

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедрою

_____ Юрій ПЕТРАКОВ

«__» _____ 20__ р.

**Дипломний проєкті
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Корпус приводу»»**

Виконав :

студент IV курсу, групи МТ-71

_____ Студзінський Олександр Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

_____ Воронцов Борис Сергійович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Рецензент:

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Механіко-машинобудівний інститут
(повна назва)

Кафедра технології машинобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 131. Прикладна механіка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект (роботу) студенту
Студзінський Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Конструкторсько-технологічне підготовка виготовлення деталі «Корпус привода»
керівник проекту (роботи) Воронцов Борис Сергійович, к. т. н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

1. Креслення деталі «Корпус привода».

2. Величина замовлення – 1000 штук.

3. Техніко-економічні характеристики використовуваного обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки

1. Оброблення алюмінієвих сплавів.

2. Розроблення креслень деталі та заготовки.

3. Проектування маршрутного та операційного процесу виготовлення деталі.

4. Проектування складальних креслень двох верстатних пристроїв.

5. Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту, розрахунок собівартості деталі.

6. Заходи щодо забезпечення охорони праці, техніки безпеки.

5. Перелік графічного матеріалу _____

1. Креслення деталі та заготовки – 2 аркуші.

2. Ескізи технологічних операцій – 3 аркуші.

3. Креслення пристроїв – 2 аркуші.

4. Вирішення загальних питань машинобудування – 1 аркуші.

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вирішення загальних питань машинобудування	31. 12. 2020 р.	
2	Розроблення креслень деталі та заготовки	30. 04. 2021 р.	
3	Проектування маршрутного та операційного процесів виготовлення деталі	15. 05. 2021 р.	
4	Проектування складальних креслень двох верстатних пристроїв	31. 05. 2021 р.	
5	Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту, розрахунок собівартості деталі	12. 06. 2021 р.	
6	Наведення рекомендацій щодо забезпечення охорони праці, техніки безпеки	12. 06. 2021 р.	

Студент

(підпис)

Студзінський О.О.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Воронцов Б.С.

(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП МТ71.00ПЗ	Пояснювальна записка	97	
3	A1	ДП МТ71.01Д	Вирішення заг. питань машинобудування	1	
4	A1	ДП МТ71.02К	Деталь	1	
5	A1	ДП МТ71.03К	Заготовка	1	
6	A1	ДП МТ71.04Т	Операція 005	1	
7	A1	ДП МТ71.05Т	Операція 010 Позиція А	1	
8	A1	ДП МТ71. 06Т	Операція 010 Позиція Б	1	
8	A1	ДП МТ71. 07Т	Операція 010 Позиція В		
9	A1	ДП МТ71.08К	Пристосування 1	1	
10	A1	ДП МТ71.09К	Пристосування 2	1	

				ДП МТ71.00ПЗ		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.				Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.					1	1
Н/контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТМ Гр. МТ-71	
Зав.каф.						

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Конструкторсько-технологічна підготовка
виготовлення деталі «Корпус привода»»

Київ – 2021 року

Дипломний проект бакалавра на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Корпус приводу» включає в себе: зміст, вступ, чотири розділи та висновки, список використаної літератури та додатки. Робота містить в собі 97 сторінок тексту, 11 найменування використаних літературних джерел. Графічна частина складається з 6 листів формату А1 та 3 листів формату А3.

В першому розділі на основі декількох джерел я розглянув актуальність теми оброблення алюмінієвих сплавів. Однак в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва при епізодичному виготовленні деталей з алюмінієвих сплавів такі рекомендації найчастіше відсутні. Тому у технологів і верстатників часто виникають певні труднощі при виборі геометрії ріжучих інструментів, а також оптимальних режимів різання при обробці алюмінієвих сплавів. У загальномашинобудівного нормативах режимів різання наведені докладні рекомендації для обробки сталей і чавунів, і тільки іноді для обробки алюмінієвих сплавів, причому часто без вказівок, до якої саме марки алюмінієвого сплаву відносяться ці рекомендації, хоча різні марки алюмінієвих сплавів можуть мати різну оброблюваність.

У зв'язку з цим певний інтерес можуть представляти дані по оброблюваності алюмінієвих сплавів в порівнянні з широко відомими машинобудівними матеріалами, наприклад, зі сталлю 45, яка в нормативних документах зазвичай приймається за еталон і рекомендації по її обробці досить широко відомі.

В технологічному розділі ми аналізуємо конструктивні особливості деталі, умов її роботи в механізмі, підбором матеріалу. Після аналізу на технологічність підбираємо тип виробництва(за конструкторськими вимогами), що вплине на подальший вибір обладнання і спосіб підходу до технічної підготовки виробництва.

Одним з головних завдань є вибір способу отримання заготовки. В нашому випадку доцільно виготовляти деталь методом лиття в піщаноглинисті форми. Припуски на обробку беремо з ГОСТ26645-85 В реаліях України малосерійні виробництва не завжди володіють цехами по литтю, але ринок послух пропонує нам такі послуги на довільну ціну.

Наступним кроком є вибір баз для подальшого використання їх при закріпленні заготовки в пристосуванні. Метод полягає в підборі як найбільшої кількості технологічних баз для заданої операції і вибором найкращої серед запропонованих.

Далі ми проектуємо типові послідовності оброблення поверхонь, і на основі цього - операційний технологічний процес. Режими різання берем запропоновані виробником

інструменту SANDVIK. Після реалізування тех процесу в CAM системі ми отримуємо докладний звіт по часу оброблення який є точний, в порівняннях з розрахунками по формулах.

В конструкторському розділі ми підбираємо необхідні нам притосування по встановленим раніше технологічних базах. В нашому випадку це самоцентрівні лещата GERARDI з базуванням в призмі, і поворотний стіл HAAS HRT100 з базуванням в чотирьохкулачковому патроні.

Розрахували також необхідну силу затиску і надійність застосованих складових пристосувань.

У **четвертому** – економічному **розділі** наведено техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту – розрахунок собівартості. Собівартість виготовлення одиниці продукції становить 853,51 грн

У **п'ятому розділі** – охороні праці – розглянуто питання вимоги безпеки верстатних пристроїв та вимоги до основних частин пристроїв.

Зміст

1. Вирішення загальних питань машинобудування.....	10
1.1 Оброблення алюмінію алюмінієвих сплавів	10
1.2 Особливості обробки різанням алюмінієвих сплавів	14
2. Технологічний розділ.....	19
2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі	19
2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	19
2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі.....	19
2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу.....	19
2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва.....	21
2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі	25
2.4 Проектування конструкції заготовки.....	28
2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки	28
2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів	31
2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі ...	33
2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій	36
2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки	40
2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус привода»	42
2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання	45
2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки	47
2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом.....	47
2.9.2. Визначення припусків аналоговими методами	56
2.10 Визначення режимів різання.....	57
2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом	57
2.10.2 Визначення режимів різання аналоговим методом	60
2.11 Нормування технологічних операцій	62
2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції	62
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ.....	66
3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв	66
3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв.....	66
3.1.2 Послідовність розроблення конструкцій пристрою	68
3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв	70
3.2.1 Розрахунок похибок базування.....	70
3.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв.....	73

3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q	73
3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв	78
4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	80
4.1 Розрахунок собівартості виробу	80
4.1.1 Сировина та матеріали.....	80
4.1.2 Витрати на виготовлення заготовки	81
4.1.3 Зворотні відходи	81
4.1.4 Паливо та енергія на технологічні цілі	81
4.1.5 Основна заробітна плата.....	81
4.1.6 Додаткова заробітна плата	82
4.1.7 Нарахування на заробітну плату	82
4.1.8 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	82
4.1.9 Відшкодування зносу інструментів, витрати на верстатні пристрої.....	83
4.1.10 Загальновиробничі витрати	85
4.1.11 Загальногосподарські витрати.....	85
4.1.12 Інші виробничі витрати	85
4.1.13 Позавиробничі витрати	85
4.2 Висновки.....	86
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	86
Література.....	96
Додатки.....	97
1. Технологічні карти.....	97
2. Специфікації.....	97

1. Вирішення загальних питань машинобудування

1.1 Оброблення алюмінію алюмінієвих сплавів

Алюміній може піддаватися всім способам обробки зі зняттям стружки. Обробка різанням алюмінію в порівнянні зі сталлю характеризується значно вищою швидкістю різання при рівній стійкості інструменту. Алюміній має оброблятися зі швидкостями різання не нижче 90 м / хв. Винятком є ручні роботи, протяжка, свердління, зенковки і нарізування різьблення [2].

Залежно від складу і стану або міцності при обробці різанням алюмінію виділяють три групи: 1 - нестаріючі деформуються сплави; 2 - старіючі деформуються сплави і ливарні сплави з вмістом Si менше 10%; 3 - ливарні сплави з Si більше 10%.

З усіх сплавів алюмінію були виявлені, практичним шляхом, самі «шкідливі» і важкооброблювані, серед них сплави: 1201 і Д16.

Сплав 1201 - високоміцний термічнозміцнюваний зварюваний сплав системи Al-Cu-Mn. Сплав має високу технологічність при деформації і зварюванні. З даного сплаву виготовляються всі види напівфабрикатів (заготовок: прутки, поковки, штампування, пресовані профілі, листи, плити і т. д.). Як і всі високоміцні сплави, сплав 1201 чутливий до концентраторів напруги. Сплав тисячі двісті один має знижену корозійну стійкість.

Сплав Д16 - один з найбільш затребуваних дюралюмінієвих сплавів в суднобудівній, авіаційній і космічній промисловості. Головна його перевага полягає в тому, що отримується з нього металопродукт володіє:

1. стабільною структурою;
2. високими характеристиками міцності;
3. в 3 рази легшою вагою, ніж сталеві вироби;
4. гарною механічною оброблюваністю на токарних і фрезерних верстатах, поступаючись лише деяким іншим алюмінієвих сплавів.

Дюралюміній Д16 відноситься до алюмінієвих сплавів системи Al-Cu-Mg, легованих марганцем. велику його частину становить алюміній - до 94,7%, решта припадає на мідь, магній і інші домішки. Марганець підвищує корозійну стійкість сплаву і поліпшення його механічні властивості, хоча і не утворює з алюмінієм загальних зміцнюючих фаз, а лише дисперсні частинки складу $Al_{12}Mn_2Cu$ [2].

Д16 - це конструкційний термозміцнений сплав в заготівлі, який застосовується в різних областях народного господарства. Його застосовують і для виготовлення силових елементів

конструкцій в авіатехніці: деталей обшивки, каркаса, шпангоутів, нервюр, тяги управління, лонжерон і т. д.

Він застосовується і в автомобільній промисловості для виготовлення кузовів, труб і інших досить міцних деталей. Д16 застосовують для виготовлення заклепок з високою міцністю на зріз. Ці ж заклепки застосовуються для кріплення інших більш м'яких алюмінієвих деталей, наприклад, з Магнеліт АМг6.

Дуралюміни добре деформуються в гарячому і холодному стані. Сплав Д16 гартують з 495-505° С в воді. Нагрівання до більш низьких температур не забезпечує максимальних механічних властивостей. Нагрівання до більш високих температур викликає перевитрати, тобто окислення і часткове розплавлення сплаву по межі зерен, що різко знижує міцність і пластичність. Дуралюміни піддають природному старінню, т. К. Воно забезпечує отримання більш високої міцності і корозійної стійкості в поєднанні з високою пластичністю і дуже високим опором поширенню втомних тріщин (сплав Д16 є найбільш тріщиностійкості з усіх алюмінієвих сплавів) [2].

При виготовленні деталей з великогабаритних поковок доцільно використовувати наступну схему виготовлення:

- чорнова механічна обробка;
- гартування;
- штучне старіння 190° С, 22 години, (допускається 36 годин для великогабаритних поковок з метою зменшення викривлення під час механічної обробки і підвищення розмірної стабільності);
- напівчистова механічна обробка;
- стабілізуюче старіння 190° С, 19 годин;
- чистова механічна обробка.

Контроль параметрів якості і зокрема точності розмірів проводиться після кожної операції.

Вибір режимів різання проводити відповідно з рекомендаціями для сплаву Д16. для виключення великих викривлення остаточну механічну обробку деталей рекомендується проводити після штучного старіння[2].

Практичним шляхом встановлено, що при фрезеруванні величина внутрішніх радіусів переходів повинна бути не менше 2 мм, шорсткість поверхні при цьому досягається не гірше Ra2,5. Для ребер жорсткості, якщо такі є, зовнішній радіус округлення або фаски повинен бути не менше 0,7-1,0 мм (за умовами креслення). Дані рекомендації вказуються для більшості

деталей зі сплавів 1201 і Д16. При цьому не допускається розігрів оброблюваної поверхні деталі до температури понад 100 С, так як це може привести до структурних змін поверхневого шару оброблюваної деталі.

Так само однією з рекомендацій є видалення залишків охолоджуючих складів після механічної обробки, ця умова обов'язково. одноразовий контакт з МОР не повинен перевищувати 15 діб, так як має знижену стійкість проти рівномірної і міжкристалічної корозії, а також корозії під напругою [2].

На поверхні корпусних деталей із сплавів 1201 і Д16 (рис. 1, 2) допускаються риси, подряпини, забоїни, відбитки, пологі вм'ятини і опуклості, сліди від інструмента, якщо глибина їх не більше 0,05 мм.



Рис. 1. Деталь из сплава 1201



Рис. 2. Деталь из сплава Д16

Представлені сплави дуже залежні від температурних змін. Деталь, виконана в середині поля допуску, і пройшла контроль, може не увійти в збірку через відхилень в більшу чи меншу сторону щодо сполучається деталі. Тому необхідно буде застосовувати метод селективного складання, що є економічно не вигідним. Така зміна може відбуватися в зв'язку зі зниженням або підвищенням температури. Прикладом може бути корпусні деталь, наведена на малюнку 3, яка при обробці закріплювалася в спеціальне пристосування[2].

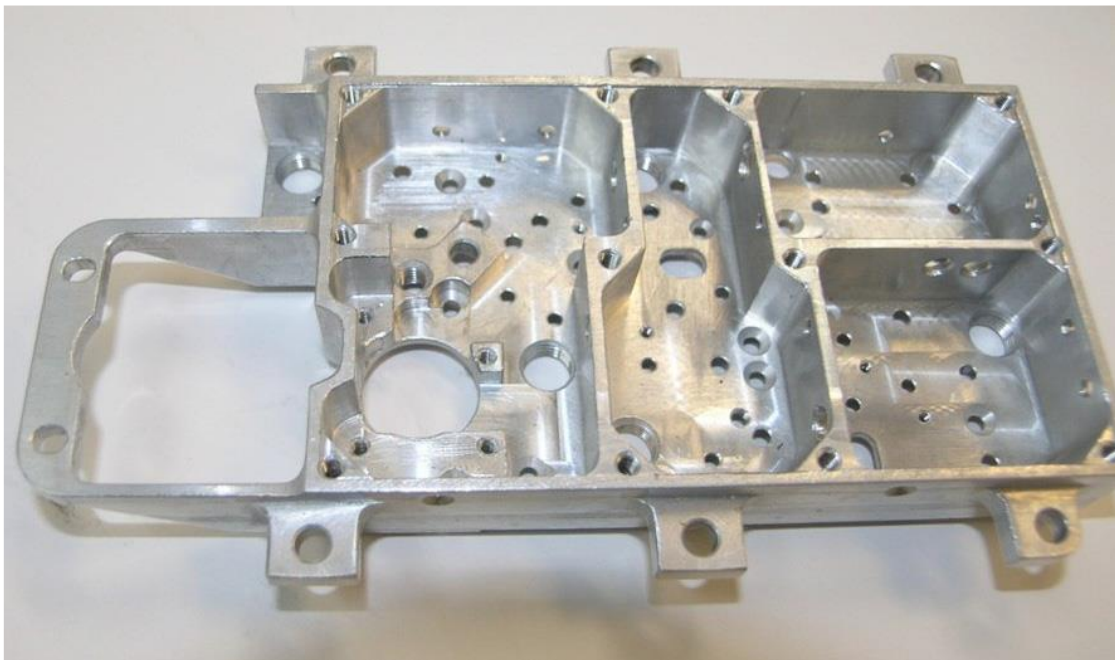


Рис. 3. Корпусная деталь

Після зняття деталі з пристосування, через кілька годин закріплення в пристосування не здавалося, так як відбувалися деформаційні зміни. Застосування МОР дозволило зменшити

деформації, внаслідок температурних навантажень і забезпечити деталі стабільність розмірів, в необхідному полі допуску.

Для алюмінієвих сплавів 1201 і Д16 необхідна витримка деталей, особливо тонкостінних, перед перевстановлення, в іншому випадку може статися її деформація внаслідок залишкових внутрішніх напружень, отриманих в результаті механічної обробки. Так само необхідно забезпечення постійної і рівномірної подачі МОР або застосування системи охолодження інструменту масляним туманом для створення термостійких умов різання і виключення деформацій деталі. Також необхідно застосування гостро заточеного інструменту, який дозволяє проводити обробку при кращих умовах різання[2].

1.2 Особливості обробки різанням алюмінієвих сплавів

Алюмінієві сплави використовуються в деяких галузях промисловості досить широко, і на підприємствах цих галузей накопичений великий досвід по раціональним умовам обробки таких сплавів. Там розроблені спеціальні стандарти, нормалі і рекомендації, які дозволяють вибрати оптимальні умови їх обробки[1].

Однак в умовах дрібносерійного і одиничного виробництва при епізодичному виготовленні деталей з алюмінієвих сплавів такі рекомендації найчастіше відсутні. Тому у технологів і верстатників часто виникають певні труднощі при виборі геометрії ріжучих інструментів, а також оптимальних режимів різання при обробці алюмінієвих сплавів. У загальномашинобудівних нормативах режимів різання наведені докладні рекомендації для обробки сталей і чавунів, і тільки іноді для обробки алюмінієвих сплавів, причому часто без вказівок, до якої саме марки алюмінієвого сплаву відносяться ці рекомендації, хоча різні марки алюмінієвих сплавів можуть мати різну оброблюваність.

У зв'язку з цим певний інтерес можуть представляти дані по оброблюваності алюмінієвих сплавів в порівнянні з широко відомими машинобудівними матеріалами, наприклад, зі сталлю 45, яка в нормативних документах зазвичай приймається за еталон і рекомендації по її обробці досить широко відомі.

Нижче наведені результати обробки літературних і нормативних джерел, наукових праць, пов'язаних з вивченням оптимальних умов обробки алюмінієвих сплавів, а також даних про працездатність різних лезових ріжучих інструментів, отриманих в виробничих умовах.

У табл.1 наведені основні марки алюмінієвих сплавів, а коефіцієнтом K_m наближено охарактеризована їх оброблюваність в порівнянні зі сплавом Д16, який зазвичай приймається за еталон серед сплавів алюмінію [1]. Прийнято, що фізико-механічні властивості зазначених в таблиці сплавів відповідають стану, найчастіше використовуваному в промисловості[1].

Таблиця 2

Група		Марки сплавів	Км
№	Назви		
1	Дюралюміній	ДІАМ, ДІТ, ДІАТ, ДІТПП, ДІ6, ДІ6-Т, ДІ6-ТПП, ДІ6-АТ, ДІ6-АМ, Д20	1,0
2	Алюміній технічної чистоти	АДО, АДІ, АДІМ	0,9
3	Сплави алюмінію з міддю	АЛ7-Т4, АЛ7-Т5, АЛІ9-Т4, АЛІ9-Т5, АЛІ9-Т7	0,9
4	Силуміни	АЛ2, АЛ2-Т2	0,6
		АЛ4, АЛ4-ТІ, АЛ4-Т6	0,8
		АЛ9, АЛ9-Т2, АЛ9-Т4, АЛ9-Т5, АЛ9-Т6, АЛ9-Т7, АЛ9-Т8	1,1
5	Сплави алюмінію з марганцем	АМц, АМцМ	0,8
6	Сплави алюмінію з магнієм	АМг-2, АМг2-М, АМг2-Н, АМг3, АМг5, АМг5-М, АМг6	2,5
		АЛ8-Т4, АЛІ3, АЛ22, АЛ22-Т4, АЛ27-Т4, АЛ28, АЛ29	1,1
7	Сплави алюмінію з кремнієм і магнієм	АВ-Т, АВ-ТІ, ДД33-ТІ	1,2
8	Сплави алюмінію з кремнієм і магнієм	АЛ3, АЛ3-ТІ, АЛ3-Т2, АЛ3-Т5, АЛ3-Т7, АЛ3-Т8, АЛ5, АЛ5-ТІ, АЛ5-Т5, АЛ5-Т6, АЛ5-Т7, АЛ6, АЛ6-Т2, АЛ32, АЛ32-ТІ, АЛ32-Т5, АЛ32-Т6, АЛ32-Т7, АКМ2, АК5М2-Т5, АК5М2-Т8	0,8
9	Сплави алюмінію з магнієм, цинком і міддю	В95-ТІ, В95-Т3	0,9
10	Сплави алюмінію з міддю і магнієм	АК4-І, АК6, АК6-Т, АК6-ТІ, АК6-ТПП, АК8-Т, АК8-ТІ, АК8-ТПП	1,1
11	Сплави алюмінію з іншими компонентами	АЛІ-Т5, АЛІ-Т7, АЛІ, А25-ТІ, АЛ24, АЛ24-Т5, АЛ30-ТІ	0,9

Ріжучий інструмент, застосовуваний для обробки алюмінієвих сплавів, зазвичай має конструктивні особливості. У табл. 2 наведено порівняльний аналіз величин рекомендованих геометричних параметрів інструменту для обробки алюмінієвих сплавів в порівнянні з інструментом для обробки сталі 45. У табл. 2 вказані середні значення головного заднього кута

α , переднього кута γ , кутів в плані ϕ , нахилу гвинтових канавок ω і кількості зубів інструменту Z , отримані на основі аналізу великої кількості літературних джерел[1].

Видно, що для обробки алюмінієвих сплавів рекомендується використовувати інструменти, які мають більш загострений ріжучий клин, тобто значення рекомендованих передніх і задніх кутів більше, ніж у інструментів для обробки конструкційної сталі.

Це, мабуть, пояснюється тим, що при обробці алюмінієвих сплавів силова і теплове навантаження на ріжучий клин набагато менше, ніж при обробці сталі, а це дозволяє:

- збільшувати задній кут з метою зменшення тертя по задній поверхні, яке збільшено за рахунок більшої пластичності алюмінієвих сплавів, не побоюючись зменшення міцності клина і погіршення тепловідведення із зони різання;

- збільшувати передній кут з метою поліпшення умов стружкоутворення, маючи на увазі ті ж міркування.

Багатозубі інструменти, використовувані для обробки алюмінієвих сплавів, як правило, мають менше число зубів (див. Табл. 2), а стружкові канавки мають збільшені розміри для повного розміщення утворюється алюмінієвої стружки. Крім того, рекомендується підвищувати якість робочих поверхонь і поверхонь стружкових канавок у цих інструментів. Так, показники якості поверхні R_a або R_z у цих інструментів мають у два рази менші значення, ніж це рекомендується для інструментів, що обробляють сталь. Це пояснюється схильністю алюмінієвих сплавів до налипання на робочі поверхні, що може значно ускладнити процес різання[1].

Порівняння значень швидкостей різання, рекомендованих для роботи ріжучих інструментів в приблизно однакових умовах для алюмінієвих сплавів і сталі 45, дозволило отримати значення коефіцієнта K_v , наведеного в табл. 2. Цей коефіцієнт характеризує умовну оброблюваність алюмінієвого сплаву еталонної групи по відношенню до сталі 45 / HB = 200 / для різних видів обробки, тобто характеризує ступінь підвищення швидкості різання при роботі по алюмінієвому сплаву:

$$K_v = \frac{V_{AC}}{V_{45}},$$

де V_{AC} - рекомендована швидкість різання при обробці алюмінієвого сплаву;

V45 - рекомендована швидкість різання при обробці такої ж деталі зі сталі 45 / HB = 200

/.

Різець токарний швидкорізальний	$\alpha_{\text{ср}}$ для обробки		$\gamma_{\text{ср}}$ для обробки		Z обробки		K_v
	Сталь 45	сплави Al	сталі 45	сплави Al	сталі 45	сплави Al	
Різець токарний швидкорізальний (БС)	9	11	11	16	-	-	5,2
Різець токарний твердосплавний (ТЗ)	7	10	13	14	-	-	2,2
Свердло спіральне БС	-	-	-	-	$2\varphi = 120$ $\omega = 30$	$2\varphi = 135$ $\omega = 42$	4,9
Свердло спіральне ТС	-	-	-	-	$2\varphi = 120$ $\omega = 42$	$2\varphi = 135$ $\omega = 52$	2,8
Зенкер БС	9-	14	-	-	$\omega = 20$ $Z = 3$	$\omega = 30$ $Z = 3$	3
Зенкер ТС	8	12	-	-	$\omega = 20$ $Z = 3$	$\omega = 30$ $Z = 3$	4
Розгортка машинна БС	11	13	0	0	6	4	1,1
Розгортка машинна ТС	6	11	0	0	8	5	1,2
Пила кругла БС	9	20	9	22	65	18	5,1
Пила кругла ТС	6	8	6	8	55	16	До 10
Метчик машинний БС	11	13	5	18	4	4	1,4
Дискова резьбовая фреза БС	7	9	13	21	11	9	4,8
Фреза торцева	$\alpha_{\text{ц}} = 14$	$\alpha_{\text{ц}} = 18$	$\gamma_{\text{ц}} = 15$	$\gamma_{\text{ц}} = 14$	13	7	5,0

БС	$\alpha_T = 8$	$\alpha_T = 12$	$\gamma_T = 12$	$\gamma_T = 8$			
Фреза торцева ТС	7	13	10	15	19	8	2,3
Фрези дискові дво- та тристоронні БС	$\alpha_{\text{ц}} = 18$ $\alpha_T = 6$	$\alpha_{\text{ц}} = 20$ $\alpha_T = 8$	15	20	20	14	4,7
Фреза кінцева БС	$\alpha_{\text{ц}} = 14$ $\alpha_T = 8$	$\gamma_{\text{ц}} = 15$ $\gamma_T = 10$	14	20	4	2	1,4

Умовно вважається, що якщо відомі режими обробки стали 45, то при роботі з алюмінієвого сплаву на режимі, встановленому через коефіцієнт оброблюваності K_v , ріжучий інструмент при роботі в приблизно однакових умовах буде забезпечувати нормативну стійкість інструменту[1].

Коефіцієнти K_v отримані на основі аналізу вітчизняних нормативних матеріалів та рекомендацій, а також рекомендацій по режимам різання зарубіжних фірм, де приблизно для однакових умов наводяться рекомендовані параметри режиму різання, як для конструкційних сталей, так і для алюмінієвих сплавів.

Слід зазначити, що аналіз як вітчизняних, так і зарубіжних джерел давав досить значний розкид значень K_v . Тому величини K_v , представлені в табл. 2, є середніми значеннями, отриманими в результаті обробки літературних даних, які заслуговують на довіру.

На закінчення хочеться підкреслити, що наведені значення коефіцієнтів оброблюваності і геометричних параметрів можна розглядати тільки як наближені, і отримані з їх допомогою рекомендації за умовами обробки алюмінієвих сплавів слід використовувати тільки в якості стартових значень, щоб потім уточнити їх після аналізу результатів пробних проходів[1].

2. Технологічний розділ

2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі

2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Деталь «Корпус привода» є корпусною деталлю, яка використовується для орієнтування і жорсткого закріплення деталей у вузлі. В зв'язку з цим в корпусі виготовлено два точних отвори, точно роієнтованих один відносно одного, за допомогою яких, кріпляться інші складові вузла. Пластичність дюралюмінія дозволила виконати схему гнучкого затиску орієнтованої по отвору деталі за допомогою двох гвинтів, для яких виготовленні, відповідні різьбові отвори. Геометрія деталі складається з простих просторових фігур, що не накладає особливих складнощів при складанні плану обробки і його реалізації.

У механізмі «Корпус привода» базується на чисто обробленій поверхні і кріпиться за допомогою двох болтів. На точність розташування «Корпусу привода» у вузлі вказує жорстке обмеження на взаємне розташування установчих отворів.

При виготовленні «Корпусу привода» особливу увагу необхідно звернути на обробку двох взаємопов'язаних точних поверхонь: установчої площини і отворів. Для забезпечення перпендикулярності осей отворів відносно площини, деталь доцільно виготовляти за одну установку, використовуючи спеціальні верстатні пристрої (поворотні столи). Тому, на перших операціях буде раціонально отримати загальну технологічну базу (площину) необхідної точності, для забезпечення витримування вимог креслення в подальшому.

2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

З вище сказаного можна зробити висновок, що у вузлі «Корпус привода» виконує відповідальну роль, а саме: орієнтування інших складальних одиниць. Для цього на всі оброблювані поверхні конструктором було поставлено шорсткість $Ra = 3,2$ мкм.

2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Деталь виготовляється з дюралюмінію Д16Т. Д16 - один з найбільш затребуваних дюралюмінієвих сплавів в суднобудівній, авіаційній і космічній промисловості. Головна його перевага полягає в тому, що отримується з нього металопрокат володіє: стабільною структурою;

- високими характеристиками міцності;
- в 3 рази меншою вагою, ніж сталеві вироби;
- підвищеним опором мікроскопічної деформації в процесі експлуатації;
- гарною механічною оброблюваністю на токарних і фрезерувальних верстатах, поступаючи лише деяким іншим алюмінієвих сплавів.

Сплав Д16Т:

Хімічний склад дюралюмінію Д16Т строго регламентується ГОСТом 4784-97 і розшифровується в такий спосіб:

- Д - дюралюміній;
- 16 - номер сплаву в серії;
- Т - загартований і природно зістарений.

Дюралюміній Д16Т відноситься до алюмінієвих сплавів системи Al-Cu-Mg, легованих марганцем. Більшу його частину становить алюміній - до 94,7%, решта припадає на мідь, магній і інші домішки. Марганець підвищує корозійну стійкість сплаву і поліпшення його механічні властивості, хоча і не утворює з алюмінієм загальних зміцнюючих фаз, а лише дисперсні частинки складу $Al_{12}Mn_2Cu$. [1]

Механічні властивості і хімічний склад вказанні в Таблиці 1.1 і Таблиці 1.2.

Таблиця 2.1 — Типові механічні властивості алюмінієвих високоміцних сплавів

Марка сплаву	Металічна система	σ_{02} , МПа	σ_B , МПа	δ , %	НВ	КСУ. $\frac{KДж}{м^2}$	K_{1C} . $\frac{KДж}{м^{3/2}}$	σ_1 , МПа
АЛ9М	Al-Si	250	340	3,0	100	80	18	65
АЛ27	Al-Mg	190	360	18	90	150	65	55
АЛ24П	Al-Mg-Zn	372	460	6,0	140	100	24	51
АЛ23-3	Al-Mg-Li	277	380	4,0	121	25	22	51
ВАЛ10	Al-Cu	390	500	4,0	120	100	20	70
Д16Т	Al-Cu-Mg	300	440	20,0	130	250	44	120

Таблиця 2.2 – Хімічний склад в % матеріалу Д16Т

Fe	Si	Mn	Ni	Ti	Al	Cu	Mg	Zn
до 0,5	до 0,5	0,3-0,9	до 0,1	до 0,1	90,8-94,7	3,8-4,9	1,2-1,8	до 0,3

2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Тип виробництва — це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску виробів у відповідності до стандартів ГОСТ 3.1108-74 Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Для попереднього проектування доцільно використовувати аналогові методи визначення типу виробництва. Для цього необхідно визначити масу деталі та річний обсяг випуску.

Масу деталі знаходимо за допомогою програмного засобу «SolidWorks» попередньо побудувавши тривимірну модель деталі «Корпус привода» (рис 2.1).

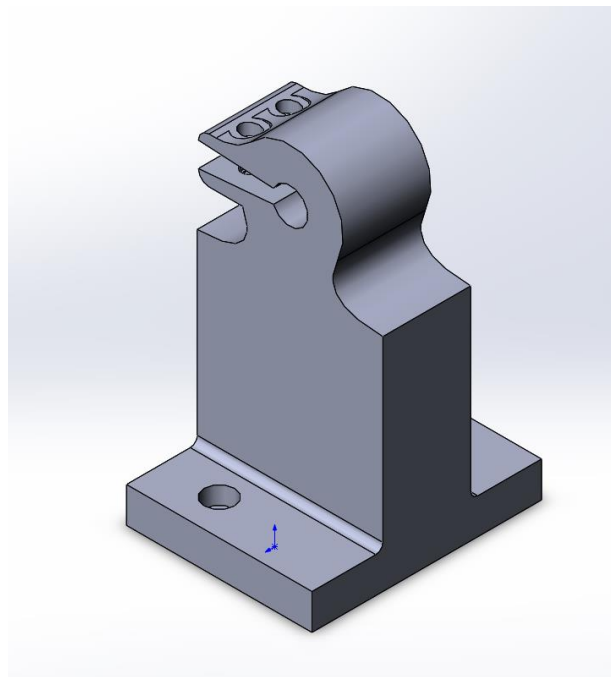


Рисунок 2.1 – 3-D модель деталі «Корпус привода»

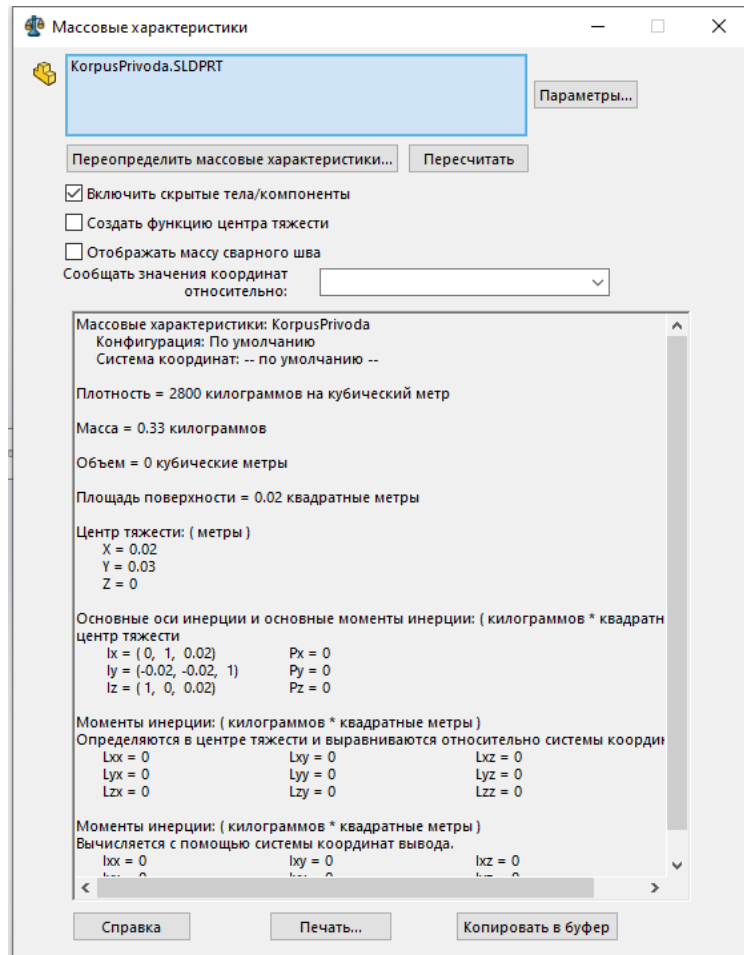


Рисунок 2.2 масові характеристики деталі «Корпус привода»

У відповідності до розрахунків в CAD системі SolidWorks визначили, що маса деталі складає

$m = 0.33$ кг; приймаємо обсяг випуску $N_p = 1000$ штук на рік.

Відповідно до вихідних даних тип виробництва визначаємо за даними табл.2.2.

Таблиця 2.3 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20 кг	середні, масою 20...30 кг	важкі, масою більше 30 кг
Одиничний	до 100	до 10	1...5
Малосерійний	101...500	11...200	6...100
Середньо серійний	501...5000	201...1000	101...300
Велико серійний	5001...50000	1001...5000	301...1000

Масовий	більше 50000	більше 5000	більше 1000
---------	--------------	-------------	-------------

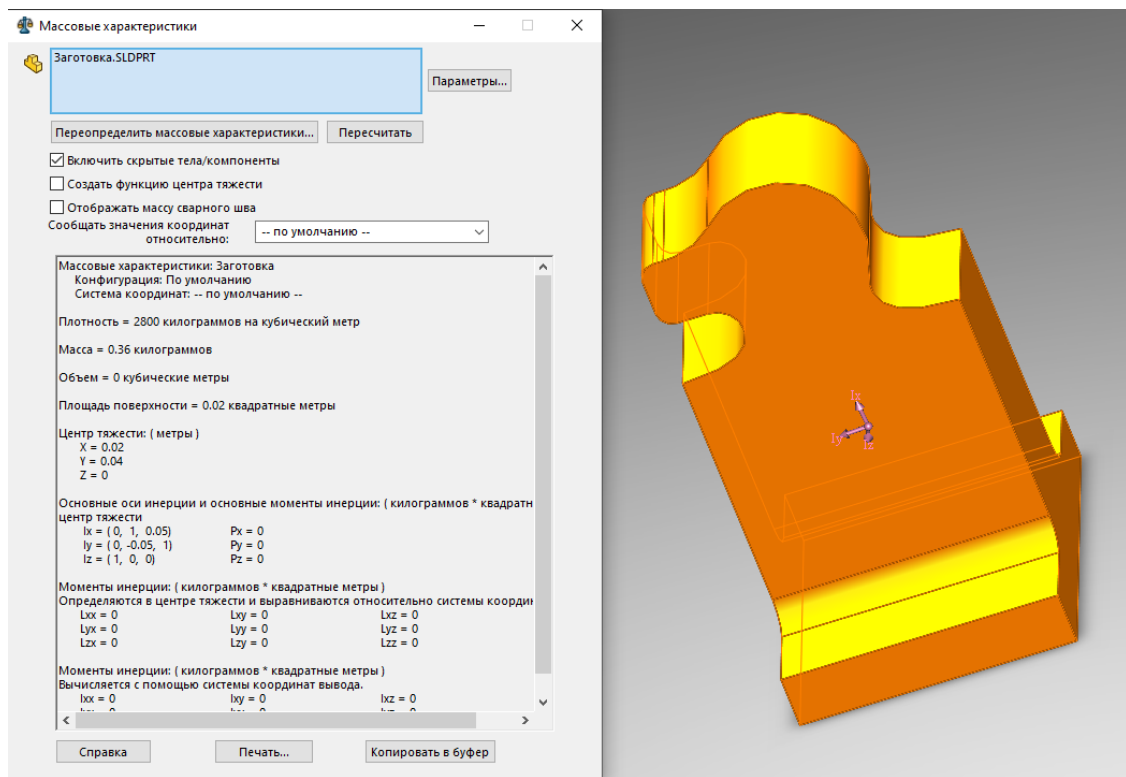


Рисунок 2.3 масові характеристики вилівка деталі «Корпус привода»

Таблица 2.4

Маса відливки, кг	Виробництво				
	одиничне	малосерійне	середньосерійне	великосерійне	масове
До 20	До 300	300 – 3 000	3 000 – 35 000	35 000 – 200 000	> 200 000
> 20 до 100	» 150	150 – 2 000	2 000 – 15 000	15 000 – 100 000	» 100 000
» 100 » 500	» 75	75 – 1 000	1 000 – 6 000	6 000 – 40 000	» 40 000
» 500 » 1000	» 50	50 – 600	600 – 3 000	3 000 – 20 000	» 20 000
» 1000 » 5000	» 20	20 – 100	100 – 300	300 – 4 000	» 4 000
» 5000 » 10000	» 10	10 – 50	50 – 150	150 – 1 000	» 1 000
» 10000	» 5	5 – 25	25 – 75	> 75	-

Для маси деталі $m = 0.36$ кг та річного обсягу випуску $N_p = 1000$ штук на рік тип виробництва буде малосерійне.

Малосерійне виробництво — тип виробництва, що характеризується одночасним виготовленням на підприємстві обмеженої номенклатури однорідної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

Серійне виробництво характеризується тим, що виготовляється обмежений асортимент продукції. Предмети праці до робочого місця надходять не штуками, як при одиничному виробництві, а періодично певними партіями.

Залежно від розміру партії розрізняють дрібно-, середньо- та великосерійне виробництво.

Для серійного типу виробництва характерна велика номенклатура виробів, однак значно менша, ніж за одиничного типу виробництва. Як правило, виготовлення значної частини продукції в умовах серійного виробництва періодично повторюється протягом року або ряду років, що дає можливість організувати цей випуск на технологічно спеціалізованих дільницях (передусім це стосується організації середньо- та великосерійного виробництва).

У виробництвах серійного типу рівень собівартості продукції знижується за рахунок спеціалізації робочих місць, широкого залучення робітників середньої кваліфікації, зменшення, порівняно з одиничним виробництвом, витрат на заробітну плату.

Відмітними рисами серійного виробництва є:

- за кожним робочим місцем закріплюється від однієї до 20 періодично повторюваних операцій;
- номенклатура продукції не стійка, одна й та сама продукція виготовляється кілька разів;
- частина обладнання спеціалізована, розміщується за технологічною та частково за предметною ознакою;
- застосовується паралельно-послідовний вид пересування предметів праці;
- значне застосування механізації праці при незначному використанні ручної праці.

Продукція серійного виробництва, як правило, стандартна. До неї можуть належати насоси, компресори, машини встановленого типу, обладнання хімічної та харчової промисловості тощо.

Масове виробництво характеризується виготовленням окремих видів продукції у великій кількості на вузькоспеціалізованих робочих місцях протягом тривалого періоду.

Висновок: Вибираємо малосерійний тип виробництва.

2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Відповідно до ГОСТ 14.205-83 технологічність - це сукупність властивостей конструкції виробів, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті при заданих показниках якості, обсязі випуску і умов виконання робіт.

Виробнича технологічність конструкції деталі - це ступінь її відповідності вимогам найбільш продуктивного і економічного виготовлення. Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення, тим технологічнішою є конструкція деталі.

Оцінка технологічності конструкції буває двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка технологічності є попередньою, узагальненою і характеризується показаннями: «краще - гірше», «рекомендується – НЕ рекомендується »,« технологічно - нетехнологічно » і т.п. Технологічною, при якісній оцінці, слід вважати таку геометричну конфігурацію деталі і окремих її елементів, при якій враховані можливості мінімальної витрати матеріалу і використання найбільш продуктивних і економічних для певного типу виробництва методів виготовлення. У зв'язку з цим слід проаналізувати креслення деталі, наприклад, з точки зору:

- ступеня уніфікації геометричних елементів (діаметрів, довжин, різь, модулів, радіусів переходу і т.п.) в конструкції;
- наявності зручних базуючих поверхонь, що забезпечують можливість суміщення і сталості баз;
- можливості вільного підведення і виведення ріжучого інструменту при обробці;
- зручності контролю точностних параметрів деталі;
- можливості зменшення протяжності точних оброблюваних поверхонь;
- відповідність форми дна отворів формі кінця стандартного інструменту

для його обробки (свердла, зенкера, розгортки) і т.п.

Кількісна оцінка технологічності виражається показником, чисельне значення якого характеризує ступінь задоволення вимог до технологічності. Згідно ГОСТ 14.202-73 номенклатура показників технологічності вироби містить 4 основних і 31 додатковий показник. Стосовно до виробництва кількісну оцінку технологічності виробляють за сумарною трудомісткістю, а також за технічними показниками, визначення яких можливо з креслення деталі.

Проведемо якісну оцінку деталі на технологічність.

Деталь виготовляється з дюралюмінію Д16Т, обробка різанням задовільна. Конфігурація корпусу дає можливість отримання заготовки литтям з розмірами максимально наближеними до розмірів деталі. Це дозволяє підвищити коефіцієнт використання матеріалу.

Деталь має достатню жорсткість, що не обмежує режими різання. Форма деталі дає можливість зручного базування і закріплення заготовки в процесі обробки, а також забезпечує вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь.

Деталь не має важкодоступних поверхонь з складним профілем, тому для отримання поверхонь не знадобиться додаткове оснащення і спеціалізовані інструменти.

Решта оброблюваних поверхонь з точки зору точності і шорсткості не представляють значних технологічних труднощів, дозволяють вести обробку на прохід.

Проведемо кількісну оцінку деталі на технологічність.

При проведенні кількісного аналізу визначаються показники уніфікації і показники обробки.

1. Показники уніфікації

коефіцієнт уніфікації розмірів

$$K_{ур} = \frac{Q_{ур}}{Q_p}, \quad (2.2)$$

де $Q_{ур}$ - кількість уніфікованих розмірів; до них відносяться розміри, які закінчуються на 5 і 0, $Q_p = 12$

Q_p- кількість всіх розмірів, Q_p = 36

$$K_{yp} = \frac{12}{36} = 0,3, \quad (2.3)$$

коефіцієнт уніфікації шорсткості

$$K_{yш} = \frac{Q_{yш}}{Q_{ш}}, \quad (2.4)$$

де Q_{уш}- кількість уніфікованих шорсткостей; до них відносяться розміри, які закінчуються на 5 і 0, Q_{уш} = 0,

Q_ш- кількість всіх шорсткостей, Q_ш = 36

$$K_{yш} = \frac{Q_{yш}}{Q_{ш}} = 0, \quad (2.5)$$

2. Показники обробки коефіцієнт точності обробки

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}, \quad (2.6)$$

де

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i}{\sum n_i}, \quad (2.7)$$

де A_i - квалітет точності розмірів

n_i- кількість розмірів, відповідних квалітетів

$$A_{cp} = \frac{12 \cdot 31 + 9 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{36} = 11,5_{KB}, \quad (2.8)$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,73} = 0,91, \quad (2.9)$$

коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{B_{ср}}, \quad (2.10)$$

де

$$B_{ср} = \frac{\sum B_i}{\sum n_i}, \quad (2.11)$$

де B_i - значення параметра шорсткості

n_i - кількість параметрів шорсткості

$$B_{ср} = \frac{3,2 \cdot 36}{36} = 3,2, \quad (2.12)$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{8,125} = 0,68, \quad (2.13)$$

Провівши якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції деталі, можна вважати деталь технологічною, тому що значення коефіцієнтів менше одиниці.

2.4 Проектування конструкції заготовки

2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

При виборі заготовки для заданої деталі призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови на виготовлення. В міру ускладнення конфігурації заготовки, зменшення напусків і припусків, підвищенні точності розмірів і параметрів розташування поверхонь ускладнюється і дорожчає технологічне оснащення заготівельного цеху і зростає собівартість заготовки, але при цьому знижується трудомісткість і собівартість подальшої механічної обробки заготовки, підвищується коефіцієнт використання матеріалу.

Заготовки простої конфігурації дешевше, так як не вимагають при виготовленні складної і дорогої технологічної оснастки, однак такі заготовки вимагають подальшої трудомісткої обробки і підвищеної витрати матеріалу.

Заготовки деталей отримують литтям, куванням, штампуванням, зварюванням, пресуванням, прокаткою, волочінням. Заготовки бувають металеві і неметалеві.

Більшість деталей типу валів, втулок, шайб і кілець виготовляють із заготовок, що поставляються у вигляді круглих, шестигранних і квадратних прутків. Великі і складні за формою деталі отримують з штучних заготовок литтям, куванням або штампуванням.

Вибір виду заготовки (пругків круглого, шестигранного або квадратного перетинів, поковки, відливання і т. д.) залежить від конструктивних особливостей деталей. Наприклад, болт з шестигранною головкою доцільно виготовляти з шестигранного прутка, а не з круглого.

Заготівля повинна мати дещо більші розміри, ніж оброблена деталь так, як передбачається шар металу, що знімається при механічній обробці. Цей шар металу носить назву припуску на обробку.

Величина припуску повинна бути меншою, але при цьому забезпечувати отримання придатної деталі. Заготовка за формою і розмірами повинна наближатися до форми і розмірів готової деталі.

Остаточне питання про вибір способу отримання заготовки вирішує технолог-механік при розробці техпроцесу виготовлення деталі. Це рішення він підкріплює техніко-економічним розрахунком, в якому аналізуються наступні фактори:

- технологічні властивості матеріалу деталі (ливарні, гнучкість, зварюваність, оброблюваність);
- експлуатаційні характеристики виробу (макроструктура, розташування
- волокон, величина зерна);
- конфігурація і розміри заготовки (чим більше деталь, тим дорожче виготовлення штамтів);
- програма випуску деталей; виробничі можливості заготівельних цехів (наявність відповідного обладнання);
- час на підготовку виробництва (необхідне і розташовується);
- витрата матеріалу;
- собівартість виготовлення окремо деталі і заготовки.

В результаті практичного використання досягнень науково-технічного прогресу, в технології машинобудування все чіткіше формуються наступні основні напрямки розвитку:

- прискорення впровадження комплексної механізації трудомістких робіт і підвищення рівня автоматизації процесів, посилення контролю якості обробки деталей, застосування автоматичних маніпуляторів, впровадження гнучких виробничих систем;
- підвищення питомої ваги безперервних процесів продуктивності металорізального обладнання, значне підвищення точності на всіх
- стадіях машинобудівного виробництва;
- зниження рівня питомої матеріалоемності деталей, вузлів і готових виробів за рахунок підвищення якісних характеристик конструкційних металів.
- вдосконалення структури технологічних процесів, які полягають
- в заміні трудомісткого праці обробки прогресивними видами штампування,
- прокату і точного лиття;

У вирішенні поставлених завдань велике місце відводиться вихідної заготівлі, і особливо литій, тому що виливки складають від 50 до 80% від маси виробів, що випускаються.

Жоден технологічний процес виготовлення продукції машинобудування не може бути поставлений на безперервний потік виробництва, якщо не будуть вирішені питання однорідності у властивостях і розмірах вихідних заготовок. Показники якості виробів тісно пов'язані з точністю і якістю застосовуваних заготовок. Технологічний процес, побудований на використанні заготовок з великими допусками, припусками, з грубою поверхнею, неоднорідною твердістю матеріалу, з великими ухилами може викликати великі коливання в допусках готової деталі внаслідок закону копіювання при механічній обробці.

Велика розмаїтість способів виготовлення виливків викликає певні труднощі в оцінці, у виборі, в проектуванні креслення литої заготовки, в здійсненні технологічної підготовки виробництва конкретно заданої деталі.

Литво - технологічний процес виготовлення відливок, що полягає в заповненні ливарної форми розплавленим матеріалом (ливарним сплавом, пластмасою, деякими гірськими породами) і подальшій обробці отриманих після затвердіння виробів.

Лиття в піщані форми

Литво в піщані форми - дешевий, найгрубший, але наймасовіший (до 75 - 80% по масі одержуваних в світі виливків) вид лиття. новим напрямком технології лиття в піщані форми є застосування вакуумних форм з сухого піску без зв'язного матеріалу.

Модель засипається піском або формувальної сумішшю (зазвичай пісок і зв'язка), що заповнює простір між нею і двома відкритими ящиками (опоками). Отвори в деталі утворюються за допомогою розміщених в формі ливарних піщаних стрижнів, які копіюють форму майбутнього отвору. Насипана в опоки суміш ущільнюється струшуванням, пресуванням або ж твердне в термічній шафі. Утворилися порожнини заливаються розплавом металу через спеціальні отвори - літники. Після охолодження форму розбивають і виймають виливок. Після чого відокремлюють литникову систему (зазвичай це обрубка), проводять термообробку, а потім фарбують. Літям називають також продукцію ливарного виробництва, художні вироби та вироби народних промислів, отримані з використанням лиття.

2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

Для остаточно прийнятого способу виготовлення виливка литтям у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26645-85 призначаємо:

1. Технологічний процес лиття — лиття у піщано-глинисті сирі форми з високовологих (більше 4,5 %), низькоміцних (до 60 кПа або 0,6 кГс/см²) сумішей з низьким рівнем ущільнення до твердості нижчої 70 одиниць; клас розмірної точності виливка: 10;
2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка враховуємо, що виливок не має тонких та довгих елементів, схильних до жолоблення, представляє собою жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка), яке (приблизно за розмірами деталі) дорівнює $3 / 96 = 0,03$; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка: 5;
3. Ступінь точності поверхонь виливків: 13;
4. Шорсткість поверхонь виливків: $Ra = 32$ мкм,
5. Клас точності маси виливків: 11;
6. Ряд припусків на обробку виливка: 6;
7. Згідно з ГОСТ 26645-85 точність виливка позначається: 10-5-13-11 ГОСТ 26645-85.

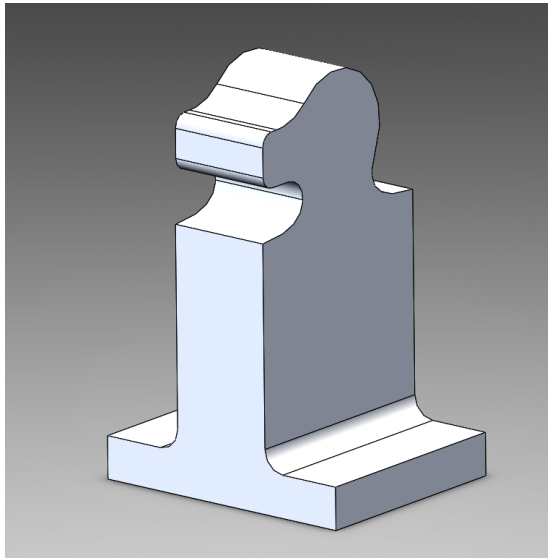


Рисунок 2.4 3D модель заготовки

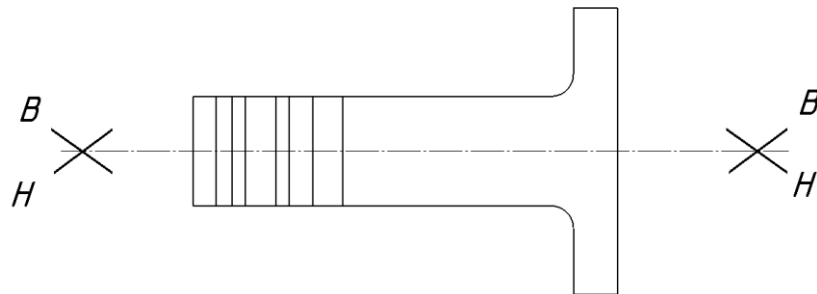


Рисунок 2.5 — Ескізи заготовки

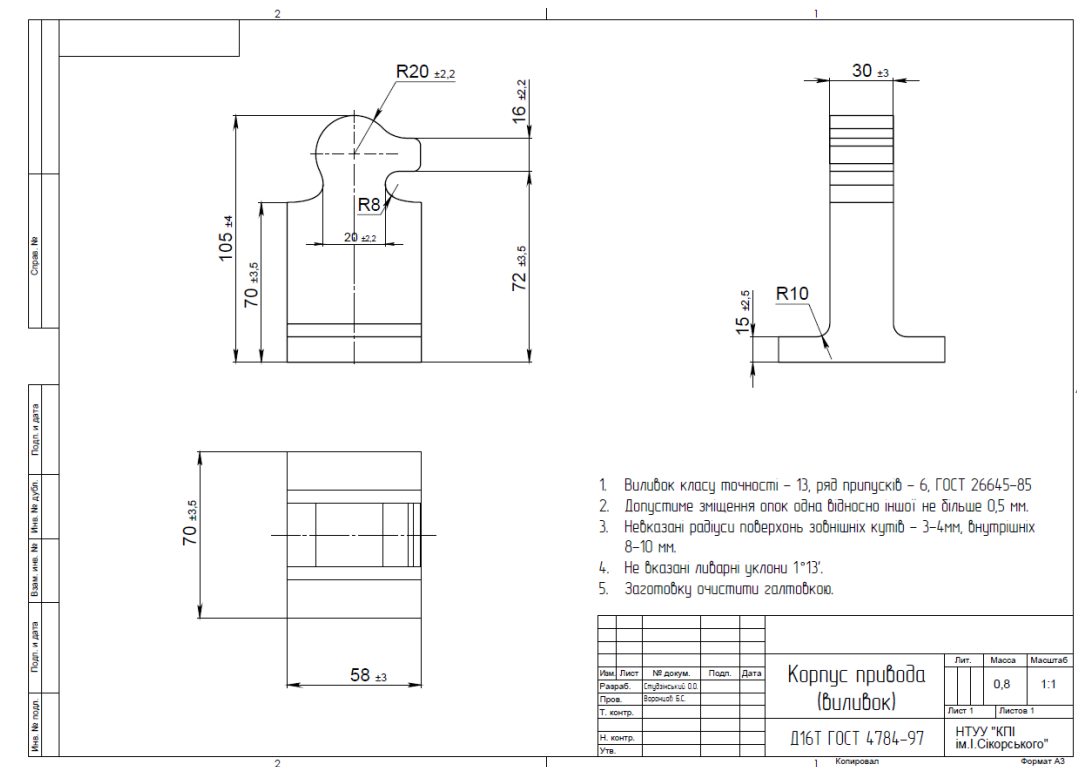


Рисунок 2.6 — Креслення заготовки

Висновок: Заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями.

2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Вихідними даними для вибору ЗТБ є робочий кресленик деталі і вузла в який входить задана деталь.

Для обґрунтування необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкції будь-якої деталі можна представити як сукупність чотирьох видів поверхонь:

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП);

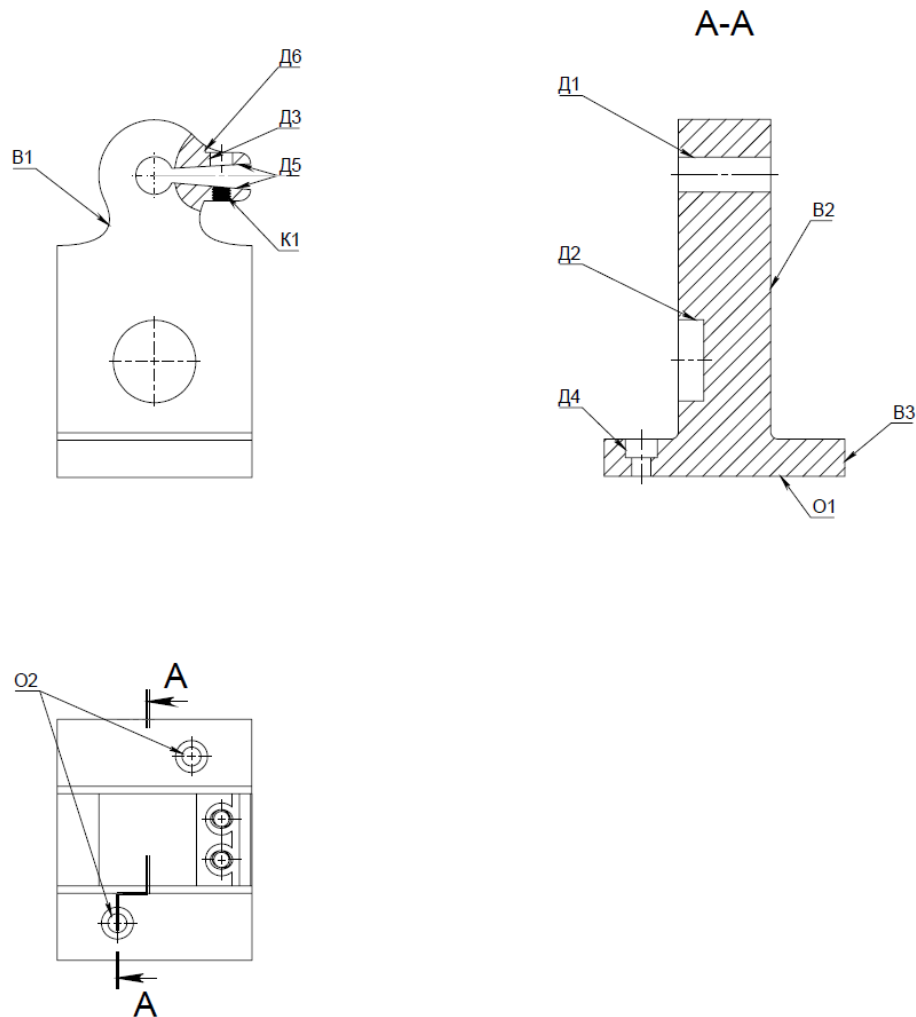


Рисунок 2.6 — Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням

Основною технологічною базою деталі «Корпус привода» є площина основи O1 та два отвори O2.

- ОКБ — поверхні деталі, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці або вузлі

Допоміжними конструкторськими базами є D1- D9.

- ДКБ — поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї деталей.

Кріпильними поверхнями є чотири отвори К1,2

- КП — поверхні деталей, які забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються.

Інші поверхні є вільними поверхнями В1-В7.

- ВП — додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі.

Відповідно до алгоритму освоєння технологічних основних перевіряємо можливість використання поверхонь для загальних технологічних баз (ЗТБ).

Аналіз технологічних процесів виготовлення корпусних деталей 5 групи показує, що у поданні більшості конструкцій поверхонь основні конструктивні поверхні використовуються як загальні технологічні основи. Відповідно, поверхню основних проектних баз можна використовувати в якості інших технологічних баз. Теоретична схема базування на інших технологічних засадах представлена на рис. 2.4.

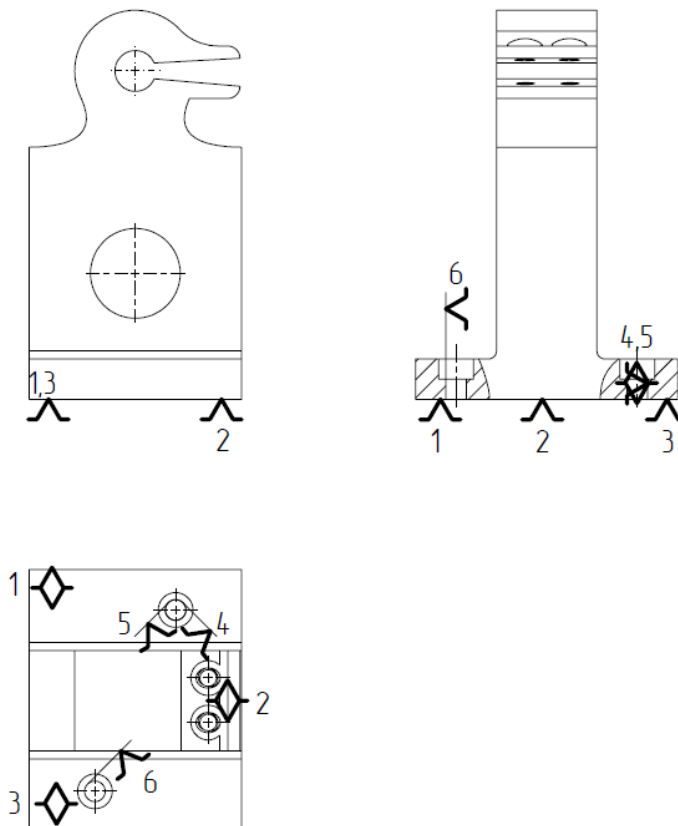


Рисунок 2.7 — Теоретична схема базування по загальним технологічним базам

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам має вид:

$$CB_{зтб} \Rightarrow Y(3) + ПО(2) + O(1) \quad (2.14)$$

Конструктивна реалізація такої схеми базування передбачає використання відповідних установочних елементів для реалізації площини $Y(3)$, подвійна опорна база $ПО(2)$ реалізується циліндричним коротким пальцем та опорна база $O(1)$ реалізується ромбічним (зрізаним) пальцем.

2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На другому етапі вибору технологічних баз необхідно визначити базову схему для перших технологічних операцій. Загальна вимога до всіх можливих схем базування - забезпечити обробку поверхонь загальних технічних основ.

Якщо для першої технологічної операції не виконується повний комплект загальних технологічних баз, то для набору технологічних баз для подальших технологічних операцій необхідно попередньо обробляти основні базові поверхні, які входять до базової бази 3 (3) або подвійної опорної бази ПО (2).

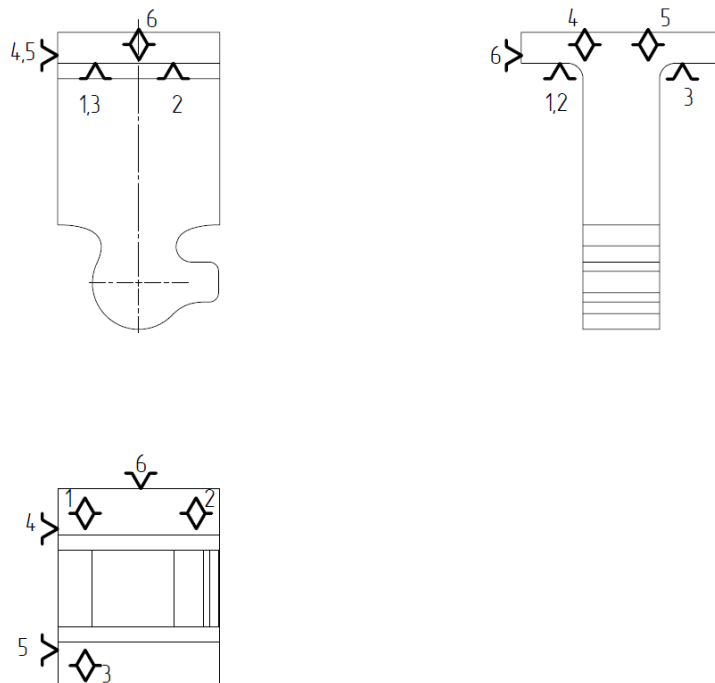


Рисунок 2.8 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{зТБ} \Rightarrow V(3) + H(2) + O(1) \quad (2.15)$$

Відповідно до цієї схеми базування в якості технологічних основ приймаються необроблені поверхні, що забезпечують після обробки правильне просторове розташування необроблених поверхонь заготовки щодо оброблюваних.

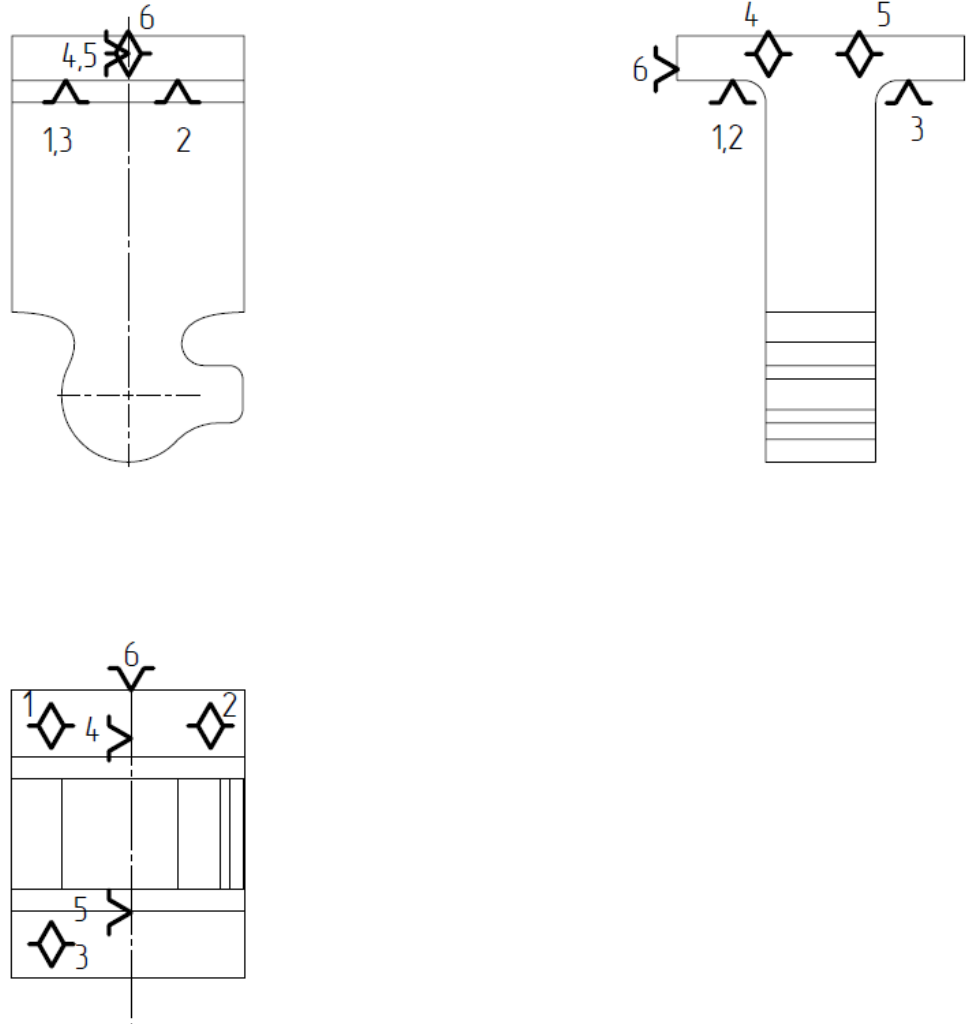


Рисунок 2.9 — Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{ТБ} \Rightarrow V(3) + H(2) + O(1) \quad (2.16)$$

Відповідно до цієї схеми базування в якості технологічних основ приймаються необроблені поверхні, що забезпечують після обробки правильне просторове розташування необроблених поверхонь заготовки щодо оброблюваних.

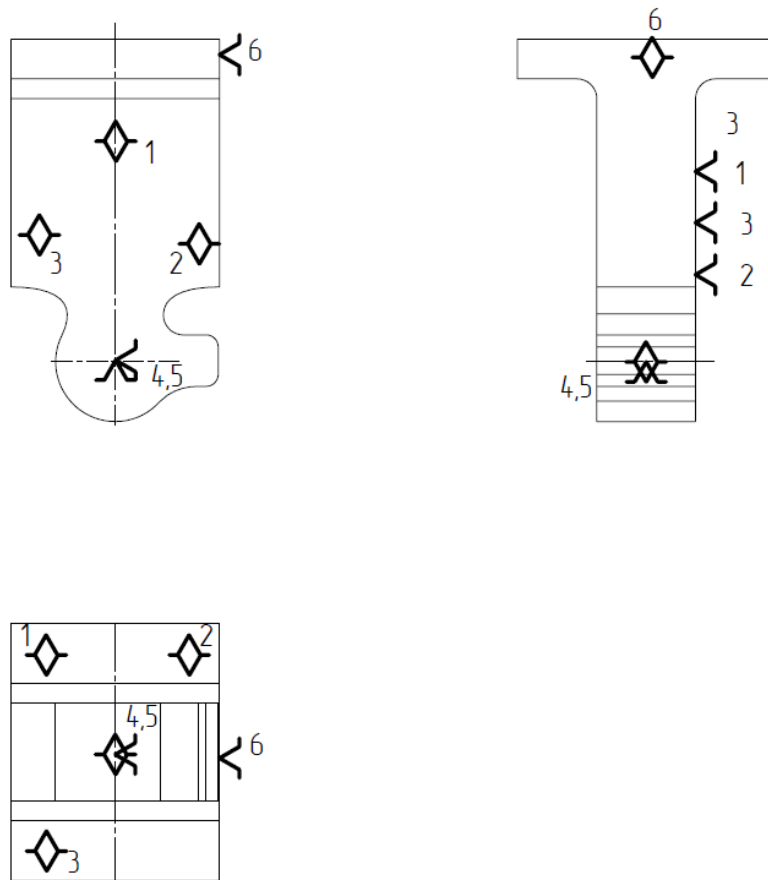


Рисунок 2.10 Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{TB} \Rightarrow V(3) + H(1) + H(1) + O(1) \quad (2.17)$$

Згідно з цією схемою базування за технологічні бази приймаються необроблені поверхні, забезпечуючи після обробки правильне просторове розміщення необроблених поверхонь заготовки відносно оброблюваних, відкритість для обробки всіх поверхонь інших технологічних основ.

Дана схема проста в реалізації, реалізується використанням призми і УСП, але має збільшену консоль дії сили фрезерування відносно місць утримання заготовки.

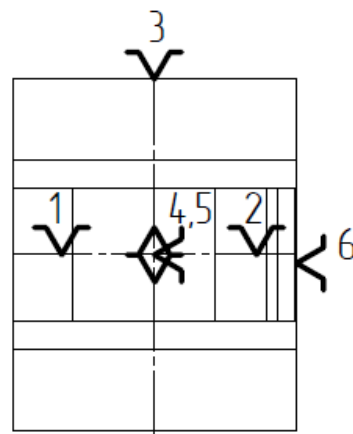
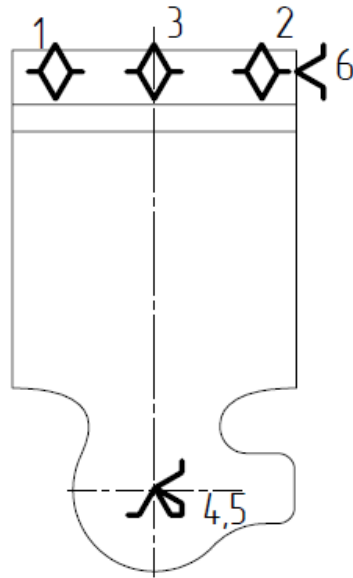


Рисунок 2.11 Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{TB} \Rightarrow V(3) + H(1) + H(1) + O(1) \quad (2.18)$$

Згідно з цією схемою базування за технологічні бази приймаються необроблені поверхні, забезпечуючи після обробки правильне просторове розміщення необроблених поверхонь заготовки відносно оброблюваних, відкритість для обробки всіх поверхонь інших технологічних основ.

Дана схема проста в реалізації, реалізується використанням призми і УСП, але має збільшену консоль дії сили фрезерування відносно місць утримання заготовки.

Слід враховувати, що кожна базова схема вирішує певні технологічні завдання, тому в залежності від найважливіших технологічних завдань визначається базова схема для перших технологічних операцій. Оскільки сучасні верстати з ЧПУ і універсальні верстати мають широкий спектр технологічних можливостей для здійснення всіх видів обробки лезовим ріжучими інструментами, для даної задачі проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус приводу» технологічним завданням є забезпечення мінімальної кількості переходів при обробленні заготовок в процесі.

Висновок: Визначено оптимальну по застосуванню схему технологічних баз для перших технологічних операцій, що забезпечує поверхневу обробку ТБ і ДКБ.

2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

Таблиця 2.9 Технологічна послідовність оброблення поверхонь заготовки

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм
1	2	3	4	5	6
О1	9	2,5	Фрезерування попереднє	12	10
			Фрезерування завершальне	9	2,5
О2	9	2,5	Центрування	-	-
			Свердління	12	10,0
			Розвертання	9	2,5
К1	10	5,0	Центрування Свердління	- 12	- 10,0
Д1	7	2,5	Свердління	12	10
Д2	10	2,5	Свердління	12	10
			Розточування чорнове	10	6,3

			Розточування чистове	7	2,5
Д3	10	10	Свердління	12	10
Д4	10	10	Цикування	12	10
Д5	9	2,5	Фрезерування попереднє	12	10
			Фрезерування завершальне	9	2,5
Д6	10	10	Цикування	12	10
К1	Н7	0,63	Центрування	-	-
			Свердління	12	10,0
			Зенкерування попереднє	10	5,0
			Нарізання різьби	7	0,63

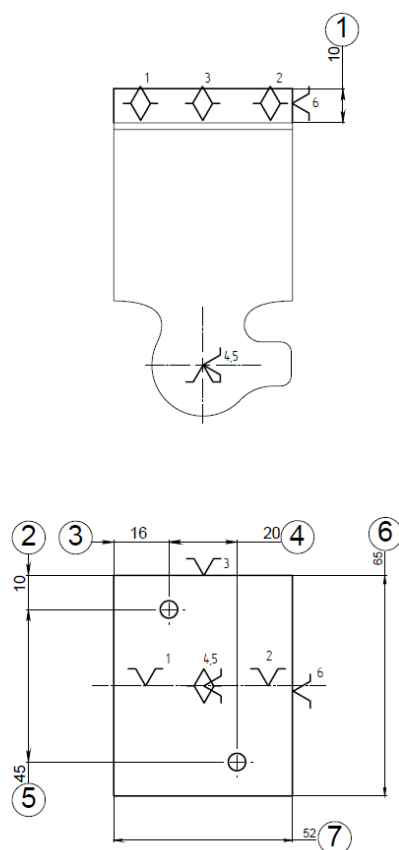
\

2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус привода»

Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус привода» вимагає визначення послідовності виконання технологічних переходів в кожній технологічній операції.

005 Фрезерна з ЧПУ. Верстат моделі HaasVF-2

А. Установити, закріпити, зняти.



005.01 Фрезерувати базову поверхню, послідовно попередньо, витримуючи розмір 1, 6, 7.

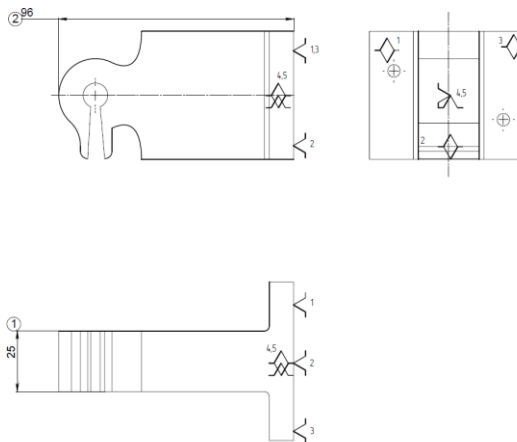
005.02 Центрувати положення осей 4 отворів, послідовно, витримуючи розміри 2,3,4, 5.

005.03 Свердлити 2 отвори, послідовно остаточно, витримуючи розміри 2,3,4, 5.

005.04 Розвертати 2 отвори, витримуючи розміри 2,3,4, 5.

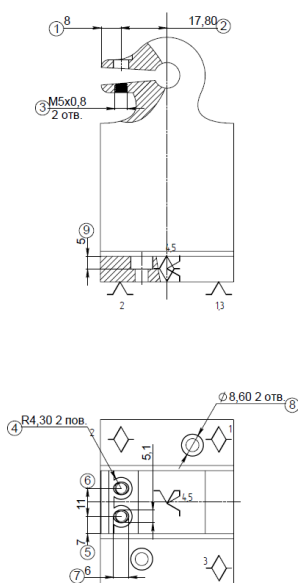
005.05 Фрезерувати торцеву поверхню, витримуючи розміри 6 і 7.

Позиція Б



010.8 Фрезерувати поверхню, попередньо, витримуючи розмір 1,2.

Позиція В



010.09 Фрезерувати отвори, попередньо, витримуючи розмір 1,2, 4, 5, 6.

010.10 Центрувати осі отворів, витримуючи розміри 1, 2, 5, 6.

010.11 Свердлити отвори, витримуючи розмір 1, 2, 3, 5, 6.

010.12 Фрезерувати отвори, попередньо, витримуючи розмір 1,2, 4, 5, 6,7.

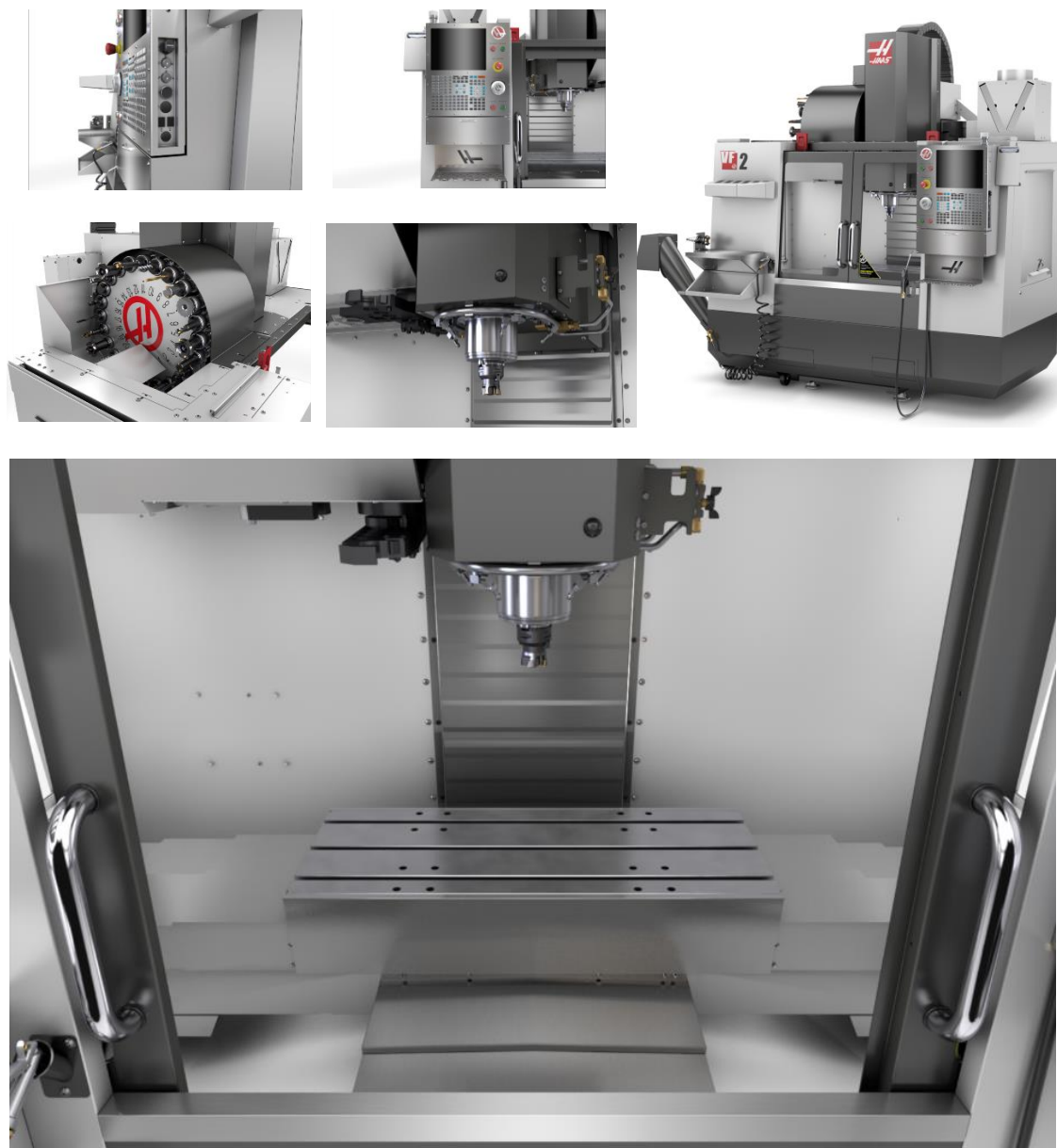
010.13 Нарізати різь, витримуючи розмір 1,2, 4, 5, 6,7.

010.14 Фрезерувати фаски.

015 Мийна.

020 Контрольна.

2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання



Макс. перемещение по оси X, мм	1270	Макс. крутящий момент, Нм	460
Макс. перемещение по оси Y, мм	660	Макс. осевое усилие, кН	24,9
Макс. перемещение по оси Z, мм	635	Макс. скорость холостых подач, м/мин	18
Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	836	Макс. рабочие подачи по осям XYZ, м/мин	12,7
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	201	Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт	30+1
Длина стола, мм	1372	Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм	102
Ширина стола, мм	610	Макс. масса инструмента, кг	13,6
Макс. нагрузка на стол (равном. распределенная), кг	1814	Время смены инструмента (среднее), сек	4,2
Ширина Т-образных пазов, мм	16	Точность позиционирования, мм	±0,0050
Расстояние между Т-образными пазами, мм	80	Повторяемость, мм	±0,0025
Размер конуса шпинделя	50	Объем бака СОЖ, л	360
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	7500	Ориентировочная масса станка (зависит от комплектации), кг	7370
Макс. мощность шпинделя, кВт	22,4	Гарантия, мес.	12

Рис.2.8 Характеристики верстака HAAS VF2

2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок припусків і граничних розмірів то технологічним переходам на обробку поверхні Ø10H9

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск Z_{min}	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	R_z	h	Δ	ϵ				d_{min}	d_{max}	z_{min}^{rp}	z_{max}^{rp}
Розмір 10_{-0,01} (1) Ra 10.0 <u>Заготовка</u>	600	-	220	-		10,929	600	10,929	10,529		
<u>Фрезерування</u> <u>чорнове</u>	250	-	27	120	0,723	10,206	230	10,206	10,436	0,723	1,093
<u>Фрезерування</u> <u>чистове</u>	10	-	1,5	6	0,014	9,99	10	9,99	8,0	0,014	0,234

Фрезерування

Мінімальний припуск на сторону:

$$Z_{i min} = R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \epsilon_i^2}, \quad (2.19)$$

Фрезерування чорнове

Просторове відхилення:

$$\Delta_{zar} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{зм}^2}, \quad (2.20)$$

В нашому випадку

$$\Delta_{zar} = \Delta_{кор}, \quad (2.21)$$

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кор}} \cdot l, \quad (2.22)$$

де l - довжина поверхні.

$$\Delta_{\text{заг}} = 0,3 \cdot 90 = 27 \text{ мкм}, \quad (2.23)$$

Похибка установки в пристосуванні заготовки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.24)$$

Так, як вимірювальна база співпадає з технологічною, то $\varepsilon_6 = 0$

$$\varepsilon_3 = 120 \text{ мкм}, \quad (2.25)$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 120^2} = 120 \text{ мкм}, \quad (2.26)$$

Мінімальний припуск:

$$Z_{1 \min} = 600 + \sqrt{27^2 + 120^2} = 723 \text{ мкм}, \quad (2.27)$$

Фрезерування чистове

Просторове відхилення:

Залишкове просторове відхилення при чистовому фрезеруванні:

$$\Delta_{\text{заг}} = 0,05 \cdot \Delta_{\text{чорн}} = 1,5 \text{ мкм}, \quad (2.28)$$

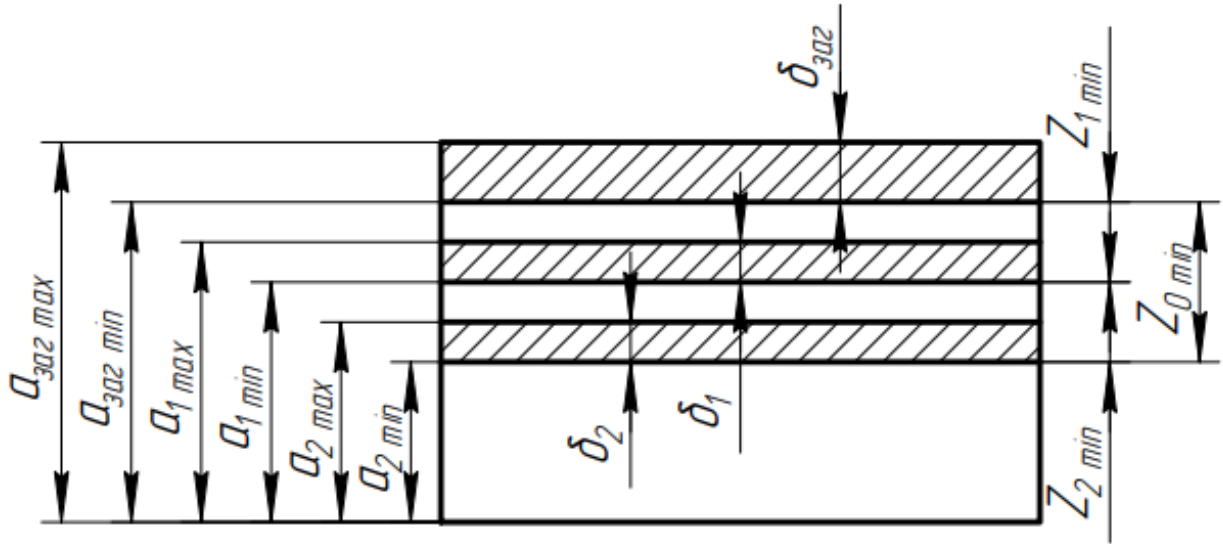
Похибка установки в пристосуванні заготовки:

Залишкове відхилення установки в пристосуванні при чистовому фрезеруванні:

$$\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_{\text{ч}} = 6 \text{ мкм}, \quad (2.29)$$

Мінімальний припуск:

$$Z_{2\min} = 10 + \sqrt{1,5^2 + 6^2} = 14 \text{ мкм}, \quad (2.30)$$



Графу "Розрахунковий розмір" заповнюємо, починаючи з кінцевого (креслярського) розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

Для чорнового $d_1 = 9,99 + 0,014 = 10,004$

Для заготовки $d_3 = 10,004 + 0,723 = 10,727$

Значення допусків кожного технологічного переходу і заготовки приймаємо за таблицями відповідно до квалітетом, використовуваного методу обробки.

Найменший граничний розмір визначаємо округленням розрахункових розмірів в бік збільшення їх значень. Округлення виробляємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу.

Найбільші граничні розміри визначаємо додатком допусків до заокругленим найменшим граничним розмірами:

$$d_{\max 2} = 9,99 + 0,010 = 10 \text{ мм}, \quad (2.31)$$

$$d_{\max 1} = 10,004 + 0,230 = 10,234 \text{ мм}, \quad (2.32)$$

$$d_{\max 3\text{аг}} = 10,727 + 0,600 = 11,327 \text{ мм}, \quad (2.33)$$

Мінімальні граничні значення припусків $z_{\min}^{\text{гр}}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні значення $z_{\max}^{\text{гр}}$ - відповідно різниці найменших граничних розмірів.

Тоді для чистового і чорнового фрезерування

$$z_{max2}^{rp} = 10,234 - 10 = 0,234 \text{ мм}; \quad (2.34)$$

$$z_{max1}^{rp} = 11,327 - 10,234 = 1,093 \text{ мм}; \quad (2.35)$$

$$z_{min2}^{rp} = 10,004 - 9,99 = 0,014 \text{ мм}; \quad (2.36)$$

$$z_{min1}^{rp} = 10,727 - 10,004 = 0,723 \text{ мм}; \quad (2.37)$$

Загальні припуски $Z_{O \min}$ і $Z_{O \max}$ визначаємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо їх значення внизу:

$$Z_{O \min} = 0,014 + 0,723 = 0,737 \text{ мм}; \quad (2.38)$$

$$Z_{O \max} = 0,234 + 1,093 = 1,327 \text{ мм}; \quad (2.39)$$

Загальний номінальний допуск:

$$Z_{O \text{ ном}} = Z_{O \min} + H_3 - H_d = 0,737 + 0,300 - 0,010 = 1,047 \text{ мм}; \quad (2.40)$$

$$d_{3 \text{ ном}} = d_{d \text{ ном}} + Z_{O \text{ ном}} = 10 + 1,047 = 11,047 \text{ мм} \quad (2.41)$$

Проводим перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$z_{max1}^{rp} - z_{min1}^{rp} = 1,093 - 0,723 = 0,370; \delta_3 - \delta_1 = 0,600 - 0,230 = 0,370; \quad (2.42)$$

$$z_{max2}^{rp} - z_{min2}^{rp} = 0,234 - 0,014 = 0,220; \delta_1 - \delta_2 = 0,230 - 0,01 = 0,220; \quad (2.43)$$

Розрахунок припусків і граничних розмірів то технологічним переходам на обробку поверхні Ø22H6

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск Z_{min}	Розрахунковий	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків, мкм	
	R_z	h	Δ	ε				d_{min}	d_{max}	z_{min}^{rp}	z_{max}^{rp}
Розмір $22^{+0,002}_{-0,011}$ (2)											
Ra 2.5											
Заготовка	100	100	60	-							
<u>Свердління</u>	40	60	30	123	-		210	21,571	21,781		
<u>Розточування</u> <u>чорнове</u>	50	50	2	6			130	21,843	21,973		
<u>Розточування</u> <u>чистове</u>	25	25	-	-			84	21,929	22,013		
<u>Розточування</u> <u>тонке</u>	5	5	-	-			33	22	22,033		

Мінімальний припуск на сторону:

$$2Z_{i min} = 2 \cdot (R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.44)$$

Свердління

Просторове відхилення:

$$\Delta_{заг} = \sqrt{\Delta_y l + C_0^2} = \sqrt{0,9 \cdot 45 + 25^2} = 25 \text{ мкм}, \quad (2.45)$$

Δ_y – увод свердла

C_0 – зміщення вісі отвору відносно номінального положення

Похибка установки в пристосуванні заготовки:

На рис. 2.9.1 наведені схеми установки заготовки в патрон. Через конусоподібність заготовки (Рис. 2.9.1) при закріпленні виникає осьова сила P_0 , яка викликає її зміщення щодо патрона на величину Δ_0 . Цей зсув при обробці (закріпленні) партії заготовок може змінюватися від нуля до деякого максимального значення, яке і прийнято вважати похибкою закріплення в осьовому напрямку.

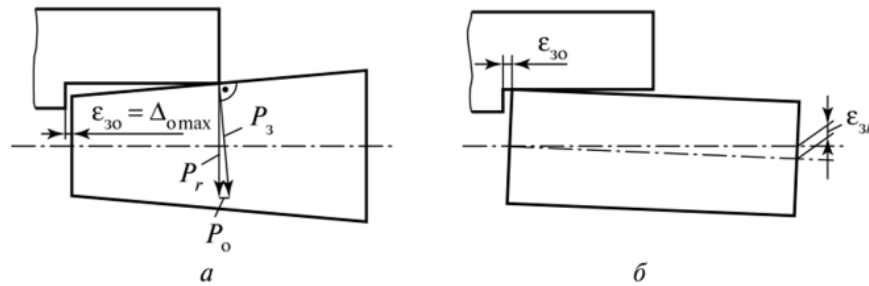


Рис. 2.9.1 - Схеми закріплення заготовки в патрон:

а - при конусоподібну циліндричної поверхні валу; б - при наявності похибок форми цієї поверхні в осьовому і поперечному перетинах

Так як циліндрична поверхня заготовки зазвичай наділена відхиленнями форми як в осьовому, так і в поперечному перетинах, то при закріпленні може сформуватися така система сил, яка викличе як осьовий зсув заготовки, так і її перекид щодо осі патрона. Таким чином виникають похибки закріплення заготовки валу в осьовому і радіальному напрямках.[11]

$$\epsilon_y = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2}, \quad (2.49)$$

Похибку закріплення берем рівну 120 мкм.

$$\epsilon_3 = 120 \text{ мкм}$$

$$\epsilon_y = \sqrt{27^2 + 120^2} = 123 \text{ мкм}, \quad (2.50)$$

Розточування чорнове

$$2Z_{i \min} = 2(R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Delta_i^2}), \quad (2.51)$$

Просторове відхилення:

Залишкове просторове відхилення при чистовому фрезеруванні:

$$\Delta_{\text{заг}} = 0,05 \cdot \Delta_{\text{свердл}} = 2 \text{ мкм}, \quad (2.52)$$

Похибка установки в пристосуванні заготовки:

Залишкове відхилення установки в пристосуванні при чистовому фрезеруванні:

$$\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_{\text{ч}} = 6 \text{ мкм}, \quad (2.53)$$

Мінімальний припуск:

$$2Z_{2 \min} = 2(100 + \sqrt{2^2 + 6^2}) = 2 \cdot 106 \text{ мкм}, \quad (2.54)$$

Розточування чистове

$$2Z_{i \min} = 2(R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Delta_i^2}), \quad (2.55)$$

Просторове відхилення:

Залишкове просторове відхилення при чистовому фрезеруванні:

$$\Delta_{\text{заг}} = 0, \quad (2.56)$$

Похибка установки в пристосуванні заготовки:

Залишкове відхилення установки в пристосуванні при чистовому фрезеруванні:

$$\varepsilon_3 = 0 \text{ мкм}, \quad (2.57)$$

Мінімальний припуск:

$$2Z_{2 \min} = 2(20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \cdot 20 \text{ мкм}, \quad (2.58)$$

Розточування тонке

$$2Z_{i \min} = 2(R_{Zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Delta_i^2}), \quad (2.59)$$

Просторове відхилення:

Залишкове просторове відхилення при чистовому фрезеруванні:

$$\Delta_{\text{заг}} = 0, \quad (2.60)$$

Похибка установки в пристосуванні заготовки:

Залишкове відхилення установки в пристосуванні при чистовому фрезеруванні:

$$\varepsilon_3 = 0 \text{ мкм}, \quad (2.61)$$

Мінімальний припуск:

$$2Z_{2\min} = 2(10 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \cdot 10 \text{ мкм}, \quad (2.62)$$

Графу "Розрахунковий розмір" заповнюємо, починаючи з кінцевого розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$\text{Для чистового } d_3 = 22,033 - 0,02 = 22,013 \text{ мм}; \quad (2.63)$$

$$\text{Для чорнового } d_2 = 22,013 - 0,040 = 21,973 \text{ мм}; \quad (2.64)$$

$$\text{Для свердління } d_1 = 21,973 - 0,212 = 21,761 \text{ мм}; \quad (2.65)$$

Значення допусків кожного технологічного переходу і заготовки приймаємо за таблицями відповідно до квалітетом, використовуюваного методу обробки.

Найменший граничний розмір визначаємо округленням розрахункових розмірів в бік збільшення їх значень. Округлення виробляємо до того ж знаку десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір для кожного переходу.

Найбільші граничні розміри визначаємо додатком допусків до заокругленим найменшим граничним розмірами:

$$d_{\min 4} = 22,033 - 0,033 = 22,0 \text{ мм}; \quad (2.66)$$

$$d_{\min 3} = 22,013 - 0,084 = 21,929 \text{ мм}; \quad (2.67)$$

$$d_{\min 2} = 21,973 - 0,130 = 21,843 \text{ мм}; \quad (2.68)$$

$$d_{\min 1} = 21,761 - 0,210 = 21,551 \text{ мм}; \quad (2.69)$$

Мінімальні граничні значення припусків $z_{\min}^{\text{rp}}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні значення $z_{\max}^{\text{rp}}$ - відповідно різниці найменших граничних розмірів.

Тоді для чистового і чорнового фрезерування

$$2z_{\max 3}^{\text{rp}} = 22 - 21,929 = 0,071 = 71 \text{ мкм}; \quad (2.70)$$

$$2z_{\max 2}^{\text{rp}} = 21,929 - 21,843 = 0,086 = 86 \text{ мкм}; \quad (2.71)$$

$$2z_{max1}^{rp} = 21,843 - 21,571 = 0,272 = 272 \text{ мкм}; \quad (2.72)$$

$$2z_{min3}^{rp} = 22,033 - 22,013 = 0,02 = 20 \text{ мкм}; \quad (2.73)$$

$$2z_{min2}^{rp} = 22,013 - 22,973 = 0,04 = 40 \text{ мкм}; \quad (2.74)$$

$$2z_{min1}^{rp} = 22,973 - 22,781 = 0,192 = 192 \text{ мкм}; \quad (2.75)$$

Загальні припуски $Z_{O \min}$ і $Z_{O \max}$ визначаємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо їх значення внизу:

$$Z_{O \min} = 20 + 40 + 192 = 252 \text{ мкм}; \quad (2.76)$$

$$Z_{O \max} = 272 + 86 + 71 = 429 \text{ мкм}; \quad (2.77)$$

Загальний номінальний припуск

$$Z_{O \text{ ном}} = Z_{O \min} + H_3 - H_d = 0,252 + 100 - 20 = 332 \text{ мкм}; \quad (2.78)$$

Діаметр свердла

$$d_{3 \text{ ном}} = d_{d \text{ ном}} + Z_{O \text{ ном}} = 24 - 0,332 = 21,668 \approx 23,7 \quad (2.79)$$

Проводим перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$z_{max1}^{rp} - z_{min1}^{rp} = 0,272 - 192 = 0,08; \delta_3 - \delta_1 = 0,210 - 0,130 = 0,08; \quad (2.80)$$

$$z_{max2}^{rp} - z_{min2}^{rp} = 0,086 - 0,04 = 0,046; \delta_1 - \delta_2 = 0,130 - 0,084 = 0,046; \quad (2.81)$$

$$z_{max3}^{rp} - z_{min3}^{rp} = 0,071 - 0,020 = 0,061; \delta_1 - \delta_2 = 0,084 - 0,033 = 0,061; \quad (2.82)$$

2.9.2. Визначення припусків аналоговими методами

Припуски і допуски на обробку поверхні деталі «Корпус привода» по ГОСТ 26645-85

Таблиця 2.10 Припуски

Розмір	Припуск		Допуск
	табличний	розрахунковий	
10 _{-0,150}	2,3	1,323	±1,6
14 _{-0,180}	2,3		±1,6
16,66 _{-0,180}	1,5		±1,6
25 _{-0,210}	1,5		±1,8
25,8 _{-0,210}	2,6		±2,0
26 _{-0,210}	2,8		±2,2
62 _{-0,300}	2,8		±2,2
65 _{-0,300}	1,8		±2,2
96 _{-0,350}	3,4		±2,4

2.10 Визначення режимів різання

2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок режиму різання на фрезерування поверхні

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – дюралюміній Д16Т; устаткування – вертикальний оброблюючий центр НААС; інструмент – фреза торцева насадна Ø100мм, Z = 8 (ГОСТ 9473-80) із вставними ножами з пластинами із твердого сплаву Р6М5; геометричні параметри різальної частини фрези $\gamma = +5^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$, $\lambda = 13^\circ$; довжина оброблюваної поверхні 90 мм, ширина – 72 мм.



Рис. Відповідник даної фрези з каталогів Mitsubishi

Подача на зуб $S_z = 0.20$ мм/зуб, $S_0 = S_z \cdot Z = 0.20 \cdot 8 = 1.6$ мм/об.

Період стійкості $T = 180$ хв.

Швидкість різання:

$$V_i = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} t^{x_v} S^{y_v} B^{u_v} Z^{p_v}} K_v, \text{ м/хв}, \quad (2.83)$$

$$\text{Для заданих умов: } K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} = \left(\frac{190}{210}\right) \cdot 0.85 \cdot 0.83 = 0.62 \text{ м/хв}, \quad (2.84)$$

Тоді:

$$V_i = \frac{285 \cdot 100^{0.2}}{180^{0.32} \cdot 1^{0.15} \cdot 0.2^{0.35} \cdot 72^{0.2} \cdot 8^0} \cdot 0.62 = 101,8 \text{ м/хв}, \quad (2.85)$$

Розрахункова частота обертання шпинделя, яку допускає стійкість фрези:

$$n_j = \frac{1000V_i}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 101,8}{3,14 \cdot 100} = 324 \text{ об/хв}, \quad (2.86)$$

Окружна сила різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^{up} \cdot z}{D Q p n^{\omega p}} K_p, \text{ кг} \cdot \text{с}, \quad (2.87)$$

Для даних умов:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 36^{1,0} \cdot 8}{100^{1,0} 324^0} \cdot \left(\frac{210}{190} \right)^{1,0} = 490 \text{ Н}, \quad (2.88)$$

Крутний момент на шпинделі верстата:

$$M = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000} = \frac{527 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 24,5 \text{ кг} \cdot \text{с} = 245,0 \text{ Н}, \quad (2.89)$$

Потужність різання на шпинделі верстата:

$$N = \frac{P_z V_i}{102 \cdot 60} = \frac{245 \cdot 101,8}{102 \cdot 60} = 4 \text{ кВт}, \quad (2.90)$$

$$\text{Хвилинна подача: } S_{\text{хв}} = S_0 \cdot n_j = 1,6 \cdot 324 = 520 \text{ мм/хв}. \quad (2.91)$$

Остаточний режим різання такий: $t = 1 \text{ мм}$; $S_z = 0,20 \text{ мм/зуб}$; $S_0 = 1,6 \text{ мм/об}$;
 $S_{\text{хв}} = 520 \text{ мм/хв}$; $n_j = 324 \text{ об/хв}$; $V_i = 101,8 \text{ м/хв}$; $P_z = 490 \text{ Н}$.

Розрахунок режиму різання для свердління отвору Ø21,5мм

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – дюралюміній Д16Т; устаткування – вертикальний оброблюючий центр НААС; інструмент – свердло спіральне Ø23,5 з різальною частиною з швидкорізальної сталі Р6М5, форма заточки свердла – нормальна.

Глибина різання при свердлінні $t = D/2 = 10,75 \text{ мм}$. З рекомендованих подач вибираємо;
 $S_0 = 0,40 \text{ мм/об}$. Період стійкості $T = 75 \text{ хв}$.

TAW

- Волнистая режущая кромка спроектирована для улучшения контроля за стружкой.
- Специальные рифления для точной установки пластины.
- Легкая замена пластины.

Углеродистая сталь Безуглеродистая сталь	Закалённая сталь	Нержавеющая сталь	Чугун	Лёгкий сплав	Жаропрочные сплавы
○		○	○		

(Общего применения)

■ ДЕРЖАВКА

Диапазон диам. D1 (мм)	Индекс материала (ISO)	Державка		Пластина			Размеры (мм)							
		Обозначение	Наличие	Диам. сверла D1 (мм)	Обозначение	Наличие	L3	L2	L1	D4				
3	TAWSN2400S32	●	23.5	TAWNH2350T	●	□	88.3	110.3	170.3	32	WS355521T	TKY15T	WPT440S	MK1KS
				TAWKH2350TG	●	□								
			23.6	TAWNH2360T	□	□								
				TAWKH2360TG	□	□								
			23.7	TAWNH2370T	□	□								
				TAWKH2370TG	□	□								

Рис. Відповідник даної фрези з каталогів Mitsubishi

Швидкість різання, яка допускається стійкістю інструмента, визначається за формулою:

$$V_i = \frac{C_v D^{qv}}{T m_t x v_{Suv}} K_v, \text{ м/хв}, \quad (2.92)$$

Для даних умов

$$K_{mv} K_{nv} K_{iv} = \left(\frac{190}{210} \right)^{1,3} \cdot 1 \cdot 1 = 0,88, \quad (2.93)$$

Тоді:

$$V_i = \frac{23,4 \cdot 21,5^{0,25}}{75^{0,125} \cdot 10,75^{0,10,4} \cdot 0,4} \cdot 0,88 = 33,4 \text{ мм/хв}, \quad (2.94)$$

Розрахункова частота обертання шпинделя, яка допускається стійкістю свердла:

$$n_j = \frac{1000 V_i}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 33,4}{3,14 \cdot 21,5} = 495 \text{ об/хв}, \quad (2.95)$$

Крутний момент і осьову силу визначають за формулами:

$$M = C_m D^{qm} S^{ym} K_p = 0,021 \cdot 21,5^{2,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot \left(\frac{210}{190} \right)^{0,6} = 5,7 \text{ кг} \cdot \text{с} = 57 \text{ Нм}, \quad (2.96)$$

$$P_0 = C_p D^{qp} S^{yp} K_p = 42,7 \cdot 21,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot \left(\frac{210}{190} \right)^{0,6} = 490 \text{ кг} \cdot \text{с} = 4900 \text{ Н}, \quad (2.97)$$

Потужність різання:

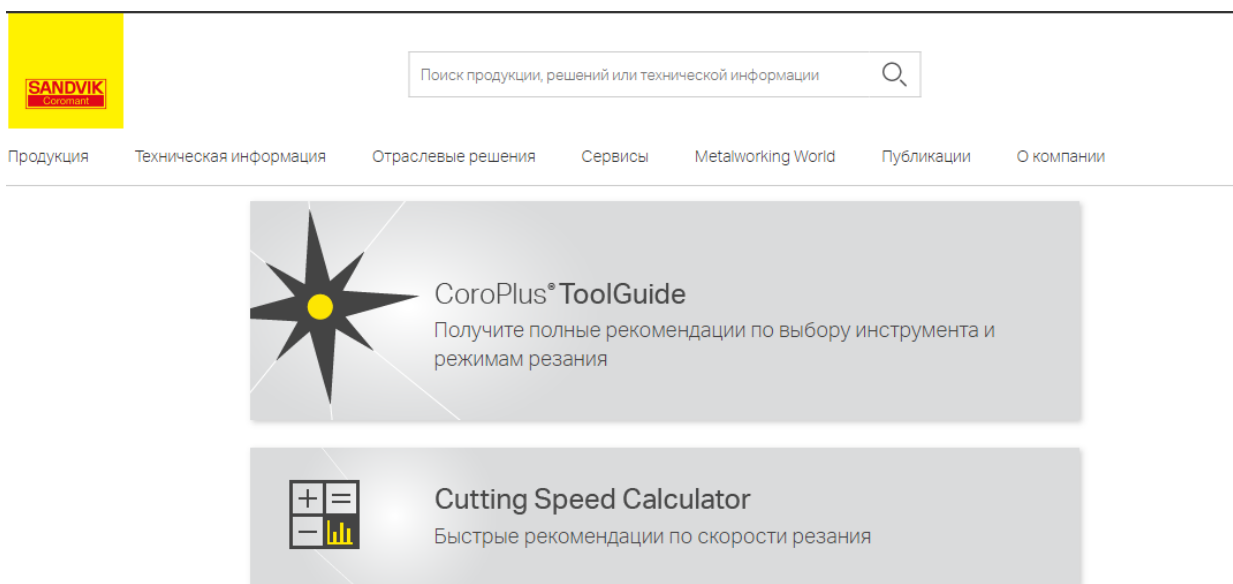
$$N = \frac{Mn}{975} = \frac{5,7 \cdot 495}{975} = 2,89 \text{ кВт}, \quad (2.98)$$

Остаточно для свердління отвору Ø23,5 мм приймаємо:

$t = 10,75 \text{ мм}$; $S_0 = 0,40 \text{ мм/об}$; $S_{\text{хв}} = 183 \text{ мм/хв}$; $n_j = 490 \text{ об/хв}$; $V_i = 33,4 \text{ мм/хв}$; $N = 2,89 \text{ кВт}$.

2.10.2 Визначення режимів різання аналоговим методом

Для визначення режимів різання аналоговим способом, я використав каталоги і калькулятор запропонованими на сайті виробника інструменту Sandvik.



Режими різання розраховані аналоговим методом

№	Найменування операції та використання устаткування	Найменування переходу	Інстр.	t, мм	Подача			$V_{\text{обр}}$ м/хв	n 1/хв
					S_z мм/з уб	S_0 мм/об	S мм/хв		
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11

005	Фрезерна з ЧПК	Фрезерування площини чор.	CoroMill 345	2	0.228	0,912	4980	879	3640
		Фрезерування площини чис.	CoroMill 345	0,5	0,184	0,736	5440	938	2960
		Фрезерування уступа чор.	CoroMill Plura	2	0,338	1,352	12800	593	9450
		Фрезерування уступа чис.	CoroMill Plura	0,5	0,128		18000	1130	18400
		Центрування	IZAR Double Center Drill	1	-	0.05	39.8	10	756
		Свердління	Свердло CoroDrill 860,1-0880	4	-	0.27	1020	109	3940
		Зенкування	CoroReamer 835.T-0900	0,2	-	1	5310	150	5310
		Фрезерування фасок	CoroMill for chamfer milling	2	-	-	650	6.28	1000
010	Фрезерна з ЧПК HAAS VF-2 Позиція А	Фрезерування площини чор.	CoroMill 345	2	0.228	0,912	4980	879	3640
		Фрезерування площини чис.	CoroMill 345	0,5	0,184	0,736	5440	938	2960
		Фрезерування уступа чор.	CoroMill Plura	2	0,338	1,352	12800	593	9450
		Центрування	IZAR Double Center Drill	1	-	0.05	39.8	10	756
		Свердління	Свердло CoroDrill 860,1-0880	2,5	-	0.27	1020	109	3940
		Фрезерування паза	CoroMill Plura	2,5	0.052	-	1880	226	18000
		Фрезерування отвору	Фреза CoroMill Plura 2N342-0600-PC	2,5	-	0,15	1670	168	8900
		Розточування отвору	CoroBore® 825	1	-	0,15	433	199	2890

010	Фрезерна з ЧПК HAAS VF-2 Позиція Б	Фрезерування площини чор.	CoroMill 345	2	0.228	0,912	4980	879	3640
		Фрезерування площини чис.	CoroMill 345	0,5	0,184	0,736	5440	938	2960
010	Фрезерна з ЧПК HAAS VF-2 Позиція В	Фрезерування отвору	Фреза CoroMill Plura 2N342- 0600-PC	2,5	-	0,15	1670	168	8900
		Центрування	IZAR Double Center Drill	1	-	0.05	39.8	10	756
		Свердління	Свердло CoroDrill 860,1- 0880	2,5	-	0.27	1020	109	3940
		Фрезерування отвору	Фреза CoroMill Plura 2N342- 0600-PC	2,5	-	0,15	1670	168	8900
		Нарізання різьби	Метчик Ø5x1 CoroTap 100	1	-	-	5240	98,7	5240
		Фрезерування фасок	CoroMill for chamfer milling	2	-	-	650	6.28	1000

2.11 Нормування технологічних операцій

2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції

#	Ім'я переходу					
	Нуль деталі		Обороти	Подача ХУ	Подача Z	Час
	Номер інстр.		Охолодження інструменту			
	Опис переходу					
	X Min	X Max	Y Min	Y Max	Z Min	Z Max
1	010.01 Фрезерування (Поверхня)					
	Мас 1 (1- Позиція)		1740	834	300	0:00:11
	1		Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-100.395	-49.605	-25.4	40.4	-20.5	-10.1
2	010.02 Фрезерування (Контур)					
	Мас 1 (1- Позиція)		1740	834	300	0:15:28
	1		Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-111.695	-38.305	-36.7	51.7	-28.5	-18.5
3	010.03 Центрування					
	Мас 1 (1- Позиція)		1740	834	300	0:00:09
	1					
	-89.999	-60.001	-14.995	15	-13.5	-10.1
	010.04 Свердління					

4	Мас 1 (1- Позиция)	3500	300	300	0:00:21
	2	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-105	-25	-25	25.302	-33 -11.5
5	010.05 Свердління				
	Мас 1 (1- Позиция)	5050	300	300	0:00:9
	3	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-105	-45	-21.322	21.322	-48.5 -26.5
6	010.06 Фрезерування (Контур)				
	Мас 1 (1- Позиция)	3150	300	300	0:00:47
	4	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-25	-25	-25	25.302	-45 -30
7	010.07 Розточування				
	Мас 1 (1- Позиция)	937	300	300	0:00:10
	5	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-75	-75	-0	-0	-53.5 -11.5
8	010.8 Фрезерування фасок (Контур)				
	Мас 1 (1- Позиция)	1000	650	300	0:00:31
	6	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-108.495	-41.505	-24.822	24.822	-29 -26.5
9	010.09 Фрезерування фасок (Контур)				
	Мас 1 (1- Позиция)	1000	650	300	0:00:18
	6	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-30.499	-19.501	-30.495	30.802	-32.5 -30
10	010.10 Фрезерування (Контур)				
	Мас 1 (1- Позиция)	1000	650	300	0:00:32
	6	Охолодження рідиною з низьким тиском			
	-97.499	-52.501	-22.495	28.5	-22 2
Общее время обработки:					0:17:10

Технічні норми часу в умовах масового та серійного виробництва визначаються розрахунково-аналітичним методом.

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_v + T_{отд}, \quad (2.99)$$

При серійному виробництві додатково розраховується підготовче – заключний час

$T_{п.з}$ та штучно-калькуляційний час:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \quad (2.100)$$

Після визначення змісту операцій, вибору обладнання, інструментів та розрахунку режимів різання, норми часу визначаються в наступний послідовності:

1. На підставі розрахованих режимів роботи обладнання за кожним переходом розраховується основний (технологічний) час T_o .
2. За змістом кожного переходу визначається необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт та визначається допоміжний час T_v з урахуванням можливих та доцільних суміщень і перекриттів.
3. За нормативами в залежності від операцій та обладнання визначається час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби $T_{обсл}$ та $T_{отд}$.
4. Визначається норма штучного часу $T_{шт}$.
5. Для серійного виробництва визначається зміст підготовчо-завершальної роботи, розраховується підготовчо-завершальний час $T_{п.з}$ та штучно-калькуляційний час $T_{шк}$.

Визначення основного (технологічного) часу

Операція 005:

$$T_o = 2 \text{ хв } 16 \text{ сек} = 136 \text{ сек.}$$

Операція 010 (1):

$$T_o = 17 \text{ хв } 36 \text{ сек} = 1056 \text{ сек.}$$

Операція 010 (2):

$$T_o = 4 \text{ хв } 10 \text{ сек} = 250 \text{ сек.}$$

Операція 010 (2):

$$T_o = 2 \text{ хв } 00 \text{ сек} = 120 \text{ сек.}$$

Визначення допоміжного часу

Допоміжний час на установку та зняття деталі T_v

Час на установку та зняття деталі масою 1,5 кг в самоцентрівних лещатах з гвинтовим затиском дорівнює 0,5 хв.

Допоміжний час для управління верстатом, зміна швидкості шпинделя, заміна інструменту:

Час на зміну програми 0.1хв.

Допоміжний час при вимірі поверхонь штангенциркулем 0,4 хв.

Операція 005:

$$T_o = 2,2 + 0,5 + 0,1 + 0,4 = 3,2 \text{ хв.}$$

Операція 010:

$$T_o = 21,96 + 0,5 + 0,1 + 0,4 = 22,96 \text{ хв.}$$

Визначення часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби

$$T_{\text{обсл}} \text{ та } T_{\text{отд}}. \quad (2.111)$$

Час на обслуговування робочого місця для верстатів з ЧПК:

$$T_{\text{обсл}} = 0,5. \quad (2.112)$$

Визначення норми штучного часу

Операція 005:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{обсл}} + T_v + T_{\text{отд}} = 3,2 + 0,5 = 3,7 \text{ хв.}$$

Операція 010:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{обсл}} + T_v + T_{\text{отд}} = 22,96 + 0,5 = 23,5 \text{ хв.}$$

Визначення підготовчо-заключного часу

Підготовчо-заключний час визначається

$$T_{\text{п.з}} = 10 \text{ хв.}, \quad (2.114)$$

Штучно-калькуляційний час

Операція 005:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 3,7 + \frac{10}{5} = 5,7 \text{ хв.} \quad (2.115)$$

Операція 010:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 23,5 + \frac{10}{22} = 24 \text{ хв.} \quad (2.115)$$

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Основним вихідними даними є:

- конструкторський документ на деталь і відповідну їй заготовку;
- технологічні документи на попередню операцію, та на операцію для якої проектується пристрій;
- річна програма випуску деталей;
- альбом типових конструкцій верстатних пристроїв;
- паспортні дані металорізальних верстатів;
- визначити можливість обробки деталі в одномісному пристрої.

Для виготовлення деталі «Корпус привода» використовуються 2 верстатних пристрої.

Для операції 005. Фрезерна з ЧПК

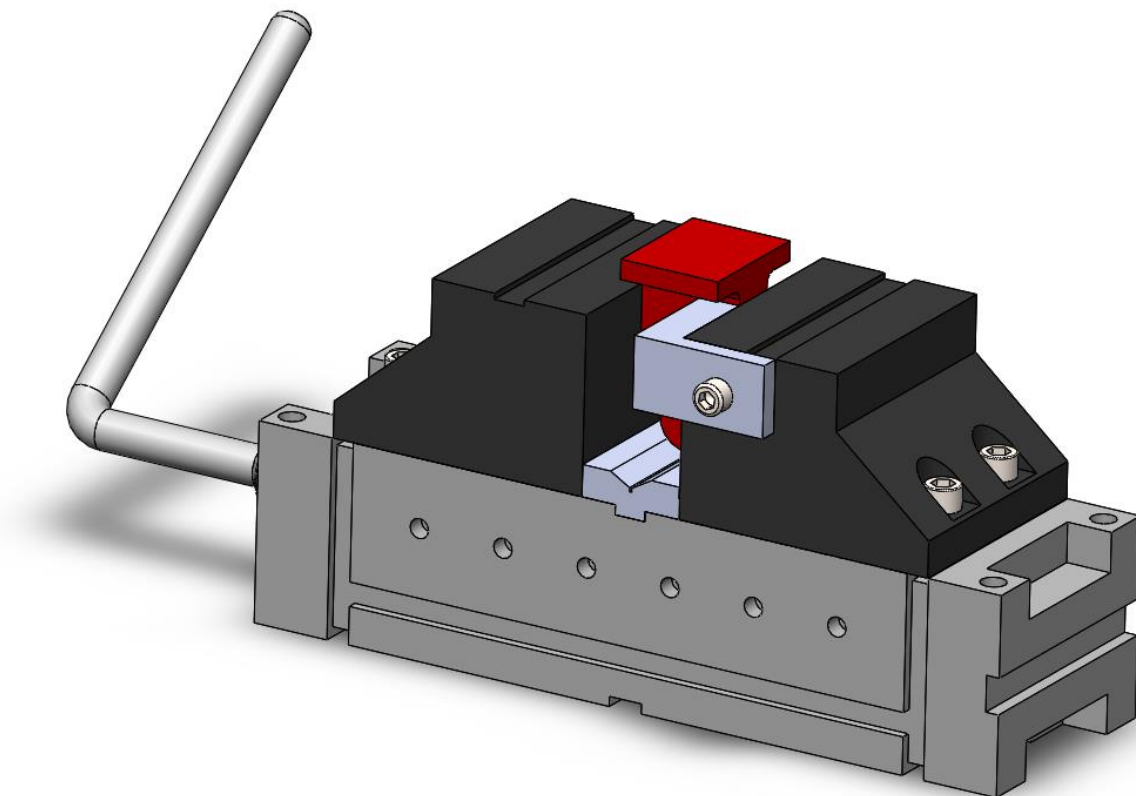


Рис. 3.1 Самоцентрівні лещата з високими губками Gerardi

Все лещата GERARDI розроблені за принципом взаємозамінності всіх елементів і з можливістю використання декількох лещат на верстаті з ідеальною центровкой і налагодженням за кілька секунд.

Все це можливо завдяки високій точності лещат, а також:

- висоті основи лещат,
- центрівці з сухарями позиціонування поздовжнього паза по відношенню до нерухомої губки,
- перпендикулярності нерухомою губки по відношенню до основи, а також паралельності верхньої і нижньої поверхонь лещат.

Дані характеристики дозволяють вирішити найбільш розповсюджені і складні проблеми затиску в найкоротший час при використанні декількох лещат.

Завдяки ретельному підбору матеріалів і комп'ютерним розрахункам і розробкам всіх компонентів.

Загартована нормалізувати сталь підвищеної твердості 60 ± 2 HRC, яка гарантує високу міцність, твердість і відсутність зносу. Ми даємо на все лещата і механічні компоненти.

Для операції 010. Фрезерна з ЧПК



Рис. 3.2 Поворотний стіл HAAS TRT100

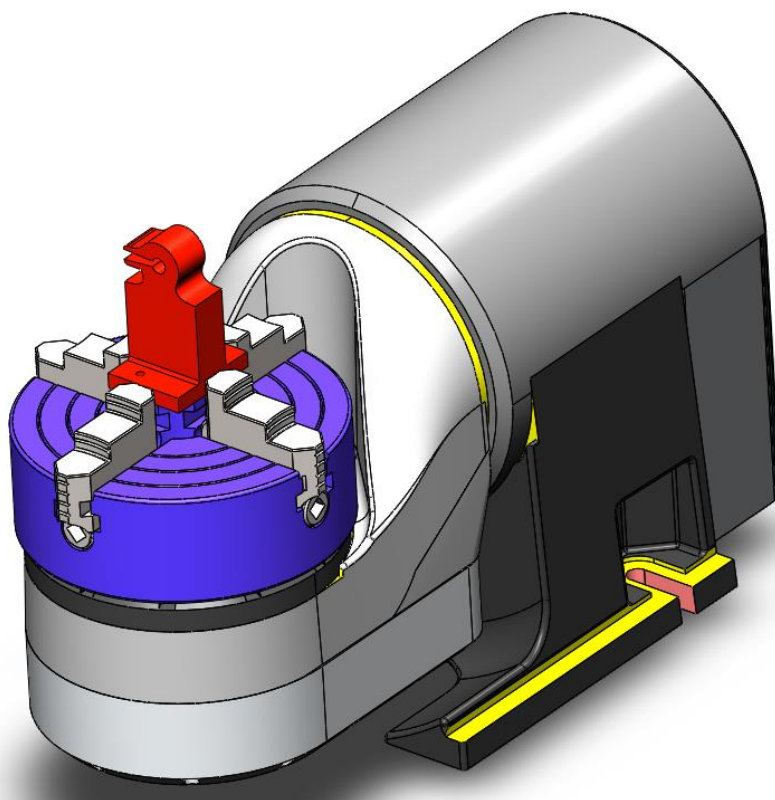


Рис. 3.3 Заготовка, закріплена в пристосуванні на базові поверхні

TRT100 є 2-осьової похило-поворотний стіл, який забезпечує високу швидкість, точність виконання для 3 + 2 і повної 5-осьовий обробки дрібних деталей. Він підходить до продуктів серії DM / DT або більш великим верстатів. Ідеальний для більш дрібних деталей - медичних, стоматологічних, мікрохвильових і т.д.

Необхідний фрезерної верстат Haas з 4-х і 5-й осьовим приводом і програмне забезпечення версії M18.29B і вище для операцій 4-ий і 5-ої осі. Верстат непридатний для автономної роботи.

- Компактний, швидкий і точний
- Скорочення часу циклу
- Легке підключення до верстатів Haas
- Кращі в галузі продуктивність і можливості
- Зроблено в США

3.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою

Проектування пристроїв рекомендується робити в такій послідовності:

1. Визначають тип пристосування (одне або багатомісне, враховують необхідну продуктивність).

2. Визначається тип, розміри, число і взаємне розташування настановних елементів (враховують шорсткість, точність баз, схему базування).
3. Розробляють розрахункову схему, на якій зображують конструктивно установчі елементи, затискні елементи і діючі на заготовку сили різання і протидіють їм сили, а також силу закріплення і місце її застосування.
4. Виходячи з режимів різання визначають сили різання.
5. Складають розрахункове рівняння і знаходять потрібну силу закріплення Q .
6. Розраховують похибка базування і закріплення.
7. За силою Q , місця її застосування вибирають тип затискного механізму. Проводять його розрахунок з метою визначення сили приводу W .
8. За силою приводу W вибирають тип силового приводу і розраховують його параметри. За нормалам і ГОСТам вибирають їх стандартні розміри.
9. Встановлюють тип і розміри елементів для визначення положення і напрямки ріжучих інструментів.
10. Вибирають необхідні допоміжні пристрої, визначають їх конструкцію, розміри, розташування.
11. Розробляють загальний вигляд пристосування.
12. Визначають точність виконавчих розмірів пристосування.
13. Розраховують на міцність і зносостійкість навантажени і рухомі елементи пристосування.
14. Розраховують пристосування на точність.

15. Розраховують економічну доцільність розробленої конструкції пристосування. Іноді цей пункт доцільно виконати після 6 п. - після розробки кінематичної схеми пристосування.

3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

3.2.1 Розрахунок похибок базування

Похибки установки, базування, закріплення, пристосування в загальному випадку включають систематичні і випадкові складові похибки. Зазвичай систематична похибка похибки компенсують при настройці технологічної системи, тому під похибками $\Delta\epsilon_y$, $\Delta\epsilon_6$, $\Delta\epsilon_3$, $\Delta\epsilon_{пр}$ приймають граничні випадкові відхилення поверхонь (на розрахункових схемах – центрів, осей поверхонь) від необхідного положення.

Похибка установки заготовки в пристой $\Delta\epsilon_y$ вичисляють з врахуванням похибок: $\Delta\epsilon_6$ базування, $\Delta\epsilon_3$ – закріплення заготовок, $\Delta\epsilon_{пр}$ виготовлення і зношення опорних елементів пристрою. Похибку установки визначають як граничне поле розсіяності положень вимірювальної поверхні відносно поверхні відліку в напрямку витримування розміру.

Так як вказанні вище похибки являються випадковими величинами, то

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{(\Delta\epsilon_6)^2 + (\Delta\epsilon_3)^2 + (\Delta\epsilon_{пр})^2}. \quad (3.1)$$

Похибка пристосування не зв'язана з процесом установки заготовок в пристосуваннях; тому часто її враховують при розрахунках точності окремо. Тоді

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{(\Delta\epsilon_6)^2 + (\Delta\epsilon_3)^2}. \quad (3.2)$$

Похибка закріплення $\Delta\epsilon_3$ появляється в результаті зміщення оброблених поверхонь заготовок від дій зажимної сили. Це зміщення, якщо воно велике, але постійне по величині, може бути враховане настройкою станка. В ряді випадків, особливо коли застосовуються пневматичні, гідравлічні, електромеханічні і другі зажимні пристосування, які забезпечують постійну силу зажиму, похибка закріплення можна виключити із розрахунків.

Із навчального посібника «Курсовое проектирование по технологии машиностроения» А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред з таблиць ми візьмемо значення $\Delta\epsilon_3$, які будемо використовувати в майбутніх розрахунках.

Для операції 005

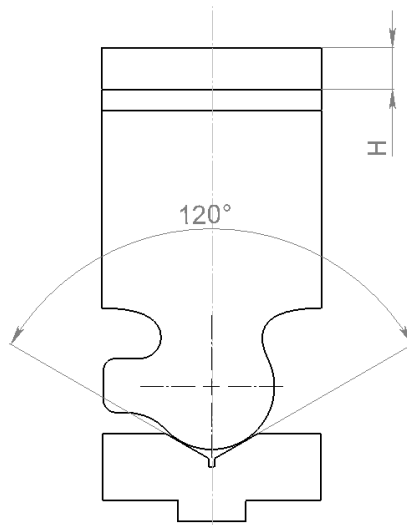


Рис. 3.4 Схема базування в призмі

Формулу похибки базування знаходимо в таблиці:

	H_1	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$
	H_2	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$
	H_3	$0,5 TD \frac{1}{\sin \alpha}$

Рис. 3.5 Формула похибки взаємності від розміру

$\Delta \varepsilon_6$ – похибка базування:

$$\Delta \varepsilon_6 = 0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) = 0,5 * 300 \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 23 \text{ мкм} = 0,023 \text{ мм, де} \quad (3.3)$$

TD – допуск на розмір;

α - половина кута призми.

Похибку базування вибираєм із таблиці 3.1:

Похибка закріплення $\Delta \varepsilon_3$, вплив самоцентрівних лещат – $\Delta \varepsilon_3 = 0$ мкм. Але на похибку закріплення впливає похибка виготовлення заготовки, а саме ливарні уклони торців, за які фіксується деталь в пристосуванні. Кут нахилу ливарного уклону торця висотою 8мм дорівнює $2^\circ 34'$. При довжинні основи $l = 72$ мм (з кресленника) висота перекоосу:

$$\Delta \varepsilon_3 = l * \sin \alpha = 3,22 \text{ мкм} \quad (3.4)$$

Похибка закріплення буде рівною:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{(\Delta \varepsilon_6)^2 + (\Delta \varepsilon_3)^2} = \sqrt{(23)^2 + (3,22)^2} = 23,22 \text{ мкм}$$

Для операції 010

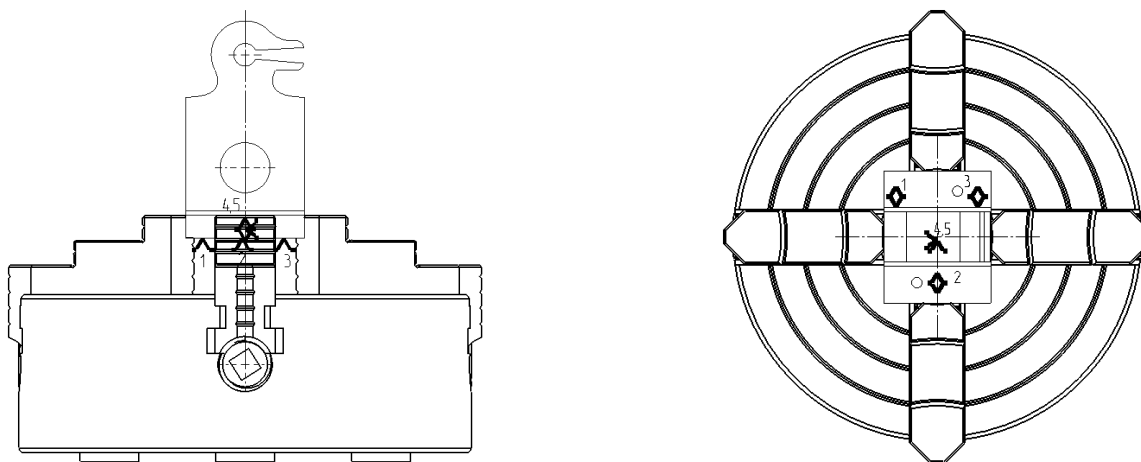


Рис. 3.6 Схема установки заготовки на площину і два пальці

На рис. 3.6 наведені схеми установки заготовки вала в патрон. Через конусоподібність заготовки (Рис. 3.6) при закріпленні виникає осьова сила P_0 , яка викликає її зміщення щодо патрона на величину Δ_0 . Цей зсув при обробці (закріпленні) партії заготовок може змінюватися від нуля до деякого максимального значення, яке і прийнято вважати похибкою закріплення в осьовому напрямку.

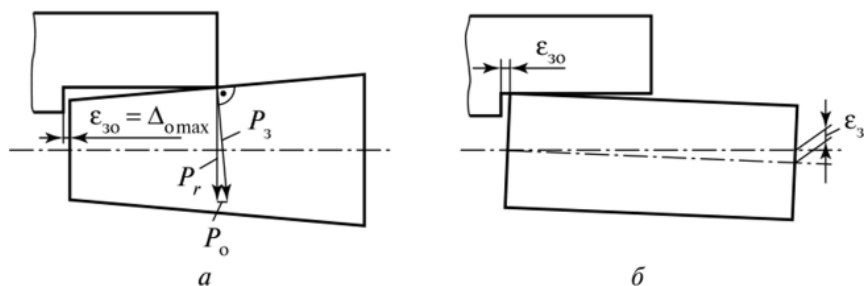


Рис. 3.6 - Схеми закріплення заготовки вала в патрон:

а - при конусоподібну циліндричної поверхні вала; б - при наявності похибок форми цієї поверхні в осьовому і поперечному перетинах

Так як циліндрична поверхня заготовки зазвичай наділена відхиленнями форми як в осьовому, так і в поперечному перетинах, то при закріпленні може сформуватися така система

сил, яка викличе як осьовий зсув заготовки, так і її перекіс щодо осі патрона. Таким чином виникають похибки закріплення заготовки валу в осьовому і радіальному напрямках.[11]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.49)$$

Похибку закріплення берем рівну 120 мкм.

$$\varepsilon_3 = 120 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{27^2 + 120^2} = 123 \text{ мкм},$$

3.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q

Операція 005 Багатоцільова З ЧПК

Найбільші сили різання будуть виникати при фрезеруванні торцевою фрезою, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

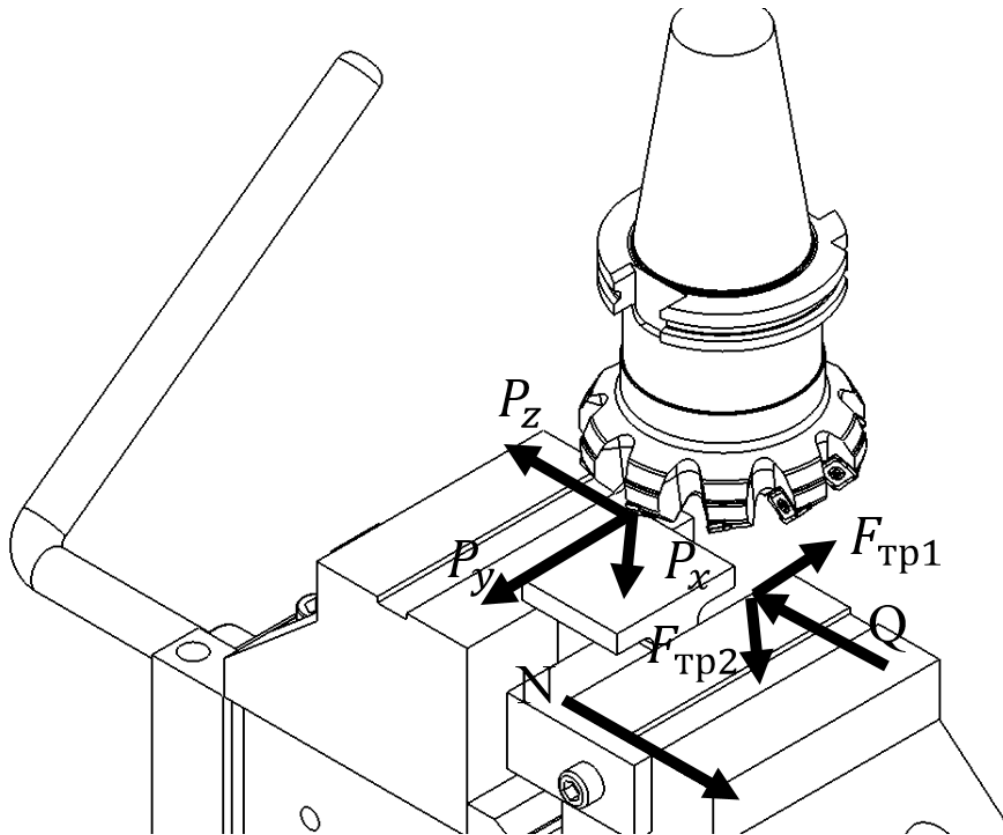


Рис. 3.8 Схема сил при торцевому фрезеруванні

Вихідні дані:

Інструмент: фреза торцева $\varnothing 100$ мм;

Ширина фрезерування $B = 72$ мм;

Подача на зуб фрези $S_z = 0,20$ мм/об;

Швидкість різання: $V = 98 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$;

Частота обертання шпинделя: $n = 312 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Сила різання: $P_z = 527$ Н;

Визначаємо необхідну силу затискача:

$$K * P_z = P_3(f_{\text{оп}} + f_{\text{зм}}) \quad (3.9)$$

де,

$f_{\text{оп}} = 0.2$ - коефіцієнт тертя опор із заготовкою,

$f_{\text{зм}} = 0.2$ - коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечується її нерухомим положенням під час обробки:

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 \quad (3.10)$$

$K_0 = 1.5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1.2$ - обробка не одночасна;

$K_2 = 1.3$ - збільшення сили різання від затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1.2$ - переривчасте різання;

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 = 1.5 * 1.2 * 1.3 * 1.2 = 2.808; \quad (3.11)$$

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{\text{оп}} + f_{\text{оп}}} \rightarrow \frac{2.808 \cdot 527}{0.2 + 0.2} = 3,7 \cdot 10^3 \text{ Н}. \quad (3.12)$$

Операція 010 Багатоцільова З ЧПК

Найбільші сили різання будуть виникати при свердлінні отвору $\varnothing 23,5$, тому розрахунки будемо проводити з умови рівноваги заготовки при цій обробці.

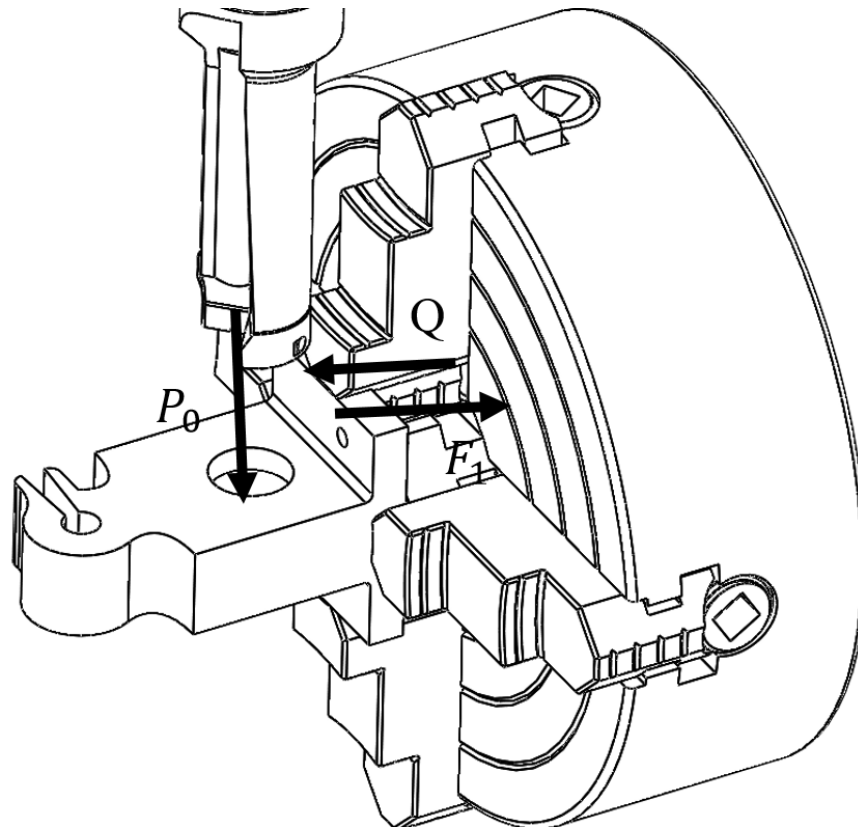


Рис. 3.9 Схема сил при свердлінні

Вихідні дані:

Інструмент: Свердло 23,5 мм;

Глибина різання $h = 11,75$ мм;

Подача на оборот $S_o = 0,34$ мм/об;

Швидкість різання: $V = 130 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$;

Частота обертання шпинделя: $n = 1761 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

Осьова сила: $P_0 = 511$ Н;

Для розрахунку необхідної сили затиску, ми розглядаємо найгірший сценарій, при якому сили на прихват будуть максимальними:

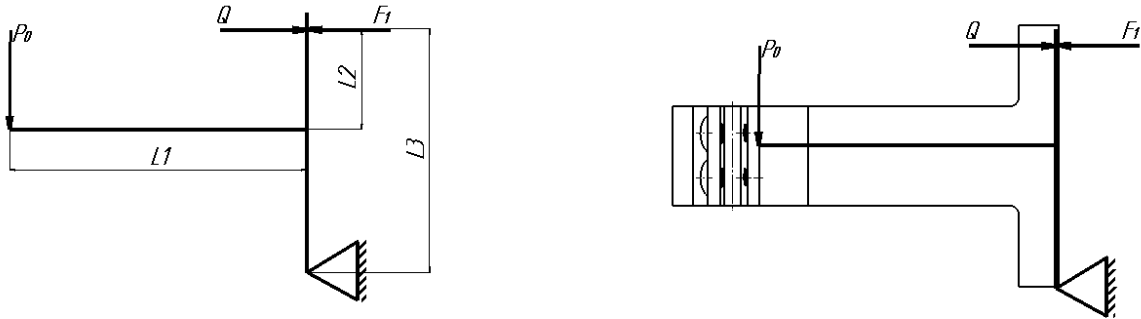


Рис. 3.9 Схема сили, які діють на опору

Силу F_1 , яка діє на прихват знаходимо по відношенню сил до довжин плеч, зображених на рис.

$$\frac{P_0}{F_1} = \frac{L_3}{L_1}, \quad (3.13)$$

$$F_1 = \frac{P_0 \cdot L_1}{L_3} = \frac{511 \cdot 75}{36} = 1065 \text{ H}; \quad (3.14)$$

Сила закріплення:

Визначаємо необхідну силу затискача:

$$Q = F_1 \cdot K \quad (3.15)$$

Розрахунок сили затискача забезпечується її нерухомим положенням під час обробки:

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 \quad (3.16)$$

$K_0 = 1.5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1.2$ - обробка не одночасна;

$K_2 = 1.3$ - збільшення сили різання від затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1.2$ - переривчасте різання;

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 = 1.5 * 1.2 * 1.3 * 1.2 = 2.808; \quad (3.17)$$

$$Q = K \cdot F_1 \rightarrow 2.808 \cdot 1065 = 2990.52 \text{ H}. \quad (3.18)$$

Максимальне навантаження для болта М10 з внутрішнім діаметром 8.9мм, і площею поперечного перерізу 62,18мм² становить 14 000-18000 Н, а робоча навантаження 700-900кг.

На основе принятой схемы компоновки разрабатываем принципиальную схему расчета приспособления (рис. 2), учитывающий тип, число и размеры установочных и зажимных устройств.

ЯК видно з розрахункової схеми переміщення деталі під дією сил різання перешкоджає схема базування. Тобто завдяки пальцю 10 деталь застрахована від будь-якого роду прокручування при обробці. Цанговий затиск потрібен для виключення вібрацій, а також для точного базування деталі щодо пристосування.

Виходячи з режимів різання, розрахованих для токарної операції, запишемо значення крутного моменту різання.

Крутящий момент:

$$F_{\text{трение}} = W \cdot f_{\text{трение}}$$

$$M = F_{\text{трение}} \cdot R$$

$$M = M_{\text{резание}} \cdot K$$

$$F_{\text{трение}} \cdot R = M_{\text{резание}} \cdot K$$

K: Коэффициент усилия закрепления, принимаем $K=1,5$

$$F_{\text{трение}} = \frac{M_{\text{резание}} \cdot K}{R}$$

$$W = \frac{F_{\text{трение}}}{f_{\text{трение}}} = \frac{M_{\text{резание}} \cdot K}{R \cdot f_{\text{трение}}}$$

$$W = \frac{12 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 1,5}{34 \text{ мм} \cdot 0,1} = \frac{15 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot 1,5}{34 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 0,1} = 6617 \text{ Н}.$$

За ГОСТ 12595 для діаметра патрон в корпусі $D = 80$ мм, максимальне значення найбільшої сумарної сили затиску на трьох кулачках $W = 22000 \text{ Н} > 6617 \text{ Н}$. Вважаємо обраний трьох кулачковий патрон забезпечує розраховане зусилля затиску.

3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв

Операція 005 Багатоцільова З ЧПК

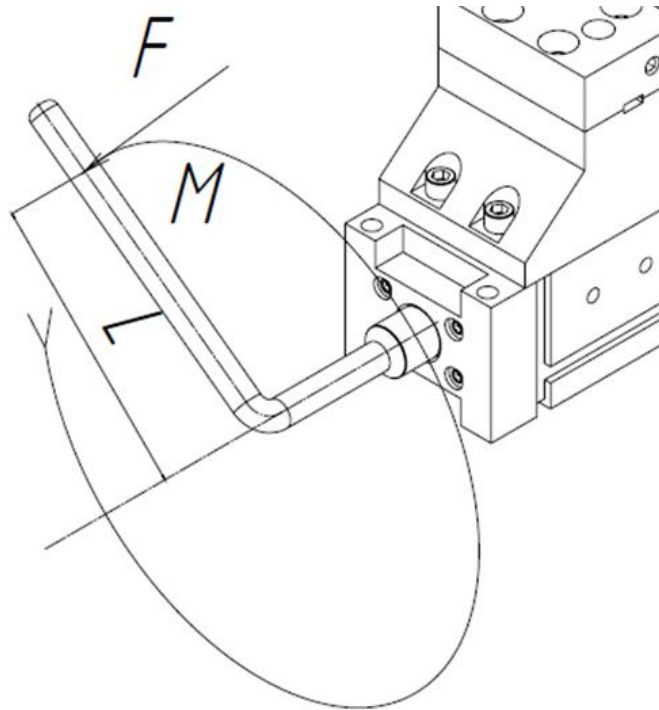
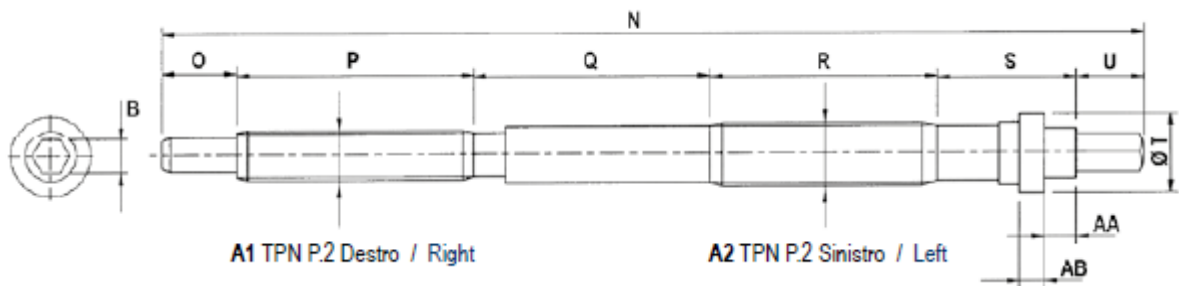


Рис.3.10 Зображення сили і моменту прикладених робітником до ручки лежат



4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок собівартості виробу

Собівартість - це грошовий вираз поточних витрат, використовуваних у виробництві продукції (робіт, послуг) природних ресурсів, сировини, матеріалів, основних фондів, трудових ресурсів та інших витрат, необхідних для здійснення виробничої та підприємницької діяльності підприємства.

Метою розрахунку є визначення економічної доцільності реалізації проекту ділянки, лінії, для розрахунку даних, необхідних при визначенні нижньої межі ціни на всі виріб.

Інформація, необхідна для економічного обґрунтування проекту може бути отримана при проходженні практики або в періодичних виданнях, що публікують дані про ціни на обладнання, матеріали та енергетичні-носії.

Вихідні дані для визначення розрядів робіт і робітників слід шукати в єдиному тарифно-кваліфікаційному довіднику (ЕТКС), або ж у відділі (бюро) праці та зарплати ОТІЗ (БТЗ). Дані про первісну вартість окремих одиниць обладнання, яке передбачається використовувати при проектуванні ділянки, лінії можуть бути отримані на базі практики в матеріальному відділі бухгалтерії, у відділі головного механіка або у цехового економіста (бухгалтера). Дані про потужність приводу верстата приводяться в його паспорті, можуть бути отримані в відділі енергетика або механіка цеху, або ж безпосередньо на двигуні. Відомості про застосовуваних формах і системах оплати праці, тарифних ставках або міжтарифних коефіцієнтах - в ОТІЗ (БТЗ).

4.1.1 Сировина та матеріали

Вартість матеріалів обчислюють з урахуванням їх актуальної ціни на час розрахунку і транспортними витратами:

$$C_m = k_{т.з.} \cdot q_m \cdot C_m = 1,08 \cdot 0,8 \cdot 185 = 159,85 \text{ грн/шт.} \quad (4.1)$$

де q_m — норма витрат матеріалу на одиницю продукції. Приймається $q_m = 0,8$ кг/шт.;

C_m — ціна 1 кг матеріалу. Для Д16Т $C_m = 185$ грн/кг;

$k_{т.з.}$ — коефіцієнт, який характеризує транспортно-заготівельні витрати. Для розрахунку приймається $k_{т.з.} = 1,08$.

4.1.2 Витрати на виготовлення заготовки

Затрати пов'язані з виготовленням заготовки, а саме: опок, металічної моделі, формувальних стержнів, стержневих ящиків запропоновані на ринку послуг з лиття матеріалів як 30 грн/кг. На всю партію 52 500грн.

$$C_{\text{заг}} = 24000/1000 = 24 \text{ грн/шт} \quad (4.2)$$

4.1.3 Зворотні відходи

Відходи сировини, матеріалів, рахують із загальної суми матеріальних витрат:

$$C_{\text{в}} = q_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}} = 0,2 \cdot 15 = 3 \text{ грн/шт.} \quad (4.3)$$

де $q_{\text{в}}$ – кількість зворотних відходів на одиницю продукції, $q_{\text{в}} = 0,2$ кг/шт.;

$C_{\text{в}}$ – ціна одиниці зворотних відходів, $C_{\text{в}} = 15$ грн/кг.

4.1.4 Паливо та енергія на технологічні цілі

В даному пункті враховують витрати на паливо й і всі види енергії, що використовуються у процесі виробництва продукції.

Витрати на електроенергію та технологічні цілі $C_{\text{ен}}$ на рік розраховуються за формулою:

$$C_{\text{ен}} = C_{\text{ен}} \cdot n_0 \cdot N_{\text{в}} \cdot T_{\text{р}} \cdot k_{\text{еч}} \cdot k_{\text{еп}} = 1,68 \cdot 1 \cdot 22,4 \cdot 2000 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 61179,52 \text{ грн} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{ен}}$ – тарифи за один кВт·год електроенергії, $C_{\text{ен}} = 1,68$ грн;

n_0 – кількість встановленого обладнання, де електроенергія використовується як технологічна, $n_0 = 1$;

$N_{\text{в}}$ – встановлена потужність обладнання, $N_{\text{в}} = 22,4$ кВт;

$T_{\text{р}}$ – річний корисний фонд часу роботи обладнання, $T_{\text{р}} = 2000$ годин;

$k_{\text{еч}}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за часом, $k_{\text{ев}} = 0,85$;

$k_{\text{еп}}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю, $k_{\text{еп}} = 0,8$.

Розподіл цих витрат на одиницю продукції $C_{\text{ен1}} = C_{\text{ен}}/Q = 61179,52/1000 = 61.179$ грн/шт.

4.1.5 Основна заробітна плата

Витрати за цією статтею розраховуються по кожному виду робіт (операцій) залежно від норми часу й погодинної оплати робітників.:

$$C_{\text{зо}} = \sum_{i=1}^n C_{Ti} \cdot t_{\text{ши}} = 80 \cdot \left(\frac{28,15}{60}\right) = 37,53 \text{ грн/шт}, \quad (4.5)$$

де C_{Ti} - погодинна оплата робочого відповідної категорії, грн / год; $t_{\text{ши}}$ - трудомісткість виконання і-ої роботи, ч. Приймається $C_T = 80$ грн для оператора верстатів з ЧПУ, обслуговуючого вертикальний обробний центр.

4.1.6 Додаткова заробітна плата

Витрати на премії і доплати. Приймаємо норматив додаткової заробітної плати у розмірі 20%.

$$C_{зд} = C_{зо} \cdot 0,2 = 7,5 \text{ грн/шт.} \quad (4.6)$$

4.1.7 Нарахування на заробітну плату

Заробітна плата виплачується Працівникам регулярно в робочі дні в строки, Установлені колективного договору або нормативним актом роботодавця, погодження Із виборнім органом первинної профспілкової організації чи іншим уповноваженим на представництво трудовим колективом органом (а за відсутності таких ОРГАНІВ - представник, обраних й уповноваженими трудовим колективом), но не рідше чим двічі на місяць через проміжок часу, що НЕ перевищує 16 календарних днів, та не пізніше 7 днів після Закінчення ПЕРІОДУ, за Який здійснюється виплата (ст. 24 Закону про оплату праці, ст. 115 КЗпП).

Норматив єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування складає 38,11% (для 45 класу професійного ризику виробництва):

$$C_{стр} = (C_{зо} + C_{зд}) \cdot 0,3811 = (37,53 + 7,5) \cdot 0,3811 = 17,16 \text{ грн/шт.} \quad (4.7)$$

4.1.8 Витрати на утримання та експлуатацію устаткування

Вартість верстатного обладнання – вертикально-обробляючого центра з ЧПК HAAS VF-2 на період 27.05.2019 р. становить 65 932,90 USD по курсу 26,8 – 1 767 001 грн.

Безперервний процес виробництва потребує постійного відтворення зношених основних засобів виробництва. Для поступового відновлення основних фондів здійснюється амортизація – процес перенесення авансованої раніше вартості усіх видів основних засобів на вартість продукції з метою її повного відшкодування.

Амортизуються ОЗ до досягнення залишкової вартості об'єктом його ліквідаційної вартості відповідно до пп. 145.1.4 ПКУ. Визначення ліквідаційної вартості у ПКУ немає, тож ми будемо керуватися визначенням, наданим у п. 4 П(С)БО 7: це сума коштів або вартість інших активів, яку підприємство очікує отримати від реалізації або ліквідації необоротного активу після закінчення строку його корисного використання, за мінусом витрат, пов'язаних з продажем або ліквідацією. Точно встановити ліквідаційну вартість об'єкта ОЗ доволі складно, адже неможливо заздалегідь знати, за яку суму у майбутньому можна буде продати цей об'єкт або якою буде вартість активів, що будуть отримані від його ліквідації.

Термін корисного використання верстата буде становити 6 років. Ліквідаційна ціна становить 800 000 грн.

Кумулятивний метод нарахування амортизації, за яким річна сума амортизації визначається як добуток вартості, яка амортизується, та кумулятивного коефіцієнта. Кумулятивний коефіцієнт розраховується діленням кількості років, що залишаються до кінця строку корисного використання об'єкта основних засобів, на суму числа років його корисного використання.

Розрахунок амортизаційних відрахувань наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Рік	Амортизаційні відрахування, грн	Нараховані амортизаційні відрахування, грн	Залишкова вартість, грн
-	-	-	1 767 000
1	276 285	276 285	1 490 712
2	230 238	506 523	1 260 474
3	184 190	690 713	1 076 284
4	138 142	828 855	938 142
5	92 095	920 950	846 047
6	46 047	966 997	800 000

Отже, у перший рік сума амортизаційних відрахувань становитиме 276 285 грн.

Так, як протягом року даний верстат буде використовуватись не тільки для виготовлення даної продукції, доля амортизації перенесеної на виготовлення виробу «Корпус привода» не буде перевищувати 10% і буде становити 27 628 грн.

Розподіл цих витрат на одиницю продукції:

$$C_y = 27\,628/1000 = 27,62 \text{ грн/шт.} \quad (4.8)$$

4.1.9 Відшкодування зносу інструментів, витрати на верстатні пристрої

У таблиці 4.2 наведено ціни на інструменти, які використанні при обробці. Вартість інструментів взята з каталогів виробників і інших магазинів верстатного обладнання і є актуальною на травень 2020 року.

Ми вважаємо, що виробництво до нас було оснащено необхідними оправками і державками для інструментів ми не будемо враховувати їх.

Таблиця 4.2. Вартість інструментального оснащення

Інструментальне оснащення

Найменування	Вартість одиниці, грн/шт.	Кількість на 1000 деталей	Вартість на партію, грн
Фреза торцева Sandvik CoroMill 345-100Q32-13H	30 042	1	30 042
Пластини R390-11 T3 02E-PM 1130	4020/10 шт.	30	12060
Фреза кінцева Sandvik CoroMill Plura 2N342-0600-PC	6700	3	13400
Фреза кінцева Sandvik CoroMill Plura 2F342-0953-038	6700	1	6700
Свердло CoroDrill 860,1 ISO 860.1-0880-028A1-GM X1BM	4020	1	4020
Свердло CoroDrill 460.1-0700	1876	2	3752
Фреза кінцева Sandvik CoroMill Plura 2F342-0953-038	7236	1	7236
Пластини R390-18 06 16M-PM 4230	5680/10 шт.	20	11360
CoroBore 825 825.B-2500-A1-PF 1024	2680	3	8040
Свердло CoroDrill 460.1-1100	2680	1	2680
Свердло CoroDrill 870-1700-17L20-3	9246	1	9246
Фреза Sandvik CoroMill R217.16 COGO125AKN1630	4000	2	8000
Фреза кінцева CoroMill for chamfer milling	6700	3	13400
Всього:			129 936

Таблиця 4.3. Вартість верстатного оснащення

Стандартні елементи верстатних пристроїв для трьох операцій			
Найменування	Вартість одиниці	Кількість	Вартість на партію
Стіл поворотний HAAS HRT100	130000	1	130000

Самоцентрівні лещата Gerardi	20000	1	20000
Патрон	90000	1	90000
Всього:			240000

Вартість інструментального та верстатного оснащення, яка повністю переноситься на одиницю продукції:

$$C_o = \frac{13000+24000}{1000} = 370 \text{ грн/шт.} \quad (4.9)$$

4.1.10 Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати складаються з витратами на заробітну плату та на утримання та експлуатацію устаткування:

$$C_{зв} = k_{зв}(C_{зо} + C_y) = 0,3 \cdot (37,2 + 27,62) = 28,45 \text{ грн/шт.} \quad (4.10)$$

де $k_{зв}$ — коефіцієнт загальновиробничих витрат, $k_{зв} = 0,3$.

4.1.11 Загальногосподарські витрати

Розподілення загальновиробничих витрат:

$$C_{зг} = k_{зг}(C_{зо} + C_y) = 0,8 \cdot (37,2 + 27,62) = 65,856 \text{ грн/шт.} \quad (4.11)$$

де $k_{зг}$ — норматив загальногосподарських витрат, $k_{зг} = 0,8$.

4.1.12 Інші виробничі витрати

Інші виробничі витрати приймають 0,5% від загальних виробничих витрат:

$$C_{ін} = 0,005 \cdot 75,856 = 0,37 \text{ грн/шт.} \quad (4.12)$$

4.1.13 Позавиробничі витрати

Норматив комерційних витрат прийнято рівним 5% від загальних виробничих витрат:

$$C_{поз.вит.} = 0,05 \cdot 75,856 = 3,8 \text{ грн/шт.} \quad (4.13)$$

Таблиця 4.5. Калькуляція собівартості продукції

№	Найменування статей калькуляції	Всього	Питома вага
1	Сировина та матеріали	185	21,68
2	Витрати на виготовлення заготовки	24	2,81
3	Зворотні відходи	15	1,76
4	Паливо та енергія на технологічні цілі	61,2	7,17
5	Основна заробітна плата	37,53	4,40

6	Додаткова заробітна плата	7,5	0,88
7	Відрахування на соціальне страхування	17,16	2,01
8	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	27,6	3,23
9	Відшкодування зносу інструментів та верстатних пристроїв	370	43,35
10	Загальновиробничі витрати	28,5	3,34
	Виробнича собівартість	773,49	90,62
11	Загальногосподарські витрати	75,85	8,89
12	Інші виробничі витрати	0,37	0,04
13	Позавиробничі витрати	3,8	0,45
	Повна собівартість	853,51	100,00

Отже, повна собівартість виготовлення деталі «Корпус привода» становить 853,51 грн.

4.2 Висновки

Ми розглянули техніко-економічного засади дипломного проекту, а саме: розрахунок собівартості виготовлення одиниці продукції. Повна собівартість виготовлення деталі «Корпус привода» становить 853,51 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності.

Дії закону поширюється і на підприємство де обробляються деталі, взяті мною на дипломний проект, а також на всіх громадян, які працюють на цьому підприємстві.

Умови праці на робочих місцях, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, працівників, а також санітарно-побутові умови в редукторному цеху відповідають нормативним актам про охорону туди.

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Умови праці на робочих місцях виробничих приміщень або площадок складаються під впливом великого числа факторів, різних за своєю природою, формами прояву, характером впливу на людину. Відповідно до ГОСТ 12.0.00-74 небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються за своєю дією на наступні групи: активні, пасивно-активні та пасивні. Активні в залежності від укладеної в них енергії діляться на фізичні, хімічні,

біологічні та психофізіологічні.

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяються в свою чергу на: рухомі машини і механізми; пересуваються вироби, заготовки, матеріали; підвищена запиленість і загазованість повітряного середовища; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена або знижена вологість повітря; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії поділяються на фізичні і нервово-психологічні перевантаження.

Небезпечні і шкідливі фактори, що виникають під час складання виробів, в першу чергу обумовлено її видом, вживаності обладнання та робочими середовищами.

Основні шкідливі і небезпечні фактори в механічних цехах (ГОСТ 12..3.004-86) наступні: 1. Підвищена загазованість або запиленість повітря робочої зони. Токсичними газами, що містяться в складі контрольних атмосфер в початкових газах, є: окис вуглецю CO, антитіла NH₃, діоксид сірки SO₂, бензол C₆H₆.

У присутності води, кислот, а також вуглекислоти, що містяться в повітрі ціаністі солі виділяють ціаністий водень, що викликає швидке задуха внаслідок паралічу тканин дихальних органів.

У термічних цехах спостерігається перевищення шкідливих речовин. Так, в повітрі робочої зони вміст бензолу - 8 мг / м³, тоді як гранично допустима концентрація 5 мг / м³, вміст окису вуглецю - 26 мг / м³ при ГДК - 20 мг / м³.

Аналіз мікроклімату на робочому місці проводимо відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, ДСН 3.3.6.042-99.

Важливе значення для нормальної життєдіяльності людини має наявність чистого повітря, необхідного хімічного складу, що має оптимальну температуру, вологість і швидкість руху.

При роботі верстатів виділяється надмірна кількість тепла, води, повітря забруднене газами, парами, пилом.

Застосування МОР при обробці сприяє збільшенню вологості повітря. ГОСТ 12.1.005-88 встановлює допустимий вміст шкідливих речовин, стан повітря в робочій зоні. Запиленість повітря на базовому ділянці при ГДК = 10 мг / м³ складає $j = 10$ мг / м³.

Для створення сприятливих умов праці необхідно підтримувати вологе середовище

в межах показників, обумовлених ДСН 3.3.6.042-99.

Норми параметрів фактичних і допустимих наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Норми параметрів

параметри	Фактичні умови	Допустимі умови
Температура повітря в холодний період	+15°C	+13...23°C
Температура повітря в теплий період	+24°C	+15...29°C
Вологість в холодний період	40–60%	≥75%
Вологість в теплий період	40%	40...60%
Швидкість руху повітря в холодний період	0,2 м/с	≥0,2 м/с
Швидкість руху повітря в теплий період	0,5 м/с	≥0,3м/с

У цеху порушуються параметри мікроклімату. При недотриманні норм мікроклімату знижується працездатність людини, виникає небезпека травм і ряду захворювань.

Гранично допустимі концентрації шкідливих газів і пилу в повітрі робочої зони виробничих приміщень встановлені ГОСТ 12.1.005-88 і наводяться в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - ГДК шкідливих газів і пилу

Найменування фактору	ПДК мг/м ³	Факт. мг/м ³
зварювальний пил	4	4
окис вуглецю	20	21
чадного газу	20	22
ацетон	100	100

Фактична концентрація трохи перевищує гранично допустиму концентрацію і є граничною для запобігання професійних захворювань.

Використання високопродуктивного обладнання. Працюючого з підвищеними швидкостями, обумовлено значним поширенням шуму і вібрацій.

Причинами блазня є: інерційні сили, що виникають внаслідок руху механізмів і застосуванням прискорення, зіткнення деталей в механізмах між собою, внаслідок зазорів

між ними, роботи пневмо і гідро систем. Вплив шуму на організм сприяє стомлюваності, знижує продуктивність, збільшує число помилок під час роботи.

Доза шуму за 8 годинний робочий день становить:

$$D = P_a^2 \cdot T = 0,365^2 \cdot 8 = 1 \text{ Па} \cdot \text{ч} \quad (5.1)$$

Значення знаходиться на межі допустимого, отже, необхідно оснащення робочих місць звукоізолюючим і шумознижуючими пристроями.

Граничні значення рівня шуму нормуються по ГОСТ 12.1.003-88.

Звукоізолююча здатність кожуха

$$\Delta \ell_{mp} = 10 + 10 \lg \frac{0,8}{0,6} = 11,2 \quad (5.2)$$

Нормативные уровни шума представлены в таблице 5.3

Таблица 5.3 - Нормативні рівні шуму.

Рівні шуму	Октавні смуги частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Згідно ГОСТ 12.1.003-88	99	92	86	83	80	78	76	74
Фактичні рівні	97	92	84	81	79	75	72	70

Небезпека механічного травматизму локалізована в просторі навколо рухомих елементів, ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, робочі поверхні верстатів, конвеєрів. При прибиранні стружки від верстатів також виникає небезпека травматизму, особливо якщо стружка має велику довжину. Причинами травм служать: нерівномірність припуску, наявність раковин і більш твердих частинок на поверхні заготовки, що сприяє вибуху заготовки з пристосування або поломки ріжучого інструменту, нерівномірно обрані режими різання, динамічні навантаження окремих ланок механізмів.

Засоби індивідуального захисту, що застосовуються при обробці різанням повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

Джерелами ураження служать струмопровідні частини, металорізальні обладнання, ручний електроінструмент, освітлювальні прилади і т.д.

Причинами виникнення електричного ураження є порушення ізоляції, порушення правил експлуатації. Електричний струм надає термічне (опік, нагрів кровоносних судин), електричне (розкладання крові), біологічне (розкладання живих тканин), порушення діяльності органів дихання і кровообігу.

Захисне заземлення виконано по ГОСТ 12.1.030-81. Верстати заземлені методом паралельного заземлення до загального контуру.

При контакті людини з струмоведучими частинами можливо 2-полюсний включення.

Величина струму при дотику

$$I = \frac{U_{np}}{R_{чел}} = \frac{380}{1000} = 0,38 \text{ А} \quad (5.3)$$

При частоті 50 Гц величина струму фактична перевищує допустиму (10 ... 15 мА). Отже при експлуатації даного об'єкта необхідно застосування спеціальних засобів безпеки.

Нормативні умови роботи у виробничих приміщеннях можуть бути забезпечені лише при достатньому освітленні робочих зон, проходів та проїздів. Причинами поганого освітлення служать: забруднені вікна, малий отвір вікон і світлових ліхтарів при освітленні, недостатньою кількістю електроламп. Недостатня освітленість викликає швидке стомлення, зниження гостроти зору.

Фактична освітленість редукторного цеху: а) при комбінованому освітленні - 500лк; б) при загальному освітленні - 200лк.

Допустимий рівень освітленості для виробничих приміщень середньої точності зорових робіт представлений в таблиці 5.4

Таблиця 5.4 - Допустимий рівень освітленості.

Освещенность при искусственном освещении, лк		$K_{\ell O \ell n}'''$ при естественном освещении, %
Комбинированное, лк	Общее, лк	
500	200	5

В результаті ми бачимо, що фактична освітленість в межах норми.

Ганчір'я та інші матеріали, схильні до самозаймання можуть служити причиною пожеж.

Основною причиною пожеж є несправне обладнання, підвищені концентрації в повітрі гарячого газу.

За пожежною безпекою цех належить до категорії «Д», яка характеризується вогнетривкими речовинами і матеріалами в холодному стані.

5.2 Інженерно-технічні заходи щодо поліпшення умов праці

Стан повітряного середовища забезпечується на ділянці за рахунок механізації виробничих процесів.

Влаштування витяжної і припливної вентиляції для видалення нагрітого і забрудненого повітря з приміщення, підтримання в ньому необхідної вологості і подачі в нього свіжого повітря.

Для підтримки в приміщенні в холодну пору року заданої температури повітря застосовується повітряна система опалення.

Для вібропоглинання верстати встановлюються на окремий фундамент або використовують виброизолирующие прокладки. Зниження шуму, можна домогтися, застосувавши менш інтенсивні режими різання. Охолоджуючу рідину використовувати в якості ізоляційної завіси. Зменшення шуму електродвигунів досягається шляхом хорошою динамічним балансуванням ротора двигуна, з укладенням двигуна в звукоізолюючий корпус. Захист від вібрацій досягається вдосконаленням кінематичних схем і поліпшенням роботи механізмів.

Віброізоляція одного верстата

Власну частоту коливань знаходимо за формулою

$$f_o = \frac{\gamma}{r} \quad (5.4)$$

где $f = \frac{n}{60}$,

n – частота вращения электропривода.

$$f = \frac{300}{60} 13,3 \text{ Гц}$$

$$f_o = \frac{13,3}{3} = 4,43 \text{ Гц}$$

Эффективность вибрации определяется по формуле:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{K\Pi} \quad (5.5)$$

$$\text{где } K\Pi = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_o}\right)^2 - 1} = \frac{1}{\left(\frac{13,3}{4,43}\right)^2 - 1} = 0,1248 \quad (5.6)$$

$$\Delta \ell = 20 \lg \frac{1}{0,1248} = 18,08 \text{ дБ} \quad (5.7)$$

Частота свободных колебаний может быть найдена по формуле:

$$f_{oz} = \frac{5}{\sqrt{x_{cm}}} ; \quad (5.8)$$

где x_{cm} – статическая осадка системы виброизолятора под давлением собственной массы

$$x_{cm} = \frac{25}{f_o^2} = \frac{25}{4,43^2} = 1,27 \text{ см} \quad (5.9)$$

Высота резиновой прокладки определяется по формуле:

$$h = x_{cm} \cdot (Eg / \tau) \quad (5.10)$$

где Eg – модуль упругости резины;

$$Eg = 1,58 \text{ МПа}$$

τ – допускаемое напряжение на сдвиг;

$$\tau = 14,4 \text{ Па.}$$

$$h = 1,27 \cdot \frac{1,58}{14,4} = 0,14 \text{ см}$$

$$\text{Площадь прокладки равна } S = \frac{Q}{\tau} ; \quad (6.11)$$

где Q вес станка ($Q = 6400 \text{ кг}$)

$$S = \frac{6400}{14,4 \cdot 4} = 444 \text{ см}^2 / 4 = 111 \text{ см}^2$$

Проведений розрахунок виброізоляторів верстата дозволив визначити необхідні параметри гумових прокладок: висоти, площі, і перевірили відсутність резонансних явищ.

Для того. Щоб зменшити небезпеку від обертових і рухомих частин обладнання

передбачені захисні пристрої, які закривають небезпечні зони устаткування. На верстатах існують огорожі, що представляють собою заблоковані з робочими верстата пристрої, тобто якщо під час обробки зрушити захист, блокування відключає верстат.

Основними методами захисту від ураження електричним струмом є забезпечення недоступності до струмоведучих частин. Це досягається шляхом огорожі, розміщенням їх у недоступних місцях, надійною ізоляцією. Електромережа розділена на окремі електричні ділянки не вплутався між собою, захищені блокувальними пристроями.

Все обладнання заземлене. Покриття підлог бетоном не є джерелом проведення електрики.

Розрахунок захисного заземлення на ЕОМ:

Опору заземлюючих КОНТУРУ $R_K = 2.70 \text{ Ом}$

В МЕЖАХ НОРМИ ТЕРМІН СЛУЖБИ КОНТУРУ 1 2 РОКИ

для збільшення терміну придатності контуру необхідно збільшити

- число електродів, їх довжину або діаметр
- опору заземлюючих контуру $r_k = 2.704$
- значно нижче норми, термін служби контуру більше 5 років
- результати розрахунку захисного заземлення:
- геометричні параметри контуру
- довжина сполучної умових 22.00 m
- число електродів 6. шт
- діаметр електродів .045 m
- довжина електродів 2.2 m
- відстань між електродами 4.4 m
- глибина залягання контуру 1.6 m
- опір контуру 2.70 om
- результати розрахунку захисного заземлення:
- геометричні параметри контуру
- довжина сполучної умових 22.00 m
- число електродів 6. шт
- діаметр електродів .045 m

- довжина електродів 2.2 m
- відстань між електродами 4.4 m
- глибина залягання контуру 1.6 m
- опір контуру 2.70 om
- Аналіз роздруківки.

Опір заземлюючого контуру = 2,7 Ом. В межах норми, тому що в установках напругою до 1000В допускається до 4 Ом.

З метою попередження пожежної небезпеки в проектованій ділянці передбачено:

- установка на ділянках пожежних пунктів, оснащених необхідним інвентарем;
- передбачена аварійна система відключення обладнання;
- проїзди, проходи до захисних щитів, пожежних кранів не захищаючи;
- на ділянках і на обладнанні встановлені датчики пожежної сигналізації.

В якості засобів пожежного захисту в цеху застосовують порожнисті вогнегасники, ОХП-5 - кислотні вогнегасники. У фарбувальних відділеннях встановлені водо-пінні вогнегасники Іванова.

Засоби протипожежного захисту відповідають ГОСТ 12.1.004-91.

Освітлювальна система в цеху відповідає таким вимогам: освітленість на робочих місцях відповідає характеру зорової роботи, в поле зору відсутні пряма і відбита бляклість; сталість освітленості в часі досягнуто стабілізацією напруги живлення, жорстким кріпленням світильників передбачено аварійное освітлення.

Для зорової роботи високої точності коефіцієнт природної освітленості. Знаючи можна визначити площу всетових прорізів за формулою:

$$S_{\phi} = \frac{S_n \cdot \eta_{\phi} \cdot \ell_{\phi}}{\tau_{\phi} \cdot r \cdot 100\%}; \quad (5.12)$$

де - площа підлоги в приміщенні ($S_n = 48 \cdot 18 = 864 \text{ м}^2$)

τ - світлова характеристика ліхтаря ($\eta = 4,7$);

τ_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує світлопропускання ліхтаря ($\tau_{\phi} = 0,5$)

r - коефіцієнт, що враховує вплив відбитого світла ($r = 1,1 - 1,7$)

$$S_{\phi} = \frac{864 \cdot 4,7 \cdot 5}{0,5 \cdot 1,4 \cdot 100} = 104,9 \text{ м}^2.$$

Забезпечення у виробничому середовищі вимог безпеки засноване на здійсненні

ряду організаційних, санітарно-гігієнічних і технічних заходів, що вимагають використання новітніх досягнень науки і техніки, а також залучення довідкового матеріалу у вигляді СнП, галузевої нормативної документації.

Висновки: в даному розділі проаналізовано шкідливі і небезпечні виробничі фактори механоскладального ділянки, розроблені заходи поліпшення умов праці, розраховане опір заземлюючого контуру. Проведені заходи дозволили поліпшити умови праці та безпеку персоналу.

Література

1. Даниленко Б. Д. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ / Б. Д. Даниленко, Г. В. Студенников. // 5. – 2005. – №2. – С. 129–131.
2. Баженова Н. Н. Исследование проблем обработки алюминия / Наталья Николаевна Баженова. // 141. – 2017. – №7. – С. 38–39.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Т. 2. Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова, -4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Методичні вказівки до виконання випускної атестаційної роботи бакалавра з напрямку 0902 – Інженерна механіка для наступної спеціальності 7.090202 – Технологія машинобудування/ Укладачі: Ю.В.Петраков, В.Г.Біланенко, С.С.Добрянський, П.О.Павлюченко, під загальною редакцією Ю.В.Петракова – К.:НТУУ“ КПІ“, 2001-93 с.
5. Методические указания к расчёту припусков по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальностей 12.01 и 12.02 всех форм обучения/ Сост. В.В.Душинский, В.Г.Быланенко и др. – К.:КПИ, 1991. – 80с.
6. Методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни «Теорія різання». Розрахунок режимів різання при точінні. Для студентів спеціальностей 12.01 і 12.02 усіх форм навчання, а також слухачів ФПК / Уклад. В.Г.Біланенко, А.М.Кислюк. К.:КПІ, 1993. – 72с.
7. Методические указания к расчёту припусков (расчётно-аналитический метод) по дисциплине «Технология машиностроения» / Сост. В.В.Душинский, В.Г.Беланенко, А.П.Кругляк и др. – К.:КПИ, 1991 – 80с.
8. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 720с.
10. Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.
11. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] / Ю. В.Петраков, В. К. Фролов, В. М. Кореньков, С. В. Сохань // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – Режим доступу до ресурсу:
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/26447/1/Navchalnyi_posibnyk_TOSD.pdf

Додатки

- 1. Технологічні карти**
- 2. Специфікації**