

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання **курсowego проекту**
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
зі спеціальності 131 – **Прикладна механіка**
за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»
всіх форм навчання

Затверджено на засіданні
кафедри технологій
машинобудування і
деревообробки
протокол №6 від 11.01.2022 р.

ЧЕРНІГІВ ЧНТУ 2022

Технологія машинобудування. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 97 с.

Укладачі: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент.
ЄРОШЕНКО АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, кандидат технічних наук,
доцент.

Відповідальний за випуск: ЄРОШЕНКО АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, завідувач
кафедри технологій машинобудування та деревообробки, канд.
техн. наук, доцент.

Рецензент: ФРОЛОВ ВОЛОДИМИР КОСТЯНТИНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент
кафедри технології машинобудування Національного
технічного університету України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Зміст

1	Загальні методичні рекомендації	5
1.1	Мета і завдання курсового проєкту	5
1.2	Індивідуальне завдання, організація виконання і захисту курсового проєкту	5
1.3	Вимоги до обсягу курсового проєкту	7
1.3.1	Структура курсового проєкту	7
1.3.2	Критерії оцінювання знань студентів при виконанні курсового проєкту	9
2	Методичні рекомендації до виконання розділів курсового проєкту	12
2.1	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі	12
2.1.1	Рекомендації щодо формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)	12
2.1.2	Розробка функціонального призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) і деталі	15
2.1.3	Формулювання функцій поверхонь деталі	27
2.2	Норми точності та технічні умови	29
2.3	Визначення типу виробництва і його характеристика	32
2.4	Аналіз технологічності конструкції деталі	33
2.5	Вибір і проєктування вихідної заготовки	36
2.6	Обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі	39
2.6.1	Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі	40
2.6.2	Основні технологічні задачі, що розв'язуються при обробці деталі	40
2.6.3	Вибір способів і кількості переходів обробки поверхонь	43
2.6.4	Вибір і обґрунтування технологічних баз	45
2.6.5	Вибір послідовності обробки поверхонь	49
2.6.6	Розробка і обґрунтування маршруту обробки	51
2.7	Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів	55
2.7.1	Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом	55
2.7.2	Визначення припусків за нормативами	55
2.8	Визначення режимів різання	58
2.9	Нормування технологічного процесу	59
2.10	Конструкторський розділ	61
2.10.1	Службове призначення пристрою	61
2.10.2	Технічне завдання на проєктування пристрою	63
2.10.3	Розробка принципової схеми пристрою	67
2.10.4	Розрахунок зусилля затиску заготовки	68
2.10.5	Проєктування затискного механізму пристрою	70
2.10.6	САЕ-аналіз елементів пристрою	70

2.10.7	Розрахунок параметрів точності пристрою	71
2.10.8	Рекомендації щодо формулювання описання конструкції та принципу роботи пристрою	74
2.10.9	Вимоги до техніки безпеки при експлуатації пристрою	75
3	Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту	76
3.1	Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проєкту	76
3.2	Складання переліку посилань	79
3.3	Рекомендації до оформлення графічної частини	80
3.3.1	Рекомендації до оформлення кресленика деталі	81
3.3.2	Рекомендації до оформлення складального кресленика	82
3.3.3	Рекомендації до оформлення технологічних схем механічної обробки	82
3.3.4	Рекомендації до оформлення аркушу «Вибір варіантів базування деталі»	83
3.3.5	Рекомендації до оформлення складального кресленика пристрою	84
3.4	Комплект технологічних документів	86
	Рекомендована література	87
	Додатки	91
	Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання до курсового проєкту	91
	Додаток Б Додаткові технологічні вимоги до конструкції типових деталей	94
	Додаток В Приклад оформлення титульних аркушів	97
	Додаток Г Приклад оформлення відомості проєкту	99
	Додаток Д Приклад оформлення технічного завдання на проєктування засобів технологічного оснащення	10
0		

1 Загальні методичні рекомендації

1.1 Мета і завдання курсового проєкту

Курсове проектування є важливим етапом проектно-конструкторської підготовки здобувачів вищої освіти (ЗВО) спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування».

Курсовий проєкт (КП) призначений для закріплення теоретичних положень дисципліни «Технологія машинобудування» та інших дисциплін професійної підготовки і формування стійких практичних навичок самостійного розв'язання прикладних технологічних задач.

Виконуючи курсовий проєкт, ЗВО повинен оволодіти методикою розробки технологічних процесів механічної обробки і тим самим підготувати себе до роботи над дипломним проєктом, в якому вирішуються більш складні питання і на більш високому науково-технічному рівні.

1.2 Індивідуальне завдання, організація виконання і захисту курсового проєкту

Вихідними даними до виконання курсового проєкту є індивідуальне завдання у вигляді складального креслення або повністю зрозумілого з технічної точки зору зображення вузла, складальної одиниці. На складальному кресленню керівником проєкту вказується деталь, для якої необхідно розробити технологічний процес механічної обробки. Приклад оформлення індивідуального завдання наведено в додатку А.

Курсовий проєкт не повинен бути повторенням застарілих заводських процесів. У проєкті повинні бути розроблені досконалі й економічно ефективні технологічні процеси на основі останніх досягнень науки і техніки, з використанням сучасних високопродуктивних верстатів і технологічного оснащення.

Виконання курсового проєкту здійснюється протягом двох семестрів. Індивідуальні завдання здобувачам вищої освіти видаються на першому тижні навчання. Приступати до виконання КП необхідно негайно після отримання завдання. Незрозумілі питання, що виникають при виконанні роботи потрібно з'ясовувати на консультаціях з керівником проєкту.

Роль керівника проєкту полягає в тому, щоб допомогти здобувачу вищої освіти оволодіти методикою розробки технологічних процесів механічної обробки заготовок і проектування технологічного оснащення,

встановити обсяг проєкту, вказати на наявність та характер помилок в певних розділах КП, допомогти знайти відповіді на певні питання.

З метою забезпечення ритмічного та поетапного виконання курсового проєкту проводяться рубіжні контролі виконання розділів КП. Рубіжний контроль здійснюється керівником КП, а день проведення попередньо узгоджується з ЗВО. В результаті рубіжних контролів керівник виявляє стан виконання розділів КП. Здобувачі вищої освіти, які вчасно або з випередженням виконують КП, отримують заохочувальні рейтингові бали.

Виконаний та оформлений відповідно до вимог даних методичних вказівок КП здається на перевірку не пізніше, ніж **за п'ять календарних днів** до початку екзаменаційної сесії згідно затвердженого графіку навчального процесу. За бажанням, здобувач вищої освіти може додатково представити виконаний КП у вигляді мультимедійної презентації обсягом 10-15 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали.

До захисту КП допускаються здобувачі вищої освіти, які виконали та оформили проєкт відповідно до вимог даних методичних вказівок, а сам проєкт завірений підписом керівника. Керівник КП підписує лише завершену та скріплену розрахунково-пояснювальну записку, зміст якої відповідає індивідуальному завданню та аркуші графічної частини проєкту.

Захист КП проводиться публічно за встановленим графіком перед комісією, склад якої затверджується завідувачем кафедри. Процедура захисту здійснюється таким чином:

- здобувач вищої освіти робить доповідь за темою КП (3-5 хв.);
- після доповіді члени комісії задають запитання за темою КП;
- за результатами доповіді та відповідей здобувача вищої освіти комісія оголошує оцінку за КП.

Під час захисту курсового проєкту здобувач вищої освіти повинен:

- чітко формулювати службове призначення вузла (складальної одиниці) та заданої деталі, проаналізувати основні технічні вимоги до них;
- обґрунтувати вибір вихідної заготовки для заданої деталі;
- обґрунтувати призначені технологічні бази деталі;
- обґрунтувати використане для обробки заготовки обладнання, пристрої, різальний та вимірювальний інструмент;
- детально пояснити структуру розробленого технологічного процесу механічної обробки;

– описати конструкцію, обґрунтувати принцип роботи пристрою.

Якщо за результатами захисту здобувач вищої освіти не отримав позитивну оцінку (60 балів, оцінка ECTS – E), КП повертається комісією на доопрацювання для виправлення помилок та зауважень комісії.

У випадку виявлення керівником КП чи членами комісії факту несамотійного виконання проєкту, здобувач вищої освіти знімається із захисту і йому видається нове завдання та призначається нова дата захисту КП.

Без виконаного та своєчасно захищеного курсового проєкту здобувач вищої освіти не допускається до підсумкового контролю з дисципліни «Технологія машинобудування». Несвоєчасно виконаним вважається курсовий проєкт, захищений після передекзаменаційної консультації або заліку.

1.3 Вимоги до обсягу курсового проєкту

1.3.1 Структура курсового проєкту

В повному та мінімально необхідному обсязі курсовий проєкт складається з пояснювальної записки (ПЗ), графічної частини та комплекту технологічної документації.

Зміст пояснювальної записки наступний:

Індивідуальне завдання

Зміст

1. Загальний розділ

1.1 Функціональне призначення складальної одиниці і деталі

1.1.1 Опис конструкції та роботи (машини, механізму, агрегату, в склад якої входить задана складальна одиниця)

1.1.2 Функціональне призначення (машини, механізму, агрегату, в склад якої входить задана складальна одиниця)

1.1.3 Опис конструкції та роботи заданої складальної одиниці

1.1.4 Функціональне призначення заданої складальної одиниці

1.1.5 Функціональне призначення деталі

1.1.6 Функції поверхонь деталі

1.2 Норми точності та технічні умови

1.3 Визначення типу виробництва та його організаційної форми

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

2. Технологічний розділ

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

- 2.1 Вибір і проєктування вихідної заготовки
- 2.2 Обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі
 - 2.2.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі
 - 2.2.2 Основні технологічні задачі, які розв'язуються в процесі обробки деталі
 - 2.2.3 Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь
 - 2.2.4 Вибір і обґрунтування технологічних баз
 - 2.2.5 Вибір послідовності обробки поверхонь
 - 2.2.6 Розробка і обґрунтування маршруту обробки
- 2.3 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів
 - 2.3.1 Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом
 - 2.3.2 Визначення припусків за нормативами
- 2.4 Визначення режимів різання
- 2.5 Нормування технологічного процесу
3. Конструкторський розділ
 - 3.1 Службове призначення пристрою
 - 3.2 Технічне завдання на проєктування пристрою
 - 3.3 Розробка принципової схеми пристрою
 - 3.4 Силовий розрахунок пристрою
 - 3.4.1 Розрахунок зусилля затиску заготовки
 - 3.4.2 Проєктування затискного механізму пристрою
 - 3.5 САЕ-аналіз елементів пристрою
 - 3.6 Розрахунок точнісних параметрів пристрою
 - 3.7 Опис конструкції та принципу роботи пристрою
 - 3.8 Вимоги до техніки безпеки при експлуатації пристрою

Перелік використаної літератури

Графічна частина курсового проєкту складається з наступних аркушів:

- кресленик складальної одиниці (формат А3-А1);
- специфікація складальної одиниці;
- кресленик деталі (формат А4-А2);
- вибір варіантів базування деталі (формат А1);
- технологічні схеми операцій механічної обробки (1-2 аркуші формату А1);
- складальний кресленик пристрою (формат А1);
- кресленики оригінальних деталей пристрою (при необхідності) (формат А4-А2);

- специфікація пристрою.

Сумарна кількість аркушів графічної частини курсового проєкту не повинна бути меншою 4 аркушів формату А1 без врахування кресленика складальної одиниці та кресленика деталі.

1.3.2 Критерії оцінювання знань при виконанні курсового проєкту

При виконанні КП оцінка знань здійснюється за наступною системою.

Для підтвердження мінімального та достатнього рівня знань та умінь (**60 балів**) необхідно виконати курсовий проєкт в мінімально необхідному обсязі, вказаному в п.1.3.1.

Для підтвердження більш високого рівня знань та умінь (**61-100 балів**) необхідно виконати курсовий проєкт в мінімально необхідному обсязі, а необхідну кількість додаткових балів здобувач вищої освіти обирає особисто, виконуючи види робіт з переліку наведеного в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Види додаткових завдань та кількість балів

Вид робіт	Кількість балів
Вибір варіантів базування деталі (1 технологічна задача по два варіанти)	10
Кресленик іншої деталі, погодженої з керівником проєкту	5
Спрощений маршрут механічної обробки іншої деталі, погодженої з керівником проєкту	20
Технологічні схеми операцій механічної обробки іншої деталі, погодженої з керівником проєкту (1 аркуш формату А1)	10
Складальний кресленик пристрою (формат А1) для іншої деталі, погодженої з керівником проєкту + специфікація	25

За бажанням, здобувач вищої освіти може додатково представити виконаний КП у вигляді мультимедійної презентації обсягом 7-15 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали з розрахунку: **1 бал за кожний якісно виконаний слайд**. Якісно виконаним вважається слайд без помилок, з чітким відображенням тексту та графічних об'єктів на відстані не менше 5 метрів.

Виконаний без помилок та оформлений відповідно до вимог даних методичних вказівок КП повинен бути зданий в останній робочий день

перед початком екзаменаційної сесії згідно затвердженого графіку навчального процесу.

Своєчасність виконання курсового проекту стимулюється за рахунок застосування коефіцієнта своєчасності K_{CB} , на який множиться кількість балів, отриманих здобувачем вищої освіти за виконання курсового проекту. Значення коефіцієнта своєчасності наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено курсовий проект	K_{CB}
За 30 днів до початку екзаменаційної сесії	1,5
В період 25-29 днів до початку екзаменаційної сесії	1,4
В період 20-24 днів до початку екзаменаційної сесії	1,3
В період 15-19 днів до початку екзаменаційної сесії	1,2
В період 8-14 днів до початку екзаменаційної сесії	1,1
В період 1-7 днів до початку екзаменаційної сесії	1,0

При виконанні КП заохочується креативність та новизна технічних рішень, запропонованих особисто здобувачем вищої освіти. Креативність та новизна конструкторських та технологічних рішень мають бути обґрунтовані з обов'язковим аналізом аналогічних за призначенням конструкцій, методик розрахунку, схем тощо та викладені окремим пунктом в тому розділі КП, до якого дане рішення відноситься. Наповнення цього пункту передбачає збір, систематизацію та аналіз інформації на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо.

За кожне таке рішення ЗВО **додатково отримує заохочувальні бали**. Кількість заохочувальних балів визначається виходячи з цінності та новизни запропонованих технічних рішень. Категорично не рекомендується занижувати оцінку (знецінювати) креативність та прагнення ЗВО проявити свої здібності та бажання виконувати завдання нетрадиційно.

З метою зниження негативного впливу критики на самооцінку, мотивацію ЗВО до навчання, самостійного пошуку та формулювання власних рішень та ідей, не заохочується виявлення керівником проекту помилок в розділах та графічній частині КП. Керівник повинен вказати на

наявність та характер помилок (редакційні, графічні, лінгвістичні, в розрахунках тощо) в певних розділах КП, а виявлення та виправлення помилок повинен здійснювати виключно самостійно ЗВО. Якщо ЗВО не може самостійно знайти і виправити помилки, він може звернутися за допомогою до викладача. Після виправлення помилок ЗВО повторно подає КП на перевірку викладачу. При цьому дата підсумкової атестації залишається фіксованою, а індивідуальне завдання, що містить помилки вважається не виконаним до тих пір, поки всі помилки не будуть виправлені.

2 Методичні рекомендації до виконання розділів курсового проєкту

2.1 Функціональне призначення складальної одиниці і деталі

Функціональне призначення складальної одиниці (деталі) – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв'язання якої призначена складальна одиниця (деталь) [1, 2, 3].

Розробка функціонального призначення складальної одиниці та деталі складається з наступних етапів:

- опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату), в склад якої входить задана складальна одиниця;
- функціональне призначення машини (механізму, агрегату), в склад якої входить задана складальна одиниця;
- опис конструкції та роботи заданої складальної одиниці;
- функціональне призначення складальної одиниці;
- функціональне призначення деталі;
- функції поверхонь деталі.

2.1.1 Рекомендації щодо формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)

Метою формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) є набуття здобувачем вищої освіти вміння структуровано, компактно, зрозуміло і чітко описувати технічні об'єкти та системи.

Опис конструкції та роботи машини (механізму, вузла, складальної одиниці) наводиться в довільній формі, але при цьому необхідно щоб була відображена наступна інформація в рекомендованій послідовності:

- 1) назва і конкретна галузь застосування машини (механізму, агрегату, вузла, агрегату, складальної одиниці);
- 2) перелік **основних** конструктивних елементів (деталей, складальних одиниць), з яких складається машина, вузол;
- 3) описання як і де встановлюється та закріплюється машина (вузол, механізм, складальна одиниця);
- 4) описати яким чином працює машина (механізм, вузол, складальна одиниця), виконуючи **основні функції** з конкретним посиланням на деталі і вузли (складальні одиниці нижчого порядку);

5) описати виконання машиною своїх **допоміжних функцій** з конкретним посиланням на деталі, вузли, складальні одиниці;

6) як здійснюється (пере)налагодження, регулювання і ремонт машини, вузла;

7) технічні характеристики вузла (за наявності).

Текст описання конструкції і роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) не обов'язково повинен містити всі вищеперелічені пункти і у вказаній послідовності, але має бути їх переважна більшість.

Текст описання рекомендується розбивати на абзаци. В кожному з абзацив має відобразитись певна інформація про конструкцію, яка описується відповідно до вищенаведених 7-ми пунктів.

Текст описання конструкції і роботи машини слід формулювати таким чином, що б в ньому було посилання на конкретні деталі і вузли машини у вигляді посилань на відповідні позиції рисунка, що ілюструє конструкцію машини (механізму, агрегату, складальної одиниці). Описання будь-якої конструкції без її ілюстрації неможливе!

Приклад формулювання описання конструкції пневматичного циліндра:

Пневмоциліндр (рисунок 2.1) застосовується в якості силового приводу в механізмі затиску пристрою для захоплення прутків Ø20мм.

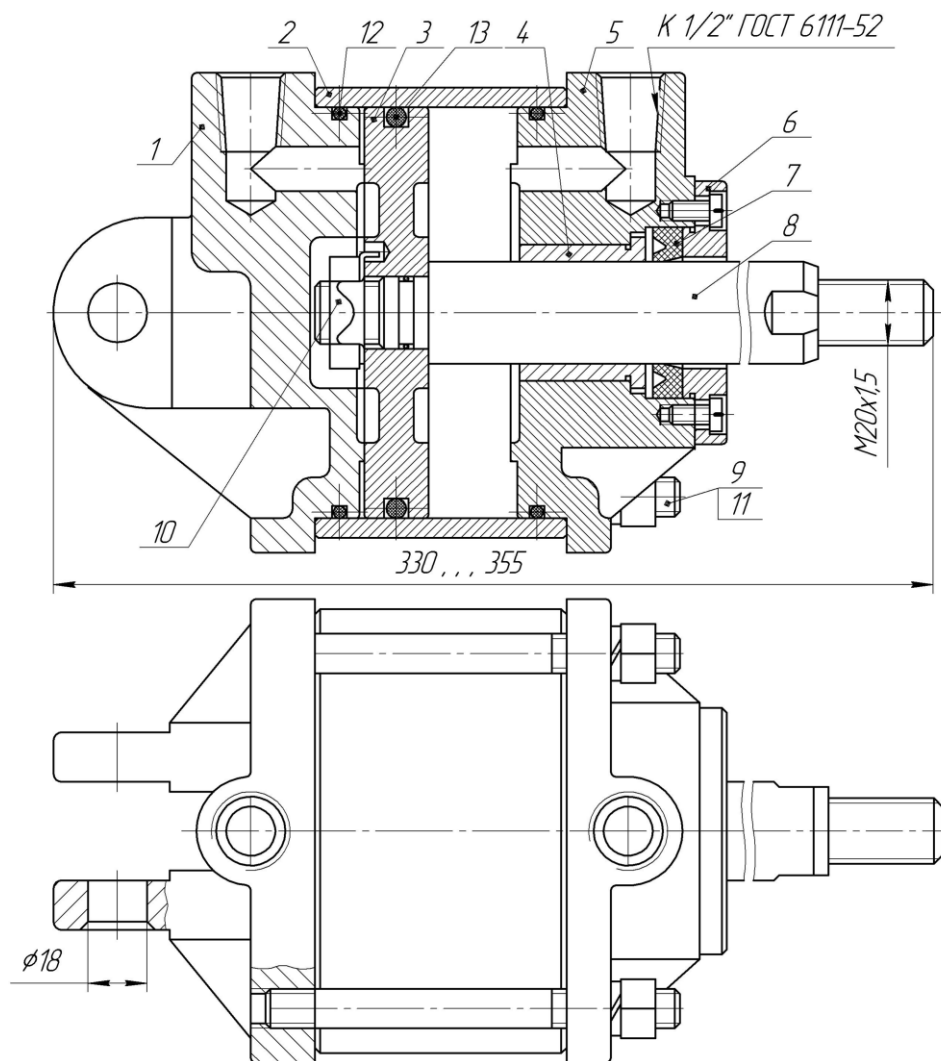
Даний пневмоциліндр двосторонньої дії. Основна функція пневмоциліндра - перетворення енергії стиснутого повітря в зворотно-поступальний рух штока. Допоміжними функціями є забезпечення величини зусилля затиску $800\pm 50\text{Н}$, швидкодії $2\pm 0,5\text{с}$, довжини робочого ходу штока $0\text{...}25\text{мм}$, герметичності пневматичної системи, надійності та довговічності роботи протягом 2000 ± 50 годин машинного часу.

Конструктивно пневмоциліндр складається з передньої 1 та задньої 5 кришок, які встановлені в гільзу 2 і закріплені шпильками 9 з гайками 11. В отворі гільзи 2 переміщується поршень 3, здійснюючи робочий і холостий ходи.

На корпусі пристрою пневмоциліндр закріплюється шарнірно завдяки наявності проушин з отворами Ø 18 мм в задній кришці 1.

Для здійснення робочого ходу пневмоциліндра (затискання прутка) до отвору в задній кришці кришці 1 підводять стиснуте повітря під тиском 0,4МПа. Поршень 3 разом з штоком 8 під тиском повітря переміститься вліво, здійснюючи слів вплив на важільний механізм пристрою і затискаючи заготовку.

Для звільнення обробленої заготовки повітря підводять до отвору в передній кришці 5. Поршень 3 разом з штоком 8 переміститься вправо в

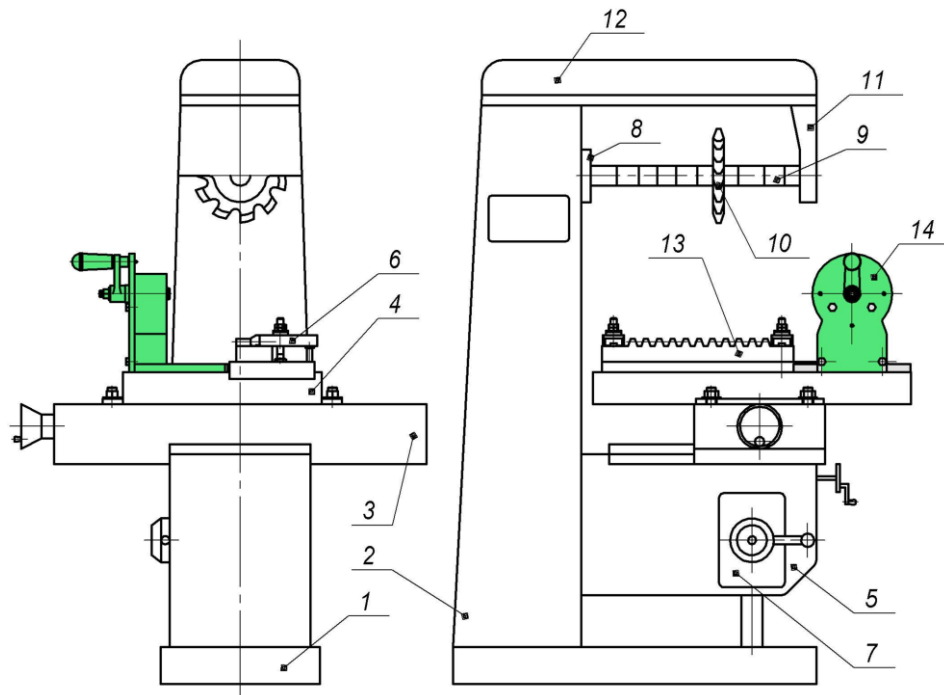


1 – задня кришка, 2 – гільза, 3 – поришень, 4 – втулка, 5 – передня кришка, 6 – кришка, 7 – манжета, 8 – шток, 9 – шпилька, 10, 11 – гайки, 12, 13 – кільця гумові

Рисунок 2.1 – До опису конструкції пневмоциліндра

Необхідна величина зусилля затиску створюється завдяки тиску стиснутого повітря на торець поришня, герметичності пневматичної системи живлення пневмоциліндра та мінімальним втратам на тертя завдяки точності виготовлення деталей та складання пневмоциліндра.

При формулюванні підрозділу **«Опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату), в склад якої входить складальна одиниця»**, необхідно обов'язково відобразити місце встановлення заданої складальної одиниці в машині (механізмі, агрегаті). Задану складальну одиницю на рисунку необхідно виділити будь-яким способом, який дозволяє її швидко візуально відокремити від інших вузлів та елементів машини (рисунок 2.2).



1 – фундаментна плита, 2 – станина, 3 – стіл поздовжній, 4 – стіл поперечний, 5 – консоль, 6 – прихват, 7 – коробка подач, 8 – шпиндель, 9 – оправка, 10 – фреза, 11 – підвіска, 12 – хобот, 13 – оброблювана рейка, 14 – ділильний пристрій

Рисунок 2.2 – До опису конструкції та принципу роботи горизонтально-фрезерного верстата

2.1.2 Розробка функціонального призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) і деталі

Будь-яку машину створюють для задоволення певних потреб суспільства (людини). Ступінь корисності машини визначається відповідно до її службового (функціонального) призначення

Метою формулювання функціонального призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) є формування у студента чіткого розуміння сфери застосування та умов в яких працює задана складальна одиниця, а також набуття студентом вміння чітко формулювати службове (функціональне) призначення технічних об'єктів та систем.

Навички, отримані при формулюванні функціонального призначення, сприяють формуванню вміння чітко і конкретно формулювати цілі та критерії їх досягнення в будь-якій сфері життєдіяльності людини.

Розробка функціонального призначення складальної одиниці є дуже відповідальним етапом процесу її створення. Помилки, допущені при формулюванні та уточненні функціонального призначення, призводять до створення неякісних машин, зайвих витрат праці при їх виготовленні, освоєнні і експлуатації. Тому розробці технології виготовлення складальної одиниці повинні передувати глибоке вивчення задач, для розв'язання яких призначена складальна одиниця, і точне формулювання її функціонального призначення.

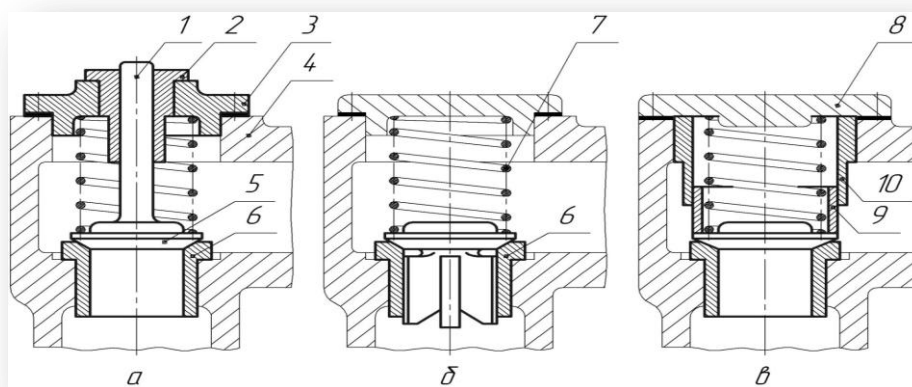
Будь-яка машина містить систему службових функцій, які визначають принцип її функціонування і конструктивно являє собою систему конструктивних елементів для реалізації цих функцій.

Певна конструкція може реалізувати лише одну функцію, але одна й та ж службова функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.

Наприклад, службова функція запобіжного клапану – підтримувати сталий тиск в системі – може реалізовуватись різним конструктивним виконанням (рисунок 2.3) [3].

Виходячи з цього, проектування виробу поділяється на функціональне проектування, при якому формується принцип його функціонування та технічне проектування, при якому на основі обраного принципу функціонування створюється конструкція виробу, чи його складальної одиниці.

Відповідно **функціональна структура** виробу $S_{\phi} (\{F\}, \{Q\})$,
де $\{F\}$ – множина функцій;
 $\{Q\}$ – множина відношень між функціями.



1 – шток клапана; 2 – напрямна втулка; 3 – кришка; 4 – корпус; 5 – тарілка клапана; 6 – сідло клапана; 7 – пружина; 8 – кришка з напрямною втулкою
9, 10 – напрямна клапана

Рисунок 2.3 – Конструктивне виконання запобіжного клапану з верхнім (а, в) і нижнім (б) направленням [3]

Технічна структура $S_T (\{E\}, \{R\})$,

де $\{E\}$ – множина конструктивних елементів;

$\{R\}$ – множина відношень між елементами.

Будь-який реальний об'єкт сприймається нами як сукупність його окремих ознак. Наприклад, зубчасте колесо є сукупністю зубчастого вінця, з'єднаного диском з маточиною, яка має шпонковий паз для передачі крутного моменту.

Ознаки (властивості), які характеризують об'єкт в певних умовах, називають **службовими функціями**. Розрізняють основну і допоміжні функції.

Основна функція об'єкта – ознака, яка визначає його сутність, призначення, для реалізації якої створюється об'єкт і без якої він, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Для визначення основної функції потрібно відповісти на питання:

- 1) Для чого існує або створений об'єкт ?
- 2) Яку задачу виконує об'єкт? Що робить об'єкт?
- 3) Яка від об'єкта користь?
- 4) Що станеться, якщо об'єкт видалити?

Так, основними функціями металорізального верстата – є оброблення заготовок деталей; різального інструменту – різання; ізолятора – створення ізоляції; компресора – стиснення і перекачування повітря (газу); зубчастого колеса – передача крутного моменту і т.д.

Допоміжна функція об'єкта – ознака, яка доповнює, розвиває і уточнює основну функцію. Допоміжна функція може принципово не впливати на основні функції об'єкта, але забезпечує певні умови його функціонування.

Наприклад, допоміжною функцією зубчастого колеса є визначення положення (базування) інших деталей, які до нього приєднуються.

Для окулярів основною функцією Φ_o є «корегування зору», а допоміжними функціями є: Φ_{o_1} – забезпечувати фіксацію лінз на обличчі, і Φ_{o_2} – забезпечувати відповідний естетичний рівень.

Матеріальними носіями цих функцій відповідно є: лінзи, дужки оправи і оправа в цілому. Основною функцією оправи є «Кріплення лінз і забезпечення міжосьової відстані» і т.д.

Як бачимо, один матеріальний носій може брати участь в реалізації декількох функцій, а одна функція може бути реалізована за допомогою різних носіїв.

Матеріальним носієм функції є окремий елемент об'єкта (вузол, деталь, поверхня деталі), чи їх сукупність, які реалізують дану функцію (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Функції деяких елементів машини та типових деталей [3].

Елемент	Приклад	Функції: основна (Φ_o), допоміжна (Φ_d)	
Вузол	Супорт токарного верстату	Φ_o	Створює координатну систему для маніпулювання інструментом в робочому просторі
	Зубчаста передача	Φ_o	Перетворює частоту обертання
	Демпфер	Φ_o	Гасить коливання
Деталь	Корпус з кришкою	Φ_o	Забезпечують сталу точність розташування деталей і механізмів
		Φ_{d_1}	Створюють замкнутий простір
		Φ_{d_2}	Забезпечують плавність роботи деталей і механізмів
		Φ_{d_3}	Гасять вібрації
	Вал	Φ_o	Передача зусилля обертання з переносом вздовж вісі
		Φ_{d_1}	Орієнтує деталі в складальній одиниці
		Φ_{d_2}	Надає деталям обертового руху
	Станина, рама	Φ_o	Координує основні вузли і механізми (в деяких випадках спрямовує їх рух)
	Шестерня	Φ_o	Передає зусилля обертанням
		Φ_{d_1}	Зменшує (збільшує) кількість обертів
	Важіль	Φ_o	Передає силу сполученим деталям
		Φ_{d_1}	Переміщує деталі із заданою швидкістю
		Φ_{d_2}	Фіксує положення деталей
	Шпонка, штифт	Φ_o	Запобігає прокручуванню
	Колінчастий вал	Φ_o	Перетворює поступальний рух в обертовий або навпаки
		Φ_{d_1}	Орієнтує деталі
Кожух, оболонка, кришка	Φ_o	Розділяє, відділяє від середовища, запобігає, захищає	
Шатун	Φ_o	Передає рух	
Елементи деталі	Поверхня	Φ_o	Спрямовує, обмежує, створює площадку контакту
Елементи деталі	Зуб шестерні	Φ_o	Передає зусилля зчепленням
	Шліци вала	Φ_o	Спрямовують осьове зміщення
		Φ_d	Передають обертання
Виступ, упор	Φ_o	Обмежує переміщення	

		Φ_0	Сприймає зусилля
--	--	----------	------------------

Наприклад, основну функцію зубчастого колеса (передача крутного моменту) реалізують зубчастий вінець і бічні поверхні шпонкового пазу маточини. Допоміжну функцію зубчастого колеса (базування інших деталей) зазвичай реалізують торці маточини.

Багато виробів володіють одночасно кількома властивостями, тому у них кількість функцій достатньо велика.

Розрізняють найважливіші допоміжні функції, чи допоміжні функції першого порядку, які безпосередньо зв'язані з основними функціями і забезпечують умови для виконання об'єктом основних функцій і другорядні допоміжні функції, чи допоміжні функції другого порядку, пов'язані, як правило, з виконанням найважливіших допоміжних функцій. В складних системах можуть бути допоміжні функції третього, четвертого та більшого порядків.

Віднесення функцій до основних і допоміжних залежить від об'єкту аналізу відповідно до ступеня ієрархії системи.

Так, для легкового автомобіля функція «розвивати потужність привода» є допоміжною, якщо ж об'єктом аналізу є двигун, то для нього ця функція є основною.

Формулювання функцій потребує розділення об'єкта на самостійні елементи, оскільки вони є матеріальними носіями функції.

При виділенні структурних елементів об'єкту керуються наступними вимогами до елементів: відносна самостійність, суттєвість для виробу в цілому, стійка відмінність, наявність характерних ознак для виявлення меж.

Особливу увагу слід звернути на якісне, скрупкульозне виявлення всіх виконуваних об'єктом і його елементами функцій. Для виявлення допоміжних функцій корисним буде пошук відповіді на низку питань:

- 1) Як має виконувати складальна одиниця (деталь) свою задачу?
- 2) Без чого (яких властивостей) складальна одиниця (деталь) буде непотрібною?
- 3) Якщо збільшити (зменшити) які-небудь параметри (функціональні, розмірні, точнісні, міцнісні) виконавчих поверхонь, що зміниться?

Формулювання кожної функції повинно бути виражене найкоротше (лаконічно) – дієсловом та іменником. Це обумовлено тим, що при більшій кількості слів, можуть стиратися межі між окремими функціями.

Наприклад, функція підйомного крана – переміщувати вантажі; вала двигуна – передавати крутний момент тощо.

В деяких випадках при формулюванні функцій може використовуватись прикметник (наприклад, «надійний», «швидкорозчинний», «якісний»), але потрібно чітко усвідомлювати критерії, за якими можна визначити, що ці прикметники-ознаки виконання функцій будуть досягнуті.

Не завжди вдається зразу чітко формулювати функції. Це потребує доброго знання призначення вивчаємого об'єкта, принципу його роботи, технічних характеристик, переваг і недоліків тощо. Зазвичай, якщо є хоча б ця інформація, виявлення основних і допоміжних функцій не викликає труднощів. Лаконічність і точність формулювання основних і допоміжних функцій як навик формується з досвідом.

Неможливість чітко й коротко сформулювати функцію об'єкта свідчить про необхідність продовжити вивчення призначення об'єкта, після чого знову повернутися до формулювання його функцій.

Формулювання функціонального призначення об'єкту (машини, складальної одиниці, деталі) повинно відбивати не тільки загальну задачу (основну функцію), але і усі додаткові функції, умови і вимоги, які цю задачу максимально уточнюють і конкретизують:

1) вичерпні дані про дію, яку об'єкт повинен здійснювати (виконувати), її вид, параметри, якість і кількість;

2) показники продуктивності, економічну ефективність, довговічність і надійність об'єкта (машини вузла, деталі, поверхні);

3) перелік умов, в яких об'єкт має працювати: якість вхідного продукту, енергії, що споживається, режим роботи, стан навколишнього середовища тощо;

4) вимоги до зовнішнього виду, безпеки праці, зручності і простоти обслуговування і керування, рівня шуму, коефіцієнта корисної дії (ККД), ступеня механізації і автоматизації тощо.

Помилки, допущені при виявленні та уточненні функціонального призначення машини, складальної одиниці, деталі призводять до створення неякісних об'єктів зайвих витрат праці при їх виготовленні та експлуатації.

Оскільки будь-яка машина створюється для здійснення технологічного процесу виготовлення тієї чи іншої продукції, з метою задоволення якоїсь потреби людини, суспільства. Тому формулювання функціонального призначення слід починати саме з вивчення і опису цього процесу.

Формулювання функціонального призначення повинно складатися з двох основних частин: **загальної** частини та **уточнень**. Формулювання загальної частини функціонального призначення (основної функції)

зазвичай, не викликає труднощів. Наприклад, токарний верстат призначено для обробки тіл обертання, автомобіль - для перевезення вантажів.

Але загальна частина формулювання ще не розкриває конкретного призначення машини та її специфічних особливостей. Наприклад, до тіл обертання відносяться і валики годинникових механізмів, і вали коробок швидкостей верстатів, і колони важких пресів. Неможливо, та й нема необхідності, створювати такий верстат, на якому можна було б обробляти заготовки будь-яких із цих деталей. Тобто, слід уточнити розміри валів, для обробки яких призначено верстат.

Подальше **уточнення** функціонального призначення токарного верстата повинно бути пов'язано з кількістю заготовок, які підлягають обробці. Якщо верстат призначено для виготовлення широкої номенклатури і невеликої кількості деталей, його конструкція повинна мати універсальний характер, якщо для масового випуску однакових деталей - спеціальний.

Наступне уточнення функціонального призначення пов'язано з вимогами, які пред'являються до точності деталей, що будуть виготовлятися на верстаті: точність діаметральних і лінійних розмірів, точність форми, точність відносних поворотів, а також шорсткість оброблюваних поверхонь.

Необхідно також уточнити режими, при яких повинна вестись обробка: тип заготовок, їх матеріал, продуктивність обробки, рівень автоматизації процесу, умови, в яких має працювати верстат (можливі коливання температури навколишнього середовища, вологість і запиленість повітря) і т. ін.

Те саме стосується і автомобіля. Необхідно уточнити, для перевезення яких вантажів він передбачений, якої маси, на які відстані, з якою швидкістю, стан шляхів тощо.

Якщо вантажем є будівельні матеріали, то залежно від їх виду створюється і певний автомобіль: для перевезення залізобетонних плит, цементу, залізобетонних блоків і т. ін.

Якщо вантажем є люди, потрібні такі уточнення: кількість пасажирів, відстань, стан шляхів, швидкість, рівень комфорту і т. ін.

Залежно від зроблених уточнень автомобілі можуть значно відрізнитись - від малолітражного легкового автомобіля до автобуса для міжміських сполучень.

Таким чином, формулюючи функціональне призначення конкретної машини (виробу), слід як можна глибше його уточнити і обов'язково виразити ці уточнення кількісно з допустимими відхиленнями.

Кількісні показники з допустимими відхиленнями потрібні для визначення в подальшому, при виготовленні та експлуатації, критеріїв виконання (невиконання) машиною (виробом) своїх функцій.

Сукупність якісних показників, які описують функціональне призначення машини (вузла, деталі), з установленими на них допусками являють собою **технічні умови (ТУ)** і **норми точності** на приймання готової машини (вузла, деталі).

Детальне формулювання функціонального призначення об'єкта створює його первісний образ і є важливим моментом розробки технічного завдання на проектування.

Для **конструктора** воно являється вихідним при проектуванні машини (вузла, деталі), для **технолога** - при розробці технологічних процесів виготовлення. Для того, щоб завдання, які розв'язуються за допомогою машини, були чітко визначені і правильно реалізовані технолог повинен критично оцінювати ТУ і норми точності на машину (вузол, деталь). Таким чином, ТУ являє собою завдання, яке потрібно розв'язати як у процесі конструювання машини, так і при її виготовленні. Тому якість створеної машини забезпечується як конструктором так і технологом.

При формулюванні функціонального призначення об'єктів потрібен системний підхід. Так, наприклад верстат, являючись системою взаємозв'язаних деталей і складальних одиниць, входить, як складова частина, у надсистему виготовлення продукції. Складальна одиниця, яка є системою деталей, входить, як підсистема у верстат (машину). Деталь як система взаємозв'язаних поверхонь, входить як підсистема у складальну одиницю.

Тому при формулюванні функціонального призначення складальної одиниці необхідно сформулювати і чітко уявити собі функціональне призначення машини, для деталі - функціональне призначення складальної одиниці, оскільки, знаючи вимоги до системи, можна розробляти вимоги до підсистеми.

Конструкція, функції, норми точності, технічні характеристики та інша інформація про складальну одиницю описується в спеціалізованій літературі та інших інформаційних джерелах. Ретельне опрацювання цих джерел спрощує формулювання функціонального призначення.

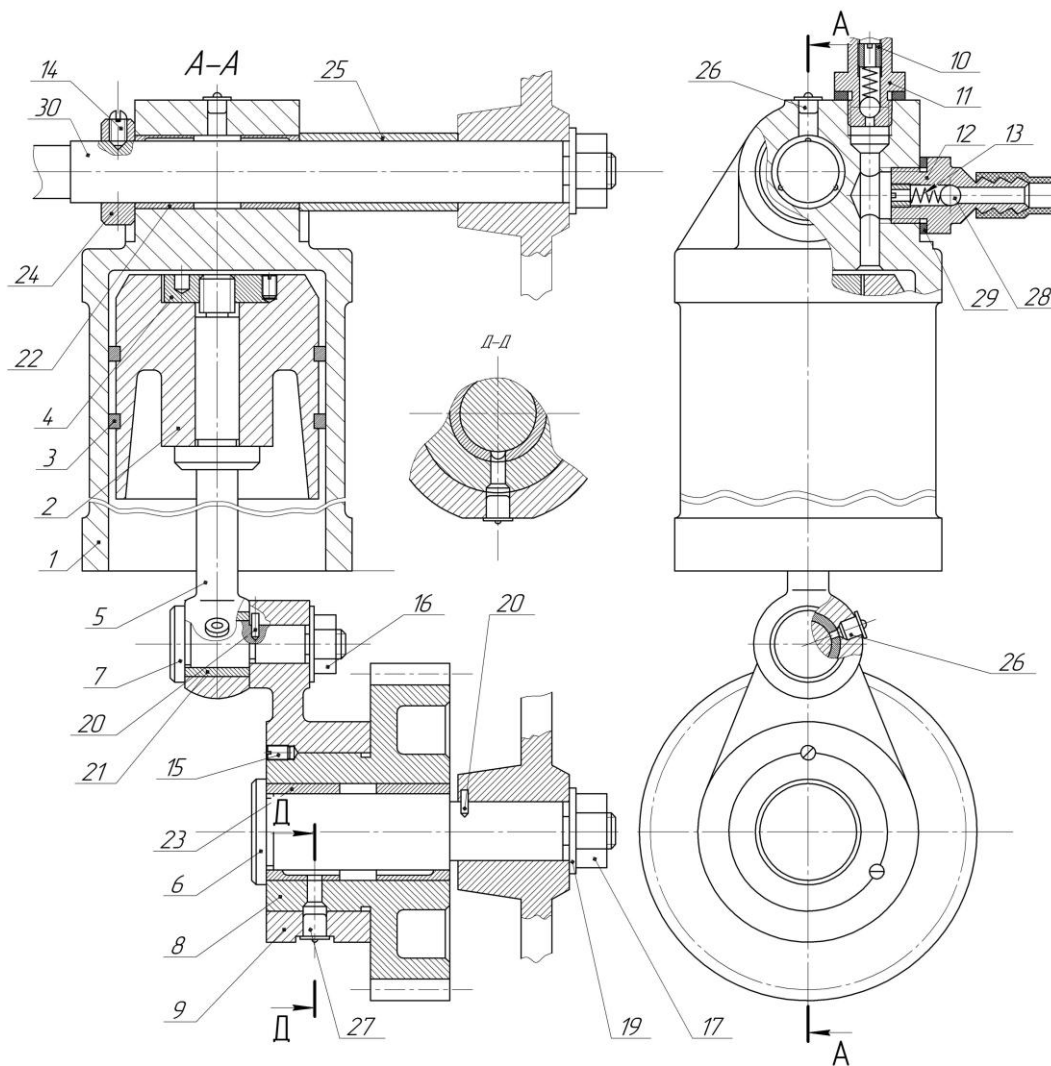
Приклад формулювання функціонального призначення повітряного насосу наведено нижче.

Загальна частина формулювання функціонального призначення деяких типових деталей має узагальнені формулювання. Наприклад:

- **важелі** служать для передачі зусилля сполученим деталям, для необхідного їх переміщення з потрібною швидкістю і траєкторією або фіксації їх положення відносно інших деталей;

Функціональне призначення повітряного насоса

Повітряний насос (рисунок 2.4) призначений для відсмоктування газів з домішками крапельної рідини при створенні зони розрідження в ємності низького тиску трубопровідної системи перекачування світлих нафтопродуктів.



- 1 – циліндр, 2 – поршень, 3 – кільце поршневе, 4 – гайка спеціальна,
 5 – шток, 6 – вісь кривошипа, 7 – палець, 8 – колесо зубчасте,
 9 – кривошип, 10 – гайка регульовальна, 11, 12 – корпуси клапанів,
 13 – пружина, 14, 15 – гвинти, 16, 17 – гайки, 18, 19 – шайби,
 20 – штифт, 21 – 23, 25 – втулки, 24 – кільце, 26, 27 – маслянки,
 28 – кулька, 29 – гумова прокладка, 30 – вісь

Рисунок 2.4 – До опису конструкції повітряного насоса

Основна функція (Φ_0) – відсмоктування газів.

Допоміжні функції (Φ_D):

$\Phi_{Д1}$ – забезпечення продуктивності $0,75 \pm 0,05 \text{ м}^3/\text{хв}$;

$\Phi_{Д2}$ – забезпечення величини тиску на виході з насосу $101 \pm 1,0 \text{ кПа}$.

$\Phi_{Д3}$ – забезпечення величини ККД не менше $\eta = 0,75$.

$\Phi_{Д4}$ – забезпечення допустимого рівня шуму 70 дБ .

$\Phi_{Д5}$ – забезпечення показників надійності протягом гарантованого терміну експлуатації 10000 ± 100 годин машинного часу.

$\Phi_{Д6}$ – забезпечення вимог безпеки та ергономічності.

Відсмоктування і нагнітання повітряним насосом газів здійснюється за допомогою всмоктуючого і нагнітаючого клапанів золотникового типу з робочим тиском спрацьовування відповідно $5,1 \pm 0,5 \text{ кПа}$ і $101 \pm 1,0 \text{ кПа}$.

Тиск залишковий мінімальний при нульовій продуктивності $0,73 \pm 0,01 \text{ кПа}$.

Швидкість руху поршня в циліндрі не повинна перевищувати $1,5\text{-}2 \text{ м/с}$ (при номінальній продуктивності).

Хід поршня $160 \pm 1 \text{ мм}$. Номінальна частота обертання кривошипа $400 \pm 5 \text{ хв}^{-1}$. Допустима температура нагрівання поршневих кілець $t = 75 \pm 5^\circ \text{C}$.

Планове технічне обслуговування повітряного насоса через кожні 24 години експлуатації. Середній термін експлуатації при періодичному режимі роботи не менше 5 років, або 10000 ± 40 годин. Рекомендована температура навколишнього середовища при експлуатації насоса $20^\circ \pm 10^\circ \text{C}$. Інтервал допустимої температури експлуатації насоса $-20^\circ \dots + 40^\circ \text{C}$. Відносна вологість повітря $75 \pm 10\%$.

Необхідна величина тиску розрідження, герметичність, продуктивність повітряного насоса забезпечуються відповідним герметичним з'єднанням клапанів 11 і 12 з циліндром та щільністю посадки поршня в циліндрі, яка реалізується за допомогою поршневих кілець 3. Величина ККД не менше $\eta = 0,75$ забезпечується точністю і плавністю переміщень та мінімальними втратами на тертя в рухомих елементах повітряного насоса.

Для змащення поверхонь деталей повітряного насоса, що піддаються тертю використовувати мастило ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80.

- **шатуни** двигунів служать для перетворення зворотно-поступального руху поршня на шатунну шийку колінчастого вала;

- **станини і рами** призначені для координації основних вузлів і механізмів машини, а в деяких випадках і для спрямованості їх руху;

- **корпусні деталі** призначені для забезпечення сталої точності відносного розташування деталей і механізмів як у статичному стані, так і в процесі експлуатації машини, а також повинні забезпечувати плавність їх роботи і відсутність вібрації;

Приклад формулювання функціонального призначення корпусу:

Корпус черв'ячного редуктора (рисунок 2.5) призначений для виконання таких функцій:

Основна функція (Ф_о): забезпечення сталої точності відносного розташування черв'яка і черв'ячного колеса як в статичному стані, так і в процесі експлуатації.

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення разом з кришками підшипникових вузлів герметичності порожнини редуктора;

Ф_{д2} – забезпечення жорсткості конструкції редуктора;

Ф_{д3} – забезпечення плавності роботи черв'ячної передачі;

Ф_{д4} – гасіння вібрацій;

Ф_{д5} – орієнтування та закріплення редуктора на рамі соковижимного преса

Ф_{д6} – забезпечення безпеки при складанні та експлуатації редуктора

Ф_{д7} – забезпечення показників надійності протягом періоду експлуатації

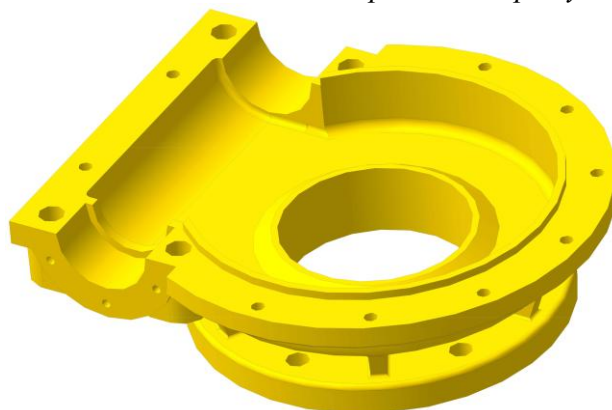


Рисунок 2.5 – Тривимірний моделювання корпусу черв'ячного редуктора

Корпус повинен бути достатньо міцним і жорстким. Допустиме статичне навантаження, яке сприймається корпусом, не повинно перевищувати 2450 ± 10 Н; динамічне одноразове навантаження 2670 ± 10 Н.

Міцність і жорсткість досягається відповідним конструктивним виконанням корпусу редуктора та фізико-механічними властивостями матеріалу СЧ 15 ГОСТ 1412-85, з якого він виготовлений.

Корпус редуктора разом з кришкою повинен утримувати мастило всередині редуктора, тобто втрати мастила не допустимі, також не допустиме попадання в середину пилу, сміття, води. Зовнішні й внутрішні поверхні корпусу не повинні мати раковин, порожнин, сколів, тріщин та інших ливарних дефектів. На зовнішніх поверхнях корпусу не допускається наявність гострих країв та кутів для забезпечення безпеки при складанні і експлуатації.

Необроблені внутрішні поверхні корпусу, які знаходяться в масляній ванні редуктора пофарбувати після ґрунтовки маслостійкою фарбою МЛ-12 червоного кольору за ГОСТ 6631-83. Зовнішні, механічно необроблені поверхні корпусу фарбувати атмосферною нітроемаллю НЦ-25 за ГОСТ 926-82 в колір технологічного обладнання.

Корпус редуктора передбачений для експлуатації при температурі навколишнього середовища від $20^0 \pm 10^0$ С, відносній вологості повітря $70 \pm 10\%$.

- **вали** призначені для орієнтації деталей, які вони несуть у складальній одиниці, надання деталям обертового руху з визначеною швидкістю і крутним моментом та сприймання зусиль, що діють з боку деталей, розташованих на валу;

- **вилки** призначені для зворотно-поступального переміщення елементів кінематичних і динамічних зв'язків машини (муфт, зубчастих коліс тощо);

- **колінчасті вали** служать для перетворення поступального руху в обертальний або навпаки;

- **кришки** призначені для фіксації осьового положення (базування) підшипників та інших деталей, а також для забезпечення герметичності вузлів і механізмів.

- **зубчасті колеса** служать для передачі крутного моменту від одного вала до іншого зі зміною, або без зміни швидкості обертання.

2.1.3 Формулювання функцій поверхонь деталі

На кожну деталь у машині покладається виконання певних функцій, що впливають із основної функції, для реалізації якої і створюється машина. В сукупності ці функції повинні відображатись і максимально уточнюватись в службовому призначенні деталі. Функціональне призначення деталі реалізується її поверхнями, які виконують певні функції.

Поверхні деталей, за допомогою яких сама деталь, машина (вузол, складальна одиниця) виконує своє функціональне призначення, називаються **виконавчими**. В токарному верстаті - це сполучення поверхонь переднього кінця шпинделя, які визначають положення центра патрона, поверхонь конічного отвору пінолі задньої бабки і поверхні різцетримача, на які встановлюють різець, у поршня двигуна внутрішнього згоряння - це канавки під кільця і отвори під поршневий палець і т.д.

Основні бази — поверхні деталі, які визначають її положення у виробі.

У вала 1, наприклад (рисунок 2.6) - це підшипникові шийки і одна з торцевих поверхонь; у зубчастого колеса 2 - отвір, торець та бічна поверхня шпонкового пазу.

Допоміжні бази - поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї інших деталей.

Наприклад, у вала - це шийка і прилеглий торець, які орієнтують зубчасте колесо; шпонковий паз, який орієнтує шпонку відносно вала.

Приклад виконання підрозділу КП «Функції поверхонь деталі» наведено на рисунку 2.7.

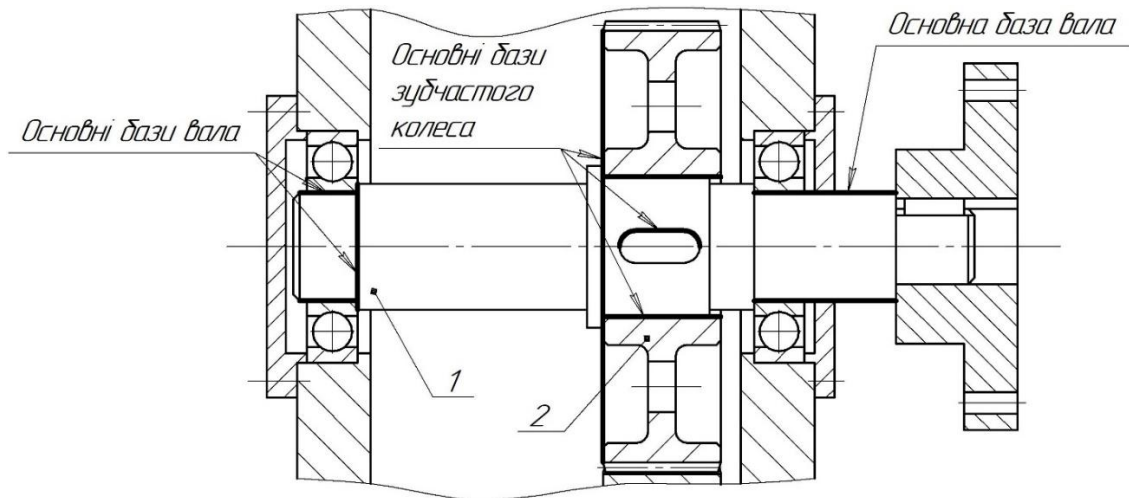


Рисунок 2.6 – До визначення основних баз деталі

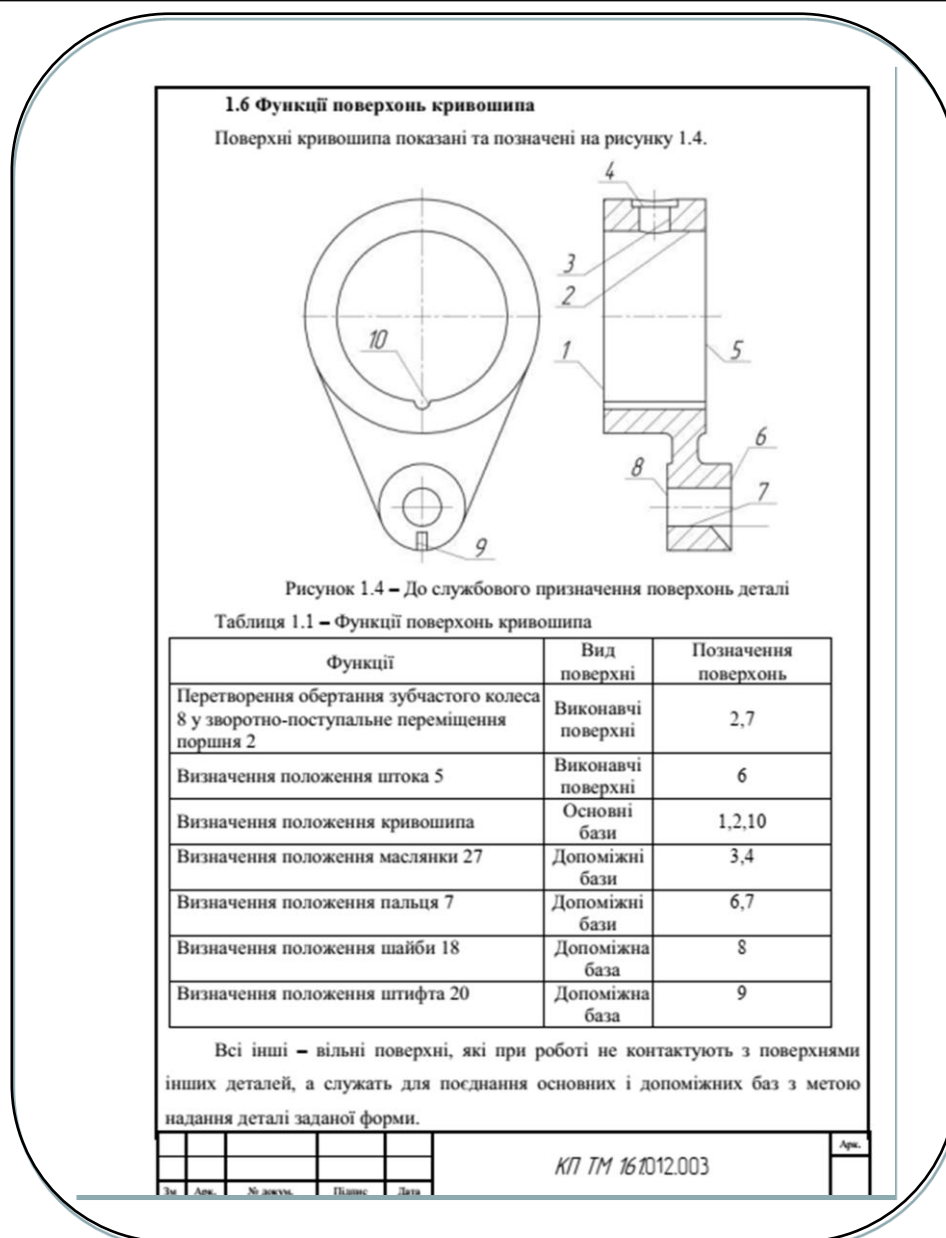


Рисунок 2.7 – Приклад виконання підрозділу «Функції поверхонь деталі»

2.2 Норми точності та технічні умови

Виходячи з функціонального призначення деталі, необхідно здійснити аналіз норм точності та технічних умов (ТУ), які необхідно витримати при виготовленні деталі. Функціональне призначення деталі, норми точності і ТУ на неї є наслідком функціонального призначення складальної одиниці, до якої входить задана деталь. Як правило, основні норми точності і ТУ відображаються в функціональному призначенні деталі і в деяких випадках наводяться на її кресленнику.

На основі аналізу функціонального призначення, основних та допоміжних функцій складальної одиниці і деталі формулюють їх норми

точності та ТУ з необхідними кількісними показниками. Кількісні показники визначають, використовуючи відповідні стандарти і літературу, наприклад [9, 12, 13 та ін.], або розраховуючи відповідні складальні розмірні ланцюги.

Наприклад: виходячи зі функціонального призначення редуктора основною функцією є передача крутного моменту з вхідного валу на вихідний вал приводу транспортера (рисунок 2.8).

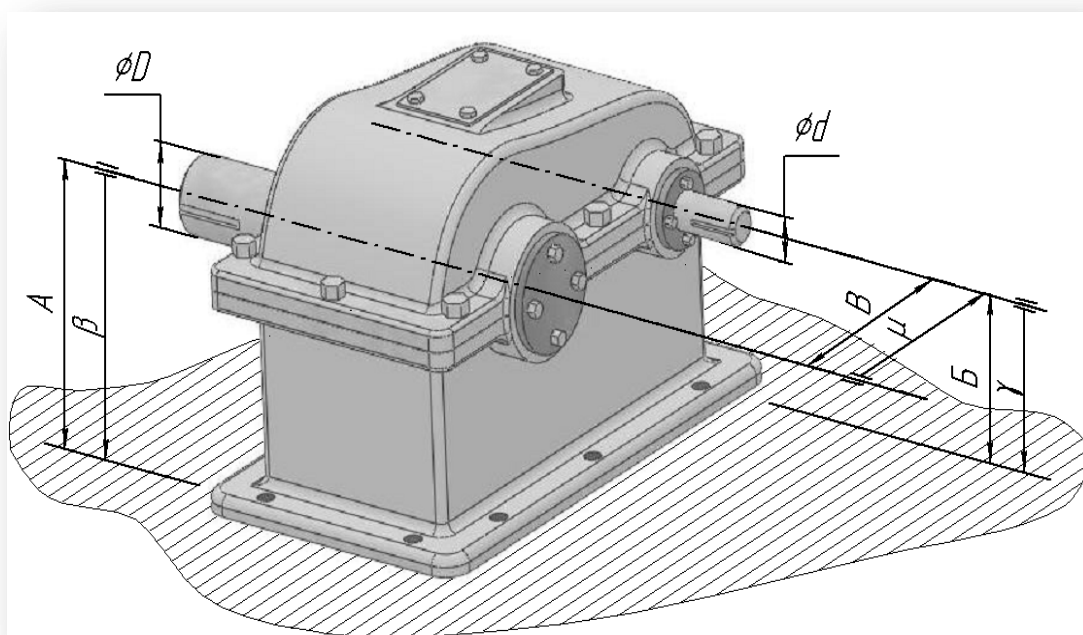


Рисунок 2.8 – Розмірні зв'язки виконавчих поверхонь редуктора

Виконавчі поверхні редуктора:

- шийка діаметром d вхідного валу з шпонковим пазом ;
- шийка діаметром D вихідного валу з шпонковим пазом ;
- поверхні зубців зчеплення коліс, з допомогою яких крутний момент передається;

Для цього необхідно:

- забезпечити потрібне положення шийок вхідного B_{Δ} , γ_{Δ} і вихідного A_{Δ} , β_{Δ} валів, яке забезпечує можливість стикування з електродвигуном і приводним валом транспортера;
- забезпечити точність відносного розташування валів (B , μ);
- забезпечити точність відносного розташування і руху взаємодіючих поверхонь зубців кожної пари шестерень, що визначається міжосьовою відстанню B_{Δ} та відносним поворотом μ_{Δ} осей ділительних циліндрів кожної пари взаємодіючих шестерень.

Відповідно до сформульованих вимог щодо точності відносного розташування виконавчих поверхонь складальної одиниці виявляються норми точності заданої деталі, які впливають на норми точності складальної одиниці.

В курсовому проєкті аналіз норм точності і технічних вимог до деталі рекомендовано виконувати в наступній послідовності:

1) **Виявити та розібратися у взаємозв'язках** заданої деталі з іншими деталями складальної одиниці (на підставі конструкції і опису роботи складальної одиниці).

2) Виходячи зі службового призначення складальної одиниці **визначити параметри якості**, які необхідно витримати при її виготовленні.

3) **Виявити та чітко сформулювати норми точності та технічні вимоги**, які необхідно витримати при виготовленні деталі для забезпечення встановлених в попередньому пункті параметрів якості складальної одиниці. При формулюванні норм точності зазвичай конкретизуються параметри точності розташування (точність розмірів, відносних поворотів) виконавчих поверхонь деталі, які необхідно забезпечити. Від правильності виявленні та чіткості формулювання норм точності в значній мірі залежить побудова технологічного процесу виготовлення деталі та її якісні показники. Порушення вказаних норм точності призведе до порушення або неможливості виконання деталлю і складальною одиницею вимог службового призначення.

Наприклад:

Відповідно до вимог службового призначення при виготовленні корпусу необхідно забезпечити наступні основні норми точності та технічні вимоги:

1) точність розміру отворів $\varnothing 80H7$ мм, циліндричність в межах допуску 0,01мм;

2) співвісність отворів $\varnothing 190H7$ мм і $\varnothing 100H7$ мм в межах допуску 0,03мм;

3) точність міжосьової відстані $100 \pm 0,05$ мм отворів $\varnothing 80H7$ і $\varnothing 100H7$;

4) перпендикулярність осі отворів $\varnothing 190H7$ мм і $\varnothing 100H7$ мм відносно осі отворів $\varnothing 80H7$ в межах допуску 0,04мм;

.....

8) перпендикулярність торців до отворів $\varnothing 80H7$ мм в межах допуску 0,05мм.

4) Показати з графічною ілюстрацією **вплив недотримання кожного з параметрів точності** на виконання СО свого службового призначення.

Аналіз норм точності та ТУ бажано пояснити ескізами, на яких відображаються похибки, одержані при їх недотриманні. Ескізи повинні

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

носити характер схем, зображених у довільному масштабі. Ескіз повинен чітко ілюструвати взаємодію деталей і разом з тим не містити зайвих конструктивних особливостей. Масштаб відображення має бути таким, щоб дозволяв достатньо ясно сприймати усі необхідні розміри, та позначення. Для кращої наочності на графічних ілюстраціях рекомендується масштаб зображення похибок брати значно більшим, ніж масштаб решти ескізу, що дозволяє чіткіше показати їх вплив. При необхідності показати зазор чи інше відносне положення деталей рекомендовано фрагментарно у збільшеному масштабі зображувати лише окремі частини складальної одиниці. Похибки і їх вплив позначають літерами (рисунок 2.9).

Герметичність підшипникових вузлів редуктора забезпечується дотриманням перпендикулярності прилеглих до отворів торців корпусу відносно самих отворів.

При недотриманні перпендикулярності може виникнути зазор між кришкою і торцем корпусу, що призведе до втрати герметичності підшипникового вузла (рисунок 2.9).

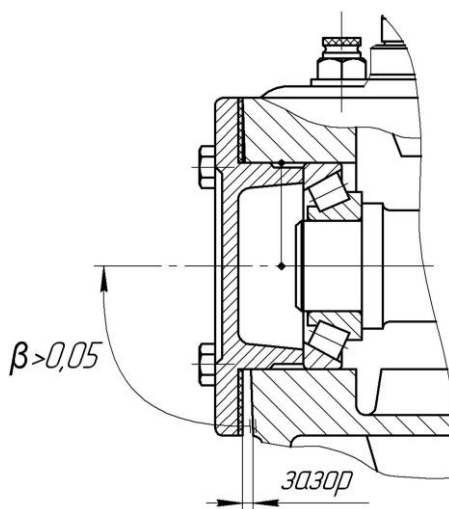


Рисунок 2.9 – Вплив неперпендикулярності на прилягання кришки підшипникового вузла

2.3 Визначення типу виробництва і його характеристика

Тип виробництва, як найбільш загальна організаційно-технічна характеристика виробництва визначається відповідно до ГОСТ 3.1108-84 за коефіцієнтом закріплення операцій $K_{3,0}$, який задається керівником курсового проєкту. Відповідність $K_{3,0}$ типам виробництва наступна:

$K_{3,0} = 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{3,0} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{3,0} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{3.0} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво;

$40 < K_{3.0}$ – одиничне виробництво.

Визначається величина n операційної партії деталей для одночасного запуску. Для цього спочатку визначається місячна програма N_M випуску деталей:

$$N_M = \frac{N_p}{k \cdot 12}, \text{ шт.} \quad (2.1)$$

де N_p – річна програма випуску, шт;

k – кількість робочих змін на добу (для одиничного і дрібносерійного виробництва рекомендується приймати $k=1$, для решти типів виробництва $k=2$).

Величина n операційної партії деталей визначаються за формулою:

$$n_p = \frac{I_n \cdot N_M}{22} \quad (2.2)$$

де I_n – нормативне значення періодичності повторення партії деталей, днів.

Залежно від типу виробництва та річної програми випуску $1 < I_n < 66$ днів [14, с.56]. Приймати I_n слід з розрахунку 1, 2,5, 5, 11, 22, 66 днів, причому менші значення I_n відповідають великосерійному та масовому виробництву більші – дрібносерійному і одиничному. Отримане значення n_p слід округлити до значення, яке закінчується на нуль в бік збільшення.

В цьому пункті необхідно дати коротку характеристику вибраному типу виробництва.

2.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Сукупність властивостей конструкції, яка визначає її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виготовленні, експлуатації та ремонті для конкретних умов виробництва називають *технологічністю конструкції*.

Технологічність конструкції суттєво впливає на строки і вартість підготовки виробництва, виготовлення, технічного обслуговування і ремонту виробів. Технологічність конструкції - поняття відносне і залежить від багатьох чинників. Одна і та ж конструкція деталі матиме різну технологічність при різних типах, організаційних формах виробництва, виробничих можливостях підприємства, технологічному обладнанні та оснащенні, способах обробки тощо.

Залежно від використовуваних методів оцінки розрізняють кількісну і якісну оцінку технологічності. Якісна оцінка технологічності заснована на

інженерно-візуальних методах оцінки і виконується за окремими конструктивними та технологічними ознаками у вигляді формулювань типу: “технологічно - нетехнологічно”, “допустимо - недопустимо” і т.ін.

Якісна оцінка технологічності деталі при механічній обробці характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду виконавця і допускається на всіх стадіях проектування, як попередня. Спочатку виконується якісна оцінка технологічності за загальними вимогами до конструкції деталей, а потім за вимогами технологічності до конструкції типових деталей. При оцінці технологічності за загальними вимогами до конструкції деталей визначають:

1. Тип деталі: корпус, вал, фланець, диск, циліндр, важіль, шарнір, зубчасте колесо тощо.
2. Наявність поверхонь, зручних для базування і закріплення при встановленні на верстатах на всіх операціях. Можливість скорочення числа установів при обробці.
3. Оброблюваність різанням матеріалу деталі, вид термообробки.
4. Доступність всіх поверхонь деталі для обробки на металорізальних верстатах та безпосереднього вимірювання (можливість вільного підведення та виводу інструменту).
5. Можливість одночасної багатоінструментної обробки.
6. Відсутність великої різностінності та незамкнених контурів, які викликають деформацію деталі при термообробці та закріпленні при обробці на верстаті.
7. Відсутність місць різких змін форми, гострих країв, буртиків, які є концентраторами напружень, доступність термічно оброблених поверхонь для обробки СВЧ.
8. Жорсткість деталі, яка б дозволяла не зменшувати режимів обробки та застосування високопродуктивних способів механічної обробки.
9. Можливість одержання потрібної точності розмірів, величини шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь при обробці на металорізальних верстатах нормальної точності, без додаткової фінішної обробки.
10. Відсутність специфічних вимог до деталі (допуски по масі, неврівноваженості та ін.), що неприпустимо в умовах великосерійного та масового виробництва.
11. Можливість зменшення розмірів оброблених поверхонь з метою скорочення об'єму механічної обробки.

12. Наявність вільного підведення та виходу інструменту (для підвищення продуктивності і точності обробки).

Додаткові технологічні вимоги до конструкції типових деталей наведено в додатку А методичних вказівок.

Здійснюючи якісний аналіз вимог технологічності деталі необхідно виявити за якими вимогами до конструкції задана деталь технологічна, а за якими - не технологічна. На нетехнологічних елементах конструкції деталі обов'язково необхідно зацентувати увагу описавши їх.

Приклад виконання якісної оцінки технологічності:

Деталь корпус технологічна за наступними вимогами:

- 1) наявні поверхні зручні для базування і закріплення при встановленні на верстатах на всіх операціях.*
- 2) існує можливість скорочення числа установів при обробці*
- 3)*

Корпус є нетехнологічним через:

- 1) наявність глухих різевих отворів (3 отвори М8-9Н);*
- 2) недостатню жорсткість, що не дозволяє збільшувати режими обробки та застосовувати високопродуктивні методи механічної обробки (наводиться опис елемента конструкції деталі, що знижує її жорсткість)*
- 3)*

У випадку, якщо за певним пунктом неможливо зробити якісну оцінку технологічності деталі (наприклад не можна проаналізувати на технологічність вал за 3-ю вимогою з додаткових вимог до валів при відсутності на валу шпонкових пазів), то такий пункт вилучається з переліку вимог технологічності.

В КП виконання технологічного аналізу конструкції деталі необхідно виконати в наступній послідовності:

- 1) виконати якісну оцінку технологічності деталі;
- 2) зробити загальний висновок щодо технологічності конструкції деталі та запропонувати, при необхідності, можливі шляхи підвищення технологічності. Якщо необхідно вносити зміни до конструкції деталі, то ці зміни слід ілюструвати у вигляді фрагментів деталі до і після внесення змін (рисунок 2.10).

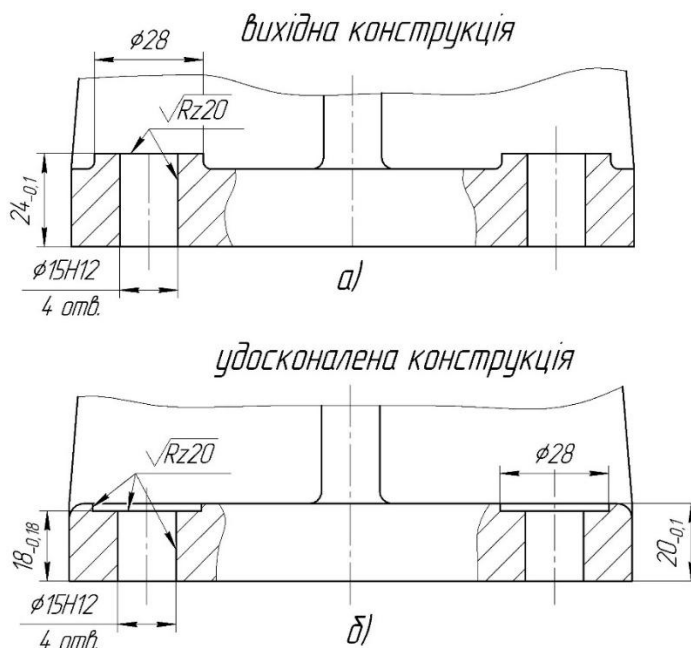


Рисунок 2.10 – Приклад усунення нетехнологічних елементів конструкції деталі

2.5 Вибір і проєктування вихідної заготовки

Сучасні технологічні способи виробництва заготовок характеризуються великою різноманітністю. Кожному способу притаманні свої конструкційні матеріали, обладнання і технологічне оснащення. Спосіб виробництва заготовки залежить від функціонального призначення деталі, вимог, які ставляться до неї, від її конфігурації та розмірів, конструкційного матеріалу, типу виробництва та інших факторів.

При виборі вихідної заготовки слід прагнути забезпечити найбільший коефіцієнт використання матеріалу, тобто максимально наближати форму і розміри вихідної заготовки до форми і розмірів готової деталі за умови мінімальної собівартості виготовлення деталі в цілому (тобто з урахуванням механічної обробки).

Вихідною інформацією для вибору вихідної заготовки є: кресленик деталі із зазначеними на ньому розмірами з допусками, шорсткістю поверхонь, матеріал деталі, річна програма випуску і тип виробництва.

Спочатку вибирають загальний спосіб отримання заготовки (лиття, кування, прокат, холодне штампування, тощо), використовуючи навчальну і довідкову літературу, знання і навички, отримані при вивченні дисципліни «Проєктування і виробництво заготовок». При цьому враховують:

- конфігурацію, розміри та вагу заготовки;
- матеріал заготовки;

- річну програму випуску;
- точність виготовлення заготовки, шорсткість та якість її поверхневих шарів;
- потрібний напрямок волокон металу, що визначає характеристики міцності деталі.

Далі конкретизують спосіб отримання вихідної заготовки (наприклад: лиття в піщано-глиняні, металеві форми, лиття під тиском, лиття за витоплюваними моделями та ін.). При наявності декількох можливих способів обирають той, при якому будуть забезпечені найбільша продуктивність і мінімальна собівартість отримання заготовки, враховуючи рекомендації літературних джерел [15-19].

В цьому розділі КП необхідно дати коротку характеристику обраному способу отримання вихідної заготовки та пояснити чому саме цей спосіб було обрано для виготовлення заготовки даної деталі. Пояснення необхідно обов'язково підкріплювати чіткими аргументами наприклад:

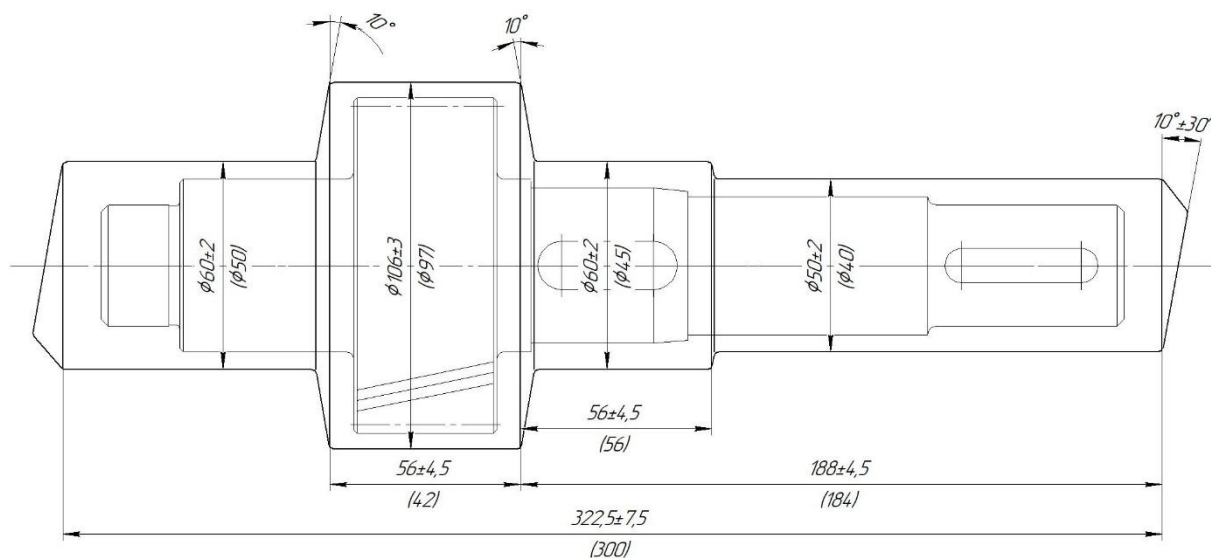
....отримання заготовки обробкою тиском неможливе через те, що матеріалом є сірий чавун СЧ 12, а для цього матеріалу вихідною заготовкою може бути тільки вилівок.

...величина партії заготовок 50 штук та конструктивні особливості деталі роблять необгрунтованим отримання заготовки будь-якими способами, які передбачають додаткове виготовлення заготівельного спорядження, тому вихідною заготовкою для даної деталі вибираємо прокат за ДСТУ.....

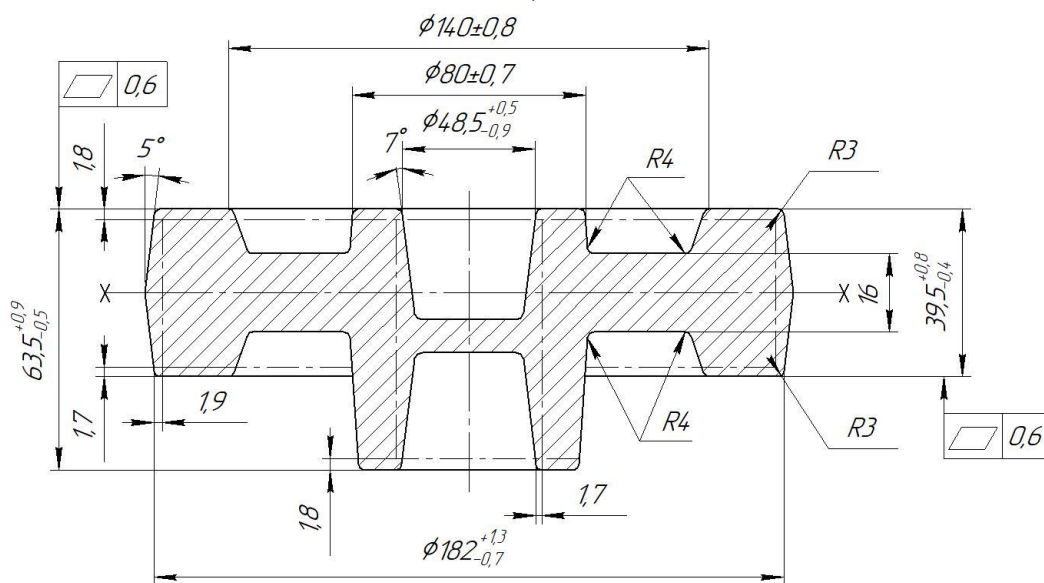
Проектування литої заготовки здійснюють за методикою, наведеною в літературних джерелах [15, 19 та ін.] з використанням стандарту ГОСТ 26645-86 [20]. Призначення припусків та допусків на розміри штампованої заготовки необхідно здійснювати за стандартом ГОСТ 7505-89 [22], в якому також приведена низка прикладів проектування штампованих заготовок різної конфігурації. Проектування кованих заготовок, отримуваних куванням на молотах, виконують за стандартом ГОСТ 7829- 70 [21], де також приведено приклади проектування кованих заготовок.

В пояснювальній записці наводиться ескіз вихідної заготовки з розрізами і перерізами на мінімально необхідній кількості проєкцій. Ескіз заготовки має бути оформлений відповідно до вимог, що висувуються до оформлення заготовки певного виду. На ескізах потрібно показати місце роз'єму штампу або ливарної форми та розміри заготовки з допусками.

Контури деталі, які не отримуються литтям виконують тонкими суцільними лініями без нанесення їх розмірів (рисунок 2.9). Контур деталі на ескізі кованик також виконують тонкою суцільною лінією (рисунок 2.11, а). Контур деталі на ескізі штампованої заготовки наносять тонкою штрихпунктирною лінією (рисунок 2.11, б).



а)



б)

Рисунок 2.11 – Приклади виконання ескізів кованої а) та штампованої б) заготовок

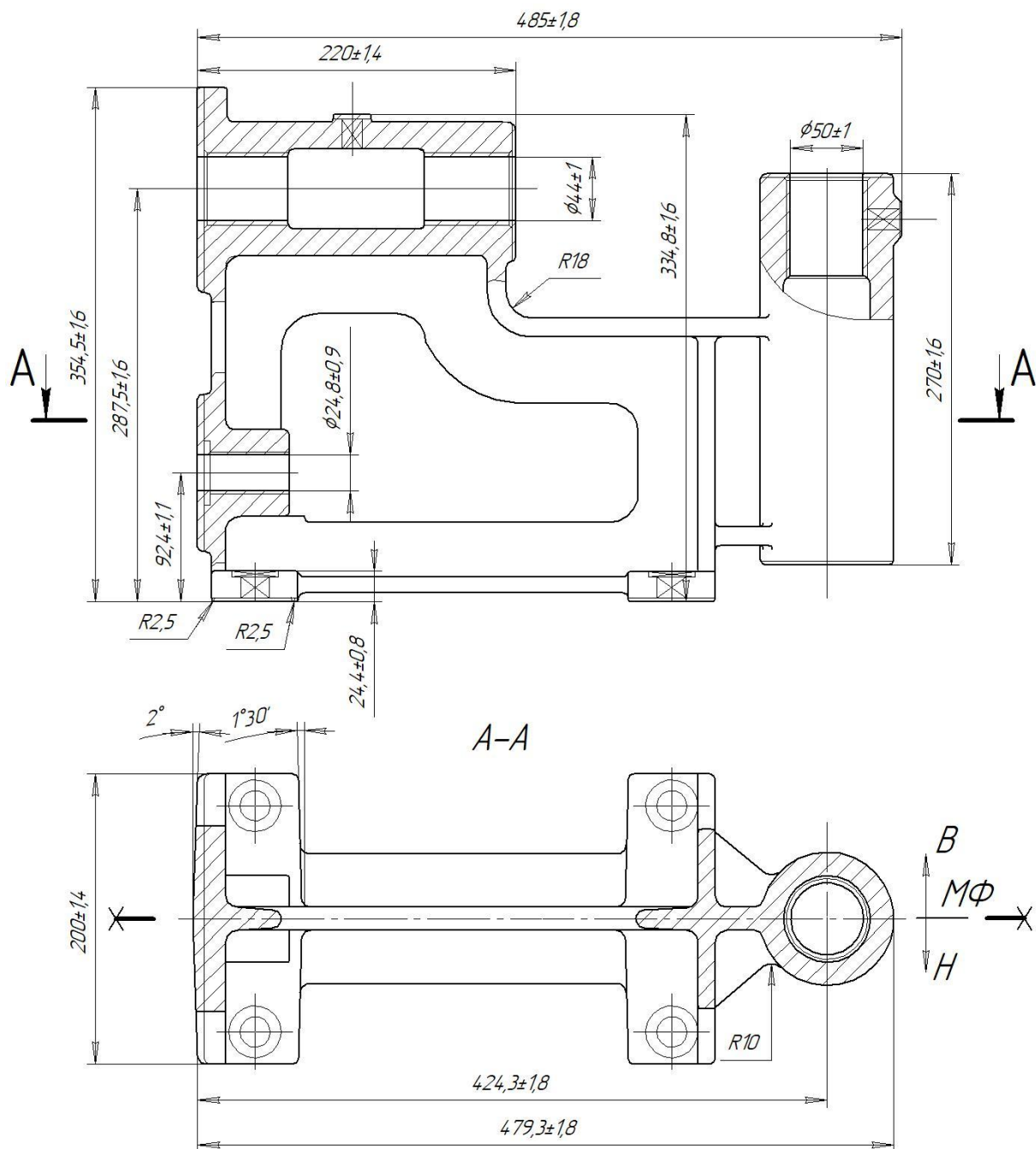


Рисунок 2.12 – Приклад виконання ескіза виливка

2.6 Обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі

Роботу з вибору і обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі можна поділити на кілька етапів. Виконання цих етапів необхідно вести паралельно, оскільки питання, які в них вирішуються, взаємопов'язані.

2.6.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі

В межах однієї деталі між допоміжними, основними базами і виконавчими поверхнями завжди існують розмірні зв'язки, які визначають їх відносне розташування у просторі і реалізуються у вигляді лінійних і кутових розмірів. Ці зв'язуючі розміри є проміжною ланкою, яка визначає положення деталі або складальної одиниці. Тому розміри, які зв'язують основні, допоміжні бази та виконавчі поверхні деталі, повинні бути позначені на кресленіку. В КП на окремому ескізі (рисунок 2.13) необхідно відобразити основні розмірні зв'язки деталі.

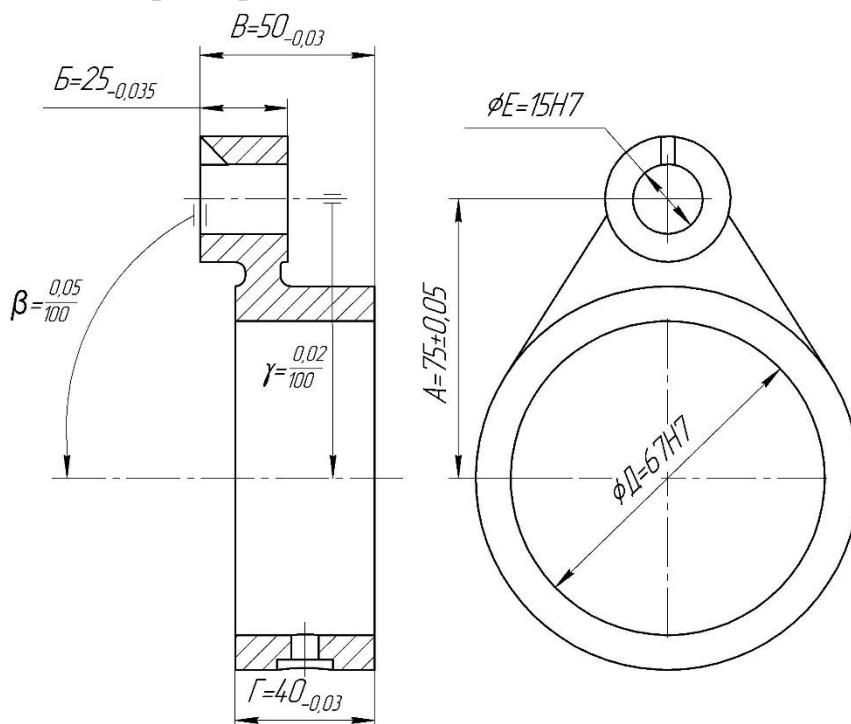


Рисунок 2.13 – Приклад відображення основних розмірних зв'язків деталі

2.6.2 Основні технологічні задачі, що розв'язуються при обробці деталі

Основні технологічні задачі, які вирішуються в процесі обробки деталі формулюються на підставі виявлених за кресленіком розмірних зв'язків і вимог до точності та якості поверхонь деталі. Правильне формулювання основних технологічних задач механічної обробки та виявлення раціональних шляхів їх вирішення багато в чому обумовлює точність і економічність виготовлення деталі.

При розробці технологічного процесу механічної обробки деталі вирішуються наступні групи основних технологічних задач:

1. Забезпечити точність і якість оброблюваних поверхонь, потрібну точність їх відносного розташування.

Потрібна точність розмірів і якість оброблених поверхонь забезпечується правильним вибором відповідних технологічних способів обробки, а точність відносного розташування оброблених поверхонь залежить в першу чергу від правильного вибору технологічних баз, суттєво залежить від типу устаткування, на якому оброблюється заготовка, а також від способу координації інструменту і також від способу остаточної обробки поверхні.

2. Забезпечити точність відносного розташування системи оброблюваних поверхонь відносно системи поверхонь, які не оброблюються.

Розв'язання зазначених задач досягається забезпеченням потрібної точності окремих параметрів (розмірів, відносного розташування поверхонь) деталі, виявивши які можна сформулювати технологічні задачі обробки.

Наприклад для деталі кривошип (рисунок 2.14) основні технологічні задачі можуть формулюватися наступним чином:

1. Забезпечити точність, якість і потрібну точність відносного розташування оброблюваних поверхонь.

1.1 Забезпечити точність отвору $\varnothing 90H7$, з допуском круглості $0,01\text{мм}$, шорсткість поверхні отвору $Ra1,25\text{мкм}$.

1.2 Забезпечити точність отвору $\varnothing 20H7$, з допуском круглості $0,006\text{мм}$, шорсткість $Ra1,25\text{мкм}$.

1.3 Забезпечити точність міжосьової відстані $\varnothing 80 \pm 0,05\text{мм}$, паралельність отвору $\varnothing 20H7$ відносно отвору $\varnothing 90H7$ в межах допуску $0,02\text{мм}$.

1.4 Забезпечити точність розміру $50_{-0,03\text{мм}}$, паралельність поверхонь в межах допуску $0,06\text{мм}$, шорсткість $Ra2,5\text{мкм}$.

1.5 Забезпечити точність розміру $25_{-0,035\text{мм}}$, перпендикулярність торцевої поверхні кривошипа до отвору $\varnothing 90H7$ в межах допуску $0,05\text{мм}$, шорсткість $Ra2,5\text{мкм}$.

1.6 Забезпечити точність розміру $40_{-0,03\text{мм}}$, шорсткість поверхонь $Ra2,5\text{мкм}$.

2. Забезпечити точність відносного розташування оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, які не обробляються.

2.1 Забезпечити симетричність розташування отвору $\varnothing 90H7\text{мм}$ відносно зовнішнього контуру кривошипа $\varnothing 110\text{мм}$.

2.2 Забезпечити симетричність розташування отвору $\varnothing 20H7$ мм відносно зовнішнього контуру кривошипа $\varnothing 36$ мм.

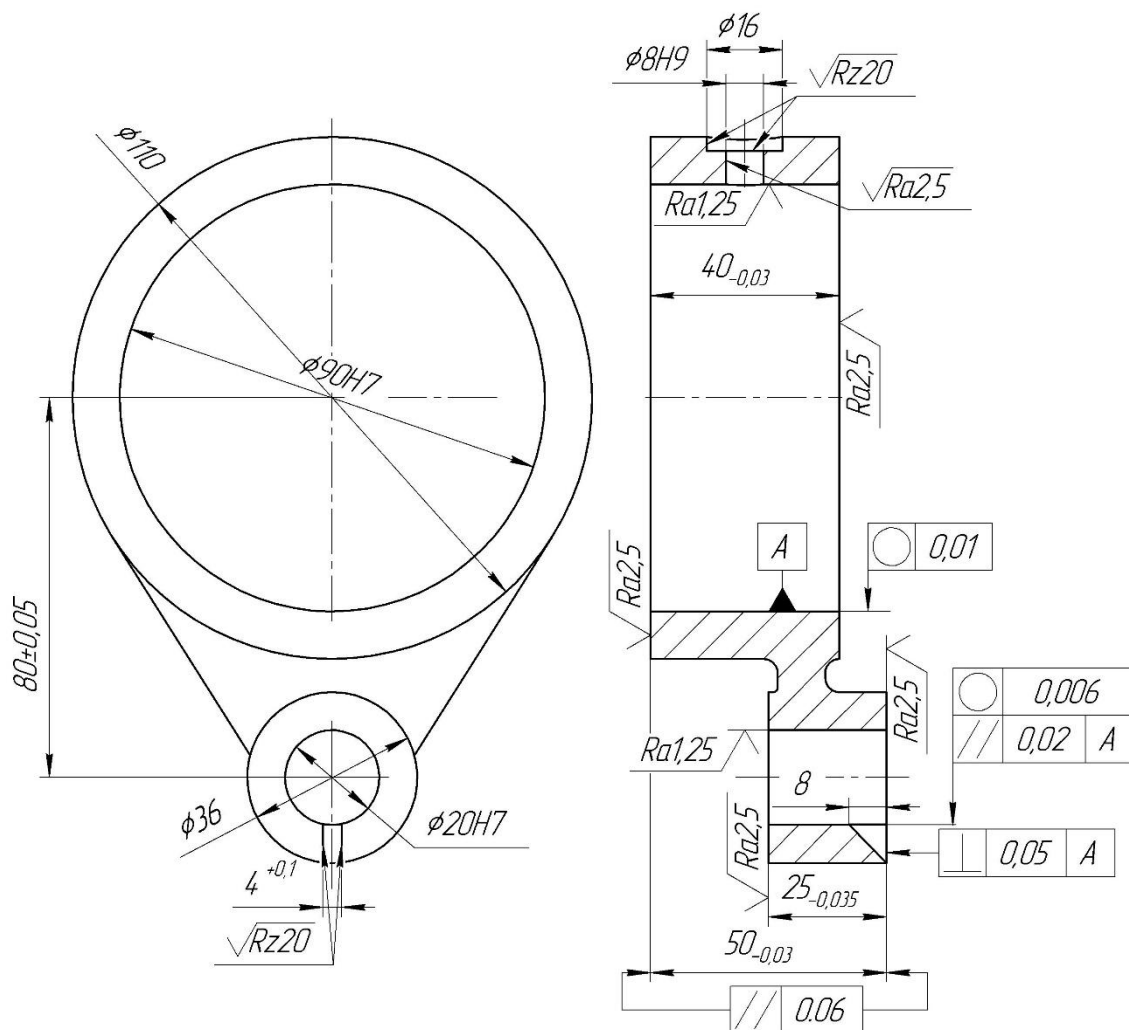


Рисунок 2.14 – Ескіз кривошипа

Слід відмітити, що при формулюванні основних технологічних задач, що вирішуються при механічній обробці деталей, слід вказувати тільки найбільш важливі, відповідальні поверхні, які є визначальними з точки зору виконання деталю свого службового призначення.

Послідовність виконання даного підрозділу КП наступна:

1. Проаналізувавши кресленик деталі, виявити оброблювані і необроблювані поверхні.
2. Виявити розмірні зв'язки оброблених поверхонь з необробленими поверхнями деталі.
3. Виявити розмірні зв'язки між обробленими поверхнями деталі.
4. Виявити і сформулювати основні технологічні задачі, які потрібно вирішити при механічній обробці деталі

2.6.3 Вибір способів і кількості переходів обробки поверхонь

Поставлені в попередньому пункті задачі досягаються комплексом способів обробки і відповідним базуванням заготовки.

Комплекс способів обробки - це множина технологічних переходів обробки, які дозволяють перевести поверхню зі стану вихідної заготовки у стан, заданий на кресленику. При цьому треба мати на увазі, що у процесі перетворення поверхні вихідної заготовки у поверхню готової деталі після кожного технологічного переходу обробки з'являється нова поверхня зі своїми розмірами, шорсткістю та розмірними зв'язками з іншими поверхнями.

На даному етапі для всіх оброблюваних поверхонь, на основі сучасних даних про технологічні можливості обладнання та досягнутої точності способів обробки, вибираються способи і кількість переходів обробки, які дозволять найкоротшим і найбільш економічним шляхом забезпечити потрібні точність і якість оброблюваних поверхонь за всіма показниками.

На даний час існує досить велика кількість різноманітних технологічних способів, що дозволяють досягти приблизно однакових результатів обробки, однак вони можуть істотно різнитися за вартістю реалізації і тому раціональні в умовах різних типів виробництва.

Виходячи з цього, технолог для кожної конкретної поверхні може мати декілька варіантів способів обробки. Вибір того чи іншого способу механічної обробки здійснюється з врахуванням габаритних розмірів, виду та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, вимог до точності розмірів, форми, відносного розташування та якості поверхонь деталі, можливості обробки даної поверхні на одному верстаті за кілька послідовних переходів тощо.

Способи і кількість переходів обробки вибирають на основі таблиць економічної ефективності і точності обробки наведених в літературних джерелах [1, 6, 8] або інших достовірних джерелах.

При формуванні послідовності переходів обробки варто враховувати, що кожен наступний технологічний перехід повинен забезпечувати більшу точність, якість оброблюваних поверхонь порівняно з попереднім. При обробці точних, відповідальних поверхонь маршрут обробки в основному розподіляється на три послідовні стадії: чорнову, чистову й остаточну. Якщо точність заготовки невисока, то обробку поверхні починають з попередньої (чорнкової) стадії, на якій знімають основну частину матеріалу у вигляді припуску. При достатньо точній заготовці обробку можна починати одразу з

чистої, а в деяких випадках достатньо тонкої (остаточної) обробки. На останньому технологічному переході обробки забезпечуються параметри точності та шорсткість поверхні відповідно до вимог, що наводяться на кресленіку деталі.

Призначаючи способи обробки, необхідно прагнути, щоб одним і тим же способом обробити якнайбільшу кількість поверхонь заготовки. Це дозволяє скоротити номенклатуру та кількість змін різального інструменту, дає змогу проєктувати технологічний процес за принципом концентрації операцій, сприяє зменшенню кількості встановлень заготовки, внаслідок чого збільшується продуктивність і точність обробки.

Послідовність виконання даного підрозділу КП наступна:

1. Проаналізувати кресленік деталі, виявити всі оброблювані поверхні.
2. На підставі сформульованих в попередньому підрозділі технологічних задач, які вирішуються при обробці деталі, виявити квалітети, точність форми і розташування, шорсткість всіх оброблюваних поверхонь.
3. Ознайомитись з таблицями економічної точності методів обробки наведених в літературних джерелах [1, 6, 8] або інших достовірних джерелах.
4. Користуючись таблицями економічної ефективності і точності обробки, вибрати способи і кількість переходів обробки (мінімум 2 альтернативних варіанти), які дозволять найкоротшим і найбільш економічним шляхом забезпечити потрібні точність і якість за всіма показниками. Вибрані способи і кількість переходів обробки повинні бути наведені у вигляді таблиці (рисунок 2.15).

Таблиця 4.1 – Комплекси технологічних способів забезпечення якості кривошипа

Задачі		Виконання задач				
Зміст задачі	Витримувані параметри	Технологічні переходи	Досягнуті параметри, мм			
			1	2	3	4
1. Забезпечити точність отвору Ø67Н7, з допуском круглості 0,01мм, шорсткість поверхні отвору Ra1,25мкм.	1. Точність розміру отвору Ø67Н7мм 2. Круглість 0,01мм, 3. Шорсткість Ra1,25мкм.	1. Розточування чорнове	0,34	0,03	Ra12,5	-
		2. Розточування чистове	0,1	0,012	Ra2,5	-
		3. Розточування тонке	0,039	0,008	Ra1,25	-
		1. Розточування чорнове	0,34	0,03	Ra12,5	-
		2. Розточування чистове	0,1	0,012	Ra2,5	-
		3. Шліфування чистове	0,039	0,008	Ra0,63	-
2. Забезпечити точність отвору Ø15Н7, шорсткість Ra1,25мкм.	1. Точність діаметру Ø15Н7(^{+0,018})мм 2. Шорсткість Ra1,25мкм	1. Свердління	0,28	Ra12,5	0,18	0,1/100
		2. Зенкерування	0,084	Ra2,5	0,16	0,08/100
		3. Розвертування тонке	0,021	Ra1,25	0,074	0,02/100
3. Забезпечити точність міжосьової відстані 75±0,05мм, паралельність отворів Ø15Н7 і Ø67Н7 з допуском 0,02мм.	3. Точність розміру 75±0,05мм 4. Паралельність 0,02мм/100мм	1. Свердління	0,28	Ra12,5	0,18	0,1/100
		2. Розсвердлювання	0,24	Ra10	0,18	0,1/100
		3. Зенкерування чистове	0,084	Ra2,5	0,16	0,08/100
		4. Розвертування тонке	0,021	Ra1,25	0,074	0,02/100
4. Забезпечити точність розміру 25 _{-0,035} мм, перпендикулярність торцевої поверхні кривошипа до отвору Ø67Н7 в межах допуску 0,05мм, шорсткість поверхонь Ra2,5мкм.	1. Точність розміру 25 _{-0,035} мм 2. Шорсткість Ra2,5мкм. 3. Перпендикулярність 0,05мм/100мм	1. Фрезерування торцеве чорнове	0,12	Ra8,0	0,12	-
		2. Фрезерування торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,05	-
		1. Стругання чорнове	0,12	Ra12,5	0,16	-
		2. Стругання чистове	0,08	Ra2,5	0,08	-
		1. Фрезерування торцеве чорнове	0,12	Ra8,0	0,12	Ra8,0
		2. Фрезерування торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,08	Ra2,5
5. Забезпечити точність розміру 50 _{-0,03} мм, шорсткість Ra2,5мкм	1. Точність розміру 50 _{-0,03} мм 2. Шорсткість Ra2,5мкм.	3. Фрезерування торцеве тонке	0,025	Ra1,25	0,025	Ra1,25
		1. Точіння торцеве чорнове	0,12	Ra12,5	0,12	Ra12,5
		2. Точіння торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,08	Ra2,5
6. Забезпечити точність розміру 40 _{-0,03} мм, шорсткість поверхонь Ra2,5мкм.	3. Точність розміру 40 _{-0,03} мм 4. Шорсткість Ra2,5мкм	3. Точіння торцеве тонке	0,025	Ra1,25	0,025	Ra1,25

Рисунок 2.15 – Приклад оформлення таблиці

В таблиці обов'язково необхідно вказувати значення параметрів точності і якості, витримуваних безпосередньо при обробці заданої поверхні. Кількість вказуваних параметрів повинна бути мінімальною, але достатньою для чіткого визначення положення оброблюваної поверхні чи системи поверхонь та розуміння стану, який вона повинна мати після обробки.

5. Обраний комплекс способів обробки, найдоцільніший в умовах конкретної конфігурації деталі, необхідно в таблиці виділити будь-яким зручним способом, що легко сприймається візуально.

2.6.4 Вибір і обґрунтування технологічних баз

Розв'язання деяких технологічних задач може, як правило, досягатися при різних варіантах базування. Найбільш доцільний з цих варіантів базування вибирається на основі аналізу технологічних розмірних ланцюгів (ТРЛ).

Задача визначення технологічних баз відноситься до одної з основних і найскладніших задач розробки технологічних процесів обробки деталей.

Відомо, що кожний виконуваний розмір (параметр точності відносного розташування поверхні) є замикаючим в певному розмірному ланцюгу і

відхилення його дорівнює сумі відхилень розмірів (відносних поворотів), що входять до цього розмірного ланцюга. При виборі баз розглядаються ТРЛ, що містять розміри (відносні повороти), які зв'язують оброблювані поверхні і технологічні бази.

Чим коротшим є ТРЛ, тим менша кількість параметрів (похибок) впливає на точність замикаючої ланки цього ланцюга і тим простіше забезпечити точність замикаючої ланки (менша кількість впливаючих складових ланок). Мінімальна кількість складових ланок ТРЛ забезпечується при дотриманні **принципу суміщення баз** згідно з яким технологічна база повинна співпадати з вимірювальною.

Обґрунтовано вибрати той чи інший варіант базування можна на основі кількісних, а не якісних показників. Тому варіанти базування заготовки аналізують за допомогою ТРЛ, що розкривають зв'язок операцій в утворенні розміру (відносного повороту).

Алгоритм вибору варіанту базування наступний:

- 1) Виявити технологічні задачі, розв'язання яких **залежить від базування**, і **в першу чергу** ті, розв'язання яких залежить від базування заготовки на першій (перших) операції.
- 2) Вибравши для розв'язання одну із задач (за узгодженням з викладачем), знайти те місце в технологічному процесі (ту операцію), де задача остаточно розв'язується (буде остаточно одержано потрібний розмір, відносне розташування, чи інший параметр точності).
- 3) Виконується ескіз деталі для першого варіанта базування в необхідній кількості проєкцій. Оброблювану поверхню позначають на ескізі потовщеною лінією.
- 4) Вказують на ескізі розміри (відносні повороти), які визначають точність розташування оброблюваної поверхні та які необхідно витримати при обробці. Ці розміри (відносні повороти) є замикаючими ланками майбутніх технологічних розмірних ланцюгів.
- 5) Визначають вимірювальні бази за кожною з координат.
- 6) Виконують теоретичну схему для першого з можливих варіантів базування, проставляючи умовні позначення опорних точок на поверхнях деталі, вибраних в якості технологічних баз.
- 7) Якщо технологічна і вимірювальна бази не співпадають, то оброблювану поверхню за допомогою попередньо виявлених розмірних зв'язків з'єднують спочатку з вимірювальною базою,

потім з технологічною базою за кожною з координат, насамкінець технологічна і вимірювальна бази також з'єднуються. (рисунок 2.16).

Розмір (відносний поворот), що з'єднує оброблювану поверхню з вимірювальною базою є замикаючою ланкою ТРЛ. Розмір (відносний поворот), що з'єднує оброблювану поверхню з технологічною базою є ланкою технологічного комплексу, тобто його точність залежить виключно від точності технологічного комплексу на даній операції. Третій розмір (відносний поворот), що зв'язує технологічну і вимірювальну бази формує похибку базування. Його точність забезпечується на попередній стадії обробки (установі або операції).

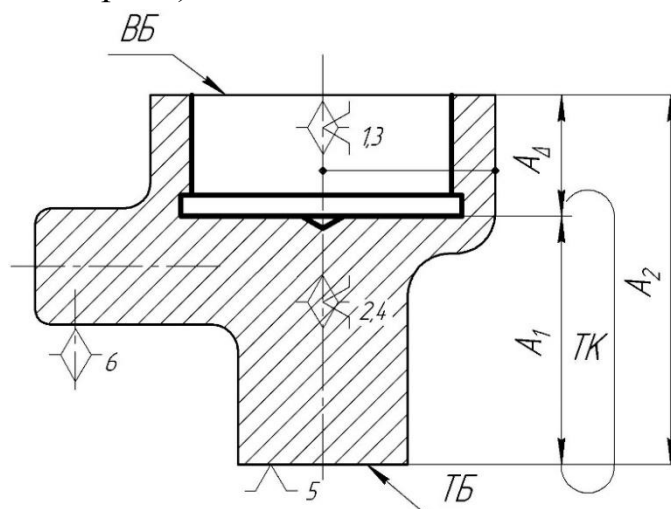


Рисунок 2.16 – До визначення ланок ТРЛ

- 8) Виконують теоретичну схему базування для тієї операції або установка, де формується розмір (відносний поворот), що зв'язує технологічну і вимірювальну бази. Якщо цей розмір не витримується на даній операції (установі) безпосередньо від технологічної бази, то послідовно виконуються цей та попередній пункт 7 до тих пір, поки не буде знайдене місце в технологічному процесі, де невідомий операційний розмір (відносний поворот) одержується як замикаюча ланка розмірного ланцюга технологічного комплексу, або ливарного чи ковальського комплексів одержання вихідної заготовки. Тоді похибку цього розміру можна прийняти рівною похибці способу (рисунок 2.17).

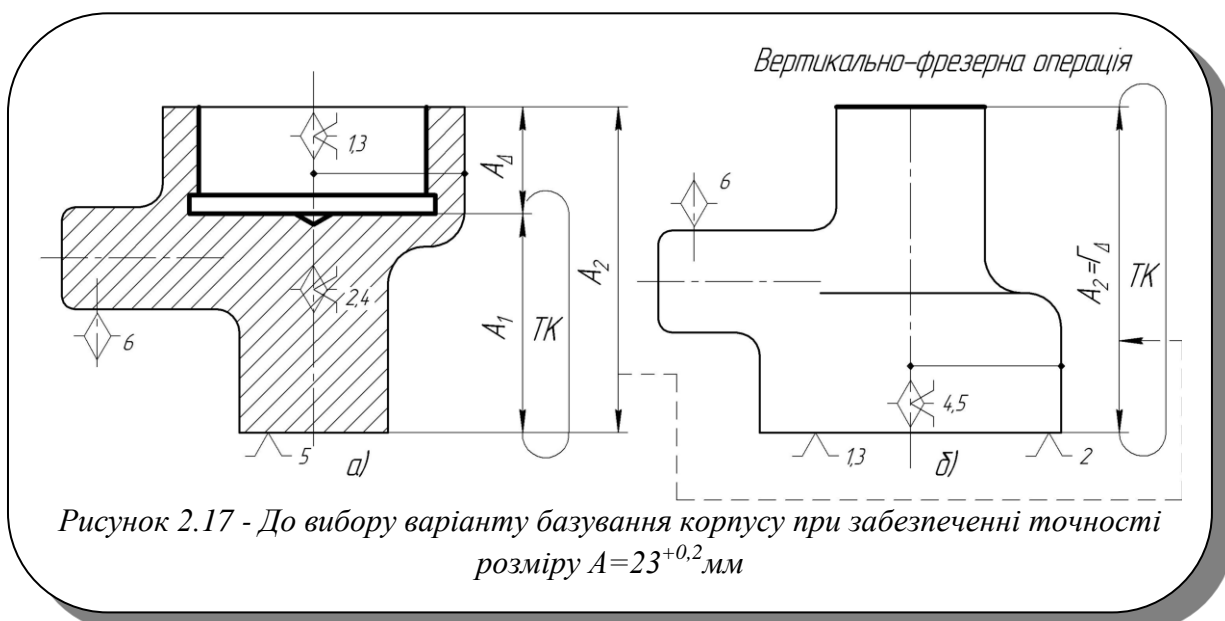


Рисунок 2.14 – Приклад виявлення точності невідомого розміру на попередній операції

- 9) Розраховуючи всі виявлені ТРЛ, визначають кількісне значення похибки розміру (відносного повороту) для першого варіанта базування.
- 10) Аналогічно послідовно виконуючи п.5-9 визначають кількісне значення похибки розміру (відносного повороту) для всіх інших варіантів базування.
- 11) Складають таблицю значень параметрів точності при різних варіантах базування (див. приклад нижче).
- 12) Аналізуючи розраховані похибки параметрів, які відповідають різним схемам базування, вибирають прийнятні варіанти базування.

При аналізі варіантів необхідно враховувати, що варіанта, який дає найкраще розв'язання всіх поставлених задач, не існує. В одному варіанті базування доцільніше вирішуються одні задачі, але менш ефективно інші і навпаки. Тому, варіант вибирають, ідучи на деякий компроміс.

Таблиця 2.1 – Значення параметрів точності при різних варіантах

Параметр точності	Варіант базування	
	1	2
$\beta=0,08\text{мм}/100\text{мм}$	0,08/100	0,112/100
$D=60\pm 0,15\text{мм}$	0,12	0,3
$B=75\pm 0,2\text{мм}$	0,12	1,22

- 13) Вибрати раціональний варіант базування. Критерії вибору:

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

- а) вища точність обробки;
- б) більш рівномірне розподілення припусків між оброблюваними поверхнями;
- в) простіша реалізація теоретичної схеми базування (простіший пристрій).
- г) придатність тієї чи іншої поверхні для використання як бази.

2.6.5 Вибір послідовності обробки поверхонь

З врахуванням вибраних способів та кількості переходів обробки, варіантів базування в цьому пункті необхідно визначити послідовність механічної обробки поверхонь деталі.

Правильний вибір послідовності обробки поверхонь визначається з одного боку розмірними зв'язками поверхонь деталі, а з іншого - економічною точністю окремих способів обробки.

При призначенні послідовності обробки слід керуватися наступним [1]:

1. Порядок обробки необхідно приймати таким, щоб виконувався принцип суміщення баз.

2. В першу чергу слід обробляти поверхні, які будуть служити базами для наступної обробки. Поверхні, які є базами на даній операції, повинні бути оброблені на попередніх операціях.

3. Операції, де є ймовірність браку через дефекти матеріалу або складності механічної обробки, повинні виконуватись на початку процесу, що дозволяє звільнитись від подальшої безцільної обробки явно некондиційних деталей. Так, у першу чергу прагнуть обробити ті з поверхонь, де можуть виявитись пороки литва (раковини, порожнини), щоб марно не витратити працю на обробку інших поверхонь.

4. На початку процесу слід обробляти поверхні, з яких знімається найтовстіший шар металу, оскільки при цьому, по-перше, легше виявити внутрішні дефекти заготовки, а по-друге в найбільшій мірі відбувається перерозподіл внутрішніх напружень заготовки. При цьому вона коробиться інтенсивніше і отже на наступних стадіях обробки стабільніше й легше забезпечується потрібна точність обробки.

5. Слід розділяти чорнову й чистову обробки, що дає можливість підвищити точність обробки і раціональніше використовувати верстати та кваліфікацію виконавців: на чорновій обробці - потужні і менш точні верстати при невисокій кваліфікації працівників, а на чистовій - більш точні

верстати при вищій кваліфікації працівників. Однак при обробці металомістких заготовок, при значних витратах допоміжного часу на встановлення оброблюваної заготовки, коли заготовка важка, громіздка, має достатню жорсткість, а припуски на обробку невеликі - розділяти чорнову і чистову обробки необов'язково.

6. На початку процесу слід виконувати обробку тих поверхонь, при знятті металу з яких найменше зменшується жорсткість заготовки.

Наприклад, при чорновій обробці ступінчастого вала доцільно в першу чергу оброблювати ступені більшого діаметра, канавки оброблювати якомога пізніше і т. ін.

7. Після чорнової обробки послідовність обробки поверхонь встановлюється зворотно ступеню їх точності й шорсткості. Чим точнішою й менш шорсткою повинна бути поверхня, тим пізніше вона обробляється, оскільки зняття кожного шару з поверхні заготовки викликає перерозподіл внутрішніх напружень і деформацію заготовки.

Тому поверхні найбільш точні, з низькою шорсткістю повинні оброблюватись останніми, чим виключається або зменшується можливість зміни розмірів і ушкодження остаточно оброблених поверхонь.

8. Для крупних, важких заготовок послідовність обробки може обумовлюватись забезпеченням можливо меншого числа перевстановлень.

9. Послідовність виконання операцій механічної обробки деталей встановлюється також з урахуванням термічної обробки. Місце термообробки в технологічному процесі залежить від її призначення. Так, старіння для повного або часткового зняття внутрішніх напружень у матеріалі заготовки передбачають перед механічною обробкою або після чорнової обробки.

Загальне загартування деталі супроводжується значними деформаціями, у зв'язку з чим воно передбачається перед кінцевою обробкою (як правило, шліфуванням).

10. Операції допоміжного або другорядного характеру (свердління дрібних отворів, зняття фасок, прорізання канавок, зняття задирок, тощо) звичайно виконують на стадії чистової обробки. Послідовність виконання цих операцій може змінюватись, оскільки вона не впливає на якісні показники й економічність процесу в цілому.

11. Контрольні операції звичайно призначаються після тих етапів обробки, де вірогідна підвищена кількість браку перед складними й відповідальними операціями і після них, перед операціями, які виконуються

в інших цехах, перед термічною обробкою та після неї, а також в кінці обробки.

Таким чином, будь-який процес механічної обробки повинен вкладатись в таку схему послідовності обробки:

1. Обробка поверхонь - баз для наступних операцій.
2. Чорнова й чистова обробка основних поверхонь деталі.
3. Чорнова й чистова обробка другорядних поверхонь.
4. Термічна обробка заготовки, якщо вона передбачена.
6. Виконання другорядних операцій, пов'язаних із термічною обробкою.
7. Виконання оздоблювальних операцій основних поверхонь.

2.6.6 Розробка і обґрунтування маршруту обробки

Намітивши послідовність обробки поверхонь деталі, кількість переходів і способи їх виконання, з намічених переходів компонується структура операцій технологічного процесу обробки.

Розробка маршруту виконується за наступною схемою:

1. Номер, найменування операції.
2. Зміст операції.
3. Операційний ескіз.
4. Вибір обладнання.
5. Вибір верстатного пристрою.
6. Вибір різального та допоміжного інструменту.
7. Вибір вимірювального інструменту, засобів контролю.

Номер, найменування операції. Найменування операцій ТП механічної обробки походить від найменування технологічного обладнання (верстата), на якому виконується дана операція. Наприклад, якщо обробка виконується на вертикально-фрезерному верстаті, то операція називається «вертикально-фрезерна», на горизонтально-фрезерному – «горизонтально-фрезерна». Якщо обробка заготовки здійснюється на верстаті з ЧПК, то така операція, незалежно від типу верстата, називається «програмно-комбінована».

Номер операції необхідно проставляти трьома арабськими цифрами з інтервалом в п'ять одиниць, тобто 005, 010, 015 і т.д.

Зміст операції повинен стисло відображати всі необхідні дії, які виконуються в технологічній послідовності робітником на одному робочому місці та забезпечують отримання потрібної якості деталі.

Наприклад:

*Операція 025 Круглошліфувальна
Шліфувати шийки вала, забезпечуючи точність розмірів $\varnothing 75_{k6}$ мм і $\varnothing 70_{k6}$ мм, співвісність в межах допуску 0,02 мм, шорсткість поверхонь Ra 0,63 мкм.*

Операційний ескіз. Кожна операція механічної обробки повинна супроводжуватись операційним ескізом. Ескіз повинен містити всі розміри, норми точності форми та відносного розташування поверхонь, необхідні для виготовлення та контролю деталі.

Заготовка на операційному ескізі повинна зображуватись в положенні, яке вона займає в процесі обробки на верстаті при погляді з місця робітника (вид прямо, або зверху, чи той і інший). На заготовці потовщеною лінією виділяються поверхні, які оброблюються, вказують розміри, які безпосередньо витримуються при обробці, шорсткість, точність форми та взаємного розташування оброблюваних поверхонь (допуски форми, паралельності, перпендикулярності, співвісності тощо), інші технічні вимоги.

На поверхнях, які є технологічними базами вказують опорні точки умовними знаками, як на теоретичних схемах базування.

Кількість проєкцій повинна бути достатньою для створення чіткого уявлення про базування та закріплення заготовки. Приклад оформлення операційного ескізу наведено на рисунку 2.18.

Ескіз виконується в довільному масштабі, але так, щоб неозброєним оком можна було розгледіти всі конструктивні елементи заготовки і особливо оброблюваних поверхонь.

Вибір обладнання. Вибір моделі верстата перш за все визначається його можливістю забезпечити точність розмірів та форми, а також якість поверхні деталі, що оброблюється. Якщо ці вимоги можна забезпечити обробкою на різних верстатах, то при виборі верстату певної моделі необхідно керуватися:

- типом виробництва;
- відповідністю основних розмірів робочої зони верстата габаритним розмірам заготовки, яка встановлюється за прийнятою схемою обробки;
- можливістю роботи на оптимальних режимах різання;
- потужністю верстата;
- можливістю автоматизації та механізації виконуваної обробки;
- потрібною точністю деталі та точністю, яка забезпечується верстатом (за паспортними даними).

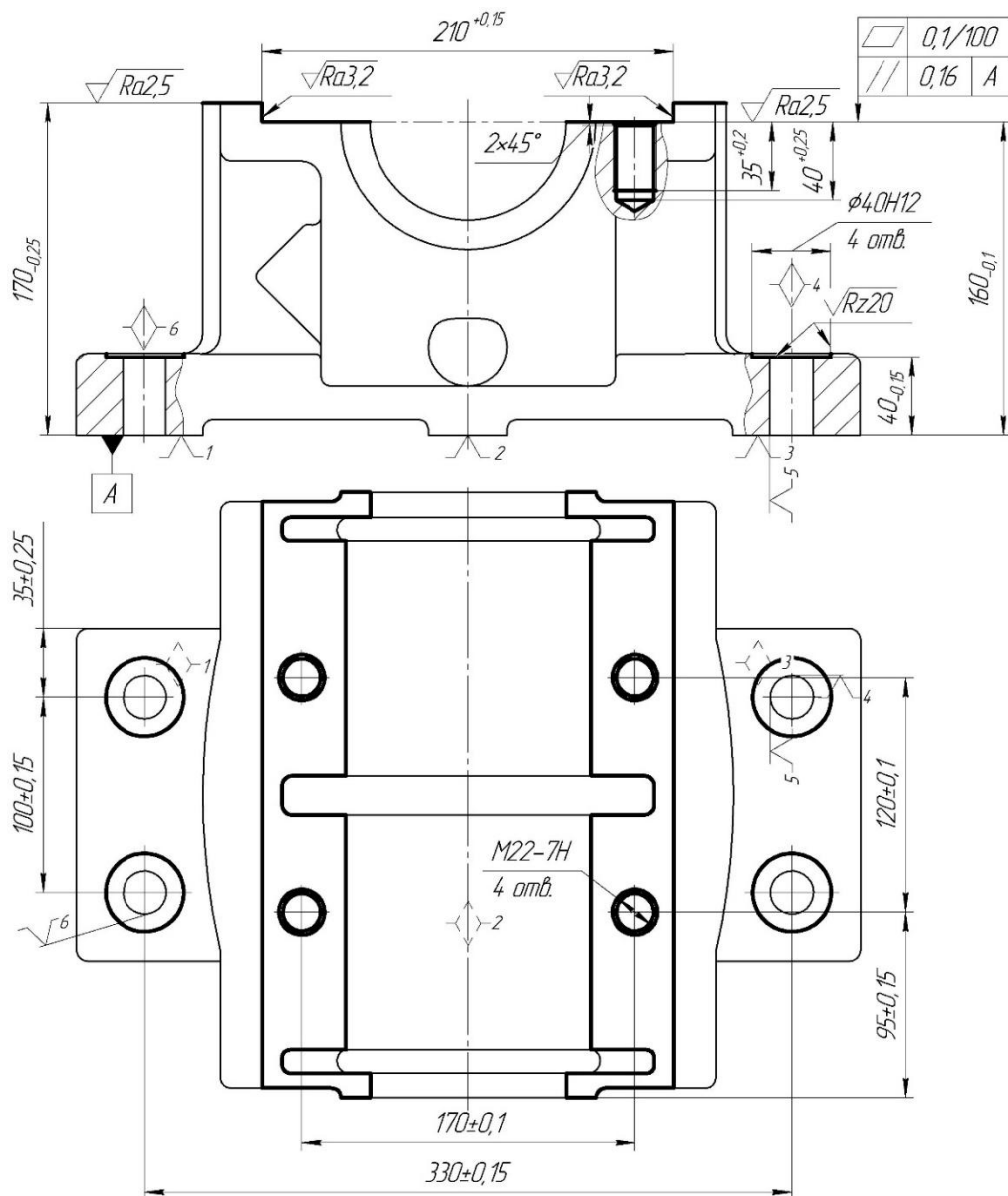


Рисунок 2.18 - Приклад оформлення операційного ескізу в пояснювальній записці

Вибір верстатів здійснюється за довідковою літературою, каталогами та іншими інформаційними ресурсами. При виборі типу верстату необхідно враховувати наведені вище положення та звертати увагу на застосування найбільш прогресивних видів устаткування, зокрема, верстатів з ЧПК.

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) типу оброблюючий центр рекомендовано застосовувати в обґрунтованих випадках, коли на одній операції виконується обробка 4-х та більше поверхонь заготовки з декількох сторін на декількох позиціях 6-ма та більше різальними інструментами.

Вибір верстатного пристрою здійснюється залежно від типу виробництва та способу обробки. Так у великосерійному та масовому

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

виробництві застосовуються головним чином спеціальні нерозбірні пристрої, які скорочують допоміжний час та мають вищу точність. В середньосерійному виробництві застосовують спеціальні нерозбірні, спеціальні збірно-розбірні, універсально-налагоджувальні, спеціалізовані та універсальні пристрої. В одиничному та дрібносерійному виробництві застосовують універсально-збірні, універсальні, пристрої (лещата, ділильні універсальні головки, поворотні столи та інш.), а іноді спеціальні пристрої. Універсальні пристрої вибирають за каталогами, довідниками та іншими інформаційними ресурсами [23-37]. При виборі пристрою вказуються його основні характеристики: пневматичний, гідравлічний, багатомісний, поворотний та т.п.

Вибір різального та допоміжного інструменту. При виборі типу різального інструменту потрібно враховувати спосіб та точність обробки. Матеріал різальної частини інструменту призначається залежно від матеріалу оброблюваної деталі та характеру обробки (чорнова, чистова, тонка, плавна робота, робота з ударом тощо). В залежності від розмірів оброблюваних поверхонь заготовки за каталогами, стандартами та іншими інформаційними ресурсами [7, 38-40] вибирають стандартний інструмент. Необхідність застосування спеціального різального інструмента обов'язково повинна бути обґрунтована.

В пояснювальній записці потрібно вказати основні характеристики та матеріал різальної частини інструменту з обов'язковим посиланням на літературне джерело.

Наприклад:

- для чорнового і чистового розточування - головка розточувальна насадна двоохріцева тип 2009-0002 ГОСТ 23022-78, з кутом в плані $\varphi=45^0$ матеріал різальної частини ВК8 – для чорнового розточування, ВК6 - для чистового, [X с.ХХ];
- для тонкого розточування – головка розточувальна двоохріцева насадна $\varnothing 64Н7мм$, тип 2009-0002 ГОСТ 23022-78, матеріал різальної частини ВК3 [X с.ХХ] і т.д.

При необхідності застосування допоміжного інструменту перевагу слід віддавати стандартним і нормалізованим інструментам.

Вибір засобів контролю. При виборі типу та конструкції вимірювального інструменту та засобів пристрою враховують потрібну

точність вимірів, тип виробництва, розмір і якість поверхневого шару контрольованої поверхні. Вимірювальний інструмент і засоби контролю вибирають за каталогами, стандартами та іншими інформаційними ресурсами.

2.7 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів

Розрахунок припусків на механічну обробку проводиться розрахунково-аналітичним і нормативним (табличним) методами.

2.7.1 Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом

Розрахунково-аналітичним методом припуски і міжопераційні розміри розраховуються на одну поверхню (за вказівкою керівника). Методичні рекомендації та приклад розрахунку припусків розрахунково-аналітичним методом наведено в посібниках [2, 6, 41]. Вихідні дані для розрахунків і самі розрахунки наводяться у пояснювальній записці.

2.7.2 Визначення припусків за нормативами

Призначення припусків табличним (нормативним) методом здійснюється за наступним алгоритмом:

1. Встановлюється способи та кількість переходів обробки поверхонь (див. п.2.6.3).
2. Визначають загальний припуск Z на сторону і розмір вихідної заготовки. (див. п.2.5).
3. Визначають проміжні припуски.

При призначенні проміжних припусків загальний припуск між чорною і чистою обробкою розподіляється таким чином: 60% загального припуску – на чорнову обробку, 40% – на чистову. Якщо чистовій обробці передують попередня, то: 60% – на чорнову обробку, 25% – на попередню, 15% на чистову обробку [2 с.494].

Також при призначенні нормативним методом проміжних припусків на механічну обробку можна використовувати табличні значення наведені в довіднику [42, с. 254-267].

4. Визначають операційні розміри для кожного переходу обробки.

В якості вихідного для розрахунку операційних розмірів приймається максимальний (для валів) чи мінімальний (для отворів) розмір деталі. Цей розмір є операційним розміром кінцевого ступеня обробки.

Для визначення розрахункового розміру на передостанній ступінь обробки до максимального розміру деталі додається (для валів), чи із мінімального розміру віднімається (для отворів) величина розрахункового припуску на останній ступінь обробки. Послідовно визначаються розрахункові розміри для кожного із попередніх переходів аж до одержання розрахункового розміру вихідної заготовки.

Для площин формула для розрахунку операційного розміру:

$$A_i = A_{i-1} + Z_{i-1}, \text{ мм} \quad (2.3)$$

для поверхонь обертання:

$$A_i = A_{i-1} \pm 2Z_{i-1}, \text{ мм} \quad (2.4)$$

5. Визначають допуски операційних розмірів.

Операційним допуском називається різниця між максимальним і допустимим мінімальним розмірами заготовки на даній операції.

Величину операційного допуску приймають відповідно до економічної точності способу обробки, який використовується на даній операції або переході обробки [1, с. 504-510; 6 с.12-26]. Поле допуску на операційний розмір повинне відраховуватись у метал (в тіло). В цьому випадку небезпека виникнення невиправного браку зменшується. Допуск на розмір, координуючий положення осі отвору (від площини або осі іншого отвору), треба проставляти за симетричною двосторонньою схемою (наприклад, $\pm 0,15$ мм).

Для першого технологічного переходу обробки заготовок всіх видів при дотриманні розмірів від чорнової технологічної бази допуск слід розраховувати за формулою:

$$T_1 = \frac{T_{\text{вих.заг}} + \omega_{\text{мет.обр.}}}{2}, \text{ мм} \quad (2.5)$$

де $T_{\text{вих.заг}}$ – допуск на розмір вихідної заготовки, мм;

$\omega_{\text{мет.обр}}$ – економічна точність прийнятого способу обробки [1, с. 504-510; 6 с. 12-26].

Допуски розмірів вихідної заготовки визначають в залежності від виду вихідної заготовки за стандартами [20-22] та проставляють відхилення за симетричною схемою – для виливків і асиметричною двосторонньою – для кованок.

Припуски, технологічні допуски, а також міжопераційні розміри на інші оброблювані поверхні деталі призначають аналогічно наведеному

прикладу розрахунку. Результати розрахунків зводяться у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Припуски та міжопераційні розміри

<i>№ операції</i>	<i>Оброблювана поверхня та переходи обробки</i>	<i>Припуск на сторону, мм</i>	<i>Допуск, мм</i>	<i>Міжопераційний розмір з допуском, мм</i>
005	<i>Вертикально-свердлильна</i>			
	<i>Заготовка</i>	4,0	2,4	$\text{Ø}16 \pm 1,2$
	<i>Чорнове зенкерування</i>	2,4	0,28	$20,8^{+0,28}$
	<i>Нормальне розвертування</i>	1,0	0,14	$\text{Ø}22,8^{+0,14}$
	<i>Тонке розвертування</i>	0,6	0,021	$\text{Ø}24^{+0,021}$

Приклад розрахунку припусків нормативним методом.

Призначимо припуски та допуски з визначенням міжопераційних розмірів на поверхню отвору $\varnothing 24^{+0,052}$ мм. Операція 005 вертикально-свердлильна, заготовка-виливок з чавуну (лиття в піщано-глиняні форми).

1. Методи і кількість переходів обробки:

- зенкерування чорнове;
- розвертування нормальне;
- розвертування тонке.

2. Визначимо загальний припуск Z на сторону і допуск для ливарного отвору заготовки з допуском на лиття за [20]:

$$Z = 4 \text{ мм}, \delta = 2,4 (\pm 1,2) \text{ мм.}$$

3. Визначаємо проміжні припуски:

на чорнове зенкерування: $Z_1 = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ мм}$;

на розвертування нормальне: $Z_2 = 0,25 \cdot 4 = 1,0 \text{ мм}$;

на розвертування тонке: $Z_3 = 0,15 \cdot 4 = 0,6 \text{ мм}$.

4. Визначаємо операційні розміри для кожного переходу обробки.

Діаметр литого отвору:

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{ном}} - 2Z \pm \delta,$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 24 - 2 \cdot 4 \pm 1,2 = \varnothing 16 \pm 1,2 \text{ мм.}$$

Діаметр отвору після чорнового зенкерування визначається за формулою:

$$d_1 = d_{\text{заг}} + 2Z_1 + \delta_1,$$

Допуск на поверхню після чорнового зенкерування $\delta_1 = 0,28 \text{ мм}$ [5, с.506], тоді: $d_1 = \varnothing 16 + 2 \cdot 2,4 = \varnothing 20,8^{+0,28} \text{ мм}$.

Діаметр отвору після нормального розвертування визначається за формулою:

$$d_2 = d_1 + 2Z_2 + \delta_2,$$

Допуск на поверхню після нормального розвертування $\delta_2 = 0,14 \text{ мм}$ [1 с.506], тоді: $d_2 = \varnothing 20,8 + 2 \cdot 1,0 = \varnothing 22,8^{+0,14} \text{ мм}$.

Діаметр отвору після тонкого розвертування визначається за формулою:

$$d_3 = d_2 + 2Z_3 + \delta_3,$$

Допуск на поверхню після тонкого розвертування за якітетом Н7 становить: $\delta_3 = 0,021 \text{ мм}$, тоді: $d_3 = \varnothing 22,8 + 2 \cdot 0,6 = \varnothing 24^{+0,021} \text{ мм}$.

В пояснювальній записці необхідно привести розрахунок припусків для однієї поверхні.

2.8 Визначення режимів різання

В курсовому проєкті режими різання на операції механічної обробки визначаються за нормативами [43-45] або іншими сучасними інформаційними ресурсами [40]. Загальний алгоритм розрахунку режимів різання за нормативами наступний:

1. Визначення глибини різання, t .
2. З врахуванням умов обробки і глибини різання визначається подача S . Отримане значення подачі корегується за паспортом верстату.

3. Визначення швидкості різання за нормативними таблицями.
4. Коригування швидкості різання з врахуванням поправочних коефіцієнтів на умови обробки.
5. Визначення частоти обертів шпинделя верстата. Отримана частота обертання корегується за паспортними даними верстата і вибирається найближче менше значення.
6. Виконання уточненого розрахунку швидкості різання.
7. Визначення хвилинної подачі $S_{хв}$.
8. Визначення основного часу, T_0 .

В довідниках [43-45] наведено приклади розрахунку режимів різання для основних способів обробки.

При визначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розміри різального інструмента, матеріал його різальної частини, матеріал і стан поверхневого шару заготовки, потужність обладнання.

В пояснювальній записці послідовність розрахунку режимів різання наводиться тільки для однієї операції. Для всіх інших операцій розрахунки режимів різання зводяться у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Режими різання по операціях

Операція	Найменування операції, позиції, зміст переходу	Параметри обробки							
		Глибина різання t , мм	Подача S , мм/об(мм/зуб)	Частота обертання n , об/хв	Швидкість різання V , м/хв	Хвилинна подача $S_{хв}$, мм/хв	Розрахункова довжина обробки L , мм	Число робочих ходів, і	Основний час T_0 , хв
005	<i>Вертикально-фрезерна</i>								
	Чорнове фрезерування поверхні А	2,2	0,2	200	62,8	40	73	1	1,82
	Чистове фрезерування поверхні А	0,8	0,1	450	141,5	45	73	1	1,62

2.9 Нормування технологічного процесу

Нормування технологічного процесу виконується згідно структури штучно-калькуляційного часу. Для однієї операції (за вказівкою викладача) необхідно виконати розрахунок норми штучно-калькуляційного часу. Методика розрахунку наведена нижче.

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \text{ хв}, \quad (2.6)$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу, хв.;

$T_{н.з}$ – норма підготовчо-заключного часу, хв.;

n – кількість деталей в операційній партії, шт.

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{відп}, \text{ хв}, \quad (2.7)$$

де $T_{оп}$ – норма оперативного часу, хв.;

$T_{обс}$ – норма часу на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$ – норма часу на відпочинок та перерви, хв., визначається у відсотках від $T_{оп}$.

$$T_{оп} = T_o + T_{доп}, \text{ хв}, \quad (2.8)$$

де T_o – норма основного часу, хв., визначена при розрахунках режимів різання;

$T_{доп}$ – норма допоміжного часу, хв.

$$T_{доп} = (T_{вст} + T_{упр} + T_{контр.вим}) \cdot K, \text{ хв}, \quad (2.9)$$

де $T_{вст}$ - час на встановлення і зняття деталі, хв.;

$T_{упр}$ - час на прийоми управління верстатом, хв.;

$T_{контр.вим}$ - час на контрольні вимірювання, хв.;

K - поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від розміру партії оброблюваних деталей, серійності виробництва.

$$T_{обс} = T_{орг} + T_{тех}, \text{ хв}. \quad (2.10)$$

де $T_{орг}$ - час на організаційне обслуговування робочого місця, хв., визначається у відсотках від $T_{оп}$;

$T_{тех}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв., визначається у відсотках від $T_{оп}$.

$$T_{н.з} = T_1 + T_2 + T_3, \text{ хв}. \quad (2.11)$$

де T_1 - час на організаційну підготовку, хв.;

T_2 - час на налагодження верстату, пристроїв, інструменту, хв.;

T_3 – час на пробну обробку деталі, хв.

Визначення всіх складових норми підготовчо-заключного часу, допоміжного часу та часу на обслуговування робочого місця виконується за нормативами [46, 47].

Розрахунок норм часу на інші операції проводиться аналогічно, результати розрахунків наводяться у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічні норми часу по операціях технологічного процесу

Операція	Назва	Основний час T_o	Допоміжний час	Оперативний час	Час на управління	Час на обслуговування	Час на відпочинок	Час на підготовку	Час на налагодження	Час на пробну обробку
----------	-------	--------------------	----------------	-----------------	-------------------	-----------------------	-------------------	-------------------	---------------------	-----------------------

	операції		$T_{вст, ХВ}$	$T_{уп, ХВ}$	$T_{к.вим, ХВ}$						
005	Вертикально-фрезерна	1,82	0,9	1,5	0,08	4,3	0,17	0,09	4,56	30	5,31

2.10 Конструкторський розділ

2.10.1 Службове призначення пристрою

Службове призначення пристрою – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв'язання якої призначений пристрій.

Розробка службового призначення пристрою ґрунтується на аналізі вихідної інформації про операцію технологічного процесу, для якої проєктується пристрій та умов, в яких експлуатуватиметься пристрій.

Формулювання службового призначення пристрою є дуже відповідальним етапом процесу його проєктування. Помилки, допущені при виявленні та уточненні службового призначення, призводять до створення неякісних пристроїв, зайвих витрат праці при їх виготовленні та експлуатації. Тому розробці службового призначення пристрою повинні передувати глибоке вивчення задач, для розв'язання яких призначений пристрій і точне формулювання його функцій.

При формулюванні службового призначення пристрою, не можна обмежуватись загальними фразами. Необхідно якомога глибше уточнити призначення пристрою і виразити ці уточнення кількісно. Глибина формулювання службового призначення міститься саме в уточненнях.

Формулювання службового призначення пристрою повинне містити приблизно наступний зміст:

- найменування пристрою та його загальне призначення;
- основні і допоміжні функції пристрою;
- перелік умов, в яких пристрій має працювати (режим роботи і стан навколишнього середовища).

Найменування пристрою та його загальне призначення повинні містити конкретну інформацію про галузь застосування пристрою.

Основна функція (ОФ) пристрою – ознака, яка визначає його сутність, призначення, для реалізації якої створюється пристрій і без якої він, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Зазвичай основними функціями верстатного пристрою є:

- забезпечити необхідну точність розташування заготовки відносно різального інструменту в процесі обробки на верстаті;
- забезпечити надійне затискання заготовки.

Допоміжна функція (ДФ) пристрою – ознака (ознаки) яка доповнює, розвиває і уточнює основну функцію. ДФ може принципово не впливати на його ОФ, але забезпечує певні умови функціонування.

Допоміжними функціями верстатного пристрою, наприклад, можуть бути:

- забезпечити необхідну швидкість встановлення і зняття обробленої заготовки (продуктивність обробки);
- забезпечити заданий рівень стандартизації та уніфікації конструкції пристрою;
- забезпечити необхідні і достатні показники надійності;
- безпечність експлуатації та обслуговування пристрою;
- забезпечити вимоги ергономічності;
- забезпечити задану обмежену величину витрат на проєктування, виготовлення та експлуатацію пристрою.

Формулювання основних і допоміжних функцій верстатного пристрою є дуже важливим моментом в його проєктуванні. Знання основних і допоміжних функцій пристрою в подальшому, в технічному завданні на проєктування, допомагає сформулювати задачі, які необхідно конструктору вирішити при проєктуванні пристрою. В матеріалах, які подаються за підсумками виконання проєкту повинно обов'язково відображатись яким чином конструктивно чи іншими способами забезпечено виконання верстатним пристроєм своїх основних та допоміжних функцій.

Основні і допоміжні функції в подальшому доповнюються уточненнями, які відображаються в технічному завданні на проєктування.

Перелік умов, в яких пристрій має працювати повинен відображати режим роботи пристрою і стан навколишнього середовища, в якому експлуатуватиметься пристрій. Це дуже важлива інформація при виборі конструкційних матеріалів для виготовлення деталей пристрою.

Правильно і чітко сформульоване функціональне призначення пристрою є запорукою виконання ним всіх покладених на нього функцій з необхідними показниками якості.

Приклад формулювання функціонального призначення пристрою:

Пристрій призначений для базування та закріплення попередньо обробленої заготовки при обробці торця на вертикально-фрезерувальному верстаті моделі 6P12.

Основні функції (ОФ):

ОФ₁ – забезпечити точність базування заготовки відносно різального інструменту в процесі обробки на верстаті.

ОФ₂ – забезпечити надійне затискання заготовки.

Допоміжні функції (ДФ):

ДФ₁ – забезпечення норми часу на встановлення і зняття обробленої заготовки $t_{\text{вст}}=0,3\text{хв}$;

ДФ₂ – забезпечити задані показники надійності для обробки 3000 заготовок протягом 60 місяців (5 років);

ДФ₃ – забезпечити 100% стандартизацію конструкції пристрою;

ДФ₄ – забезпечити величину витрат на проектування та виготовлення пристрою в межах 1000 грн.

ДФ₅ – забезпечити вимоги ергономічності та безпеки експлуатації.

Пристрій призначений для експлуатації в механо-складальному цеху. Кліматичне виконання і категорія розміщення пристрою УХЛ 4.2 за ГОСТ 15150-69, для районів з помірним і холодним кліматом. Умови експлуатації: температура

2.10.2 Технічне завдання на проектування пристрою

Технічне завдання (ТЗ) є основним вихідним документом для розробки будь-якого виду продукції та технічної документації на неї.

При розробці технічного завдання на проектування пристрою необхідно: узагальнити всі необхідні відомості про оброблювану заготовку та розробити тактико-технічні та техніко-організаційні вимоги до пристрою.

Технічне завдання на проектування в загальному випадку доцільно сформулювати з наступних пунктів:

- 1) Мета проектування
- 2) Вихідні дані для проектування
- 3) Очікувані кінцеві результати реалізації проекту
- 4) Етапи проектування і терміни їх виконання
- 5) Вимоги до матеріалів, які подають під час закінчення проекту та його окремих етапів.

У розділі «**Мета проєктування**» наводять коротку характеристику та оцінку стану проблеми, що її вирішують. Визначають мету проєкту, його актуальність та обґрунтування необхідності виконання.

У розділі «**Вихідні дані для проєктування**» зазначають, що проєкт виконується вперше або є продовженням попередніх робіт та наводять перелік документів, які необхідно або рекомендовано використовувати під час проєктування. Перелік може містити стандарти та нормативні документи України, національні стандарти інших країн, міжнародні стандарти, нормативну і технічну документацію, науково-технічну літературу, довідники, каталоги тощо.

Також в цьому розділі наводяться наступні вихідні дані:

- відомості про заготовку або стан виробу, в якому він надходить на операцію, для якої проєктується пристрій (матеріал, складові виробу, стан технологічних баз. Бажано цю інформацію відобразити у вигляді ескіза заготовки (виробу) в тому стані, в якому він потрапляє на дану операцію (рисунок 2.19);

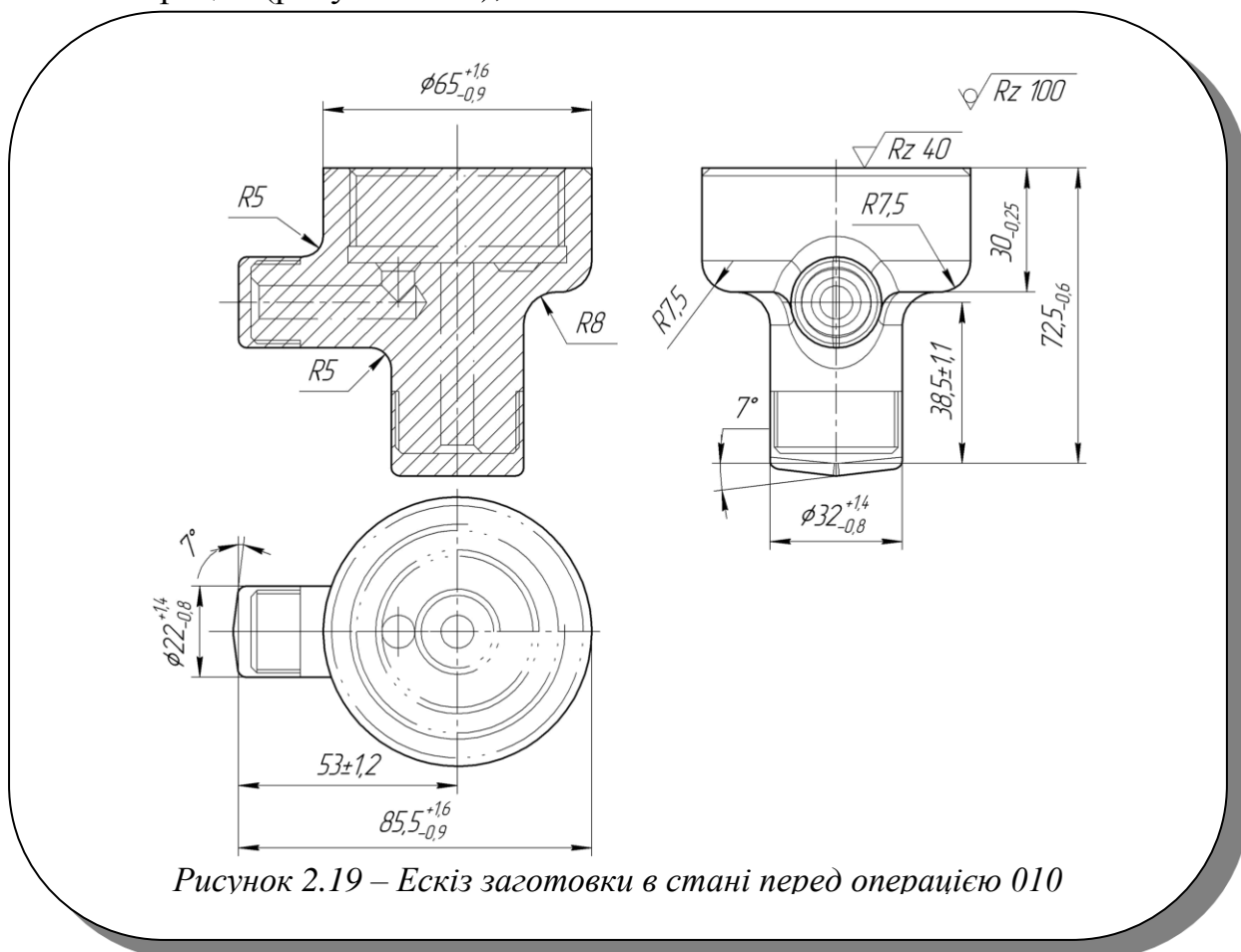


Рисунок 2.19 – Ескіз заготовки в стані перед операцією 010

- інформацію про схему базування заготовки, відомості про поверхні, які повинні бути оброблені та усі параметри, витримувані при

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

обробці, містить операційний ескіз (рисунок 2.20). Оброблювані поверхні на операційному ескізі позначаються потовщеною лінією). За необхідністю рисунок, на якому наведений операційний ескіз, може бути доповнений поясненнями, керівними матеріалами щодо особливостей здійснення обробки даної заготовки та рекомендаціями щодо типу пристрою;

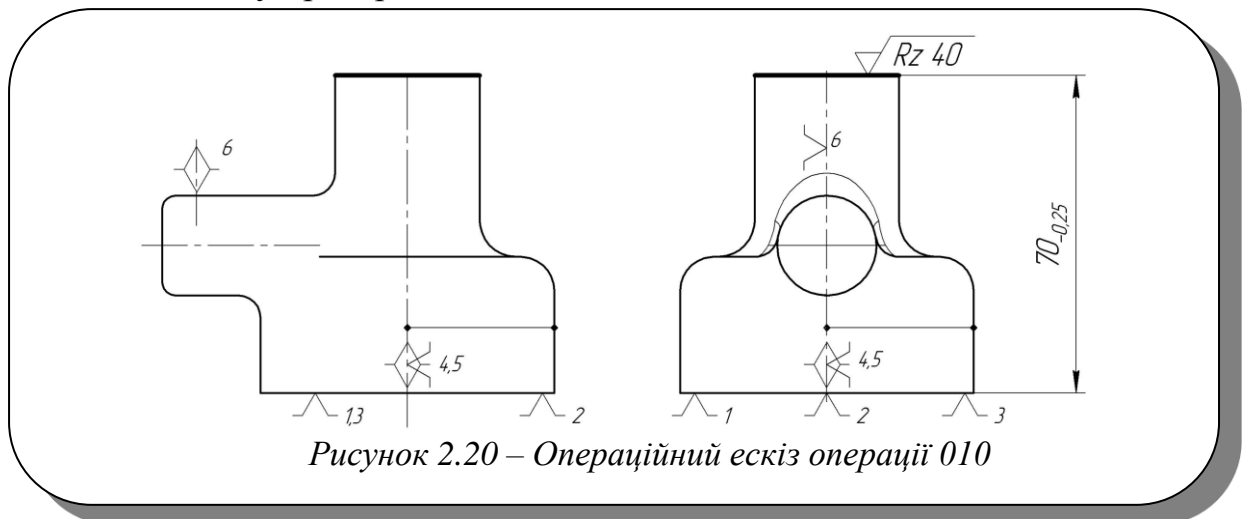


Рисунок 2.20 – Операційний ескіз операції 010

- тип виробництва, величина партії деталей та періодичність їх виготовлення. Ця інформація важлива з огляду вибору типу пристрою за ступенем спеціалізації (універсальний, спеціалізований або спеціальний).
- верстат, на якому виконується операція (назва, модель);
- передбачаємий спосіб або варіанти встановлення пристрою або установчо-затискних засобів технологічного оснащення на верстаті;
- різальний інструмент, який використовується для обробки на технологічних переходах з потенційно найбільшими зусиллями різання (тип, ГОСТ, основні розмірні параметри);
- режими та зусилля різання, які виникають (V , S , t , P_z , P_x , P_y);
- умови експлуатації пристрою та орієнтовний строк експлуатації.

Окремі вимоги (величини), які не можуть бути визначені під час розробки ТЗ, записують в такій редакції: «Остаточні вимоги (величини) ... уточнюють у процесі виконання проєкту і узгоджують із ... на етапі ... ».

У розділі **«Очікувані кінцеві результати реалізації проєкту»** конкретно з використанням вимірюваних показників та критеріїв описуються результати, які очікують від проєктування оснащення. Кінцеві результати повинні корелюватися з основними та допоміжними функціями

пристрою. Рекомендований перелік показників та критеріїв, які потрібно забезпечити, як кінцевий результат проєктування наступні:

- вимоги до показників точності, які потрібно забезпечити із застосуванням пристрою що проєктується (удосконалюється);
- приблизна норма часу на встановлення і зняття заготовки (пристрою), яка визначає необхідну продуктивність операції. Від цієї норми часу залежить вибір затискних та інших елементів пристрою.
- передбачаємий тип затискного механізму (при наявності);
- рівень уніфікації та стандартизації деталей пристрою;
- показники надійності і довговічності пристрою;
- кількість одночасно встановлюваних і закріплюваних в пристрої заготовок;
- основні технічні вимоги до пристрою:
 - а) вимоги безпечності роботи, зручності і простоти обслуговування пристрою;
 - б) вимоги до зовнішнього виду, естетичні вимоги (при необхідності);
 - в) вимоги до рівня шуму;
 - г) коефіцієнт корисної дії (при необхідності).
- інші якісні і кількісні показники, які мають бути досягнуті у процесі виконання проєкту.

У розділі «*Етапи проєктування і терміни їх виконання*» на основі інформації попередніх пунктів ТЗ формулюється перелік завдань, які необхідно вирішити в проєкті для досягнення поставленої мети та конкретних кінцевих результатів. На основі сформульованих завдань визначають необхідні етапи виконання проєкту, склад робіт за кожним етапом, терміни їх виконання і виконавців.

У розділі «*Вимоги до матеріалів, які подають під час закінчення проєкту та його окремих етапів*» наводять конкретний перелік звітної документації та інших технічних і організаційно-методичних документів, які повинні бути розроблені за підсумками закінченого проєкту та його окремих етапів. Крім того, визначають спосіб виконання, форму представлення та кількість комплектів документації.

ТЗ підписується виконавцем та затверджується на кафедрі керівником проєкту.

Приклад оформлення технічного завдання на проєктування засобів технологічного оснащення наведено у додатку Д.

2.10.3 Розробка принципової схеми пристрою

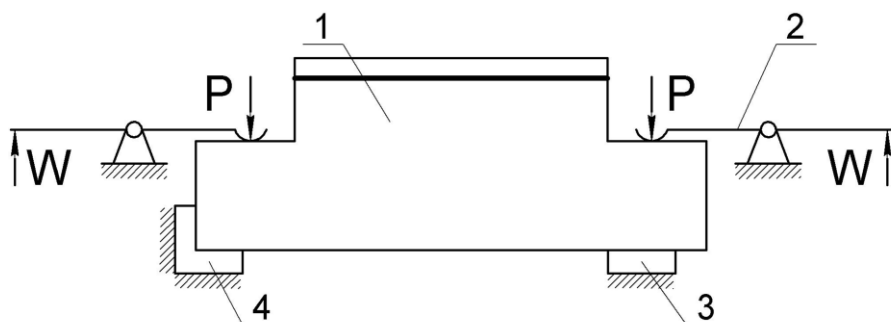
Принципова схема пристрою відображається за допомогою умовних позначень та повинна містити:

- схему розташування установчих елементів,
- схему прикладання сил затиску заготовки,
- кінематику передачі зусилля від привода до затискних елементів.

Тип, розміри, кількість та взаємне розташування установочних елементів пристрою визначають зі схеми базування заготовки та інформації про стан та форму її технологічних баз. При розробці принципової схеми вибирають найбільш раціональне розташування установчих елементів у кожній координатній площині. Наприклад, для базування заготовки на установчу базу остання повинна мати три установчих елементи. Розташувати їх на заданій площині можна по різному. Добирають таку схему розташування елементів, при якій були б забезпечені найвища точність встановлення та найбільша стійкість заготовки, що базується.

При виборі схеми прикладання сил затиску заготовки оцінюють схему сил і моментів, що діють на заготовку під час обробки, та згідно з обраною схемою розташування установчих елементів вирішують, на які поверхні з комплекту баз спрямувати силове замикання і скільки сил діятиме на базу - одна чи кілька. Наприклад, на установчу базу може бути спрямована одна сила або три сили, тобто на кожний установчий елемент. Коли прикладається одна сила, точка її прикладання має бути рівновіддаленою від кожного з установчих елементів. На цьому ж етапі визначають потребу в додаткових опорах.

Після розробки схем розташування установчих елементів та сил затиску визначають кінематичну схему механізму передачі зусилля від силового привода до затискних елементів. У результаті отримують принципову схему пристрою (рисунок 2.21).



1- оброблювана заготовка, 2 - затискач, 3,4 - установчі елементи (опори)

Рисунок 2.21 – Принципова схема пристрою

Принципову схему пристрою дозволяється відобразити в одній проекції, але обов'язково повинні бути показані лініями-виносками: оброблювана заготовка, установчі елементи, елементи затискного механізму. Обов'язково потрібно відобразити напрям дії сил затиску заготовки. Після відображення в пояснювальній записці КП принципової схеми пристрою, необхідно навести короткий опис принципу роботи пристрою, в якому необхідно відобразити таку інформацію:

- як пристрій встановлюється на верстаті (на заготовці чи виробі);
- як здійснити базування заготовки (виробу) в пристрої;
- які типи затискного механізму та силового приводу використовуються для закріплення заготовки в пристрої;
- як працює затискний механізм та силовий привод пристрою;
- як зняти заготовку (пристрій) після обробки.

2.10.4 Розрахунок зусилля затиску заготовки

Визначають систему сил, що діють на заготовку (по визначеним при розрахунку режимів різання силам різання), вибирають місця прикладання і напрям дії затискного зусилля, розраховують його величину.

Для розрахунку затискної сили, що потрібна для надійного затиску заготовки при обробці будують розрахункову схему. Розрахункова схема будується на основі розробленої принципової схеми (ескізного компонування пристрою), на якій позначаються всі діючі на заготовку сили й моменти, точки їх прикладання та відстані між ними. Як правило, на розрахунковій схемі відображаються сили і моменти різання, затискні зусилля, реакції опор і сили тертя (рисунок 2.22).

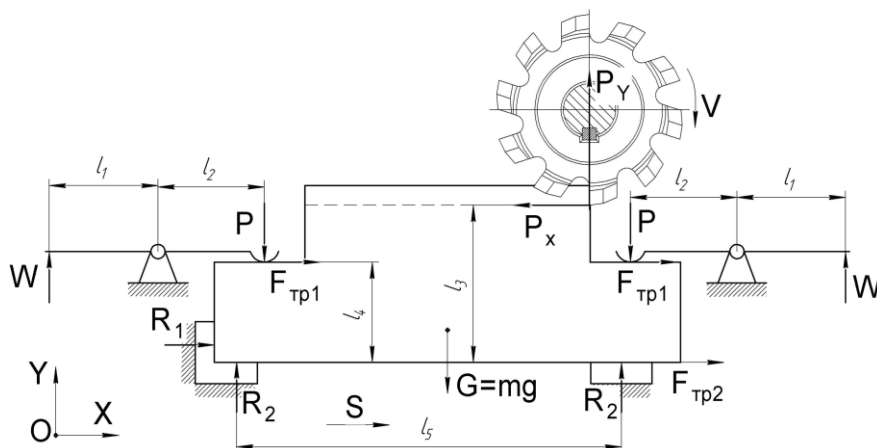


Рисунок 2.22 – Розрахункова схема пристрою

Багато на розрахунковій схемі спрощено позначити установчі і притискні елементи з вказанням їх основних розмірів та відстаней між ними.

Оскільки зусилля і моменти різання не залишаються постійними при обробці заготовки ні за величиною, ні за точкою прикладання, то при побудові розрахункової схеми необхідно розглядати найбільш несприятливий випадок, коли їх значення будуть найбільшими, що відповідно призводить до необхідності прикладання найбільших зусиль закріплення.

Потрібні затискні зусилля визначаються з умов рівноваги діючих на заготовку сил і моментів, тобто сили і моменти різання, що виникають при обробці заготовки (виробу) мають врівноважуватись силами і моментами, що створюються затискними елементами пристрою. Величина зусилля затиску визначається шляхом розв'язання системи рівнянь рівноваги заготовки, одержаних на основі розрахункової схеми. В загальному випадку таких рівнянь шість:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum F_z = 0 \\ \sum M_x = 0 \\ \sum M_y = 0 \\ \sum M_z = 0 \end{array} \right.$$

З шести можливих рівнянь статки вибираються ті, що можуть бути застосовані для конкретного випадку. Рівняння рівноваги записуються в

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

загальному вигляді з використанням умовних позначень сил, моментів і відстаней, вказаних на розрахунковій схемі.

2.10.5 Проєктування затискного механізму пристрою

За величиною зусилля затиску та кількістю місць його прикладання вибирають тип затискного механізму, розраховують його параметри та величину необхідного зусилля, розвиваємого силовим приводом.

Виходячи з необхідної величини зусилля силового приводу та регламентованого часу на затискання і звільнення обробленої заготовки вибирають тип силового приводу та при необхідності розраховують його розміри. За стандартами, довідниками, каталогами вибирають конструкцію силового приводу.

Особливості вибору типу затискного механізму та його силового приводу розглянуті в літературних джерелах [26 – 28, 34, 48,49].

Розрахунок силового приводу, як правило, зводиться до визначення сили, яку необхідно прикласти до рукоятки (або ключа), щоб затиснути заготовку. Максимально допустима сила, яку необхідно прикласти до рукоятки, не повинна бути більшою 150 Н. При розрахунках сили, яку необхідно прикласти до рукоятки, необхідно враховувати, що між рукояткою, до якої прикладає зусилля робітник і точкою прикладання затискної сили до заготовки можуть бути декілька механізмів (гвинтових, клинових, важільних і т. ін.)

2.10.6 САЕ-аналіз елементів пристрою

За методиками і формулами, що вивчалися в попередніх дисциплінах конструкторської підготовки, з використанням сучасних САЕ – систем інженерного аналізу розраховуються на міцність та зносостійкість найбільш навантажені елементи пристрою. Розрахунки на міцність (зносостійкість) дозволяють оцінити здатність пристосування і його деталей витримувати прикладені до них зовнішні навантаження та сили тертя.

Перевірка виконується на найбільш небезпечних перерізах і найнавантаженіших елементах. За допомогою розрахунків на міцність можна визначити раціональні розміри різних деталей пристроїв, передавальних сил або крутних моментів.

Найбільш слабкими місцями пристроїв на базі деталей та складальних одиниць універсально-складуваної переналагоджуваної оснастки з

кутовими пазами УСП-К2 є шпильки та гайки. В інструкції по експлуатації УСП-К2 сказано, що сили, які сприймаються гайками та шпильками не повинні бути більшими відповідно 46000 Н і 34000 Н. В зв'язку з цим розрахунок елементів пристрою на міцність зводиться до визначення сил, які сприймають гайки та шпильки. Якщо ці сили не більші допустимих, то міцність пристрою буде задовільною.

2.10.7 Розрахунок параметрів точності пристрою

Розрахунок точнісних параметрів розпочинається з виявлення параметрів пристрою, які впливають на точність розмірів або розташування поверхонь деталі, які будуть оброблені на операції, для якої призначений пристрій.

Метою розрахунку пристрою на точність є визначення необхідної точності виготовлення пристрою по вибраному параметру і встановлення допусків розмірів деталей і елементів пристрою. Розрахунок, як правило, повинен складатися з наступних етапів:

- 1) виявлення всіх параметрів точності деталі, які мають бути забезпечені при обробці на даній операції та залежать від пристрою;
- 2) вибір одного або декількох найбільш важливих параметрів точності деталі, виходячи з яких буде розраховуватись точність пристрою;
- 3) встановлення одного або декількох параметрів точності пристрою, які впливають на точність положення заготовки
- 4) ухвалення порядку розрахунку і вибір розрахункових параметрів;
- 5) визначення необхідної точності виготовлення пристрою за вибраними параметрами шляхом розрахунку допустимої похибки пристрою;
- 6) розподілення допуску на виготовлення пристрою на допуски розмірів або відносного розташування поверхонь деталей пристрою, які безпосередньо впливають на точність пристрою за певним параметром та відповідно є ланками розмірного ланцюга, які формують цей параметр точності пристрою;
- 7) відображення на складальному кресленнику пристрою інформації про параметри точності пристрою, які необхідно витримати, та конкретної настанови щодо забезпечення точності пристрою. Наприклад, обробкою в зборі при неможливості або економічній недоцільності забезпечення отриманого розрахунком допуску розміру пристрою шляхом виготовлення з відповідною точністю деталей пристрою та їх складання.

Пристрій розраховується на точність по одному параметру у випадку, якщо при обробці заготовки розміри витримуються в одному напрямі, і по декількох параметрах, якщо на заготовці витримуються розміри в декількох напрямках. **Напрямок розрахункового параметра пристрою повинен співпадати з напрямом витримуваного розміру або норми точності відносного розташування поверхонь деталі.** При отриманні на оброблюваній заготовці розмірів в декількох напрямках пристрій доцільно розраховувати тільки по одному параметру в напрямку найточнішого по допуску і найвідповідальнішого по кресленню деталі розміру (норми точності відносного розташування поверхонь).

Найчастіше розрахунковий параметр визначає точність положення робочих поверхонь установчих елементів (їх робочих поверхонь) пристрою відносно основних баз корпусу, за допомогою яких пристрій з'єднується із столом або шпинделем верстата. Іншими словами, **розрахунковий параметр повинен зв'язувати по точності відносного розташування поверхні пристрою, що контактують із заготовкою і з верстатом.**

При виявленні точнісних параметрів пристрою певну допомогу можуть надати типові технічні вимоги до пристроїв [50]. Для цього необхідно знайти в типових технічних вимогах схему пристрою, аналогічну розроблюваному пристрою і, орієнтуючись на типові технічні вимоги, сформулювати за аналогією точнісні технічні вимоги до розроблюваного пристрою.

Допустима похибка пристрою визначає частку пристрою в балансі точності обробки. Допустима похибка пристрою характеризує точність розташування заготовки в пристрої та залежить від низки факторів, які проявляються виходячи зі схеми пристрою і його похибок, схем базування і закріплення заготовки тощо. Враховуючи випадковий характер складових похибки пристрою, в загальному випадку вона визначається за формулою:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - k \cdot \sqrt{(\kappa_1 \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{зміц}^2 + \varepsilon_{уст.}^2 + \varepsilon_{спрац.}^2 + \varepsilon_n^2 + (\kappa_2 \cdot \omega)^2}$$

де δ – допуск відповідного (найбільш точного) розміру або параметру точності розташування поверхонь деталі, який забезпечується при обробці в пристрої;

k – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від закону нормального розподілу окремих складових, $k = 1 \dots 1,2$ (залежно від кількості значущих доданків формули, чим їх більше, тим ближче до одиниці слід вибирати значення коефіцієнта);

k_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах, $k_1 = 0,8-0,85$ - в умовах серійного виробництва;

ε_b – похибка базування заготовки в пристрої;

ε_3 – похибка, що виникає в результаті деформації заготовки при її закріпленні в пристрої; $\varepsilon_3 = 0$, коли сили, які виникають при закріпленні заготовки не впливають на точність розмірів, витримуваних при обробці, в інших випадках приблизне значення ε_3 вибирають за таблицями, наведеними в [1, 48].

$\varepsilon_{зміщ}$ – похибка зміщення заготовки при її встановленні, що виникає внаслідок наявності зазорів в рухомих з'єднаннях пристрою (враховується вибірково, якщо при обробці заготовка переміщується за рахунок рухомих елементів пристрою і це впливає на точність витримуваних при обробці параметрів);

$\varepsilon_{уст}$ – похибка установки пристрою на верстаті (враховується вибірково, якщо розташування пристрою на верстаті впливає на точність витримуваних при обробці параметрів)

ε_n – похибка виготовлення пристрою по параметру, що визначає положення установочних або напрямних елементів пристрою, зокрема:

- похибка установки і зміщення різального інструменту на верстаті, яка виникає внаслідок неточності виготовлення елементів пристрою, направляючих різальний та допоміжний інструменти;
- похибка пристрою, що визначається величиною найбільшого допустимого биття установочної поверхні оправки відносно її основної бази.

k_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в сумарній похибці, що викликана факторами, які не залежать від пристрою, $k_2 = 0,6...0,8$ (більшого значення коефіцієнт набуває при меншій кількості значущих величин, залежних від пристосування);

ω – значення похибки обробки, виходячи з економічної точності даного методу.

$\varepsilon_{спрац}$ – похибка, що виникає в результаті спрацювання деталей пристрою (зазвичай установчих або напрямних елементів пристрою);

Величину похибки спрацювання $\varepsilon_{спрац}$ установочних елементів пристрою рекомендується розраховувати за формулою:

$$\varepsilon_{спрац.} = \frac{\beta \cdot N \cdot n}{1000}$$

де β – коефіцієнт, який залежить від виду установочного елемента і умов контакту заготовки з установочними елементами;

N – кількість контактів заготовки з установочними елементами за рік,

n – строк служби пристрою в роках.

Готові чисельні значення похибки спрацювання установочних елементів можна знайти в [50].

2.10.8 Рекомендації щодо формулювання описання конструкції та принципу роботи пристрою

При формулюванні описання конструкції та принципу роботи спроектованого пристрою необхідно відобразити наступну інформацію:

- класифікація пристрою (універсальний спеціальний, тощо);
- для закріплення яких заготовок та на яких технологічних операціях використовується пристрій;
- перелік основних вузлів, з яких складається пристрій;
- як здійснити транспортування пристрою та його встановлення на верстаті (на заготовці чи виробі);
- як здійснити базування заготовки в пристрої;
- як закріпити заготовку в пристрої;
- як працює затискний механізм пристрою, його конструкція і дія на заготовку;
- як працює силовий привод пристрою (для гідравлічного і пневматичного приводу навести опис механізму подачі робочої рідини або повітря);
- як видалити заготовку з пристрою після обробки;
- як працюють допоміжні елементи конструкції пристрою, при їх наявності;
- як здійснити налагодження, регулювання і ремонт пристрою з метою заміни зношених деталей.

Також в описі необхідно відобразити інші особливості конструкції пристрою, особливі деталі і вузли, реалізовані технічні рішення тощо.

Текст описання конструкції і принципу роботи пристрою слід формулювати таким чином, що б в ньому було посилання на конкретні деталі і вузли пристрою у вигляді посилань на відповідні позиції складального кресленника і специфікації на пристрій. Якщо в пояснювальній записці є рисунок, що ілюструє конструкцію пристрою, то допустимо

посилатися на позиції, вказані на цьому рисунку з відповідним посиланням на сам рисунок.

Текст описання рекомендується розбивати на абзаци. В кожному з абзацив має відображатись інформація про конструкцію пристрою, яка описується відповідно до вищенаведених пунктів.

2.10.9 Вимоги до техніки безпеки при експлуатації пристрою

При механічній обробці матеріалів мають місце шкідливі та небезпечні фактори впливу на здоров'я людини. Серед таких факторів є, наприклад:

- різальні кромки інструменту;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- непередбачені переміщення або обертання виконавчих органів верстатів, технологічного оснащення при наладці, регулюванні або ремонті;
- небезпека ураження електричним струмом внаслідок дотику до струмопровідних не струмоведучих елементів обладнання, які опинились під напругою внаслідок пошкодження ізоляції;
- запиленість повітря робочої зони;
- високий рівень шуму і вібрації;
- недостатнє освітлення робочої зони і підвищена пульсація світлового потоку.

Всі названі фактори, а також інші призводять до травмування та виникнення професійних захворювань.

В даному розділі необхідно навести інженерні рішення та рекомендації щодо безпечної експлуатації та обслуговування засобу технологічного оснащення, який проектується.

Інженерні рішення з безпечної експлуатації повинні містити конкретні конструкторські та експлуатаційні рішення або рекомендації зі зниження або повного усунення впливу вище наведених (та інших) факторів на здоров'я робітника, який експлуатуватиме технологічне оснащення.

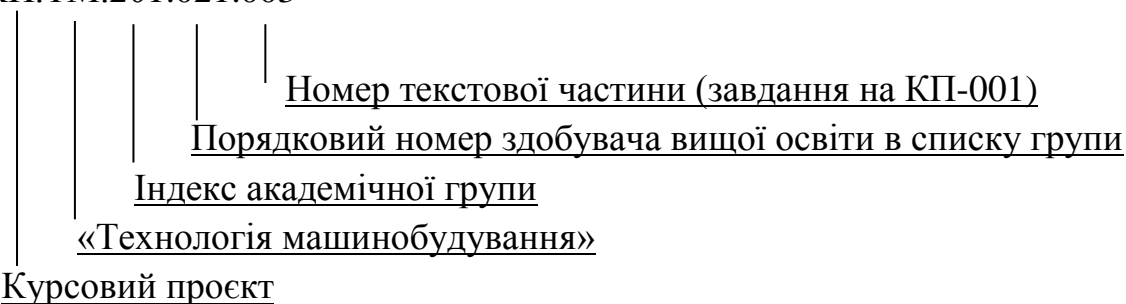
3 Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту

3.1 Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проєкту

Викладання матеріалу в пояснювальній записці (ПЗ) повинно відповідати вимогам ДСТУ 3008-2015.

Текст ПЗ друкують на принтері шрифтом 14 пт через 1,5 міжрядкові інтервали з одного боку аркушу формату А4 з обмежувальними рамками і основними надписами за формою 2 (ГОСТ 2.105-95). В штампі обмежувальної рамки всіх аркушів КП вказується її шифр:

КП.ТМ.201.021.003



Зміст розташовують безпосередньо після індивідуального завдання до КП, починаючи з нової сторінки. До змісту вносять: послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) роботи; перелік посилань; назви додатків і номери сторінок. Зміст за нумерацією ПЗ є другою сторінкою. Назви заголовків змісту повинні однозначно відповідати назвам заголовків ПЗ за текстом.

Заголовки розділів потрібно розміщувати симетрично тексту. Заголовки підрозділів пишуть з абзацу. Переносити слова в заголовках не допускається, крапку в кінці заголовка не ставлять. Кожний розділ потрібно розпочинати з нової сторінки.

При виконанні КП обсяг пояснювальної записки визначається без врахування обсягу додатків. Сторінки нумерують арабськими цифрами у відповідній графі обмежувальної рамки.

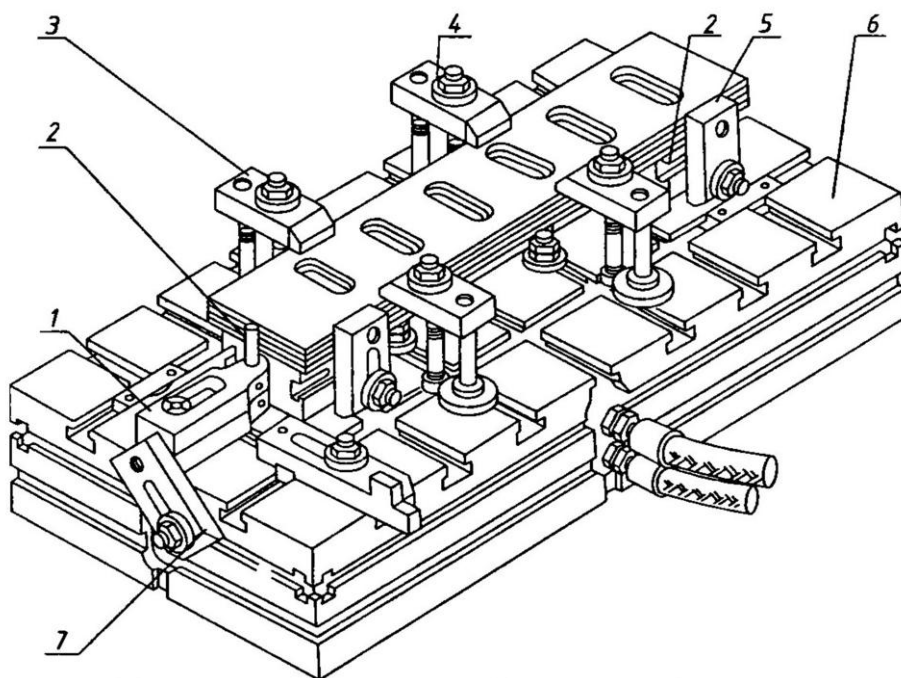
Матеріал ПЗ потрібно викладати коротко в логічній послідовності. В тексті повинні бути пояснення, розрахунки, ескізи, рисунки. **Не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних дужках. Наприклад:

В основу методу покладено створення пошукового поля можливих варіантів конструкції у вигляді морфологічної таблиці, яка вміщує можливі варіанти комбінацій конструктивних ознак. Методика виконання морфологічного аналізу детально висвітлена в численних наукових та навчальних виданнях [1, 3, 4, 6]

Розділи, підрозділи та пункти нумеруються арабськими цифрами, розділяються крапкою. Наприклад: “1.4” (четвертий підрозділ першого розділу), “1.2.3” (третій пункт другого підрозділу першого розділу). Підрозділи і пункти нумеруються в межах розділу.

Номер ілюстрації складається із номеру розділу і порядкового номеру ілюстрації в розділі, розділених крапкою. Наприклад: Рисунок 1.3 (третій рисунок першого розділу).

Номер рисунка розміщують під зображенням, за ним через тире вказується назва рисунка з великої літери. Наприклад: *Рисунок 2.6 – Схема затиску заготовки*. Якщо на рисунку вказані позиції елементів, то їх розшифровка вказується перед назвою рисунка. Наприклад:



1 – опора з базовим пальцем, 2 – базуючі елементи, 3 – прихват,
4 – гайка, 5 – базуючі пальці, 6 – базова плита, 7 – планки
Рисунок 3.1 – Пристрій для обробки назів сепаратора

Формули нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Номер формули складається із номера розділу і порядкового номера формули в розділі. Номер вказують на правому боці аркуша у круглих дужках на рівні формули. Пояснення значень символів у формулах слід писати зразу під формулою в тій же послідовності, як вони подані у формулах. Кожне пояснення пишеться з нового рядка, перший рядок розпочинається словом “де” без двокрапки.

Приклад:

Похибка базування внаслідок можливого повороту заготовки визначається, як:

$$\omega_{\phi} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L} \quad (2.5)$$

де $S_{1\max}$ – максимальний зазор між циліндричним пальцем і заготовкою, мм;

$S_{2\max}$ – максимальний зазор між ромбічним пальцем і заготовкою, мм;

L – відстань між осями отворів, мм.

Кожна **таблиця** повинна мати заголовок. **Таблиці** нумеруються послідовно арабськими цифрами. Номер таблиці вказується над таблицею зліва і повинен складатися з номера розділу та порядкового номеру таблиці розділених крапкою. Наприклад: *Таблиця 2.1* (перша таблиця другого розділу).

Наприклад:

Таблиця 2.1 – Морфологічна таблиця конструктивних ознак пристрою

№	Найменування ознаки	Варіанти ознаки		
		3	4	5
1	Спосіб затиску заготовки	Ручний	Пневматичний	Гідравлічний
2	Тип затискного механізму	Гвинтовий	Клиновий	Важільний
3	Спосіб базування заготовки	Нерухоме	Рухоме	

Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку її позначають так: *Продовження таблиці 2.1.*

Наприклад:

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
4	Матеріал затискача	Сталь	Поліуретан	Пластмаса

Таблицю розміщують після першого згадування про неї в такій формі, щоб її можна читати без повертання сторінки або з повертанням за годинниковою стрілкою. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, при цьому слово “Таблиця” пишуть повністю, наприклад: *в таблиці 2.4*. Вказане в повній мірі відноситься і до рисунків.

3.2 Складання переліку посилань

Список літературних джерел та інших інформаційних ресурсів, використаних під час виконання КП оформляють з нової пронумерованої сторінки із заголовком «Перелік посилань».

Посилання на літературні джерела та інформаційні ресурси наводять в квадратних дужках, вказуючи порядковий номер за списком [1]. В списку кожне найменування літературного джерела записують мовою, якою воно видане, з абзацу і нумерують арабськими цифрами.

Перелік посилань слід формувати у порядку їх появи у тексті або за абеткою.

Бібліографічний опис інформаційних джерел складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи:

- ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги і правила складання»;

- ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила».

Посилання на деякі основні літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

Книжки, навчальні посібники, підручники:

Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2009. – 567 с.

Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.

Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / [М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура.] – 3-е вид. перероб. і доп. – Львів: Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.

Інформаційні інтернет-ресурси

Сандвик коромант [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>

Стандарти:

Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення: ДСТУ 3973-2000 – [Чинний від 2001-07-01]. К.: Держстандарт України, 2001. – 18 с.

Методички:

Сапон С.П. Основи технології машинобудування. [Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання.] / С.П. Сапон, С.Г. Бондаренко. – Чернігів: НУЧП, 2020. – 60 с.

Патенти:

Патент України на корисну модель 104015 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний сегментний гідростатичний підшипник / Сапон С.П., Цеков Б.В., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u 201506272; заявл. 25.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.

3.3 Рекомендації до оформлення графічної частини

Графічна частина КП повинна відповідати вимогам діючих стандартів ЕСКД і ЕСТД, правилам нарисної геометрії та технічного креслення.

Формат аркушів повинен бути таким, щоб створювалось цілком повне враження і була вся інформація, необхідна для роботи з креслениками. Кількість проєкцій і перерізів повинна бути такою, яка б давала повне і однозначне уявлення про конструкцію. Не слід прагнути до надмірного збільшення або зменшення зображень на аркушах. Масштаб повинен бути таким, щоб незбросним оком можна було розгледіти зображені на аркуші конструктивні елементи деталі, складальної одиниці, технологічні позначення тощо. Перевага віддається масштабу 1:1.

Перед поданням креслеників, конструктивних схем та технологічних

ескізів на перевірку викладачеві студент повинен самостійно старанно перевірити правильність їх оформлення, відповідність вимогам і підтвердити це своїм підписом.

Перевірку слід проводити, відповідаючи на запитання:

1. Чи достатньо ясно представлена конструкція на кресленнику (схемі, ескізі), чи не має необхідності в додаткових перерізах, видах?
2. Чи не захаращений кресленник (схема, ескіз) зайвими проекціями та зображеннями?
3. Чи всі необхідні технічні характеристики відображені в технічних вимогах? Чи не треба доповнень?
4. Чи відповідає діючим стандартам, правилам та рекомендаціям нанесення розмірів, допусків, шорсткості та інших позначень?
5. Чи відповідають вибрані посадки характеру з'єднання деталей в складальній одиниці?
6. Чи є зайві, недостаючі або такі, що повторюються розміри та літерні позначення?
7. Чи забезпечена технологічність деталей?
8. Чи відповідають призначені класи шорсткості поверхонь квалітетам їх точності?
9. Чи необхідна і вірно призначена термообробка?
10. Чи правильно заповнено штамп кресленника?
11. Наявність підпису виконавця.

3.3.1 Рекомендації до оформлення кресленника деталі

Рекомендації з розробки креслеників типових деталей наведено в [9, 12, 13, 23 – 25] та інших посібниках з конструювання деталей машин.

На кресленнику деталі необхідно обов'язково відобразити :

- - деталь в необхідній кількості видів та проекцій для повного і чіткого уявлення про її форму та конструктивні особливості;
- габаритні розміри деталі;
- розміри (з допусками), що визначають форму, розміри та положення базових (основні і допоміжні бази) та виконавчих поверхонь;
- вільні розміри, що уточнюють розміри та положення конструктивних елементів деталі;
- допуски форми (при необхідності) базових і виконавчих поверхонь;
- допуски розташування (при необхідності), що визначають положення базових і виконавчих поверхонь;
- розміри фасок, канавок, радіусів скруглень;

- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- шорсткість поверхонь;
- технічні умови до деталі.

3.3.2 Рекомендації до оформлення складального кресленика

На складальному кресленнику необхідно обов'язково відобразити:

- складальну одиницю в необхідній кількості видів та проєкцій для повного і чіткого уявлення про її конструктивні особливості;
- номери деталей згідно позицій специфікації;
- габаритні розміри;
- установчі розміри, що визначають спосіб встановлення та закріплення складальної одиниці при її монтажі у вузлі, машині тощо;
- приєднувальні розміри (з допусками), що визначають розміри та конструктивні особливості поверхонь деталей даної складальної одиниці, до яких будуть приєднуватись інші деталі при монтажі у вузлі, машині тощо; наприклад розміри кінців вхідного і вихідного валів редуктора або розміри отворів для приєднання трубопроводів;
- розміри з посадками всіх рухомих та нерухомих з'єднань, окрім різевих, які будуть утворюватися в процесі складання;
- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- технічні вимоги.

Специфікація до складального кресленика виконується у відповідності з вимогами ЕСКД і підшивається в кінці пояснювальної записки.

3.3.3 Рекомендації до оформлення технологічних схем механічної обробки

Аркуші «Технологічні схеми механічної обробки» виконуються на форматі А1. На цих аркушах зображуються операції технологічного процесу у вигляді схем обробки. Зверху над кожним ескізом наводять назву операції, яка формується з номера, назви операції та моделі верстата. Наприклад: *005 Горизонтально-фрезерна 6Р83*

На схемах повинні бути зображені в довільному масштабі: оброблювана заготовка, різальний інструмент, вказують напрямки робочих рухів різального інструменту та заготовки, умовні позначення опор і затискних елементів [6].

Заготовка повинна зображуватись в положенні, яке вона займає в процесі обробки на верстаті при погляді з місця робітника (вид прямо, або

зверху, чи той і інший). На заготовці потовщеною (у 2-3 рази) лінією виділяються оброблювані поверхні, вказують розміри з допусками, які безпосередньо витримуються при обробці та шорсткість поверхонь. Кількість проєкцій та видів повинні створювати повну картину про спосіб установа заготовки.

Різальний інструмент зображується в кінці робочого ходу. Якщо для обробки поверхні використовується послідовно декілька інструментів (свердління, зенкерування, розвертування), то всі вони зображуються поруч у положенні початку робочого ходу. Складний інструмент креслять не повністю. Наприклад, досить показати габаритні розміри і форму торцевої фрези, два-три зубці та спосіб їх кріплення. Але обов'язково необхідно показати спосіб кріплення інструменту на верстаті (без спрощень). При невідповідності конуса Морзе інструменту і шпинделя верстата необхідно застосовувати перехідну втулку, яку обов'язково зображують.

На вільному місці аркуша наводиться таблиця, в якій вказують назву і характеристики інструменту, а також режими різання (глибина різання, подача, швидкість різання) операцій, схеми яких зображено на аркуші.

3.3.4 Рекомендації до оформлення аркушу «Вибір варіантів базування деталі»

На даному аркуші наводяться варіанти базування заготовки із зазначенням теоретичних схем базування за операціями і нанесенням технологічних розмірних ланцюгів. Фактично цей аркуш є відображенням розділу пояснювальної записки «2.2.4 Вибір і обґрунтування технологічних баз». Обов'язково на аркуші наводять формулювання технологічних задач та параметри точності, які залежать від базування. Для наочності технологічні розмірні ланцюги допускається показувати кольором, що відрізняється від чорного.

Наводиться таблиця числових значень похибки основних параметрів точності за варіантами базування, які порівнюються. В таблиці виділяються будь-яким зручним, але візуально видним способом прийняті варіанти базування. Наприклад:

Параметр точності	Варіант базування	
	1	2
$\beta=0,08\text{мм}/100\text{мм}$	0,08/100	0,112/100
$D=60\pm 0,15\text{мм}$	0,12	0,3
$B=75\pm 0,2\text{мм}$	0,12	1,22

3.3.5 Рекомендації до оформлення складального кресленника пристрою

Складальний кресленник пристрою розробляється методом послідовного креслення окремих його елементів і певній послідовності.

1) Виконують зображення оброблюваної заготовки в трьох (рідше в 2-х) проєкціях. Заготовку креслять тонкими лініями в тому стані, в якому вона поступає на дану операцію. Пунктирною лінією показують поверхні заготовки, утворені після обробки на операції для якої розробляється пристрій. Заготовка на складальному кресленні невидима, прозора і не може робити невидимими будь-які конструктивні елементи пристрою, які при встановленні в пристрій реальної заготовки виявляються невидимими. При розробці складального кресленника пристрою заготовка показується в затисненому положенні.

2) Креслять установочні елементи пристрою так, щоб базові поверхні оброблюваної заготовки знаходились з ними в контакті.

3) Наносять на креслення елементи пристрою для направлення різального інструменту (при наявності). При цьому витримують відстань від напрямних елементів до поверхні заготовки (відстань від торця кондукторної втулки до оброблюваної заготовки). Зразу ж визначається потрібна товщина корпусу або кондукторної плити в місці встановлення втулок.

4) Креслять елементи (деталі) затискних механізмів та приводи.

5) Накреслюють допоміжні елементи пристрою.

6) Конструктивно оформляють корпус пристрою з врахуванням раціонального розташування на ньому елементів пристрою.

7) Остаточо оформляють кресленник пристрою. Проставляють необхідні розміри та граничні відхилення.

8) Розробляють специфікацію та технічні вимоги до пристрою

Постановка розмірів, допусків та посадок на складальних кресленниках пристрою

На складальному кресленнику пристрою необхідно вказати деякі розміри з допусками та норми точності відносного розташування виконавчих поверхонь пристрою. По точності виконання ці розміри можна розбити на три групи.

До першої групи відносять:

а) розміри або норми точності відносного розташування тих з'єднань, координуючих розмірів або поверхонь, від яких залежить точність виконуваної в пристрої обробки (наприклад, точність розташування установчих елементів пристрою, відстань між осями отворів кондукторних втулок тощо.);

б) розміри установчих елементів (пальці, опорні штирі тощо), від точності яких залежить положення заготовки в пристрої.

Кількість розмірів цієї групи, що підлягають обов'язковому врахуванню при розробці пристрою, визначається на основі аналізу технологічних розмірних ланцюгів (ТРЛ) по кожному показнику точності, витримуваному на операції, для якої проектується пристрій. В цих розмірних ланцюгах розміри пристрою є складовими ланками. Точність цих розмірів визначається розрахунком ТРЛ.

Допуски на розміри цієї групи беруть в 2 - 3 рази точнішими за допуски на розміри, що витримуються при обробці.

До другої групи відносяться розміри з допусками тих з'єднань, від яких точність обробки в пристрої безпосередньо не залежить. Ці розміри визначають розташування і умови роботи окремих механізмів пристрою. Звичайно ці розміри характеризують посадки у всіх рухомих і нерухомих з'єднаннях пристрою за виключенням різевих з'єднань. Точність цих з'єднань, а відповідно і розмірів, які їх характеризують, призначають виходячи з необхідності забезпечити нормальну роботу механізмів пристрою.

Допуски на розміри цієї групи визначають залежно від призначення механізму, а також характеру і умов роботи певного з'єднання. Звичайно тут допуски беруть за 7 - 9 квалітетами.

До третьої групи відносять габаритні і довідкові розміри. Точність цих розмірів на кресленнику не обмежується (14-17 квалітети).

Таким чином, на складальному кресленнику пристрою обов'язково вказують:

- габаритні, довідкові, приєднувальні розміри пристрою, аналогічно іншим складальним кресленникам;

- розміри з посадками всіх рухомих та нерухомих з'єднань, окрім різевих, які будуть утворюватися в процесі складання пристрою;
- координуючі розміри з відхиленнями, які визначають точність взаємного розташування елементів пристрою, що визначають точність розташування поверхонь заготовок оброблюваних в пристрої.

3.4 Комплект технологічних документів

Після вибору маршруту обробки технологічний процес оформляється відповідною технологічною документацією, яка підшивається в окремий альбом.

У комплект технологічних документів курсового проєкту входять:

1. Титульна сторінка.
2. Маршрутна карта (форма 2 і 2а, ГОСТ 3.1105-74).
3. Операційна карта (форма 1, 1а або 2, 2а ГОСТ 3.1404-74) з картою ескізів (форма 5, 5а ГОСТ 3.1405-74 або форма 5, 5а ГОСТ 3.1105-74).

Маршрутна карта складається на всі операції технологічного процесу, включаючи механічну, термічну, гальванічну обробку, транспортні та інші операції. Операційні карти і карти ескізів розробляються (за погодженням з керівником) на одну найбільш складну операцію механічної обробки.

Технологічні документи оформляються згідно з вимогами ГОСТ 3.1104-81, 3.1103-82 та методичними вказівками кафедри.

Рекомендована література

1. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: навч. посібник / С.Г. Бондаренко – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. / С.Г. Бондаренко – Чернігів: ЧДТУ, 2005. – 567 с.
3. Сапон С.П. Основи технології машинобудування. [Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання.] / С.П. Сапон, С.Г. Бондаренко, – Чернігів: ЧНТУ, 2020.– 60 с.
4. Формування конструкторських і технологічних розмірних зв'язків. Методичні вказівки до курсового і дипломного проєктування для студентів спеціальностей „Технологія машинобудування” та „Металорізальні верстати і системи” Укл. С.Г.Бондаренко. – Чернігів: ЧТІ, 1999. – 52 с.
5. Размерный анализ конструкций: Справочник /С.Г.Бондаренко, О.Н.Чередников, В.П. Губий/ под общ.ред. к.т.н. С.Г.Бондаренко.- К.: Тэхника, 1989.-150с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова ,А.Г. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ [А.М. Дальский и др.].– М.: Машиностроение - 1, 2001 – 944с.
8. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И.М.Бранчукова, А.А.Гусев, Ю.Б.Крамаренко и др.; под общ. редакцией Ю.М.Соломенцева. - М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
9. Дунаев П.Ф. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Варламова Л.П. – М.: Высшая школа, 1984. – 112с.
10. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посібник. – К.: Вища школа., 1993. – 414 с
11. Бондаренко С.Г. Розмірні зв'язки конструкцій і технологічних процесів: монографія / С. Г. Бондаренко, О. М. Чередніков; ред.: С. Г. Бондаренко; Черніг. держ. технол. ун-т. – Чернігів, 2013. – 463 с.
12. Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб.

пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – Москва: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.

13.Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин: Підручник / В.Т. Павлище. – 2-ге вид. перероб. – Львів: Афіша. 2003. – 560 с.

14.Бабук В.В. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учебное пособие. [Бабук В.В., Шкред В.А., Кривко Г.П., Медведев А.И. под ред. В.В.Бабука.] – Минск: Выш. шк., 1987. – 255с.

15.Боженко Л.І. Технологія машинобудування: Проектування та виробництво заготовок: Підруч. для машинобуд. спец. вищ. навч. закладів / Л.І. Боженко. – Львів : Світ, 1996. – 366 с.

16.Руденко П.О. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник/ Руденко П.О., Плєскач В.М., Харламов Ю.О., за ред. В.М. Плєскача. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999. – 254с.

17.Руденко П.О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин: навчальний посібник /Руденко П.О., Харламов Ю.Ю., Шустик О.Г. – К.: ІСДО, 1993. – 304 с.

18.Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебное пособие / П.А.Руденко, Ю.А.Харламов, В.М.Плєскач; под общ. ред. В.М.Плєскача. – К.: Выща школа, 1991. – 247 с.

19.Сапон С. П. Проектування литої заготовки. [Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Проектування і виробництво заготовок” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» всіх форм навчання] / С.П. Сапон. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 50 с.

20.Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку: ГОСТ 26645-85.- [Введен в действие с 1987-07-01]. - М.: Издательство стандартов, 1989. – 55с.

21.Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски: ГОСТ 7829-70. – [Введен в действие с 1971-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1971. – 41с.

22.Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505-89. – [Введен в действие с 1990-07-01]. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 54с.

23.Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования / П.Ф. Дунаев. – М.: Машиностроение, 1998. – 208 с.

образования. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 5-е издание, дополн. – М.: Машиностроение, 2004. – 560 с.

24. Орлов, П.И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие в 2-х книгах. [Текст]/ П. И. Орлов ; ред. П. Н. Учаев. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988. – Кн. 1 – 560 с., кн. 2. – 544с.

25. Детали машин и основы конструирования / [М. Н. Ерохин и др.]; Под ред. М. Н. Ерохина. – М. : КолосС, 2005. – 462 с.

26. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник./ А.І.Боровик – К.: „Кондор”, 2008. – 726с.

27. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник – 7-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.

28. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Л. Машиностроение, Ленинградское отделение, 1975. – 656 с.

29. Станочные приспособления. Справочник в 2-х т. /Под ред. Б.Н.Вардашкина и др. - М.: Машиностроение, 1984. –Т.1. – 592 с.

30. Станочные приспособления. Справочник в 2-х т. /Под ред. Б.Н.Вардашкина и др. - М.: Машиностроение, 1984. –Т.2. – 656 с.

31. Кузнецов, В. С. Универсально-сборные приспособления [Текст]: альбом монтажных чертежей / В. С. Кузнецов, В. А. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1974. – 156 с.

32. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств [текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств". Т. 5 / А. Г. Схиртладзе, С. Н. Григорьев, В. П. Борискин. – Старый Оскол : ТНТ, 2012. – 571 с.

33. Универсально – сборная переналаживаемая оснастка с угловыми пазами для оснащения универсальных свердлильно-фрезерно-расточных станков, станков с ЧПУ, ГП-модулей и построенных на их основе ГПС. УСПО-У2. Каталог. – М.: МГКТИтехноснастки, 1991. – 80 с.

34. Технологическая оснастка [текст]: учебное пособие для студентов вузов по машиностроительным специальностям / В. Е. Антонюк, Э. М. Дечко, Ж. А. Мрочек, А. С. Скороходов. – Минск: Издательство Гревцова, 2011. – 376 с.

35. Fixtureworks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fixtureworks.net>

36. Modular Fixturing System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stevenseng.com>

37. Precision Modular Fixturing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bluco.com>

38. Справочник инструментальщика / И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко и др.; Под общ. редакцией И.А.Ординарцева.– Л.: Машиностроение, 1987.– 846 с.

39. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-М.:Машиностроение, 1990.-512 с.

40. Сандвик коромант [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>

41. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф.Горбачевича.- Минск, Высшая школа, 1983. – 288 с.

42. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

43. Режимы резания металлов. Справочник /Под ред.: Ю.В. Барановского. М.: Машиностроение. 1972. - 407 с.

44. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ /Ч. 2 Нормативы режимов резания. М.: Экономика, 1990.– 492 с.

45. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974.– 292 с.

46. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. /Часть 1 Нормативы времени. М.: Экономика, 1990.– 292 с.

47. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. М.: Машиностроение, 1974.– 492 с.

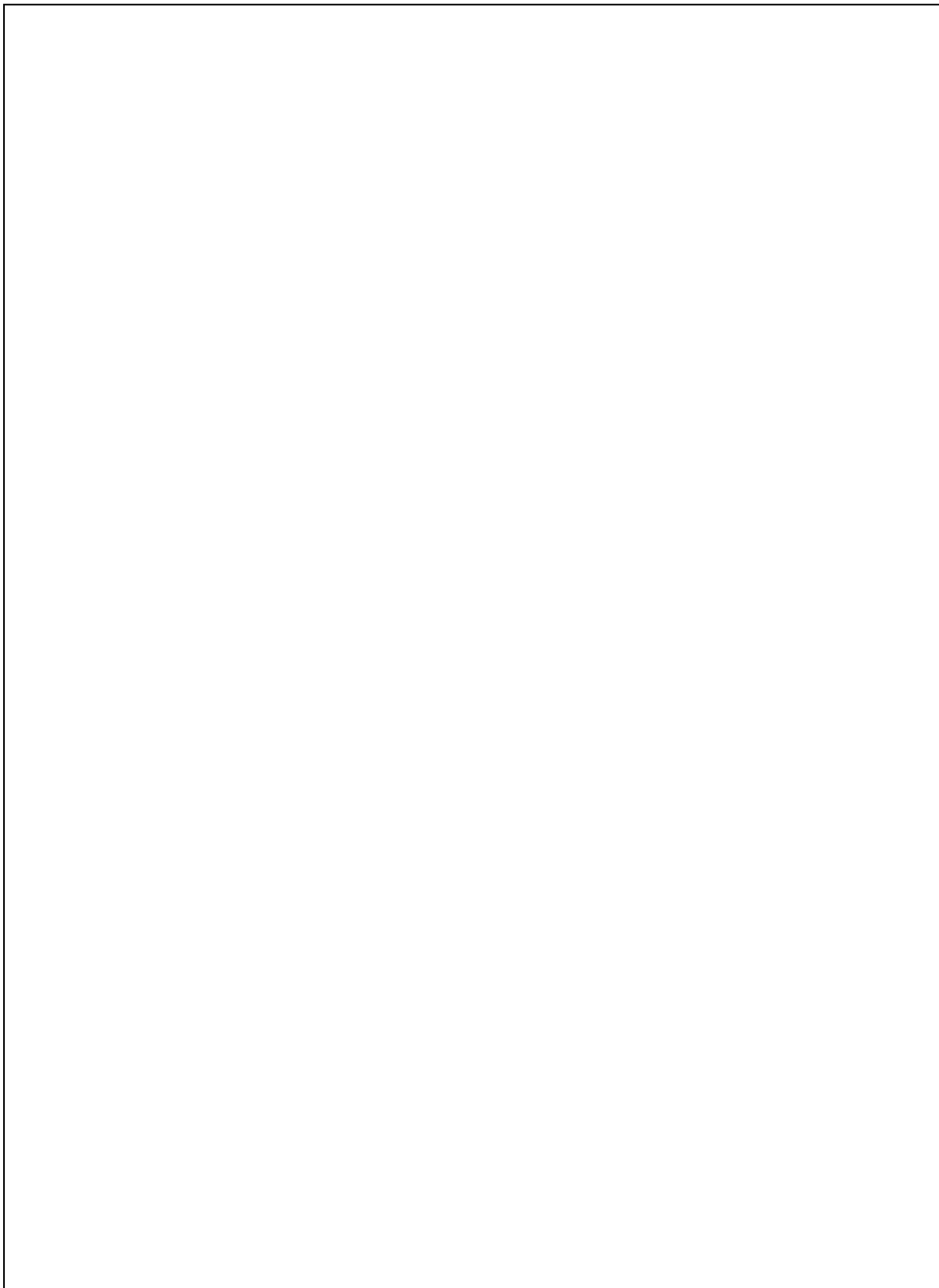
48. Горохов М.М. Проектирование и расчет приспособлений/ М.М.Горохов.- М.: Машиностроение, 1987. – 234с.

49. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов/ Корсаков В.С. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.

50. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении/ В.В.Микитянский – М.: Машиностроение, 1984. – 128с.

Додатки

Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання до курсового проєкту



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Навчально-науковий інститут механічної інженерії, технологій та транспорту

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітня-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт здобувачу вищої освіти

Комачу Руслану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу механічної обробки корпусу насоса

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 20 грудня 2021 року

3. Вихідні дані: складальний кресленник шестеренного насоса, обсяг випуску N=200 шт., тип виробництва – дрібносерійний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Загальний розділ; 2. Технологічний розділ; 3. Конструкторський розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

Складальний кресленник насоса (формат А2), Кресленник деталі (формат А3), Вибір варіантів базування деталі (формат А1), Технологічні схеми операцій механічної обробки (2 аркуші формату А1), Складальний кресленник пристрою (формат А1)

6. Дата видачі завдання 05.09.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів курсового проєкту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання, постановка задач проєкту	05.09.2021	
2	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі	16.09.2021	
3	Норми точності та технічні умови	23.09.2021	
4	Визначення типу виробництва та його орг. форми	25.09.2021	
5	Аналіз технологічності конструкції деталі	30.09.2021	
6	Вибір і проєктування вихідної заготовки	05.10.2021	
7	Вибір і обґрунтування технологічного процесу механічної обробки деталі	18.10.2021	
8	Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів	21.10.2021	
9	Визначення режимів різання	24.10.2021	
10	Нормування технологічного процесу	26.10.2021	
11	Службове призначення пристрою	28.10.2021	
12	Технічне завдання на проєктування пристрою	01.11.2021	
13	Розробка принципової схеми пристрою	03.11.2021	
14	Силовий розрахунок пристрою	11.11.2021	
15	Розрахунки елементів пристрою на міцність	18.11.2021	
16	Розрахунок точнісних параметрів пристрою	21.11.2021	
17	Опис конструкції та принципу роботи пристрою	25.11.2021	
18	Вимоги до техніки безпеки при експлуатації пристрою	28.11.2021	
19	Оформлення комплекту технологічної документації	02.12.2021	
20	Розробка кресленика деталі	05.12.2021	
21	Аркуш «Вибір варіантів базування деталі»	07.12.2021	
22	Аркуші «Технологічні схеми операцій механічної обробки»	10.12.2021	
23	Аркуш «Складальний кресленик пристрою»	16.12.2021	
24	Загальне оформлення проєкту	19.12.2021	

Здобувач вищої освіти _____ Комач Р. М.
(підпис)

Керівник проєкту _____ Сапон С.П.
(підпис)

Додаток Б Додаткові технологічні вимоги до конструкції типових деталей

Додаткові вимоги до конструкції корпусних деталей

1. Оброблювані поверхні слід, по можливості, розташовувати паралельно або перпендикулярно одна до одної та основних баз деталі.
2. Оброблювані площини слід розташовувати на одному рівні, що дає можливість їх обробки за один робочий хід продуктивними способами: торцевим фрезеруванням, плоским шліфуванням та протягуванням, дає можливість обробки декількох заготовок одночасно і спрощує контроль.
3. Можливість наскрізної та одночасної обробки декількох поверхонь та обробки на прохід.
4. Відсутність глухих отворів і торців відрізуваних з внутрішніх боків.
5. Відсутність площин і отворів розташованих не під прямим кутом.
6. Можливість багатошпindelної обробки отворів відповідно до відстані між вісями отворів.
7. У ступінчастих отворах найточнішу ступінь слід виконувати наскрізною, що сприяє зниженню трудомісткості обробки, підвищенню точності і стійкості різального інструменту та спрощення його конструкції.
8. Необхідно уникати глухих різевих отворів, віддаючи перевагу наскрізним отворам з можливістю роботи різевого інструменту на прохід.
9. Розташування отворів повинно давати можливість використання інструменту нормальної довжини.
10. Необхідно уникати отворів зі складною формою твірної та внутрішньої різі великого діаметра.

Додаткові вимоги до валів

1. Можливість обробки поверхонь прохідними різцями.
2. Для спрощення обробки зменшувати діаметральні розміри шийок до кінців валів, або до однієї її сторони.
3. Шпонкові пази по можливості передбачати відкритими, а при кількох на одному валу - однаковими за шириною і в одній площині.
4. Відсутність різких перепадів діаметрів у місцях обробки шпонкових пазів.

5. Відношення довжини до діаметра не повинне перевищувати 10 для валів з точністю розмірів за 6...7 квалітетами і 15 - для валів 8 квалітету і більше. При багаторізцевій обробці через одночасну дію кількох сил останнє відношення повинно дорівнювати 10. Якщо жорсткість вала недостатня, треба розглянути можливість штучного підвищення жорсткості застосуванням люнетів, додаткових опор і т.ін.

Додаткові вимоги до дисків

1. Простота форми зовнішнього контуру і центрального отвору, одностороннє розташування маточини.
2. Відсутність довгих маточин у протягуваних отворах.
3. Можливість багаторізцевого точіння.
4. Відсутність співвісних отворів, оброблюваних з різних боків.
5. Відсутність глухих шліцевих отворів, оскільки їх можна отримати лише малопродуктивним довбанням.

Додаткові вимоги до циліндрів

1. Можливість наскрізної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь.
2. Відсутність глухих отворів і торців, що підрізуються з внутрішніх боків.
3. Відсутність отворів, розташованих не під прямим кутом до осей.
4. Товщина стінок циліндра повинна забезпечувати достатню жорсткість для застосування високопродуктивних способів обробки.
5. Відсутність великої різностінності.
6. Відношення довжини циліндра до його діаметра не повинно перевищувати 10.

Додаткові вимоги до важелів

1. Наявність поверхонь, зручних для базування.
2. Відсутність оброблюваних поверхонь складного контуру.
3. Відсутність місць різкої зміни форми і різких перепадів розмірів поверхонь.
4. Відсутність глухих і ексцентричних отворів, особливо невеликих діаметрів.
5. Відсутність колін важелів і отворів, розташованих не під прямими кутами.
6. Можливість багатоінструментної обробки.

Додаткові вимоги до зубчастих коліс

1. Відсутність маточини або її однобічне розташування.

2. Достатня точність баз для зубообробки.
3. Кут нахилу зубців вінців з внутрішніми зубцями або закритих вінців повинен відповідати параметрам уніфікованих інструментів і верстатів.
4. Кількість зубчастих вінців на багатовінцевих колесах та їх відносне розташування повинне відповідати параметрам уніфікованих інструментів і верстатів.
5. По можливості, виключати зубчасті вінці, точність яких може бути забезпечена тільки зубошліфуванням.
6. Розміри канавок для виходу зубонарізного інструменту в закритих зубчастих колесах повинні бути пов'язані з величиною модуля.
7. Твердість матеріалу (вихідного чи після термообробки) для зубчастих коліс з оброблюваними отворами, точними різями, отворами у вінцях, не повинна перевищувати $HRC_e 36...47$.

Додаток В Приклад оформлення титульних аркушів

Титульний аркуш на папку з матеріалами проєкту.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ	
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	
кафедра технологій машинобудування і деревообробки	
Курсовий проєкт з дисципліни “Технологія машинобудування”	
Виконав:	здобувач вищої освіти гр. МТМ-211 Комач Р.М.
Керівник:	канд. техн. наук, доцент Сапон С.П.
ЧЕРНІГІВ 2022	

Титульний аркуш до пояснювальної записки курсового проєкту

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

кафедра технологій
машинобудування і
деревообробки

Пояснювальна записка
до курсового проєкту
з дисципліни «Технологія машинобудування»

Виконав: здобувач вищої освіти
гр. МТМ-211
Комач Р.М.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Сапон С.П.

ЧЕРНІГІВ 2022

Додаток Д Приклад оформлення технічного завдання на проєктування засобів технологічного оснащення

Технічне завдання на проєктування

1. Мета проєктування. Метою проєктування є набуття практичних навичок проєктування за допомогою сучасних CAD- та CAE-систем верстатного пристрою для деталі корпус клапанного пневмоапарата для операції 010 вертикально-фрезерної.

2. Вихідні дані для проєктування:

2.1. Проєкт виконується вперше.

2.2. Заготовкою є ковanka з матеріалу сталь 40X ГОСТ 4543-71 з попередньо обробленими технологічними базами. Кількість одночасно оброблюваних заготовок – одна. Ескіз заготовки в тому стані, як вона поступає на обробку зображено на рисунку 3.1.

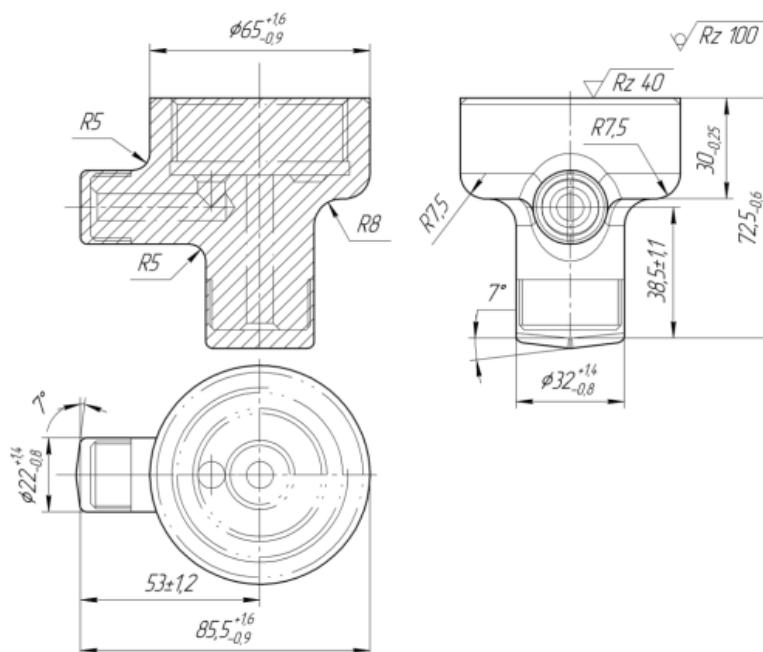


Рисунок 3.1 – Ескіз заготовки в тому стані, як вона поступає на операцію 010

2.3 Теоретична схема базування заготовки на даній операції зображена на рисунку 3.2, оброблювані поверхні позначені потовщеною лінією.

2.4. Тип виробництва – дрібносерійний, річна програма випуску $N=300$ шт, величина операційної партії $n_p = 25$ шт, періодичність запуску – один раз на 20 днів.

2.5. Операція виконується на вертикально фрезерному верстаті моделі 6P12.

						Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

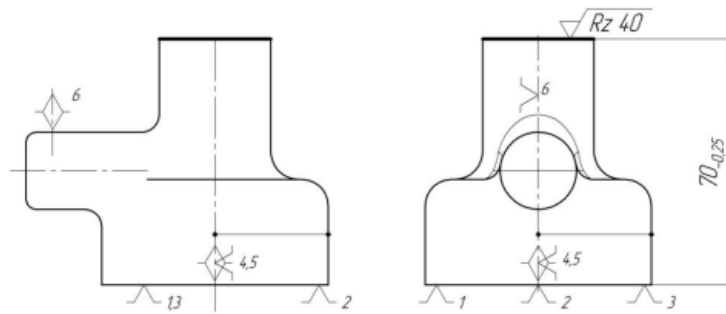


Рисунок 3.2 – Теоретична схема базування заготовки на операції 010

2.6. Принципова схема базування пристрою на верстаті наведена на рисунку 3.3.

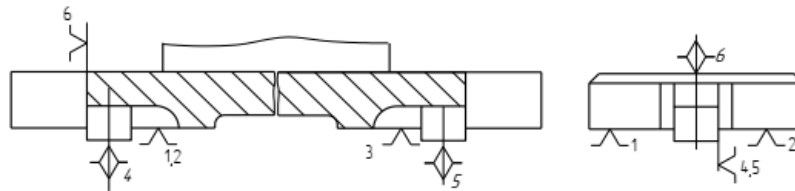


Рисунок 3.3 – Принципова схема базування пристрою на верстаті

2.7. Різальний інструмент, який використовується для обробки: фреза кінцева з конічним хвостовиком Ø40мм оснащена пластинами з твердого сплаву ВК6, z=6, ГОСТ 17026-71.

2.8 Відповідно до даних розрахунків режимів різання максимальні зусилля різання, які діють на оброблювану заготовку виникають при чорновому фрезеруванні: $P_z = 1340\text{Н}$. Величини решти складових сили різання визначаються:

$$P_H = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 1,34 = 0,536\text{кН}$$

$$P_V = 0,85 \cdot P_z = 0,85 \cdot 1,34 = 1,14\text{кН}$$

$$P_Y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 1,34 = 0,536\text{кН}$$

$$P_X = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 1,34 = 0,67\text{кН}$$

2.9 Умови експлуатації пристрою та орієнтовний строк експлуатації: пристрій експлуатується в механічному цеху при температурі повітря $20 \pm 10^\circ\text{C}$ та відносній вологості $70 \pm 5\%$, термін експлуатації пристрою 1 рік.

3. Очікувані кінцеві результати реалізації проекту:

3.1 Вимоги до показників точності, які потрібно забезпечити із застосуванням пристрою що проектується: точність розміру $70_{-0,25}$ мм, шорсткість Rz20 мкм.

3.2. Норма часу на встановлення та зняття заготовки: $T_{\text{вст.}} = 1,5$ хв.

						Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3.3. Передбачаємий тип затискного механізму – ручний.
- 3.4 Рівень уніфікації та стандартизації деталей пристрою – не менше 80%;
- 3.5. Довговічність пристрою при дотриманні всіх вищенаведених вимог повинна становити не менше 1 року або 2000±40 годин машинного часу.
- 3.6. Кількість одночасно оброблюваних заготовок – 1 (одна).
- 3.7. Основні технічні вимоги до пристрою:
- контроль пристрою по забезпеченню точності обробки проводити через кожні 160 годин експлуатації;
 - поверхнева твердість поверхонь установчих опор HRCe 54...63;
 - відкриті механічно не оброблені поверхні нестандартних деталей пристрою фарбувати в колір технологічного обладнання;
 - відкриті оброблені поверхні нестандартних деталей пристрою оксидувати;
 - на зовнішніх поверхнях деталей пристрою не допускається наявність гострих кромки для забезпечення безпеки при складанні та експлуатації;
 - на поверхнях деталей пристрою не повинно бути слідів корозії, тріщин та інших механічних пошкоджень, які погіршують міцність, експлуатаційні властивості та зовнішній вигляд;
 - інші вимоги безпечності роботи та обслуговування пристрою повинні відповідати вимогам техніки безпеки до верстатних пристроїв.

4. Етапи проєктування і терміни їх виконання

Таблиця 3.1 – Етапи проєктування і терміни виконання проєкту

№ з/п	Етапи проєктування	Терміни виконання
1	Службове призначення пристрою	25.03.21
2	Технічне завдання на проєктування	30.03.21
3	Розробка принципової схеми пристрою	07.04.21
4	Силовий розрахунок пристрою	20.04.21
5	Міцнісні розрахунки елементів пристрою	01.05.21
6	Розрахунок точнісних параметрів пристрою	05.05.21
7	Опис конструкції та принципу роботи пристрою	10.05.21
8	Загальне оформлення розрахунково-пояснювальної записки	20.05.21
9	Вимоги до техніки безпеки при експлуатації пристрою	23.05.21
10	Складальний кресленик пристрою (формат А1)	25.05.21
11	Специфікація складального кресленника пристрою	03.06.21

						Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Вимоги до матеріалів, які подають під час закінчення проєкту та його окремих етапів

Під час закінчення проєкту мають бути представлені:

- складальний кресленик пристрою (формат А1);
- специфікація пристрою;
- розрахунково-пояснювальна записка.

Складальний кресленик пристрою повинен відповідати вимогам стандартів ЄСКД та загальним вимогам до складальних креслеників. Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити пункти відповідно до наведених в таблиці 3.1 етапів. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки повинно відповідати вимогам ДСТУ 3008-2015.

Виконавець проєкту

Керівник проєкту

Кузнецов В.І.

Сапон С.П.

« ____ » _____ 2021 р.

« ____ » _____ 2021 р.

						Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		