗ
Розробка	Головний в.ОБ	12.12.01						
Перевірка	Водяний В.А	27.12.01						
І.Корект.	Клишгородч.В.А	27.12.01						
Н.Копія								010
Назва отвору				Кільце				
4.1%	Головний в.ОБ	12.12.01		Матеріал	Інвентарний номер	Маса	Профіль і розміри	МЗ
Облаштування	Головний в.ОБ	12.12.01		Сталь 45 ГОСТ 1050-74	НВ 241	Кг	ГО	2,2
Технічний паспорт	Клишгородч.В.А	27.12.01		Позначення проєкту	Ір	Г/м <sup>3</sup>	І шп	МЗР
УПТ-289, УПТ-290					6,2	1,5	0,8	8,5
Р	П	0 або 0	1					Емальсон
0.01	Установі							
0.2	1. Внести проєкту УПТ-289							
0.03	2. Встановити застосування в сфері розташування кріпачки, вилучити, закрити, зняти.							
1.04	396180. Паркан парканний самозатягуючий 3-х мушкетерів 7800-0009 ГОСТ 2675-80. Кільця 02 7139-4030. [3 шп.]							
0.5								
0.06	3. Точити підкріпачку 1 згідно карти ескізу							
0.07	4. Точити фрезу 2, згідно карти ескізу							
0.08	5. Підготувати торцеві 3, згідно карти ескізу							
1.09	Встановити різьбу 4001-04, або АР 703-0001							
Р.10	1	14,0	35,0	2,0	1	0,5	250	106
1.11.	1	14,0	10	15	1	0,5	250	106
СК								

Продовження Д.10.2

ГОСТ 3 34-82 Форма 2а

Вид Знак Ліній	Головний 08 Держфінф І. кодир	12 12 01 22 12 01 22 12 01	ХІПІ	Ключі											010
				18	D або B	L	I	S	a	b	v	T <sub>c</sub>	T <sub>o</sub>		
Р				18	D або B	L	I	S	a <td>b <td>v <td>T<sub>c</sub></td> <td>T<sub>o</sub></td> <td></td> </td></td>	b <td>v <td>T<sub>c</sub></td> <td>T<sub>o</sub></td> <td></td> </td>	v <td>T<sub>c</sub></td> <td>T<sub>o</sub></td> <td></td>	T <sub>c</sub>	T <sub>o</sub>		
12				1	140	70	15	1	0,5	250	160	--	--		
13															
0 14				6. Розташути вилучку 4, згідно карти ескізу											
15				7. Підготувати таблицю 5, згідно карти ескізу											
16				8. Розташути факси 6, згідно карти ескізу											
1 17				Блок для розміщення 02 6721-0004. Рівень 2102-0313. ГОСТ 2151-75											
Р 18				5	127	25	15	1	0,15	250	94	--	--		
19				5	127	23	15	1	0,15	250	94	--	--		
20				5	88	6	15	1	0,15	250	94	--	--		
21															
0 22				4. Картери виконати порівняль 3, 4, 5, 6, 7, 8, згідно карти ескізу											
1 23				Інтенсифікація ІВІ-1-0-80-01 ГОСТ 156-80											
24															
25				Картон І											
0 26				1. Внести програму 117-250											
27															
08															

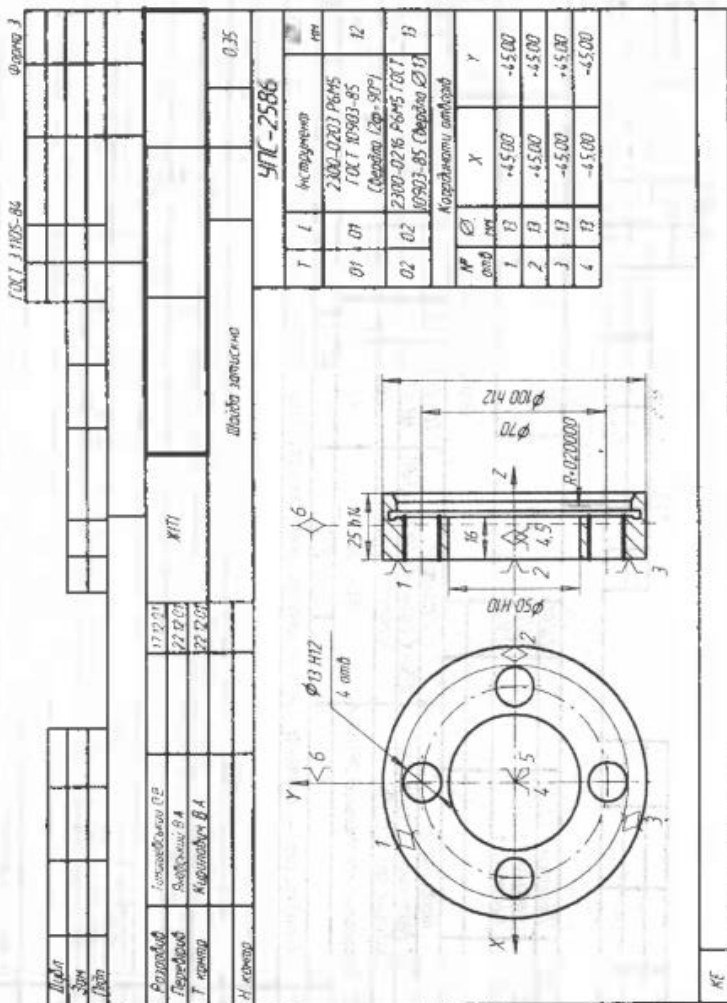
# Закінчення Д.10.2

Форма №2

ГОСТ 1618-82

Код	Назва	Матеріал	Кількість	Кількість												
				а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к			
27	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм	12.12.01														
28	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм	22.02.01														
29	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм	22.02.02														
30	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
31	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
32	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
33	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
34	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
35	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм		1400	100	15	1	05	250	160							
36	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм		1825	105	15	1	05	250	160							
37	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм		1400	50	10	1	04	250	160							
38	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
39	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
40	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
41	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
42	Перуна товщина 2мм, довжина 300мм															
OK																

**Д.10.3.** Приклад оформлення ОК та КЕ на вертикально – свердлувальну операцію з ЧПУ для обробки деталі „Шайба затискач”



Закінчення Д.10.3

ГОСТ 31416-82 Форма За

		Шабля затиська						
Розробив	Головний конструктор	22.12.01	Матеріал	Повторність	ОВ	МД	Профиль і розміри	
Перевірив	Висхідний в.а	22.12.05	09504, Сталь 20Г ГОСТ 4543-80	НВ ≤ 197	К2	2.0	Ø 85xØ 14xL 25	
Г.контр.	Контроль в.а	22.12.07	Позначення прорізів:		Г1	Г1	Г шп	
Н.контр.	Назва операції		4НГ - 2586		4.8	11	1.2	
	4121. Вертикально-свердильна		Г1	Д або В	Г	Г	П	
	Обробляння прієстри ЧПУ							Експлуат
391213. Вертикально-свердильний ЗР135Ф2								Експлуат
Р								Г
0.01	1. Віддати стрижку, встановити деталь, закрити, зняти паростати в тазу							Г
02								Г
03	2. Центрувати в паті Ø13							Г
Г 04	391290. 2301-0039. ГОСТ 10903-85 свердло, Р6М5, 2Фр-90°/1, 396-108, Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-81							Г
05	392001. Вітулки 6100-014121. ГОСТ 1341-80							Г
Р 06	Г							37.7
0.07	3. Свердлом 4 шд Ø13 на прохід							Г
Г 08	391290. 2301-0039. ГОСТ 10903-85 свердло, Р6М5, 396-108, Патрон 7100-0009 ГОСТ 2675-81							Г
Р 09	2							29
10								Г
0.11	4. Контроль розмірів							Г
ЛК								Г



## Продовження Д.10.4

ГОСТ 314-87

Форми 20

Код	Назва операції	Матеріал	Класифікація						МЗ	Код
			Група	Вид	Вид	Вид	Вид	Вид		
Р 02	Розробка	Головобічна СВ	17.12.01							
Р 03	Перевірка	Якісна ВА	22.12.01							
Т 04	І контро	Кваліфікац. ВА	22.12.01							
Н	Контро									220
0.26	Вертикально-фрезерна з'ячу	Стовб 45 ГОСТ 950-74		Х111						
	Обладнання, пристрій ЧПУ	Назначення програми								
	Вертикально-фрезерні (φ217К3) (6P130Ф3)	ЧПУ-1908 (φ217К3)								
Р		ЧПУ-149 (6P130Ф3)								
01		В	0	а	б	в	г	д	е	ж
0.02	1 Вкрати уградіючи програму ЧПУ-1908 (6P130Ф-149)									
0.03	2 Встановити заготовку в пристрій, закрити з'янти									
Т 04	396180 Повітрян 7400-1011 ГОСТ 2675-80									
05										
Р 06	3 Фрезерувати з пазів в розмір φ=30 <sup>±0,01</sup>									
Т 07	Обробка 6222-4025-01, Фреза Ø114, 02.2223-4006.									
Р 08										
09										
0.30	4 Центрувати з отвори									
Т 11	Обробка 6222-4021-01, Свердло P6M5 φ=90°, 2.301-0069, ГОСТ 10903-77.									
OK										





Продовження Д.10.4

ГОСТ 316.16-82

Форми 20

Додат. Лист Лист	Товарний опис	Матеріал	Кількість					220
			Товарність	ОВ	МВ	Профіль і розміри	МЗ	
Розробив	Товарний опис ОВ	17.12.01						
Перевірив	Явдовський В.А.	22.12.01						
Г. конструктор	Курдюкович В.А.	22.12.01						
Н. конструктор	Назва отворів							
4.261	Вертикальний-фрезерний з ЧПУ	Сталь 45 ГОСТ 1050-74	МВ	К2	16	Тов	10	1
	Розташування пристроїв ЧПУ	Позначення прорізів						
	Вертикальний-фрезерний ГФ.17К.2 (6Р3ФФ.1)	Ч100-1908 (Ф2171К3) УГФ-16.9 (6Р17ФФ.1)	12.8	0.4	2.6	15.6		Емультсія
Р		В	Г	Д	С	Тов	Г	Тов
01								
0.02	1 Відступи утворювачу прорізів УГФ-1908 (НГФ-14.9)							
0.03	2 Відступи загальної в пристрої закриття з'єднати							
Г.04	396110 Патрон 7100-0011, ГОСТ 2675-80							
05								
Р.06	3 Фрезерувальні з пазів в розміру 6-30 <sup>112</sup>							
Г.07	Шпатель 6.222-4.025-03 Фрезер 30.4. 02.2223-4.006.							
Р.08		1	30.4	50	26	2	45	235
09								
0.10	4 Центрувальні і отвори.							
Г.11	Шпатель 6.222-4.024-01 (Середня) Р6М5 Ф-90Р. 2.101-0069, ГОСТ 10903-77.							
0К								

Закінчення Д.10.4

Відомості		ГОСТ 34.10-82										Форми 20		
Видат	Знач													
Підп	Підп													
Р 0000	Готельно-казино ПА	12.12.01	ХІІІ											
Р 0001	Відомості ВА	22.12.01												
Г 0000	Класифікація ВА	22.12.01												
Г 0000			Класифікація										220	
Р 12	Р 12	3	19.0	12.0	6.0	4	80.0	4.00	25.0					
Р 13	Р 13													
Р 14	5 Сферидумати отборт Ø 58 мм (розмір)													
Р 15	Сферидумати 6222-4021-01. Витяжка 6112-005611 ГОСТ 22843-77. Сферидумати Ø 58. Р6М5 2300-6194. ГОСТ 10902-77.													
Р 16	Р 16	5	58	26	2.9	1	110	1000	18.2					
Р 17	Блок для розташування 02.6171-6004. Рельєф 2402-0313. ГОСТ 2181-75													
Р 18	6 Сферидумати 3 отборт Ø 19 мм (розмір)													
Р 19	Сферидумати 6222-4021-01. Витяжка 6112-0842. ГОСТ 22843-77. Сферидумати Ø 19. Р6М5 2300-6194. ГОСТ 10902-77.													
Р 20	Р 20	7	110	48	4.5	70	800	22.6						
Р 21	Р 21													
Р 22	Р 22													
Р 23	7 Центридувати 3 отборт Ø 15. діаметр на розмір 9													
Р 24	Сферидумати 6222-4021-01. Витяжка 6112-0107. ГОСТ 15599-70. Шарф. Р6М5 2350-0107. ГОСТ 196420-6006.													
Р 25	Р 25	9	15	11	3	3	50	4.00	18.8					
Р 26	8 Концентридувати діаметром шарф 3, 4, 5, 6, 7 задня части ескій.													
Р 27	Штангенциркуль ШЦ-125-01 ГОСТ 166-80													
OK	OK													

## Додаток Д.11. Приклад розрахунку кількості необхідного основного технологічного обладнання РТК (ГВС) механічної обробки

Вихідні данні:

– штучно-калькуляційний час ( $t_{штк}$  виготовлення деталей на даному РТК складає:

$$t_{шт.к1} = 20000 \text{ н-год};$$

$$t_{шт.к2} = 18000 \text{ н-год};$$

$$t_{шт.к3} = 19000 \text{ н-год};$$

–  $S = 2$  – режим роботи двозмінний;

–  $k_n = 1,2$  – плановий коефіцієнт виконання норм.

Необхідно:

розрахувати кількість основного технологічного обладнання даної структури РТК.

Розв'язок:

Розрахункова кількість верстатного обладнання становить:

$$N_{p1} = t_{шт.к1} / (F \cdot S \cdot k_n) = 2000 / (2015 \cdot 2 \cdot 1,2) = 2,07;$$

$$N_{p2} = t_{шт.к2} / (F \cdot S \cdot k_n) = 1800 / (2015 \cdot 2 \cdot 1,2) = 1,86;$$

$$N_{p3} = t_{шт.к3} / (F \cdot S \cdot k_n) = 1900 / (2015 \cdot 2 \cdot 1,2) = 1,97.$$

Прийнято за всіма операціями  $N_n = 2$ .

Коефіцієнти завантаження верстатів, що виконують кожен окрему операцію, складає'

$$k_{31} = N_{p1} / N_n = 2,07 / 2 = 1,03;$$

$$k_{32} = N_{p2} / N_n = 1,86 / 2 = 0,93;$$

$$k_{33} = N_{p3} / N_n = 1,97 / 2 = 0,98.$$

Таким чином, середній коефіцієнт завантаження РТК дорівнює:

$$k_c = (k_{31} + k_{32} + k_{33}) / 3 = (N_{p1} + N_{p2} + N_{p3}) / 3 \cdot N_n =$$

$$= (1,03 + 0,93 + 0,98) / 3 = (2,07 + 1,86 + 1,97) / 3 \cdot 2 = 0,98$$

**Додаток Д. 12. Значення коефіцієнтів зниження трудомісткості механічної обробки деталей в умовах роботизованого виробництва**

Таблиця Д.12.І

Значення коефіцієнта  $k_1$  зниження трудомісткості виготовлення деталей внаслідок переведу операцій механічної обробки з універсального обладнання на обладнання з програмним управлінням

Група, деталі	Операції			
	Токарні	свердлу-вальні	фрезерні	свердлу-вально-фрезерно-розточні
Типу: – стаканів; – втулок; – фланців; – зубчастих коліс.	0,60 – 0,80	0,60 – 0,80	0,85-0,95	—
Типу: – валів; – шпинделів; – пінолей; -гільз.	0,60 – 0,80	0,75– 0,85	0,40 – 0,50	—
Площинні типу: – планок; – плит; – кришок; – клинів.	—	0,65-0.80	0,65 0,85	0,50 -0,60
Корпусні.	—	—	0,80-0,90	0,50-0,60

Значення коефіцієнта  $k_2$  зниження трудомісткості механічної обробки заготовок деталей внаслідок обслуговування металорізального обладнання промисловими роботами

Вантажо- підйомність ПР, кг.	Кількість рук ПР, шт.	Операції								
		фрезерно- центру- вальні	токарні	свердлу- вальні	свердлу- вально- фрезерно- центру- вальні	фрезерні	шліфува- льні	Зубо- обробні		
До 10	1	0,98	0,98	0,97	Деталі типу тіла обертання					0,98
	2	0,96	0,96	0,93						0,96
Від 10 до 20	1	0,96	0,96	0,92						0,96
	2	0,95	0,95	0,90						0,95
Від 20 до 40	1	0,95	0,95	—						0,94
	2	0,93	0,93	—						0,93
Від 40 до 80	1	0,95	0,95	—						0,93
	2	—	—	—						—
Від 80 до 160	1	0,95	0,95	—						0,91
	2	—	—	—						—

Закінчення додатку Д.12

Закінчення табл. Д.12.2

Вантажо- підйомність ПР, кг.	Кількість рук ПР, шт.	Операції						
		фрезерно- центру- вальні	токарні	свердлу- вальні	свердлу- вально- фрезерно- центру- вальні	фрезерні	шліфува- льні	зубооб- робні
Від 10	1	—	—	1,0	0,98	1,0	0,91	—
Від 10 до 20	2	—	—	0,86	0,82	0,83	0,73	—
Від 20 до 40	1	—	—	0,97	0,94	0,93	0,92	—
Від 40 до 80	2	—	—	0,90	0,91	0,86	0,83	—
Від 80 до 160	1	—	—	0,96	0,94	0,91	0,88	—
	1	—	—	0,96	0,94	0,91	0,80	—
	1	—	—	0,93	0,92	0,90	—	—

Площинні та корпусні деталі

### **Додаток Д-13. Приклад економічного обґрунтування прийнятного варіанту технологічного процесу за укрупненими показниками**

Вихідні дані: на ділянці механічного цеху з мілкосерійним типом виробництва виготовляються корпусні деталі середнього розміру 20 найменувань. Об'єм випуску складає 6000 деталей в рік по 300 шт. кожного найменування. Обробка ведеться партіями по 25 шт. кожного найменування щомісячно.

При проектуванні ТП механічної обробки розглядається два варіанти виконання фрезерних, свердловальних та розточувальних робіт.

За 1-м варіантом для цих робіт передбачено використання універсальних верстатів:

- 1-го поздовжньо-фрезерного;
- 2-ох радіально-свердловальних;
- 3-ох горизонтально-розточувальних.

За 2-м варіантом передбачено використання:

- 3-ох багатоопераційних верстатів з ЧПУ типу “обробний центр” з використанням багатOVERстатного обслуговування.

Результати технічного нормування та інші вихідні дані наведено в табл. Д.13.1.

Необхідно: економічно обґрунтувати варіант ТП:

- визначити термін окупності капітальних витрат для оптимального варіанта ТП;
- визначити критичний річний об'єм випуску деталей;
- порівняти продуктивність праці за обома варіантами.

Розв'язок

Визначення технологічної собівартості за 2-ма варіантами наведено в табл. Д. 13.2

Із табл. Д.13.1 та табл. Д.13.2 видно, що технологічна собівартість 2-го варіанту нижча на  $10,48 \cdot 2,99 = 7,49$  грн.

## Продовження додатку Д.13

Таблиця Д.13.1

Інші вихідні дані для економічного обґрунтування прийнятого варіанта ТП за укрупненими показниками

Варіанти ТП  Параметри	1 варіант			2 варіант
	тип верстата			обробний центр
	поздов- жньо- фрезерний	радіально- свердлу- вальний	горизон- тально- розточу- вальний	
Час штучно- калькуляційний, $t_{шт.к.}$ , год.	0,55	1,07	1,62	1,57
Трудомісткість ділянки річна: $T_{д.р.}$ , год.	3300	6420	9720	9395
$\sum T_{д.р.}$ , год.	19440			
Кількість верстатів, шт.	1	2	3	3
Ціна та вартість верстатів, грн. (ціни умовні)	31530	$6000 \cdot 2 =$ $=12000$	$20800 \cdot 2 +$ $+2500 =$ $=94400$	$78200 +$ $+84200 +$ $+85120 =$ $=247520$
Загальна вартість верстатів, грн.		137930		
Кількість верстат- ників, чол.	2	4	6	2
Загальна кількість верстатників, чол.	12			2
Розряд верстатників	4	5	6	6
Година тарифна ставка, грн./год.	0,67	0,754	0,863	0,863
Вартість спеціальних пристосувань ділянки, грн.	$390 \cdot 20 =$ $=7800$	$860 \cdot 20 =$ $=17200$	$2060 \cdot 20 =$ $=21200$	$700 \cdot 20 =$ $=14000$



## Складові розрахунку технологічної собівартості

Параметри та формула для розрахунку	Варіант	
	1	2
Вартість основного матеріалу	однакова	
Тарифна ставка основних виробничих робітників, три./год.	2,58	0,65
Тарифна ставка основних виробничих робітників з доплатами та відрахуваннями, грн.: $Z_{op} = 1,54 \cdot \sum C \cdot T_{шт.к}$	3,98	1
Непрямі витрати на утримання та експлуатацію обладнання (100-200%) до тарифної ставки основних виробничих робітників), грн.	3,87	1,3
Накладні витрати цехові (50-100% до тарифної ставки основних виробничих робітників), грн.	2,58	0,65
Технологічна собівартість $C_T$ , грн.	10,48	2,99

2. Період окупності капітальних витрат на ділянці, (років), визначається за формулою:

$$t_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_{T1} - C_{T2}}$$

де  $K_1, K_2$  — капітальні витрати за 1-м та 2-м варіантами ТП, з врахуванням вартості металорізальних верстатів та спеціальних пристосувань:

$$t_{ок} = \frac{261520 - 184130}{7,49 \cdot 6000} = 1,72 \text{ року}$$

що є задовільним, тому іще менше прийнятого в машинобудівній галузі, який складає 5 років.

3. Визначення критичного річного об'єму випуску деталей на ділянці здійснюється за формулою:

$$N_{p.kp} = \frac{C_{п.р2} - C_{п.р1}}{C_{т1} - C_{т2}}$$

де  $C_{п.р}$  – сума настійних річних витрат, грн., що передбачає амортизацію верстатів, амортизацію та витрати на управління та ремонт пристосувань, вартість наладок;

$$N_{p.kp} = \frac{(247520 \cdot 0,14 + 14000 \cdot 0,38) - (137930 \cdot 0,14 - 46200 \cdot 0,38)}{7,49} = 418 \text{ дет/рік}$$

Таким чином, 2-й, більш капіталомісткій варіант буде економічно вигідним при виготовленні деталей в кількості, що перевищує 418 дет/рік.

4. Порівняння продуктивності праці;

$$P_{kp} = 100 \cdot \Delta t_2 / (100 - \Delta t_2),$$

$$\text{де } \Delta t_2 = 100 \cdot (t_{шт.к1} - t_{шт.к2}) / t_{шт.к1}.$$

Тому:

$$P_{kp} = \frac{100 \cdot 100 \cdot (t_{шт.к1} - t_{шт.к2})}{t_{шт.к1}} / \frac{1}{100 - \frac{100 \cdot (t_{шт.к1} - t_{шт.к2})}{t_{шт.к1}}} =$$

$$\frac{100 \cdot 100 \cdot (0,55 + 1,07 + 1,62 - 1,57)}{2,55 + 1,07 + 1,62} / \frac{1}{100 - \frac{100 \cdot (0,55 + 1,07 + 1,62 - 1,57)}{0,55 + 1,07 + 1,62}} = 106,2\%.$$

Таким чином, підвищення продуктивності праці за 2-м варіантом більше, ніж на 106,2% досягнуто завдяки впровадженню 3-х верстатів з ЧПУ типу "обробний центр".

## ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ансеров М.Л. Приспособления для металорежущих станков – Л.: Машиностроение, 1975. – 658 с.
2. Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин. – М.: Машиностроение, 1987,– 336 с
3. Балашкин В.С. Основи технологии машиностроения. – Машиностроение 1969. – 512 с.
4. Бурдаков С.Ф. и др, Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М.:Высш.шк., 1986. – 264 с.
5. Гавриш А.П., Двойных Н.А., Автоматические загрузочные устройства для промышленных роботов. – К.: Техника, 1985. – 176 с.
6. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы: Учебник. – Выща школа. Головное издательство, 1989. – 407 с.
7. Гельфгат Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения. – М.:Высш. шк., 1986. – 271 с.
8. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с.
9. Горошки А. К. Приспособления для металорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
10. ГОСТ 14.204-83 Правила обеспечения технологичности конструкции деталей. – М.: Издательство стандартов, 1983.- 17 с.
11. ГОСТ 14.323-84. ЕСТПП. Роботизация технологических процессов. Правила проектирования. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 9с.
12. ГОСТ 25.378-82. Роботы промышленные. Номенклатура основных показателей. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 12с.
13. Гусев А А. Технология машиностроения (специальная часть) – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
14. Давыгора В.Н., Кирилович В А. Автоматизированный выбор роботов по кинематическим требованиям сборочной технологии. – К.: Общество “Знание” Украины, 1990. – 24 с.
15. Добрыдnev И.С. Курсовое проектирование по предмету ”Технология машиностроения”. – М.: Машиностроение, 1985. –

184 с.

16. Егоров М.Е. Технология машиностроения. – М.: Высш, шк., 1976. – 534 с.
17. Железна А.О. Дипломні (курсіві) проекти. Вимоги до оформлення документації: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2000,– 244 с
18. Заготовки деталей машин: формоутворення, параметри, характеристики. Частина 1: підручник / В.А. Кирилович, О.Л. Мельник, П.П. Мельничук, В.А. Яновський; за ред. В.А. Кириловича. – Житомир : Державний університет “Житомирська політехніка”, 2020. – 316 с.
19. Картавов С.А. Технология машиностроения (специальная часть) – К.: Вища школа., 1984. – 272 с.
20. Кирилович В.А., Крижанівська І.В., Дімітров Л.В. Обладнання, технологія та автоматизація дискретного виробництва. Лабораторний практикум. Частина І. Автоматизоване виробниче обладнання: навчальний посібник для студентів усіх форм навчання підготовки бакалаврів за спеціальністю 151 – “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. – Житомир, Електронне видання. 2021 – 85 с.
21. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин: підручник / за ред. В.А. Кириловича. – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.
22. Кирилович В.А. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Автоматичне виробниче обладнання та робототехніка” для студентів спеціальності 7.092501 – “Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами”. – Житомир: ЖІТІ, 1998. – 72 с.
23. Кирилович В.А. Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 1. Практичні заняття. – Житомир, ЖІТІ, 2000. – 156 с.
24. Кирилович В.А., Мельничук Н.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: підручник. – Житомир, ЖІТІ, 2001. – 600 с.
25. Кирилович В.А., Сніцар В.Є., Юмашев В.Є. Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 2. Лабораторний практикум.– Житомир, ЖІТІ, 2001. – 276 с.
26. Кирилович В. А, Яновський В. А. Технологія автоматизованого виробництва. Випуск 3. Курсове проектування. Навчально-методичний посібник. – Житомир : ЖІТІ, 2002. – 148 с.
27. Козырев ЮГ. Промышленные роботы: Справочник. – М.:

- Машиностроение. 1987. – 403 с.
28. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
  29. Красивський М. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Курсове проєктування з технології машинобудування / навч.-метод. посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 240 с.
  30. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастки для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., пере раб. и доп. – М.: Машиностроение. 1990. – 512 с.
  31. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /Под ред. А.Ф.Горбачевича. – Минск.: Вышэйш. шк., 1975. – 287 с.
  32. Лебедевский М.С., Федотов А.И. Автоматизация в промышленности. – Л.: Лениздат, 1976. – 254 с.
  33. Малов А.Н., Иванов Ю.В. Основы автоматизации и автоматизации производственных процессов. – М.: Машиностроение, 1974. – 368 с.
  34. Маталин А.А. Техология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
  35. Машиностроительные материалы: Краткий справочник /В.М. Раскатов, В.С. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, ДА. Вейс,– 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 511 с.
  36. Мельничук П.П., Яновский В.А., Северилов В. С. Методические указания для выполнения практических работ по курсу “Технология машиностроения, металорежущие станки и инструменты”. – К.: КПИ, 1989. – 60 с.
  37. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки: Справочник/ Р.Э. Сафраган, Г.Л. Кривов, ВЛ. Татаренко и др. /Под ред. канд. техн. наук Р.Э. Сафрагана. – К.: Тэхніка, 1989. – 175 с.
  38. Муценек К.Я. Оценка технологичности конструкций собираемых изделий для условий роботизированной сборки // Автоматизация сборочных процессов. – Рига, РТУ, 1989. – С. 35-43.
  39. Обработка металлов резанием. Справочник технолога/А. А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. Под общ. ред. А.А. Панова. – М., Машиностроение, 1988. – 376 с.
  40. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. – М.: Машгиз, 1967. – 219 с.
  41. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и

- времени для технического нормирования работ на протяжных станках. – М.: Машгиз, 1969. – 114 с.
42. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
  43. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металорежущих станках. Массовое производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
  44. Промышленные роботы и манипуляторы с ручным управлением: Каталог / Б. В. Гришин, АН. Кочкина, Е.А. Мечников и др. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 131 с
  45. Промышленные роботы: конструирование, управление, эксплуатация / В.М. Костюк, А.П. Гавриш, Л.С. Ямпольский, А.Г. Карлов. – К.: Выща шк., Головное издательство. 1985. – 359 с.
  46. Режимы резания метал лов. Справочник / Под ред. Барановского Ю.В. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
  47. Роботизированные комплексы стран-членон СЭВ “борудование-робот”: Каталог / В.Б. Великович, ЕМ. Канаев, Л.В. Круковец и др. / Под ред. Ю.Г. Козырева – М.: НИИмаш, 1984. – 173 с.
  48. Роботизированные производственные комплексы / Ю.Г. Козырев, А.А. Кудинов, В.Э. Булатов и др. / Под ред. Ю.Г. Козырева, А.А. Кудинова. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
  49. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении. Альбом схем и чертежей: Учебное пособие для вузов / Ю.М. Соломенцев, К.П. Жукова, Ю.А. Павлов и др.; Под общ.ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1989. – 192 с.
  50. Робототехніка: Підручник / В.Е. Костюк, Г.О.Сипну, Л.С. Ямпольский, М.М.Ткач. – К.: Вища шк., 1994. – 447 с.
  51. Руденко И. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – К.: Выща шк., Головное издательство, 1985. – 255 с.
  52. Справочник инструментальщика / Под ред. Ордниарцева И.А. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
  53. Справочник ио промышленной робототехнике: в 2-х к. Кн.1 / Под ред. Ш. Нофа; пер. с английского Д.Ф. Миронова и др. – М.:Машиностроение, 1989. – 480 с.

54. Справочник по промышленной робототехнике: в 2-х к. Кн.2 / Под ред. Ш. Нофа; пер. с английского Д.Ф. Миронова и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
55. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
56. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
57. Станочное оборудование гибких производственных систем: Справочное пособие / Е.С. Пуховский, А.Б. Кукарин, И.В. Вовченко, Г.С. Грачев. – К.: Техника, 1990. – 175 с.
58. Терликов Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 120 с.
59. Технологія автоматизованого виробництва: підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
60. Челпанов И.Б., Колпашников С.Н. Схваты промышленных роботов. – Л. Машиностроение. Леингр. Отделение, 1989. – 287 с.
61. Яновський В. А., Полонський Л.Г., Мельничук П.П., Ковальов В.В. Дипломне проектування з спеціальності "Технологія машинобудування". Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 7.090202 "Технологія машинобудування" всіх форм навчання. – Житомир: ЖПІ, 2001. – 106 с.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
<b>1. ТЕМАТИКА, СКЛАД ТА ЗМІСТ КП.....</b>	<b>4</b>
<b>2. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КП.....</b>	<b>4</b>
2.1. Вимоги до виконання текстової частини.....	7
2.2. Вимоги до виконання графічної частини.....	9
<b>3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ</b>	
<b>РОЗДІЛВ    ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ</b>	
<b>ЗАПИСКИ.....</b>	<b>12</b>
3.1. Титульний лист.....	12
3.2. Анотація.....	12
3.3. Відомість КП.....	13
3.4. Завдання на проектування.....	13
3.5. Вступ.....	13
3.6. Аналіз конструкції деталі.....	14
3.7. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
3.7.1. Аналіз технологічності деталі для умов	
автоматизованого виробництва.....	15
3.7.2. Аналіз технологічності деталі для умов	
роботизованого виробництва.....	21
3.8. Вибір форми заготовки та способу її отримання....	22
3.9. Складання технологічного маршруту обробки	
поверхні деталі.....	23
3.10. Визнаення припусків та допусків на поверхні, що	
обробляються.....	25
3.11. Розробка технологічного маршруту обробки деталі .	
.....	28
3.12. Вибір технологічного обладнання та засобів	
технологічного оснащення.....	32
3.12.1. Вибір основного технологічного	
обладнання.....	32
3.12.2. Вибір допоміжного технологічного	
обладнання.....	34
3.12.3. Вибір засобів технологічного обладнання.....	39
3.13. Розробка операційного ТП.....	39
3.14. Розрахунок режимів різання та норм часу.....	41
3.15. Управляюча програма обробки деталі.....	46



3.16. Заповнення комплекту технологічної документації..	
48	
3.17. Проектування ГВК.....	49
3.17.1. Загальна порслідовність проектування ГВК.....	49
3.17.2. Планування структурних елементів ГВК .....	50
3.17.3. Циклова траєкторія переміщення схвата ПР ...	51
3.17.4. Розрахунок тривалості циклу ГВК .....	52
3.17.5. Тактограма роботи ГВК.....	54
3.17.6. Показники функціонування ГВК та його структурних елементів .....	56
3.18. Аналіз виконаних розробок .....	60
3.19. Висновки.....	60
3.20. Використані інформаційні джерела .....	60
<b>4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ.....</b>	<b>61</b>
4.1. Оформлення креслень планування ГВК.....	61
4.2. Оформлення креслень наладок (графотехнологія).	62
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>66</b>
Додаток Д.1. Варіанти індивідуальних завдань .....	66
Додаток Д.2. Форма титульного листа .....	90
Додаток Д.3. Завдання на курсовий проєкт.....	91
Додаток Д.4. Анотація (приклад) .....	93
Додаток Д.5. Основний напис для текстових та графічних документів.....	94
Додаток Д.6. Відомість проєкту .....	95
Додаток Д.7. Специфікація ГВК. Вид загальний (Планування ГВК) .....	96
Додаток Д.8. Приклади оформлення карт наладок.....	97
Додаток Д.8.1. Загальні планування карти наладок на аркуші додатку А1.....	97
Додаток Д.8.2. Приклади схем наладок .....	98
Додаток Д.8.2.1. Схема наладки токарно- револьверного верстата мод. 1В340Ф30.....	98
Додаток Д.8.2.2. Схема наладки токарного багаторізцевого напівавтомата мод. 1А730.....	99

Додаток Д.8.2.3. Схема наладки токарного копіювального напівавтомата мод. 1Н713 .....	100
Додаток Д.8.2.4. Схема наладки вертикально- свердлувального верстата мод. 2Н135.....	101
Додаток Д.8.2.5. Схема наладки фрезерно- центрувального верстата мод. МР- 77.....	102
Додаток Д.8.2.6. Схема наладки горизонтально- фрезерного верстата мод. 6Н22Г .	103
Додаток Д.8.2.7. Схема наладки двошпindelного карусельно-фрезерного верстата мод. 623Г .....	104
Додаток Д.8.3. Технологічна карта токарно- револьверної операції .....	105
Додаток Д.9. приклади оформлення карт маршрутного технологічного процесу (ТП) .....	106
Додаток Д.9.1. Маршрутний ТП виготовлення деталі “Вкладиш” .....	106
Додаток Д.9.2. Маршрутний ТП виготовлення деталі “Перехідник” .....	112
Додаток Д.10. Приклади оформлення операційних технічних карт (ОК) та карт ескізів (КЕ)	117
Додаток Д.10.1. Приклад оформлення ОК та КЕ на токарно-гвинторізну операцію з ЧПУ для обробки деталі “Вал”.....	117
Додаток Д.10.2. Приклад оформлення ОК та КЕ на токарно-гвинторізну операцію з ЧПУ для обробки деталі “Кільце” .....	120
Додаток Д.10.3. Приклад оформлення ОК та КЕ на вертикально-свердлувальну операцію з ЧПУ для обробки деталі “Шайба затискна” .....	124
Додаток Д.10.4. Приклад оформлення ОК та КЕ на вертикально-фрезерну операцію з ЧПУ для обробки деталі “Кільце” .....	126

<b>Додаток Д.11.</b> Приклади розрахунку кількості необхідного основного технологічного обладнання ГВК (ГВС) механічної обробки.....	131
<b>Додаток Д.12.</b> Значення коефіцієнтів зниження трудомісткості механічної обробки деталей в умовах роботизованого виробництва ..	132
<b>Додаток Д.13.</b> Приклади економічного обґрунтування прийнятого варіанту технологічного процесу за укрупненими показниками .....	135
<b>ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА .....</b>	139

**Кирилович Валерій Анатолійович**, д.т.н., проф. каф. Ата КіТ ім.  
проф. Б.Б. Самотока  
**Яновський Валерій Анатолійович**, доцент каф. механічної інженерії

Обладнання, технології та автоматизація дискретного виробництва.  
Частина II.  
Курсове проектування.

Навчальний посібник  
для студентів спеціальності  
151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”  
усіх форм навчання.

Видання 2-е, виправлене та доповнене

Комп'ютерний набір та верстка: Труфаненко А.А.

---

Формат 60x84 1/16.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Ум друк, арк.9,18.

Тираж 100 прим.

---

Редакційно-видавничий відділ  
Державний університет «Житомирська політехніка»  
10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103.