

3. Рекомендації до виконання пояснювальної записки

3.1 Вступна частина

3.1.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш є першою сторінкою пояснювальної записки кваліфікаційної випускної роботи та призначений для розміщення інформації про її виконавців та осіб з якими погоджується проект і які затверджують його. Він виконується та оформляється на аркуші формату А4 за формою, наведеною в дод. А1.

На титульному аркуші вказується назва міністерства, назва вищого навчального закладу, факультету, кафедри, тема кваліфікаційної роботи, прізвища та ініціалів студента, керівника та консультантів окремих розділів, рік виконання пояснювальної записки. Переноси слів у заголовках титульного аркуша не допускаються.

3.1.2 Завдання на виконання кваліфікаційної роботи

Завдання студенту складає і видає керівник кваліфікаційної роботи. Завдання оформляється на спеціальному бланку з обох боків одного аркуша. Цей аркуш відповідає двом сторінкам тексту пояснювальної записки, які нумеруються відповідним чином.

В завданні повинна бути указана тема випускної кваліфікаційної роботи, основні вихідні дані, перелік питань які належить розробити та перелік креслень графічної частини. У завданні наводиться календарний план виконання основних етапів роботи.

Завдання на виконання кваліфікаційної роботи підписується студентом, керівником проекту та затверджується завідувачем кафедрою.

Приклад оформлення завдання на виконання кваліфікаційної роботи представлений в дод. А2.

3.1.3 Відомість кваліфікаційної роботи

До відомості заносять всі технологічні та конструкторські документи, розроблені та використані студентом у відповідності до завдання при виконанні кваліфікаційної роботи. Відомість роботи заповнюється на стандартних формулярах специфікацій за ГОСТ 2.102–96.

Запис документів у відомості виконується за розділами у такій послідовності:

- документація загальна;
- документація конструкторська;
- документація технологічна;
- плакати.

Назви розділів і підрозділів заносять до графи «Назва» у вигляді заголовків. Назви розділів підкреслюють.

Графи заповнюють таким чином:

- а) у графі «Формат» вказують формат, на якому виконано документ;
 - б) у графі «Позначення» вказують позначення документа;
 - в) у графі «Назва» вказують назву документа;
 - г) у графі «Кількість аркушів» вказують кількість аркушів, на яких виконано документ;
 - д) у графі «№ екз.» вказують номер екземпляра копії даного документа. При відсутності номерів екземплярів графу прокреслюють;
 - е) у графі «Примітки» вказують додаткові відомості.
- Приклад оформлення відомості кваліфікаційної роботи наведено у [дод. А.5](#).

3.1.4 Анотація

Анотація призначена для загального ознайомлення з роботою. Вона виконується державною (українською) мовою. В анотації в стислій інформативній формі відображається основний зміст кваліфікаційної роботи, основні результати виконаних розробок та можливі сфери їх впровадження у виробництво, вказується рівень новизни конструкторсько-технологічних рішень (удосконалення технологічного процесу, використання сучасного автоматизованого обладнання, технологічної оснастки тощо).

Текст анотації виконується в такій послідовності:

- назва вищого навчального закладу, факультету, кафедри;
- рік виконання кваліфікаційної роботи;
- прізвище та ініціали виконавця кваліфікаційної роботи;
- тема кваліфікаційної роботи;
- дані про обсяг пояснювальної записки та кількості в ній рисунків (схем, графіків, таблиць, додатків, кількість літературних джерел згідно з переліком посилань);
- кількість креслень формату А1 графічної частини кваліфікаційної роботи;
- методи досягнення мети;
- результати, що отримані при виконанні роботи;
- рівень новизни виконаних розробок;
- ефективність розробок;
- можливі галузі застосування.

Анотація кваліфікаційної роботи виконується на аркуші формату А4. Орієнтований обсяг анотації – 0,5 аркуша формату А4. На другій половині аркуша при необхідності подається переклад анотації на одну з іноземних мов (англійську, німецьку, французьку тощо).

Після тексту анотації наводять ключові слова, що є визначальними для розкриття суті теми пояснювальної записки кваліфікаційної роботи .

Перелік ключових слів повинен містити від 5 до 15 слів (словосполучень), написаних великими літерами у називному відмінку в рядок через коми.

Приклад анотації кваліфікаційної роботи наведено **у дод. А3.**

3.1.5 Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

– Всі прийняті у роботі малопоширені умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни пояснюють у переліку, який вміщують безпосередньо після змісту, починаючи з нової сторінки.

– Незалежно від цього, за першої появи цих елементів у тексті пояснювальної записки наводять їх розшифровку.

– Перелік повинен розташовуватись стовпцем. Ліворуч наводять умовні позначення, символи, одиниці, скорочення і терміни, а праворуч – їх розшифровку.

3.1.6 Зміст

Зміст розташовують безпосередньо після анотації, починаючи з нової сторінки.

До змісту включають: вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) пояснювальної записки; висновки та рекомендації; перелік посилань; назви додатків і номери сторінок, які містять початок відповідного матеріалу.

У змісті можуть бути відображені назви найважливіших ілюстрацій та таблиць із зазначенням сторінок, на яких вони вміщені.

3.1.7 Вступ

Вступ розміщують на окремій сторінці. В цьому розділі вказуються основні задачі та проблеми, що стоять перед сучасним машинобудівним виробництвом України, обґрунтовується актуальність розроблюваної у кваліфікаційній роботі

теми, її значення для підвищення ефективності виробництва і формулюються мета роботи та її основні завдання.

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

3.2 Технологічна частина

3.2.1 Службове призначення та аналіз конструкції деталі

Визначення службового призначення та аналіз конструкції деталі (об'єкта виробництва) є важливим етапом проектування технологічного процесу її виготовлення.

Розділ виконується на основі поетапного вивчення складального креслення конструкції машини (механізму) до складу якої входить деталь, порядку її роботи та взаємодії основних вузлів і деталей, умов експлуатації (види навантаження, робоча температура, агресивність середовища тощо) та встановлення службового призначення і проведення аналізу конструкції заданої деталі, що входить до складу конструкції машини. Аналіз конструкції деталі виконується за її робочим кресленням і проводиться поетапно.

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 експлуатації та технічні вимоги на її виготовлення.

На другому етапі встановлюється правильність виконання робочого креслення деталі у відповідності до вимог діючих стандартів СКД. Робоче креслення деталі повинно містити всі необхідні технічні дані, що дають повне представлення про її геометричну форму та габаритні розміри, а всі наявні проєкції та розрізи повинні чітко і однозначно пояснювати її конструкцію та можливі методи одержання заготовки. На кресленні повинні бути вказані всі необхідні розміри деталі з допусками, шорсткість поверхонь та їх відхилення від взаємного розташування (паралельність, перпендикулярність, співвісність тощо). *Встановлюється клас деталі за технологічним класифікатором.*

На третьому етапі встановлюються поверхні деталі, що підлягають механічній обробці; аналізуються їх точність та показники шорсткості; технічні вимоги на їх виготовлення; геометрична форма та взаємне розташування у просторі. Це дає 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 – в пояснювальній записці приводяться його фізико-механічні

властивості, хімічний склад, наявність термічної обробки, захисних та декоративних покриттів, маса деталі. Після аналізу властивостей матеріалу робиться висновок про його придатність для виготовлення даної деталі.

Проведений аналіз служить основою для вирішення питань про методи обробки, визначення етапів технологічного процесу, способів виконання чистових, викінчувальних та зміцнювальних операцій та забезпечення заданої точності виготовлення деталі.

3.2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі (складальної одиниці) – один із найважливіших етапів технологічної підготовки виробництва та є обов'язковим етапом при проектуванні технологічних процесів.

Мета аналізу – виявлення технологічних і конструкторських недоліків конструкції деталі за вихідними даними, що містяться в робочих кресленнях і технічних вимогах та розробка технічних пропозицій щодо поліпшення технологічності деталі (виробу), що розглядається. За наслідками аналізу визначаються показники рівня технологічності конструкції, розробляються рекомендації щодо їх поліпшення і вносяться зміни до конструкторської документації.

Перелік робіт по забезпеченню технологічності конструкцій виробів визначається стандартами ЄСТПВ. Загальні правила забезпечення технологічності конструкції наведені в міждержавних стандартах ГОСТ 14.202–83, ГОСТ 14.203–83, ГОСТ 14.204–83, а також в навчальній та довідниковій літературі. Вибір показників технологічності проводиться за ГОСТ 14.201–83, терміни і визначення дані в ГОСТ 18.831–83.

Основні завдання, що вирішуються під час проведення аналізу технологічності конструкції деталі, зводяться до можливого зменшення трудомісткості її виготовлення, зменшення металоємності та підвищення продуктивності праці при механічній обробці. Тобто, покращення технологічності конструкції деталі дозволяє знизити собівартість її виготовлення без збитків для службового призначення та при забезпеченні необхідної якості виробів.

Таким чином, при відпрацюванні конструкції деталі на технологічність при виконанні кваліфікаційної роботи, студенту необхідно проаналізувати:

- марки використовуваних конструкційних матеріалів, що використовуються;
- види та способи виготовлення заготовок;
- можливі 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.

Необхідно пам'ятати, що аналізом технологічності конструкції деталі необхідно займатися регулярно на протязі всього періоду виконання кваліфікаційної роботи, так як ряд питань виникає безпосередньо при розробці технологічного процесу, при виборі заготовки, при виборі та проектуванні засобів технологічного оснащення, засобів механізації та автоматизації, при виборі металорізальних верстатів, тощо. Тому аналіз технологічності рекомендується проводити за декілька етапів.

Технологічність конструкції оцінюється якісно і кількісно. 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 важко 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 усіх технічних вимог, необхідних для її виготовлення, кількість проєкцій, розрізів і 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 простановка 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, багатоінструментальна обробка, накатування різьби, використання агрегатних та спеціальних верстатів, поточних та автоматичних ліній, тощо)?

5. Чи будуть забезпечені умови безпечного врізання та вільного виходу різального інструменту, доступності 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 призведуть до виникнення технологічних проблем (ускладнення технологічного процесу) вказані на робочому кресленні технічні вимоги на виготовлення деталі (точність виготовлення, шорсткість та точність взаємного розташування окремих поверхонь деталі, точність геометричної форми, тощо)?

При цьому необхідно дати характеристику конструкцій 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 на технологічність робиться висновок про відповідність конструкції деталі вимогам технологічності з точки зору виготовлення заготовки, наявності зручних технологічних баз, забезпечення основних принципів базування, 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 загальна якісна оцінка рівня технологічності конструкції деталі (деталь технологічна, не технологічна, достатньо технологічна, не достатньо технологічна), розробляються рекомендації з поліпшення її технологічності та вносяться відповідні зміни у конструкторську документацію.

На другому етапі проводиться кількісний аналіз технологічності деталі.

Кількісний аналіз технологічності. При проведенні цього аналізу в пояснювальній записці кваліфікаційної роботи рекомендується визначати основні та додаткові кількісні показники технологічності.

Основні кількісні показники технологічності

1. *Коефіцієнт технологічності конструкції деталі за трудомісткістю виготовлення:*

$$K_{TB} = \frac{T_{\Pi}}{T_{\delta}}, \quad (3.1)$$

де T_{Π} – трудомісткість виготовлення деталі за розробленим в роботі варіантом, хв ;

T_{δ} – трудомісткість базової (заводської) технології виготовлення деталі, хв.

Величина K_{TB} повинна бути < 1 , що є показником зменшення трудомісткості виготовлення заданої деталі порівняно з базовим аналогом.

2. Коефіцієнт технологічності конструкції деталі за технологічною собівартістю:

$$K_{TC} = \frac{C_n}{C_{\delta}}, \quad (3.2)$$

де C_n – технологічна собівартість виготовлення деталі за розробленим в роботі варіантом, грн;

C_{δ} – базова технологічна собівартість виготовлення деталі, грн.

Величина K_{TC} – повинна бути < 1 , що є показником зменшення собівартості виготовлення деталі порівняно з базовим варіантом технології.

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

Значення базових показників трудомісткості T_{δ} та технологічної собівартості C_{δ} виготовлення деталі студент приймає за даними підприємства, де він проходив конструкторсько-технологічну практику.

Додаткові кількісні показники рівня технологічності

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (3.3)$$

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

Q_e – загальна кількість елементів деталі;

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

2. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{m_0}{m_3}, \quad (3.4)$$

де m_0 – маса деталі за даними робочого креслення, кг;

m_3 – маса матеріалу заготовки, що необхідна для виготовлення деталі, кг.

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу виконується після обґрунтування та вибору способу виготовлення заготовки, встановлення загальних припусків на механічну обробку деталі і визначення маси заготовки.

3. Коефіцієнт точності обробки поверхонь деталі:

$$K_{\text{IT}} = 1 - \left(\frac{1}{\text{IT}_c} \right), \quad (3.5)$$

де IT_c – середній квалітет точності який розраховується за формулою:

$$\text{IT}_c = \frac{1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + \dots + 19 \cdot n_{19}}{\sum_{i=1}^{19} n_i} = \frac{\sum_{i=1}^{19} T_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^{19} n_i}, \quad (3.6)$$

де T_i – квалітет точності (1–19);

n_i – кількість поверхонь деталі, що оброблюється за i -им квалітетом точності.

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

4. Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$K_{\text{Ra}} = \frac{1}{\text{Ra}_c}, \quad (3.7)$$

де Ra_c – середня шорсткість оброблених поверхонь деталі, що визначається за формулою

$$Ra_c = \frac{\sum_{i=1}^{14} Ra_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{14} m_i}, \quad (3.8)$$

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

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

Деталь технологічна при $KRa < 0,32$.

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

Результати розрахунків додаткових показників технологічності рекомендується наводити в пояснювальній записці у вигляді табл. 3.1.

Остаточне оформлення цього розділу пояснювальної записки виконується після розробки технологічного процесу та отримання всіх необхідних для розрахунків даних. Це зумовлено появою низки технічних пропозицій з поліпшенням технологічності деталі безпосередньо під час розробки технологічного процесу.

Таблиця 3.1 Кількісні показники технологічності деталі

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

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

Після проведення аналізу технологічності деталі всі пропозиції зі змін у конструкції деталі повинні бути систематизовані та обґрунтовані і наведені в пояснювальній записці кваліфікаційної роботи.

3.2.3 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Вивчення базового (заводського) та типових варіантів технологічних процесів виготовлення аналогічних деталей та аналіз їх переваг і недоліків є

основою для розробки прогресивного технологічного процесу виготовлення заданої деталі.

Детальне вивчення та аналіз існуючих технологічних процесів здійснюється під час проходження конструкторсько-технологічної практики на підприємстві, що дає можливість студенту розробити в кваліфікаційній роботі новий ефективний технологічний процес, який відрізняється від існуючого (заводського), з врахуванням його переваг та вимог до проектування сучасних технологій.

В тому випадку, коли завдання на виконання кваліфікаційної роботи видано не за матеріалами конструкторсько-технологічної практики, то вивченню та аналізу підлягають типові технологічні процеси виготовлення аналогічних деталей для заданого типу виробництва, що представлені у технологічних регламентах, підручниках, навчальних посібниках і довідниках.

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

При вивченні та аналізі існуючих (базових) технологічних процесів вирішуються такі основні питання:

– раціональна послідовність технологічних операцій (чорнові, чистові), що забезпечують виконання технічних вимог на виготовлення деталі (механічна обробка, технічний контроль, термічна, хіміко-термічна обробка тощо);

– матеріал деталі, метод отримання заготовки, її геометрична форма, точність виготовлення, термообробка та відповідність її формі і розмірам готової деталі;

– технологічне обладнання яке застосовується для виготовлення деталі – раціональність його використання за габаритами, за штучним часом, потужності, точності обробки тощо;

– правильність вибору чорнових і чистових технологічних баз, забезпечення виконання основних принципів базування та їх вплив на послідовність і точність обробки;

– рівень оснащення технологічного процесу (верстатні пристрої, різальний, допоміжний, вимірювальний інструмент), ступінь їх стандартизації, рівень механізації та автоматизації;

– рівень автоматизації технологічного процесу.

Вивчення та аналіз технологічного процесу виготовлення заданої деталі студент починає з ознайомлення з кресленнями загального вигляду механізму (складальної одиниці), робочого креслення деталі, аналізу властивостей конструкційного матеріалу і технічних умов на її виготовлення. При цьому визначається службове призначення та умови експлуатації деталі, перевіряється технологічність її конструкції і правильність нанесення розмірів (розмірний

аналіз). У подальшому студент вивчає і аналізує всі стадії технологічного процесу обробки деталі.

При цьому студент повинен ознайомитися з прогресивними технологічними процесами механічної обробки та складання виробів і особливостями використання сучасних засобів технологічного оснащення; з методиками розрахунку деталей та машин і методикою їх конструювання. Особлива увага повинна звертатися на можливість механізації та автоматизації технологічних процесів, застосування державних стандартів при конструюванні пристроїв, різального та контрольно-вимірювального інструменту, організацію і контроль якості продукції.

Слід пам'ятати, що використання сучасних технологічного обладнання і технологічної оснастки у виробничій діяльності машинобудівних заводів є надзвичайно важливим фактором, який впливає на продуктивність праці та поліпшення якості продукції, що випускається підприємством.

У заготівельному цеху студент вивчає: обладнання для виготовлення заготовок і технологію їх виготовлення, собівартість продукції, якість і причини браку, аналізує доцільність вибору даного виду заготовок і нові методи їх виготовлення, знайомиться з елементами механізації та автоматизації виробничих процесів при виготовленні заготовок.

У механічному цеху, при вивченні питань обробки деталей, студент вивчає структуру технологічного процесу, послідовність операцій, правильність вибору баз, технологічного обладнання, конструкцій універсальних і спеціальних пристроїв та інструментів, організаційну форму виробництва, розміщення обладнання, знайомиться з організацією робочих місць, елементами механізації та автоматизації виробництва, технологічною документацією, цеховими нормативами, довідковими матеріалами, внутрішньоцеховим транспортом. *Якщо деталь підлягає термічній обробці*, студент вивчає та аналізує технологічний процес термічної обробки, необхідне обладнання і режими.

Аналіз існуючого технологічного процесу механічної обробки повинен закінчуватися висновками щодо можливих шляхів підвищення продуктивності праці, зменшення собівартості при виготовленні деталей та розробкою відповідних технічних рекомендацій.

У складальному цеху студент вивчає технологічний процес складання машини або заданого вузла, прийнятий вид і організаційну форму складання, конструкції використовуваних пристроїв, методи нормування складальних операцій. Особливу увагу необхідно звернути на можливі дефекти складання і способи їх попередження та елементи механізації і автоматизації складальних робіт, що впливають на продуктивність праці.

За результатами проведеного вивчення і аналізу базового технологічного процесу у пояснювальній записці необхідно сформулювати конкретні

конструкторські та технологічні завдання і пропозиції, необхідні для удосконалення та підвищення ефективності базового технологічного процесу, які будуть реалізовані студентом при виконанні кваліфікаційної роботи.

3.2.4 Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

При визначенні програми випуску 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:

$$N_p = N_\epsilon \cdot m \left(1 + \frac{a}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{b}{100} \right), \quad (3.9)$$

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 ($a=1\% \dots 10\%$);

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

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

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.

Для визначення типу виробництва, в умовах якого буде впроваджено технологічний процес, що розроблюється в кваліфікаційній роботі необхідно знати річну програму випуску деталі, а також габаритні розміри та масу деталі. На даному етапі проектування тип виробництва визначають орієнтовно, керуючись даними, наведеними в табл. 3.2.

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 металообробних верстатів, пристроїв, інструментів і засобів контролю.

Після розробки технологічного процесу та визначення кількості основного технологічного обладнання тип виробництва уточнюється з врахуванням коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о.}$ (ГОСТ 14.004–83).

Таблиця 3.2 Визначення типу виробництва

Максимальна маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Мало-серійне	Серійне	Велико-серійне	Масове
	Програма виготовлення деталей, шт				
1	2	3	4	5	6
Менше 200	Менше 1000	від 1000 до 5000	від 5000 до 10000	від 10 000 до 100000	Більше 1000 000
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:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n TO_i}{\sum_{j=1}^m PM_j}, \quad (3.10)$$

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

$\sum_{j=1}^m PM_j$ – 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 визначені 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	$K_{з.о.} - \text{не регламентується.}$

В окремих випадках тип виробництва може задаватися в завданні на виконання кваліфікаційної роботи або прийматися за типом виробництва базового підприємства, де студент проходив виробничу практики.

При оформленні даного розділу у пояснювальній записці рекомендується подавати коротку організаційну характеристику прийнятого типу виробництва.

3.2.5 Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення

Вибір заготовки передбачає встановлення її геометричної форми (конструкції), методу виготовлення, визначення припусків і 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 земляних і металевих форм, штампів тощо);
- технічні вимоги (твердість, точність, шорсткість тощо) на виготовлення деталі;
- можливість виготовлення заготовки зі стандартних елементів, матеріалів, що випускаються промисловістю (сортовий прокат, відливки, поковки тощо);
- характер технологічного обладнання на ділянці (універсальне, спеціальне, автоматизоване тощо);
- 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, 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 і малосерійного – литтям або з прокату;

– *заготовки валів, стаканів, втулок* із 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 крупносерійного 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 вірний вибір заготовки позитивно впливає на основні техніко-економічні показники технологічного процесу.

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

Даний розділ пояснювальної записки рекомендується виконувати в такій послідовності:

– вибір методу виготовлення та конструкції заготовки з врахуванням вище перерахованих факторів;

– короткий опис технологічного процесу виготовлення заготовки;

– визначення за нормативними таблицями державних та галузевих стандартів загальних та міжопераційних припусків на поверхні оброблюваної деталі;

– розробка і виконання робочого креслення заготовки та визначення її маси;

– техніко-економічне обґрунтування вибраного способу виготовлення заготовки;

– визначення вартості заготовки.

Якщо згідно технічних вимог та технологічних можливостей необхідне використання декількох способів виготовлення заготовки то в цьому випадку для прийняття вірного рішення рекомендується виконувати техніко-економічний розрахунок двох або декількох можливих варіантів виготовлення заготовок.

Методика економічного обґрунтування вибраного виду заготовки наводиться в [1.14, 1.15, 2.7].

За відповідними міждержавними стандартами (ГОСТ), наведеними у [3.7, 3.10], визначаються припуски і допуски на діаметральні та лінійні розміри заготовки.

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

3.2.6 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

Важливим етапом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка технологічного процесу виготовлення заданої деталі. До неї приступають після проведення аналізу діючого технологічного процесу, аналізу технологічності деталі, встановлення способу виготовлення заготовки та розробки її конструкції.

Розробка технологічного процесу виготовлення деталі проводиться на основі вивчення типових технологічних процесів виготовлення подібних деталей та діючої на базовому підприємстві системи технологічної підготовки виробництва, аналізу передового досвіду виготовлення аналогічних деталей з врахуванням основних напрямів розвитку сучасної технології машинобудування.

Головні завдання, що вирішуються при розробці маршруту виготовлення деталі – складання загального плану (послідовності) обробки та визначення змісту кожної технологічної операції. Одночасно вибирають типи обладнання та засоби технологічного оснащення, призначають припуски і допуски на обробку тощо. Від прийнятої послідовності виконання операцій залежать якість, продуктивність і економічність процесу обробки деталі.

3.2.6.1 Послідовність розробки технологічного процесу

Розробку технологічного процесу механічної обробки деталі рекомендується виконувати у такій послідовності:

1. Обґрунтування та вибір технологічних баз. При цьому необхідно звертати увагу на раціональний вибір чорнових і чистових технологічних баз, а також керуватися принципами постійності та суміщення баз. Вірний вибір технологічних баз впливає на структуру технологічного процесу, на одержання заданої точності деталі, на продуктивність та собівартість її виготовлення.

При виборі технологічних баз враховується наступне:

– якщо в деталі обробляються не всі поверхні, то на першій операції за чорнову технологічну базу необхідно прийняти необроблювану в подальшому поверхню;

– якщо обробці підлягають всі поверхні деталі, то за чорнову технологічну базу необхідно приймати 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 основних принципів базування: суміщення баз і постійності (сталості) баз, що дає можливість забезпечити задану точність обробки та взаємного розташування поверхонь деталі 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, встановлення раціональних технологічних методів попередньої та кінцевої обробки основних поверхонь деталі з метою досягнення заданої точності. Основні поверхні деталі, до яких висуваються найбільші вимоги по точності, відносному взаємному розташуванню та за допомогою яких деталей виконує своє службове призначення у машині, механізмі (складальній одиниці). При цьому враховують форму, розміри, масу і матеріал деталі, а також визначають види необхідного технологічного обладнання, пристроїв, різального та допоміжного інструмента.

3. Визначення поверхонь деталі, що підлягають механічній обробці. Аналізують точність, шорсткість, відносне розташування оброблених поверхонь. 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 і засобів механічної обробки, формування основних етапів технологічного процесу (чорновий, чистовий та кінцевий).

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

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

3.2.6.2 Розробка послідовності виконання технологічних операцій

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

- спочатку обробляють поверхні, що служать надалі чистовими технологічними базами;
- потім обробляють ті поверхні, з яких знімається найбільший шар металу, що дозволяє своєчасно виявити і усунути внутрішні дефекти, не допускаючи подальшої обробки бракованих заготовок;
- обробку інших поверхонь ведуть у послідовності, зворотній мірі їх точності;
- закінчують обробку тими поверхнями, які є найбільш точними і найбільш важливими для нормального функціонування деталі;
- обробку легкопошкоджуваних поверхонь (наприклад, зовнішньої різі) рекомендується виносити в кінець маршруту;
- допоміжні операції (свердління малих отворів, прорізання канавок і галтелів, зняття фасок, зачистка задириків тощо) виконують на стадії чистової обробки;
- поверхні, пов'язані між собою розмірами високої точності та допусками на відносне розташування (співвісність, перпенди-кулярність, паралельність тощо) обробляють за один установ;
- викінчувальні операції, наприклад, шліфування, хонінгування, притирання тощо, виконують в останню чергу, як правило, після термічної (хіміко-термічної) обробки та інших немеханічних операцій;

Якщо оброблювана деталь підлягає термічній обробці, 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 після закінчення обробки. Для всіх інших операцій (їх повинна бути більшість) необхідно планувати вибірковий контроль.

3.2.6.3 Використання типових технологічних процесів

При розробці технологічного процесу та в разі відсутності його базового варіанту необхідно користуватися типовими процесами виготовлення подібних

деталей. Це значно скорочує тривалість часу розробки, а також знижує кількість нераціональних технологічних рішень та підвищує їх якість.

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

– *«корпусні деталі»* (литі або зварні коробчатої форми, станини, плити, кутники, кришки тощо);

– *«круглі стрижні»* (вали, осі, штоки, штанги, труби, шпинделі, кулачкові вали тощо);

– *«порожністі циліндри»* (гільзи, стакани, циліндри гідро- і пневмосистем, втулки довільних конфігурацій, тощо);

– *«диски»* (шківни, 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 у технологічних регламентах, навчальних посібниках та довідниках [2.14, 2.25, 2.26]. Посилаючись на них, можна швидко та якісно розробити раціональний технологічний процес виготовлення заданої деталі з врахуванням конкретних умов виробництва.

3.2.6.4 Розробка технологічних процесів на основі використання верстатів з ЧПУ

При розробці технологічних процесів на основі використання верстатів з ЧПК, необхідно враховувати наступні рекомендації:

– забезпечити максимальну концентрацію технологічних переходів та операцій;

– забезпечити найбільш повну обробку заготовок з усіх сторін з найменшою кількістю установів, при цьому перший установ вибирається з 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 застосувати високопродуктивні режими різання та забезпечують реалізацію концентрації технологічних переходів (різальні інструменти з

механічним кріпленням різальних пластин, спеціальні різальні інструменти - комбіновані свердла, зенкери, багатозубі розточувальні головки тощо);

– широко використовувати як спеціальну технологічну оснастку (наприклад, пристрої – супутники), так і уніфіковану (оправки, цангові патрони, лещата тощо).

Розроблений технологічний процес повинен бути оптимальним за техніко-економічними показниками (продуктивність, собівартість, якість обробки, тощо). Він представляється в пояснювальній записці у вигляді табл. 3.3.

Розробка технологічного процесу обробки заданої деталі закінчується заповненням та оформленням комплексу технологічної документації – титульний лист (ТЛ), маршрутні карти (МК), операційні карти (ОК), карти ескізів (КЕ), тощо. Він подається у вигляді додатків до пояснювальної записки кваліфікаційної роботи.

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.

Заповнення та оформлення комплексу технологічної документації здійснюється згідно діючих державних стандартів СТД.

Вимоги та правила оформлення комплексу технологічних документів (ТЛ, МК, ОК і КЕ) та інформаційні матеріали, необхідні для їх заповнення, наведені у дод. Б.

Таблиця 3.3 Технологічний процес обробки деталі

№ операції	Назва та зміст операції	Назва та модель верстата
1	2	3
005	<u>Фрезерно-центрувальна</u> Фрезерувати торці вала і свердлувати центрові отвори з двох сторін одночасно. Технологічна база – чорнова (зовнішня циліндрична поверхня заготовки)	Фрезерно-центрувальний напівавтомат МР – 77
010	<u>Токарна з ЧПУ</u> Точити поверхні шийок та підрізати їх торцьові поверхні з однієї сторони вала попередньо. Технологічна база –чистова (центрові отвори вала)	Токарно-гвинторізний 16К20Ф3

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

...
045	<u>Круглошліфувальна</u> <i>Шліфувати поверхні шийок вала начисто витримуючи розміри та шорсткість згідно робочого креслення. Технологічна база заготовки (центрові отвори вала)</i>	<i>Круглошліфувальний 3М153</i>
050	<u>Контрольна</u> <i>Кінцевий контроль всіх розмірів</i>	-

Приклади виконання та оформлення комплекту технологічних документів (ТЛ, МК, ОК і КЕ) представлені у дод. В, Г.

3.2.7 Розрахунок загальних та міжопераційних припусків на обробку поверхонь 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 у кваліфікаційній роботі рекомендується виконувати за допомогою двох методів:

- розрахунково-аналітичний;
- за допомогою нормативних матеріалів.

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

Визначення міжопераційних і загальних припусків розрахунково-аналітичним методом в кваліфікаційній роботі здійснюється на дві поверхні деталі. Як правило, для цього вибирають різні за геометричною формою поверхні, до яких пред'являються найбільш високі вимоги з точності та шорсткості. Види вибраних для розрахунку припусків поверхонь деталі та їх кількість погоджуються з керівником проекту.

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

3.2.7.1 Розрахунок міжопераційних та загальних припусків розрахунково-аналітичним методом

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

Розрахунки мінімальних і максимальних міжопераційних припусків виконуються за методикою та відповідними формулами, які наведеними у технологічних довідниках та навчальній літературі [1.14, 2.5, 2.7, 2.14].

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 поверхонь 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: висоти мікронерівностей – $R_{z_{i-1}}$; величини дефектного шару – h_{i-1} ; величини просторового відхилення – Δ_{Σ} ; похибки встановлення деталі в пристрої – ε_{y_i} ; величини міжопераційних допусків – T_{d_i} та іншу необхідну для проведення розрахунків інформацію;

- виконують розрахунки мінімальних та максимальних припусків на кожний технологічний перехід за формулами:

для плоских поверхонь заготовки:

$$Z_{i\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma} + \varepsilon_y; \quad (3.11)$$

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + T_{d_i}; \quad (3.12)$$

для поверхонь типу тіл обертання (зовнішніх і внутрішніх) :

$$2Z_{imin} = 2\left(R_z + h + \sqrt{\Delta_\Sigma^2 + \varepsilon_y^2}\right); \quad (3.13)$$

$$2Z_{imax} = 2Z_{imin} + T_i; \quad (3.14)$$

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

$$Z_{omin} = \sum_1^n Z_{imin}; \quad (3.15)$$

$$Z_{omax} = \sum_1^n Z_{imax}, \quad (3.16)$$

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

При встановленні міжопераційного допуску T_{di} слід враховувати, що цей допуск забезпечується вибраним способом механічної обробки і він 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 подаються у пояснювальній записці у вигляді *таблиць та графічних схем* розподілу міжопераційних припусків і 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 розроблюють робоче креслення вихідної заготовки, на якому вказують її номінальні розміри, відповідні допуски та необхідні технічні умови на виготовлення. За визначеними припусками обґрунтовано визначаються маса заготовки, режими різання та норми часу. Послідовність та приклади розрахунків міжопераційних припусків розрахунково-аналітичним методом представлені у довідниках та навчальних посібниках [2.5, 2.6, 2.7].

Робоче креслення заготовки та технічні вимоги на її виготовлення оформляються згідно до діючих державних стандартів СКД та наводиться у графічній частині кваліфікаційної роботи.

3.2.7.2 Розрахунок загальних припусків та розмірів вихідної заготовки за нормативними матеріалами

Загальні припуски та допустимі відхилення (допуски) на обробку поверхонь деталі у кваліфікаційній роботі рекомендується визначати за нормативними матеріалами технологічних довідників або за таблицями міждержавних і галузевих стандартів:

- ГОСТ 26645-5 - Відливки з металів і сплавів;
- ГОСТ 7505-9 - Поковки сталеві штамповані;
- ГОСТ 7829-70 - Поковки сталеві виготовлені куванням на молотах;
- ГОСТ 7062-79 - Поковки сталеві виготовлені на пресах;
- ГОСТ 2590-71 - Сортамент гарячекатаного круглого сталевого прокату;
- ГОСТ 2591-71 - Сортамент гарячекатаного квадратного сталевого прокату;
- ГОСТ 2879-71 - Сортамент гарячекатаного шестигранного сталевого прокату.

При цьому враховуються 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 поверхонь 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 подавати у 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 (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 Припуски та допуски на поверхні деталі, що обробляються

№ з/п	Назва поверхні	Розмір, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки
1	Циліндр	Ø50	$2 \times 2,4 = 4,8$	$+1,3$ $-0,7$	$\varnothing 54,8^{(+1,3)}_{(-0,7)}$

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

...
-----	-----	-----	-----	-----	-----

3.2.8 Розробка та обґрунтування технологічних операцій технологічного процесу

Після розробки маршрутного технологічного процесу і робочого креслення заготовки приступають до уточнення змісту операцій та перевіряють правильність попередньо прийнятих технологічних рішень.

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи проводиться обґрунтування та розробка послідовності виконання, змісту основних і допоміжних технологічних переходів для заданих операцій технологічного процесу, розробляються операційні ескізи, уточнюються моделі металообробних верстатів і проводиться вибір необхідних засобів технологічного оснащення (різального та допоміжного інструменту, пристроїв для встановлення та затискання деталі, контрольно-вимірювальних пристроїв та інструментів тощо).

Технологічні операції, що підлягають детальній розробці у кваліфікаційній роботі та їх кількість, студент узгоджує з керівником.

Вихідними даними для розробки операційного технологічного процесу є:

- робоче креслення деталі;
- технічні вимоги на виготовлення деталі;
- робоче креслення заготовки;
- прийнятий технологічний маршрут механічної обробки деталі;
- величини загальних і міжопераційних припусків на обробку поверхонь деталі;
- величини міжопераційних розмірів і допусків на них.

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 (їхня кількість уточнюється у процесі вибору (розрахунку) режимів різання), визначаються прийоми, необхідні для виконання операцій.

2. Визначається послідовність виконання технологічних переходів, проходів і прийомів для всіх операцій, а також можливість суміщення переходів за

рахунок використання комбінованих інструментів або багатоінструментальних наладок.

3. Розробляється операційний ескіз деталі. На ньому вказуються розміри тих поверхонь заготовки, що утворюються у ході виконання даної операції. На операційному ескізі необхідно вказати квалітети точності розмірів, шорсткість оброблених поверхонь, вимоги до їх взаємного розташування та поверхні, прийняті в якості технологічних баз.

4. Для кожної операції технологічного процесу приймається конкретна модель верстата, яка уточнюється після здійснення вибору режимів обробки і технічного нормування (при недостатній потужності, продуктивності тощо).

5. Підбираються різальні, допоміжні, контрольні інструменти з номенклатури стандартизованих або нормалізованих, визначається необхідність у спеціальних видах інструменту.

6. Встановлюється необхідність у стандартних і спеціальних пристроях, уточнюється принцип їх роботи, визначається необхідність багатопозиційної та багатомісної обробки, розроблюються схема базування та, при необхідності, технічне завдання на їх проектування.

7. Згідно діючих стандартів заповнюються та оформляються *операційні технологічні карти (ОК) і карти ескізів (КЕ)*, що входять до комплексу технологічної документації (див. дод. В, Г).

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

– мета операції (наприклад, 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 мети операції (за рахунок базування, обробки з одного установу, суміщення баз і їх постійності тощо). При цьому необхідно розробити раціональну теоретичну схему базування, що забезпечить задану точність обробки і розрахувати похибки базування;

– обґрунтування послідовності виконання операцій на даному етапі реалізації технологічного процесу.

Результати розробки операційних технологічних процесів у пояснювальній записці кваліфікаційної роботи рекомендується подавати у вигляді табл. 3.5.

3.2.9 Вибір технологічного обладнання

Вибір технологічного обладнання (металооброблених верстатів), необхідного для виконання технологічного процесу, проводиться в залежності від конструктивних особливостей, габаритних розмірів і точності оброблюваної деталі, технічних вимог на її виготовлення, методу обробки, типу виробництва, собівартості та продуктивності.

Таблиця 3.5 Карта операційного технологічного процесу

№ операції	Назва операції	Зміст переходів операції	Точність розмірів	Шорсткість поверхні
030	Кругло-шліфувальна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити деталь на оправці та закріпити в центрах. 2. Шліфувати Ø111,4 витримуючи розмір Ø110,4, попередньо. 3. Шліфувати Ø110,4 витримуючи розмір Ø110h6, кінцево. 4. Контроль виконаних розмірів. 5. Зняти деталь, покласти в тару 	<p>Ø110,4h8</p> <p>Ø110h6</p>	<p>Ra 0,8</p> <p>Ra 0,63</p>
...

Вибір обладнання проводиться після попередньої розробки кожної технологічної операції на етапі визначення маршруту обробки. При цьому повинні бути визначені:

- метод обробки поверхонь (точіння, фрезерування, шліфування тощо);
- точність і шорсткість поверхонь;
- припуски на обробку;
- різальні інструменти;
- програма випуску виробів і тип виробництва.

Типи та моделі верстатів для забезпечення технологічного процесу необхідно вибирати за каталогами, довідниками, паспортами, навчальними посібниками та іншими доступними літературними джерелами. Загальні правила вибору обладнання визначені міждержавним стандартом ГОСТ 14.404–73. Технічні характеристики найбільш поширених моделей металоброблюваних верстатів наведені у дод. Е.

При виборі технологічного обладнання необхідно керуватися наступними правилами:

- розміри робочої зони верстата повинні відповідати габаритним розмірам оброблюваної деталі (однієї або декількох);
- при обробці деталі на металорізальних верстатах необхідно забезпечити задані квалітети точності та шорсткості оброблюваних поверхонь (особливо це важливо при чистовій обробці);

- потужність, жорсткість і кінематична схема металообробного верстата повинна забезпечувати оптимальні режими обробки;
- продуктивність обладнання повинна відповідати заданій програмі випуску;
- собівартість обробки деталей повинна бути мінімальною.

При виборі технологічного обладнання необхідно враховувати, що в умовах **масового і великосерійного** виробництва застосовуються, в основному, *верстати-автомати, напівавтомати, спеціальні, агрегатні та спеціалізовані верстати.*

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

В **одиничному** виробництві застосовуються *універсальні верстати та верстати з ЧПУ.*

Для зменшення кількості обладнання та кількості установів необхідно забезпечувати максимальну концентрацію операцій на окремих одиницях обладнання. Вищеназваним вимогам найбільш повно відповідають верстати з ЧПУ. Це зумовлено високим рівнем їх автоматизації, простотою переналагодження тощо.

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

$$N_p = \frac{T_{ш.к.}}{F_e \cdot S \cdot K_n}, \quad (3.17)$$

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

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

S – кількість робочих змін на добу ($S = 1, 2, 3$);

K_n – плановий коефіцієнт виконання норми (рекомендовано $K_n=1,1$).

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

$$K_z = \frac{N_p}{N_n}, \quad (3.18)$$

де N_n – прийнята кількість верстатів.

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

У пояснювальній записці рекомендується навести компоувальні схеми та основні технічні характеристики вибраних металооброблюваних верстатів.

Результати проведеного вибору технологічного обладнання подаються в пояснювальній записці у вигляді табл. 3.6, де наводяться номер і назва операції, назва і модель верстата, потужність головного приводу, габарити тощо.

Таблиця 3.6 Відомість технологічного обладнання

№ операції	Назва операції	Назва верстата	Модель верстата	Потужність приводу квт
005	Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний	16K20	11
010	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний	2Н135	4
...	

3.2.10 Вибір засобів технологічного оснащення

Технологічне оснащення, необхідне для виконання конкретної операції, включає в себе затискні пристрої для установки деталі на верстаті, різальний і допоміжний інструмент і засоби контролю.

При виборі затискних пристроїв необхідно пам'ятати, що у масовому та великосерійному виробництві у більшості випадків застосовуються спеціальні (нерозбірні) пристрої.

У серійному виробництві рекомендується застосовувати спеціальні, спеціальні складально-розкладні, універсально-налагоджувальні, спеціалізовані та універсальні пристрої.

У малосерійному виробництві – універсально-налагоджувальні, універсальні, універсально-складальні та у незначних обсягах спеціальні пристрої.

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

При використанні для обробки деталі на окремих операціях спеціальних конструкцій пристроїв студенту необхідно обґрунтувати доцільність їх застосування. Тип і вид спеціального пристрою встановлюються в залежності від прийнятої схеми базування, методу обробки, виду технологічного

обладнання, продуктивності та собівартості виготовлення деталі, типу виробництва і особливостей його організації.

Вид металорізального інструмента встановлюється в залежності від методу обробки, виду обладнання та геометричної форми деталі. *Матеріал різальної частини* вибирається в залежності від матеріалу оброблюваної деталі, її конструкції та виду обробки (чорнова, чистова, фінішна тощо). Вибір стандартного різального інструмента проводиться за каталогами, довідниками та діючими стандартами.

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

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

Результати вибору засобів технологічного оснащення, необхідного для забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі представляються у пояснювальній записці у вигляді табл. 3.7 та заносяться до відповідних граф МК і ОК комплекту технологічної документації.

3.2.11 Розрахунок режимів різання

Визначення режимів різання у кваліфікаційній роботі займає значне місце по обсягу виконуваних робіт, тому що він пов'язаний зі складними розрахунками, технічними обґрунтуваннями та висновками.

У пояснювальній записці при розрахунках режимів різання визначають такі параметри:

- глибину різання – T (мм);
- подачу – S (мм/об, мм/об, мм/зуб);
- стійкість різального інструмента – $T(xв)$;
- 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_m (хв).

Вихідними даними для розрахунку режимів різання є матеріал деталі та

його характеристика, припуск на обробку, дані про технологічне обладнання та різальний інструмент, а також операційний ескіз виконуваної операції.

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

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

Режими різання в пояснювальній записці рекомендується розраховувати двома методами:

а) розрахунково-аналітичним з використанням емпіричних формул [1.15, 2.25];

б) за допомогою таблиць загальномашинобудівних нормативів і технологічних довідників [7.7, 7.9, 7.12].

Таблиця 3.7 Відомість технологічного оснащення

№ Операції	Назва операції	Модель верстата	Засоби технологічного оснащення			
			Пристрій	Допоміжний інструмент	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4	5	6	7
005	Вертикально-фрезерна	6P13Б	Лещата машинні 7200–0220, ГОСТ 14904–80	Оправка 6222–0037, ГОСТ 13785–95	Фреза торцева 2214–0003 Ø200 T15K6 ГОСТ 24359-90	Штангенциркуль ШЦ–1–125–0.1 ГОСТ 166–80
010	Радіально-свердлувальна	2M55	Кондуктор спеціальний	Патрон 6152–0152, ГОСТ 14077–83; Втулка перехідна 6120–0343 ГОСТ 13409–85; Втулка	Свердло Ø14 P6M5 ГОСТ 10903–85; Зенківка 2353–0012 СТП 2353–0010;	Штангенциркуль ШЦ–1–125–0.1 ГОСТ 166–80; Пробка 8221–3067 ГОСТ1775

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

				<i>перехідна</i> 6143–0111 ГОСТ 15936–80;	<i>Мітчик М16</i> 2621–1617 ГОСТ 3266– 85	8–82
...

Розрахунок режимів різання за емпіричними формулами з врахуванням всіх поправкових коефіцієнтів виконується на дві-три різнохарактерні операції (точіння, свердлування, фрезерування тощо). Для решти операцій технологічного процесу режими різання призначаються за нормативними таблицями загальномашинобудівних нормативів і відповідних довідників з обов'язковим врахуванням усіх поправкових коефіцієнтів, що враховують зміни умов різання.

Результати розрахунків заносяться до відповідних таблиць пояснювальної записки, та у відповідні графі операційних карт ОК.

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

Слід пам'ятати, що допущені при розрахунках режимів різання помилки можуть призвести до переробки окремих розділів роботи, а у деяких випадках і всієї роботи.

При виконанні розрахунків режимів різання у кваліфікаційній роботі студенту 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, на окремих супортах та окремими інструментами. Для цього проводиться оптимізація розрахованих параметрів за загальними критеріями. Такими критеріями, наприклад, при обробці деталей на токарних одношпиндельних багаторізцевих верстатах є загальна для всіх інструментів одного супорта подача – S (мм/об) та загальна частота обертання деталі – n (хв⁻¹); при свердлуванні отворів багатошпиндельною голівкою – єдина осьова подача – S (мм/об); при роботі на багатошпиндельних токарних верстатах – однаковий основний час обробки – t_0 (хв) на всіх позиціях.

Розрахунок режимів різання у кваліфікаційній роботі рекомендується

виконувати в такій послідовності:

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

2. В залежності від величини розрахованих припусків на обробку, жорсткості деталі та умов різання визначаються глибина різання – t (мм) та кількість проходів i , необхідні для зняття припуску. Рекомендується приймати максимальну глибину різання при умові забезпечення заданої точності обробки. У деяких випадках, наприклад при чорновій обробці, або коли деталь недостатньо жорстка, припуск знімається за два або декілька проходів.

3. В залежності від виду обробки (чорнова, чистова), матеріалу деталі (сталь, чавун), марки інструментального матеріалу, глибини різання t (мм), розмірів і шорсткості оброблюваних поверхонь, рекомендоване значення подачі – S мм/об (мм/зуб) встановлюється за допомогою нормативних таблиць,

4. За прийнятими значеннями глибини різання – t , мм, подачі S мм/об (мм/зуб), матеріалу деталі, виду різального інструмента та його стійкості T (хв), з врахуванням поправкових коефіцієнтів за емпіричними формулами розраховується швидкість різання – V м/хв.

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

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

де D – діаметр деталі (інструмента), мм.

Після цього згідно паспорта верстата приймається найближче менше значення подачі – S_n (мм/об) та частоти обертання n_n , $хв^{-1}$. Далі розраховується фактична швидкість різання – V_ϕ (м/хв).

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

Як правило, у паспортних даних металорізальних верстатів, що наводяться у каталогах, вказуються лише граничні значення подач (S_{max} S_{min}), або частот обертання (n_{max} n_{min}) шпинделя верстата. Конкретний ряд нормалізованих подач або частот обертання шпинделя верстата рекомендується визначити за допомогою коефіцієнтів геометричної прогресії нормальних подач або частот обертання, наприклад:

$$\varphi_s = k^{-1} \sqrt{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}; \quad \varphi_n = k^{-1} \sqrt{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (3.19)$$

де k – кількість ступенів подач (частот обертання) верстата, що подається за паспортними даними верстата.

Для визначення складу нормалізованого ряду подач, або частот обертання шпинделя 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, p_z і та визначити потужність N_p , що необхідна для різання на даному технологічному переході. Потужність електродвигуна верстата N_e повинна бути на 10–20 % більшою за потужність, що необхідна для різання N_p .

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

Результати розрахунків режимів різання в пояснювальній записці представляються у вигляді таблиці 3.7, а також заносяться до ОК комплекту технологічної документації.

3.2.12 Технічне нормування технологічного процесу

Після призначення режимів різання здійснюється технічне нормування технологічного процесу, тобто, розраховуються норми штучного часу на кожну операцію. Норма штучного часу є одним з основних показників ефективності технологічного процесу. Вона визначається за умови раціонального використання технологічних можливостей обладнання та технологічного оснащення відповідно до технічних вимог механічної обробки деталі.

Слід відмітити, що методика розрахунку технічно обґрунтованих норм штучного часу, необхідних для виконання технологічних операцій, представлена у навчальній, нормативній та довідниковій літературі [7.3, 7.6, 7.9].

Для визначення норми штучного часу технологічної операції необхідно

мати такі вихідні дані:

- назва та зміст технологічної операції яка підлягає нормуванню;
- марка матеріалу оброблюваної деталі та його основні фізико-механічні характеристики;
- спосіб виготовлення заготовки;
- розміри оброблюваних поверхонь (з врахуванням допусків) на даній операції, необхідна точність та шорсткість обробки;
- маса деталі;
- кількість деталей у партії;
- паспортні дані металорізального верстата, що використовується на даній операції;
- відомості про різальний та контрольно-вимірювальний інструмент;
- технічні характеристики верстатних пристроїв їх рівень спеціалізації, механізації тощо;
- схема базування деталі на технологічній операції та метод забезпечення точності її установки у пристрої (з вивіркою, без вивірки);
- план розташування обладнання на робочому місці, де виконується операція;
- особливості обслуговування робочих місць, забезпечення заготовками, технологічною документацією, інструментами, пристроями, умов забезпечення налагодження, підналагодження та ремонту верстата тощо.

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

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

1. Проводиться аналіз усіх вихідних даних та, якщо це необхідно, уточнюється послідовність технологічних операцій, що нормується.

2. На основі проведених розрахунків режимів різання для технологічних операцій розраховується основний (машинний) час обробки T_o деталі на кожному технологічному переході та сумарний основний час на операцію:

$$T_0 = \sum t_{0i} , \quad (3.20)$$

Для більшості видів механічної обробки основний час визначається за формулою:

$$t_{oi} = \frac{L}{nS_o} i = \frac{l_o + y + \Delta}{nS_o} i, \quad (3.21)$$

де L – розрахункова довжина робочого ходу, мм;

l_o – довжина різання (довжина поверхні, що оброблюється), мм;

y – довжина врізання та підводу інструмента, мм;

Δ – довжина перебігу інструмента, мм;

S_o – подача, мм/об;

n – частота обертів деталі, хв.⁻¹;

i – кількість проходів.

3. З врахуванням послідовності виконання технологічних переходів кожної операції встановлюється необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт і визначається допоміжний час $t_{дон}$ на операцію:

$$t_{дон} = t_{вст} + t_{пер} + t_{зм} + t_k, \quad (3.22)$$

де $t_{вст}$ – допоміжний час на установку, затискання та зняття деталі;

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

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

t_k – допоміжний час на контрольні вимірювання поверхонь, що оброблюються:

4. Визначається оперативний час операції:

$$t_{он} = \sum_{n=1}^i t_{oi} + t_{дон}. \quad (3.23)$$

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

– час на технічне ($t_{тех}$) та організаційне ($t_{орг}$) обслуговування робочого місця:

$$t_{обсл} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (3.24)$$

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

6. Визначається норма штучного часу на операцію:

$$t_{ум} = \sum_{i=1}^n t_{0i} + t_{дон} + t_{обс} + t_{відп}, \quad (3.25)$$

7. Для серійного виробництва в залежності від умов виконуваних робіт встановлюється перелік підготовчо-завершальних робіт, необхідних для виконання операції та за нормативами визначається сумарна норма підготовчо-завершального часу – $t_{н.з.}$.

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

$$t_{ум.к} = t_{ум} + \frac{t_{н.з.}}{n}, \quad (3.26)$$

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

Для спрощення розрахунків штучного часу $t_{ум}$ – час на технічне та організаційне 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 – $t_{оп} = t_0 + t_{дон}$.

В цьому випадку формула для розрахунку штучного часу $t_{ум}$ має вигляд:

$$t_{ум} = (t_0 + t_{дон}) \left(1 + \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100} \right), \quad (3.27)$$

де α – відсоток від оперативного часу на технічне обслуговування робочого місця (для більшості металорізальних 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 ($\gamma = 4,0 - 6,0 \%$ – в залежності від типу та розміру верстатів).

Результати розрахунків норми штучного часу ($t_{ум}$), норми штучно-калькуляційного часу ($t_{ум.к}$) та їх складових елементів ($t_{дон}$, $t_{обс}$, $t_{відп}$) у пояснювальній записці представляються у вигляді таблиць, а також заносяться до відповідних граф ОК комплекту технологічної документації.

3.2.13 Вимоги до оформлення комплекту основних технологічних документів

У кваліфікаційній роботі розроблений студентом технологічний процес

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

виготовлення деталі рекомендується представляти у вигляді комплексу технологічних документів загального і спеціального призначення до складу яких входять:

- титульний лист (ТЛ – форми 1, 2 та 4 згідно ГОСТ 3.1105-84);
- маршрутна карта (МК – форми 1,1а, 1б, 2, 3, 3а, 3б, 4, 5, 5а, та 6 згідно ГОСТ 3.1118-86);
- карта технологічного процесу (КТП – форми 1 та 1а згідно ГОСТ 3.1404-86);
- карта ескізів (КЕ – форми 6, 6а, 7 та 7а згідно ГОСТ 3.1105-84);
- операційна карта механічної обробки (ОК – форми 3, 2 та 2а згідно ГОСТ 3.1404-86);
- карти технічного контролю (КТК – форми 1, 1а, 2 та 2а згідно ГОСТ 3.1502-85 або форми 1, 1а, 1б та 2 згідно ГОСТ 3.1118-86).

Технологічна документація виконується згідно ГОСТ 3.1118-86 і ГОСТ 3.1121-84.

До заповнення граф технологічних документів ставляться такі вимоги:

а) кожний рядок умовно поділяється по горизонталі навпіл, а інформацію записують в нижній її частині, залишаючи вільною верхню частину для внесення змін;

б) під час запису інформації допускаються скорочення, що передбачені ГОСТ 2.316-68;

в) для граф виділених потовщеними лініями, існують три варіанти заповнення:

– графи заповнюються інформацією у вигляді кодів і позначень за класифікаторами і стандартами. Таке заповнення використовується при застосуванні автоматизованої системи керування виробництвом;

– інформація заповнюється в розкодованій формі, коли не використовується обчислювальна техніка;

– за третім варіантом інформація подається у вигляді кодів із їх розшифруванням. У навчальному процесі з навчальною метою рекомендується цей варіант заповнення.

Незаповнені графи свідчать про наявність інших документів, що є носіями цієї інформації. У випадках відсутності інформації для будь-якої графи в ній ставлять прочерк завдовжки 4-5 мм.

Титульний лист (ТЛ) застосовують при оформленні:

- комплексу технологічних документів;
- комплексу технологічної документації на основі окремого технологічного процесу;
- окремих технологічних документів, якщо вони мають самостійне застосування.

ТЛ є документом, який використовується на розсуд розробника.

Застосування ТЛ для комплексу технологічних документів при виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра є обов'язковим.

Маршрутна карта (МК) та карта технологічного процесу (КТП) призначені для опису технологічного процесу виготовлення або ремонту виробу (включаючи контроль та переміщення) в технологічній послідовності з наведенням даних про технологічне обладнання і оснащення, про матеріальні та трудові витрати.

КТП є основним документом при маршрутно-операційному описі технологічного процесу, де для всіх операцій або для їх більшої частини виконується операційний опис, а для інших, що мають додатковий характер - маршрутний. *Якщо ж для всіх операцій або для їх більшої частини обраний маршрутний опис то роль основного документа виконує маршрутна карта (МК).* Допускається операційний опис окремих операцій приводити в МК. Операційний опис інших операцій наводять в операційних картах (ОК). При цьому в МК роблять посилання на ОК, зазначаючи їх позначення.

КТП або МК є основними і обов'язковими документами будь-якого технологічного процесу. їх заповнюють відповідно до вимог ГОСТ 3.1118-82.

ГОСТ 3.1407-84 передбачає можливість використання форми МК замість інших технологічних документів. При цьому до умовного позначення додається через дріб умовне позначення документа, функції якого виконує МК, наприклад МК/КТП, МК/ОК, МК/КК тощо.

Карта ескізів (КЕ) – документ, що містить ескізи, схеми і таблиці, необхідні для виконання технологічного процесу, операції або переходу; виготовлення виробу, включаючи контроль та переміщення. Вони розроблюються для ліпшого розуміння технологічного процесу обробки або складання. Операційний ескіз за необхідності його застосування може розміщуватися безпосередньо на аркуші ОК (форма 2 ГОСТ 1404-86) або на окремому аркуші карти ескізів (КЕ) згідно ГОСТ 3.1105-84.

На КЕ поверхні деталі які оброблюються на даній операції, зображують потовщеною лінією. На операційному ескізі проставляють тільки ті розміри з їх граничними відхиленнями в числовому вираженні (допусками), які витримуються на даній операції, а також шорсткість оброблюваних поверхонь згідно ГОСТ 2789-73.

Схему базування заготовки на операційному ескізі позначають умовними позначками згідно ГОСТ 21495-76 із зазначенням цифрами кількості зв'язків, що позбавляють заготовку певних ступенів вільності. Умовними позначеннями на ескізі також вказуються види опор та затискачів, а також місця прикладання сил затискання до поверхонь заготовки в пристрої згідно ГОСТ 3.1107-81.

Операційні карти (ОК) заповнюються відповідно до вимог ГОСТ 1404-86. **ОК** – технологічний документ, що містить опис технологічної операції з

вказівкою змісту переходів, режимів різання, складових елементів норм часу та даних про засоби технологічного оснащення.

Правила запису технологічних операцій та переходів обробки різанням викладені у ГОСТ 3.1702-79, а слюсарних і слюсарно-склададських робіт – у ГОСТ 3.1703-79.

Назва операції механічної обробки різанням повинна відображати вид технологічного обладнання, що використовується і записується прикметником у називному відмінку. Назви слюсарних і слюсарно-склададських операцій записуються іменником або прикметником у називному відмінку із зазначенням предмета обробки, наприклад: «Розмічування напрямних поверхонь». Виняток становлять назви таких операцій як «Слюсарна», «Свердлильна».

Запис змісту переходу передбачає:

– ключове слово, що характеризує метод обробки, який виражений дієсловом у невизначеній формі, наприклад «Точити», «Зняти», «Фрезерувати»;

– назву поверхні, що оброблюється, назву конструктивних елементів або предметів виробництва у знахідному відмінку, наприклад: «отвір», «фаску», «заготовку»;

– інформацію про розміри обробки різанням або їх умовне позначення, наведене на операційних ескізах і записане арабськими цифрами в колах діаметром 6-8мм;

– додаткова інформація яка характеризує кількість поверхонь, що оброблюються одночасно або послідовно та характер обробки, наприклад: «попередньо», «остаточно», «згідно з ескізом» тощо.

При записі змісту операції і переходів допускається повна або скорочена форма запису. Приклад повного запису: «Точити (шліфувати, довести, полірувати тощо) канавку, витримуючи розміри 1-3». Скорочена форма запису: «Точити канавку 1».

Повний запис слід виконувати при недостатній кількості інформації на операційному ескізі. При цьому у записі змісту переходу зазначаються безпосередньо розміри обробки із зазначенням граничних відхилень, наприклад: «Точити попередньо поверхню 4, витримуючи розміри $b = 50-0.5$ і $l=150-0.4$ ». Дозволяється граничні відхилення брати в дужки при цьому граничні відхилення розмірів зазначають числовими значеннями із застосуванням знака «крапка з комою», наприклад:

$$100(-0,2; -0,4), 60(+0,004; -0,120), 40(\pm 0.05) .$$

Параметр шорсткості поверхні, що оброблюється зазначається тільки в операційному ескізі.

У контрольних операціях вказується особа, яка виконує операцію, наприклад:

«Контроль робітником (виконавцем)» або «Контроль ВТК».

Для опису операцій технічного контролю заповнюється відомість операцій технічного контролю, в яку заноситься опис усіх операцій технічного контролю, що виконуються в технологічній послідовності із зазначенням технологічної оснастки, що використовується або на кожну контрольну операцію технологічного процесу заповнюється карта технічного контролю (КТК).

При виконанні кваліфікаційної роботи КТК заповнюється як приклад на одну контрольну операцію.

Операційний ескіз до КТК повинен містити дані, що необхідні для виконання операції (переходу) технічного контролю: розміри, граничні відхилення, позначення шорсткості поверхонь, що контролюються, технічні вимоги до них, а також вимірювальні бази, якщо операція контролю виконується к пристрої. У графі «Особливі вказівки» розміщуються вимоги до параметрів, що контролюються.

Для розробки та оформлення комплекту технологічної документації (КТД) у кваліфікаційній роботі рекомендується застосовувати сучасні системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) «Вертикаль», «ТехноПро» тощо, а оформлення операційних ескізів і карт налагодок виконувати з застосуванням графічних редакторів «Компас», «Auto CAD» тощо.

Усі розроблені у кваліфікаційній роботі технологічні документи мають бути скомплектовані та зброшуровані з пояснювальною запискою. *Комплект технологічних документів оформляється в наступній послідовності: ТЛ, МК (КТП); КЕ, ОК, КТК.* Приклад оформлення комплекту технологічної документації наведено у додатках В, Г.

3.3 Конструкторська частина

3.3.1 Загальні положення

У конструкторській частині кваліфікаційної роботи проводиться проектування та виконуються необхідні розрахунки спеціальних засобів технологічного оснащення для розробленого або удосконаленого з метою підвищення його ефективності технологічного процесу.

До засобів технологічного оснащення, що проектуються у конструкторській частині кваліфікаційної роботи, відносяться:

- спеціальні верстатні пристрої;
- спеціальний різальний інструмент;
- спеціальний допоміжний інструмент;
- спеціальні засоби технічного контролю.

Види та кількість технологічної оснастки, що підлягає проектуванню в конструкторській частині обов'язково погоджуються з керівником і заносяться до завдання на виконання кваліфікаційної роботи. Розроблені студентом конструкції спеціальної технологічної оснастки представляються у графічній частині кваліфікаційної роботи у вигляді складальних креслень або креслень загального вигляду.

Спеціальна технологічна оснастка, як правило, проектується для найбільш трудомістких, складних і відповідальних операцій технологічного процесу з метою забезпечення заданої продуктивності, точності та мінімальної собівартості при виготовленні деталі.

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

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

Слід враховувати, що оригінальні конструкторські рішення в деяких випадках можуть складати предмет винаходу. В такому випадку цінність та актуальність конструкторських розробок кваліфікаційної роботи значно підвищується. Студенту необхідно пам'ятати, що при виконанні кваліфікаційної роботи не допускається подавати креслення існуючих стандартних конструкцій засобів технологічного оснащення без внесення певних змін до них відповідно до теми роботи.

Методичні рекомендації до послідовності проектування та виконання необхідних розрахунків основних видів технологічної оснастки для конструкторського забезпечення розробленого технологічного процесу наводяться нижче.

3.3.2 Проектування та розрахунок спеціальних верстатних пристроїв

3.3.2.1 Загальні вимоги до проектування пристроїв

Проектування конструкції спеціального пристрою для базування та затискання деталі виконується для однієї з операцій розробленого технологічного процесу та є обов'язковим завданням при виконанні кваліфікаційної роботи. Операцію для якої необхідно розробити конструкцію

спеціального пристрою студент погоджує з керівником проекту та заносить до завдання на виконання кваліфікаційної роботи.

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

Вихідні дані, необхідні для проектування спеціального пристрою.

Приступаючи до проектування спеціального пристрою студент повинен проаналізувати розроблений в технологічній частині роботи маршрут виготовлення деталі та встановити такі вихідні дані:

- назва та зміст технологічної операції, що підлягає оснащенню;
- геометрична форма, габаритні розміри та вага деталі;
- вимоги до точності та шорсткості оброблюваних поверхонь та поверхонь, що використовуються в якості технологічних баз;
- спосіб отримання заготовки для деталі;
- річна програма випуску деталей;
- режими різання та норми часу на операцію;
- технічна характеристика та розміри робочого простору верстата, для якого проектується пристрій;
- назва та характеристика різального, допоміжного та вимірювального інструменту, що використовуються на даній операції.

При цьому за доступними літературними джерелами необхідно ознайомитись з існуючими конструкціями аналогічних пристроїв та технічними вимогами до них, з конструкціями стандартизованих та нормалізованих деталей і складальних одиниць, що входять до складу пристроїв.

Завдання на проектування полягає в тому, щоб із відомих конструктивних елементів та складальних одиниць пристроїв, на основі проведеного аналізу конструкцій аналогічних пристроїв, розробити раціональний, для заданих конкретних умов виконання технологічної операції, варіант конструкції спеціального пристрою.

Проектування спеціального пристрою починається з розробки теоретичної схеми базування, вибору прототипу його конструкції, та розробки схеми взаємодії сил і моментів різання та затискання, що діють на деталь у процесі обробки. Після цього виконують розрахунки похибок базування та перевіряють можливість забезпечення заданої точності обробки поверхні деталі, розраховують необхідну силу, що дасть змогу забезпечити надійне затискання деталі у пристрої.

За результатами проведених розрахунків конструюють або вибирають конструкції встановлювальних елементів, затискного механізму та силового приводу та інші елементи, що входять до складу 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 спеціальних пристроїв необхідно враховувати такі основні вимоги до їх конструкції:

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

Вдосконалення (модернізацію) діючих на базовому підприємстві пристроїв рекомендується проводити за рахунок виконання 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 тощо.

Для оснащення верстатів з ЧПУ рекомендується використовувати:

- конструкції переналагоджувальних пристроїв (УНП, СНП, СРП);
- універсально-складальні пристрої (механізовані) (УСПМ ЧПУ);
- конструкції спеціалізованих та спеціальних пристроїв.

Конструювання пристрою слід розпочинати з розробки технічного завдання на проектування, в якому формулюються основні експлуатаційні та технічні вимоги до його конструкції. Після цього остаточно встановлюється призначення пристрою і вибирається принципова схема його конструкції.

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

При встановленні пристроїв на столах верстатів з ЧПУ необхідно забезпечити їх повне базування, яке здійснюється:

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

3.3.2.2 Методика проектування верстатних пристроїв

Проектування спеціального верстатного пристрою у кваліфікаційній роботі виконується після розробки технологічного процесу обробки деталі, вибору обладнання і технологічного оснащення та визначення операцій, для яких необхідно розробити спеціальну оснастку.

Конструювання пристрою слід розпочинати з розробки технічного завдання на проектування в якому формулюються основні експлуатаційні та технічні вимоги до його конструкції. Після цього остаточно встановлюється призначення пристрою і вибирається принципова схема його конструкції.

При виборі принципової схеми пристрою необхідно враховувати:

– конструктивні особливості та розміри робочої зони верстата, для якого він проектується та умови його роботи при виконанні операції (вибираються з паспорта верстата);

– технічні вимоги до базування, затискання та забезпечення необхідної точності та шорсткості поверхонь деталі (вибираються з креслення деталі);

– можливість забезпечення його механізації;

– можливість забезпечення мінімальних витрат допоміжного часу при виконанні операції;

– можливість забезпечення найбільшої продуктивності обробки при мінімальній його собівартості;

– забезпечення максимального використання стандартизованих та нормалізованих вузлів і деталей в конструкції пристрою;

– можливість швидкого переналагоджування пристрою для обробки подібних деталей.

Проектування пристрою, як правило, проводиться за два етапи:

– розробляється теоретична схема базування та затискання деталі;

– конструктивно оформляються його елементи і складальні одиниці та розробляється загальне компонування.

В умовах виробництва перший етап виконується технологом при розробці технологічного процесу виготовлення деталі, а другий – конструктором із оснащення відділу головного технолога. При виконанні кваліфікаційної роботи завдання обох етапів самостійно вирішуються студентами.

Методика проектування пристрою для оснащення технологічної операції полягає у наступному:

1. Розробляють раціональну схему базування заготовки на заданій технологічній операції (рекомендується розглянути декілька варіантів можливих схем базування).

2. Розраховують похибки базування розмірів, що виконуються на заданій операції, та виконують попередній розрахунок забезпечення необхідної точності обробки.

3. Визначають тип і розмір встановлювальних елементів (опор), за допомогою яких буде реалізована теоретична схема базування, встановлюється

їх необхідна кількість та взаємне розташування.

4. Виходячи із заданої продуктивності операції, типу виробництва, точності виготовлення заготовки і конструктивних особливостей, встановлюють систему пристрою (УБП, УНП, СНП, СРП, НСП), що забезпечить виконання заданих умов обробки заготовки на операції та його тип (одномісний або багатомісний, однопозиційний або багатопозиційний);

5. Складається схема дії сил і моментів різання, що діють на деталь у процесі обробки, вибирається місце прикладення та напрям дії сили затискання, складається рівняння рівноваги дії всіх сил на заготовку, розраховується коефіцієнт запасу затискання та розраховується величина необхідної сили затискання заготовки у пристрої. Розраховується похибка затискання.

6. Знаючи необхідну (розрахункову) силу затискання та кількість точок її прикладення до заготовки, вибирають тип затискного механізму пристрою, розраховують його основні розміри та величину необхідної вихідної сили механізованого приводу.

7. За величиною вихідної сили приводу та за необхідним часом затискання і розтискання заготовки вибирають тип механізованого приводу (пневматичний, гідравлічний, механогідравлічний тощо), розраховують його основні параметри та за діючими нормами і стандартами уточнюють його виконавчі розміри.

8. Встановлюють тип і розміри елементів для визначення положення та напрямку руху різального інструменту (установи, напрямні, кондукторні втулки тощо).

9. Вибирають необхідні допоміжні деталі та механізми що входять до складу пристрою, визначають їх конструкцію, розміри, розташування.

10. Розробляють загальний вигляд пристрою і визначають точність його виконавчих розмірів.

11. Розраховують на міцність найбільш навантажені елементи пристрою.

12. Виконується технічний опис конструкції пристрою, який включає:

– призначення верстатного пристрою та перелік і призначення його основних складальних одиниць і деталей;

– опис принципу дії верстатного пристрою;

13. Розраховуються та розробляються основні технічні характеристики і технічні вимоги на виготовлення пристрою.

До основних технічних характеристик відносяться:

– діапазон габаритних розмірів встановлюваної заготовки;

– величина сили затискання;

– точність встановлення заготовки;

– величина переміщення робочих органів при затисканні заготовки;

– параметри носія енергії, що підводиться до механізованого приводу пристрою.

До основних технічних вимог на виготовлення пристрою відносяться:

- вимоги до точності взаємного розташування встановлювальних елементів, що визначають положення заготовки у пристрої;
- вимоги до точності переміщення відповідальних деталей пристрою;
- вимоги до умов випробування пристрою;
- місце маркування пристрою;
- вимоги до періодичності змащування вузлів пристрою;
- вимоги до консервації та транспортування пристрою (при необхідності).

У разі потреби розраховують економічну ефективність розробленої конструкції пристрою.

3.3.2.3 Послідовність виконання загального вигляду конструкції пристрою

Після проведення необхідних розрахунків починають виконувати загальний вигляд пристрою, що розробляють методом послідовного викреслювання окремих його елементів у певному порядку:

- виконують креслення оброблюваної заготовки в трьох (або у двох) проєкціях на необхідній відстані одна від одної з такою метою, щоб на кресленні помістилися проєкції деталей конструкції пристрою;
- наносять на креслення елементи пристрою, призначені для забезпечення напрямку осевого різального інструменту;
- викреслюють встановлювальні елементи (опори) пристрою так, щоб базові поверхні заготовки стикалися з ними;
- викреслюють конструкції затискних механізмів і приводів пристрою;
- викреслюють інші допоміжні механізми і деталі, необхідні для функціонування пристрою;
- конструктивно оформляють корпус пристрою з урахуванням зручного розміщення деталей та механізмів;
- оформляють креслення пристрою. Проставляють необхідні розміри і допуски, складають специфікацію деталей і складальних одиниць. Вказують технічні вимоги до складання пристрою та його основні технічні характеристики (при необхідності).

На кресленні загального вигляду пристрою мають бути проставлені:

1. Встановлювальні розміри:

- розміри, точність яких впливає на похибку розмірів поверхонь оброблюваної заготовки;
- розміри з'єднань і монтажних зазорів, що визначають розташування і умови роботи окремих механізмів.

2. Приєднувальні розміри:

- розміри, що визначають точність встановлення пристрою на верстаті;
- розміри, що визначають точність встановлення заготовки у пристрої.

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

3. Габаритні і довідкові розміри, що визначають його висоту, довжину, ширину тощо.

Креслення загального вигляду та складальні креслення пристроїв, як правило, виконують у масштабі 1:1 (за винятком пристроїв для великих і дрібних деталей). Вони повинні містити достатню кількість видів і перерізів, необхідних для повного розуміння конструкції пристрою, а також давали уявлення про розташування і взаємний зв'язок деталей і складальних одиниць та забезпечували можливість його складання і контролю.

Виконання та оформлення складального креслення пристрою у кваліфікаційній роботі повинне проводитися відповідно до вимог стандартів ЄСКД.

У тому випадку, коли у кваліфікаційній роботі передбачається використати пристрій, розроблений на підприємстві, де студент проходив виробничу практику, цей пристрій повинен бути модернізований. Роботи з модернізації та удосконаленню конструкції повинні виконуватися на базі ретельного аналізу існуючого пристрою та з урахуванням вище викладених вимог до пристроїв.

*Студенту слід мати на увазі, що просте копіювання заводських конструкцій пристроїв без внесення до них доцільних змін **не допускається**.*

Методика проектування інших робочих пристроїв (для складання, зварювання, клепаання тощо) принципово не відрізняється від викладеної вище. Проте при їх конструюванні необхідно враховувати специфіку призначення та особливі вимоги до конструкції даних пристроїв.

3.3.2.4 Зміст розділу «Проектування спеціального пристрою»

Проектування конструкції спеціального пристрою в конструкторській частині кваліфікаційної роботи супроводжується необхідними розрахунками та поясненнями які в пояснювальній записці рекомендується викласти в такому порядку:

1. Обґрунтування доцільності проектування спеціального верстатного пристрою для оснащення заданої технологічної операції.

2. Аналіз вихідних даних, необхідних для проектування спеціального пристрою:

2.1 Конструкторсько-технологічна характеристика робочого креслення деталі (назва деталі, матеріал та його характеристика, геометрична форма, габаритні розміри та маса деталі, клас деталі за технологічним класифікатором, характеристика точності та шорсткості основних поверхонь,

вимоги до взаємного розташування поверхонь, вимоги до термічної та хіміко-термічної обробки, особливі технічні вимоги до виготовлення деталі).

2.2 Спосіб виготовлення та геометрична форма конструкції заготовки.

2.3 Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі .

2.4 Назва та зміст переходів технологічної операції для якої проектується спеціальний пристрій, та її місце у маршрутному технологічному процесі.

2.5 Операційний ескіз деталі з характеристикою точності та шорсткості технологічних баз та оброблюваних поверхонь.

2.6 Назва, модель та основні технічні характеристики металорізального верстата, назва та характеристика різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту, що використовується на заданій операції.

2.7 Режими різання (глибина різання t , подача S , частота обертання n , швидкість різання V , складові сили різання P та моменти різання M), норма основного та штучно-калькуляційного часу на операцію, що оснащується пристроєм.

3. Аналіз існуючих конструкцій верстатних пристроїв, що використовуються для встановлення та обробки деталей, з метою встановлення раціональної конструкції пристрою, що проектується.

4. Технічне завдання на проектування спеціального пристрою.

5. Проектування та розрахунки спеціального пристрою:

5.1 Розробка раціональної схеми базування заготовки на заданій технологічній операції (рекомендується розглянути декілька варіантів можливих схем базування).

5.2 Розрахунок похибок базування розмірів, що виконуються на заданій операції, та попередній розрахунок забезпечення заданої точності обробки.

5.3 Розробка схеми затискання та схема взаємодії сил і моментів різання, що діють на заготовку, визначення необхідної величини сили затискання заготовки.

5.4 Вибір кінематичної схеми та проектування конструкції затискного механізму пристрою.

5.5 Розрахунок фактичної сили затискання заготовки у пристрої. Вибір і розрахунок основних параметрів механізованого приводу пристрою. Перевірка умов надійності затискання заготовки в пристрої.

5.6 Розрахунок фактичних похибок затискання та встановлення заготовки у пристрої. Перевірка умови забезпечення необхідної точності обробки та оформлення висновків.

5.7 Конструювання спеціального пристрою, виконання та оформлення креслення загального вигляду або складального креслення, опис принципу дії розробленого пристрою. (Опис принципу дії виконується за складальним кресленням пристрою. При цьому у пояснювальній записці необхідно представити кінематичну схему пристрою та окремих його механізмів).

5.8 Розробка специфікації конструкції пристрою, розробка технічних вимог на його складання пристрою та виготовлення основних деталей. Розробка конструкцій та робочих креслень деталей, що входять до складу конструкції пристрою.

5.9 Виконання розрахунків на міцність (жорсткість) найбільш навантажених деталей пристрою.

5.10 Техніко-економічне обґрунтування конструкції розробленого пристрою.

Результатом проектування спеціального пристрою є складальне креслення або креслення загального вигляду його конструкції, що виконується відповідно до вимог стандартів ЄСКД та подається у графічній частині кваліфікаційної роботи.

При виконанні цього розділу кваліфікаційної роботи студент повинен пам'ятати, що розробку конструкції спеціального пристрою необхідно проводити на основі максимального використання нормалізованих і стандартизованих деталей та складальних одиниць із широким використанням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР) технологічної оснастки. Розроблені конструкції пристроїв повинні бути оригінальними, прогресивними, рентабельними та зручними в експлуатації. Крім того, вони повинні сприяти поліпшенню умов праці та підвищенню її продуктивності за рахунок скорочення машинного і допоміжного часу на механічну обробку.

3.3.3 Проектування та розрахунки спеціального різального інструменту

Використання спеціального різального інструменту для оснащення технологічного процесу проводиться у тому випадку, коли наявний стандартний інструмент не забезпечує заданої продуктивності та якості деталі, що підлягає виготовленню.

При виконанні кваліфікаційної роботи рекомендуються проектувати та розраховувати такі види спеціального різального інструменту:

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

В окремих випадках об'єктом проектування разом з різальним інструментом може бути і допоміжний інструмент (різцеві блоки, патрони для встановлення осьового інструменту, багатошпиндельні голівки тощо).

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

Види та назва спеціального різального або допоміжного інструменту, що підлягають проектуванню, студент обов'язково погоджує з керівником. Крім того, вони заносяться до завдання на виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи.

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

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

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

Методика проектування та розрахунку різних видів спеціального інструменту докладно викладена у навчальній та довідниковій літературі.

3.3.4 Проектування та розрахунки спеціальних засобів технічного контролю

У кваліфікаційній роботі для однієї з операцій технологічного процесу або для операції остаточного контролю студент повинен розробити спеціальний контрольний інструмент (спеціальний контрольно-вимірювальний пристрій).

Обсяг та склад розробок даного розділу погоджується з керівником роботи та заносяться до завдання на виконання кваліфікаційної роботи.

Об'єктами проектування можуть бути: конструкції спеціальних контрольних інструментів (шаблони, різеві калібри, калібр-скоби, калібр-пробки тощо); спеціальні контрольно-вимірювальні пристрої для автоматизації процесу контролю деталі; контрольно-сортувальні автомати та напівавтомати; контрольно-вимірювальні пристрої для комплексного контролю; механізми активного контролю; пристрої для перевірки міжосьової відстані; пристрої для контролю величини зношування робочої частини різального інструменту тощо.

Контрольно-вимірювальні пристрої та контрольний інструмент проектують і застосовують для вимірювання або контролю таких параметрів деталі:

- різних лінійних і діаметральних розмірів;
- точності взаємного положення окремих поверхонь деталі або окремих

деталей в складальній одиниці;

- відхилень від правильної геометричної форми деталей;
- точності параметрів зачеплення зубчастих коліс тощо.

При виконанні цього розділу кваліфікаційної роботи студент повинен розробити креслення загального виду конструкції пристрою, обґрунтувати прийняту схему і метод технічного контролю, особливості його проведення, навести кінематичну схему пристрою та описати принцип його дії, виконати розрахунок точності прийнятого методу контролю, скласти специфікацію усіх деталей і складальних одиниць, технічні умови на виготовлення та встановлення пристрою на робочій позиції, а також дати його технічну характеристику.

З метою забезпечення доцільності та ефективності використання розробленого пристрою при проведенні операції контролю точності оброблених поверхонь деталі його конструкція повинна задовольняти таким вимогам:

- кожен пристрій за своєю конструкцією та прийнятому методу контролю повинен відповідати вимогам розробленого технологічного процесу та технічним вимогам робочого креслення деталі;
- контрольні пристрої та інструменти повинні забезпечувати оптимальну точність контролю;
- продуктивність контрольних пристроїв (інструментів) повинна задовольняти виробничі умови їх застосування, що визначаються типом виробництва та організацією технічного контролю (вибірковий або суцільний контроль);
- конструкція контрольного пристрою (інструменту) повинна забезпечувати зручність користування ним та простоту його експлуатації.

Проектування контрольньо-вимірювального пристрою рекомендується проводити у такій послідовності:

1. Розробка можливих схем контролю заданого геометричного параметра на заготовці та вибір його раціональної схеми.
2. Розробка декількох можливих теоретичних схем базування заготовки. Відповідно до вибраної схеми контролю проведення їх аналізу, визначення похибок базування, вибір встановлювальних елементів.
3. Розробка схеми контрольньо-вимірювального пристрою, вибір його складових елементів.
4. Розробка конструкції контрольньо-вимірювального пристрою.
5. Розрахунок жорсткості відповідальних елементів.
6. Знаходження та складання усіх розмірних ланцюгів конструкції, в яких виникають похибки вимірювання, розрахунок кінематичних, температурних похибок, похибок відліку, загальної похибки вимірювання пристрою.

7. Розробка загального рівняння для розрахунку похибки контрольно-вимірювального пристрою.

8. Розрахунок допусків і посадок в деталях, що з'єднуються, визначення точності вимірювання.

9. Розробка технічного опису контрольно-вимірювального пристрою, його характеристик, технічних вимог на виготовлення та специфікації.

У разі проектування контрольного інструменту (гладких, різевих, комплексних шліцевих калібрів тощо) у пояснювальній записці мають бути наведені розмірні ланцюги для визначення його виконавчих розмірів.

Методика проектування та розрахунків спеціальних контрольно-вимірювальних пристроїв та різних видів спеціального контрольного інструменту докладно викладена в навчальній та довідниковій літературі.

3.3.5 Спеціальна частина

Спеціальна частина є обов'язковим розділом кваліфікаційної роботи і призначена для підвищення якості підготовки бакалаврів напряму «Інженерна механіка». Виконання студентом спеціальної частини демонструє його здатність та вміння до проведення і оформлення результатів науково-дослідницьких робіт.

Тема спеціальної частини та її зміст формується студентом разом із керівником і заноситься до завдання на виконання кваліфікаційної роботи.

Метою спеціальної частини є наукове дослідження студентом одного з найбільш важливих технологічного або конструкторського питань розроблюваного технологічного процесу.

Слід відмітити, що у спеціальній частині можуть бути представлені практичні та теоретичні результати науково-дослідної роботи, що виконувалася студентом під час навчання.

Спеціальна частина науково-дослідного характеру кваліфікаційної роботи може розроблятися за наступними основними напрямками:

– розробки з тематики науково-дослідних робіт кафедри або технічних відділів заводів регіону, направлених на дослідження або впровадження (освоєння) нових прогресивних технологічних процесів;

– наукові розробки у сфері технології виробництва деталей машин, що пов'язані з підвищенням якості виробів при виконанні операцій механічної обробки деталей, автоматизацією процесів обробки тощо;

– наукові розробки у сфері розробки нових конструкцій технологічної оснастки (окремих складальних одиниць обладнання, пристроїв для обробки або складання, різальних інструментів, контрольно-вимірювальних пристроїв тощо) та їх техніко-економічне обґрунтування.

Спеціальна частина науково-дослідного характеру складається з

обґрунтування актуальності проблеми, розробки методики проведення досліджень, їх опису, проведення досліджень та аналізу отриманих результатів.

Окрім цього, до спеціальної частини можуть включатися завдання, що пов'язані з розрахунками або теоретичними дослідженнями різних технологічних процесів, складальних одиниць механізмів, технологічного обладнання, технологічного оснащення з метою розробки нових інженерних методів їх розрахунку.

У тому випадку, коли студент виконує випускню кваліфікаційну роботу з розвинутою науково-дослідною частиною, склад і зміст розділів такої роботи, графік її виконання можуть суттєво відрізнятися від типової навчальної, тому відповідно склад і зміст її розділів та графік виконання повинен розроблятися студентом індивідуально, погоджуватися з керівником та затверджуватися у завданні на виконання роботи.

Зміст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи науково-дослідницького напрямку повинен містити наступні розділи: вступ, сучасний стан досліджуваного питання і постановка задачі, методика досліджень та необхідне оснащення для проведення експерименту, результати експерименту, методика і результати обробки експериментальних даних, оцінка точності та надійності отриманих результатів, патентний пошук, висновки і пропозиції (оцінка результатів роботи, область застосування та впровадження, напрямки подальшої роботи), список літератури, додатки.

Спеціальна частина *реферативного характеру* кваліфікаційної роботи являє собою самостійні дослідження або поглиблене вивчення студентом одного з таких питань:

1. Поглиблений виклад або систематизація літературних даних із окремого питання технологічного або конструкторського характеру (наприклад, огляд сучасних методів чистової обробки деталей, аналіз конструкцій технологічної оснастки, що застосовується при виготовленні зубчастих коліс тощо).

2. Детальне техніко-економічне порівняння технологічного процесу виготовлення даної деталі з існуючим варіантом виготовлення аналогічної деталі.

3. Проектування конструкції спеціального пристрою на основі проведеного аналізу існуючих конструкцій пристроїв для обробки подібних деталей і проведенням розрахунків на надійність, точність, жорсткість і міцність тощо.

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

При виконанні цього розділу вивчення та дослідження стану питання або проблеми, що розглядається та їх критичний аналіз студент проводить за доступними літературними джерелами. В кінці розділу студент повинен зробити висновки, що відображають перспективні напрямки вирішення

розглянутої проблеми.

Спеціальна частина, розроблена студентом у кваліфікаційній роботі, у подальшому може бути поглиблена при виконанні дипломного проекту або стати основою для виконання випускної кваліфікаційної роботи магістра. Якщо результати досліджень можуть бути представлені кресленнями, вони включаються до складу графічної частини роботи.

За темою спеціальної частини студент може зробити публікації студентських збірниках наукових праць. Апробацію теми дослідження доцільно проводити на студентській науково-технічній конференції.

3.3.6 Висновки

(Аналіз проведених конструкторсько-технологічних розробок)

В цьому розділі наводиться оцінка результатів конструкторсько-технологічних розробок, виконаних студентом у кваліфікаційній роботі, їх можливі варіанти впровадження у виробництво з метою забезпечення точності обробки, підвищення продуктивності праці, зменшення собівартості продукції тощо.

При цьому необхідно вказати: перелік поставлених завдань та шляхи їх вирішення; що нового вніс студент у розроблений технологічний процес, відмітити особливості та переваги прийнятих конструкторсько-технологічних рішень у порівнянні з базовим варіантом; відмітити впровадження прогресивних технологічних методів обробки, сучасного технологічного обладнання, різального інструменту, пристроїв та засобів технічного контролю; дати техніко-економічну оцінку виконаних розробок (підвищення продуктивності праці, зниження собівартості, зменшення витрат ручної праці тощо).

Приклад оформлення розділу «Висновки».

При виконанні випускної кваліфікаційної роботи вирішені наступні задачі:

– на основі проведеного аналізу службового призначення та умов експлуатації механізму (машини), технічних вимог на його виготовлення, а також аналізу технологічності конструкції розроблені – робоче креслення заданої деталі та технічні вимоги на її виготовлення;

– за результатами аналізу базового 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 і технологічне оснащення, розраховані загальні та міжопераційні припуски, режими різання і технічні норми часу, розроблено та оформлено комплект необхідної технологічної документації.

Розроблений в проекті технологічний процес виготовлення деталі

відрізняється від існуючого на підприємстві наступним:

- змінена технологічна послідовність механічної обробки деталі;
- впроваджено сучасне технологічне обладнання;
- 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 у технологічному процесі сучасних багатоопераційних верстатів з ЧПУ.

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

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

3.3.7 Посилання на літературні джерела

У цьому розділі подається перелік літературних джерел (підручники, посібники, довідники, монографії), у тому числі, статті у періодичних науково-технічних журналах, звіти про науково-дослідні роботи, стандарти тощо, які використовувались студентом під час виконання кваліфікаційної роботи (перелік посилань). Бібліографічний опис у переліку посилань наводиться у порядку, за яким вони вперше згадуються в тексті пояснювальної записки. Допускається оформлення переліку посилань в алфавітному порядку (на першому місці розміщують законодавчі, нормативні акти, положення, інструкції тощо). Порядкові номери описів у переліку є посиланнями у тексті (номерні посилання).

Бібліографічні описи посилань у переліку наводять відповідно до діючих стандартів з бібліотечної та видавничої справи – ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Основні вимоги до оформлення розділу «Література»:

а) перелік джерел, на які є посилання в основній частині роботи, повинен бути наведений в кінці тексту пояснювальної записки роботи після розділу «ВИСНОВКИ», починаючи з нової сторінки;

б) бібліографічний опис окремого літературного джерела включає:

- порядковий номер джерела в списку;
- прізвища та ініціали авторів;

- назву літературного джерела;
- назву видавництва, місце та рік видання;
- кількість сторінок.

Бібліографічний опис окремого літературного джерела подається в залежності від кількості авторів та виду видання.

Приклади оформлення бібліографічного опису літературних джерел у пояснювальній записці наведені нижче:

1. 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. – 256 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. Серов та ін.; – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 211 с.

2. Багатотомне видання:

2.1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.

2.2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985.- 496 с.

3. Каталоги:

3.1. Металлорежущие станки: Каталог-справочник: в 8 т. / НИИМАШ. – М.: 1982. – Т.3: Станки сверлильно-расточной группы. – 472 с.

4. Державні та міждержавні стандарти:

4.1. ГОСТ 3.1125–88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 78 с.

4.2. ГОСТ 3.1129–93. Межгосударственный стандарт. Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции. – Киев. Госстандарт Украины, 1996. – 31 с.