

ВСТУП

Розвиток машинобудування на сучасному етапі вимагає наукового підходу до вирішення питань, що пов'язані з розробкою нових та удосконаленням діючих технологічних процесів виготовлення деталей машин та складання виробів. Для даних умов важливе значення має рівень технологічної підготовки бакалаврів за напрямками 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування».

Курсове проектування по технології машинобудування займає в системі технологічної підготовки студентів особливе місце. Курсовий проект є основною формою та методом набуття і закріплення майбутнім бакалавром навичок та умінь самостійної роботи, що необхідні для вирішення конкретних конструкторсько-технологічних задач, а також є важливим етапом підготовки до дипломного проектування та формування у студента вміння аналітичного та творчого мислення.

В процесі курсового проектування по технології виготовлення типових деталей студент закріплює, поглиблює і узагальнює теоретичні та практичні знання, що отримані ним при вивченні таких професійно-орієнтованих дисциплін як «Теоретичні основи технології машинобудування», «Технологія виготовлення типових деталей», «Технологічна оснастка», «Різальний інструмент», «Металорізальне обладнання», «Технологічні методи виробництва заготовок», «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство» тощо. Під час роботи над курсовим проектом студент повинен отримати досвід користування довідниковою літературою, державними та міжнародними стандартами, технологічними регламентами, нормативними таблицями та номограмами, загальномашинобудівними нормами та розцінками, а також ефективно поєднувати довідникові дані з теоретичними знаннями, що отримані в процесі вивчення різних навчальних дисциплін.

Основною метою даного навчального-методичного посібника є ознайомлення студентів з тематикою курсового проектування, складом і змістом курсового проекту, вимогам до його виконання, оформлення, особливостями захисту та оцінювання курсового проекту тощо.

Очевидно, що отримані в процесі курсового проектування по технології виготовлення типових деталей знання, вміння та навички будуть корисними і необхідними при дипломному проектуванні та при виконанні магістерської атестаційної роботи

1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Мета та задачі курсового проектування

Курсове проектування - важливий етап підготовки фахівців, в процесі якого формуються та закріплюються теоретичні знання, розвивається творча активність студента та набувається досвід самостійного вирішення інженерних задач.

Мета курсового проектування по технології виготовлення типових деталей - набуття студентом практичних навичок самостійного проектування технологічних процесів механічної обробки деталей та технологічних процесів складання виробів, проектування спеціального технологічного оснащення, засобів механізації і автоматизації, та підготуватися до виконання дипломного проекту.

Для досягнення поставленої мети студент в процесі курсового проектування повинен вирішити такі задачі:

- систематизувати, поглибити і закріпити знання, що одержані при вивченні фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін і використати їх для самостійного вирішення інженерних задач;
- набути навички самостійної роботи та засвоїти методологію вибору раціональних конструкцій заготовок, розробки технологічних маршрутів та операцій, проведення якісного та кількісного аналізу деталей на технологічність, вибору та конструювання спеціальних видів технологічної оснастки, а також оцінки техніко-економічної ефективності технологічних та конструкторських рішень ;
- здобути навички використання технічної та довідникової літератури, державних і міжнародних стандартів, галузевих методик технологічних та конструкторських розрахунків, а також оформлення пояснювальної записки та графічної частини проекту згідно вимог діючих стандартів системи технологічної документації (ЕСТД) та системи конструкторської документації (ЕСКД) ;
- ознайомитися з особливостями організації та основними етапами проектування технологічних та технічних систем, правилами оформлення комплектів технологічної та конструкторської документації;
- засвоїти методiku публічних виступів з доповідями по науково-технічній тематиці та захисту своїх технічних пропозицій і проектів;

- навчитися правильно та ефективно організовувати свій робочий час для самостійної роботи над курсовим проектом.

Курсовий проект по технології виготовлення типових деталей - самостійна робота студента, якісне та успішне виконання якої залежить від проявленої автором творчої ініціативи, самостійності та організованості в процесі виконання проекту.

1.2. Тематика курсового проектування

Тематика курсового проектування по навчальній дисципліні "Технологія виготовлення типових деталей" повинна бути різноманітною і актуальною та створювати умови для самостійного вирішення технологічних та конструкторських задач, що стоять перед спеціалістами машинобудівних підприємств.

Темою курсового проекту по технології виготовлення типових деталей є розробка нового або вдосконалення діючого технологічного процесу механічної обробки деталі середньої складності (10-12 операцій) при заданій річній програмі випуску, що відповідає малосерійному, серійному або великосерійному типу виробництва. При цьому в проекті вирішуються такі основні задачі:

- обґрунтування способу виготовлення і форми заготовки та розробка її конструкції;
- розробка конструкторсько-технологічних пропозицій щодо підвищення технологічності конструкції деталі;
- розробка раціонального маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі;
- розробка операційних процесів механічної обробки окремих поверхонь деталі;
- обґрунтування та вибір засобів технологічного оснащення;
- проектування спеціальних пристроїв, спеціальних різальних інструментів та засобів контролю для забезпечення заданої точності і продуктивності обробки;
- розрахунок оптимальних режимів різання та норм часу;
- розробка та оформлення необхідного комплексу технологічної та конструкторської документації, згідно вимог стандартів ЄСТД та ЄСКД.

В проекті повинні розроблятися високопродуктивні та ефективні технологічні процеси, що базуються на сучасних досягненнях науки і техніки. В них повинні розглядатися питання комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, використовуватися сучасні металорізальні верстати та технологічна оснастка .

Тематика курсового проектування розробляється випускаючою кафедрою згідно конкретних конструкторсько-технологічних документів машинобудівних підприємств, що є базою для проведення конструкторсько-технологічної практики студентів.

В якості вихідних даних (базового варіанта) в курсовому проекті використовується робоче креслення деталі або складальне креслення машини, механізму (складальна одиниця), технічні вимоги до них, технологія виготовлення або складання, відомості про технологічне обладнання та технологічну оснастку базового підприємства. Ці вихідні матеріали студент повинен зібрати на підприємстві та детально проаналізувати їх під час проходження конструкторсько-технологічної практики, розробити конкретні пропозиції щодо вдосконалення технологічних процесів, що будуть реалізовані в курсовому проекті.

Тематика курсових проектів для студентів заочної форми навчання та студентів денної форми навчання, що не проходили практику на виробництві встановлюється керівником проекту та затверджується кафедрою.

В окремих випадках при необхідності вирішення актуальних задач виробництва згідно замовлень підприємств або за ініціативи кафедри, студенту може бути запропонована тема курсового проекту, що направлена на розробку та впровадження у виробництво нових технологічних та конструкторських рішень. Обсяг та зміст такого курсового проекту встановлюється керівником, погоджується з представником підприємства та затверджується кафедрою.

Теми проектів можуть бути індивідуальними або комплексними. Комплексна тема виконується групою, що складається з двох або трьох студентів, але з обов'язковою індивідуальною роботою кожного з них та розробкою і проектуванням кожним студентом свого комплексу текстової, технологічної та конструкторської документації.

Завдання на курсове проектування видається індивідуально кожному студенту та оформлюється на спеціальному бланку(див. додаток Д.1.2.).

1. 3. Вихідні дані для виконання курсового проекту

Для розробки в курсовому проекті технологічного процесу механічної розробки заданої деталі або технологічного процесу складання виробу студент під час проходження конструкторсько-технологічної практики на підприємстві повинен отримати такі вихідні дані :

- робоче креслення деталі, складальне креслення виробу з

- відповідним технічними умовами на виготовлення та складання. Для проектування типових або групових технологічних процесів необхідно мати робочі креслення деталей, що утворюють певний тип або групу;
- річна програма виготовлення деталей або виробів, склад їх комплектів та терміни виготовлення;
 - складальні креслення спеціальних верстатних та контрольно-вимірвальних пристроїв, креслення спеціального різального і контрольно-вимірвального інструменту, що використовуються на базовому підприємстві;
 - комплект технологічної документації (ТЛ, МК, ОК, КЕ), що використовуються для виготовлення деталі або виробу в умовах базового підприємства ;
 - каталоги металорізальних верстатів або технічні характеристики верстатів та іншого технологічного обладнання, що експлуатуються на базовому підприємстві;
 - інформація про технологічну оснастку (пристрої, різальний інструмент, допоміжний інструмент, контрольно-вимірвальний інструмент тощо), що використовується при виготовленні деталі;
 - міжнародні, державні, міждержавні та галузеві стандарти, довідникові дані технічних характеристик конструкційних матеріалів, припусків і допусків, режимів різання, норм часу, тощо;
 - галузевий технологічний класифікатор деталей та класифікатор технологічних операцій ;
 - типові технологічні процеси, технологічні регламенти та діючі на базовому підприємстві технологічні процеси механічної обробки або складання виробів.

1.4. Керівництво курсовим проектуванням

Робота студентів над курсовим проектом організовується кафедрою та керівником проекту. Керівник видає завдання на курсове проектування на початку семестру, розробляє поетапний графік роботи студента над проектом, складає графік захисту, розклад консультацій, постійно контролює роботу студентів. Студент при виконанні курсового проекту керується даними навчально-методичними вказівками, а також вказівками та рекомендаціями викладача - керівника проекту, що призначається кафедрою.

Задача керівника - допомагати студенту у виборі технічної

літератури з питань, що виникають у студента в процесі проектування: ставити перед студентом проблеми інженерного характеру; спонукати його шукати та знаходити логічно обгрунтовані технічні рішення, а якщо студент робить помилки - вказати на них, але не виправляти їх, тим самим дати можливість студенту самому розібратися в своїх помилках і знайти шляхи їх виправлення; знайомити студентів з існуючими методиками вирішення інженерних задач, але не надавати їм готові рецепти (рішення).

Студент повинен пам'ятати, що він являється автором проекту і відповідає за всі технічні рішення та розробки, що прийняті в курсовому проекті. В процесі роботи над проектом студент повинен проявити максимум самостійності і повинен розуміти, що якісними і глибокими є тільки такі знання та навички, що здобуваються наполегливою самостійною працею.

Повністю виконаний курсовий проект - весь комплект розроблених технологічних та конструкторських документів подається керівнику на загальну перевірку та затвердження. Проект, що потребує доопрацювання, повертається студенту. Проект, що відповідає всім вимогам кафедри підписується керівником, що і є його затвердженням. Після цього курсовий проект представляється до захисту.

1.5. Захист курсового проекту

В своїй практичній діяльності інженеру часто приходится виступати з публічними доповідями та повідомленнями по розробленим їм технічним проектам і пропозиціям, приймати участь в обговоренні різних технічних питань, а це потребує в свою чергу вміння коротко і чітко доповідати, виділяти головне в своїх пропозиціях, показувати їх цілеспрямованість, швидко орієнтуватися в задачах, що розглядаються, коротко та дохідливо відповідати на поставлені питання. Тому однією з важливих задач курсового проектування є ознайомлення студентів з таким видом інженерної діяльності.

Захист курсового проекту є одним із важливих етапів навчального процесу, що дає можливість оцінити загальний рівень знань інженерної та загальнотехнічної підготовки студента, а також навчити його технічно грамотно та логічно обгрунтовано захищати запропоновані ним нові технічні рішення (проекти).

Студент допускається до захисту курсового проекту тільки після отримання на проекті відмітки керівника "*до захисту*". Закінчений і підписаний керівником проект студент захищає перед комісією, склад

якої призначається кафедрою.

Захист курсового проекту складається із доповіді студента про виконану роботу одержані ним результати та відповідей його на запитання, що задають члени комісії.

В своїй доповіді тривалістю не більше 8...10 хв., а також у відповідях на поставлені запитання, студент повинен показати повне розуміння всіх розділів проекту, обґрунтувати всі технологічні та конструкторські рішення проекту, пояснити призначення та принцип дії спеціальних пристроїв, що розроблені в проекті, показати вміння користуватися державними стандартами, довідниковою літературою.

В доповіді необхідно обов'язково вказати, що нового розробив студент в даному технологічному процесі та чим він відрізняється від базового варіанту. Необхідно вказати результати виконання спеціальної частини проекту та зробити висновки про можливість впровадження отриманих результатів у виробництво.

Доповідь рекомендується будувати в такій послідовності :

- тема проекту та вихідні дані ;
- визначення основних технологічних і конструкторських задач, що вирішуються в курсовому проекті ;
- особливості розробленого в проекті технологічного процесу (послідовність виконання операцій, прийняті чорнові та чистові технологічні бази, обладнання, технологічна оснастка) та його відмінність від базового варіанту ;
- особливості, принцип дії та основні технологічні задачі, що вирішуються за допомогою спеціальної технологічної оснастки, що розроблена в курсовому проекті ;
- результати виконання спеціального розділу проекту ;
- загальні висновки.

Доповідь рекомендується підготувати у письмовій формі. Після доповіді студент відповідає на запитання викладачів-членів комісії, що приймають проект.

1.6. Оцінка курсового проекту

За результатами роботи над курсовим проектом та захисту студенту в екзаменаційній відомості виставляється його загальна оцінка з врахуванням :

- якості виконання пояснювальної записки проекту (в залежності від ступеня повноти, обсягу, правильності виконання розрахунків, технічної грамотності, оформлення, оригінальності і самостійності рішень, тощо);

- якості виконання графічної частини проекту (відповідність вимогам ЄСКД, глибина конструкторських розробок, правильність розрахунків, тощо) ;
- систематичності роботи студента над проектом та своєчасності його виконання ;
- захисту проекту (якість і повнота доповіді, вміння викладати результати роботи, обґрунтовувати прийняті рішення, вміння відповідати на поставлені запитання, тощо) .

2. СКЛАД ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

2.1. Склад курсового проекту

Курсовий проект по технології машинобудування складається з технологічної та конструкторської частин.

Технологічна частина проекту включає вирішення таких питань:

- аналіз призначення та конструкції деталі;
- аналіз технологічності конструкції деталі;
- аналіз базового варіанту технологічного процесу;
- визначення типу виробництва;
- вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення;
- розробка технологічного процесу виготовлення деталі;
- розрахунки загальних та міжопераційних припусків;
- розробка та обґрунтування змісту технологічних операцій;
- вибір технологічного обладнання;
- вибір засобів технологічного оснащення;
- розробка технічних завдань на проектування спеціальної оснастки;
- розрахунок режимів різання;
- технічне нормування операцій технологічного процесу;
- розробка карт наладок технологічних операцій;
- розробка та оформлення комплексу технологічної документації, необхідної для виготовлення деталі (або складання виробу) .

Конструкторська частина проекту включає :

- проектування та розрахунки спеціальної технологічної оснастки, засобів механізації та автоматизації, що необхідні для підвищення ефективності розробленого технологічного процесу;
- складальні креслення конструкцій спеціальних видів технологічної оснастки, що розроблена в проекті.

В закінченому вигляді курсовий проект, що подається студентом до захисту складається з пояснювальної записки, графічного матеріалу, комплексу технологічної документації та додатків.

2.2. Зміст та обсяг пояснювальної записки

Пояснювальна записка є основним документом курсового проекту, в якому представлені результати виконаних технологічних, конструкторських, організаційних, економічних та науково-дослідних розробок. Обсяг пояснювальної записки, як правило, складає 40-50 сторінок формату А4.

Рекомендується наступний зміст пояснювальної записки курсового проекту .

Титульний аркуш

Завдання на проектування

Відомість курсового проекту

Анотація

Вступ

1. Технологічний розділ

- 1.1. Призначення та аналіз конструкції деталі
- 1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі
- 1.3. Аналіз існуючих варіантів технологічних процесів
- 1.4. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва
- 1.5. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення
- 1.6. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі
- 1.7. Визначення загальних та міжопераційних припусків на обробку деталі
- 1.8. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу
- 1.9. Вибір технологічного обладнання
- 1.10. Вибір засобів технологічного оснащення
- 1.11. Розрахунок режимів різання
- 1.12. Технічне нормування технологічного процесу

2. Конструкторський розділ

- 2.1. Загальні положення
- 2.2. Проектування та розрахунок спеціальних верстатних пристроїв
- 2.3. Проектування спеціального різального і допоміжного інструмента

- 2.4. Проектування та розрахунок спеціальних засобів технічного контролю
- 2.5. Проектування спеціальних засобів механізації та автоматизації
3. Спеціальний розділ
4. Висновки (Аналіз проведених розробок)
5. Список використаної літератури
6. Додатки до курсового проекту :

Додаток 1. Комплект технологічної документації для виготовлення заданої деталі

Додаток 2. Специфікації складальних креслень графічної частини.

Комплект технологічної документації складається з таких документів - титульний лист (ТЛ), маршрутні карти (МК), операційні карти (ОК), карти ескізів (КЕ), що розробляються та оформляються згідно діючих державних та міждержавних стандартів системи технологічної документації (ЕСТД) .

Вимоги до оформлення та приклади виконання ТЛ, МК, ОК, КЕ згідно діючих стандартів наведені в додатках 2,3 і 4.

2.3. Склад та обсяг графічної частини курсового проекту

До складу графічної частини курсового проекту входять такі графічні матеріали :

- робоче креслення деталі (механізму, верстата, машини);
- креслення складальної одиниці до складу якої входить деталь;
- робоче креслення заготовки;
- карти наладок на основні технологічні операції;
- розрахунково-технологічні карти для верстатів з ЧПК;
- складальні креслення спеціального верстатного та контрольно-вимірювального пристрою, спеціального різального, контрольного та допоміжного інструменту.

Загальний обсяг графічної частини проекту складає 4 аркуші (формату А1) і затверджується керівником проекту.

В залежності від теми та змісту курсового проекту до складу графічних матеріалів можуть бути включені графіки, схеми та інші матеріали, що отримані в процесі проектування або при виконанні наукових досліджень. В цьому випадку склад графічної частини курсового проекту студент повинен погодити з керівником.

3. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект повинен виконуватись з врахуванням сучасних досягнень науки і техніки, новітніх прогресивних форм організації виробництва та забезпечити високий рівень при високому рівні механізації і автоматизації технологічних процесів. При виконанні проекту необхідно суворо дотримуватися основних положень та вимог системи конструкторської документації і системи технологічної документації (СКД і СТД), державних та галузевих стандартів.

3.1. Вимоги до виконання текстової частини

Основною складовою текстової частини курсового проекту є пояснювальна записка, яка за своїм складом та змістом відображає виконані студентом технологічні та конструкторські розробки.

Пояснювальна записка курсового проекту виконується у відповідності з вимогами ДСТУ “Загальні відомості до текстових документів” та “Текстові документи”.

На першому аркуші пояснювальної записки вздовж нижньої короткої сторони розміщується основний напис за формою 2 та розміром 40×185 мм (згідно ДСТУ)

Всі інші аркуші пояснювальної записки повинні мати основний напис за формою 2а та розміром 15×185 мм згідно ДСТУ.

Зміст пояснювальної записки ділиться на складові частини: *розділи, підрозділи, пункти і підпункти*.

Кожна складова повинна мати порядковий номер. Нумерація проводиться арабськими цифрами в межах документу. Нумери 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 (назви) розділів друкуються з нової сторінки великими 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 або підрозділу. Заголовки не підкреслюються.

Формули, на які є посилання в подальшому тексті пояснювальної записки, повинні мати послідовну нумерацію в межах розділу або

наскрізну нумерацію в межах всієї пояснювальної записки. 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 (рисунок, діаграма, графіки, 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 рисунком.

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 після першого 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 літературні джерела, що використовуються при роботі над курсовим проектом. При цьому в квадратних дужках вказується порядковий номер літературного джерела з переліку використаної літератури, номер сторінки, номер таблиці, формули, тощо. Пояснювальна записка виконується і оформляється паралельно з виконанням графічної частини проекту.

3.2. Вимоги до виконання графічної частини

3.2.1. Загальні положення

Графічна частина курсового проекту складається з креслень, графіків, діаграм, рисунків та схем.

Графічна частина виконується у відповідності до вимог ЄСКД на аркушах креслярського паперу формату А1 (594×840 мм).

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

Допуски та посадки для всіх типів з'єднань та окремих поверхонь повинні призначатись згідно вимог системи допусків і посадок (СДП). 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:

$$\varnothing 20H7^{(+0,021)}; \varnothing 16f7^{(-0,016)}_{(-0,034)}; \varnothing 42d9^{(-0,080)}_{(-0,142)}.$$

В окремих випадках 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, установчі і приєднувальні розміри на складальних кресленнях.

На кожному аркуші графічної документації проекту виконується основний напис – кутовий штамп (ДСТУ, форма 1). Якщо креслення виконано на двох або більше аркушах формату А1, то кутовий штамп за формою 1 виконується тільки для першого аркуша креслення, а кутові штампи наступних аркушів виконуються за формою 2а (ДСТУ). У верхньому куті креслення записується повернуте на 180° кодове позначення креслення. Форми кутових штампів та їх розміри представлені в додатку Д.1.6.

В графі “Аркуш” кутового штампу (ДСТУ) проставляють порядковий номер аркуша креслення даної назви та шифру (позначення).

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

Специфікація виконується згідно ДСТУ та складається на окремих аркушах на кожну складальну одиницю, комплекс, комплект і є додатком до пояснювальної записки курсового проекту.

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 пропущений один вільний рядок, вище – не менше одного рядка.

Приклади виконання та оформлення специфікації наведено в додатках Д.1.5. і Д.5.17.

При оформленні креслень графічної частини проекту керуються основними вимогами діючих державних стандартів. Обов’язково слід використовувати державні стандарти України, що видаються з аналогічної тематики.

Розміщувати *текст технічних вимог* на полі креслення необхідно над основним написом (кутовим штампом). Порядок запису технічних вимог регламентується ДСТУ.

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

3.2.2. Виконання робочих креслень деталі та заготовки

Робоче креслення деталі виконується у графічній частині проекту в тому випадку, якщо креслення, що отримане на базовому підприємстві виконано без урахування вимог діючих стандартів. У протилежному випадку в курсовому проекті використовують креслення (або ксерокопію креслення) базового підприємства та розташовують його в розділі «Додатки» пояснювальної записки.

Робоче креслення заготовки виконують після обґрунтування та вибору способу виготовлення та форми заготовки і виконання розрахунків міжопераційних та загальних припусків і допусків на обробку. На кресленні проставляють всі розміри, що отримані в результаті проведених розрахунків по визначенню кінцевих розмірів заготовки, а також значення загальних припусків та допусків.

В технічних вимогах на кресленні заготовки вказують :

- технічні вимоги, що пред'являються до матеріалу заготовки, термічної обробки, якості поверхонь;
- граничні відхилення (допуски) розмірів, допуски форми та допуски на взаємне розташування поверхонь (якщо вони не показані графічно) тощо.

При отриманні заготовки безпосередньо з прокату, на кресленні її зображують відокремленою від прутка, вказуючи ширину розрізу.

Контур заготовки викреслюють основними контурними лініями за номінальними розмірами. Готову деталь на кресленні заготовки зображують суцільною тонкою лінією, що показує основні контури і контури внутрішніх поверхонь, що обробляються. Припуск та напуск – об'єм між контуром заготовки та деталі штрихується нахрест тонкими лініями.

Приклади виконання робочих креслень різних видів заготовок наведені в додатках Д.5.1., Д.5.2. і Д.5.3.

3.2.3. Виконання карт налагодок на операції технологічного процесу

З метою ілюстрації особливостей технологічного процесу механічної обробки деталі або технологічного процесу складання, а також особливостей базування та затискання деталей (складальних одиниць) на технологічних операціях, у графічній частині курсового проекту виконують креслення налагодок технологічних операцій та їх переходів(карт налагодок).

На картах наладок показують основні, найбільш відповідальні та оригінальні операції технологічного процесу, а також операції до яких внесено суттєві зміни в порівнянні з базовим варіантом. Карти накладок на перші дві-три операції технологічного процесу (на яких виконується обробка чистових технологічних баз) рекомендується показувати в обов'язковому порядку. Загальну кількість та види карт наладок узгоджують з керівником проекту.

Креслення операційних карт наладок виконують в стандартних масштабах. Необхідна кількість зображень (видів, перерізів, виносних елементів) на карті наладки визначається за умови забезпечення наочності та ясності виконання представленої технологічної операції. Встановлення заготовки в пристрої необхідно показати таким чином, щоб чітко було видно схему базування та затискання. Контур заготовки викреслюють кольоровою лінією або більш товстою суцільною лінією ($S = 1,5..2,0 \text{ мм}$), що є товщою ніж лінії контурів технологічного оснащення.

На карті наладки проставляють розміри з допусками та вказують шорсткість тих поверхонь, деталі, що отримані в процесі виконання даної операції. Поверхні, що обробляються на даній операції, на всіх проєкціях карти наладки зображують червоним кольором або суцільною лінією подвійної товщини. На кресленнях карт наладок обов'язково зображують різальні інструменти, що розташовані в кінцевому після обробки положенні. Рекомендується детально показати встановлення інструменту на верстаті та будову пристроїв, що використовуються для затискання різального інструменту. При багато інструментальній обробці зображують всі різальні інструменти. На виносних лініях проставляється порядковий номер інструмента в даній наладці, дається його повна назва, номер його державного стандарту та вказується марка матеріалу різальної частини. Стрілками з відповідними позначеннями (n, s, v) показують напрямок обертання та подачі інструмента і заготовки.

На кресленнях наладок вказують розміри, що необхідні для налагодження інструменту при виконанні даної операції. Наприклад, при обробці на фрезерних та стругальних верстатах вказуються розміри, що зв'язують базові поверхні пристроїв з робочими поверхнями установів або габаритів, а також вказують розміри установочних шупів.

Вимірювальні інструменти, що використовуються для контролю розмірів деталі в процесі виконання операції (елементи систем активного контролю), також викреслюються на картах наладок

детально з метою показати особливості конструкції та принцип їхньої дії.

На кресленнях наладок вказуються цикли роботи агрегатних голівок, супортів, схеми розташування позицій на верстатах, а також компоновку агрегатних (спеціальних) верстатів.

Компоновки агрегатних верстатів викреслюють в одній або двох проєкціях у довільному масштабі. Для інших багатопозиційних верстатів достатньо представити схему розташування позицій.

При виконанні карт наладок для операцій, що виконуються на токарних верстатах з ЧПУ, на токарно-револьверних верстатах, токарних автоматах, напівавтоматах, одно - і багатопшпіндельних верстатах рекомендується викреслювати револьверні голівки, повздовжні та поперечні супорти з усіма інструментами, що є в наладці.

Приклади виконання та оформлення карт наладок для технологічних операцій, що виконуються на різних видах металорізальних верстатів наведені в додатках Д.5.4.- Д.5.15.

3.2.4. Виконання складальних креслень пристроїв

Такі креслення виконуються для конструкцій спеціальних пристроїв, що розробляються під час виконання курсової роботи.

Складальне креслення пристрою повинно вмещувати всі дані, що необхідні для його виготовлення, складання та налагодження, контролю та експлуатації, а саме:

- креслення пристрою повинне давати повну уяву про розміщення та взаємне розташування його складових частин;
- габаритні, встановлювальні та монтажні розміри;
- основні розміри, граничні відхилення та інші параметри, що визначають точність пристрою та є необхідними для контролю та прийомки пристрою;
- технічні вказівки про особливі умови складання пристрою та методи його виготовлення;
- номери позицій деталей та складальних одиниць, що входять до складу пристрою.

На перерізах складальних креслень допускається зображати окремі складальні одиниці, що входять у пристрій, стандартні, типові та інші деталі. При цьому у випадку повторення зображень деталей або складальних одиниць на кресленні допускається зображувати деталь або складальну одиницю один раз, а в інших випадках зображення

виконується спрощено, у вигляді зовнішніх обрисів. На складальному кресленні допускається не показувати фаски, закруглення, проточки, виступи, накатку, зазори тощо. В межах поля складального креслення (праворуч, над кутвим штампом) обов'язково записують технічні вимоги на виготовлення та складання пристрою, а також вказують рекомендоване для пристрою антикорозійне покриття.

На складальному кресленні пристрою всі складальні одиниці та деталі нумерують у вигляді позицій порядковими номерами та заносять до відповідного розділу специфікації. Номери позицій проставляють на основних видах та їх розрізах, при цьому вони повинні бути розміщені паралельно основному напису за контуром зображення пристрою та згруповані в колонку або рядок по можливості на одній лінії.

Специфікація на конструкцію пристрою виконується згідно ДСТУ та додається до пояснювальної записки курсового проекту.

Приклад виконання та оформлення складального креслення спеціального пристрою та його специфікації наведено в додатку Д.5.16. і Д.5.17.

3.2.5. Креслення різальних інструментів

Такі креслення виконуються для спеціального різального інструменту та розраховуються в пояснювальній записці курсового проекту. На кресленні зображують таку кількість видів, розрізів та перерізів, що дають повне та чітке уявлення про форму та конструкцію різального інструмента.

Креслення повинне вміщувати всю технічну інформацію, що необхідна для виготовлення інструмента та відповідати вимогам діючих державних стандартів. При виконанні креслення допускаються такі умовності:

- у багатозубого інструмента викреслюють тільки 2 - 3 зуби;
- гвинтові лінії (свердла, зенкери тощо) замінюють прямими лініями;
- перерізи без зазначення геометричних параметрів викреслюють неповними, профіль фасонного інструмента – в масштабі збільшення;
- на кресленні повинні бути вказані технічні вимоги для виготовлення та контролю даного інструменту: матеріал, твердість (для складаного інструменту – матеріал і твердість окремих його частин), граничні відхилення (допуски), місце маркування та його зміст.

3.2.6. Креслення контрольних пристроїв

Спеціальний пристрій для контролю окремих параметрів деталі подається у графічній частині проекту кресленням загального вигляду, в якому визначаються особливості конструкції пристрою, взаємодія його складових частин та пояснюється принцип роботи.

Креслення загального вигляду відрізняється від складального креслення зменшеною глибиною інженерної проробки. Це пов'язано з тим, що в конструкції контрольного пристрою широко використовуються стандартні елементи та вироби (індикатори, магнітні стійки, плити тощо).

Специфікацію, як і для складальних креслень пристроїв, виконують на окремих аркушах (згідно ДСТУ).

3.2.7. Виконання розрахунково-технологічних карт (РТК) обробки деталей на верстатах з ЧПК

У випадку, коли в курсовому проекті для механічної обробки деталей передбачається використання верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПК), у графічній частині проекту обов'язково повинні бути представлені розрахунково-технологічні карти (РТК) обробки деталей.

РТК – це послідовність обробки окремих поверхонь деталі на верстаті з ЧПК, що представляється у вигляді графічного зображення траєкторії руху інструмента в процесі обробки з усіма необхідними поясненнями та розрахунковими розмірами. РТК є основою для розробки управляючої програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.

Розробку та оформлення РТК при виконанні курсового проекту рекомендується проводити у такій послідовності:

- деталь викреслюють у відповідній системі прямокутних координат, орієнтуючи її відносно осей OX , OY , OZ , розташованих паралельно осям координат верстата; визначають вихідну точку обробки; контури деталі, викреслюють у масштабі з зазначенням усіх необхідних для розробки управляючої програми розмірів;
- у відповідності з вибраною конструкцією пристрою показують розташування затискних механізмів та зон затискання деталі;
- кольоровими або спеціальними лініями (потовщена, пунктирна та тощо.) на РТК показують траєкторію руху центра інструмента при обробці деталі (або вершини різця при

обробці точінням). Початком і кінцем траєкторії є вихідна точка обробки. Траєкторію руху різального інструмента вказують з врахуванням вибраної послідовності обробки, параметрів інструментів, розрахованих або прийнятих траєкторій допоміжних та холостих переміщень;

- на траєкторії руху інструмента відмічають цифрами «опорні точки» траєкторії і ставлять стрілки, що вказують напрямок руху інструмента. «Опорні точки» – це точки, в яких змінюється траєкторія руху інструмента або змінюється технологічний стан обробки (змінюються режими різання, здійснюється вмикання або вимикання переміщення інструмента ще по одній координаті);
- визначають положення контрольних точок, в яких передбачається короткочасна зупинка інструмента з метою контролю точності обробки робочими органами верстатів. Такі зупинки, як правило, передбачаються перед кінцевими чистовими проходами при обробці високоточних деталей;
- показують точки технологічних зупинок інструмента, що необхідні для його заміни або зміни положення деталі, з зазначенням їх тривалості в секундах;
- вказують режими обробки деталі на всіх технологічних переходах;
- літерами або цифрами вказують послідовність обробки деталі, вказують основні параметри інструментів та іншу інформацію.

При побудові траєкторії руху фрези, для забезпечення заданої точності обробки та нормального протікання процесу різання на фрезерувальних верстатах з ЧПК, необхідно дотримуватись таких правил:

- підхід інструмента до деталі і його відхід повинні здійснюватися по дотичній до оброблюваної поверхні або під невеликим кутом $\alpha \leq 10-15^\circ$ з переходом за 5–10 мм від краю заготовки з холостого ходу на робочий;
- не допускається врізання та відведення інструмента на радіусних ділянках, а також зупинка його або швидка зміна подачі в процесі різання. Небажані також великі коливання припуску, особливо на завершальній (чистовій) стадії обробки. Невиконання зазначених вимог приведе до пошкодження поверхні обробки у вигляді виступів і впадин, так званих «зарізів»;
- при обробці зовнішніх та внутрішніх контурів деталей, що не мають дефектного шару (кірки) або абразивних включень,

обробка здійснюється по схемі попутного фрезерування. При наявності зазначених дефектів поверхонь обробка здійснюється по схемі зустрічного фрезерування;

- для усунення впливу на точність обробки люфтів верстата допускається використовувати допоміжні петлеподібні переходи в зонах реверсу, що забезпечують вибирання люфтів;
- довжина траєкторії холостих переміщень повинна бути мінімально можливою, що досягається оптимізацією послідовності виконання переходів.

При використанні для підготовки керуючих програм систем автоматичного програмування (САП) на кресленні РТК слід додатково проставити порядкові номери елементарних геометричних елементів (прямих, кіл), які обмежують контури оброблюваних поверхонь; записати з використанням операторів відповідної алгоритмічної мови вихідні дані про форму і розміри деталі, а якщо необхідно, дати інформацію про траєкторії, напрямки руху, режими обробки, інструмент.

Необхідну текстову інформацію розміщують в правій частині креслення РТК над кутовим штампом.

4. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

4.1. Титульний аркуш

Для розміщення в пояснювальній записці курсового проекту інформації про його виконавців та осіб з якими погоджується проект і які затверджують його, оформлюється титульний аркуш, який є першим аркушем пояснювальної записки. Титул виконують на аркушах формату А4 за формою, що наведена в додатку Д.1.1.

На титульному аркуші вказується назва міністерства, назва вищого навчального закладу, факультету, кафедри, назва навчальної дисципліни, тема курсового проекту, прізвище та ініціали студента, керівника та консультантів окремих розділів проекту.

4.2. Анотація

В анотації в короткій формі відображається основний зміст курсового проекту, основні результати виконаних розробок та можливі сфери їх впровадження у виробництво, вказується рівень новизни конструкторсько-технологічних рішень (вдосконалення

технологічного процесу, використання сучасного автоматизованого обладнання, технологічної оснастки тощо).

Анотація формується в наступній послідовності:

- назва вищого навчального закладу, факультету, кафедри;
- рік виконання проекту;
- прізвище та ініціали виконавця проекту (прізвища та ініціали співвиконавців, якщо проект комплексний);
- тема курсового проекту;
- дані про обсяг пояснювальної записки та кількості в ній рисунків (схем, графіків, технологічних карт, аркушів специфікації);
- кількість креслень формату А1 графічної частини проекту;
- методи досягнення мети;
- результати, що одержані при виконанні проекту;
- рівень новизни виконаних розробок;
- ефективність розробок;
- можливі галузі застосування.

Анотація проекту виконується на аркуші формату А4. Орієнтований обсяг анотації – 0,5 аркуша формату А4. На другій половині аркуша при необхідності подається переклад анотації на одну із іноземних мов (англійську, німецьку, російську тощо). Приклад тексту анотації курсового проекту представлено в додатку Д.1.3.

4.3. Відомість курсового проекту

До відомості курсового проекту заносять всі технологічні та конструкторські документи, що розроблені в проекті, у відповідності із завданням на проектування. Відомість проекту заповнюється на стандартних формулярах специфікацій (ДСТУ).

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

- пояснювальна записка;
- графічні документи: креслення, схеми, таблиці, плакати;
- додатки: конструкторська документація (специфікація), технологічна документація тощо.

Приклад виконання та оформлення відомості курсового проекту наведено в додатку Д.1.4.

4.4. Завдання на проектування

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

- тему курсового проекту ;
- основні вихідні дані;
- зміст пояснювальної записки;
- перелік креслень графічної частини проекту;
- термін виконання (захисту) курсового проекту.

Завдання на проектування підписується студентом та керівником проекту.

Приклад виконання та оформлення завдання на курсове проектування представлений в додатку Д.1.2.

4.5. Вступ

В цьому розділі вказуються основні задачі та проблеми, що стоять перед сучасним машинобудівним виробництвом, обґрунтовується актуальність теми, що розроблюється в проекті та її значення для підвищення ефективності виробництва і формулюються основні завдання, що будуть вирішуватися в проекті.

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

4.6. Технологічний розділ

4.6.1. Аналіз службового призначення та конструкції деталі

Проведення аналізу службового призначення та конструкції деталі (об'єкта виробництва в курсовому проекті) є важливим етапом проектування технологічного процесу її виготовлення.

Розділ виконується на основі поетапного вивчення та аналізу робочого креслення деталі або складального креслення виробу.

На першому етапі встановлюються задачі, що виконує деталь в складальній одиниці та в цілому в механізмі (машині, верстаті). При цьому необхідно чітко сформулювати службове призначення деталі, встановити умови її роботи та технічні вимоги на її виготовлення.

На другому етапі встановлюється правильність виконання робочого креслення деталі у відповідності до вимог ЄСКД. Робоче креслення деталі повинно містити всі необхідні технічні дані, що

дають повне представлення про геометричну форму, а всі наявні проєкції та розрізи повинні чітко і однозначно пояснювати її конструкцію та можливі методи одержання заготовки. На кресленні повинні бути вказані всі розміри з необхідними допусками та відхиленнями взаємного розташування поверхонь. Встановлюється клас деталі по технологічному класифікатору.

На третьому етапі встановлюються поверхні деталі, що підлягають механічній обробці; аналізується їх точність та показники шорсткості; технічні вимоги на їх виготовлення; геометрична форма та розміщення в просторі. Це дасть можливість в подальшому вибрати необхідні технологічні методи обробки поверхонь деталі. Результати проведеного аналізу є основою для встановлення методів кінцевої обробки, послідовності обробки поверхонь, а також вибору конструкторських та технологічних баз.

Аналізу підлягає також конструкційний матеріал, із якого виготовлена деталь - його механічні властивості, хімічний склад, захисні та декоративні покриття, вага деталі. Після аналізу властивостей матеріалу робиться висновок про його придатність для виготовлення даної деталі.

4.6.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічний аналіз конструкції деталі (складальної одиниці) – один із найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва та є обов'язковим видом робіт при проектуванні технологічних процесів.

Мета аналізу – виявлення технологічних і конструкторських недоліків конструкції деталі за вихідними даними, що містяться в кресленнях і технічних вимогах та розробка технічних пропозицій щодо поліпшення технологічності деталі (виробу), що розглядається.

Склад робіт по забезпеченню технологічності конструкцій виробів встановлюються стандартами ЄСТПВ, а основні терміни, визначення та правила забезпечення технологічності наведені в ДСТУ, а також в навчальній та довідниковій літературі.

Основні задачі, що вирішуються в процесі аналізу технологічності конструкції деталі, зводяться до можливого зменшення трудомісткості її виготовлення та металоємності, тобто покращення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без збитків для її службового призначення.

Таким чином при відпрацюванні конструкції деталі на технологічність необхідно проаналізувати:

- марки конструкційних матеріалів, що використовуються;
- види та способи виготовлення заготовок;
- технологічні методи та види механічної обробки, складання, монтажу, контролю, досліджень;
- можливість використання прогресивних технологічних процесів;
- можливості механізації та автоматизації технологічних процесів;
- можливість застосування стандартизованих видів технологічної оснастки, тощо.

Аналізом технологічності конструкції деталі необхідно займатися регулярно на протязі всього періоду роботи над курсовим проектом, так як ряд питань виникає безпосередньо при розробці технологічного процесу, виборі заготовки, виборі та проектуванні засобів технологічного оснащення, засобів механізації та автоматизації, виборі металорізальних верстатів, тощо. Тому аналіз технологічності рекомендується проводити в декілька етапів.

На першому етапі проводиться якісний аналіз технологічності конструкції виробу, а на другому – кількісний аналіз.

Якісний аналіз технологічності. При якісному аналізі проводиться порівнювальна оцінка («технологічно», «не технологічно») технічних вимог до конструкції деталі, які тяжко виразити кількісними показниками. Під час проведення такого аналізу – виявляються недоліки в конструкції деталі за інформацією, що міститься в її робочому кресленні, в технічних вимогах на її виготовлення, тощо, а також здійснюється розробка технічних пропозицій по покращенню технологічності конструкції деталі.

При аналізі робочого креслення деталі необхідно звернути увагу на – наявність всіх технічних вимог, що необхідні для її виготовлення, кількість проєкцій, розрізів та перерізів на кресленні повинні давати повну уяву про конструкцію деталі, про її розміри, точність, шорсткість та взаємне розташування поверхонь, назву, марку та характеристику матеріалу, що використовується для виготовлення деталі, а також на інші технічні вимоги (термообробка, твердість, покриття тощо).

Далі необхідно виконати аналіз конструкції деталі з точки зору можливості забезпечення технологічних умов на її виготовлення. При цьому необхідно дати відповіді на такі питання :

1. Чи є можливість спростити геометричну форму деталі, замінити її матеріал на дешевший, підвищити жорсткість конструкції деталі, знизити її металоємність, трудомісткість виготовлення та

підвищити продуктивність обробки без особливого впливу на її службове призначення?

2. Чи є можливим застосувати прогресивні методи виготовлення заготовки (лиття в кокіль, лиття під тиском, гаряча об'ємна штамповка, тощо) без збитків для службового призначення деталі?

3. Чи забезпечує прийнята в робочому кресленні проставлення виконавчих розмірів можливість суміщення технологічних, конструкторських і вимірювальних баз, а також чи є можливість виконання механічної обробки за принципом автоматичного отримання розмірів на налагоджених верстатах, автоматах та напівавтоматах?

4. Чи є можливим при виготовленні деталі використання прогресивних та високопродуктивних методів обробки (обробка фасонним, багатолезовим, комбінованим інструментом, багато інструментальна обробка, накатування різьби, використання агрегатних та спеціальних верстатів, поточних та автоматичних ліній, тощо)?

5. Чи будуть забезпечені умови безпечного врізання та вільного виходу різального інструмента, доступність до всіх поверхонь деталі для їх обробки і контролю?

6. Чи витримуються відповідність геометричної форми і розмірів поверхонь деталі, що оброблюються розмірам і формі стандартного різального інструменту?

7. Чи не приведуть до виникнення технологічних проблем (ускладнення технологічного процесу) вказані на робочому кресленні технічні вимоги на виготовлення деталі (точність виготовлення, шорсткість та точність взаємного положення окремих поверхонь деталі, точність геометричної форми, тощо)?

При цьому необхідно дати характеристику конструкції матеріалу деталі з точки зору його придатності до обробки різанням, тиском, литтям, а також проаналізувати можливі методи термічної та хіміко-термічної обробки, що необхідні для досягнення заданих технічних вимог на виготовлення деталі.

За результатами проведеного якісного аналізу технологічності робиться висновок про відповідність конструкції деталі вимогам технологічності з точки зору виготовлення заготовки, наявності зручних технологічних баз, забезпечення високопродуктивної механічної обробки та методів складання, вносяться пропозиції по усуненню недоліків в конструкції деталі та проводяться технічні заходи по підвищенню її технологічності. Після цього дається якісна

оцінка рівня технологічності конструкції деталі (*деталь технологічна, не технологічна, достатньо технологічна, не достатньо технологічна*), розробляються рекомендації по підвищенню її технологічності та вносяться відповідні зміни в конструкторську документацію.

На другому етапі проводиться кількісний аналіз технологічності деталі.

Кількісний аналіз технологічності. При проведенні даного виду аналізу в пояснювальній записці курсового проекту рекомендується визначити *основні та додаткові кількісні показники технологічності*

1. Основні кількісні показники технологічності:

а) *Коефіцієнт технологічності конструкції деталі за трудомісткістю виготовлення :*

$$K_{pm} = \frac{T_n}{T_б}, \quad (1)$$

де T_n – трудомісткість виготовлення деталі за розробленим в курсовому проекті варіантом;

$T_б$ – трудомісткість базової технології виготовлення деталі, хв.

Величина K_{pm} повинна бути менша за 1, що є показником зменшення трудомісткості виготовлення заданої деталі в порівнянні з базовим аналогом.

б) *Коефіцієнт технологічності конструкції деталі за технологічною собівартістю :*

$$K_{pc} = \frac{C_n}{C_б}, \quad (2)$$

де C_n - технологічна собівартість виготовлення деталі за розробленим в курсовому проекті варіантом ;

$C_б$ - базова технологічна собівартість виготовлення деталі;

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

Розрахунок коефіцієнтів технологічності за трудомісткістю та за технологічною собівартістю виконується після розробки технологічного процесу та визначення необхідних для розрахунку вихідних даних.

2. Додаткові кількісні показники технологічності :

а) *Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:*

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

де Q_{ye} - загальна кількість уніфікованих елементів деталі;

Q_e – загальна кількість елементів деталі;

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

б) Коефіцієнт використання матеріалу :

$$K_{em} = \frac{m_d}{m_z}, \quad (4)$$

де m_d – маса деталі, Н;

m_z - маса заготовки, Н.

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу виконується після обґрунтування та вибору методу виготовлення заготовки та визначення загальних припусків на механічну обробку деталі.

в) Коефіцієнт точності обробки поверхонь деталі :

$$K_{IT} = 1 - \left(\frac{1}{IT_c} \right), \quad (5)$$

де IT_c – середній квалітет точності :

$$IT_c = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 19 \cdot n_{19}}{\sum_{i=1}^{19} n_i} = \frac{\sum_{i=1}^{19} i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{19} n_i} \quad (6)$$

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

Вважається, що при $K_{IT} > 0,8$ деталь є технологічною.

г) Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі :

$$K_{Ra} = \frac{1}{Ra_c}, \quad (7)$$

де Ra_c – середня шорсткість оброблених поверхонь деталі, що визначається в значеннях параметра Ra , мкм :

$$Ra_c = \frac{\sum_{i=1}^{14} Ra_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{14} m_i}, \quad (8)$$

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

Ra_i – значення параметра шорсткості, мкм, i – го класу шорсткості.

Деталь технологічна при $KRa < 0,32$.

Розрахунок коефіцієнтів уніфікації, точності та шорсткості деталі необхідно виконувати після проведення технологічного контролю робочого креслення деталі та внесення до нього раціональних змін.

Результати розрахунків додаткових показників технологічності рекомендується представити в пояснювальній записці у вигляді таблиці 4.1.

Остаточне оформлення цього розділу пояснювальної записки рекомендується виконувати після розробки технологічного процесу та отримання всіх необхідних для розрахунків даних. Це зумовлено появою ряду технічних пропозицій по підвищенню технологічності деталі безпосередньо під час розробки технологічного процесу.

Таблиця 4.1.

Кількісні показники технологічності деталі

№ п/п	Назва поверхні або її позначення	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм

	Всього	$Q_e = \dots$	$Q_e = \dots$		
	Середнє значення			$IT_c = \dots$	$R_a = \dots$

Після проведення аналізу технологічності деталі всі пропозиції по заміні конструкції деталі повинні бути систематизовані та обґрунтовані і представлені в пояснювальній записці курсового проекту.

4.6.3. Аналіз існуючих варіантів технологічних процесів

Вивчення та аналіз існуючих та типових варіантів технологічних процесів виготовлення аналогічних деталей є основою для розробки в курсовому проекті технологічного процесу виготовлення заданої деталі.

Вивчення та аналіз існуючих технологічних процесів проводяться під час виробничої практики на виробництві, що дає можливість

студенту розробити в курсовому проєкті новий технологічний процес, що відрізняється від існуючого (базового), але із врахуванням його переваг .

В тому випадку, коли завдання на курсове проектування видано не за матеріалами виробничої практики , то вивченню та аналізу підлягають типові технологічні процеси виготовлення аналогічних деталей для заданого типу виробництва, що представлені в технологічних регламентах, підручниках, навчальних посібниках та довідниках. Даний аналіз проводиться з точки зору забезпечення заданої якості деталі при умові високої продуктивності та низької собівартості обробки.

Головна мета даного аналізу – вибір раціональних технологічних методів виготовлення деталей високої якості, в заданій кількості та у встановлені терміни, при мінімальних трудових, матеріальних та фінансових витратах.

При проведенні аналізу існуючих (базових) технологічних процесів розглядаються такі основні питання :

- раціональна послідовність технологічних операцій (чорнові, чистові), що забезпечує технічні вимоги на виготовлення деталі (механічна обробка, технічний контроль, термічна, хіміко-термічна обробка тощо);
- метод виготовлення заготовки, її форма, точність, термообробка та відповідність формі і розмірам готової деталі;
- технологічне обладнання та раціональність його використання за габаритами, штучному часу, потужності, точності тощо;
- вибір чорнових і чистових технологічних баз, виконання основних принципів базування та їх вплив на послідовність і точність обробки;
- рівень оснащення технологічного процесу (верстатні пристрої, різальний, допоміжний, вимірювальний інструмент), ступінь його стандартизації, механізації та автоматизації;
- рівень автоматизації технологічного процесу.

За результатами проведеного аналізу необхідно сформулювати конкретні технологічні задачі і пропозиції, що необхідні для вдосконалення базового технологічного процесу та які будуть реалізовані в курсовому проєкті.

4.6.4. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

При визначенні програми виготовлення враховують кількість деталей, що входить до складу машини, механізму або складальної одиниці, програму їх випуску на протязі року, необхідність у запасних частинах та можливі технологічні втрати виробництва від браку, а також перспективи розвитку підприємства (галузі) – бази виробничої практики.

Річна програма випуску деталей визначається по формулі:

$$N_p = N_c \cdot m \left(1 + \frac{a}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{b}{100} \right), \quad (9)$$

де N_p - річна програма випуску виробів (складальних одиниць, машин, механізмів) до складу яких входить деталь;

m - кількість деталей, що входять до складу одного виробу;

a - відсоток деталей, що необхідні в якості запасних частин ($a=1\% - 10\%$);

b - відсоток можливих технологічних втрат виробництва від браку ($b=2\% - 6\%$).

Річну програму виробів, що підлягають виготовленню, згідно завдання на проектування, визначають в натуральних одиницях (штуки, комплекти), вартісних одиницях (гривні, умовні одиниці) або в одиницях маси (кг, т). Слід відмітити, що програма випуску повинна бути оптимальною для відповідного типу виробництва.

Для визначення типу виробництва, в умовах якого буде впроваджено технологічний процес, що розроблюється в курсовому проєкті необхідно знати річну програму випуску деталі, а також габаритні розміри та масу деталі. На даному етапі проектування тип виробництва визначають орієнтовно, керуючись даними, що наведені в таблиці 4.2.

В залежності від прийнятого типу виробництва та відповідної йому форми організації праці визначають характер технологічного процесу, його послідовність і склад технологічної документації. Тип виробництва також враховується при виборі металорізальних верстатів, пристроїв, інструментів та засобів контролю

Після розробки технологічного процесу та визначення кількості основного технологічного обладнання тип виробництва уточнюється з врахуванням коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о.}$ (ДСТУ).

Таблиця 4.2.

Визначення типу виробництва

Максимальна маса деталі, кг.	Тип виробництва				
	Одиничне	малосерійне	серійне	великосерійне	масове
	Програма виготовлення деталей, шт.				
менше 200	менше 1000	від 1000 до 5000	від 5000 до 10000	від 10000 до 100000	більше 100000
менше 2000	менше 20	від 20 до 500	від 500 до 1000	від 1000 до 5000	більше 5000
менше 30000	менше 5	від 5 до 100	від 100 до 300	від 300 до 1000	більше 1000
більше 30000	менше 3	від 3 до 10	від 10 до 50	–	–

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$ визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n TO_i}{\sum_{j=1}^m PM_j}, \quad (10)$$

де $\sum_{i=1}^n TO_i$ – загальна кількість різних технологічних операцій, що виконуються на робочих місцях в цеху або на дільниці протягом місяця;

$\sum_{j=1}^m PM_j$ – кількість робочих місць (верстатів) в цеху або дільниці, на яких виконуються ці операції.

Коефіцієнт закріплення операцій відображає ступінь спеціалізації робочих місць.

В залежності від типу виробництва державним стандартом встановлені такі значення коефіцієнта закріплення операцій:

- для масового виробництва $K_{з.о.} = 1$;
- для великосерійного виробництва $K_{з.о.} = 1 \div 10$;
- для серійного виробництва $K_{з.о.} = 10 \div 20$;
- для малосерійного виробництва $K_{з.о.} = 20 \div 40$;
- для одиничного виробництва $K_{з.о.}$ - не регламентується.

В окремих випадках тип виробництва може задаватися в завданні на курсове проектування або прийматися за типом виробництва базового підприємства, де студент проходив виробничу практику. При проектуванні цеху або дільниці, в яких виробнича програма передбачає виготовлення деталей значної номенклатури, в пояснювальній записці необхідно привести розрахунок приведеної програми цеху (дільниці) за відомими методиками.

4.6.5. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення

Вибір заготовки передбачає встановлення її геометричної форми (конструкції), методу виготовлення, визначення припусків та допусків на обробку кожної поверхні, розрахунок виконавчих розмірів конструкції. Розміри вибраної заготовки повинні бути максимально наближені до форми і розмірів готової деталі; відповідно ступінь цього наближення зростає зі збільшенням програми їх виготовлення.

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

- вид матеріалу та його фізико-механічні і технологічні властивості;
- програма випуску деталей та тип виробництва;
- призначення, конструкція, розміри та геометрична форма деталі (зі збільшенням розмірів (габаритів) деталі відповідно підвищується вартість металевих форм, штампів тощо);
- технічні вимоги (точність, шорсткість та ін.) на виготовлення деталі;
- можливість виготовлення заготовки зі стандартних елементів, матеріалів, що випускаються промисловістю (періодичний, сортовий прокат, відливки, поковки тощо);
- характер технологічного обладнання на дільниці (універсальне, автоматизоване, спеціальне);
- технологічні можливості допоміжних цехів базового підприємства (ковальського, ливарного, зварювального).

Попередній вибір способу виготовлення заготовки в залежності від форми деталі виконується з врахуванням наступних рекомендацій:

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

- заготовки дисків, шківів, шестерень, трійників, важелів, кришок тощо для масового та серійного виробництва отримують штампуванням, прокатуванням або литтям, а для одиничного та малосерійного – 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 великосерійного та масового типів виробництв широко застосовують сортовий, періодичний та спеціальний прокат, тонкостінні гнуті профілі, спеціальні види лиття та штампування.

Метод виготовлення заготовки повинен бути економічним для заданого обсягу випуску деталей. При цьому необхідно пам'ятати, що правильний вибір заготовки позитивно впливає на основні техніко-економічні показники технологічного процесу.

Вибір заготовки рекомендується розпочинати з аналізу діючого на базовому підприємстві технологічного процесу її виготовлення. З врахування вище наведених рекомендацій студенту необхідно запропонувати свій більш раціональний та економічний спосіб виготовлення заготовки та обґрунтувати його переваги.

Даний розділ курсового проекту рекомендується виконувати в такій послідовності:

- вибір методу виготовлення та конструкції заготовки з урахуванням вище перерахованих факторів;
- короткий опис технологічного процесу виготовлення заготовки;
- визначення за нормативними таблицями державних та галузевих стандартів загальних та між операційних припусків на поверхні деталі, що оброблюються;
- розробка і виконання робочого креслення заготовки та визначення її маси;
- техніко-економічне обґрунтування вибраного способу виготовлення заготовки;
- визначення вартості заготовки .

Якщо з точки зору технічних вимог та технологічних можливостей можливе використання декількох способів виготовлення заготовки то в цьому випадку для прийняття правильного рішення рекомендується виконати техніко-економічний розрахунок двох або декількох можливих варіантів виготовлення заготовок.

На основі прийнятого виду технологічного процесу (способу) виготовлення заготовки, а також результатів розрахунків припусків на механічну обробку виконують робоче креслення заготовки.

4.6.6. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Важливим етапом курсового проекту є розробка технологічного процесу виготовлення заданої деталі, до якого приступають після проведення аналізу діючого технологічного процесу, аналізу технологічності деталі, визначення конструкції та способу виготовлення заготовки. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі проводиться на основі вивчення типових технологічних процесів виготовлення подібних деталей, вивчення діючої на базовому підприємстві технології аналізу передового вітчизняного та зарубіжного досвіду виготовлення аналогічних деталей з урахуванням основних напрямків розвитку сучасної технології машинобудування.

Послідовність розробки технологічного процесу. Розробку технологічного процесу в курсовому проекті 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, на одержання заданої точності деталі, на продуктивність та собівартість 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 необроблювану в подальшому поверхню.
- якщо обробці підлягають всі поверхні деталі, то за чорнову технологічну базу слід прийняти поверхню з найменшим припуском;
- чорнова база повинна використовуватись лише на першій операції з метою обробки поверхні, що в подальшому буде використовуватись як чистова технологічна база;
- необхідно дотримуватись принципу постійності баз, тобто на всіх основних операціях використовувати одні технологічні бази. Постійність баз забезпечує високу точність обробки

взаємозв'язаних поверхонь і дозволяє скоротити кількість верстатних пристроїв;

- необхідно поєднувати технологічні бази з вимірювальними і конструкторськими базами (принцип суміщення баз). Це дає можливість підвищувати точність та продуктивність обробки, знизити її собівартість.

2. *Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі та встановлення раціональних технологічних 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, відносному взаємному розташуванню та за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення в машині, механізмі (складальній одиниці). При цьому враховують форму, розміри, масу та матеріал деталі, а також визначають види необхідного технологічного обладнання, пристроїв, різального та допоміжного інструмента.

3. *Визначення поверхонь деталі, що підлягають механічній обробці, аналізують їх точність, шорсткість, відносне розташування.* Встановлюють послідовність обробки кожної поверхні деталі та розробляють зміст технологічних операцій

4. *Визначення послідовності виконання основних операцій технологічного маршруту механічної обробки деталі, їх змісту, методів та засобів механічної обробки, формування основних етапів технологічного процесу (чорновий, чистовий та кінцевий).*

5. *Встановлення виду термічної або хіміко-термічної обробки деталі та окремих її поверхонь, а також місце цих видів обробки в загальній структурі технологічного процесу.*

6. *Вибір моделей металорізальних верстатів та технологічної оснастки (пристроїв, різального, допоміжного інструменту та засобів технічного контролю), що необхідні для здійснення технологічного процесу*

Розробка послідовності виконання технологічних операцій. При розробці послідовності виконання операцій технологічного процесу необхідно керуватися такими правилами:

- в першу чергу рекомендується обробляти поверхні, що будуть використовуватись в якості чистових технологічних баз;

- на першому етапі рекомендується обробляти ті поверхні деталі, при обробці яких можлива поява браку через можливу наявність прихованих дефектів заготовки (тріщини, раковини тощо);

- після цього обробляють поверхні, що мають найбільший припуск;

- поверхні, що пов'язані між собою розмірами високої точності та допусками на відносне розташування (співвісність, перпендикулярність, паралельність тощо) обробляють за один установ;
- суміщення чорнової обробки та чистої обробки на одній операції і на одному і тому ж верстаті небажане – таке суміщення можливе при обробці жорстких заготовок з незначними припусками;
- при виборі технологічних баз необхідно керуватися основними принципами базування - принципом суміщення технологічних баз з конструкторськими та вимірювальними, а також принципом постійності баз.

Якщо деталь, що оброблюється, підлягає **термічній обробці**, то при цьому необхідно враховувати:

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

- термічна обробка в деяких випадках потребує введення в технологічний процес специфічних операцій, таких як, наприклад, обміднення поверхонь деталі, що не підлягають цементації тощо.

Операції технічного контролю рекомендується виконувати після тих операцій, де можлива поява браку, перед складними відповідальними операціями, що дорого коштують, а також по закінченню обробки. Для всіх інших операцій (їх повинна бути більшість) необхідно планувати вибірковий контроль.

Використання типових технологічних процесів. Слід відмітити, що при розробці технологічного процесу необхідно користуватися типовими процесами виготовлення подібних деталей. Це значно скорочує тривалість часу розробки, а також знижує кількість нерациональних технологічних рішень та підвищує їх якість.

Для цього деталь необхідно віднести до одного із наступних класів технологічного класифікатора деталей:

- “корпусні деталі” (литі або зварні коробчастої 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);

- “не круглі 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, які наведені в навчальних посібниках та довідниках (1.22, 2.14, 2.20, 2.25, 2.26). Посилаючись на них, можна швидко і якісно розробити раціональний технологічний маршрут виготовлення заданої деталі з урахуванням конкретних умов виробництва.

Розробка технологічних на основі використання верстатів з ЧПК. При розробці технологічних процесів на основі використання верстатів з ЧПК, слід враховувати наступні рекомендації:

- забезпечити максимальну концентрацію технологічних переходів та операцій;
- забезпечити найбільш повну обробку заготовок зі всіх сторін з найменшою кількістю установів, при цьому перший установ вибирається із умов найбільш раціонального базування з використанням попередньо підготовлених баз;
- при розробці послідовності обробки поверхонь слід враховувати можливість зміни жорсткості поверхонь конструкції деталі, що зумовлене концентрацією великої кількості різних технологічних переходів;
- доцільно використовувати сучасні прогресивні різальні інструменти, що дозволяють використовувати високі режими різання і забезпечують реалізацію концентрації технологічних переходів (різальні інструменти з механічним кріпленням різальних пластин, спеціальні різальні інструменти, наприклад, комбіновані свердла, зенкери, багатозубі розточувальні головки тощо);
- широко використовувати як спеціальну технологічну оснастку (наприклад, пристрої - супутники), так і уніфіковану (оправки, цангові патрони, тощо).

Розроблений в курсовому проекті технологічний процес повинен бути оптимальним за техніко-економічними показниками (продуктивність, собівартість, якість обробки, тощо) та представляється в пояснювальній записці у вигляді таблиці 4.3.

Розробка технологічного процесу обробки заданої деталі закінчується заповненням та оформленням комплекту технологічної документації (*титольний лист (ТЛ), маршрутні карти (МК)*,

операційні карти (ОК), карти ескізів (КЕ), тощо), що представляється як додаток до пояснювальної записки. Склад і форми технологічних карт, що входять в комплект залежать від виду технологічного процесу (типовий, груповий, одиничний), типу виробництва та можливостей використання засобів обчислювальної техніки.

Таблиця 4.3.

Технологічний процес обробки деталі

№ опер	Назва та зміст операції	Технологічна база
005	<i>Фрезерно-центрувальна</i> <i>Фрезерувати та центрувати торці вала</i> <i>одночасно, витримуючи розмір 480h12</i>	<i>Чорнова (D = 80h14)</i>
...

Заповнення та оформлення комплекту технологічної документації здійснюється згідно діючих державних стандартів СТД. Вимоги до оформлення ТЛ, МК, ОК і КЕ та інформаційні матеріали, що необхідні для їх заповнення наведені в додатку 2. Приклади виконання та оформлення комплекту технологічних документів, МК, ОК і КЕ представлені в додатку 3 та додатку 4.

4.6.7. Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на обробку деталі

Розрахунок загальних і міжопераційних припусків та допусків, а також визначення кінцевих розмірів заготовки виконують в залежності від економічної точності прийнятого способу обробки деталі, методу виготовлення заготовки, а також послідовності виконання операцій технологічного маршруту.

Визначення припусків і допусків на механічну обробку поверхонь деталі в курсовому проєкті рекомендується виконувати за допомогою двох методів :

- за допомогою нормативних матеріалів;
- розрахунково-аналітичний методом.

Вихідними даними при визначенні припусків є: матеріал деталі, прийнятий спосіб виготовлення заготовки, їх форма та розміри, а також прийнятий технологічний маршрут обробки деталі.

Визначення міжопераційних та загальних припусків розрахунково-аналітичним методом здійснюється на дві-три поверхні деталі . Як правило, для цього вибирають поверхні, до яких пред'являються найбільш високі вимоги по точності та шорсткості. Види вибраних для

розрахунку припусків та їх кількість погоджуються з керівником проекту.

На всі інші поверхні деталі, що оброблюються, загальні припуски і допуски на них визначають за допомогою нормативних таблиць відповідних державних і галузевих стандартів або технологічних довідників, з врахуванням методу виготовлення заготовки, її габаритних розмірів, маси, властивостей матеріалу, ступеня складності заготовки, точності та шорсткості поверхонь деталі тощо.

1. Розрахунок загальних припусків та розмірів вихідної заготовки за нормативними матеріалами.

Загальні припуски та допустимі відхилення (допуски) на обробку поверхонь деталі в курсовому проекті рекомендується визначати за нормативними матеріалами технологічних довідників та ДСТУ.

- Відливки з металів і сплавів;
- Поковки сталеві штамповані;
- Поковки сталеві виготовлені куванням на молотах;
- Поковки сталеві виготовлені на пресах;
- Сортамент гарячекатаного круглого сталевого прокату;
- Сортамент гарячекатаного квадратного сталевого прокату;
- Сортамент гарячекатаного шестигранного сталевого прокату.

При цьому враховується геометрична форма деталі та її матеріал, спосіб виготовлення заготовки, ступінь її складності, габаритні розміри, маса, властивості матеріалу, шорсткість поверхонь деталі та інші фактори.

Після визначення загальних припусків і допусків на механічну обробку деталі необхідно розрахувати кінцеві розміри всіх поверхонь заготовки.

Кінцеві розміри зовнішніх поверхонь заготовки визначаються шляхом додавання до розмірів поверхонь готової деталі загальних припусків (на діаметр, довжину або сторону в залежності від геометричної форми поверхні деталі). Кінцеві розміри внутрішніх поверхонь заготовки визначаються шляхом віднімання загальних припусків від розмірів внутрішніх поверхонь готової деталі.

Результати проведених розрахунків припусків рекомендується подати в пояснювальній записці у вигляді таблиці, що містить дані про порядковий номер кожної поверхні деталі, її розміри (діаметральні, лінійні, зовнішні, внутрішні), точність, шорсткість, загальні припуски та допуски на них та кінцеві розміри заготовки (див. табл. 4.4.).

Таблиця 4.4.

Припуски та допуски на поверхні деталі, що обробляються

№	Назва	Розмір,	Припуск,	Допуск,	Розмір
---	-------	---------	----------	---------	--------

з/п	поверхні	мм	мм	мм	заготовки
1	Циліндр	Ø50	2×2,4=4,8	+1,3 -0,7	Ø 54,8 ^(+1,3) _(-0,7)
...

2. Розрахунок міжопераційних та загальних припусків розрахунково-аналітичним методом.

Даний метод розрахунку припусків широко використовують для визначення оптимальних розмірів заготовок в умовах масового, великосерійного і серійного виробництва. Його можна використовувати і в важкому машинобудуванні, а також при одиничному виготовленні великогабаритних деталей. Цей метод забезпечує значну економію металу, зменшує трудоемкість і собівартість механічної обробки.

Розрахунки мінімальних і максимальних міжопераційних припусків виконуються по відповідних формулах, які наведені в технологічних довідниках та навчальній літературі.

Розрахунок міжопераційних припусків і допусків та кінцевих розмірів поверхонь заготовки розрахунково-аналітичним методом рекомендується проводити в такій послідовності:

- визначають види та послідовність виконання технологічних переходів (операцій) механічної обробки поверхні деталі та їх кількість, що необхідна для забезпечення кінцевої точності заданої поверхні деталі;
- розробляють теоретичні схеми базування деталі на технологічних операціях;
- в довідниковій літературі для кожного технологічного переходу (операції) знаходять значення складових елементів, що необхідні для розрахунку міжопераційного припуску: шорсткості - R_z ; дефектного шару - h_i ; просторового відхилення - Δ_{Σ} ; похибки установаження деталі в пристрої - ε_y ; міжопераційні допуски - T_{di} та іншу необхідну для проведення розрахунків інформацію;
- виконують розрахунки мінімальних та максимальних припусків на кожний технологічний перехід по формулах:

- для плоских поверхонь заготовки :

$$Z_{i\min} = R_{zi-1} + h + \Delta_{\Sigma} + \varepsilon_y; \quad (11)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + T_{di}; \quad (12)$$

- для поверхонь типу тіл обертавання (зовнішніх і внутрішніх) :

$$2Z_{imin} = 2(R_z + h + \sqrt{\Delta_z^2 + \varepsilon_y^2}), \quad (13)$$

$$2 \cdot Z_{imax} = 2 \cdot Z_{imin} + T_i \quad (14)$$

– визначають загальні припуски (мінімальний та максимальний), що необхідні для обробки заданої поверхні деталі:

$$Z_{omin} = \sum_I^n Z_{imin}; \quad (15)$$

$$Z_{omax} = \sum_I^n Z_{imax}, \quad (16)$$

де n – кількість технологічних переходів (операцій), що необхідні для обробки заданої поверхні.

При встановленні міжопераційного допуску T_{di} слід враховувати, що цей допуск забезпечується вибраним способом механічної обробки і не повинен виходити за межу її 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.

Результати виконаних розрахунків міжопераційних припусків і допусків представляються в пояснювальній записці у вигляді *таблиць та графічних схем* розподілу міжопераційних припусків та допусків на обробку окремих поверхонь деталі.

Після визначення загальних припусків і допусків на обробку поверхонь деталі та розрахунку кінцевих розмірів заготовки, остаточно уточнюють її форму і виконують робоче креслення вихідної заготовки, на якому вказують її номінальні розміри, відповідні допуски та необхідні технічні умови на її виготовлення. За визначеними припусками обґрунтовано визначаються маса заготовки, режими різання та норми часу. Послідовність та приклади розрахунків міжопераційних припусків розрахунково-аналітичним методом представлені в довідниках та навчальних посібниках (1.8, 1.14, 2.1, 2.4, 2.5, 2.7, 2.11, 2.12, 2.14, 2.21).

Робоче креслення заготовки та технічні вимоги на її виготовлення оформляються згідно до діючих державних стандартів СКД та представляється в графічній частині курсового проекту.

4.6.8. Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу

Після розробки маршрутного технологічного процесу, розрахунку загальних та міжопераційних припусків на механічну обробку деталі, визначення міжопераційних розмірів і допусків, розробки робочого креслення заготовки приступають до детальної розробки технологічного процесу, уточнення та перевірки правильності прийнятих рішень. На даному етапі виконання курсового проекту здійснюється обґрунтування та розробка операцій технологічного процесу. *Кількість та назву технологічних операцій, що підлягають детальній розробці в курсовому проекті, студент повинен погодити з керівником проекту.*

Вихідними даними для розробки операційної технології (операційного технологічного процесу) є:

- технологічний маршрут механічної обробки деталі;
- величини загальних припусків на механічну обробку;
- величини міжопераційних розмірів та допусків на них;
- робоче креслення заготовки;
- робоче креслення деталі.

За результатами розробленого операційного технологічного процесу перевіряється та уточнюється правильність попередніх прийнятих рішень.

Послідовність розробки операційного технологічного процесу наступна :

1. Визначається зміст кожної операції технологічного процесу, встановлюються основні та допоміжні технологічні переходи, робочі ходи (їх кількість уточнюється в процесі призначення режимів різання), визначаються прийоми, що необхідні для виконання кожної операції.

2. Визначається послідовність виконання технологічних переходів, проходів і прийомів для всіх операцій, а також можливість суміщення переходів за рахунок використання комбінованих інструментів та багато інструментальних наладок.

3. Розробляється операційний ескіз деталі. На ньому вказуються розміри тих поверхонь заготовки, що утворюються в процесі виконання даної операції. На операційному ескізі необхідно також вказати квалітети точності розмірів, шорсткість поверхонь, що оброблюються, вимоги до їх взаємного розташування та поверхні, що прийняті в якості технологічних баз (схема базування).

4. Для кожної операції технологічного процесу встановлюється конкретна модель металорізального верстата, яка остаточно

уточнюється після проведення технічного нормування (при недостатній потужності, продуктивності тощо).

5. Підбираються різальні, допоміжні та контрольні інструменти з номенклатури стандартизованих або нормалізованих та встановлюється необхідність у спеціальних видах інструмента.

6. Встановлюється необхідність в спеціальних пристроях, уточнюється принцип їх роботи, визначається необхідність багатопозиційної та багатомісної обробки, розроблюється схема базування та технічне завдання на їх проектування.

7. Згідно діючих державних стандартів ЄСТД заповнюються та оформляються операційні технологічні карти (ОК) та карти ескізів (КЕ), що входять в комплект технологічної документації (див. додаток 4).

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

- мета операції (приклад, чорнове або чистове фрезерування поверхні для отримання чистових технологічних баз та забезпечення необхідної координації розмірів, що визначають положення поверхонь деталі тощо);
- обґрунтування методів і засобів досягнення встановленої мети операції (за рахунок базування, обробки з одного установу, за рахунок суміщення баз та постійності баз тощо). При цьому наводиться теоретична схема базування деталі на кожній технологічній операції та розраховується похибка базування;
- обґрунтування необхідності виконання операцій на даному етапі технологічного процесу.

Результати розробки операційних технологічних процесів обробки заданих поверхонь деталі рекомендується в пояснювальній записці курсового проекту представити в вигляді таблиці 4.5.

4.6.9. Вибір технологічного обладнання

Вибір технологічного обладнання (металорізальних верстатів), що необхідне для виконання технологічного процесу проводиться в залежності від конструктивних особливостей та габаритних розмірів деталі, що оброблюється, технічних вимог на її виготовлення, методу обробки, типу виробництва та продуктивності.

Таблиця 4.5.

Карта операційного технологічного процесу

№ операції та її назва	Зміст переходів операції	Точність розмірів	Шорсткість
030. Круглошліфувальна	1. Встановити деталь на оправці і закріпити в центрах.	$\phi 110,4h8$ $\phi 110h6$	Ra 0,8
	2. Шліфувати $\phi 111,4$ витримуючи розмір $\phi 110,4$, попередньо. 3. Шліфувати $\phi 110,4$ витримуючи розмір $\phi 110h6$, кінцево. 4. Контроль виконаних розмірів. 5. Зняти деталь, покласти в тару.		Ra 0,63
...

Вибір обладнання проводиться після попередньої розробки кожної технологічної операції на етапі визначення маршруту обробки. Це означає, що визначені:

- метод обробки поверхонь та їх поєднання (фрезерування, шліфування і т.д.);
- точність і шорсткість поверхонь;
- припуски на обробку;
- різальні інструменти;
- обґрунтування програми випуску виробів та тип виробництва.

Технологічне обладнання слід вибирати за каталогами, довідниками, паспортами, навчальними посібниками та іншими доступними літературними джерелами. Загальні правила вибору обладнання визначені ДСТУ. Технічні характеристики металорізальних верстатів наведені в додатку 6.

При виборі основного технологічного обладнання слід керуватися наступними основними правилами:

- розміри робочої зони обладнання повинні відповідати габаритним розмірам оброблюваної деталі (одній або декільком);
- при обробці на технологічному обладнанні необхідно забезпечити задану якість поверхні, що оброблюється, квалітет точності, величину 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;

- собівартість обробки деталей на прийнятому обладнанні повинна бути мінімальною.

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

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

В **індивідуальному** виробництві використовуються універсальні верстати та верстати з ЧПУ.

Для скорочення необхідної кількості обладнання і зменшення кількості установів необхідно забезпечувати максимальну концентрацію операцій на окремих одиницях обладнання. Вищезазначеним вимогам найбільш повно відповідають верстати з ЧПК. Це зумовлене їх високим рівнем автоматизації, простотою переналадження тощо.

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

$$N_p = \frac{T_{ш.к.}}{F_e \cdot S \cdot K_n}, \quad (17)$$

де $T_{ш.к.}$ - 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:

$$K_z = \frac{N_p}{N_n}, \quad (18)$$

де N_n - прийнята кількість верстатів.

При неповному завантаженні обладнання коефіцієнти завантаження K_z можна збільшити за рахунок обробки інших груп деталей або розширенням номенклатури деталей у створених групах.

В пояснювальній записці рекомендується представити компоновочні схеми та основні технічні характеристики вибраних металорізальних верстатів.

Результати проведеного вибору технологічного обладнання представляються в пояснювальній записці курсового проекту у вигляді таблиці (див. таблицю 4.6), де вказується номер і назва операції, назва і модель верстата, потужність головного приводу, габарити тощо.

Таблиця 4.6.

Відомість технологічного обладнання

№ операції	Назва операції	Назва верстата	Модель верстата	Потужність Приводу, <i>квт</i>
005	<i>Токарно-гвинторізна</i>	<i>Токарно-гвинторізний</i>	16K20	11
010	<i>Вертикально-свердлильна</i>	<i>Вертикально-свердлильний</i>	2Н135	4
...

4.6.10. Вибір засобів технологічного оснащення

Технологічне оснащення, що необхідне для виконання конкретної операції, включає в себе затискні пристрої, різальний і допоміжний інструмент та засоби контролю.

При виборі затискних пристроїв слід пам'ятати, що в масовому та великосерійному виробництві в більшості випадків використовують спеціальні (нерозбірні) пристрої.

В **серійному** виробництві рекомендується використовувати спеціальні, спеціальні складально-розкладні, універсально-налагоджувальні, спеціалізовані та універсальні пристрої.

В **малосерійному** виробництві – універсально-налагоджувальні, універсальні, універсально-складальні та в незначних обсягах спеціальні пристрої.

У всіх випадках рекомендується по можливості використовувати стандартні, уніфіковані пристрої та допоміжні інструменти. Вибір універсальних пристроїв виконують за каталогами, довідниками та державними стандартами та іншими доступними літературними джерелами.

Тип і вид спеціального пристрою встановлюється в залежності від прийнятої схеми базування, методу обробки, типу виробництва та форми його організації. В пояснювальній записці необхідно

обґрунтувати доцільність використання спеціальних пристроїв для оснащення технологічного процесу.

Вид металорізального інструмента встановлюється в залежності від методу обробки. Матеріал різальної частини – в залежності від матеріалу деталі, що оброблюється, конструкції деталі та виду обробки (чорнова, чистова, фінішна тощо). Вибір стандартного інструмента здійснюється за каталогами, довідниками та державними стандартами.

При необхідності використання спеціального різального інструменту в пояснювальній записці дається обґрунтування доцільності його проектування та виготовлення.

Контрольно-вимірювальні інструменти та пристрої вибираються в залежності від точності розмірів деталі (допустимої похибки вимірювання), що підлягають контролю, а також з врахуванням її геометричної форми та розмірів поверхонь і типу виробництва. При цьому в пояснювальній записці рекомендується дати характеристику методів контролю заданих технічних умов (ТУ) на виготовлення деталі та представити ескізи, що пояснюють процес контролю. Використання в технологічному процесі оригінальних вимірювальних засобів контролю обов'язково супроводжується їхньою кінематичною схемою та описом принципу роботи.

Результати вибору засобів технологічного оснащення представляються в пояснювальній записці курсового проекту до таблиці «Відомість технологічного оснащення» (див. таблицю 4.7), та вказують у відповідних графах маршрутних (МК) і операційних (ОК) картах технологічного процесу.

Таблиця 4.7.

Відомість технологічного оснащення

1 опер	Назва операції	Модель верстата	Засоби технологічного оснащення			
			Пристрій	Допоміжний інструмент	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
005	<i>Фрезерна</i>	<i>6P12Б</i>	<i>Спеціальний</i>	<i>Оправка ГОСТ 15068-95</i>	<i>Фреза торцева Ø200 ГОСТ 24359-90</i>	<i>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1 ГОСТ 166-89</i>
...

4.6.11. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання в курсовому проекті займає значне місце по обсягу виконуваних робіт, тому що він пов'язаний зі складними розрахунками, технічними обґрунтуваннями та висновками.

В пояснювальній записці при розрахунках режимів різання визначають такі параметри:

- глибину різання - t , мм;
- подачу - S , мм/об; мм/хв; мм/зуб;
- стійкість різального інструменту - T , хв;
- швидкість різання - V , м/хв; м/сек;
- частоту обертання шпинделя (інструмента) - n , хв⁻¹;
- потужність, необхідну для процесу різання - N_p , кВт;
- основний (машинний) час - t_o , хв.

Вихідними даними для розрахунку режимів різання є марка матеріалу деталі та його характеристика, величина припуску на обробку, дані про технологічне обладнання та різальний інструмент, а також операційний ескіз операції, що виконується.

Розрахункові параметри режимів різання обов'язково корегують згідно паспортних даних верстата, визначають фактичні їх значення та заносять до операційних (маршрутних) карт технологічної документації.

Параметри режимів різання розраховують таким чином, щоб досягти найбільшої продуктивності механічної обробки на даній технологічній операції. Ця умова виконується при використанні різального інструмента раціональної конструкції та при максимальному використанню всіх технологічних можливостей верстата.

В пояснювальній записці курсового проекту режими різання рекомендується розраховувати двома методами:

- а) *розрахунково-аналітичним* з використанням емпіричних формул;
- б) *дослідно-статистичним* за допомогою таблиць загально - машинобудівних нормативів та технологічних довідників.

Аналітичний розрахунок режимів різання виконується на три-чотири різнохарактерні переходи або операції (точіння, свердлування, фрезерування тощо). Для всіх інших операцій технологічного процесу режими різання призначаються за нормативними таблицями

загальномашинобудівних нормативів і відповідних довідників, з обов'язковим врахуванням всіх поправочних коефіцієнтів, що враховують зміни умов різання. Результати розрахунків заносяться до відповідних таблиць пояснювальної записки, та до операційних карт.

При виконанні розрахунків і виборі режимів різання в пояснювальній записці обов'язково необхідно дати посилання на довідник або збірник нормативів, карту, таблицю та сторінку, на основі яких проведено розрахунок.

Послідовність та приклади розрахунків режимів різання розрахунково-аналітичним та досвідно-статистичним методами представлені в довідниках та навчальних посібниках (7.3, 7.4, 7.7, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12)

Слід пам'ятати, що допущені при розрахунках режимів різання помилки можуть призвести до переробки окремих розділів проекту, а в деяких випадках і всього проекту.

При виконанні робіт по розрахунку режимів різання в курсовому проекті 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 покращення умов праці;
- розраховані за нормативами та за емпіричними формулами режими різання не є остаточними, їх необхідно розглядати як один з етапів визначення раціональних режимів різання.
- однією з важливих особливостей визначення режимів різання для багатоінструментальних верстатів є взаємне погодження робіт, що виконуються на окремих позиціях, окремих супортах та окремими інструментами. Для цього проводиться оптимізація розрахованих параметрів по загальному критерію. Такими критеріями при обробці деталей на токарних одношпиндельних багаторізцевих верстатах є загальна для всіх інструментів одного супорта подача - $S_0, \frac{мм}{об}$ та загальна частота обертання деталі - $n, хв^{-1}$; при свердлуванні отворів багатошпиндельною головкою – єдина осьова подача - $S_0, \frac{мм}{об}$; при роботі на багатошпиндельних токарних верстатах — однаковий основний час обробки - $t_0, хв$ на всіх позиціях.

Розрахунок режимів різання в курсовому проекті рекомендується виконувати в такій послідовності:

1. Для вибраного різального інструмента в залежності від матеріалу деталі та його характеристик уточнюється вид та марка інструментального матеріалу (швидкорізальна сталь, твердий сплав, тощо).

2. В залежності від величини розрахованих припусків на обробку, жорсткості деталі та умов різання визначається глибина різання - $t, \text{мм}$ та кількість проходів i , що необхідна для зняття припуску. Рекомендується приймати максимальну глибину різання при умові забезпечення заданої точності обробки. В деяких випадках, при чорновій обробці, а також коли деталь недостатньо жорстка припуск знімається за декілька робочих ходів.

3. В залежності від виду обробки (чорнова, чистова), матеріалу деталі (сталь, чавун), марки інструментального матеріалу, глибини різання - $t, \text{мм}$, розмірів та стану шорсткості поверхонь, що обробляються, за допомогою нормативних таблиць, встановлюється рекомендоване значення подачі - $S, \text{мм/об}(\text{мм/зуб})$.

4. За прийнятими значеннями глибини різання - $t, \text{мм}$, і подачі $S, \text{мм/об}(\text{мм/зуб})$, матеріалу деталі, виду різального інструмента та його стійкості $T, \text{хв}$, з врахуванням поправочних коефіцієнтів за емпіричними формулами розраховується швидкість різання - $V, \text{м/хв}$.

5. В залежності від величини розрахованої швидкості різання - $V, \text{м/хв}$ розраховується розрахункова частота обертання деталі - $n_p, \text{хв}^{-1}$:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

де D - діаметр деталі (інструмента), мм.

Після цього по паспорту верстата приймається найближче менше значення подачі - $S_n, \text{мм/об}$ та частоти обертання $n_n, \text{хв}^{-1}$.

Розраховується фактична швидкість різання - $V_\phi, \text{м/хв}$.

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}$$

Як правило, в паспортних даних металорізальних верстатів, що наводяться в каталогах, вказують тільки граничні значення подач (s_{max}, s_{min}), або частот обертання (n_{max}, n_{min}) верстата. Конкретний ряд нормалізованих подач коробки подач, або частот обертання коробки швидкостей верстата рекомендується визначити за допомогою коефіцієнтів геометричної прогресії нормальних подач або частот обертання, наприклад:

$$\varphi_s = k - \sqrt[k]{\frac{s_{max}}{s_{min}}}; \quad \varphi_n = k - \sqrt[k]{\frac{n_{max}}{n_{min}}}, \quad (19)$$

де k - кількість ступенів подач (частот обертання) верстата, що подається в паспортних даних верстата.

Для визначення складу нормалізованого ряду подач, або частот обертання для конкретного верстата необхідно:

а) за паспортом верстата встановити значення (s_{max}, s_{min}) і (n_{max}, n_{min}) та кількість ступенів подач (частот обертання) верстата - k ;

б) використовуючи формули (19) розрахувати значення коефіцієнтів φ_s та φ_n , стандартизовані значення яких складають: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,00. При цьому слід пам'ятати, що для сучасних металорізальних верстатів найбільш часто використовують такі значення коефіцієнтів φ_s та φ_n : 1,26; 1,41; 1,58.

6. Для найбільш навантаженого технологічного переходу проводиться перевірка відповідності потужності електродвигуна - N_e головного приводу верстата до прийнятих параметрів режимів різання - t, s, v_ϕ . Для цього необхідно за емпіричними формулами розрахувати величини складових сил різання P_x, P_y і P_z та визначити потужність N_p , що необхідна для різання на даному технологічному переході. Потужність електродвигуна верстата N_e повинна бути на 10-20% більше потужності, що необхідна для різання N_p .

7. Розраховується основний (машинний) час t_0 , хв, що необхідний для обробки деталі на заданій технологічній операції.

Результати розрахунків режимів різання в пояснювальній записці представляються у вигляді таблиці 4.8, а також заносяться до операційних карт комплексу технологічної документації.

4.6.12. Технічне нормування технологічного процесу

Після виконання всіх необхідних робіт по розробці технологічного процесу виготовлення заданої деталі та розрахунку режимів різання виконують технічне нормування операцій технологічного процесу.

Слід відмітити, що методика розрахунку технічно обґрунтованих норм часу є загальновідомою та широко представлена в навчальній, нормативній та довідниковій літературі (7.3, 7.6, 7.7, 7.10).

Для проведення технічного нормування в курсовому проекті необхідно мати такі вихідні дані:

- марка матеріалу деталі, що оброблюється та його основні фізико-технічні характеристики;
- спосіб виготовлення заготовки;
- розміри поверхонь, що оброблюються (з врахуванням допусків), необхідна точність та шорсткість обробки;
- вага деталі, що оброблюється;
- кількість деталей в партії;
- паспортні дані верстатів, що використовуються в технологічному процесі;
- відомості про різальний та контрольно-вимірвальний інструмент, що використовується в технологічному процесі;
- технічні характеристики верстатних пристроїв їх рівень спеціалізації, механізації, тощо;
- схеми базування на технологічних операціях та метод забезпечення точності встановлення деталі в пристрої (з вивіркою, без вивірки);
- план розташування обладнання на робочому місці;
- особливості обслуговування робочих місць, забезпечення заготовками, технологічною документацією, інструментами, пристроями, умови забезпечення налагодження, підналагодження та ремонту верстата, тощо.

Врахування всіх вище вказаних даних є обов'язковим для встановлення технічно обґрунтованої норми часу на виконання технологічної операції та всього процесу в цілому.

Таблиця 4.8.

Режими різання на технологічні операції (приклад)

№ оп	Назва операції	t , мм	$L_{різ}/L_{р.х.}$ мм	λ	T_m , хв	S_p/S_n , мм/об	V_p/V_n , м/хв	n_p/n_n , об/хв	S_m , мм/хв	T_o , хв	N_p/N_δ , кВт
005	Токарно - гвинторізна	0,8	52/65	0,71	90/90	0,27/0,30	72/75	486/500	120	0,36	0,56/0,69
010	Вертикально- фрезерна										
015	і т. д.										

Позначення прийняті в таблиці :

t – глибина різання; $L_{різ}$ – довжина поверхні, що оброблюється; $L_{р.х.}$ – довжина робочого ходу інструмента; $\lambda = L_{різ}/L_{р.х.}$; T_m – стійкість інструмента в хвилинах машинного часу; S_p, S_n – відповідно, розрахункова і прийнята подача; V_p, V_n – відповідно, розрахункова і прийнята швидкість різання; n_p, n_n – відповідно, розрахункова і прийнята частота обертання.; $S_{хв}$ – хвилинна подача; T_o – основний (машинний) час; N_p, N_δ – відповідно, розрахункова і ефективна потужність різання; $N_p = N_\delta / \eta$, де η - ККД верстата ($\eta = 0,7 \dots 0,8$)

Розрахунок технічно обґрунтованих норм часу на виконання операцій технологічного процесу рекомендується проводити в такій послідовності:

1. Проводиться аналіз всіх вихідних даних та при необхідності уточнюється послідовність технологічної операції, що нормується.

2. На основі проведених розрахунків режимів різання для технологічних операцій по кожному технологічному переходу розраховується основний (машинний) час обробки t_{0i} , та сумарний основний час на операцію

$$T_0 = \sum t_{0i} . \quad (20)$$

Для більшості видів механічної обробки основний час визначається за формулою:

$$t_{0i} = \frac{L}{nS_0} i = \frac{l_0 + y + \Delta}{nS_0} i , \quad (21)$$

де L – розрахункова довжина робочого ходу, **мм**;

l_0 – довжина різання, **мм**;

y – довжина врізання та підходу інструмента, **мм**;

Δ – довжина перебігу інструмента, **мм**;

S_0 – подача, **мм/об**;

n – частота обертів деталі, **хв⁻¹**; i – кількість проходів.

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

- час на встановлення, затискання та зняття деталі - $t_{вст}$;

- час, пов'язаний з переходом - $t_{пер}$;

- час, що необхідний для зміни режимів роботи верстата, та на заміну різального інструмента - $t_{зм}$;

- час на контрольні вимірювання оброблюваної поверхні - $t_{к}$;

$$t_{дон} = t_{вст} + t_{пер} + t_{зм} + t_{к} . \quad (22)$$

4. Визначається оперативний час операції:

$$t_{он} = t_0 + t_{дон} \quad (23)$$

5. За загальномашинобудівними або іншими галузевими нормативами в залежності від виду обробки та типу верстата визначають (у відсотках від оперативного часу t_{on} на операцію):

- час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця :

$$t_{обсл} = t_{тех} + t_{орг};$$

- час на відпочинок та природні потреби робітника - $t_{відп}$.

6. Визначається норма штучного часу на операцію:

$$t_{ум} = \sum_{i=1}^n t_{0i} + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп}; \quad (24)$$

7. Для серійного виробництва в залежності від умов виконуваних робіт встановлюється перелік підготовчо-завершальних робіт і по нормативах визначається норма підготовчо-завершального часу - $t_{н.з.}$;

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

$$t_{ум.к} = t_{ум} + \frac{t_{н.з.}}{n}, \quad (25)$$

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

Для спрощення розрахунків штучного часу $t_{ум}$ час на обслуговування робочого місця $t_{обс}$ і час на відпочинок і природні потреби $t_{відп}$ встановлюють по нормативних таблицях у відсотках по відношенню до оперативного часу t_{on} . В цьому випадку формула для розрахунку штучного часу $t_{ум}$ має вигляд:

$$t_{ум} = (t_0 + t_{дон}) \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right), \quad (26)$$

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

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

γ – відсоток від оперативного часу на відпочинок та природні потреби робітника ($\gamma = 4,0 - 6,0 \%$).

Результати розрахунків норм штучного часу для зручності їх аналізу, в пояснювальній записці рекомендується надавати у вигляді таблиці (див. таблицю 4.9).

4.7. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.7.1. Загальні положення

В конструкторському розділі пояснювальної записки курсового проекту здійснюється проектування та розрахунок спеціальної технологічної оснастки з метою підвищення ефективності технологічного процесу.

До засобів технологічного оснащення, що можуть проектуватися в даному розділі курсового проекту, відносяться:

- спеціальні верстатні пристрої;
- спеціальний різальний інструмент;
- спеціальний допоміжний інструмент;
- спеціальні засоби технічного контролю;
- спеціальні засоби механізації та автоматизації операцій технологічного процесу;
- спеціальні засоби механізації та автоматизації процесів транспортування заготовок і деталей тощо.

В курсовому проекті обов'язковому проектуванню підлягає тільки один або два види технологічної оснастки. Види технологічної оснастки, що підлягають проектуванню погоджуються з керівником проекту та заносяться до завдання на проектування.

Розроблені конструкції технологічної оснастки представляються в графічній частині проекту у вигляді складальних креслень або креслень загального виду.

Спеціальна технологічна оснастка, як правило, проектується для найбільш трудомістких, складних та відповідальних операцій. Обсяг та види робіт по проектуванню оснастки обов'язково погоджується з керівником проекту, та вказується в завданні на проектування.

Розроблені в курсовому проекті конструкції засобів технологічного оснащення повинні бути оригінальними та прогресивними, технологічними у виготовленні, надійними та безпечними в експлуатації. В процесі проектування необхідно максимально використовувати стандартні або уніфіковані деталі та складальні одиниці.

Таблиця 4.9.

Технічні норми часу по операціям (приклад)

№ оп	Назва операції	$t_o, хв$	$t_{доп} (хв)$				$t_{оп}, (хв)$	$t_{обсл} (,хв)$		$t_{відп} (,хв)$	$t_{штт} (,хв)$	$t_{п.з.}, (хв)$	$n (шт)$	$t_{шттк} (хв.)$
			$t_{вст}$	$t_{пер}$	$t_{зм}$	$t_{изм}$		$t_{тех,хв}$	$t_{орг,хв}$					
005	Вертикально-фрезерна	0,66	0,08	0,24	0,26	0,08	1,32	0,03	0,03	0,06	1,18	21	320	1,25
010	Радіально-свердлильна	0,18	0,16	0,22	0,26	0,10	0,92	0,04	0,04	0,05	0,81	13	320	0,85
015	<i>і т. д.</i>													

Позначення прийняті в таблиці: t_o - основний час; $t_{вст}$ - час на встановлення, вивіряння, зняття і затискання заготовки; $t_{пер}$ - час пов'язаний з переходом; $t_{зм}$ - час на переключення органів управління верстатом, підведення і відведення інструменту; $t_{к}$ - час на контрольні вимірювання; $t_{доп}$ - допоміжний час; $t_{оп}$ - оперативний час ($t_{оп} = t_o + t_{в}$); $t_{тех}$, $t_{орг}$ – час на технічне і організаційне обслуговування; $t_{обсл}$ - загальний час на обслуговування робочого місця; $t_{відп}$ - час на відпочинок і природні потреби; $t_{штт}$ - штучний час на операцію ($t_{штт} = t_o + t_{доп} + t_{обсл} + t_{відп}$); $t_{п.з.}$ - підготовчо-завершальний час на партію заготовок; n – кількість деталей в партії; $t_{шттк}$ - штучно-калькуляційний час ($t_{шттк} = t_{штт} + t_{п.з.}/n$).

Доцільність проектування того чи іншого виду оснастки повинна бути обов'язково обґрунтована, а саме проектування проводиться на основі детального вивчення та аналізу аналогічних конструкцій наведених у навчальних посібниках, довідниках, монографіях, патентах і винаходах.

Оригінальні конструкторські рішення в деяких випадках можуть складати предмет винаходу. В такому випадку цінність та актуальність курсового проекту значно підвищується.

Слід відмітити, що в курсовому проекті не допускається викреслювання відомих конструкцій засобів технологічного оснащення без внесення змін до них відповідно до умов проекту.

4.7.2. Проектування та розрахунки спеціальних верстатних пристроїв

Проектування конструкції спеціального пристрою виконується для однієї з операцій технологічного процесу та є обов'язковим завданням для курсового проекту з технології машинобудування.

Тип конструкції спеціального пристрою, що підлягає проектуванню, погоджується з керівником проекту та заноситься до завдання на курсове проектування.

Конструкція пристрою, що проектується повинна забезпечувати підвищення продуктивності праці, задану точність і шорсткість обробки, поліпшення умов і безпеки праці, ліквідації попередньої розмітки деталей та її вивірки при встановленні на верстаті.

Процес проектування спеціального пристрою починається з визначення та аналізу таких вихідних даних:

- геометрична форма, габаритні розміри та вага деталі;
- вимоги до точності та шорсткості поверхонь, що оброблюються;
- назва та зміст технологічної операції;
- річна програма випуску деталей;
- режими різання та норми часу;
- технічна характеристика верстата для якого проектується пристрій;
- характеристика різального, допоміжного та вимірювального інструменту, що використовуються на даній операції.

При цьому обов'язково необхідно ознайомитись з конструкціями аналогічних пристроїв, з конструкціями стандартизованих та нормалізованих деталей та складальних одиниць, що входять до складу пристроїв.

Задача проектування полягає в тому, щоб із відомих конструктивних елементів та складальних одиниць пристроїв розробити раціональний, для заданих конкретних умов виконання операцій, варіант конструкції спеціального пристрою.

Проектування спеціального пристрою починається з розробки теоретичної схеми базування, з вибору прототипу його конструкції, та розробки схеми взаємодії сил та моментів різання і затискання, що діють на деталь у процесі обробки. Після цього виконують розрахунки похибок базування та необхідної сили затискання, що забезпечить надійне затискання деталі в пристрої. За результатами проведених розрахунків проектують або вибирають конструкції встановлювальних елементів, конструкцію затискного механізму та силового приводу та інші елементи конструкції пристрою. Визначають фактичну та допустиму похибку встановлення заготовки у пристрої, проводять розрахунки точності пристрою, обґрунтовують технічні вимоги до його виготовлення, розраховують на міцність найбільш навантажені деталі пристрою.

При проектуванні нових конструкцій спеціальних пристроїв необхідно враховувати такі основні положення:

- максимальне використання в конструкції пристрою стандартних деталей, складальних одиниць та механізованих (автоматизованих) приводів;
- забезпечення можливості швидкого переналагодження пристрою на обробку подібних деталей;
- зменшення часу на встановлення та знімання деталей;
- забезпечення заданої точності обробки;
- забезпечення безпечної роботи тощо.

Вдосконалення (модернізацію) діючих на базовому заводі пристроїв рекомендується проводити за рахунок таких конструкторсько-технологічних заходів:

- заміна ручних затискних механізмів на швидкодіючі механізовані або автоматизовані;
- заміна одномісних (однопозиційних) пристроїв багатомісними (багатопозиційними);
- автоматизація процесу завантаження пристрою та зняття деталей в пристрої тощо.

Для оснащення верстатів з ЧПК рекомендується використовувати:

- конструкції переналагоджуваних пристроїв;
- універсально-складальні пристрої (механізовані) (УСПМ);
- спеціалізовані та спеціальні пристрої.

Пристрої для свердлувальних, фрезерних і розточувальних верстатів з ЧПУ компонують, як правило, зі стандартних деталей і складальних одиниць, що входять до складу системи універсально-складальної переналагоджуваної оснастки (УСПО).

Базування пристроїв на столі верстата з ЧПУ здійснюється:

- за допомогою трьох призматичних або циліндричних шпонок;
- за допомогою двох циліндричних штирів, або одного штиря і однієї призматичної шпонки.

Проектування спеціального пристрою супроводжується необхідними розрахунками та поясненнями, що представляються в пояснювальній записці курсового проекту в такій послідовності:

1. Обґрунтування доцільності використання спеціального пристрою для оснащення заданої технологічної операції.

2. Визначення та аналіз вихідних даних необхідних для проектування (назва та зміст технологічної операції, характеристика деталі, точність та шорсткість обробки, технічні характеристики верстата, різального, допоміжного та контрольного інструментів, дані про попередню операцію та похибки, що можуть виникнути, режими різання та норми часу тощо).

3. Розробка теоретичної схеми базування та схеми затискання деталі в пристрої;

4. Розрахунки похибок базування, похибок затискання та встановлення деталі в пристрої;

5. Перевірка умови забезпечення заданої точності обробки деталі;

6. Розробка конструкції спеціального пристрою та опис принципу його роботи (в пояснювальній записці необхідно подати кінематичну схему пристрою, схеми його окремих механізмів – затискного, механізму управління тощо та описати принцип його роботи);

7. Розробка схеми взаємодії складових сил, моментів різання та інших сил, що діють на заготовку в процесі обробки; складання рівнянь рівноваги заготовки під дією сил та моментів;

8. Розрахунок необхідної сили затискання заготовки в пристрої;

9. Проектування конструкції затискного механізму;

10. Розрахунок фактичної сили затискання;

11. Розрахунок основних параметрів механізованого приводу;

12. Перевірка умови надійного затискання деталі в пристрої;

13. Розрахунки на міцність окремих деталей пристрою;

14. Розробка технічних вимог на виготовлення та складання пристрою;

15. Технічно-економічні розрахунки та обґрунтування доцільності використання пристрою, що проектується.

Результатом процесу проектування спеціального пристрою є складальне креслення його конструкції, що виконується відповідно до вимог ЄСКД та представляється в графічній частині проекту.

4.7.3. Проектування та розрахунки спеціального різального і допоміжного інструмента

Використання спеціального різального інструмента для оснащення технологічного процесу проводиться в тому випадку, коли наявний стандартний інструмент не забезпечує заданої продуктивності та якості оброблюваної деталі.

До видів спеціального інструменту, що рекомендуються розробляти в курсовому проекті відносяться:

- комбінований різальний інструмент;
- спеціальний інструмент для обробки зубів зубчастих коліс (черв'ячні, модульні та дискові фрези тощо);
- фасонні токарні різці;
- шпонкові, шліцові, круглі та інші протяжки;
- торцеві та дискові фрези спеціальних конструкцій;
- інші види інструмента.

У окремих випадках об'єктом проектування разом з різальним інструментом може бути і допоміжний інструмент (різцеві блоки, патрони для встановлення осьового інструменту, багатошпindelні голівки тощо). Види різального та допоміжного інструмента, що підлягають проектуванню погоджуються з керівником проекту та заносяться до завдання на проектування.

Проектування спеціального різального інструменту, крім розробки його конструкції в графічній частині проекту, супроводжується необхідними розрахунками та поясненнями, що заносяться до пояснювальної записки. До них відносяться:

- обґрунтування доцільності проектування даного виду оснастки;
- обґрунтування та вибір інструментального матеріалу;
- розрахунки та вибір геометричних параметрів, форми та розмірів інструмента;
- розрахунки на міцність окремих елементів різального інструмента;
- розробка технічних вимог на виготовлення інструмента.

При проектуванні спеціального різального інструменту, особливо для верстатів з ЧПК, особливу увагу необхідно приділяти питанню забезпечення жорсткості його конструкції, використанню сучасних високопродуктивних інструментальних матеріалів, тощо.

4.7.4. Проектування та розрахунки спеціальних засобів технічного контролю

В курсовому проекті для однієї з операцій технологічного процесу при необхідності розробляють спеціальний контрольно-вимірювальний інструмент або спеціальний контрольний пристрій. Обсяг та склад розробок даного розділу погоджується з керівником проекту та затверджується завданням на проектування.

Об'єктами проектування можуть бути: конструкції спеціальних контрольно-вимірювальних інструментів; спеціальні контрольні пристрої для автоматизації процесу контролю деталей; контрольно-сортувальні автомати та напіваавтомати; контрольно-вимірювальні пристрої для комплексного контролю; механізми активного контролю; пристрої для контролю величини зношування робочої частини різального інструменту тощо.

Проектуванню та розрахункам також підлягають різьбові калібри, скоби, пробки, пристрої для перевірки міжосьової відстані та інші вимірювальні інструменти і пристрої.

При проектуванні спеціального контрольно-вимірювального інструменту або пристрою в пояснювальній записці необхідно обґрунтувати прийняту схему та метод технічного контролю, особливості його проведення, навести кінематичну схему пристрою та описати принцип його дії, виконати розрахунок точності прийнятого методу контролю.

При проектуванні калібрів виконують розрахунки виконавчих розмірів та допусків, надають схему взаємного розташування полів допусків контрольного розміру деталі та калібру, розробляють технічні вимоги на їх виготовлення.

4.7.5. Проектування спеціальних засобів механізації та автоматизації

Вибір видів засобів для механізації та автоматизації технологічного процесу проводиться на стадії розробки завдання на проектування та погоджується з керівником проекту.

До об'єктів проектування відносяться:

- автоматична або автоматизована лінія механічної обробки або складання виробу;
- пристрої для механізації або автоматизації процесу завантаження, переміщення, затискання та зняття деталей;
- пристрої для запресування втулок та загвинчування гайок, болтів, гвинтів тощо;
- міжопераційний транспорт, засоби для прибирання та транспортування стружки.

При розробці засобів механізації та автоматизації технологічних процесів слід враховувати, що в малосерійному та серійному виробництві проводиться тільки часткова механізація та автоматизація окремих робочих місць. В багатосерійному та масовому виробництві частково або повністю автоматизують процеси завантаження, вивантаження заготовок та їх контроль, використовують промислові роботи, маніпулятори, верстати-автомати, агрегатні верстати та автоматичні лінії.

При проектуванні цеху або дільниці необхідно звернути увагу на питання механізації та автоматизації переміщення заготовок зі складів до місць їх обробки, а також на окремих операціях технологічного процесу. Об'єктами проектування в цьому випадку можуть бути:

- механізми доставки, завантаження та розвантаження заготовок;
- механізми передачі заготовок від верстата до верстата;
- індивідуальні засоби підйому заготовок на верстаті;
- механізми перевантаження заготовок із конвеєра на верстат;
- механізми транспортування готових деталей на операцію складання або на склад тощо.

В пояснювальній записці необхідно коротко обґрунтувати вибрану конструкцію, відмітити її особливості та переваги, привести кінематичну схему і описати принцип дії. В графічній частині проекту можна представити кінематичні, гідравлічні та електричні схеми .

На основі прийнятої кінематичної схеми виконують розрахунки необхідної потужності приводу. Розраховують основні параметри та режими роботи конструкції: продуктивність, параметри елементів завантажувальних і транспортних механізмів; швидкість переміщення заготовок, точність базування та встановлення заготовок тощо. Необхідно провести розрахунки на міцність найбільш відповідальних деталей конструкції. Проведені розрахунки обов'язково повинні бути підтверджені в пояснювальній записці схемами та ескізами окремих елементів конструкцій.

4.8. Спеціальний розділ

Спеціальний розділ курсового проекту являє собою розширену і поглиблену проробку одного з найбільш важливих і складних питань або завдань технологічного процесу, що розробляється.

Слід відмітити, що спеціальний розділ курсового проекту з технології машинобудування є логічним продовженням курсової науково-дослідної роботи студентів, що виконується на 3-4 курсі.

Спеціальний розділ *науково-дослідного характеру* курсового проекту може виконуватись по завданнях науково-дослідних інститутів, промислових підприємств та кафедри. В цьому випадку студент виконує реальний курсовий проект з розвиненою науково-дослідною частиною. Склад розділів такого проекту і графік його виконання суттєво відрізняються від типового навчального проекту, тому склад його розділів та графік виконання розроблюється студентом індивідуально та затверджується керівником проекту.

Спеціальний розділ *науково-дослідного характеру* складається з обґрунтування актуальності проблеми, методики проведення досліджень, опис досліджень, проведення досліджень та аналіз отриманих результатів.

Спеціальний розділ проекту *реферативного характеру* являє собою самостійні дослідження або поглиблене вивчення одного з таких питань :

1. Поглиблений виклад або систематизація літературних даних по окремому питанню курсового проекту (наприклад, сучасних методів чистової обробки деталей).

2. Детальне техніко-економічне порівняння технологічного процесу виготовлення даної деталі з існуючими варіантами технологічних процесів виготовлення аналогічних деталей .

3. Проектування конструкції спеціального пристрою на основі аналізу існуючих конструкцій пристроїв для обробки даної деталі і проведенням розрахунків на надійність, точність жорсткість і міцність.

4. Дослідження і експериментальна перевірка окремих питань та положень технології машинобудування, теорії різання, методології проектування пристроїв та різальних інструментів, тощо.

Спеціальний розділ *реферативного характеру* включає дослідження за літературними джерелами стану питання, що вивчається, його критичний аналіз, а також висновки, які відображають перспективні напрямки вирішення питання, що розглядається.

Дослідницький розділ курсового проекту в подальшому поглиблюють при дипломному проектуванні. Якщо результати досліджень можуть бути представлені графічно, то вони включаються до складу графічної частини курсового проекту.

4.9. Висновок **(Аналіз проведених в курсовому проекті розробок)**

Висновок містить результати проведених конструкторсько-технологічних розробок, що отримані студентом під час виконання курсового проекту. У ньому необхідно вказати: перелік завдань, що розглянуті в курсовому проекті та шляхи їх вирішення, що нового вніс студент в розроблений технологічний процес в порівнянні з базовим варіантом, відмітити особливості та переваги прийнятих конструкторсько-технологічних рішень в порівнянні з рішеннями, що реалізуються в базовому варіанті, відмітити застосування нових прогресивних технологічних методів обробки, сучасного технологічного обладнання, різального інструмента, пристроїв та засобів технічного контролю, дати техніко-економічну оцінку виконаних розробок (підвищення продуктивності праці, зниження собівартості, зменшення витрат ручної праці, тощо).

Даний розділ в пояснювальній записці приводиться після конструкторського або спеціального розділу курсового проекту.

Приклад оформлення розділу «Висновок»

В курсовому проекті вирішені наступні задачі:

- на основі проведеного аналізу призначення та умов роботи механізму (машини), технічних умов на його виготовлення, а також аналізу технологічності розроблено робоче креслення заданої деталі;

- за результатами аналізу існуючого технологічного процесу виготовлення деталі, а також типових технологічних процесів, розроблено новий технологічний процес виготовлення деталі, проведено вибір форми та встановлено спосіб виготовлення заготовки, вибрано сучасне технологічне обладнання та технологічне оснащення, розраховані загальні та міжопераційні припуски, режими різання та технічні норми часу, оформлено комплект технологічної документації.

Розроблений в проекті технологічний процес виготовлення деталі відрізняється від існуючого на підприємстві наступним:

- змінена технологічна послідовність механічної обробки деталі;

- для проведення токарної обробки застосовані різці з металокерамічною різальною частиною;

- для свердлувальної операції розроблено конструкцію спеціального двопозиційного пристрою з механізованим приводом.

Зміна технологічної послідовності обробки деталі проведена в зв'язку з використанням в технологічному процесі сучасних багатоопераційних верстатів з ЧПК.

Використання токарних різців з металокерамічною ріжучою частиною дозволяє застосовувати при обробці більш продуктивні режими різання та підвищити якість обробки.

Використання конструкції спеціального двопозиційного пристрою з механізованим приводом на свердлувальній операції дозволяє підвищити продуктивність, зменшити собівартість виготовлення деталі на даній операції.

4.10. Список використаної літератури

Список повинен містити літературні джерела (підручники, посібники, довідники, монографії) в тому числі періодичні науково-технічні журнали та стандарти, що використовувались студентом під час роботи над курсовим проектом. *Літературні джерела в списку слід розташовувати в послідовності їх використання у тексті пояснювальної записки.*

Бібліографічний опис використаних літературних джерел оформлюється згідно з ДСТУ «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Основні вимоги до оформлення розділу «Список використаної літератури»:

- а) даний розділ пояснювальної записки приводиться після розділу «Висновок»;
- в) бібліографічний опис окремого літературного джерела включає:
 - порядковий номер джерела в списку;
 - прізвище та ініціали автора;
 - назву літературного джерела;
 - назву видавництва, місце та рік видання;
 - кількість сторінок.

Форма запису кожного літературного джерела визначається числом авторів та видом видання.

Приклади оформлення бібліографічного опису літературного джерела в списку використаної літератури пояснювальної записки наведені нижче.

Книги (підручники, посібники, довідники, монографії)

- один автор:

Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. –К. : «Кондор»,2008.-726с.

- два автори:

Гавриш А.П. Фінішна алмазно-абразивна обробка магнітних матеріалів / А.П. Гавриш , П.П. Мельничук. - Житомир: ЖДТУ, 2004. – 552 с.

Струтинський В.Б. Математичне моделювання металорізальних верстатів / В.Б. Струтинський, П.П.Мельничук. – Житомир, 2002. – 564 с.

- *три автори:*

Кирилович В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ: Навчальний посібник. / В.А. Кирилович, П.П.Мельничук, В.А. Яновський. - Житомир: ЖІТІ, 2001.-600 с.

- *чотири автори:*

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

- *п'ять і більше авторів:*

Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчально-методичний посібник /В.В.Ковальов, Л.Г.Полонський,В.В.Сєров та інш. ; - Житомир: ЖДТУ, 2008. – 211 с.

Основи формування поверхонь при механічній обробці: Навчальний посібник. / Н.С. Равська, П.П.Мельничук, О.В.Мамлюк, Ніколаєнко Т.П., Охріменко О.А. – Київ, 2013. – 215 с.

