

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Чернігівська політехніка»  
Навчально-науковий інститут механічної інженерії,  
технологій та транспорту

# **Кваліфікаційна робота**

## **Методичні вказівки**

до виконання кваліфікаційної роботи  
здобувача вищої освіти  
освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”  
спеціальності 133 – галузеве машинобудування  
освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування”

Затверджено  
на засіданні кафедри  
«Автомобільний  
транспорт та галузеве  
машинобудування»  
Протокол № 7  
від 20.01.2021 р.

Чернігів НУ «Чернігівська політехніка» 2021

Кваліфікаційна робота. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти освітнього ступеня “бакалавр” спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітньої програми “Галузеве машинобудування”. / Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В., Венжега В.І. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – 52 с.

Укладачі:

Кальченко Володимир Віталійович  
доктор технічних наук, професор  
Пасов Геннадій Володимирович  
кандидат технічних наук, доцент  
Венжега Володимир Іванович  
кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск:

Кальченко В.І., завідувач кафедри  
«Автомобільний транспорт та галузеве  
машинобудування»,  
доктор технічних наук, професор

Рецензент:

Следнікова О.С., кандидат технічних наук,  
доцент кафедри «Автомобільний транспорт  
та галузеве машинобудування»  
національного університету  
«Чернігівська політехніка»

## ВСТУП

Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи здобувачів вищої освіти освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” спеціальності 133 – Галузеве машинобудування, освітньо-професійної програми 13 – Механічна інженерія розроблені відповідно до «Методичних рекомендацій щодо виконання та оформлення випускних кваліфікаційних робіт (проектів) здобувачів вищої освіти освітніх ступенів «бакалавр» і «магістр» Чернігівського національного технологічного університету, затверджених наказом ректора ЧНТУ від 01.06.2016р. №90.

Виконання та захист випускної кваліфікаційної роботи (проекту) – один з основних видів атестації здобувачів вищої освіти (ЗВО), метою якої є встановлення відповідності засвоєних здобувачами вищої освіти рівня та обсягу знань, умінь, інших компетентностей вимогам стандартів вищої освіти.

Захист випускної кваліфікаційної роботи (проекту) особами, які здобувають ступінь бакалавра чи магістра, здійснюється екзаменаційною комісією, відповідно до «Положення про порядок створення та організацію роботи екзаменаційних комісій для атестації здобувачів вищої освіти Чернігівського національного технологічного університету (нова редакція)», затвердженого наказом ректора № 197 від 30.11.2015 р.

Керівництво випускною кваліфікаційною роботою (проектом) здійснюється кваліфікованими науково-педагогічними працівниками (НПП). Організація і контроль за процесом підготовки й захисту покладаються на завідувача кафедри. Тематика випускних кваліфікаційних робіт (проектів) щорічно коригується з урахуванням розвитку відповідної галузі, потреб регіону, набутого на кафедрах досвіду, побажань роботодавців і рекомендацій екзаменаційної комісії (ЕК).

Відповідальність за правильність прийнятих рішень, обґрунтувань, розрахунків та якість оформлення випускної кваліфікаційної роботи (проекту) несе ЗВО.

Випускна кваліфікаційна робота (проект), яка не відповідає вимогам щодо змісту та оформлення, написана без дотримання затвердженого календарного плану, не містить матеріалів конкретного дослідження теми, обґрунтованих висновків та пропозицій, а також не має рецензії, до захисту не допускається.

# **1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ**

## **1.1 ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ)**

Основними етапами виконання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) є:

- ознайомлення ЗВО з основними вимогами, що пред'являються до виконання випускної кваліфікаційної роботи (проекту);
- вибір теми роботи (проекту) та призначення керівника здійснюється на підставі персональної заяви студента;
- обробка літературних джерел, вивчення теоретичних і практичних матеріалів з обраної теми;
- розробка плану випускної кваліфікаційної роботи (проекту) із зазначенням строків написання розділів та їх обсягів. Заповнення бланка «Завдання на випускну кваліфікаційну роботу (проект)» та його затвердження на кафедрі;
- збір матеріалів, складання бібліографії, аналіз та узагальнення зібраного матеріалу;
- викладення проаналізованого та систематизованого матеріалу відповідно до плану;
- проведення експерименту чи анкетування, виконання розрахунків, у тому числі із застосуванням комп'ютерної обробки;
- формулювання висновків;
- підготовка графічної частини роботи (проекту): креслень, рисунків, таблиць (у разі необхідності);
- представлення випускної кваліфікаційної роботи (проекту) на кафедру для попереднього розгляду;
- написання доповіді й підготовка ілюстративного матеріалу (наприклад, таблиць і графіків для прилюдного виступу);
- рецензування випускної кваліфікаційної роботи (проекту) та оформлення відгуку керівника;
- представлення випускної кваліфікаційної роботи (проекту) в ЕК;
- захист випускної кваліфікаційної роботи (проекту) роботи.

Відгук – це оцінка керівником рівня підготовки випускної кваліфікаційної роботи (проекту) ЗВО, що включає в себе обґрунтування актуальності теми, логічності і структури викладення матеріалу, якості огляду і аналізу літератури, коректності цитувань і посилань на наведені в тексті цитати інших авторів, коректності формулювання власних висновків, відповідності висновків меті та завданням, якості оформлення,

апробацію результатів.

Рецензія – це оцінка випускної кваліфікаційної роботи (проекту) ЗВО, що надається висококваліфікованими спеціалістами виробничих і наукових організацій, працівниками і НПП вищих навчальних закладів та містить оцінку роботи (проекту).

Керівниками випускної кваліфікаційної роботи (проекту) призначаються професори, доценти, а також інші НПП університету, які мають науковий ступінь та (або) вчене звання.

У встановлений термін студент звітує перед керівником і завідувачем кафедри, які фіксують ступінь готовності роботи (проекту).

1.6 Випускну кваліфікаційну роботу (проект) роботу студент виконує в університеті, а в окремих випадках, за згодою керівника, на базі підприємств, у наукових інститутах та в інших організаціях.

Обов'язки керівника випускної кваліфікаційної роботи (проекту):

– надавати допомогу при виборі теми, її остаточного формулювання та меж розкриття;

– рекомендувати спеціальну, нормативну літературу та інформаційні джерела за обраною темою;

– консультувати ЗВО з питань виконання роботи (проекту);

– контролювати дотримання календарного плану, якість та самостійність виконання роботи, інформувати завідувача кафедри про хід підготовки роботи до захисту;

– організувати студента для апробації на засіданні кафедри;

– давати відгук на випускну кваліфікаційну роботу (проект).

Обов'язки ЗВО:

– дотримуватись графіка та звітувати в передбачені строки перед керівником про хід роботи.

– написати та оформити текст роботи (проекту) згідно вимог даних методичних вказівок

– не пізніше, ніж за два тижні до дня захисту на засіданні екзаменаційної комісії подати роботу (проект) для попереднього розгляду на кафедрі;

– отримати необхідні рецензії та відгук керівника.

До випускної кваліфікаційної роботи (проекту) додається подання голові екзаменаційної комісії щодо захисту випускної кваліфікаційної роботи (проекту) (див. «Положення про порядок створення та організацію роботи екзаменаційних комісій для атестації здобувачів вищої освіти Чернігівського національного технологічного університету (нова редакція)», затвердженого наказом ректора № 197 від 30.11.2015 р.), відгук керівника, рецензія, документи про впровадження, відбитки власних публікацій за результатами дослідження (статті, тези).

Всі випускні кваліфікаційні роботи (проекти) здобувачів вищої освіти Університету освітнього ступеня «бакалавр» та «магістр» підлягають

перевірці на плагіат відповідно до «Порядку проведення перевірки випускних кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат в Чернігівському національному технологічному університеті» (п.1.10 додано відповідно до наказу ректора від 27.11.2018 р. № 149).

## 1.2 ЗМІСТ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ)

Зміст випускної кваліфікаційної роботи (проекту) визначається її темою.

**Титульний аркуш** оформлюється відповідно до додатку А.

**Завдання** (додаток Б) складається ЗВО разом з керівником, підписується ними та затверджується завідувачем кафедри.

**В анотації** – 1 сторінка (обсягом до 800 знаків) – зазначається прізвище та ініціали студента, назва випускної кваліфікаційної роботи (проекту), основний зміст та результати. Викладення матеріалу в анотації повинно бути стислим і точним. Належить використовувати синтаксичні конструкції, притаманні мові ділових документів, уникати складних граматичних зворотів.

Необхідно використовувати стандартизовану термінологію, уникати маловідомих термінів і символів. Після анотації наводять ключові слова відповідною мовою.

**Ключові слова** (слова специфічної термінології за темою, які найчастіше зустрічаються у дипломній роботі) наводяться у називному відмінку. Кількість ключових слів – 5-7.

Анотація має бути написана українською та однією з іноземних мов (переважно – англійською), розміщуватися на окремому аркуші разом з ключовими словами та передувати змісту.

Якщо в роботі вжито специфічну термінологію, а також використано маловідомі скорочення, нові символи, позначення тощо, то перелік умовних позначень може бути поданий у вигляді окремого списку, який розміщують перед змістом, після анотації та списку ключових слів.

Перелік слід друкувати у дві колонки: у лівій за абеткою наводяться скорочення, а у правій – їх детальне розшифрування.

Якщо в роботі спеціальні терміни, скорочення, символи, позначення повторюються менше трьох разів, перелік не складають, їхнє розшифрування наведуть у тексті при першому згадуванні.

**Зміст** – 1-2 сторінки – має складатися з трьох блоків (розділів): теоретичний, аналітичний та практичний.

Матеріал роботи має бути викладено як єдине ціле у логічній послідовності. Зміст включає: вступ; послідовно перелічені назви усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки); висновки та пропозиції; перелік посилань; додатки.

Навпроти кожної позиції проставляються номери сторінок, які вказують на початок викладення матеріалу. Зразок оформлення змісту наведено в додатку В.

У **вступі** зазначається проблема, що потребує вирішення, ступінь її дослідження, актуальність проведення і мета досліджень у обраному напрямі, завдання, що вирішуються для досягнення мети, об'єкт і предмет досліджень, наукова новизна та практична значущість роботи (для ЗВО за освітньо-наукової програми). Також зазначається апробація результатів досліджень – виступи на студентських наукових конференціях, публікації результатів дослідження. Обсяг вступу, зазвичай, не повинен перевищувати 2,5 – 3 сторінки.

**Актуальність** теми подається у вигляді критичного аналізу та шляхів розв'язання проблеми, обґрунтування необхідності досліджень для підприємств та організацій.

**Мета** (представлення про результат. Ставлячи мету, дослідник уявляє собі, який результат він має намір одержати, яким буде цей результат) та завдання роботи повинні бути чітко сформульованими та відображати тематику дослідження.

**Об'єкт** дослідження визначається разом з вибором теми і є однією із сторін діяльності господарюючого суб'єкта (методологічна характеристика дослідження; процес чи явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для вивчення. Визначення об'єкта пов'язано з відповіддю на питання: що розглядається?).

**Предмет дослідження** міститься в межах проблемного об'єкта, який потребує вирішення (методологічна характеристика того, що знаходиться в межах об'єкту дослідження. Предмет позначає аспект розгляду, дає представлення про те як розглядається об'єкт, тобто визначення предмета пов'язано з відповіддю на питання: як розглядається об'єкт дослідження).

Зміст основної частини випускної кваліфікаційної роботи (проекту) викладають за розділами. Розділи можуть поділятися на підрозділи, пункти, підпункти.

**Теоретична частина** роботи присвячується теоретико-методологічним аспектам обраного об'єкта та предмета досліджень. Теоретичне обґрунтування має визначати роль і місце досліджуваних явищ та процесів у забезпеченні високої ефективності діяльності господарюючого суб'єкта, містити аналіз існуючого досвіду у відповідній сфері.

Структурно складається з 2-4 підрозділів, містить теоретичний виклад важливих аспектів проблеми, критичний огляд джерел інформації, аналіз предмету дослідження на макрорівні, використання здобутків вітчизняних та зарубіжних вчених у розвитку предмету дослідження.

Розглядаються загальнотеоретичні підходи до теми з використанням сучасних літературних джерел щодо досліджуваної проблеми, а також

питання з висвітлення теоретичних основ дослідження (критично аналізуються монографії, наукові статті, матеріали конференцій, електронні ресурси тощо, у тому числі іноземних авторів); обов'язковим є порівняння різних точок зору, використання статистичних відомостей (із посиланням на джерела). Обов'язковим в теоретичному розділі є аналіз статистичних даних та/або світового досвіду за темою дослідження. Під час розкриття теоретичних питань слід висвітлити елементи наукової новизни з формулюванням власної позиції автора щодо напряму дослідження, оригінальні авторські пропозиції стосовно розбудови теоретичних і методичних питань. Теоретичний розділ завершується стислими висновками, які нумеруються.

В *аналітичній частині* надається загальний опис суб'єкта господарювання, на прикладі якого досліджується визначена у темі роботи проблема, аналіз його показників, сучасні досягнення та невирішені проблеми у досліджуваному аспекті діяльності. За змістом цей розділ є аналітичним підґрунтям для розробки практичних рекомендацій і має бути органічно поєднаним з наступним розділом.

На основі наявної інформації студент узагальнює результати аналітичних досліджень і робить висновок наприкінці розділу про необхідність вирішення проблемних питань. Наведений аналіз стану проблеми як в теоретичному, так і в аналітичному аспектах, повинен містити обов'язкові посилання на джерела інформації (зі списку використаних джерел).

Зміст і структура даного розділу визначається темою і направлена на виявлення напрямів вдосконалення досліджуваної проблеми. Розділ має бути максимально насиченим фактичною інформацією (таблиці, графіки, діаграми, схеми), що відображають відповідні результати діяльності бази дослідження за останні 3-5 років.

Аналітична частина завершується стислими висновками, в яких формулюються основні результати аналізу. Результати аналізу є основою для розробки практичної частини випускної кваліфікаційної роботи (проекту).

*Практична частина роботи* містить власні пропозиції автора щодо вирішення проблемних питань у обраній для дослідження сфері. Автором висувається певна гіпотеза, оцінюється її реальність та обґрунтовується економічна доцільність.

Ця частина роботи повинна бути спрямована на розробку і обґрунтування пропозицій щодо предмету дослідження. Він повинен містити обґрунтовані практичні пропозиції студента, спрямовані на досягнення мети, поставленої у вступі. Структурно розділ має містити 2–4 підрозділи.

У висновках та пропозиціях містяться підсумки проведеного дослідження, основні наукові та практичні результати, рекомендації щодо



їх науково-практичного використання. Висновки формуються відповідно до поставлених завдань.

Власні пропозиції щодо розв'язання проблемних питань відповідного об'єкта дослідження повинні кореспондуватися з висновками.

Висновки починаються таким чином: «За результатами дослідження (зазначається відповідно до мети) сформовано наступні висновки»

Висновки нумерують.

У висновках необхідно наголосити на якісних та кількісних показниках здобутих результатів, обґрунтувати достовірність результатів, викласти рекомендації щодо їх використання.

У додатках наводяться допоміжні матеріали: копії документів, витяги із нормативних актів і документів, звіти, окремі інструкції/положення/правила, результати соціологічних опитувань, громіздкі таблиці, рисунки тощо.

До переліку посилань слід включати джерела, на які у тексті є посилання. Список складається із нормативних актів, нормативних документів, вітчизняної та зарубіжної наукової та спеціальної літератури, фахових видань, електронних ресурсів. Вимоги до оформлення переліку посилань наведені в ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання»; ДСТУ 3582:2013 «Інформація та документація. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ)» та ДСТУ ГОСТ 7.80:2007

«Бібліографічний запис. Заголовок. Загальні вимоги та правила складання».

Випускна кваліфікаційна робота (проект) оформлюються відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015 "Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення" (п.3.13 змінено відповідно до наказу ректора від 21.01.2019 р. № 09).

### **1.3 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ)**

#### **Загальні вимоги**

Структура випускної кваліфікаційної роботи (проекту) складається із:

- титульного аркушу;
- завдання;
- анотації та ключових слів;
- переліку умовних позначень (за потреби);
- змісту;
- вступу;

- основної частини;
- висновків та пропозицій;
- додатків;
- списку використаних джерел.

Обсяг випускної кваліфікаційної роботи (проекту) ЗВО освітнього ступеню бакалавр має складати – 80-100 сторінок, освітнього ступеню «магістр» 100-120 сторінок. Допускається відхилення в межах  $\pm 10\%$ . Співвідношення між теоретичною та експериментальною частинами (яка включає аналітичну) має складати 1:3.

Випускна кваліфікаційна робота (проект), як правило, виконується державною мовою.

Текст друкують за допомогою комп'ютера на одному боці аркуша білого паперу формату А-4 через 1,5 міжрядкових (комп'ютерних) інтервали, шрифт Times New Roman, 14. Текст необхідно друкувати, залишаючи береги не менше таких розмірів: лівий – 25 мм, правий – 10 мм, верхній і нижній – 20 мм. Розмір абзацного відступу – 1,25 мм.

Текст основної частини поділяють на розділи та підрозділи.

Заголовки структурних частин: «ЗМІСТ», «ВСТУП», «РОЗДІЛ», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», «ДОДАТКИ» друкують великими літерами симетрично до тексту.

Заголовки підрозділів друкують маленькими літерами (крім першої великої) з абзацного відступу. Крапку в кінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох чи більше речень, їх розділяють крапкою. Відстань між заголовком і текстом повинна дорівнювати 1-2 інтервалам. Кожен розділ слід починати з нової сторінки.

### **Нумерація**

Нумерацію сторінок, розділів, підрозділів, рисунків, таблиць, формул подають арабськими цифрами без знака № .

Першою сторінкою є титульний аркуш, який включають до загальної нумерації сторінок. На титульному аркуші номер сторінки не проставляють, на наступних сторінках номер проставляють у правому верхньому куті без крапки в кінці.

Підписи розділів «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», «ДОДАТКИ» подаються у тексті без додавання порядкового номеру.

Заголовки розділів нумеруються та друкуються з нового рядка (див. додаток В).

Підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, між якими ставлять крапку, наприклад: «2.3» – третій підрозділ другого розділу. Потім у тому ж рядку йде заголовок підрозділу.

**Ілюстрації** (схеми, графіки, діаграми) і **таблиці** необхідно подавати безпосередньо після тексту, де вони згадані вперше, або на наступній сторінці.

Ілюстрації позначають словом «Рисунок» і нумерують послідовно в межах розділу, за винятком тих, що подані в додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, між якими ставиться крапка. Наприклад: «Рисунок 1.2» – другий рисунок першого розділу. Номер ілюстрації, її назву та пояснювальні підписи розміщують послідовно під ілюстрацією в центрі. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст). Позначення «Рисунок» разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних. Приклад наведення ілюстрації:

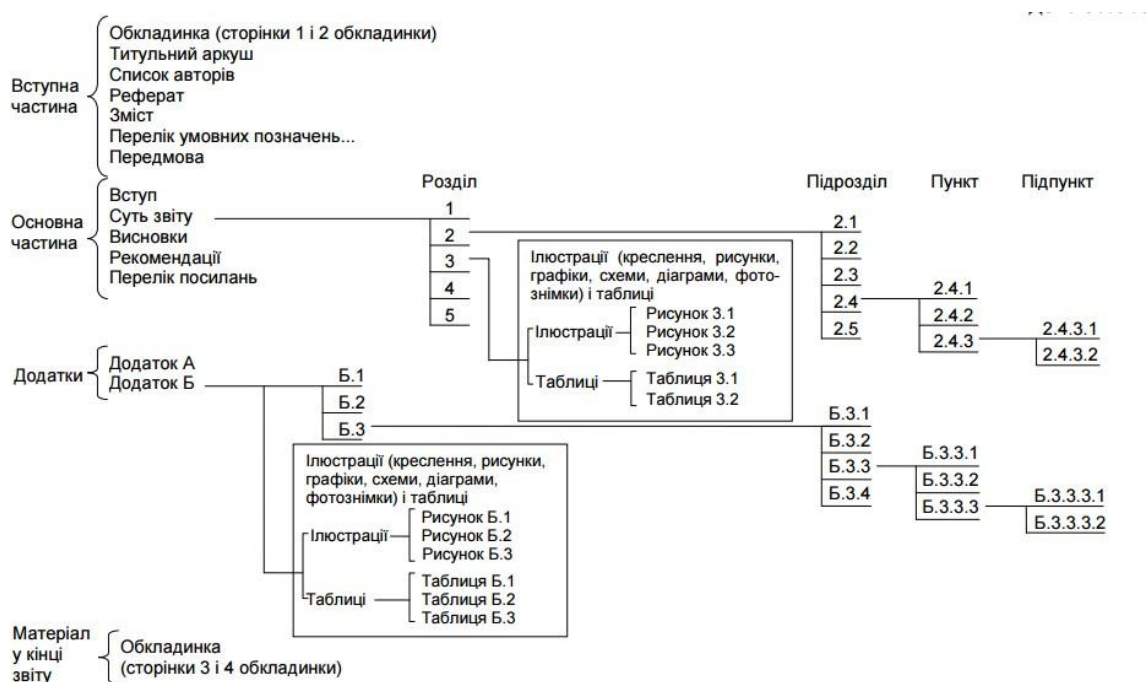


Рисунок 1 – Структурна схема звіту

Таблиці теж нумерують послідовно (за винятком таблиць, поданих у додатках) у межах розділу. По центру перед відповідним заголовком таблиці розміщують напис «Таблиця» із зазначенням її номера. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, між якими ставиться крапка, наприклад: «Таблиця 1.2» – друга таблиця першого розділу.

При переносі частини таблиці на інший аркуш (сторінку) слово «Таблиця» і номер її вказують один раз ліворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова «Продовження таблиці» і вказують номер, наприклад:

«Продовження таблиці 1.2».

**Формули** нумерують у межах розділу. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули в розділі, між якими ставлять крапку. Номери формул пишуть біля правого берега у крайньому правому положенні на рядку аркуша на рівні відповідної формули в круглих дужках арабськими цифрами, наприклад: «3.1» – перша формула третього розділу.

Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у тексті. Інші нумерувати не рекомендується.

### **Таблиці**

Приклад побудови таблиці:

«Таблиця 1.2 – Динаміка рівня монетизації економіки України та інфляції з 1997 р. по 2010 р. \*

Рік	Основні показники			
	Агрегат МЗ, млрд. грн.	Номінальний ВВП, млрд. грн.	Коефіцієнт монетизації, %	Індекс споживчих цін, %
1997	12,5	93,7	13,34	110,1
1998	15,7	102,6	15,30	120,0
1999	22,1	130,4	16,95	119,2
2000	32,3	170,1	18,99	125,8
2001	45,8	204,2	22,43	106,1
2002	64,9	225,8	28,74	99,4

\* Розраховано автором на підставі даних Державного комітету статистики України та Національного банку України.»

Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою і відбивати зміст таблиці. Якщо цифрові або інші дані в якому-небудь рядку таблиці не подають, то в ньому ставлять прочерк.

### **Формули**

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою і в тій послідовності, в якій вони подані у формулі. Значення кожного символу і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають зі слова „де” без двокрапки.

Наприклад:

$$V = \omega R_1, \quad (4.1)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість;  
 $R_1$  – радіус валу.

Рівняння і формули треба виділяти з тексту окремими рядками. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (·) і ділення (:).

### **Посилання**

В процесі написання роботи ЗВО повинен давати посилання на джерела, матеріали або окремі результати, які він наводить у роботі, або на яких ідеях і висновках розробляється проблема.

Посилання в тексті слід зазначати у квадратних дужках порядковим номером за переліком посилань, наприклад: «... у роботах [1-7] ...».

При посиланнях на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки зазначають їх номери. При посиланнях слід писати: “... у розділі 4 ...”, “... дивись 2.1 ...”, “... за 3.3.4 ...”, “... відповідно до 2.3.4.1 ...”, “... на рис. 1.3 ...” або “... на рисунку 1.3 ...”, “... у таблиці 3.2 ...”, “... (див. 3.2) ...”, “... за формулою (3.1) ...”, “... у рівняннях (1.23) – (1.25) ...”, “... у додатку Б ...”.

### **Додатки**

Додатки розміщують у порядку появи посилань у тексті. Кожен додаток повинен починатися з нової сторінки і мати заголовок. Над заголовком симетрично відносно тексту сторінки малими літерами з першої великої друкується слово «Додаток» і велика літера на позначення послідовності (*Додаток А*).

Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки (наприклад: додаток А, додаток Б), за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь.

### **Перелік посилань**

Перелік посилань будують у порядку появи посилань у тексті або в алфавітному порядку.

Вимоги до оформлення посилань:

#### *а) посилання на книгу:*

1. Кузнецова С.А. Фінансовий менеджмент: у схемах і таблицях: навчальний посібник / С.А. Кузнецова. – Дніпропетровськ: Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля, 2011. – 180 с.

#### *б) посилання на статтю:*

1. Кузнецова С.А. Парадигма управління грошовими потоками в хаотично структурованій економіці / С.А. Кузнецова, В.М. Вареник // Академічний огляд. – 2012. – №1. – С. 63-68.

#### *в) посилання на електронні джерела інформації:*

1. Монетарний огляд за 2011 рік // Офіційний сайт Національного банку України / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bank.gov.ua>

#### *г) посилання на нормативні документи:*

1. Закон України «Про Антимонопольний комітет України»: за станом на 26 листопада 1993р. / Верховна Рада України. / [Електронний ресурс]. –

Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3659-12&p=1311770615678004>.

### **Комплексні випускні кваліфікаційні роботи (проекти)**

У випадку виконання реальних випускних кваліфікаційних робіт (проектів) на замовлення підприємств (організацій) або робіт (проектів), які направлені на оновлення, удосконалення матеріально-технічної бази університету тематика **випускних кваліфікаційних робіт (проектів)** може бути комплексною. Для виконання комплексної роботи (проекту) залучається група студентів, кожний із яких досліджує (розробляє) окремий напрямок комплексної теми. Керівництво комплексною роботою (проектом) здійснюється одним керівником.

При цьому обсяг розрахунково-пояснювальної записки, яка оформлюється в одному екземплярі на весь колектив авторів, та (або) графічної частини такої роботи (проекту) встановлюється випусковою кафедрою та може відрізнитися від обсягу визначеного у п. 4.1.

Підтвердженням виконання реальних робіт (проектів) є довідка про впровадження результатів, в якій також вказується весь колектив авторів роботи (проекту).

(пункт 3.8 внесено відповідно до наказу ректора від 30.10.2019 р. № 142).

## 2 ВИМОГИ ДО ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ (БАКАЛАВР)

### Вступ

Підвищення ефективності машинобудування є одним з основних напрямків сучасного розвитку держави. Успішне вирішення цього завдання зокрема пов'язано з удосконаленням знань в галузі проектування інструментів та їхнього виробництва. Генеральна лінія розвитку машинобудування – комплексна автоматизація проектування та виробництва – вимагає знань та досконалого оволодіння методами проектування, які забезпечують створення вискоефективних конструкцій різальних інструментів.

Випускна робота бакалавра має мету:

- систематизувати теоретичні знання, отримані при вивченні дисциплін «Теорія різання», «Різальний інструмент», «Проектування та технологія виготовлення різального інструмента», «Розрахунок та конструювання верстатів»

- використати творчі здібності студентів для рішення конкретних задач по проектуванню вузлів верстатів, різального інструмента та технологічних процесів їх виготовлення.

Вказівки направлені на надання методичної допомоги студентам при виконанні проекту та повинні дати уявлення про послідовність питань, які вирішуються, про об'єм робіт та літературу, в якій викладений необхідний теоретичний і довідковий матеріал. Варіант завдання узгоджується з керівником проекту.

Робота складається з трьох основних розділів та вступу.

У вступній частині до проекту необхідно вказати актуальність теми проекту, короткий огляд існуючих конструкцій верстатів та різального інструменту, технологічних процесів виготовлення його.

Перший розділ – модернізація приводу головного руху. Необхідно згідно до отриманого варіанту провести розрахунок кінематики, розрахунок елементів приводу на міцність, розробити схему шпindelного вузла та здійснити розрахунок його на жорсткість. На першому аркуші формату А1 необхідно показати кінематичну схему верстату, його технічні характеристики, графіки частот обертання, потужностей і моментів. На другому аркуші необхідно привести креслення коробки швидкостей та шпindelного вузла. За попереднім погодженням з керівником коробку швидкостей допускається показувати частково. До креслення шпindelного вузла необхідно привести специфікацію та коротку інформацію щодо його експлуатації.

Другий розділ – проектування металорізальних інструментів для обробки вказаних згідно варіанту поверхонь. Для проектування запропоновано три інструмента, наприклад, фасонний різець, протяжка, збірна торцева або шнекова фрези та інструмент для обробки зубчатих коліс. Робота передбачає також розробку технології виготовлення корпусу фрези, заточення різноманітних інструментів (протяжки, різців, торцевих фрез та інших).

Оформлення пояснювальної записки повинно відповідати ГОСТам та мати перелічені розділи та додатки. У додатках необхідно відобразити програми розрахунків, технологічні карти та інше по узгодженню з керівником.

На аркушах привести робочі креслення спроектованих збірних інструментів. Бажано привести 3-D моделі інструментів (по узгодженню з керівником) з допоміжним інструментом, який використовують для кріплення.

Третій розділ – технологія виготовлення одного з спроектованих інструментів. Необхідно вибрати заготовку та розробити маршрут обробки з розрахунком режимів різання табличним методом. На аркуші необхідно привести чотири операційні ескізи.

Питання розробки конструкції верстатних, контрольно-вимірювальних, завантажувальних та транспортних пристроїв повинні вирішуватись тощо.

Орієнтовний порядок розрахунку вузлів верстату та деяких складних інструментів міститься у розділах методичних вказівок

Варіанти завдань, креслення вузлів верстату та інструменту наведено у додатках. Список посилань та рекомендованої літератури наведено в кінці даних методичних вказівок.

Орієнтовний об'єм випускної роботи приблизно складає сім листів формату А1 графічної частини, які обов'язково виконуються на ЕОМ, та пояснювальну записку, де приведено необхідні розрахунки.

Креслення деталей та вузлів затверджуються керівником згідно графіку роботи над проектом.



## 2.1 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ

Нижче наведено приклад проектування приводу головного руху для багатоопераційного верстату [23, 25].

### 2.1.1 Побудова кінематичної схеми приводу верстату

Після визначення структурної формули приводу [23, с.40-45] з показником геометричної прогресії  $\varphi = 1,12$  та перевірки її на наявність простої структури будують графік частот обертання за формулою  $Z_{nN} = 9_1 \cdot 2_9 \cdot 2_{18}$  (рисунок 2.1.1). При побудові графіка частот обертання враховуємо граничну кількість інтервалів між початковою та кінцевою точкою променів: для  $\varphi = 1,12$  понижувальних – 12, підвищувальних – 6.

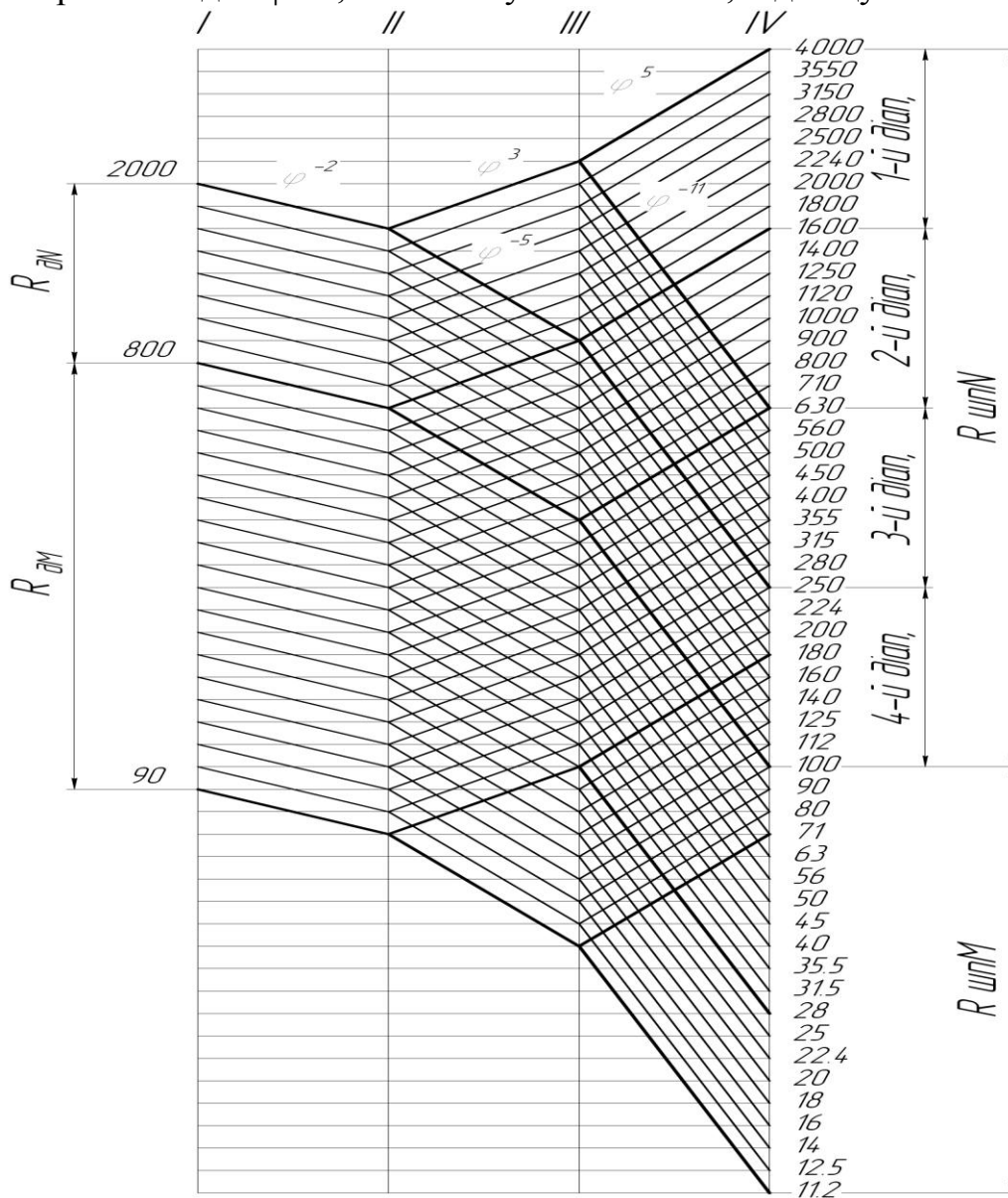


Рисунок 2.1.1 – Графік частот обертання для формули  $Z_{nN} = 9_1 \cdot 2_9 \cdot 2_{18}$

Підбір кількості зубів зубчастих коліс проводимо табличним методом за допомогою таблиць [26, с. 100].

Отриману кінематику коробки приводу головного руху показуємо на кінематичній схемі верстату (рисунок 2.1.2). Вона повинна бути виділеною більшою товщиною ліній порівняно до решти оригінальних кінематичних ланцюгів.

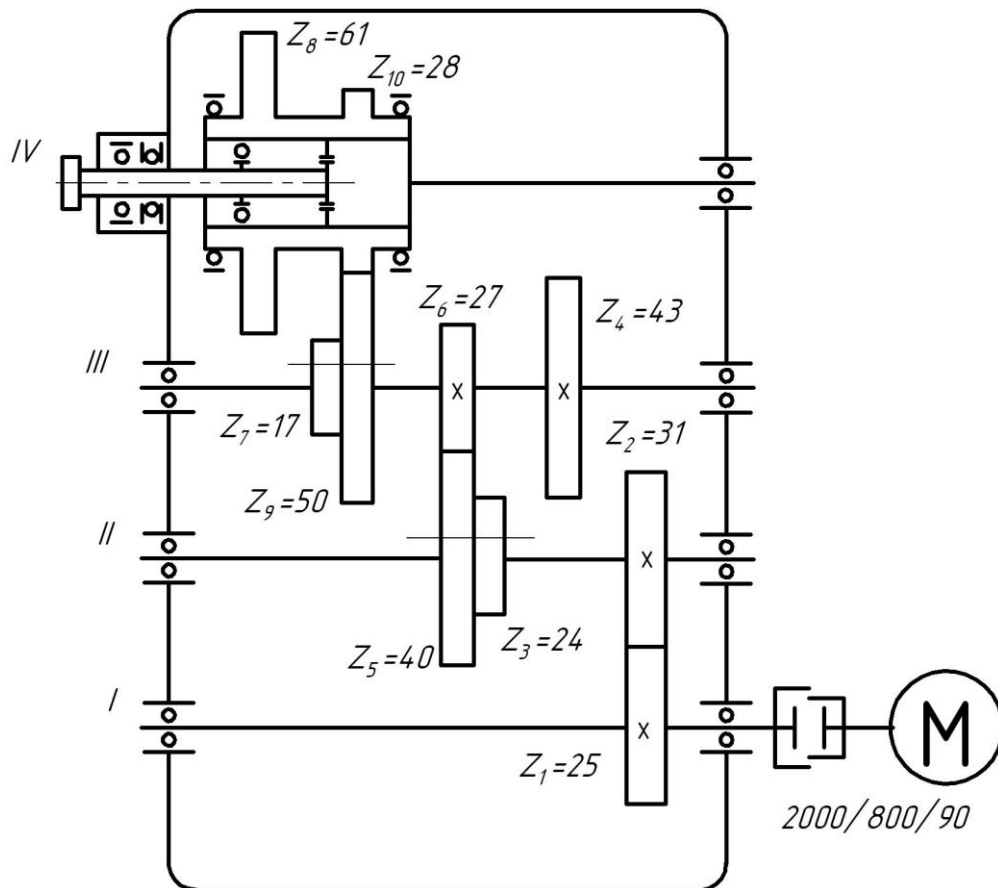


Рисунок 2.1.2 – Кінематична схема приводу головного руху

Кінематична схема верстату з графіками потужності та моменту, основними характеристиками приводу наведена на рисунку Д.1 (додаток Д).

### 2.1.2 Розрахунок зубчатих передач на міцність

Визначимо потужність та моменти на кожному валу коробки швидкостей. Розрахунок зубчатих коліс коробок швидкостей, які є закритими передачами, проводиться на витривалість по контактних напруженнях і на згин. При проектуванні привода розрахунку підлягають всі одиночні зубчаті передачі, а в групових передачах розраховуються більш навантажені.

При великому перепаді передатних відношень у групі в менш навантажених передачах, наприклад у прискорювальних, варто

скорегувати ширину зубчатих коліс вбік зменшення. Матеріал зубчатих коліс вибирається відповідно до умов роботи і припустимих габаритів передачі.

Розрахункове контактне напруження для зубів прямозубих передач (з урахуванням того, що зубчате колесо і шестерня сталеві) визначається за формулою:

$$\sigma_H = 12270 \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot \frac{1}{d_{W1}} \sqrt{\frac{T_1}{\psi_{bd} \cdot d_{W1}} \cdot \frac{U+1}{U} \cdot K_{HV} \cdot K_{H\beta}}, \quad (2.1.1)$$

де  $T_1$  - крутний момент на шестерні; Н·м;

$d_{W1}$  - початковий діаметр шестерні, мм;

$\psi_{bd}$  - відношення ширини вінця до початкового діаметра шестерні (для коробок передач верстатів  $\psi_{bd} = 0,2 \dots 0,4$ );

$U$  - передаточне число;

$Z_H$  - коефіцієнт, що враховує форму сполучення поверхонь зубів; котрий залежить від кута нахилу зубів  $\beta$  та сумарного коефіцієнту зсуву  $X_\Sigma$ . Для прямозубих передач при  $\alpha = 20^\circ$  і  $X_\Sigma = 0$ ,  $Z_H = 1,76$ ;

$Z_E$  - коефіцієнт, який враховує сумарну довжину контактної лінії;

$Z_1$  і  $Z_2$  - числа зубів, відповідно шестерні і зубчастого колеса;

$K_{HV}$  - коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, що виникає в зачепленні. Приймаємо  $K_{HV} = 1,1$ ;

$K_{H\beta}$  - коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця. Приймаємо  $K_{H\beta} = 1,2$ .

Для запобігання втомленого викрашування поверхневого шару зубів у зачепленні повинна виконуватися умова  $\sigma_H \leq \sigma_{HP}$ ,

де  $\sigma_H$  і  $\sigma_{HP}$  - розрахункові та допустимі контактні напруження.

Допустимі контактні напруження визначаються за формулою:

$$\sigma_{HP} = \sigma'_{HP} \cdot K_{HL},$$

де  $\sigma'_{HP}$  - граничні контактні напруження, що відповідають базовому числу  $N_{HO}$  циклів зміни напружень.

$K_{HL}$  - коефіцієнт довговічності, рівний 1, якщо  $\frac{N_{HE}}{N_{HO}} > 1$ ;

$$K_{HL} = 6 \sqrt{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}},$$

у протилежному випадку

де  $N_{HE} = 60 \cdot t_q \cdot n$  - еквівалентне число циклів зміни напружень;

$n$  - частота обертання, хв.<sup>-1</sup>.

$t_q$  - повне число годин роботи передачі на розрахунковий термін служби.

### 2.1.3 Розрахунок валів

Основні навантаження на вали коробок передач виникають при передачі крутних моментів від двигуна до виконавчих органів верстата. Розрахунок вала необхідно робити для випадків, коли будуть передаватися найбільші крутні та згинальні моменти і навантаження на опори валів.

Для можливості попереднього проектування необхідно орієнтовно визначити діаметри валів привода.

Оскільки на даному етапі проектування не відомі ні довжини валів (їх можна вибирати з оригінальними розмірами), ні місця прикладення сил і дії опорних реакцій, то попередній розрахунок проводиться тільки на крутіння, по знижених допустимих напруженнях, які беруться в межах  $\tau_k = 0,5 - 0,25 \tau_{\text{к}}$  МПа.

В якості матеріалу валів приймаємо сталь 40Х.

Найменший діаметр (під підшипники) вала, який розраховується, визначається по формулі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_k}{0,2 \tau_k}} \quad (2.1.2)$$

Для порожнього валу з внутрішнім діаметром

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_k}{0,2 \cdot [\tau_k]} + d_{\text{вн}}^3} \quad (2.1.3)$$

### 2.1.4 Розрахунок шпиндельного вузла

Шпиндельний вузол – один з основних елементів металорізального верстата, який в значній мірі визначає його точність та продуктивність. Шпиндельний вузол повинен мати високі точність обертання, жорсткість, швидкохідність та довговічність, які обмежені тепловиділенням та температурними деформаціями.

Важливий етап проектування шпиндельного вузла – вибір типу опор. Для опор шпиндельних вузлів застосовують підшипники кочення, ковзання, гідродинамічні, аеростатичні.

Більш 95% верстатів виготовляються зі шпиндельними вузлами на підшипниках кочення, вимоги до основних параметрів яких постійно зростають.

Діаметр шпинделя під передньою опорою приймаємо по рекомендаціях [26]. За швидкохідністю, що визначається добутком  $n_{\text{max}} \cdot D$ , та діаметром шпинделя  $D$  приймаємо одну зі схем, наприклад наведену на рисунку 2.3. Тоді в передній опорі встановлюємо роликаний дворядний підшипник з короткими циліндричними роликами та шариковий упорно-

радіальний підшипник, а в задній – роликовий дворядний підшипник з короткими циліндричними роликами.

Діаметр шпинделя під задньою опорою приймаємо з конструктивних міркувань за умови установки елементів приводу.

Основні розміри шпиндельного вузла – діаметр  $d$  шийки шпинделя під передньою опорою та відстань  $l$  між опорами вибирають з розрахунку шпинделя на жорсткість. Виліт  $a$  переднього кінця шпинделя (довжина консолі) визначають за стандартними розмірами з урахуванням розмірів ущільнень.

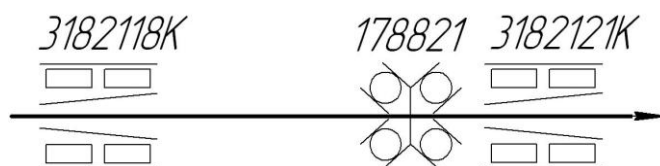


Рисунок 2.1.3 – Схема шпиндельного вузла

Прогин шпинделя через пружну податливість опор під дією консольного зусилля:  $y_1 = \frac{P \cdot (1 + \lambda^2)}{c_1 \cdot \lambda^2} + \frac{P}{c_2 \cdot \lambda^2}$ ; (2.1.4)

де  $\lambda = l/a$ ;

$l$  – відстань між опорами шпинделя, мм;

$a$  – виліт кінця шпинделя, мм;

$P$  – сила на консолі, Н;

$c_1, c_2$  – податливість передньої та задньої опор відповідно.

Прогин кінця шпинделя як пружної балки:

$$y_2 = \frac{P \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{J_2}{J_1}\right)}{c_0} \quad (2.1.5)$$

де  $c_0 = 3EJ_2 / a^3$  – умовна жорсткість консольної частини шпинделя;

$E$  – модуль пружності матеріалу шпинделя ( $E=2 \cdot 10^5$  мПа);

$J_1, J_2$  – середні моменти інерції поперечного перерізу відповідно шпинделя між опорами та консолі шпинделя.

Сумарне зміщення шпинделя:  $y_\Sigma = y_1 + y_2$

Жорсткість шпиндельного вузла:

$$j_\Sigma = \frac{1}{c_\Sigma} = \frac{1}{\frac{a^2}{3 \cdot E} \cdot \left[ \frac{a}{J_2} + \frac{l \cdot (1 - \xi)}{J_1} \right] + \frac{1}{j_1} \cdot \left[ \frac{a \cdot (1 - \xi) + l}{l} \right]^2 + \frac{1}{j_2} \cdot (1 - \xi) \cdot \frac{a^2}{l^2}}, \quad (2.1.6)$$

де  $J = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$  – момент інерції полого валу,

$D$  – середнє значення діаметру шпинделя на відповідному проміжку;

$d$  – середнє значення діаметру отвору на даному проміжку.

Пружні зміщення у опорах кочення складаються з пружних зближень тіл кочення і кілець, та контактних деформацій на поверхнях посадки кілець на шпindel та в корпус:

$$\delta = \delta' + \delta'' . \quad (2.1.7)$$

Пружне зміщення тіл кочення та кілець підшипників середніх розмірів:

$$\delta' = K_1 \cdot P^\alpha . \quad (2.1.8)$$

Контактні деформації на поверхні посадки кілець підшипників:

$$\delta'' = \frac{4 \cdot P \cdot K_2}{\pi \cdot d \cdot b} \left( 1 + \frac{d}{D} \right), \quad (2.1.9)$$

де  $K_2 = 0,0005 \dots 0,0025 \text{ мм}^3 / \text{Н}$ ;

$d, D$  – внутрішній та зовнішній діаметри підшипника відповідно, мм;

$b$  – ширина підшипника, мм.

Жорсткість підшипника, Н/мм:  $j = \frac{P}{\delta' + \delta''} \quad (2.1.10)$

Робимо висновок про достатність жорсткості шпинделя.

Для змащування опор кочення застосовуємо рідке мастило. Систему змащування рідким матеріалом вибираємо виходячи з потрібної швидкохідності шпинделя з врахуванням його положення, умов підводу мастила, конструкції ущільнень. Приймаємо циркуляційне змащування.

Так як шпindelний вузол працює у напружених умовах та його частота обертання може змінюватися у широкому діапазоні, то й відповідно змінюється температура у опорах. В такому випадку будемо використати системи надлишкового змащування.

Циркуляційне змащування передньої опори здійснюється автономною системою, яка призначена лише для шпindelного вузла. Передбачається вільний злив мастила з опори, що не допускає його застій та знижує температуру опори. Циркуляційне змащування задньої опори здійснюється так, як і передньої.

## 2.2 ПРОЕКТУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ОБРОБКИ

### 2.2.1 Загальний порядок проектування збірного інструменту

Дане завдання формулюється наступним чином. Для заданих поверхонь запропонувати тип та спроектувати необхідний різальний інструмент.

Виконання включає наступні етапи:

- вибір типу інструменту, матеріалу та геометричних параметрів різальної частини;
- розрахунок параметрів установки різального елемента у корпусі інструмента;
- вибір типу кріплення і базування різального елемента у корпусі інструмента, що забезпечує задану точність обробки, і методу кріплення інструмента на верстаті, що особливо важливо для інструментів автоматичних ліній і верстатів з ЧПК;
- вибір допоміжного інструмента або елементів кріплення до шпинделя.

### 2.2.2 Вибір типу інструменту, матеріалу та геометричних параметрів різальної частини

Складені (з привареними, припаяними, приклеєними різальними елементами) та збірні з механічним кріпленням різальних елементів інструменти одержали широке поширення внаслідок економії інструментальних матеріалів, можливості відновлення розмірів інструмента після зносу і т.п.

Корпуси інструментів з припаяними пластинами з твердого сплаву доцільно робити зі сталей 30ХГСА (переважно) чи 40Х. Сталь 30ХГСА має ту перевагу, що після напайки твердосплавних пластин на установках струмів високої частоти (СВЧ) при охолодженні на повітрі твердість корпусу складає  $HRC_e$  35—38. Для напайки використовують припої ПНМц 68-4-2, АНМц 0,6-4-2, П102 і ін. Розміри твердосплавних пластин для складених інструментів приведені в ГОСТ 2209—82.

Застосування клейових з'єднань у складеному інструменті дозволяє надійно з'єднати з корпусом різальні елементи зі швидкорізальної сталі, вольфрамових і безвольфрамових твердих сплавів, мінерало-керамічних і синтетичних надтвердих матеріалів, тобто практично всі види інструментальних матеріалів, у тому числі ті, що не піддаються зварюванню чи припаюванню. Довговічність і стійкість інструментів клеєної конструкції вище, ніж у напаяних, через можливість забезпечення твердості корпусу інструмента  $HRC_e$  46...51 і відсутності внутрішніх напружень в різальних елементах викликаних напайкою.

Для склеювання інструментів застосовують клеї марок «Інструментол» (прутковий), ТК-78, ВК-424 та інші. Термостійкість клеїв - до 350 °С та більше. Товщина клейового шву повинна становити 0,05...0,1 мм, шорсткість поверхонь, що склеюються,  $Ra = 1,87$  мкм (при обробці дробом) чи  $Ra = 0,64...0,74$  мкм (при шліфуванні). Внаслідок відносно невеликого тимчасового опору (50—60 МПа) клейового з'єднання при зрушенні варто застосовувати такі способи базування різальних елементів при яких сили різання сприймаються базовими поверхнями корпуса інструмента.

Для інструментів з припаяними чи приклеєними до корпуса різальними елементами (торцеві і кінцеві фрези, зенкери і т.д.) та інструментів з механічним кріпленням вставних ножів (торцеві фрези, розточувальні голівки і т.д.) задача розрахунку зводиться до визначення кута  $\omega$  нахилу і зсуву  $E$  паза під пластину чи ножа відносно діаметральної площини. Зазначені параметри повинні бути такими, щоб при плоскій пластині була забезпечена задана геометрія частини різального інструмента: кути  $\varphi$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$  в точці вершини леза. Параметри  $\omega$  і  $E$  необхідні і для виконання операції фрезерування паза під різальний елемент у корпусі.

Вибір матеріалу та типу інструменту розглянемо на прикладі розробки конструкції торцевої фрези. Алгоритм її проектування зведено в таблицю 2.2.1.

Таблиця 2.2.1 – Алгоритм розрахунку торцевої фрези

Вибір геометричних параметрів різальної частини фрез	[10], [12], [14]
Вибір конструкції фрези	Методичні вказівки, [5,с.91-93], [10], [11,с.345-347], [12], [13,с.195-200], [14]
Вибір типу пластинки	[10], [11], [12], Методичні вказівки
Установка пластин в корпусі фрези по передній (задній) площині Розрахунок базування пластин фрези для установки на кути $\varphi$ та $\varphi_1$ Перевірка виконання додатних задніх кутів на допоміжному різальному лезі	[8,с.223], п.8.23 Методичні вказівки
Вибір числа зубів фрез	[11,с.342], [22,с.188-189], [13,с.195-200]
Вибір допоміжного інструмента	[10], [11],[12], [13]
Розрахунок режимів різання	[21], [24 ]



### 2.2.3 Конструкції збірних торцевих фрез

Слід обирати таку конструкцію, яка забезпечує необхідні геометричні параметри та може бути використаною для ефективної обробки поверхні заданої ширини. Загальний вигляд фрез за деякими з ГОСТів приведений на рисунках 2.2.1, 2.2.2.

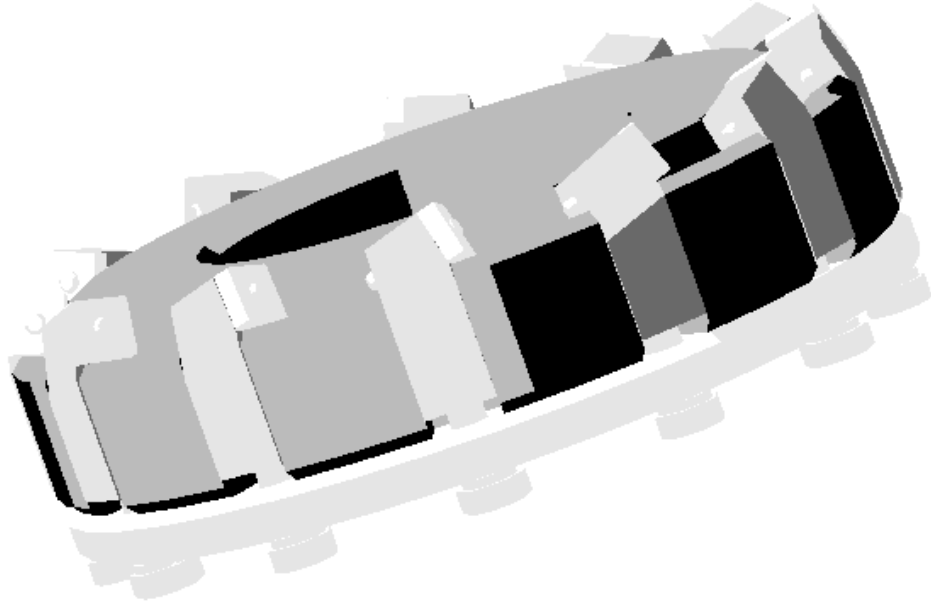


Рисунок 2.2.1 – Конструкція збірної торцевої фрези (ГОСТ 22085-76 )

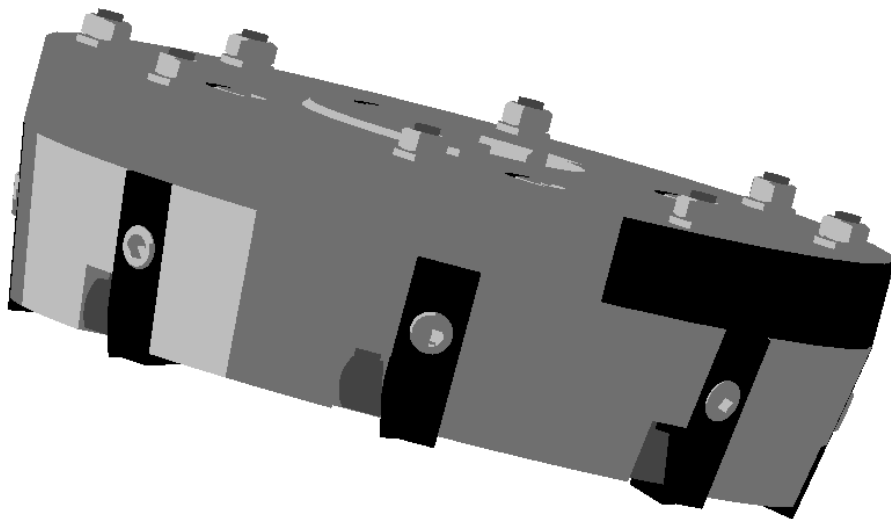


Рисунок 2.2.2 – Конструкція збірної торцевої фрези з механічним кріпленням пластини клином

Конструкції інструментів для чистової обробки крім розподілення функцій по зрізання припуску між лезами повинні забезпечувати регулювання положення різальних лез.

## 2.2.4 Розрахунок параметрів установки різального елемента у корпусі інструмента

Знаходження кута  $\omega$  нахилу і зсуву  $E$  паза під пластину чи ножа відносно діаметральної площини (рисунки 2.2.3, 2.2.4) описано в задачах восьмого розділу посібника [8]. Особливу увагу приділи задачам 8.23, 8.24, слід приділити увагу також задачам 8.8-8.10 та іншим з цього розділу. При знаходженні параметрів можливо використовувати матричний спосіб перетворення систем координат та пакет програм MathCAD.

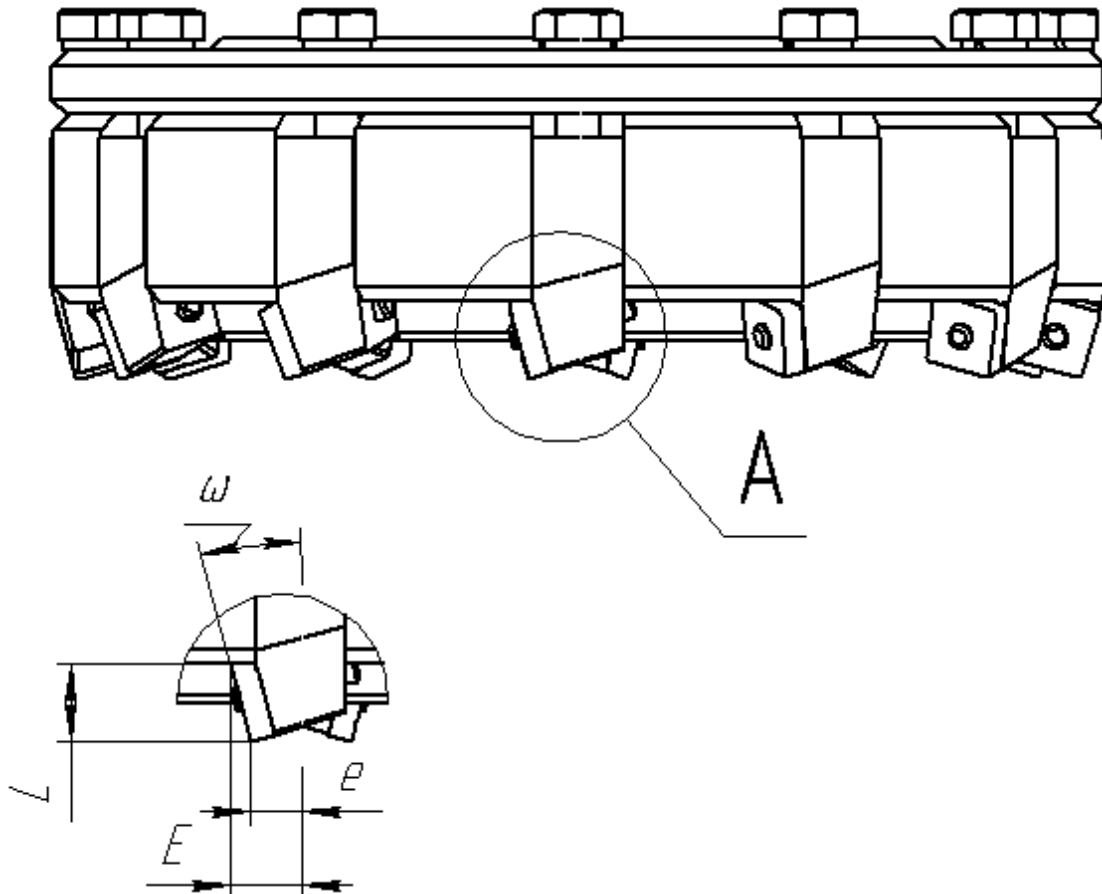


Рисунок 2.2.3 - Схема для визначення зсуву паза для торцевих фрез, оснащених складеними ножами при негативних  $\gamma_{pd}$  і  $\omega$

Для торцевих фрез, оснащених БНП з механічним кріпленням або ножами з припаяними пластинами з твердого сплаву, повздовжній  $\gamma_{nz}$  та поперечний  $\gamma_{mn}$  кути (рисунок 2.4) визначаються згідно залежностей

$$tg\gamma_{nn} = tg\gamma \cdot \sin\varphi + tg\lambda \cdot \cos\varphi. \quad (2.2.1)$$

$$tg\gamma_{nd} = tg\gamma \cdot \cos\varphi - tg\lambda \cdot \sin\varphi \quad (2.2.2)$$

де  $\gamma_{mn}$ - поперечний передній кут,  $\gamma_{nd}$  - повздовжній передній кут

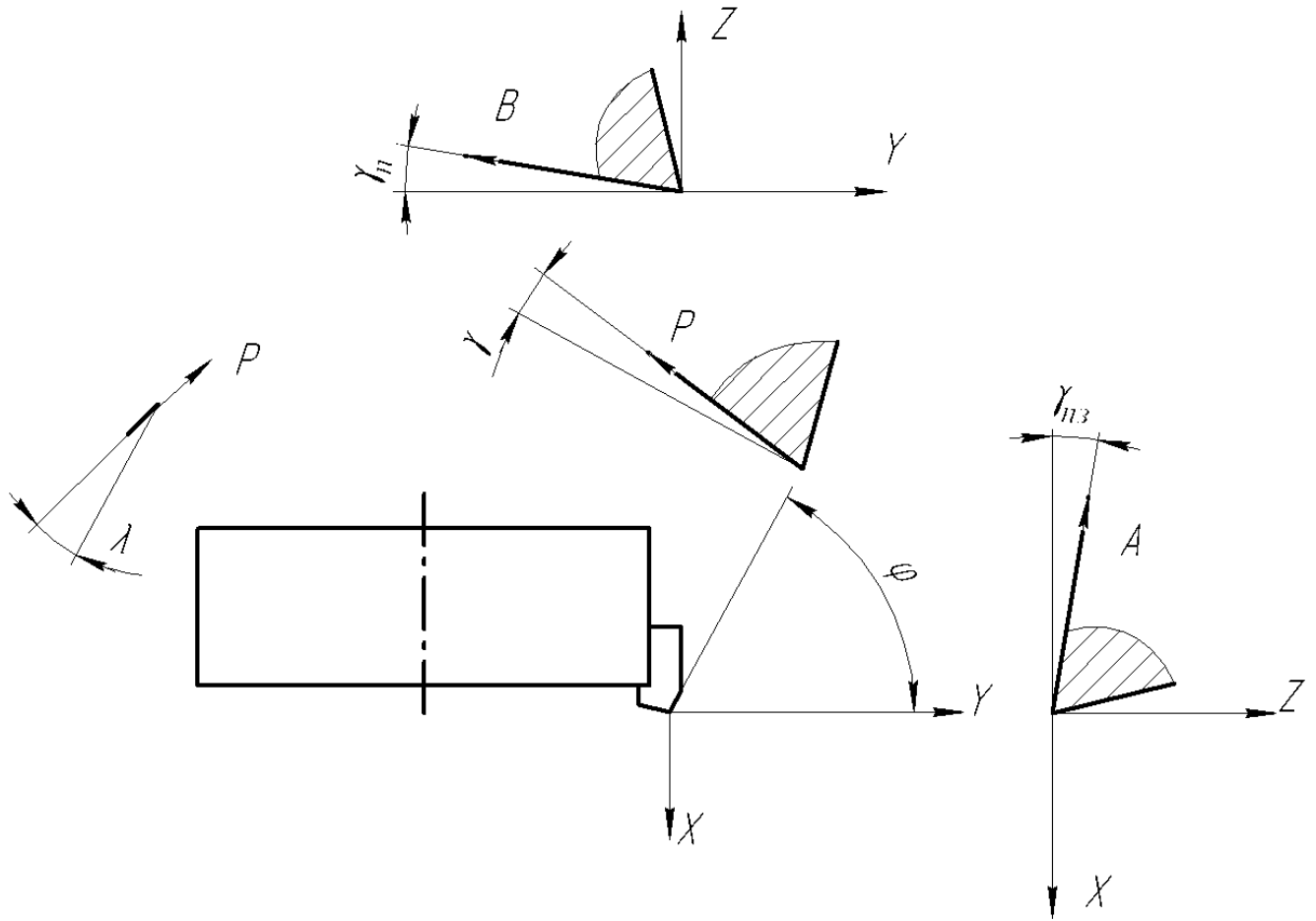


Рисунок 2.2.4 – Поздовжні та поперечні передні кути торцевої фрези

Параметри  $\omega$  і  $E$  знаходять по формулах

$$tg\omega = tg\gamma_{n0} \cdot \cos\gamma_{nn} \quad (2.2.3)$$

$$E = e + L \cdot tg\omega \quad (2.2.4)$$

Задній кут пластинки:  $\alpha_{nl} = 90 - (\alpha_N + \gamma_N)$  (2.2.5)

$$ctg\alpha_N = ctg\alpha \cdot \cos\lambda, \quad (2.2.6)$$

де  $tg\gamma_N = tg\gamma \cdot \cos\lambda$  (2.2.7)

Кут нахилу установочної поверхні державки  $\omega$ , та відстань  $L$  розташування паза від осі фрези (рисунок 2.2.5), використовують для виготовлення довільного збірного інструменту.

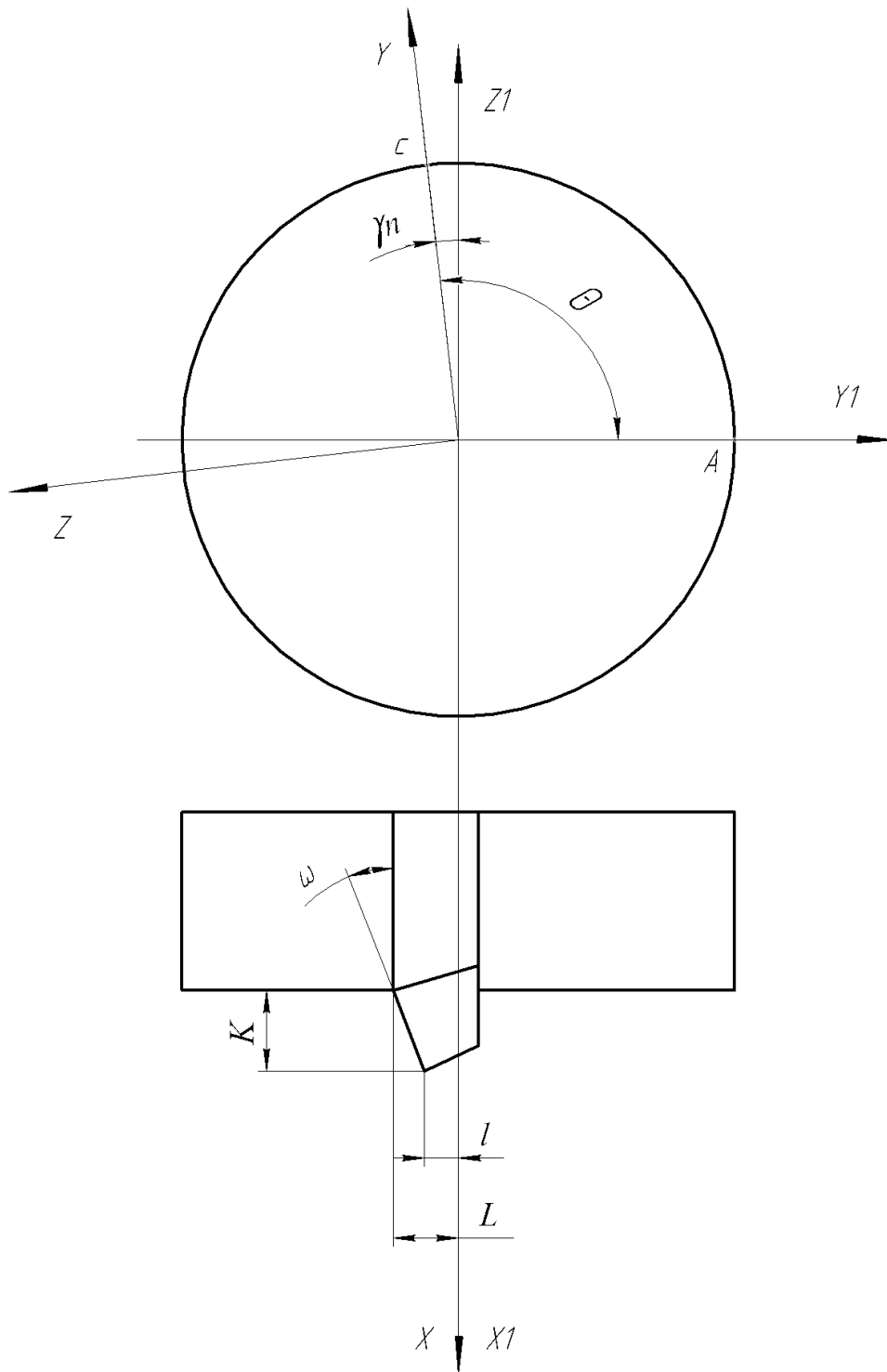


Рисунок 2.2.5 – Положення паза збірної торцевої фрези

### 2.2.5 Форми, розміри і точність пластин

Регламентовані ГОСТ 19042 - 80, ГОСТ 24257 - 80 та ін. Існують наступні типи пластин.

1. По призначенню: різальні, опорні, стружколоми. Опорні пластини застосовують, забезпечуючи більшу довговічність корпусу.

Стружколоми передбачені, оснащених плоскими пластинами трьох- і чотиригранної форми.

2. За формою: шестигранні і п'ятигранні; круглі; квадратні; тригранні; ромбічні з найменшими кутами при вершині 35, 50, 75, 80, 86°; шестигранні з кутом при вершині 80°; прямокутні; із паралельними гранями та кутом при вершині 55, 84, 85, 88°.

Визначення форми пластини, тобто числа  $n$  її граней.

$$n = \frac{360}{\varphi + \varphi_1}, \quad (2.2.8)$$

де  $\varphi$  і  $\varphi_1$  - задані кути в плані.

При дробовому  $n$  його округляють до цілого числа, змінюючи кут  $\varphi_1$ , що повинен складати 5...30°.

Слід мати на увазі, що п'ятигранні та шестигранні пластини не мають задніх кутів  $\alpha_{пл}$ . Тому при подальших розрахунках може бути відкоректована форма пластини та число граней округлено до 3, 4. Для 3-х та 4-х граней пластин вказані [10, с. 127-136] задні кути  $\alpha_{пл} = 0,7, 11, 20^\circ$ .

Кут в плані значно менше впливає на стійкість інструменту ніж значення переднього та заднього кутів. Так, відхилення цих геометричних параметрів від оптимальних значень приводять до значного зменшення стійкості інструменту. Наприклад [6], відхилення величини переднього кута на 5° від його оптимального значення може привести до зниження стійкості у різців до 3 разів, у фрез – до 2 разів; відхилення величини заднього кута на 5° викликає до зниження стійкості у різців в 2 рази, у фрез – до 5 разів та приводять у випадках перебільшення задніх кутів до викрашування різальних кромки.

В той самий час вибір неоптимального значення кута в плані  $\varphi$  приводить до значно меншого зменшення стійкості. Наприклад, під час точіння сталі твердосплавними різцями [7, с.110] та при фрезеруванні [22, с.290], рекомендують зменшувати швидкість різання при збільшенні кута  $\varphi$ . Так, знайдену табличним шляхом швидкість різання слід умножити на відповідне значення коефіцієнту, яке приведено в таблиці 2.2.2.

Таблиця 2.2.2 – Значення коефіцієнту  $K_{\varphi v}$  при точінні та фрезеруванні

$\varphi, ^\circ$	Значення коефіцієнту $K_{\varphi v}$ при	
	<i>точіння</i>	<i>фрезерування</i>
15	1,45	1,6
30	1,13	1,25
45	1	1,1
60	0,92	1
75	0,86	0,93
90	0,81	0,87

3. По конструкції: з отвором; без отвору.

4. За формою передньої поверхні: плоскі, зі стружколамними канавками.
5. По розмірах діаметра вписаного кола: 6,35; 9,525; 12,7; 15,875; 19,05 і 25,4 мм.
6. По величині задніх кутів.
7. По оформленню вершини леза: з радіусом, фасками (перехідними різальними крайками).
8. По точності виготовлення класів допусків: *A, F, C, H, E, G, I, K, L, M, U*.

Для зазначених класів допусків точність діаметра вписаного кола складає від  $\pm 0,013(F)$  до  $\pm 0,25$  мм (*U*); товщини пластини від  $\pm 0,025$  до  $\pm 0,13$  мм; відстані від вписаного кола до вершини леза від  $\pm 0,005$  до  $\pm 0,38$  мм. Пластини точних класів допусків застосовують для багатозубих інструментів і інструментів, що вимагають безпідналагоджувальної зміни пластин (наприклад, для різців автоматичних ліній і верстатів з ЧПК).

Рекомендації по застосуванню пластин різних форм приведені в ГОСТ 19042 - 80. Пластини з без вольфрамових твердих сплавів мають розміри, аналогічні розмірам пластин з вольфрамових сплавів, але випускаються обмеженої номенклатури. За ГОСТ 25003-81 пластини з мінералокераміки випускають чотирьох форм: квадратні, трикутні, ромбічні і круглі з розмірами, аналогічними твердосплавним пластинам без отворів.

**2.2.6 Конструкції інструментів, оснащених багатограними пластинами**, відрізняються великою різноманітністю способів кріплення, які можна звести до декількох схем. Характерні схеми кріплення, приведені на рисунку 2.6.

Кріплення прихватом (рисунок 2.2.6,а) застосовують для пластин без отворів, в тому числі мінералокерамічних. Пластину встановлюють в закритий паз і базують по його опорній і бічній поверхнях. При цьому забезпечується висока точність базування пластин і надійність кріплення. На різцях для обробки сталей може застосовуватися стружколом (рисунок 2.2.7, а).

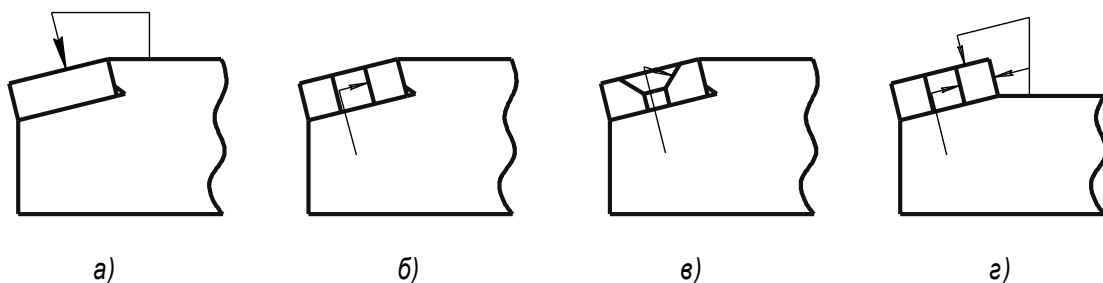


Рисунок 2.2.6 – Схема кріплення багатограних пластин на різцях

Схема, показана на рисунку 2.2.6, б передбачає застосування поворотного елемента (важеля, штифта), що забезпечує притиск пластини до бічних базових поверхонь закритого паза державки, і застосовується для пластин з отвором, забезпечуючи високу точність базування, однак не гарантує точного прилягання опорної поверхні пластини до опорної поверхні на різцетримачі. Один з варіантів даної конструкції представлено на рисунку 2.2.7, б.

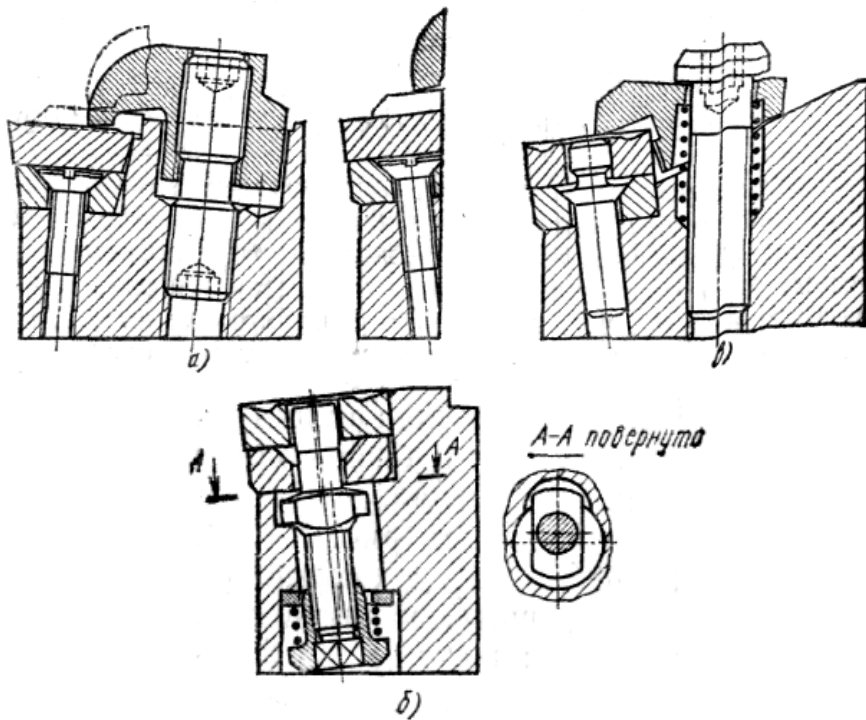


Рисунок 2.2.7 – Конструкція кріплення багатограних пластин

Схема, яка показана на рисунку 2.2.6, в, передбачає застосування пластин з конічним отвором, які кріплять гвинтами з конічною голівкою. Вісь гвинта зміщена на 0,15 мм відносно отвору пластини, забезпечуючи тим самим притиск її до опорної і бічної сторін закритого паза. Таке надійне і малогабаритне кріплення застосовують також на кінцевих фрезах і розточувальному інструменті. Відсутність зазору між опорними поверхнями пластини і корпуса забезпечується притиском пластини при затягуванні кріплення.

За схемою, показаною на рисунку 2.2.6, г, кріплення пластини виконують клином прихватом (рисунок 2.2.7, б) при забезпеченні надійного кріплення.

В таблиці 2.2.3 наведені рекомендації по вибору розмірів пластин і радіусів при вершині в залежності від режимів різання і вимог до шорсткості оброблюваної поверхні.

Таблиця 2.2.3 - Радіуси закруглень при вершині багатогранних пластин

Шорсткість Ra, мкм	H <sub>max</sub>	S <sub>0</sub> , мм/об					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,6	1,6	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,6	4,0	0,11	0,15	0,19	0,22	0,24	0,23
3,2	10	0,17	0,24	0,24	0,34	0,38	0,42
6,3	16	0,22	0,30	0,37	0,43	0,48	0,53
8,0	25	0,27	0,38	0,47	0,54	0,60	0,66
32,0	100	0,54	0,76	0,98	1,08	1,20	1,32

Конструкція фрез і розточувального інструмента повинна забезпечувати мінімальне биття різальних кромки (не більше 0,03...0,05 мм), зручність в експлуатації, безпідналаджувальну заміну і поворот багатогранних пластин, надійне їх базування. Для цих інструментів використовують тільки точні пластини класів *A* чи *F*. Базування пластин по бічних поверхнях повинно проходити по трьох точках (рисунок 2.2.8).

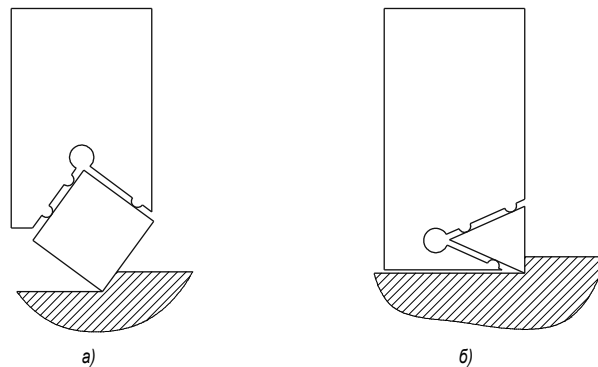
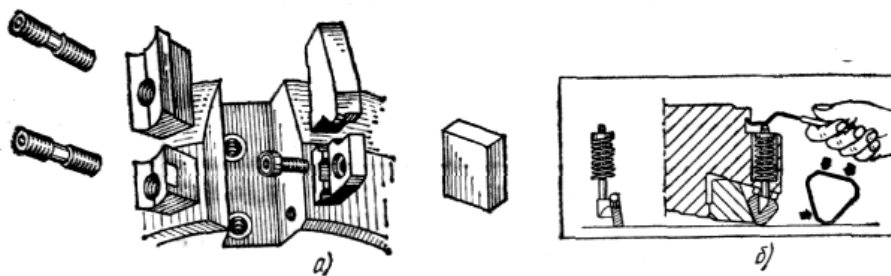


Рисунок 2.2.8 - Схема базування багатогранних пластин на торцевих фрезах та розточувальному інструменті

Складність отримання в корпусах фрез пазів, а також необхідність збільшення довговічності корпуса вимагають застосування проміжного елемента - підкладок, в які встановлюють пластини. Конструкція фрези приведена на рисунку 2.2.9, а.



а - кріплення клинами;

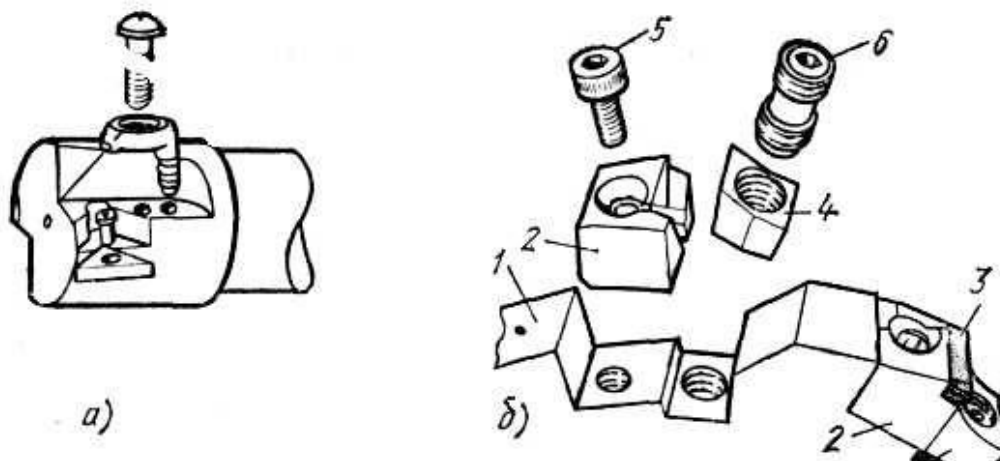
б - кріплення підпружиненою клиноюю тягою

Рисунок 2.2.9 - Конструкції фрез із кріпленням пластин підкладкою :



Регульований осьовий упор кріпиться за допомогою клина. Переваги подібної конструкції в добрій технологічності, але деталі вимагають високої точності виготовлення. Кращою технологічністю володіють фрези зі збірним корпусом, що передбачає застосування кільця під підкладку і кріплення пластин за допомогою підпружиненого клина (рисунок 2.9, б). При цьому забезпечується швидкозмінність пластин.

Кінцеві та дискові фрези (рисунок 2.2.10) оснащують тригранними пластинами з діаметром вписаного кола 6,35 і 9,525 мм,  $\alpha = 0$  (для обробки сталей) і  $\alpha = 11^\circ$  (для обробки чавунів). Паз під пластину фрезерують у корпусі. Кріплення пластини здійснюють прихоплювачем (рисунок 2.2.6 та 2.2.10, а). Дискові двох і трьох сторонні фрези оснащені тригранними пластинами. Пластини встановлюють у підкладки та закріплюють у корпусі клином (рисунок 2.10,б).



1 – корпус; 2 – підкладка; 3 – пластина; 4 – клин;  
5 – гвинт кріплення підкладки; 6 – гвинт кріплення клина  
а – кінцевої; б – дискової

Рисунок 2.2.10 – Схема конструкцій фрез, обладнаних багатограними пластинами

Така установка пластин забезпечує оптимальні кути на різальних кромках, що покращує стійкість різального інструмента.

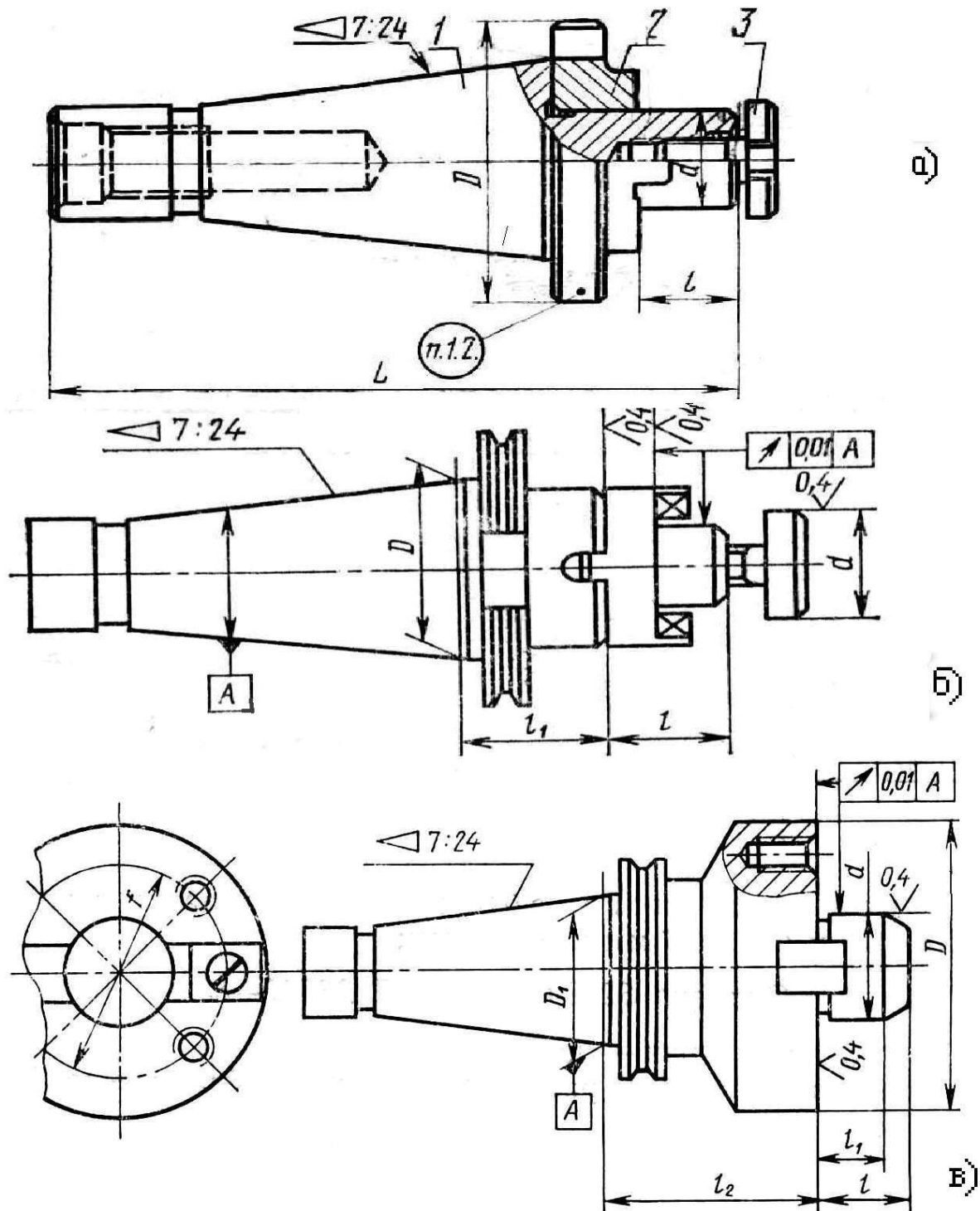
В таблиці 2.2.4 приведені числа зубів кінцевих фрез в залежності від їхнього діаметра.

Таблиця 2.2.4 - Кількість зубів торцевих фрез

Оброблюваний матеріал	Діаметр, мм								
	80	100	125	160	200	250	300	400	500
	Кількість зубів								
Чавун	6	8	10	12	20	24	32	40	52
Сталь	6	8	8	10	10	12	16	20	26

## 2.2.7 Кріплення фрез до шпинделя

Кріплення може здійснюватись через оправки, що приведені на рисунку 2.2.11.



а – Оправка ГОСТ 13785-68

б – Оправка ГОСТ 13786-68

в – Оправка ГОСТ 26538-85

Рисунок 2.2.11 – Оправки для кріплення фрез до шпинделя верстату

## 2.3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТІВ

Третій розділ випускної роботи бакалавра повинен містити питання, які пов'язані з технологією виготовлення та заточування різального інструмента, згідно завдання, що узгоджено з керівником проекту.

Слід звернути увагу, що інструмент може бути виготовленим як в умовах спеціалізованих інструментальних заводів, так і у спеціалізованих цехах крупних машинобудівних підприємств, що впливає на продуктивність, точність, якість його виготовлення, вибір технологічного маршруту, обладнання, верстатних та контрольних пристосувань.

Літературні джерела по технології виготовлення інструмента [1-5, 12, 17] звичайно мають додатки з наведеними необхідними відомостями та маршрутами операцій їх виготовлення. Питання проектування зуборізного інструмента висвітлює книга [18]. При розрахунку режимних характеристик даних операцій виготовлення слід брати до уваги специфіку обробки інструментальних матеріалів.

У даних літературних джерелах систематизовані технологічні процеси, дані необхідні пояснення, що доступні широкому колу читачів. При розробці технології виробництва питання забезпечення та вибору необхідних характеристик якості поверхонь інструмента та їх взаємного розташування повинні бути обґрунтованими.

Значна увага повинна приділятися заточці різального інструмента з урахуванням особливостей вибору абразивного матеріалу та форми кругів, кінематики процесу. Питання, що пов'язані з методикою розрахунків наладки заточувальних верстатів наведено у посібнику [1]. Пояснити необхідність проведення операцій доведення різальних лез, їх кінематику та вміст.

У сучасному машинобудуванні все більшої уваги набувають питання контролю виробів, у тому числі, що проводиться на технологічному обладнанні в процесі виробництва. Книги [14, 16, 18] містять описання універсальних та спеціальних приладів контролю інструмента.

Приклад технології виготовлення свердла наведено на рисунку Д.6 (додаток Д).

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Равська Н.С., Мельничук П.П., Касьянов А.Г., Родін Р.П. Технологія інструментального виробництва: Підручник для спеціальностей: 7.090202 “Технологія машинобудування”, 7.090203 “Металорізальні верстати та системи”, 7.090204 “Інструментальне виробництво” – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 555 с.
2. Палей М.М. Технологія производства режущего инструмента – М.: Машгиз, 1963 – 486 с., ил.
3. Палей М.М. Технологія производства металлорежущих инструментов – М.: Машиностроение, 1983 – 278 с., ил.
4. Технологія изготовления режущего инструмента/ А.И. Барсов, А.В. Иванов, К.И. Кладова и др.- М.: Машиностроение, 1979. – 136 с., ил.
5. Иноземцев Г.И. Проектирование металлорежущих инструментов.- М.: М-е, 1984. – 272 с.
6. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты: Учеб. для вузов / Киев, Вища школа, 1986. – 455 с.
7. Основы резания материалов и режущие инструменты: Учеб. для вузов / П.И. Ящерицын, и др. – Мн.: Высш. шк., 1981. – 512с.
8. Родін П.Р., Равська Н.С., Ковальова Л.І., Родін Р.П. Різальний інструмент у прикладах і задачах. Київ, Вища школа, 1994. – 294 с.
9. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ/ О.В. Тарачынов – М.: Высш. шк., 1991 – 452 с.
10. Справочник инструментальщика./ Под ред. Ординарцева, 1995. – 846 с.
11. Кукляк М.Л. та ін. Металорізальні інструменти. Проектування: Навч. посібник /Кукляк М.Л., Афтаназів І.С., Юрчишин І.І. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 556 с.
12. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для Вузов/ Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.: ил.
13. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л. Фадюшин, Я.А. Музыкант, А.И. Мещеряков и др. – М.:Машиностроение, 1990. – 272 с.: ил. – (Б-ка инструментальщика).
14. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб и доп. – М.:Машиностроение, 1990. – 512 с.
15. Справочник металлиста: В 5 т. – Т.3/ Под ред А.Н. Малова – М.: Машиностроение, 1977. – 748 с.
16. Космачёв И.Г. Карманный справочник технолога инструментальщика М.: Машиностроение, 1970. – 264 с.
17. Жигалко Н.И., Киселев В.В. Проектирование и производство режущих инструментов / Под ред. П.И. Ящерицына – Мн.: «Выш. шк». 1975 – 432 с.
18. Технологія изготовления зуборезных инструментов/ П.Р. Родин, В.И. Климов, С.Б. Якубсон – К.: Техніка, 1982. – 208 с., ил.
19. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ/ О.В. Тарачынов – М.: Высш. шк., 1991 – 452 с.
20. Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора инструментальщика – М.: М-е. 1985. – 250 с.

21. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М., Машиностроение. – 1977.
22. С.В. Егоров, А.Г. Червяков. Резание конструкционных материалов и режущий инструмент – “Высш. шк.” 1975 – 188 с.
23. Кочергин А.Г. Курсовое проектирование металлорежущих станков. – Минск, 1991. – 348 с.
24. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М., “Машиностроение”, 1985. – 496 с., ил.
25. Робототехнические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учебное пособие для втузов /Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др. Под общ. ред Ю.М. Соломенцева: М.: Машиностроение, 1989. – 192 с.
26. Пуш В.Э., Пигерт. Р., Сосонкин В.П.. Автоматизированные станочные системы. Под ред Пуша – М.: Машиностроение, 1982 – 319 с.
27. Бочков В.М., Силин С.И. Обладнання автоматизованого виробництва – Львів, 2000 р. – 380 с.
28. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни ”Проектування та технологія виготовлення різального інструменту” для студентів за напрямом підготовки “Інженерна механіка”/ Укл.: Рудик А.В., Кальченко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2003. – 79 с.
29. Методические указания к практическим работам по дисциплине “Режущий инструмент и инструментальное обеспечение автоматизированного производства”/ Сост. А.Г. Долодаренко. – Киев: КПИ, 1991. – 10 с.
30. Методичні вказівки до практичних робіт по курсу “Проектування різального інструменту” / Укл.: Рудик А.В., Кальченко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2000. – 41 с.
31. Попов С.А. Заточка и доводка режущего инструмента: Учеб. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 223 с.; ил.
32. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов: Учебное пособие / Л.Н. Грачев, В.Л. Косовский, А.Н. Ковшов и др. – М.: Высшая школа. – 1986 г. – 288 с. Ил.
33. Барсов А.И. Технология инструментального производства. – М.: М-е. 1967. – 277 с.

## ДОДАТКИ

*Додаток А*

### Титульний аркуш кваліфікаційної роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
Навчально-науковий інститут \_\_\_\_\_.  
Факультет \_\_\_\_\_.  
Кафедра \_\_\_\_\_.

**Допущено до захисту**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 202\_\_р.

### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

\_\_\_\_\_ (назва роботи)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (шифр і назва спеціальності, освітньої програми)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (галузь знань)

Виконавець:  
студент гр. \_\_\_\_\_.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові,) (підпис)

Керівник:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (посада) (науковий ступінь, вчене звання)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові,) (підпис)

Чернігів 202\_\_

**Зворотна сторона титульного аркушу кваліфікаційної роботи**

Я, \_\_\_\_\_,  
підтверджую, що дана робота є моєю власною письмовою роботою,  
оформленою з дотриманням цінностей та принципів етики і академічної  
добročесності відповідно до Кодексу академічної добročесності  
Національного університету «Чернігівська політехніка». Я не  
використовував/ла жодних джерел, крім процитованих, на які надано  
посилання в роботі.

\_\_\_\_\_  
*Дата*

\_\_\_\_\_  
*Підпис*







**Приклад оформлення змісту**  
**ЗМІСТ**

1. ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ .....	7
1.1 Розрахунок кінематичної структури приводу .....	7
1.2 Підбір кількості зубців зубчастих коліс.....	10
2. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ .....	19
2.1 Визначення ККД приводу, потужностей і крутних моментів на валах .....	19
2.2 Розрахунок зубчатих передач на міцність .....	25
2.3 Розрахунок валів.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4 Розрахунок шпindelного вузла .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3. РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ВІДРІЗНОЇ ФРЕЗИ .....	38
3.1 Загальні відомості .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Розрахунок та проектування відрізної фрези.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4. РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДОВБАЧА .....	41
4.1 Загальні відомості .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.2 Проектування довбача .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5. РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ СВЕРДЛА .....	48
5.1 Загальні відомості .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
5.2 Розрахунок .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СВЕРДЛА .....	52
7. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	58
7.1 Управління охороною праці підприємства.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
7.2 Комісія із питань охорони праці та служба охорони праці.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
7.3 Організація роботи на металорізальних верстатах.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
8. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
9. ДОДАТКИ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

Приклади виконання креслень верстатів та інструментів

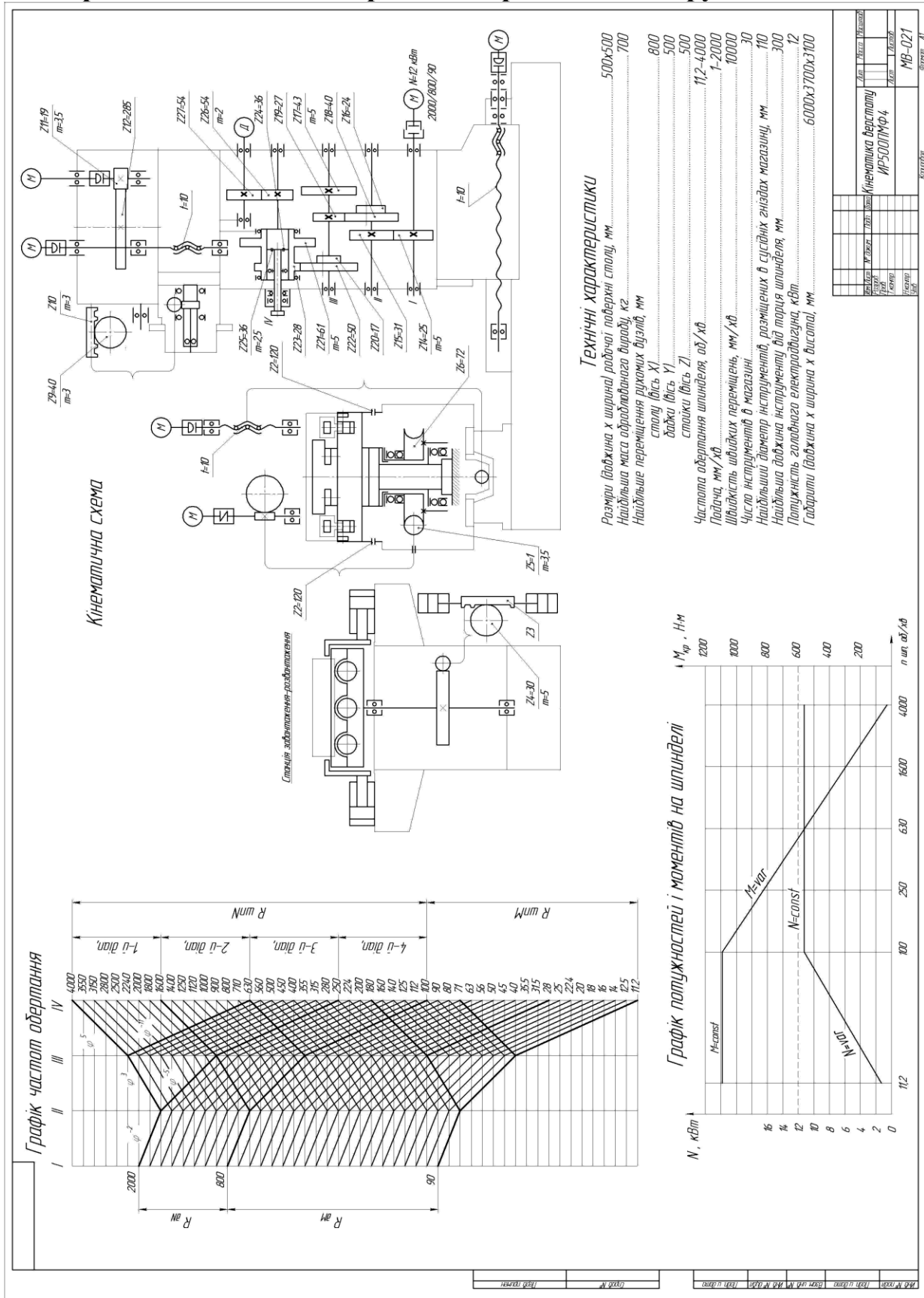
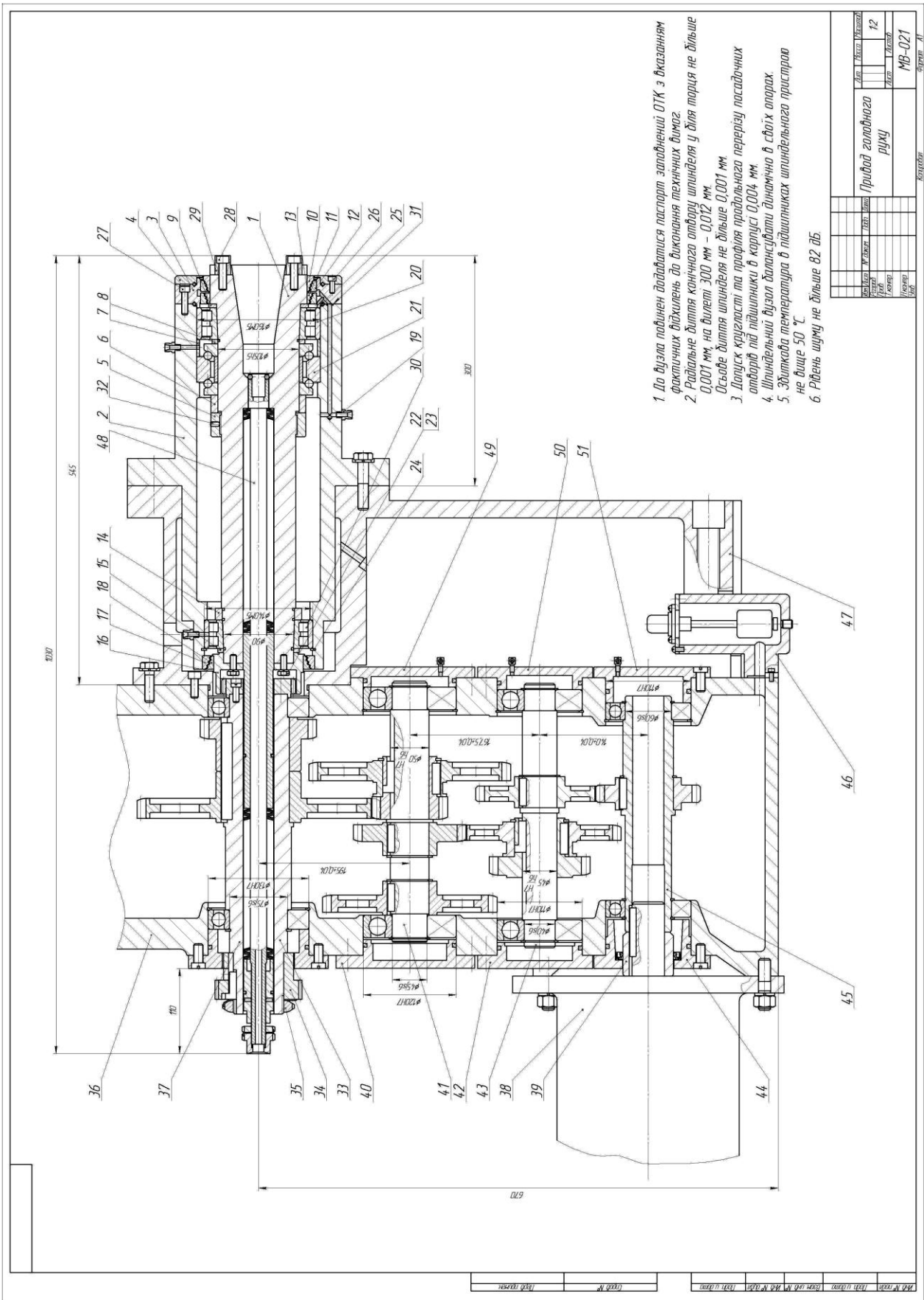


Рисунок Д.1 – Кінематична схема верстата



1. До вузла повинен додаватися паспорт запобігний ОТК з вказанням фактичних відхилень до виконання технічних вимог.
2. Радіальне діаметр кінцевого опідару шпінделя у діля торця не більше 0,001 мм, на діаметрі 300 мм – 0,012 мм.
3. Освіта діаметр шпінделя не більше 0,001 мм.
4. Допуск крутості та профіля радіального перерізу пасадочних опідарів та підшипники в каруселі 0,004 мм.
5. Шпіндельний вузол динамічно встановлено в стійкі опідарах.
6. Здатність температура в підшипниках шпіндельного пристрою не більше 50 °С.
7. Рівень шуму не більше 82 дБ.

№ документа	М. розробки	М. впровадження	М. перегляду	М. скасування	М. ліквідації
Привід головного руху					
МВ-021					

Рисунок Д.2 – Привід головного руху











**Орієнтовний перелік завдань кваліфікаційної випускної роботи  
бакалавра**

1 Модернізація приводу головного руху заданого типу верстату (таблиця Ж.1)

2 Спроекувати для обробки заданих поверхонь деталі приводу головного руху 3-5 інструментів (таблиця Ж.2).

Один із запропонованих викладачем інструментів повинен бути призначеним для обробки зубів коліс або шліцьових валів.

Різальний інструмент для обробки циліндричних зубчатих коліс, який працює за методом обкатки або копіювання, обирають з урахуванням класу точності зубчатого колеса та партії деталей. Необхідно навести потрібні проектні розрахунки та виконати креслення вказаного інструмента. Тип різального інструмента студент вибирає самостійно з обґрунтуванням можливості методу обробки зубів колеса. Порядок розрахунків наведений в літературних джерелах [5, 11, 18]. Під час проектування рекомендується також користуватись відповідними ГОСТами, де маються орієнтовні значення конструкційних параметрів різального інструменту. Порядок розрахунку шнекових фрез наведений в посібниках [5, 7, 11, 12]. Один з інших інструментів (типу торцева фреза. фасонний різець) повинен мати складену конструкцію. Для нього слід привести розрахунки встановлення різального елемента у корпусі для забезпечення оптимальної геометрії [2]. Решта інструментів призначена для обробки отворів та поверхонь обертання.

Таблиця Ж.2 – Орієнтовний перелік завдань для проектування

<b>Деталь</b>	<b>Інструмент, що проектують</b>
<i>вал-шестерня (рисунок Ж.1)</i>	зубообробний інструмент; (шнекова шліцьова фреза); різці збірної конструкції; центрувальне та спіральне свердла; інструмент для обробки отворів
<i>блок зубчатих коліс</i>	інструмент для обробки зубів коліс; протяжка комбінована; набор різців збірної конструкції
<i>фасонна деталь</i>	фасонний радіальний різець; інструменти для обробки різьблень; центрувальне та спіральне свердла
<i>корпусна деталь</i>	узгоджується з викладачем

3 Спроекувати технологію виготовлення інструменту.

4 Проектування пристосувань та модернізація вузлів верстатів для виготовлення та заточення інструменту.

5 Методи контролю різального інструменту.

Таблиця Ж.1 – Завдання до проектування коробки швидкостей

№ варіанту	Верстат	Потужність, кВт	Коеф-т втраг швидкості, $\alpha$ , %	Швидкість різання, м/хв		Діаметр деталі (інструменту), мм		Частота обертання двигуна (з комбінованим регулюванням), $\text{хв}^{-1}$		
				$V_{\max}$	$V_{\min}$	$D_{\max}$	$D_{\min}$	$n_{\max.д}$	$n_{\text{ном.д}}$	$n_{\min.д}$
1	Токарний 16К20Ф3	14	10	100	10	120	5	3000	1500	100
2		22	5	130	6	150	8	2000	800	200
3		30	5	140	6	300	15	2500	750	200
4		11	10	110	12	300	10	2000	500	100
5		14	5	120	10	200	10	2500	700	160
6	Фрезерний 6Р13Ф3	22	10	140	40	330	24	3000	500	100
7		30	5	190	25	280	9	4000	500	150
8		11	5	160	5	250	12	2800	500	100
9		14	10	130	10	400	8	3450	500	175
10		22	5	120	8	350	10	2000	600	100
11	Токарний 1720ПФ	30	5	150	18	190	10	2600	600	250
12		11	10	90	12	350	6	2000	800	100
13		14	5	180	22	500	12	3600	1300	200
14		22	10	200	50	600	28	2460	900	125
15		30	5	160	25	450	45	2500	1250	200
16	Багатоцільовий ИР320	11	10	140	40	630	40	3000	1200	250
17		14	5	180	60	400	25	2000	1000	200
18		22	10	270	95	300	25	2000	600	100
19		30	10	200	67	250	46	2500	1250	220
20		11	5	130	6	200	50	2500	800	150
21	Фрезерний 6Р13Ф3	14	5	80	16	120	10	2000	500	200
22		22	5	130	20	315	35	3000	1500	200
23		30	5	76	16	120	10	3000	1500	500
24		11	5	120	50	200	20	2500	625	200
25		14	10	120	30	315	35	2500	1250	200
26	Багатоцільовий ИР500	22	5	80	16	130	10	2000	500	200
27		30	5	120	50	250	40	2500	625	100
28		11	10	140	25	100	10	2000	800	200
29		14	5	100	10	120	14	3000	500	100
30		25	10	100	6	400	40	2500	800	150

### Приклад варіанту завдання

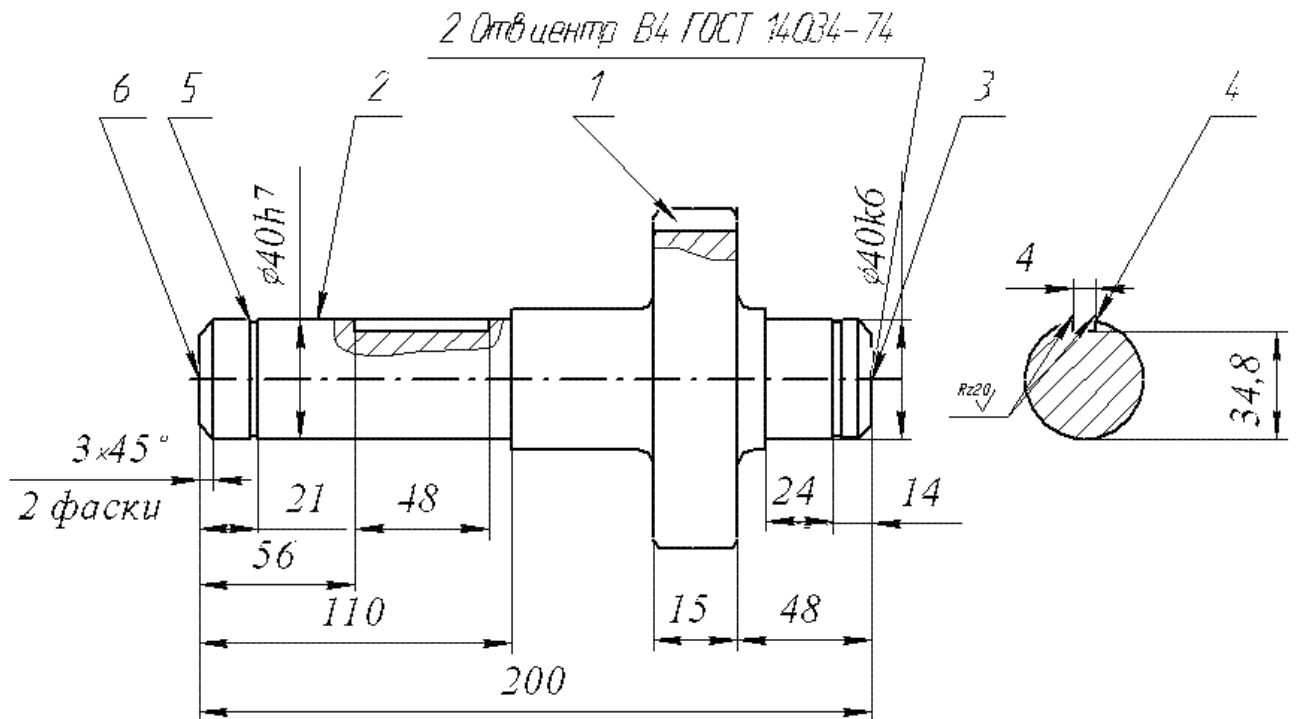


Рисунок Ж.1 – Варіанти деталей та їх поверхні

1. Для поверхонь 1,2,4,6 деталі зі сталі 40Х,  $\sigma_b = 750$  МПа, приведеної на рисунку Ж.1, розробити необхідний різальний інструмент. При розробці робочих креслень обґрунтувати вибір типу інструменту, пластини, марки твердого сплаву, радіусу при вершині, режимних параметрів, перетину державки різця. Обрати і обґрунтувати метод кріплення пластини.

Модуль зубчатого колеса, ступінь точності, кількість зубів та їх напрямок обирають з відповідного розрахунку елементів приводу головного руху.

Розрахувати параметри паза під установку пластини в корпусі різця, виконати робочі креслення деталей. Привести креслення та необхідні розрахунки центрального свердла та кінцевої фрези.

2. Спроекувати технологію обробки одного з вказаних різальних інструментів.

Перелік і зміст операцій заносять до маршрутної карти згідно ГОСТа 1105-74. Технологічний процес виготовлення приведений [1-4, 12, 16 та інших]. Операційну карту механічної обробки оформляють по ГОСТ 3.1404-74.

ЗМІСТ	Стор
ВСТУП .....	3
1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ .....	4
1.1 ВИКОНАННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) .....	4
1.2 ЗМІСТ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) .....	6
1.3 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) .....	9
2 ВИМОГИ ДО ВИПУСКНИХ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ РОБІТ (БАКАЛАВР) .....	15
Вступ .....	15
2.1 ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ .....	17
2.1.1 Побудова кінематичної схеми приводу верстату .....	17
2.1.2 Розрахунок зубчатих передач на міцність .....	18
2.1.3 Розрахунок валів .....	20
2.1.4 Розрахунок шпindelного вузла .....	20
2.2 ПРОЕКТУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЗАДАНИХ УМОВ ОБРОБКИ .....	23
2.2.1 Загальний порядок проектування збірної інструменту .....	23
2.2.2 Вибір типу інструменту, матеріалу та геометричних параметрів різальної частини .....	23
2.2.3 Конструкції збірних торцевих фрез .....	25
2.2.4 Розрахунок параметрів установки різального елемента у корпусі інструмента .....	26
2.2.5 Форми, розміри і точність пластин .....	28
2.2.6 Конструкції інструментів, оснащених багатограними пластинами .....	30
2.2.7 Кріплення фрез до шпинделя .....	34
2.3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТІВ .....	35
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	36
ДОДАТКИ .....	38