

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстату з ЧПК
Назва теми

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

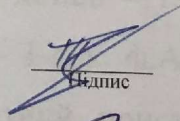
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 Прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма «Технології машинобудування»
Назва

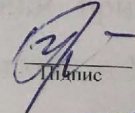
Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.27 ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТ-21-1
Шифр


Підпис

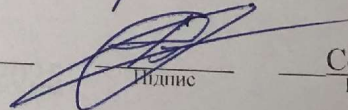
Вадим ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук., доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Свген УРБАНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

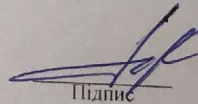
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « 24 » серпня 2025

Хмельницький 2025

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Спеціальність 131 Прикладна механіка

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ
КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студ. гр. ПМТ-21-1 Ткачук Вадим Юрійович

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстату з ЧПК

Тема затверджена наказом ректора №23 від 07.02.2025р.

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 30.04.2025

Розділ II _____ 10.05.2025

Розділ III _____ 30.05.2025

Розділ IV _____ 05.06.2025

Перелік графічних матеріалів: 1. Кресленик деталі – 1 арк. ф.А2; 2. Кресленик заготовки – 1 арк. ф.А2; 3. Графотехнологія - 1 арк. ф.А1; 4. Карта наладки для верстата з ЧПК – 1 арк. ф.А1; 5. Верстатний пристрій - 2 арк. ф.А1; 6. Контрольний пристрій - 1 арк. ф.А2; 7. Калібр-скоба – 1 арк. ф.А3.

Термін подання закінченої роботи 10.06.2025

Завідувач кафедри _____ В.П. Ткачук

Керівник роботи _____ Є.А. Урбанюк

Студент _____ В.Ю. Ткачук

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Ткачук Вадим Юрійович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка
На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстату з ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету _____

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Ткачук В. Ю. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 10,71 %, задовільно 89,29 %. шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 7,55 %, D 32,08 %, E 60,38 %.

Методист факультету _____

**ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ**

Студент Ткачук В.Ю. виконав кваліфікаційну роботу згідно завдання в повному обсязі.
В процесі її підготовки вивчив достатній рівень загальної інженерної і спеціальної графічної підготовки. Додержавне замкнені і зрозумілі матеріали виконав на міжвузівському рівні.

Оцінка дипломного проекту (роботи) _____

Керівник дипломного проекту _____

добре
[підпис]
(підпис)

Урбанек В.А.
(ім'я, прізвище)

" 24 " червня 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Ткачук В. Ю. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри _____

ТМ
[підпис]
(підпис, ім'я, прізвище)

(назва)

" 24 " червня 2025 р.

Завідувачу кафедри
технології машинобудування
доц. Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Ткачука В.Ю.
факультет інженерії, транспорту і архітектури
курс 4-й, група ПМТ-21-1

ЗАЯВА

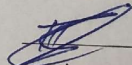
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

15 червня 2025р.

дата


підпис

/Ткачук В.Ю./

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстату з ЧПК
Автор: Ткачук Вадим Юрійович
Освітня програма: Технології машинобудування
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Науковий керівник: к.т.н., доцент Урбанюк Є.А.
На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

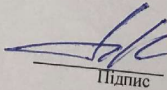
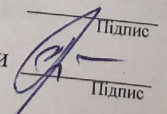
Підтвердження: Mon Jun 16 17:59:32 EEST 2025, Милько Володимир Володимирович,
Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational
The maximum coincidence with one document 7.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 15%

Дата 20.06.2025р.

Завідувач кафедри
Гарант освітньої програми
Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Володимир МИЛЬКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Євген УРБАНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Ткачук В.Ю., гр. ПМТ-21-1

Тема: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстату з ЧПК

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра

Кількість листів креслень 6,25 арк. ф.А1.; кількість сторінок записки 63с. з додатками

1. Короткий зміст дипломної та прийнятих рішень: розроблена технологія виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстатів з ЧПК, спроектований верстатний пристрій та калібр скоба; описані заходи з охорони праці на машинобудівному підприємстві.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: кваліфікаційна робота цілком відповідає виданому завданню як за змістом, так і за обсягом.
3. Характеристика виконання кожного розділу роботи, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи;
 - 1) В загальному розділі проведений аналіз конструкції деталі, вимог до її виготовлення, технологічності деталі і недоліків базового технологічного процесу.
 - 2) В технологічному розділі розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі із застосуванням верстатів з ЧПК, вибраний тип обладнання та інструмент для виконання операцій, обґрунтований вибір методу отримання заготовки, призначені припуски на оброблення поверхонь деталі, розраховані та призначені режими різання, наведене технічне нормування операцій. Розроблено фрагмент керувальної програми оброблення на токарному верстаті з ЧПК.
 - 3) В конструкторському розділі спроектований верстатний пристрій для фрезерування шпонкового пазу, розроблений контрольно-вимірювальний пристрій для контролю радіального биття відповідальних шийок валу, а також калібр-скоба.
 - 4) В розділі «Охорона праці» наведений аналіз шкідливих та небезпечних факторів на ділянці виготовлення деталі та рекомендовані засоби усунення їх впливу на працівників, висвітлені аспекти організації природного освітлення робочих місць ділянки та проведений розрахунок штучного освітлення робочих місць.
4. Позитивні сторони роботи: використані типові методики проектування технологічних процесів машинобудівного профілю.
5. Негативні сторони роботи: для розроблення керуючої програми для ВЧПК бажано було би використати спеціалізований пакет програм.
6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки дипломної роботи: пояснювальна записка та матеріали графічного розділу (кресленики) виконані з дотриманням, в основному, існуючих на даний час вимог.
7. Відгук про роботу в цілому: представлена до захисту кваліфікаційна робота відповідає спеціальності 131 Прикладна механіка.
8. Інші зауваження: -
9. Оцінка роботи – Загальна оцінка роботи «добре».

РЕЦЕНЗЕНТ Рудик Олександр Юхимович, д-р.т.н., каф. ТАМ

Прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи

«25» червня 2025р.

підпис

РЕФЕРАТ

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстату з ЧПК

Автор ст. гр. ПМТ-21-1 Ткачук В.Ю. Керівник роботи: доц. Урбанюк Є.А.

Обсяг пояснювальної записки 63 с. Графічна частина 6,25 аркушів ф.А1.

В загальному розділі наведено описання конструкції і призначення деталі, виконано аналіз технологічності деталі, визначений тип виробництва.

В технологічному розділі розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі із застосуванням верстів з ЧПК, вибраний тип обладнання та інструмент для виконання операцій, обґрунтований вибір методу отримання заготовки, призначені припуски на оброблення поверхонь деталі, розраховані та призначені режими різання, проведене технічне нормування операцій. Розроблено фрагмент керувальної програми оброблення на токарному верстаті з ЧПК.

В конструкторському розділі виконано проектування пристрою для фрезерування шпонкового пазу, розроблений контрольно-вимірювальний пристрій для контролю радіального биття відповідальних шийок вала, а також калібр-скоба.

В розділі «Охорона праці» виконаний аналіз шкідливих та небезпечних факторів на ділянці виготовлення деталі та рекомендовані засаби усунення їх впливу на працівників, висвітлені аспекти організації природного освітлення робочих місць ділянці та проведений розрахунок штучного освітлення робочих місць.

В додатках кваліфікаційної роботи наведена 3-D модель деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001», фрагмент керувальної програми для токарного верстата з ЧПК, технологічна документація процесу виготовлення деталі і специфікації складальних креслеників розроблених пристроїв.

Автор роботи: Ткачук В.Ю. _____ 2025 р.

/Підпис/

/Дата/

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>		
2					
3					
4	A4		Завдання на КРБ		
5	A4		Реферат		
6	A4	КРБ.ФІТА.ПМ.25.00 РПЗ	Розрахунково- пояснювальна записка	67	
7	A2	КРБ.ФІТА.ПМ.25.01.01	Кресленик деталі	1	
8	A2	КРБ.ФІТА.ПМ.25.01.02	Кресленик заготовки	1	
9	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.02.01 ГТ	Графотехнологія	1	
10	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.02.02 КН	Карта налагодження для верстата з ЧПК	1	
11	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.03.01.00.00 СК	Пристрій верстатний	2	
12	A1	КРБ.ФІТА.ПМ.25.03.02.00.00 СК	Пристрій контрольний	1	
13	A3	КРБ.ФІТА.ПМ.25.03.03	Калібр-скоба	1	

					КРБ.ФІТА.ПМ.25.00 ПЗ						
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи						
Розробив.	Ткачук В.Ю.								Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Урбанюк Є.А.									4	63
Н. Контр.	Бись С.С.								ХНУ гр. ПМТ-21-1		
Затвердив	Ткачук В.П.										

ЗМІСТ

	Вступ	С. 6
1	Загальний розділ	8
1.1	Основні завдання кваліфікаційної роботи	8
1.2	Службове призначення виробу і описання його роботи.....	9
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі	12
1.4	Визначення типу і організаційної форми виробництва	12
2	Технологічний розділ	15
2.1	Аналіз базового технологічного процесу та пропозиції із його удосконалення	15
2.2	Обґрунтування вибору методу отримання заготовки	16
2.3	Вибір технологічних баз	17
2.4	Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі	18
2.5	Аналітичний розрахунок та вибір припусків по переходах	22
2.6	Розрахунок припусків на механічне оброблення	23
2.7	Розрахунок режимів різання аналітичним методом	25
2.8	Визначення норм часу на механічне оброблення деталі	33
2.9	Проектування операції на верстаті ЧПК	35
3	Конструкторський розділ	36
3.1	Проектування верстатного пристрою для фрезерування шпонкового пазу	36
3.1.1	Вибір схеми базування	36
3.1.2	Розрахунок затискного зусилля пристрою	36
3.1.3	Розрахунок гідроприводу верстатного пристрою	39
3.1.4	Перевірочний розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі пристрою	41
3.1.5	Розрахунок точності виготовлення пристрою	42
3.1.6	Описання будови та принципу дії пристрою	42
3.2	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	45
3.3	Проектування калібра-скоби для контролю шийки вала $\varnothing 20h6$	47
4	Охорона праці	51
4.1	Шкідливі та небезпечні фактори на ділянці виготовлення деталі	51
4.2	Організація природного освітлення робочих місць ділянці	56
4.3	Розрахунок штучного освітлення	58
	Висновки	61
	Список використаної літератури	62
	Додатки	

						КРБ.ФІТА.ПМ.25.00 РПЗ		
Зм.	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив.		Ткачук В.Ю.						
Перевірив		Урбанюк С.А.				5	63	
Н. Контр.		Бись С.С.			ХНУ гр. ПМТ-21-1			
Затвердив		Ткачук В.П.						

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» з використанням верстата з ЧПК (Пояснювальна записка)

ВСТУП

Машинобудування є важливою галуззю народного господарства країни. Його продукція - машини і механізми різноманітного призначення - використовуються в усіх галузях економіки України. Темпи переозброєння промисловості країни новою технікою у значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування. Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується не тільки покращенням конструкцій машин, але і постійним вдосконаленням технології їх виробництва.

Галузь машинобудування також створює сучасну техніку і розробляє технологію її виготовлення для власних потреб і на цій основі забезпечує виробництво нової техніки для інших галузей народного господарства, що в остаточному підсумку забезпечує реалізацію його реконструкції, а саме розширення сфери застосовування устаткування із встроєними мікропроцесорами, верстатів з ЧПК, оброблювальних центрів та робототехніки.

Для цього важливо використовувати технології виготовлення машин із застосуванням високопродуктивного устаткування, сучасного інструменту, технологічного оснащення та засобів механізації і автоматизації виробництва.

Однією із головних задач технології машинобудування є вивчення закономірностей технологічних процесів і виявлення параметрів, діючи на які можливо інтенсифікувати виробництво і підвищити його точність. Лише на базі цих закономірностей можуть вирішуватись задачі автоматизації виробництва.

При виконанні кваліфікаційної роботи прийняття рішень із вибору варіантів технологічного процесу, устаткування, оснащення, методів отримання заготовок проводиться на основі техніко-економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант. При проектуванні особлива увага приділяється самостійній творчості студента з метою розвитку його ініціативи у вирішенні технічних і організаційних завдань, а також детального і творчого аналізу існуючих технологічних процесів.

У зв'язку з цим в навчальному процесі важливе місце приділяється виконанню кваліфікаційної роботи за освітньою програмою «Прикладна механіка», яка закріплює і поглиблює рівень знань, що їх отримали студенти під час лекцій та практичних занять. Це дозволяє закріпити і поглибити навички студента в користуванні довідниковою літературою і даними стандартів ДСТУ, поєднуючи теоретичні знання з практичним досвідом, здобутим під час проходження практик.

Виконання кваліфікаційної роботи сприяє детальному і творчому аналізу існуючих технологічних процесів виготовленні даного типу деталі, дозволяє розвинути ініціативу студента при прийнятті рішень в процесі розв'язування технічних та організаційних задач [1].

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні завдання кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна робота бакалавра (КРБ) передбачає розроблення вдосконаленого варіанту технологічного процесу виготовлення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001». При цьому вирішується ряд завдань, які спрямовані забезпечити сучасний технологічний рівень виготовлення деталі у порівнянні з базовим варіантом технологічного процесу шляхом використання прогресивних методів оброблення, відповідного інструменту та технологічного устаткування. Вирішення поставлених завдань сприяє аналіз змісту кожної операції базового технологічного процесу, методів досягнення потрібної точності розмірів основних поверхонь деталі, форми та їх взаємного розташування, їх шорсткості тощо.

Важливими складовими при розробленні технологічного процесу виготовлення деталі є призначення операційних припусків, вибір інструменту та режимів різання на операціях, вибір устаткування та встановлення технічних норм часу. Слід також спроектувати спеціальний верстатний пристрій для закріплення деталі при механічному обробленні, так як його застосування в технологічному процесі приєє поліпшення умов праці та її продуктивності. Для контролю діаметра відповідальної поверхні деталі слід також спроектувати калібр-скобу. Тип обладнання, що вибирається для виконання операцій механічного оброблення деталі, має відповідати темі КРБ. При цьому необхідно не лише вибрати моделі верстатів з ЧПК, а і розробляти для операцій, на яких вони мають використовуватись, детальні розрахунково-технологічні карти та керувальну програму.

Підготовка до виконання КРБ відбувалася за матеріалами, що були отримані при проходженні переддипломної практики, та за матеріалами, наданими керівником.

Отже, при розробленні кваліфікаційної роботи бакалавра необхідно:

- внести зміни до базового технологічного процесу оброблення деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001», застосувавши верстати з ЧПК з метою покращення його техніко-економічних показників;
- розробити верстатний пристрій для встановлення заготовки при її обробленні на одній із операцій технологічного процесу;
- спроектувати контрольний пристрій для контролю розміру відповідальної поверхні;
- спроектувати калібр-скобу для контролю розміру відповідальної поверхні деталі.

Основними вихідними даними для розроблення КРБ є:

- робочий кресленик деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» і технічні умови на її виготовлення;
- річна програма випуску – 2000 шт.;

1.2 Службове призначення виробу та описання його роботи

Деталлю, яка видана для вдосконалення технології її виготовлення, є «Вал черв'яка АСТ 20.02.001». Деталь входить у вузол редуктора мотокультиватора МКМ-20 призначений для оброблення рихленням легкого та середньо-важкого ґрунту на городах, теплицях, парках тощо.

Редуктор мотокультиватора призначений для передачі крутного моменту від бензинового двигуна культиватора до культиваторної фрези і представляє собою одноступінчастий черв'ячний редуктор. Вал черв'яка встановлений на двох радіальних та одному упорному кулькових підшипниках в роз'ємному корпусі, що складається із саме корпуса та кришки. Червяк знаходиться в зачепленні із збірним червячним колесом.

Деталь «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» (див. рис. 1.1) представляє собою вал із опорними шийками однозахідного черв'яка з евольвентним профілем

(ZL), що входить до складу черв'ячної передачі з передавальним відношенням $i=31$. Черв'ячна передача виготовляється за 7-м ступенем точності (7-C) згідно ГОСТ 3675-81.

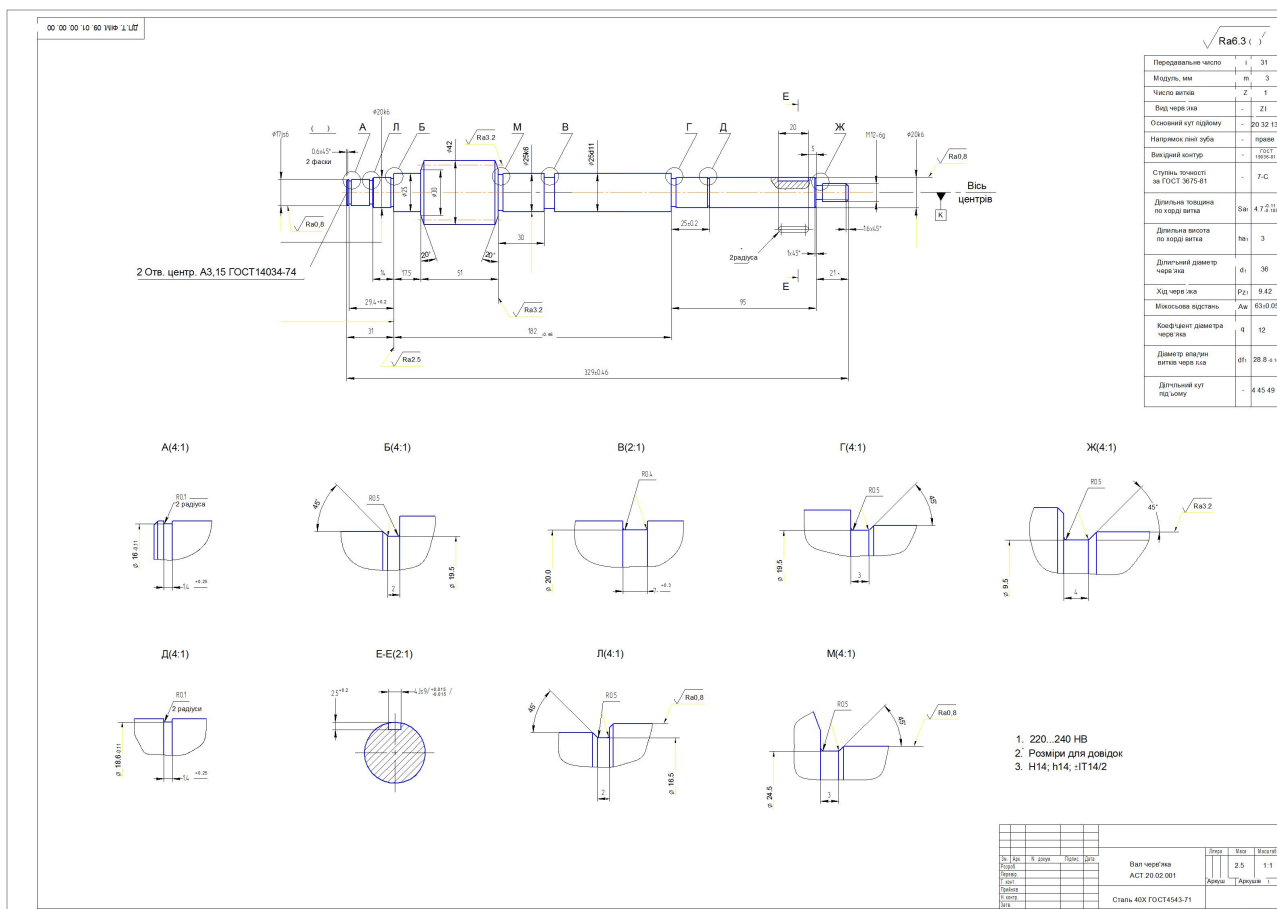


Рис. 1.1 - Креслення вала черв'яка АСТ 20.02.001

Основними конструктивними елементами вала є:

а) дві шийки $\varnothing 17j_5/6$ та $\varnothing 20j_5/6$, якими вал спряжений із двома кульковими радіальними підшипниками; б) правий торець шийки $\varnothing 20k_6/6$, на який напресовується праве кільце опорного підшипника; в) правий торець черв'яка, який виконує функцію опорної поверхні при реверсуванні передачі, спрягається з шийкою $\varnothing 25 \begin{matrix} -0,05 \\ -0,15 \end{matrix}$.

У правій частині вала знаходяться шийка $\varnothing 20j_5/6$, шпонковий паз з шириною $b=4J_5/9$ та різева шийка з нарізю М12 для встановлення напівмуфти муфти, що з'єднає вал з бензиновим двигуном мотокультиватора.

Для забезпечення необхідної точності черв'ячної передачі при складанні редуктора відповідальні шийки вала ($\varnothing 17j_5,6$ та $\varnothing 20j_5,6$) мають бути співвісними, а їх радіальне биття відносно осі деталі не має перевищувати 0,025 мм.

Для забезпечення стабільної посадки підшипників протягом тривалого терміну роботи редуктора, вказані шийки вала відповідати відхиленню від циліндричності не більше 0,007 мм. Для уникнення деформацій підшипників при їх запресовуванні на шийки вала торцеве биття заплечиків шийок не повинно перевищувати 0,03 мм.

Для забезпечення якісного шпонкового з'єднання вала з муфтою, шпонковий паз повинен бути симетричним відносно осі шийки $\varnothing 20j_5,6$ (відхилення не більше 0,03 мм), а бокові стінки його мають бути паралельними цій осі: відхилення від паралельності не більше 0,03 мм.

Вал повинен мати достатню міцність, що досягається гартуванням в мастилі з наступним відпуском до твердості 32...37HRC. Для підвищення зносостійкості витків черв'яка їм необхідно надати поверхневу твердість 50...55HRC на глибину 1,5 мм, що досягається гартуванням струмами високої частоти (СВЧ).

Вал виготовляється з поширеної сталі 40Х ДСТУ 7806.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40Х ДСТУ 7806, %

C	Si	Mn	NI	Cr	Cu	P	S
0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	≤0.3	0.8-1.1	≤0.3	≤0.035	≤0.035

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40Х

Термічне оброблення	Межа плинності, МПа	Тимчасовий опір, МПа	Мінімальне відносне подовження, %	Відносне звуження, %
Загартування від 860°C в мастилі, відпуск при 500°C	≥785	≥980	≥10	≥45

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Кресленик деталі «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» має всі необхідні дані, які дають повне уявлення про деталь, тобто, всі проекції, розрізи, перерізи чітко і однозначно пояснюють її конструкцію, можливі методи отримання заготовки, на кресленнику вказані всі розміри з їх відхиленнями, шорсткість поверхонь, що обробляються, допустимі відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного розміщення поверхонь.

Деталь «Вал черв'яка АСТ 20.02.001» є тілом обертання. Деталь має невисоку жорсткість, так співвідношення довжина/діаметр у неї більше 10. Це потребуватиме застосування відповідних режимів оброблення, поділу операцій оброблення вала на чорнові та чистові, а за необхідності і застосування люнета.

Високі вимоги щодо шорсткості шийок вала потребують застосування чистового оброблення шліфуванням. Значний перепад діаметрів прверхонь вала черв'яка потребуватиме великого обсягу механічного оброблення, якщо деталь виготовляти із штучної заготовки - прокату.

Інші поверхні, що обробляються, з точки зору забезпечення точності і шорсткості не представляють технологічних труднощів, так як дозволяють вести оброблення напрохід і дають можливість оброблювати деталь на верстатах з ЧПК, застосовуючи високопродуктивні методи. Конструкція деталі не вимагає застосування при обробленні спеціального устаткування, а вимоги, що ставляться, виконуються з використання типових верстатів, отже, деталь технологічна.

1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва

1.4.1 Аналіз вихідних даних

Вихідними даними при проектуванні технологічного процесу є:

- робочий кресленик деталі;
- типовий технологічний процес механічного оброблення деталі;
- річна програма випуску $N = 2000$ шт.

1.4.2 Визначення типу виробництва

Згідно [2] для маси деталі $m=2,5\text{кг}$ для річної програми випуску $N=2000\text{шт.}$ приймаємо середньосерійний тип виробництва.

Ознакою серійного виробництва є групова форма організації технологічного процесу, тобто, запуск виробів проводиться партіями. Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску [2]:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску;

a – періодичність запуску в днях, $a = 12$ [5];

254 – число робочих днів в році.

$$n = \frac{2000 \cdot 12}{254} = 95 \text{ шт.}$$

Проведемо корегування розміру партії деталей для зручності планування і організації виробництва і визначимо розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях [2]:

$$C = \frac{T_{\text{ш.к.сер}} \cdot n}{476 \cdot 0.8}, \quad (1.2)$$

де $T_{\text{ш.к.сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час на основних операціях,
 $T_{\text{ш.к.сер}} = 41,15$ хв.;

476 - дійсний фонд часу роботи устаткування у зміну, хв.;

0,8 - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів при серійному виробництві.

$$C = \frac{41,15 \cdot 95}{476 \cdot 0.8} = 10,2. \text{ Приймаємо } C_{\text{пр}} = 11 \text{ шт.}$$

Визначимо число деталей в партії, необхідних для завантаження устаткування протягом цілого числа змін:

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{np}}{T_{ш.к.сер}}, \quad (1.3)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 11}{41,14}, \text{ принимаемо } n_{np} = 102 \text{ шт.}$$

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу та пропозиції із його удосконалення

Аналіз базового технологічного процесу механічної оброблення вала черв'яка АСТ.20.02.001 виконуємо з точки зору забезпечення якості продукції, зниження собівартості її виготовлення та підвищення продуктивності праці [3].

У базовому технологічному процесі деталь отримується із круглого сортового прокату, що не раціонально, так як при значному перепаді діаметрів багато металу йде у відходи.

В базовому технологічному процесі чорнове оброблення проводиться на токарному верстаті з ЧПК мод.16К30Ф3, потім на ньому ж виконується операція чистового оброблення поверхонь. Верстат мод.16К30Ф3 є точним і дорогим верстатом, тому пропонуємо для чорнових операцій верстат з ЧПК замінити на більш дешевий універсальний верстат мод.16К20, що призведе до зниження собівартості виготовлення деталі.

У базовому технологічному процесі підрізання торців та центрування отворів виконувалось на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20. Пропонуємо замінити цю операцію на фрезерувано-центрувальну.

Для оброблення шпонкового паза доцільне розроблення спеціального верстатного пристрою, який полегшить установку деталі на столі фрезерувального верстат та підвищить точність оброблення.

Як контрольний пристрій можна запропонувати стандартний пристрій для контролю радіального биття, адаптувавши його під дану деталь та вдосконаливши його, наприклад, оснастивши важелем для відводу центра під час установки вала в центра та стійками з попередньо налаштованими індикаторними головками для контролю радіального та торцевого биття.

2.2 Обґрунтування вибору методу отримання заготовки

Метод отримання заготовки може бути вибраний, виходячи із:

а) матеріалу деталі: так як матеріал деталі сталь 40Х ДСТУ 7806, як заготовка може бути вибраний сортовий круглий прокат.

б) конфігурації і маси деталі: деталь має елементи, перепад діаметрів яких складає до 30мм, тому, виходячи з цього, може бути вибрана заготовка методом штампування.

Іншими методами отримання заготовки недоцільно.

Проведемо розрахунок технологічності собівартості заготовки, яка отримується двома методами: 1 - із круглого сортового прокату; 2 - методом штампування.

Вартість заготовки, яка отримується з круглого прокату [4]:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{о.з}}, \quad (2.1)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн.;

$\sum C_{\text{о.з}}$ – технологічна собівартість операцій правлення, розрізання на штучні заготовки, грн.

$$C_{\text{о.з}} = \frac{C_{\text{п.з}} \cdot T_{\text{шт.}}}{60}, \quad (2.2)$$

де $C_{\text{п.з}}$ – приведені витрати на робочому місці, $C_{\text{п.з}} = 100$ грн./год.;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час виконання операції при виготовленні заготовки, $T_{\text{шт}} = 0,85$ хв.;

$$C_{\text{о.з}} = \frac{100 \cdot 0,85}{60} = 1,4 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал визначаємо за масою прокату, що йде на заготовку, за вирахуванням вартості стружки і відходів, грн.:

$$M = \frac{Q \cdot S}{1000} - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.3)$$

де Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1т матеріала заготовки, грн.;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1т відходів, грн.

$$Q = 9,02 \text{ кг}; q = 2,5 \text{ кг}; S = 45000 \text{ грн.}; S_{\text{від}} = 1200 \text{ грн.}$$

$$M = \frac{9,02 \cdot 45000}{1000} - (9,02 - 2,5) \frac{1200}{1000} = 398,4 \text{ грн.}$$

Тоді $S_{\text{заг.1}} = 398,4 + 1,4 = 399,8 \text{ грн.}$

Собівартість заготовок, які отримуються штампуванням, визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг.2}} = \left(\frac{S_{\text{баз}}}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.4)$$

де $S_i = 76000 \text{ грн.}$ - ціна 1т. заготовок-штамповок;

$Q = 3,12 \text{ кг}$ - маса заготовки-штамповки

$q = 2,5 \text{ кг}$ - маса деталі;

$S_{\text{відх}} = 1200 \text{ грн.}$ - ціна 1т відходів;

$k_T = 1$ - при нормальній точності;

$k_C = 0,84$ - для 2-ї групи складності;

$k_B = 0,87$ - коефіцієнт, який залежить від маси штамповки;

$k_M = 1$ - коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки;

$k_{\Pi} = 1$ - коефіцієнт, який залежить від річної програми випуску [4].

$$S_{\text{заг.2}} = \left(\frac{76000}{1000} \cdot 3,12 \cdot 0,84 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (3,12 - 2,5) \frac{1200}{1000} = 172,5 \text{ грн.}$$

Вибираємо заготовку, отриману штампуванням, так як $S_{\text{заг.2}} < S_{\text{заг.1}}$.

2.3 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз – це відповідальний етап проектування технологічного процесу. Основні принципи вибору баз це [3]:

- принцип сумісності баз;
- принцип постійності баз;
- бази мають забезпечувати добру стійкість і надійність встановлення заготовки.

Порядок вибору баз:

- вибір баз для завершальної операції;
- вибір чорнової бази;
- вибір проміжної бази.

Чистові бази повинні мати найбільшу точність розмірів і геометричної форми, найменшу шорсткість поверхні та забезпечувати просте і надійне кріплення деталі.

Основні вимоги до чорнових баз:

1. Як технологічні чорнові бази вибираються поверхні, які не оброблюються чи поверхні з найменшими припусками.

2. Чорнова база повинна забезпечувати при закріпленні деталі стійке її положення без деформації. Для нашої деталі це поверхні $\varnothing 30$, $\varnothing 25k6$ та $\varnothing 20$. По цих поверхнях заготовка базується в призмах на фрезерувально-центрувальній операції.

Бази на проміжні операції мають вибиратися із наступних міркувань:

1. Як технологічні бази приймають ті поверхні, які зв'язані з оброблюваною поверхнею найкоротшим розмірним ланцюгом.

2. Без причини бази не змінюють. При зміні баз переходять від менш точної до більш точної бази.

Проміжними базовими поверхнями та основними базовими поверхнями деталі є центрові отвори. Ці поверхні використовуються як базові при кінцевому виконанні шліфувальних операцій.

2.4 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі

2.4.1 Вибір типів верстатного устаткування

При розробленні технологічного процесу вибір устаткування залежить від характеру і типу виробництва. Так як у нас середньосерійне виробництво, то вибираємо універсальні верстати та верстати з ЧПК.

Для одночасного оброблення торців та центрувальних отворів застосовуємо фрезерувально-центрувальний верстат мод. МР-73.

Для чорнових токарних операцій застосовуємо універсальний токарно-гвинторізний верстат мод.16К20. Для чистових токарних операцій – токарний верстат з ЧПК мод.16К20Ф3. Для фрезерування шпонкового паза застосовуємо вертикально-фрезерувальний верстат мод. 6Р13. Для шліфування поверхонь $\varnothing 17j_5b$, $\varnothing 20k_6$ та $\varnothing 25k_6$ застосовуємо круглошліфувальний верстат мод. 3М151В.

2.4.2 Встановлення структури операцій та послідовності виконання переходів

005 Заготівельна

010 Маркувальна. Верстак

015 Термічна. Піч

020 Рихтувальна. Прес П6330

025 Налагоджувальна. Фрезерувально-центрувальний верстат мод. МР-73

030 Фрезерувально-центрувальна. Фрезерувально-центрувальний верстат мод. МР-73

1. Фрезерувати 2 торці в розмір 329 мм;

2. Центрувати 2 отв. $\varnothing 3,15$

035 Слюсарна. Верстак

040 Токарно-гвинторізна. Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20

1. Точити $\varnothing 13$ мм (М12), витримуючи розмір 19,5мм (21);

2. Точити $\varnothing 24$ мм ($\varnothing 20k_6$), витримуючи розмір 95мм;

3. Точити $\varnothing 27$ мм ($\varnothing 25k_6$) на довжину 111мм ($182-51-17,5=113,5$ мм);

4. Підрізати торець $\varnothing 48$ мм ($\varnothing 42$), витримуючи розмір 113,5мм ($182-51-17,5$);

045 Токарно-гвинторізна. Токарно-гвинторізний верстат мод.16К20

1. Точити $\varnothing 21\text{мм}$ ($\varnothing 17j_56$) з підрізанням торця, витримуючи розмір 14мм ($15,4=29,4-14\text{мм}$)
2. Точити $\varnothing 24\text{мм}$ ($\varnothing 20k_6$), витримуючи розмір 14мм ;
3. Точити $\varnothing 27\text{мм}$ ($\varnothing 25$), на довжину 15мм ($17,5\text{мм}$);
4. Підрізати торець $\varnothing 50\text{мм}$ ($\varnothing 42$), витримуючи розмір $17,5\text{мм}$ та 52мм (51мм);
5. Точити $\varnothing 44\text{мм}$ ($\varnothing 42$).

050 Токарна з ЧПК. Токарний верстат з ЧПК мод.16К20Ф3

1. Точити фаску $1,6 \times 45^\circ$;
2. Точити $\varnothing 12\text{мм}$ (M12)
3. Точити канавку “Ж”, витримуючи $V=4\text{мм}$, $\varnothing 9,5\text{мм}$;
4. Підрізати торець, витримуючи розмір 21мм ;
5. Точити фаску $1,5 \times 45^\circ$ ($1 \times 45^\circ$);
6. Точити $\varnothing 21\text{ мм}$ ($\varnothing 20k_6$), витримуючи розмір 94мм (95мм);
7. Точити канавку “Г”, витримуючи $V=3\text{мм}$, $\varnothing 19,5$;
8. Підрізати торець, витримуючи розмір 95мм
9. Точити $\varnothing 26\text{мм}$ ($\varnothing 25k_6$) на довжину 110мм ($182-51-17,5=113,5\text{мм}$);
10. Точити канавку “М”, витримуючи $V=3\text{мм}$, $\varnothing 74,5$;
11. Підрізати торець, витримуючи розмір $113,5\text{ мм}$ ($182-51-17,5$)
12. Точити фаску $6,5 \times 20^\circ$;
13. Точити $\varnothing 42\text{ мм}$;
14. Точити витки черв'яка, витримуючи кут 20° та т.в. кресленника.

055 Токарна з ЧПК. Токарний верстат з ЧПК мод.16К20Ф3

1. Точити фаску $1,1 \times 45^\circ$ ($0,6 \times 45^\circ$);
2. Точити $\varnothing 18\text{мм}$ ($\varnothing 17j_56$);
3. Точити канавку “Л”, витримуючи $V=2\text{мм}$, $\varnothing 16,5\text{мм}$;
4. Підрізати торець, витримуючи розмір 17мм ($31-14$);
5. Точити фаску $1,1 \times 45^\circ$ ($0,6 \times 45^\circ$)
6. Точити $\varnothing 21\text{мм}$ ($\varnothing 20k_6$);

7. Точити канавку “Б”, витримуючи $V=2\text{мм}$, $\phi 19,5$;
8. Підрізати торець, витримуючи розмір 14мм ;
9. Точити $\phi 25\text{мм}$ з підрізкою торця, витримуючи розмір 17мм ;
10. Точити фаску $6,5 \times 20^\circ$;

060 Токарна з ЧПК. Токарний верстат з ЧПК мод.16K20Ф3

1. Точити $\phi 20,5\text{мм}$ ($\phi 20k6$);
2. Точити $\phi 25,5\text{мм}$ ($\phi 25k6$);
3. Точити канавку “Д”, витримуючи $V=1,4\text{мм}$, $\phi 18,6$;
4. Точити канавку “В”, витримуючи $V=4\text{мм}$, $\phi 20$;

065 Токарна з ЧПК. Токарний верстат з ЧПК мод.16K20Ф3

1. Точити $\phi 17,5\text{мм}$ ($\phi 17j_s6$);
2. Точити $\phi 20,5\text{мм}$ ($\phi 20k6$);
3. Точити канавку “А”, витримуючи $V=1,4\text{мм}$, $\phi 16$;

070 Вертикально-фрезерувальна. Вертикально-фрезерувальний верстат мод. 6P12

1. Фрезерувати паз $V=4J_s9$ витримуючи розміри 20мм , 5мм і $2,5\text{мм}$

075 Слюсарна. Верстак

080 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат мод.3M151B

1. Шліфувати $\phi 17j_s6$

085 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат мод.3M151B

1. Шліфувати $\phi 20k6$.

090 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат мод.3M151B

1. Шліфувати $\phi 20k6$.

095 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат мод.3M151B

1. Шліфувати $\phi 25k6$.

100 Токарно-гвинторізна. Токарно-гвинторізний верстат мод.16K20

1. Нарізати різьбу M12

105 Контрольна. Стіл ВТК

2.5 Аналітичний розрахунок та вибір припусків по переходах

Розраховуємо припуски, проміжні та граничні розміри на оброблення поверхні $\varnothing 25k6$. План оброблення поверхні $\varnothing 25k6$ у відповідності з вимогами кресленика містить чорнове, напівчистове та тонке точіння і шліфування.

Розрахунок мінімальних значень припусків ведемо за формулою:

$$2Z_{i_{\min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (2.5)$$

де Rz_{i-1} - середня висота поверхневих мікронерівностей, що отримані на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару, що отриманий на попередньому переході;

ρ_{i-1} - векторна сума просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь заготовки, що обробляється, отримана на попередньому переході;

ε_i - похибка установки заготовки на переході, що виконується.

Значення Rz_{i-1} і T_{i-1} для штамповки і після її механічного оброблення вибираємо із [4] та заносимо в таблицю 2.1.

Сумарні відхилення розміщення поверхні знаходимо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (2.6)$$

де $\rho_{кор}$ - короблення поковки, $\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l$;

Δ_k - питома кривизна поковки, $\Delta_k = 3$ мкм/мм [4];

$$\rho_{кор} = 3 \cdot 320 = 960 \text{ мкм};$$

$\rho_{зм}$ - зміщення осей фігур, що штампуються в різних половинах штампа;

$$\rho_{зм} = 0,9 \text{ мм} = 900 \text{ мкм} [4].$$

Тоді

$$\rho = \sqrt{900^2 + 960^2} = 1316 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка після виконання переходу знаходиться за формулою:

$$\rho_{ост. i} = K_{yi} \cdot \rho_1, \quad (2.7)$$

де K_{yi} - коефіцієнти уточнення [4]:

$K_{y1} = 0,06$ - для чорнового точіння;

$K_{y2} = 0,05$ - для напівчистового точіння;

$K_{y3} = 0,04$ - для чистового точіння;

Тоді $\rho_{ост.1} = 0,06 \cdot 1316 = 79$ мкм;

$\rho_{ост.2} = 0,05 \cdot 1316 = 66$ мкм;

$\rho_{ост.3} = 0,04 \cdot 1316 = 53$ мкм;

Визначені вище значення заносимо в табл. 2.1

Похибка установки заготовки при обробленні в центрах $\varepsilon_y = 0$.

Найбільші граничні розміри визначаємо додаванням технологічного допуску по переходам до округленого до точності допуску найменшого граничного розміру.

Граничні значення припусків $2Z_{\max}$ визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів, а значення $2Z_{\min}$ визначаємо як різницю найменших граничних розмірів заготовки переходу, що виконується та попереднього.

Загальні припуски розраховуємо додаванням проміжних:

$$2Z_{0\max} = 7085 \text{ мкм}; \quad 2Z_{0\min} = 4498 \text{ мкм}.$$

Правильність виконаних розрахунків перевіряємо за формулою:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = T_3 - T_d; \quad (2.8)$$

$$7085 - 4498 = 2600 - 13. \quad 2587 = 2587, \text{ отже пораховано правильно.}$$

Розраховуємо загальний номінальний припуск на поверхню, що обробляється, і номінальний розмір заготовки визначимо як:

$$2Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\text{мін}} + EI_3 - EI_D = 4,498 + 0,9 + 0,002 = 5,4 \text{ мм} \quad (2.9)$$

$$D_{\text{max ном}} = D_{\text{мін ном}} + 2 \cdot Z_{\text{мін}\Sigma} = 25 + 5,4 = 30,4 \text{ мм} \quad (2.10)$$

Таблиця 2.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні $\varnothing 25k6$

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Розрах. мінім. припуск $2Z_{\text{мін}}$, МКМ	Розрах. розмір D , мм	До-пуск δ , МКМ	Граничні розміри, мм		Гран. значення припусків, мкм	
	Rz_{i-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ϵ_i				D_{max}	$D_{\text{мін}}$	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{мін}}$
Заготовка штамповка	160	200	1316	0	4292	29,52	2600	32,1	29,5	-	-
чорнове точіння	125	120	79	0	3352	26,168	620	26,79	26,17	5310	3330
напівчистове точіння	40	40	66	0	648	25,52	210	25,73	25,52	1060	650
чистове точіння	30	30	53	0	292	25,228	52	25,28	25,228	450	292
шліфування	-	-	-	0	226	25,002	13	25,015	25,002	265	226
Всього:										7085	4498

На решту поверхонь, що обробляються, припуски встановлюємо згідно ГОСТ 7505-89 залежно від точності виготовлення, групи сталі, ступеня складності та маси поковки.

Точність виготовлення нормальна – клас II.

Група для легованої сталі 40X – M1.

Ступінь складності визначиться як:

$$C = \frac{q}{Q}, \dots \dots \dots (2.11)$$

де q – маса поковки, $q = 3,12$ кг;

Q – маса циліндричної фігури, в яку вписується поковка, $Q=20,64$ кг;

Тоді
$$C = \frac{3,12}{20,64} = 0,15$$

Так як коефіцієнт $C = 0,15$, то ступінь складності – С4.

Отримані дані зводимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Розміри заготовки

Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Розмір заготовки, мм	Допуск, мм
Ø42	$3 \cdot 2 = 6$	$42 + 6 = 48$	$2,6 \begin{pmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{pmatrix}$
Ø25k6	$2,7 \cdot 2 = 5,4$	$25 + 5,4 = 30,4$	$2,6 \begin{pmatrix} +1,7 \\ -0,9 \end{pmatrix}$
329	$3 \cdot 2 = 6$	$329 + 6 = 335$	$4,0 \begin{pmatrix} +2,5 \\ -1,5 \end{pmatrix}$
51	$3 + 3 = 6$	$51 + 6 = 57$	$2,9 \begin{pmatrix} +1,9 \\ -1,0 \end{pmatrix}$

2.7 Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Розрахунок режимів різання аналітичним способом проводимо для 2-х операцій, які не повторюються.

2.7.1 Визначення режимів різання при фрезеруванні шпонкового пазу

Глибина фрезерування рівна ширині паза - $t = 4$ мм.

Подача на зуб фрези $s_z = 0,01$ мм/зуб [4]. Тоді подача на оборот фрези[^]

$$s_o = S_z \cdot z = 0,01 \cdot 2 = 0,02 \text{ мм/об/}$$

Ширина фрезерування рівна глибині паза, тобто, $B=2,5$ мм.

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, \quad (2.12)$$

де D – діаметр фрези; $D=4$ мм;

B – ширина фрезерування; $B=2,5$ мм;

T – стійкість фрези; $T=80$ хв;

z – число зубців фрези; $z=2$;

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$,
тут K_{mv} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\hat{A}}} \right)^{nv}, \quad (2.13)$$

$K_r = 0,9$; $nv = 1$ [4];

$$K_{mv} = 0,9 \left(\frac{750}{800} \right) = 0,84$$

K_{uv} - коефіцієнт, який враховує матеріал різального інструменту,
 $K_{uv} = 1$ [4];

K_{nv} - коефіцієнт, який відображає стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,85$
[4];

$$K_v = 0,84 \cdot 0,85 = 0,71$$

$C_v = 12$, $q = 0,3$, $m = 0,26$, $x = 0,3$, $y = 0,25$, $u = 0$, $p = 0$ [4];

$$V = \frac{12 \cdot 4^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 4^{0,3} \cdot 0,01^{0,25} \cdot 2,5^0 \cdot 2^0} \cdot 0,71 = 8,61 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 8,61}{3,14 \cdot 4} = 685 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:

$$n_n = 630 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 630}{1000} = 7,9 \text{ м/хв.}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_\delta, \quad (2.14)$$

де C_p - сталий коефіцієнт, $C_p = 68,2$; [4];

t - глибина різання, мм;

s_z - подача на зуб, мм/зуб;

B - ширина фрезерування, мм;

z - число зубців фрези;

D - діаметр фрези, мм;

n - частота обертання шпинделя, об/хв;

x, y, u, q, μ - показники степені виразу у формулі:

$$x = 0,86, y = 0,72, u = 1, q = 0,86, w = 0 \text{ [4]}$$

K_p - поправочний коефіцієнт, який враховує силу різання,

$$K_p = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right) = \frac{800}{750} = 1,06, \quad (2.15)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,01^{0,72} \cdot 2,5^1 \cdot 2}{4^{0,86} \cdot 400^0} \cdot 1,06 = 131 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \quad (2.16)$$

де V - швидкість різання, м/хв.

$$N = \frac{131 \cdot 7,9}{60 \cdot 1020} = 0,017 \text{ кВт.}$$

Отримане значення має відповідати умові:

$$N_p \leq N_g \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт}, \quad 0,017 \text{ кВт} < 6 \text{ кВт.}$$

2.7.2 Призначення режимів різання при чорновому точінні поверхні
 $\varnothing 27(\varnothing 25k6)$

Глибина різання при точінні:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{30,4 - 27}{2} = 1,7 \text{ мм}, \quad (2.17)$$

де D – діаметр поверхні заготовки;

d – діаметр поверхні деталі.

Подача: при чорновому обробленні, виходячи із міцності та жорсткості технологічної системи, потужності привода верстата, міцності пластини різця та інших факторів, вибирають максимально можливу подачу.

$$s_{\text{табл}} = 0,6 \text{ мм/об [4].}$$

Швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.18)$$

неп t – глибина різання;

s – подача;

T – стійкість різця, $T = 60$ хв.; [4]

C_v – сталий коефіцієнт, $C_v = 350$;

m, x, y – показники степені, $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ [4]

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi} \cdot K_r, \quad (2.19)$$

K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу, що обробляється;

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.20)$$

$K_r = 0,95$; $n_v = 1$ [4].

$$K_{mv} = 0,95 \left(\frac{750}{800} \right)^1 = 0,89.$$

K_{uv} - коефіцієнт, який враховує матеріал різального інструменту; $K_{uv} = 1$ [4];

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,8$ [4];

$$K_v = 0,89 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,71$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,71 = 116,4 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 116,4}{3,14 \cdot 27} = 1425 \text{ об/хв.} \quad (2.21)$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:

$$n_{\text{min}} = 1250 \text{ об/хв.}$$

Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 27 \cdot 1250}{1000} = 102,05 \text{ м/хв.}$$

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.22)$$

де C_p – сталий коефіцієнт, $C_p = 300$ [4].

t – глибина різання, мм;

s – подача, мм/об;

V – швидкість різання, м/хв.;

x, y, n – показники степені, $x = 1; y = 0,75; n = -0,15$ [4];

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує силу різання

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.23)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{n_p}, \quad (2.24)$$

$$n_p = 0,75.$$

$$K_{mp} = \left(\frac{800}{750} \right)^{0,75} = 1,05.$$

$$K_{\varphi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{rp} = 1; K_{\lambda p} = 1 \text{ [21].}$$

$$K_p = 1,09 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,09.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,70^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 102,05^{-0,15} \cdot 1,09 = 2450 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{2450 \cdot 102,05}{60 \cdot 1020} = 4,08 \text{ кВт} \quad (2.25)$$

де V – швидкість різання, м/хв.;

P_z – сила різання, Н.

Отримане значення має відповідати умові:

$$N < N_{\text{дв}} \cdot \eta, \quad (2.26)$$

$$N = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт.} \quad 4,08 < 8,8. \text{ Умови різання виконуються.}$$

Для інших операцій і їх переходів режими різання зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Режими різання на операціях технологічного процесу

Назва операцій та переходів	t, мм	i	S_p/S_{np} , мм/об	Π_p/Π_{np} , хв ⁻¹	V_p/V_n , м/хв	$L_{piz}/L_{p.x}$, мм	S_{XB} , мм/хв	T_o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
030 Фрезерувально-центрувальна 1. Фрезерувати 2 торці в розмір 329мм;	4	1	0,8	523/ 500	164/ 157	75/105	400	0,27
2. Центрувати 2 отв. ø3,15	1,515	1	0,1	660/ 630	10,36/ 6,23	15/20	63	0,32
040. Токарно-гвинторізна 1. Точити ø13мм (M12), витримуючи розмір 19,5мм (21)	2,18	2	0,6	2851/ 1600	116,4/ 65,3	19,5/25	960	0,06
2. Точити ø24 мм (ø20k6), витримуючи розмір 95 мм;	3,2	1	0,6	1544/ 1250	116,4/ 94,2	95/100	780	0,13
3. Точити ø27мм (ø25k6) на довжину 111мм (182-51-17,5=113,5 мм);	1,7	1	0,6	1425/ 1250	116,4/ 102,05	111/116	780	0,16
4. Підрізати торець ø48мм (ø42), витримуючи розмір 113,5 мм (182-51-17,5);	2	1	0,6	741/ 630	116,4/ 98,91	11/16	378	0,04
045. Токарно-гвинторізна 1. Точити ø21мм (ø17j56) з підрізанням торця, витримуючи розмір 17мм (17=31-14 мм).	2,5	2	0,6	1765/ 1600	116,4/ 105,5	17/22	780	0,06
2. Точити ø24мм (ø20k6), витримуючи розмір 14мм;	3,2	1	0,6	1544/ 1250	116,4/ 94,2	14/100	780	0,13
3. Точити ø27мм (ø25) на довжину 15мм (17,5мм);	1,7	1	0,6	1425/ 1250	116,4/ 102,05	15/20	780	0,026
4. Підрізати торець ø48 мм (ø42), витримуючи розмір 17,5 мм та 52 мм (51 мм);	2	1	0,6	741/ 630	116,4/ 98,91	11/16	378	0,04
5. Точити ø44мм (ø42).	2	1	0,6	741/ 630	116,4/ 98,91	53/58	378	0,14
050. Токарна з ЧПК	1,6	1	0,3	3089/	116,4/	1,6/7	480	0,015

1. Точити фаску 1,6×45°;				1600	60,28			
2. Точити ø12мм (M12)	0,5	1	0,3	1600	60,28	21/26	480	0,054
3. Точити канавку “Ж”, витримуючи В=4мм, ø9,5мм;	1,25	1	0,3	1600	47,72	4/10	480	0,021
4. Підрізати торець, витримуючи розмір 21мм;	0,5	1	0,3	1600	105,5	4,5/10	480	0,021
5. Точити фаску 1,5×45° (1×45°);	1,5	1	0,3	1600	105,5	1,5/7	480	0,015
6. Точити ø21мм (ø20k6), витримуючи розмір 94мм (95 мм);	1,5	1	0,3	1600	105,5	94/100	480	0,21
7. Точити канавку “Г”, витримуючи В=3мм, ø19,5;	0,75	1	0,3	1600	97,9	3/8	480	0,015
8. Підрізати торець, витримуючи розмір 95мм	0,5	1	0,3	1600	130,62	3,75/10	480	0,021
9. Точити ø26мм (ø25k6), на довжину 110мм (182-51-17,5=113,5мм);	0,5	1	0,3	1600	130,62	110/115	480	0,24
10. Точити канавку “М”, витримуючи В=3мм, ø24,5;	0,75	1	0,3	1600	123	3/8	480	0,015
11. Підрізати торець, витримуючи розмір 113,5мм (182-51-17,5)	0,5	1	0,3	1010/ 1000	132,8/ 131,81	9/14	300	0,047
12. Точити фаску 6,5x20°;	3	1	0,3	1010/ 1000	132,8/ 131,81	7/12	300	0,03
13. Точити ø42 мм;	1	1	0,3	1010/ 1000	132,8/ 131,81	51/56	300	0,19
14. Точити витки черв'яка, витримуючи кут 20° та т.в. кресленика.	2	3	7,85	165/160	21,76/ 21,1	51/56	1256	0,14
055 Токарна з ЧПК	1,1	1	0,3	3089/ 1600	116,4/ 90,43	1,1/7	480	0,015
1. Точити фаску 1,1×45° (0,6×45°);								
2. Точити ø18мм (ø17j ₆);	0,5	1	0,3	1600	90,43	17/22	480	0,046
3. Точити канавку “Л”, витримуючи В=2мм, ø16,5мм;	0,75	1	0,3	1600	82,9	2/7	480	0,015
4. Підрізати торець, витримуючи розмір 17мм (31-	0,5	1	0,3	1600	105,5	2,25/8	480	0,015

14);									
5. Точити фаску 1,1×45° (0,6×45°)	1,1	1	0,3	1600	105,5	1,1/7	480	0,015	
6. Точити ø21 мм (ø20k6);	1,5	1	0,3	1600	105,5	14/20	480	0,042	
7. Точити канавку “Б”, витримуючи В=2 мм, ø19,5;	0,75	1	0,3	1600	97,9	2/8	480	0,015	
8. Підрізати торець, витримуючи розмір 14мм;	0,5	1	0,3	1600	130,62	3,75/10	480	0,021	
9. Точити ø25мм з підрізкою торця, витримуючи розмір 17,5мм;	0,5	1	0,3	1600	130,62	110/115	480	0,24	
10. Точити фаску 6,5x20°;	3	1	0,3	1010/ 1000	132,8/ 131,81	7/12	300	0,03	
060 Токарна з ЧПК 1. Точити канавку “В”, витримуючи В=7мм, ø20;	7	1	0,1	847/800	53,2/50,24	0,5/6	80	0,075	
2. Точити ø20,5 мм (ø20k6);	0,25	1	0,1	1600	102,9	95/100	160	0,62	
3. Точити ø25d11;	0,5	1	0,1	1600	130,62	80/85	160	0,53	
4. Точити ø25,5мм (ø25k6);	0,25	1	0,1	1600	105,5	30/35	160	0,22	
5. Точити канавку “Д”, витримуючи В=1,4мм, ø18,6;	1,4	1	0,1	847/800	53,2/50,24	1/6	80	0,075	
065 Токарна з ЧПК 1. Точити ø17,5мм (ø17j56);	0,25	1	0,1	1600	102,9	17/22	160	0,14	
2. Точити ø20,5мм (ø20k6);	0,25	1	0,1	1600	102,9	14/20	160	0,125	
3. Точити канавку “А”, витримуючи В=1,4мм, ø16;	1,4	1	0,1	847/800	53,2/50,24	1/6	80	0,075	
070 Фрезерувальна 1. Фрезерувати паз В=4J59мм витримуючи розміри 20мм, 5 мм, 2,5мм	2	1	0,02	685/ 630	8,61/ 7,9	25/30	13	2,3	
080 Круглошліфувальна 1. Шліфувати ø17j56	0,25	1	0,005	1112	35 м/с	110	18,9	0,013	
085 Круглошліфувальна 1. Шліфувати ø20k6.	0,25	1	0,005	1112	35 м/с	0,25	18,9	0,013	
090 Круглошліфувальна 1. Шліфувати ø20k6.	0,25	50	0,005	1112	35 м/с	0,25	18,9	1,26	
095 Круглошліфувальна 1. Шліфувати ø25k6	0,25	1	0,005	1112	35 м/с	110	18,9	0,013	

100 Токарна	1	5	1,75	57/50	2,15/1,88	21/32	87,5	1,83
1. Нарізати різьбу М12								

2.8 Визначення норм часу на механічне оброблення деталі

Під технічно обгрунтованою нормою часу вважається час, необхідний для виконання заданого обсягу роботи при визначених організаційно-технічних умовах. В умовах середньосерійного виробництва норму штучно-калькуляційного часу визначають за формулою [5]:

$$T_{шт.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт.}; \quad (2.27)$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

$T_{шт.}$ – штучний час, хв.;

$$T_{шт.} = T_o + T_d + T_{обсл.} + T_{від.}, \quad (2.28)$$

де T_o – основний (машиний) час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл.}$ – час на обслуговування верстата, хв.;

$T_{від.}$ – час на відпочинок та фізіологічні потреби, хв.;

n – кількість деталей в партії.

Норма основного часу визначається шляхом розрахунку залежно від виду оброблення та режимів різання:

$$T_o = (L_{рх} \cdot i) / s_{хв.}, \quad (2.29)$$

де $L_{рх}$ – довжина робочого ходу, мм;

$s_{хв.}$ – хвилинна подача, мм/хв.;

i – число проходів.

Норма допоміжного часу визначається за формулою:

$$T_d = t_{уС} + t_{уП} + t_{вИМ}; \quad (2.30)$$

де $t_{уС}$ – час на установку і зняття деталі, хв.;

$t_{уп}$ – час на управління верстатом, хв.;

$t_{вим}$ – час на вимірювання, хв.

Час на обслуговування верстата і на відпочинок та особисті потреби береться у відсотках від оперативного часу:

$$T_{оп} = T_о + T_д. \quad (2.31)$$

Норматив підготовчо-заключного часу визначається як сума часу на налагодження верстата та на пробне оброблення деталі.

Розрахунок технічно обґрунтованих норм часу ведемо шляхом складання таблиці 2.5

Таблиця 2.5 - Технічне нормування технологічного процесу

Назва операції	T _о , хв	T _д , хв			T _{оп} , хв.	T _{вп} , хв.	T _{об} , хв.	T _{шт} , хв.	T _{п.з} , хв.	п, шт.	T _{шт.к} , хв.
		t _{ус}	t _{уп}	t _{вим}							
030 Фрезерувально-центрувальна	0,59	1,5	1,2	0,12	3,41	0,11	0,176	3,7	26	102	3,95
040 Токарно-гвинторізна	0,39	1,8	1,08	0,36	3,63	0,09	0,145	3,86	24	102	4,095
045 Токарно-гвинторізна	0,4	1,8	0,72	0,24	3,16	0,08	0,126	3,36	24	102	3,59
050 Токарна з ЧПК	1,034	1,8	4,32	1,44	8,594	0,215	0,34	9,15	24	102	9,38
055 Токарна з ЧПК	0,454	1,8	4,2	0,24	6,694	0,167	0,27	7,13	24	102	7,36
060 Токарна з ЧПК	1,52	1,8	1,32	1,44	6,08	0,15	0,24	6,47	24	102	6,7
065 Токарна з ЧПК	0,34	1,8	1,2	0,24	3,58	0,09	0,143	3,81	24	102	4,04
070 Вертикально-фрезерувальна	2,3	1,5	0,46	0,24	4,5	0,11	0,18	4,79	26	102	5,04
080 Круглошліфувальна	0,13	1,8	0,38	0,12	2,43	0,06	0,1	2,59	18	102	2,77
085 Шліфувальна	0,13	1,8	0,38	0,12	2,43	0,06	0,1	2,59	18	102	2,77
090 Круглошліфувальна	1,26	1,8	1,6	0,12	4,78	0,12	0,19	5,09	18	102	5,27
095 Круглошліфувальна	0,13	1,8	0,38	0,12	2,43	0,06	0,1	2,59	18	102	2,77
100 Круглошліфувальна	1,83	1,8	1,8	0,24	5,67	0,14	0,23	6,038	24	102	6,27

2.9 Проектування операції на верстаті ЧПК

Для складання керувальної програми для верстата з ЧПК була розроблена розрахунково-технологічна карта (РТК) для операції 060 Токарна з ЧПК.

В РТК вибрана система координат, точка початку відліку, визначені координати базових точок траєкторії переміщення вершини інструменту, призначені режими різання для кожного з переходів та розрахований основний час їх виконання, а також виконання даної операції.

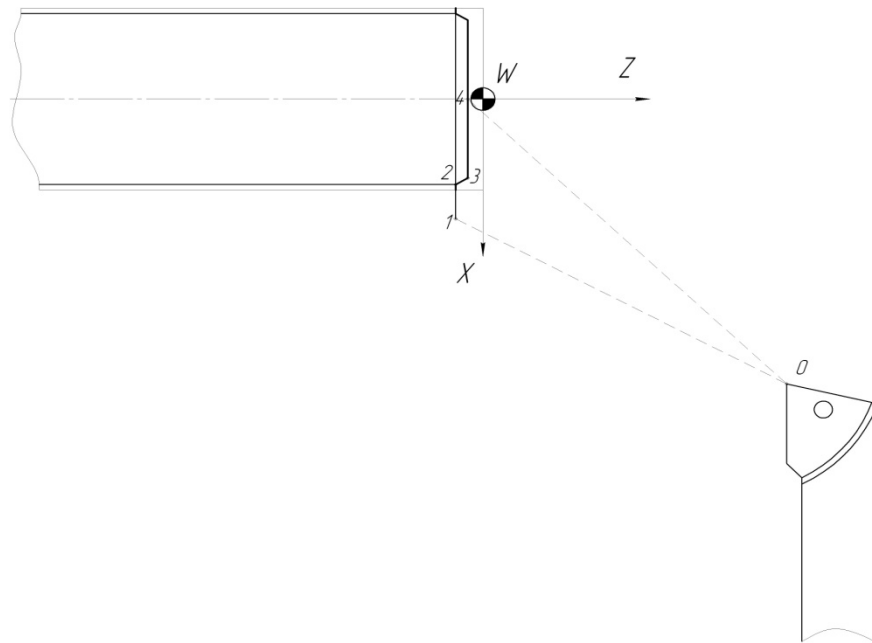


Рисунок 3.5 – Система координат токарного верстата з ЧПК мод. 16К20Ф3

Фрагмент керувальної програми для верстата 16К20Ф3 представлений в додатку Б.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування пристрою для фрезерування шпонкового пазу

Пристрій призначений для фрезерування на деталі «Вал черв'яка АСТ. 20.02.001» шпонкового пазу шириною 4Js9мм. Оброблення здійснюється на вертикально-фрезерувальному верстаті моделі 6Р12.

3.1.1 Вибір схеми базування деталі

Схема базування деталі у пристрої представлена на рис. 3.1.

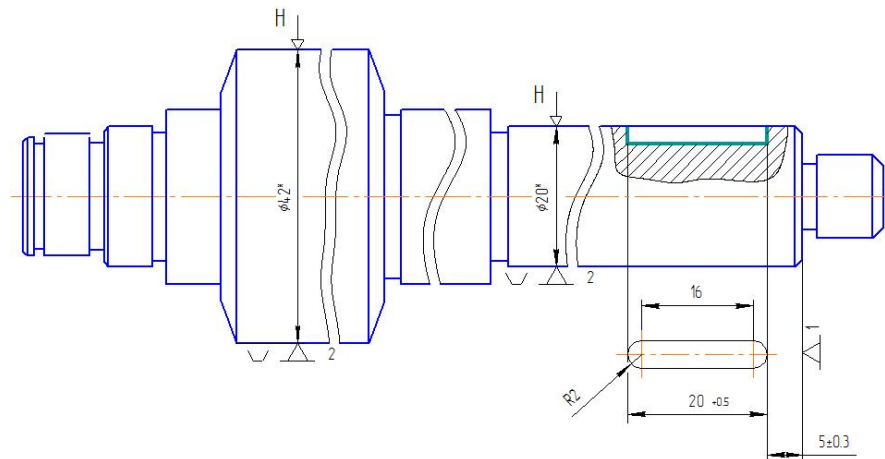


Рис. 3.1 - Схема базування деталі у верстатному пристрої

3.1.2 Розрахунок затискного зусилля пристрою

Розрахунок затискного зусилля Q , прикладеного до деталі, яка обробляється, здійснюємо, виходячи з максимального значення окружної сили різання P_z , яка виникає при фрезеруванні паза.

Окружна сила P_z , яка виникає при фрезеруванні паза намагається повернути деталь навколо її осі центрів $O-O$, а сили тертя $F_{тр}$, які виникають на опорних губках призм, поверхні притиску прихвату та поверхні деталі по $\phi 25$, перешкоджають цьому.

Значення окружної сили різання при фрезеруванні паза шпонковою фрезою із швидкоріжучої сталі розраховуємо згідно з наступної формули [6]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_p, \text{ Н} \quad (3.1)$$

де $C_p = 68,2$; $x_p = 0,86$; $y_p = 0,72$; $u_p = 1,0$; $q_p = 0,86$; $w_p = 0$; [4];

Оброблення пазу здійснюється шпонковою фрезою із швидкорізальної сталі Р6М5.

Режими різання при фрезеруванні паза, наступні:

глибина різання $t = 4$ мм;

ширина фрезерування $B = 2,5$ мм;

діаметр фрези $D = 4$ мм;

число зубців $z = 2$;

подача на зубець $s_z = 0,01$ мм/зуб;

частота обертання фрези $n = 400$ хв⁻¹;

$K_p = K_{MP}$ – поправковий коефіцієнт, що враховує відмінні від табличних механічні властивості матеріалу, який оброблюється [4];

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{np}, \quad (3.2)$$

де σ_B - межа міцності для сталі 40Х із термообробкою поліпшенням, $\sigma_B = 800$ МПа [5];

$np = 0,3$ [5];

α - кут призми; $\alpha = \frac{\pi}{2}$.

Тоді $K_{MP} = \left(\frac{800}{750} \right)^{0,3} = 1,06^{0,3} = 1,03$.

Отже, окружна сила різання, яка виникає при фрезеруванні паза буде:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,01^{0,72} \cdot 2,5^{1,0} \cdot 2}{4^{0,86} \cdot 1} \cdot 1,03 = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,036 \cdot 2,5 \cdot 1,03}{1} = 126 \text{ Н.}$$

Розрахункова схема для визначення величини затискного зусилля пристрою W , представлені на рис. 3.2.

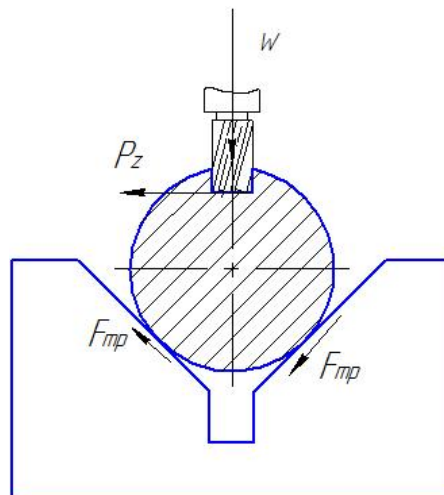


Рис. 3.2 - Розрахункова схема для визначення затискного зусилля пристрою W

Умова статичної рівноваги деталі в установочних призмах пристрою:

$$\sum_{i=1}^3 M_{o-o}(F_{mpi}) \geq M_{o-o}(P_z), \quad (3.3)$$

$$F_{mp} \cdot R \geq P_z \cdot k \cdot h \quad (3.4)$$

тут F_{mp} - сумарна сила тертя, яка діє на поверхнях контакту опорних губок пристрою, прихвата та деталі, що обробляється, визначається за формулою [6]:

$$\begin{aligned} F_{mp} &= 2P \cdot f + 2W \cdot f = 2 \cdot \frac{2 \cdot W}{2} \cdot \frac{1}{\cos 45^\circ} \cdot f + 2W \cdot f = \\ &= 2Q \cdot f \cdot \left(\frac{1}{\cos 45^\circ} + 1 \right) = 2 \cdot Q \cdot f \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{2}} + 1 \right) = 2 \cdot 2,414 \cdot Q \cdot f; \end{aligned} \quad (3.5)$$

R - плече дії сили тертя $F_{mp,0}$, $F_{mp,1}$, $R = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ мм} = 0,0125 \text{ м}$;

P_z - окружна сила різання, яка виникає при фрезеруванні паза, що визначена вище, $P_z=126$ Н;

h - плече дії сили P_z , $h = 17,5$ мм = 0,0175 м;

f - коефіцієнт тертя на поверхнях контакту деталі, приймаємо $f=0,10$;

k - коефіцієнт запасу, визначається за формулою, [6];

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (3.6)$$

Де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $k_0=1,5$ [6].

Приймаємо $k_1 = 1,4$; $k_2 = 1,0$; $k_3 = 1,0$; $k_4 = 1,0$; $k_5 = 1,0$; $k_6 = 1,5$;

Тоді $k = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,15$.

Отже, згідно умови (3.3) маємо:

$$2 \cdot 2,414 \cdot W \cdot f \cdot R \geq P_z \cdot k \cdot h; \quad (3.7)$$

Таким чином, величина необхідного затискного зусилля пристрою рівна:

$$W \geq \frac{P_z \cdot k \cdot h}{2 \cdot 2,414 \cdot f \cdot R} = \frac{126 \cdot 3,15 \cdot 0,0175}{2 \cdot 2,414 \cdot 0,10 \cdot 0,0125} = 1151H.$$

3.1.3 Розрахунок гідроприводу верстатного пристрою

Визначимо діаметр робочої (поршневої) порожнини гідроциліндра, який є лінійним гідродвигуном цього пристрою.

Розрахункова схема Г-подібного прихвату пристрою представлена на рис.

3. 3

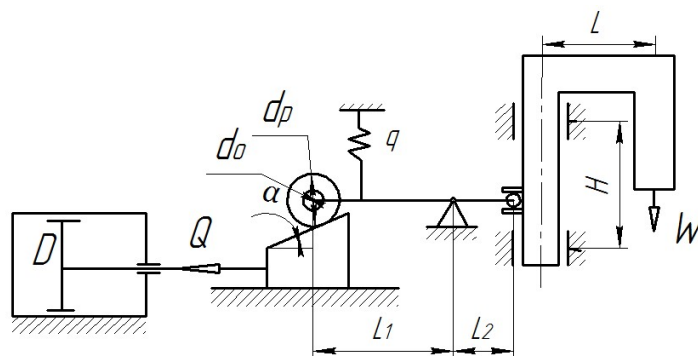


Рис. 3.3 - Розрахункова схема Г-подібного прихвату пристрою

Зусилля, яке діє від штока циліндра при затисканні деталі, трансформується механізмом підсилення пристрою до величини зусилля затиску деталі W . Механізмом підсилення у даному пристрої є прихват, для якого зусилля Q з боку штока гідроциліндра, що необхідне для створення затискного зусилля W , визначається за наступною формулою [7]:

$$Q = W \cdot \frac{l + h \cdot f + r \cdot f_0}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - r \cdot f_0}, \text{ Н} \quad (3.8)$$

де W - величина затискного зусилля пристрою, $W = 1151 \text{ Н}$;

l і l_1 - довжини плечей прихвата пристрою визначаються конструктивно, $l = 64 \text{ мм}$; $l_1 = 75 \text{ мм}$;

r - радіус сферичної поверхні шайби, для шайби 7019-0395 ГОСТ 13438-68, $r = 22 \text{ мм}$;

Геометричні характеристики механізму підсилення h і h_1 визначаємо також конструктивно, $h = 42 \text{ мм}$; $h_1 = 34 \text{ мм}$;

Приймаємо коефіцієнти тертя на опорних площинах $f_0 = f = f_1 = 0,10$.

Тоді зусилля Q , яке необхідне для створення на веденому плечі прихвату зусилля затиску W , дорівнює:

$$Q = 1151 \cdot \frac{64 + 42 \cdot 0,1 + 22 \cdot 0,1}{75 - 34 \cdot 0,1 - 22 \cdot 0,1} = 1151 \cdot \frac{64 + 4,2 + 2,2}{75 - 3,4 - 2,2} = 1151 \cdot \frac{70,4}{69,4} = 1151 \cdot 1,01 = 1168 \text{ Н}.$$

Отже, зусилля на штоці гідроциліндра $Q = 1168 \text{ Н}$.

Діаметр робочої (поршневої) порожнини гідроциліндра визначиться із виразу:

$$Q \leq \frac{\pi \cdot D_y^2}{4} \cdot p \cdot \eta - P_k, \text{ Н} \quad (3.9)$$

Звідки,

$$D_y \geq \sqrt{\frac{4 \cdot (Q + P_k)}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм}.$$

де Q - розрахункове зусилля на штоці гідроциліндра, $Q=1168$ Н;

p - тиск мастила в поршневій порожнині гідроциліндра, приймаємо $p=2,5$ МПа;

η - коефіцієнт корисної дії гідроциліндра, приймаємо $\eta=0,80$;

P_k - сила опору стиснення від дії пружини стиснення в штоковій порожнині циліндра.

Величина P_k повинна бути достатньою для подолання штоком сил тертя при поверненні його у крайнє нижнє положення.

Призначаємо пружину стиснення з параметрами 4×32×45 ОСТ 2Д81-5-73, яка згідно технічних умов на її виготовлення має силу опору $P_k=475$ Н при її деформації до величини $H_k=26$ мм (див. ОСТ2Д81-5-73, с. 29).

Тоді діаметр поршневої порожнини циліндра буде:

$$D_y \geq \sqrt{\frac{4 \cdot (1168 + 475)}{3,14 \cdot 2,5 \cdot 0,80}} = \sqrt{1046,49} = 32,3 \text{ мм}$$

З нормального ряду діаметрів гідро- і пневмоциліндрів приймаємо діаметр поршневої порожнини гідроциліндра $D_y=40$ мм. Діаметр штока гідроциліндра $d=22$ мм. Вибираємо гідроциліндр 7021-0063 ГОСТ 19897-74.

3.1.4. Перевірочний розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі пристрою

Найбільш навантаженою деталлю пристрою є шпилька (поз. 24), яка знаходиться в стані простого одноосного розтягу. Навантаження статичне (I цикл навантаження), матеріал штанги – сталь 45 ДСТУ 7809, термічна обробка – поліпшення, допустимі напруження розтягу, $[\sigma_p]=240$ МПа [8].

Умова, міцності деталі, яка знаходиться в стані простого одноосного розтягування під дією зусилля P , матиме вигляд:

$$\sigma_p = \frac{P}{F} \leq [\sigma_p], \text{ МПа}$$

де σ_p - робочі напруження розтягування, які діють в небезпечних перерізах шпильки, МПа;

P - осьве розтягувальне навантаження, що діє в поперечних перерізах шпильки, Н;

$$P = Q + W = 1168 + 1151 = 2319 \text{ Н}$$

F - площа небезпечного поперечного перерізу шпильки визначиться як:

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \text{ мм}^2$$

де d_1 - внутрішній діаметр нарізі М16, $d_1=13,8\text{мм}$ [5];

тоді

$$F = \frac{3,14 \cdot 13,8^2}{4} = 149 \text{ мм}^2.$$

Отже, робочі напруження, які діють в небезпечних перерізах шпильки, будуть $\sigma_p = \frac{2319}{149} = 15,5 \leq [\sigma_p] = 240 \text{ МПа}$ і умову міцності шпильки за допустимими напруженнями розтягування забезпечено.

3.1.5 Розрахунок точності виготовлення пристрою

Розмір паза 4Js9 витримується за рахунок точності виготовлення пристрою, яка регламентується допуском паралельності загальної горизонтальної осі двох установочних призм (поз. 7 і 8) відносно привалочної площини E корпусу (поз. 1) пристрою.

Допуск паралельності ε_{np} загальної горизонтальної осі двох призм (поз. 7 і 8) пристрою відносно площини E визначається за формулою [6]:

$$\varepsilon_{np} \leq \sigma - k \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_\delta)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{изн}^2 + \varepsilon_n^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \text{ мм} \quad (3.10)$$

де δ - допуск операційного розміру, який визначає висоту паза, $\delta = 0,2\text{мм}$;

ε_{np} - похибка базування на операції при виконанні операційного розміру $2,5^{+0,2}$, що визначається згідно наступного виразу [6]:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot \delta_D \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right), \text{ мм}; \quad (3.11)$$

де δ_D - допуск розміру установочної шийки вала; $\varnothing 25d11 \begin{pmatrix} -0,07 \\ -0,2 \end{pmatrix}$, тоді $\delta_D = 0,13$ мм; α - кут призми, $\alpha = \frac{\pi}{2}$, тобто, $\sin \frac{\alpha}{2} = \sin \frac{\pi}{4} = 0,70711$;

$$\text{Отже,} \quad \varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,13 \cdot \left(\frac{1}{0,70711} + 1 \right) = 0,065 \cdot 2,4 = 0,156 \text{ мм};$$

k_1 - коефіцієнт, який враховує похибку базування, для умов серійного виробництва $k_1 = 0,8$;

$$\text{Тоді} \quad k_1 \cdot \varepsilon_{\delta} = 0,8 \cdot 0,156 = 0,125 \text{ мм};$$

ε_3 - похибка закріплення деталі в призмах пристрою, $\varepsilon_3 = 0$ мм, [6].

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношування установчих елементів пристрою, приймаємо $\varepsilon_{зн} = 0,04$ мм [6].

$\varepsilon_{уст}$ - похибка встановлення пристрою на столі верстата, виходячи зі схеми встановлення $\varepsilon_{уст} = 0$;

ε_n - похибка зміщення ріжучого інструменту, так як відсутні напрямні елементи пристрою $\varepsilon_n = 0$.

Економічну точність оброблення ω знаходимо за паспортом верстата моделі 6P12, $\omega = 0,05$ мм. Приймаємо $k_2 = 0,7$ і $k_2 \cdot \omega = 0,7 \cdot 0,05 = 0,035$ мм.

k - коефіцієнт, який враховує відхилення від нормального розподілу окремих складових, $k = 1,2$ [6];

Тоді маємо:

$$\varepsilon_{np} \leq 0,20 - 1,2 \cdot \sqrt{0,125^2 + 0,04^2 + 0,035^2} = 0,20 - 1,2 \cdot \sqrt{0,0184} = 0,20 - 1,2 \cdot 0,135 = 0,040 \text{ мм}.$$

Отже, приймаємо величину допуску відхилення від паралельності загальної горизонтальної осі двох призм пристрою відносно установочної

площини E корпуса (поз. 1) рівною $\varepsilon_{np} = 0,040$ мм. Дану величину вказуємо в технічних вимогах на складальному кресленнику пристрою.

3.1.6 Описання будови та принципу дії пристрою

Деталь встановлюється в пристрій горизонтально на дві опорні призми по зовнішніх циліндричних поверхнях $\varnothing 42$ мм та $\varnothing 25$ мм, які на дані операції виступають як подвійна напрямна установочна база, по якій на деталь накладається 4-ри зв'язки, позбавляючи її 4-х степеней вільності.

Права торцева поверхня шийки $\varnothing 25$ мм впирається в установочний упор та є на даній операції упорною установочною базою, яка на деталь накладає ще один зв'язок, забираючи у неї іще одну степінь вільності. Таким чином, деталь, що встановлена в пристрій, позбавлена п'яти степенів вільності.

Деталь, яка обробляється, встановлюється на робочі поверхні опорних призм зверху. При цьому прихвати повернуті навколо своєї вертикальної осі відносно осі деталі.

При затисканні деталі прихвати повертаються навколо вертикальної осі шпильок до упору в штовхач штока гідроциліндра. Шток циліндра діє через штовхач на плечі прихвата та провертає його за годинниковою стрілкою навколо горизонтальної осі, затискаючи деталь у пристрої.

Після виконання технологічної операції шток переміщається до упору донизу. Прихват при цьому під дією пружини стиснення провертається у сферичній шайбі проти годинникової стрілки, звільняючи деталь від дії затискного зусилля.

Гідроциліндр пристрою є лінійним гідродвигуном односторонньої дії. Повернення штока в крайнє нижнє положення здійснюється пружиною стиснення, яка встановлена у його штоковій порожнині. Поршнева порожнина при цьому з'єднана з гідростанцією приводу гідророзподільником.

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Контрольно-вимірювальний пристрій призначений для контролю допуску радіального биття поверхонь шийок $\varnothing 17js6$, $\varnothing 20k6$, $\varnothing 20k6$ вала відносно його осі.

Вимір величин радіального биття вказаних поверхонь здійснюється за допомогою приладу ПБ-500МТУ2-034-543-81 та спеціальної вимірювальної голівки, на котру одночасно можуть встановлюватися чотири індикаторні головки 1ИГ ГОСТ 18833-73. Вимірювальна голівка, з допомогою державок кріпиться до штативу приладу двома гвинтами. Вимірювальна голівка, з встановленим вимірювальними інструментами здійснює переміщення по осі штативу у вертикальному напрямку, що необхідно при встановленні деталі, що контролюється, в центрі приладу. Вісь має також клемовий затискач, в якому гвинтом закріплюється штанга.

Для вимірювання величини радіального биття відповідальних поверхонь вала черв'яка АСТ.20.02.001 відносно його осі вимірювальний інструмент встановлюється вертикально в отвір $\varnothing 8H9$ клемника на штанзі та закріплюється в ньому гвинтом.

Розрахунком пристрою на точність визначимо похибку вимірювання контрольованих параметрів елементів деталі вал черв'яка АСТ.20.02.001.

Похибка вимірювання визначається як:

$$\varepsilon_{np} = k\sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{изн}^2 + (\omega \cdot k_2)^2}, \text{ мм} \quad (3.12)$$

де ε_{np} - похибка вимірювання пристроєм величин радіального биття поверхонь деталі, що контролюються, мм;

ε_{δ} - похибка базування деталі; установочна і вимірювальна бази сумісні, тому $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_3 - похибка, яка обумовлена силою закріплення деталі у пристрої; сила прикладена поздовж осі деталі, тому $\varepsilon_3 = 0$;

$\varepsilon_{уст}$ - похибка встановлення деталі у пристрої; вона в даному випадку обумовлена наявністю радіального зазору між рухомою гільзою передньої бабки та отвором $\varnothing 25H5$ у корпусі задньої бабки; вказаний радіальний зазор регламентується технічними вимогами на прилад ПБ-500М, так як він визначає його точність; максимальна величина радіального зазору між вказаними деталями приладу - 0,005 мм; таким чином, $\varepsilon_{уст} = 0,005$ мм;

$\varepsilon_{изн}$ - похибка вимірювання, яка обумовлена зношуванням установчих елементів приладу, приймаємо $\varepsilon_{изн} = 0$;

ω - точність вимірювального інструменту; для головки 1ИГ ГОСТ18833-73 з ціною поділки 0,001 мм границя допустимої похибки складає $\pm 0,001$ мм; таким чином $\omega = 0,001$ мм; приймаємо $k_2 = 0,7$, тоді $\omega \cdot k_2 = 0,001 \cdot 0,7 = 0,0007$ мм;

k - коефіцієнт, який враховує відхилення від нормального розподілу окремих складових формули; $k = 1,2$ [7].

Тоді,
$$\varepsilon_{np} = 1,2 \sqrt{0,005^2 + 0,0007^2} = 1,2 \cdot 0,00503 = 0,006, \text{ мм}$$

Таким чином, похибка вимірювання величини радіального биття контрольованих поверхонь деталі у даному пристрої складає $\varepsilon_{np} = 0,006$ мм.

Умова здійснення вимірювання контрольованої величини:

$$\varepsilon_{np} \leq \frac{1}{3} \cdot \delta, \text{ мм} \quad (3.13)$$

де δ - допуск контролюємої величини радіального биття поверхонь деталі, у даному випадку $\delta = 0,025$ мм;

ε_{np} - похибка вимірювання радіального биття поверхонь деталі у пристрої, $\varepsilon_{np} = 0,006$ мм.

Отже, умова точності вимірювання (3.13) виконується, так як
$$\varepsilon_{np} = 0,006 \leq \frac{1}{3} \cdot 0,025 = 0,008 \text{ мм.}$$

Таким чином, даний пристрій відповідає необхідній точності вимірювання контролюваних величин.

Складальний кресленик представлений у графічній частині роботи.

3.3 Проектування калібр-скоби для контролю шийки вала $\varnothing 20h6$

3.2.1 Призначення та область застосування граничних калібрів

У виробництві, особливо масовому і крупносерійному, контроль деталей часто здійснюється калібрами і шаблонами. Робочі калібри використовуються для контролю деталей на робочих місцях у процесі їх виготовлення (ПР – прохідний робочий; НЕ – непрохідний робочий). Контрольні калібри використовують для контролю або регулювання робочих калібрів (К–ПР – контрольний калібр для прохідного робочого калібру; К–НЕ – контрольний калібр для непрохідного робочого калібру; К–У – контрольний калібр для контролю спрацювання прохідної сторони робочого калібру).

СТ РЕВ 157–75 на гладкі калібри встановлює такі допуски на виготовлення: Н – робочих калібрів (пробок) для отворів; Н₁ – калібрів (скоб) для вала; Н_р – контрольних калібрів для скоб. Для прохідних калібрів, які в процесі контролю спрацюються, крім допуску на виготовлення, передбачаються допуски спрацювання.

Калібри і контркалибри характеризуються номінальними і виконавчими розмірами.

3.2.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібру скоби для контролювання шийки вала $\varnothing 20h6$ ($^{0,0}_{-0,013}$)

Визначаємо розміри калібр-скоби для шийки вала діаметром $\varnothing 20$ мм з полем допуску $h6$ [9].

Граничні розміри вала:

$$d_{max} = d + es = 20 + 0,0 = 20,0 \text{ мм}$$

$$d_{min} = d + ei = 20 - 0,013 = 19,987 \text{ мм}$$

Вибираємо значення допусків і відхилень:

Z_1 - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру вала відносно граничного розміру виробу, мкм;

Y_1 - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру валів за межу поля допуску виробів, мкм;

H_1 - допуск на виготовлення калібрів для вала;

H_p - допуск на виготовлення контрольних калібрів скоби.

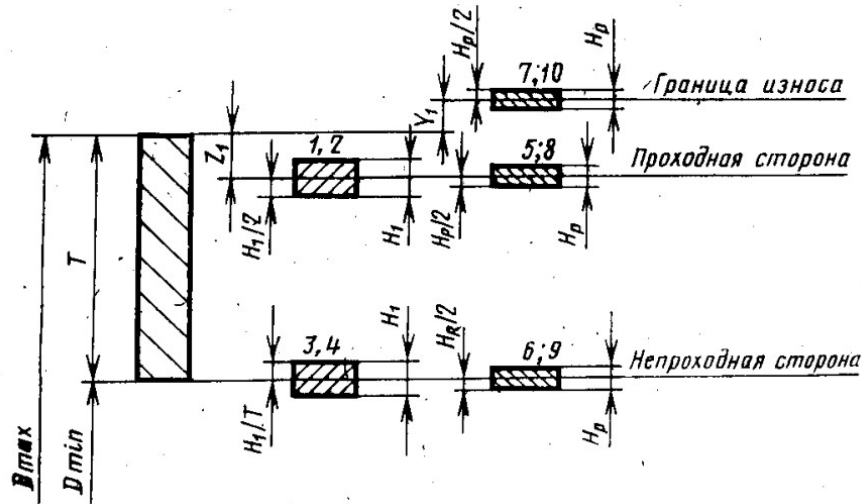


Рисунок 3.3 - Схема полів допусків калібрів для 6-го квалітету точності

Знаходимо нормативні допуски та дані для визначення розмірів калібрів та контр-калібрів:

$$Z_1 = 3 \text{ мкм}; Y_1 = 3 \text{ мкм}; H_1 = 4 \text{ мкм}; H_p = 1,5 \text{ мкм}.$$

У відповідності з вибраною схемою полів допусків калібрів розраховуємо граничні розміри

- калібрів-скоб для валів:

$$PP = d_{max} - Z_1 = 20,0 - 0,003 = 19,997 \text{ мм}$$

$$HE = d_{min} = 19,987 \text{ мм}$$

- контрольних калібрів для калібрів скоб:

$$K - PP = d_{max} - Z_1 = 20,0 - 0,003 = 19,997 \text{ мм}$$

$$K - HE = d_{min} = 19,987 \text{ мм}$$

$$K - 3 = d_{max} + Y_1 = 20,0 + 0,003 = 20,003 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні розміри калібрів скоб для контролю валів:

- найбільший розмір прохідної частини нової калібр-скоби

$$PP_{max} = d_{max} - Z_1 + \left(\frac{H_1}{2}\right) = 20,0 - 0,003 + (0,004/2) = 19,999 \text{ мм}$$

- найменший розмір прохідної частини нової калібр-скоби:

$$PP_{min} = d_{max} - Z_1 - \left(\frac{H_1}{2}\right) = 20,0 - 0,003 - (0,004/2) = 19,995 \text{ мм}$$

Розмір калібру ПР, що вказується на кресленні при допускові на виготовлення $H_1 = 4$ мкм, дорівнює $19,995^{+0,004}$ мм.

Найбільший розмір зношеної калібр-скоби при допускові на зношування $Y_1 = 3$ мкм дорівнює:

$$PP_{зн} = d_{max} + Y_1 = 20,0 + 0,003 = 20,003 \text{ мм}$$

$$HE_{max} = d_{min} + \left(\frac{H_1}{2}\right) = 19,987 + \left(\frac{0,004}{2}\right) = 19,989 \text{ мм}$$

Найменший розмір непрохідної калібр-скоби

$$HE_{min} = d_{min} - \left(\frac{H_1}{2}\right) = 19,987 - \left(\frac{0,004}{2}\right) = 19,985 \text{ мм}$$

Розмір калібру HE, що проставляється на кресленні, $19,985^{+0,004}$ мм.

Виконавчі розміри калібру:

$$PP = PP_{min} = 19,995 \text{ мм}$$

$$HE = HE_{min} = 19,985 \text{ мм}$$

Розміри контрольних калібрів до калібрів-скоб:

а) для контролю прохідної сторони калібра-скоби

$$(K - PP)_{max} = d_{max} - Z_1 + \frac{H_p}{2} = 20,0 - 0,003 + \frac{0,0015}{2} = 19,99775 \text{ мкм}$$

Розмір калібру $K - PP$, що проставляється на кресленні, дорівнює $19,99775_{-0,0015}$ мм.

б) для контролю непрохідної сторони скоби

$$(K - HE)_{max} = d_{min} + \frac{H_p}{2} = 19,987 + \frac{0,0015}{2} = 19,98775 \text{ мм}$$

Розмір калібру $K - HE$, що проставляється на кресленні, дорівнює $19,98775_{-0,0015}$ мм.

в) для контролю зношування прохідної сторони калібру-скоби

$$(K - I)_{max} = d_{max} + Y_1 + \frac{H_p}{2} = 20,0 + 0,003 + \frac{0,0015}{2} = 20,00375_{мм}$$

Розмір калібру $K - I$, що проставляється на кресленні, дорівнює 20,00375.
0,0015 мм.

При маркуванні на калібр наносять: номінальний розмір деталі, для якої призначено калібр, буквені позначення поля допуску (квалітет) елемента виробу, значення граничних відхилень його розміру в мм, тип калібру (ПР, НЕ, К-І), товарний знак заводу-виробника.

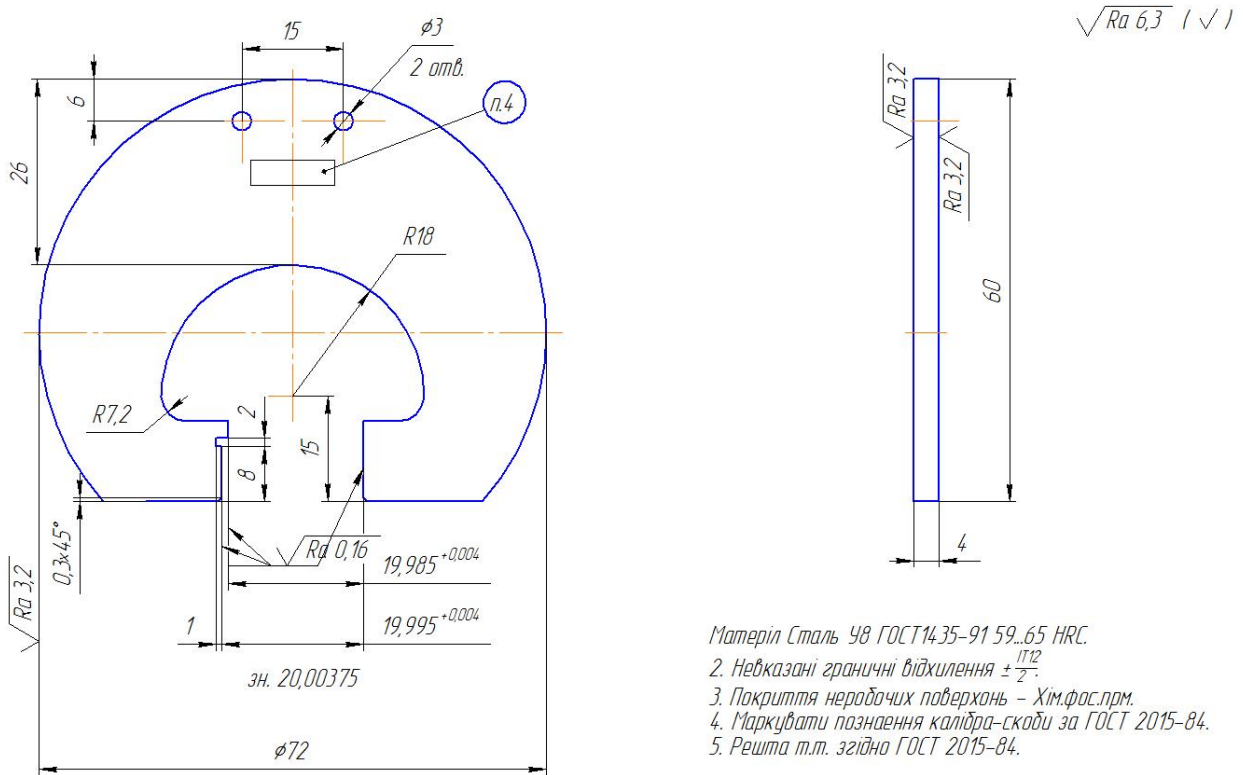


Рисунок 3.4 – Калібр-скоба для контролю розміру $\text{Ø}20h6 (+0,0 -0,013)$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Шкідливі та небезпечні фактори на дільниці виготовлення деталі [10]

На дільниці виготовлення деталі „Вал черв'яка АСТ 20.02.001” розташован наступне металообробне обладнання:

- фрезерувально-центрувальні верстати мод. МР-73;
- токарно-гвинторізні верстати мод. 16К20;
- токарні верстати з ЧПК мод. 16К20Ф3;
- вертикально-фрезерувальні верстати мод. 6Р12;
- круглошліфувальні верстати мод. 3М151В.

На безпечне роботу персоналу негативно впливає незадовільний санітарно-гігієнічний стан виробничих приміщень і окремих робочих місць, а також деякі метеорологічні умови, наприклад:

а) надзвичайно висока чи зовсім низька температура навколишнього середовища: висока температура ослаблює організм, з'являється в'ялість. Низька температура сковує рухи. В першому і другому випадках, особливо, при обслуговуванні машин, виникає підвищена небезпека травмування працівників;

б) надмірна вологість на робочих місцях, наявність в робочому приміщенні великих концентрацій пилу, різних газів створюють підвищену небезпеку. Так вологість і наявність струмопровідного пилу створює підвищену небезпеку ураження людей електричним струмом; високодисперсний пил і деякі гази при відповідній їх концентрації можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші;

в) різкий тривалий виробничий шум негативно діє на нервову систему, послаблює увагу працівника, перешкоджає сприйняттю звукових попереджувальних сигналів і команд. Все це знижує продуктивність праці і сприяє виникненню травматизму;

г) недостатнє освітлення робочих місць і проходів погіршує правильне орієнтування працівника у виробничих умовах; відсутність чи недосконалість освітлювального устаткування на самохідних машинах є однією з причин аварій і наїздів на людей у вечірній час.

При механічному обробленні металів працюючі можуть підлягати впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників наступних трьох груп:

а) група фізичних чинників – механізми і машини, які рухаються, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання, нерухомі вироби, заготовки, матеріали, підвищена запиленість повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, наявність інфрачервоних випромінювань, підвищені або понижені вологість і вентиляція повітря, небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може здійснитися через тіло людини, підвищений рівень електромагнітних випромінювань, підвищена яскравість світла;

б) група хімічних чинників: загальнотоксичні, подразнювальні, канцерогенні;

в) група психофізіологічних чинників: фізичні перевантаження, нервово-психічні перевантаження.

При реалізації технологічного процесу аварійна ситуація частіше всього виникає через перегрівання середовища для загартування, надходження в повітря ціаністого водню та інших шкідливих речовин вище гранично допустимих концентрацій, припинення подачі повітря до форсунки газової горілки термічної печі тощо.

При виконанні слюсарних операцій нещасні випадки виникають через неправильне заточування ручного інструмента, несправність його або при невмілому користуванні ним.

При роботі на токарно-гвинторізних і токарних верстатах (16К20, 16К20Ф3) найчастіше відмічаються випадки поранення різних частин тіла верстатника зливною стружкою, яка утворюється при обробленні в'язких матеріалів (сталей) на високих швидкостях різання.

При роботі на фрезерувальних верстатах (6Р13, 6Р82Г, МР-73) поранення верстатнику можуть бути нанесені фрезою, стружкою, оброблюваною деталлю і пристроями для її закріплення. Поранення фрезою може відбутися, головним

чином, під час її обертання і відсутності пристроїв, які огороджують фрезу, та порушенні правил експлуатування верстата.

Так, іноді верстатник-фрезерувальник вимірює параметри деталі під час роботи верстата або прибирає з-під фрези стружку руками і випадковими предметами. Нещасні випадки можуть трапитися при закріплені деталі або знатті її з верстата, коли руки робітника знаходяться поблизу неогородженої фрези.

Найбільшу небезпеку для верстатника створюють неогороджені дискові фрези і торцеві фрези із вставними ножами, які використовують при фрезеруванні на вертикально-фрезерувальних верстатах.

При роботі на круглошліфувальних верстатах (ЗМ151В) слід мати на увазі, що абразивний інструмент, який обертається з великою робочою коловою швидкістю (до 120м/с), створює серйозну небезпеку травмування робітників. Він є дуже чутливим до ударних навантажень і сотрясінь; на його міцність впливають температура і вологість. У зв'язку з цим необхідно передбачити ряд заходів, які запобігають розриванню шліфувального круга під час роботи, так як частини круга, який розірвався, можуть поранити верстатника і оточуючих людей. Слід пам'ятати про небезпеку доторкання до шліфувального круга, який швидко обертається, а також про значне пилоутворення в зоні різання при роботі круга без МОР. У цьому випадку пил абразива може призвести до травмування очей і викликати захворювання органів дихання. Можливі опіки рук верстатників при контакті з абразивними поверхнями особливо сильні при швидкістному шліфуванні, коли температура цих поверхонь дуже висока.

На дільниці широко використовується шмаття для прибирання різних масел і МОР. У зв'язку із цим завжди необхідно пам'ятати, що промасляні органічні матеріали схильні до самозагоряння внаслідок їх окислення киснем повітря.

Недостатнє освітлювання робочих місць є додатковим чинником в створенні потенційної небезпеки на дільниці. Недостатня освітленість, необхідність розглядати оброблювану деталь і вимірювальний інструмент,

дуже близько тримаючи їх до очей, може привести до короткозорості. Недостатня освітленість різних зон верстата примушує верстатника близько нахилитися до деталей в процесі її оброблення, а також до частин верстата, які повертаються чи пересуваються при його налагодженні. Це може призвести до травмування стружкою, деталлю, яка обробляється, чи інструментом.

Враження електричним струмом при роботі на металорізальних верстатах явище відносно рідкісне, однак може бути великою небезпекою. Основними причинами нещасних випадків від дії електричного струму є:

1) випадкові дотики чи наближення на небезпечні відстані до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою;

2) поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування – корпусах, кожухах тощо – в результаті пошкодження ізоляції та інших причин;

3) поява напруги на відімкнених струмопровідних частинах, на яких працюють люди, внаслідок помилкового вмикання установки;

4) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання на землю.

Виникнення пожежі на підприємствах, а особливо, розповсюдження вогню в них, залежать від їх конструкцій та з яких матеріалів вони виконані, які розміри будівель та їх планування. Будівля вважається правильно спроектованою в тому випадку, якщо поряд з вирішенням функціональних, міцнісних, санітарних та інших технічних і економічних вимог, виконані умови пожежної безпеки.

Джерелом загоряння на ділянці може бути: іскріння електродвигуна, надмірне нагрівання від тертя валу вентилятора, іскри від удару лопаток вентилятора об корпус при його несправності, статична електрика, коротке замикання тощо.

Робота металообробного обладнання неминує супроводжується шумом і вібрацією, погіршуючи при цьому умови праці, здійснюючи шкідливий вплив на організм людини і знижуючи продуктивність праці, підвищуючи втому

робітників і операторів, збільшучи кількість помилок при роботі, а також сприяючи виникненню травм.

Залежно від рівня і характеру шуму, його тривалості, а також індивідуальних особливостей людини, шум може чинити різні дії на неї. Шум, навіть коли він невеликий (на рівні 50...60 дБ), створює значне навантаження на нервову систему людини, чинить на неї психологічну дію.

Під впливом шуму, який перевищує 85...90 дБ, в першу чергу знижується слухова чутливість на високих частотах. Сильний шум шкідливо відбивається на здоров'ї і працездатності людей. Людина, яка працює в умовах підвищеного шуму, звикає до нього, але тривала дія сильного шуму викликає загальну втому, може привести до погіршення слуху, а інколи і до глухоти, порушується процес травлення їжі, призводить до змін об'єму внутрішніх органів.

Діючи на кору головного мозку, шум чинить подразнювальну дію, прискорює процес втомлювання, послаблює увагу і сповільнює психічну реакцію. Із цих причин сильний шум в умовах виробництва може сприяти виникненню травматизму, так як на його фоні людина може не чути сигналів транспорту, автотранспорту та інших машин. Ці шкідливі наслідки шуму виражені тим сильніше, чим сильніший шум і чим триваліша його дія. Таким чином, сильний шум викликає небажану реакцію всього організму людини. Патологічні зміни, які виникли під впливом шуму, виглядають як шумова хвороба.

Звукові коливання можуть сприйматися не тільки вухом, але і безпосередньо через кістки черепа. Рівень шуму, який передається цим шляхом, на 20...30 дБ менше рівня, що сприймається вухом. Якщо при невисоких рівнях шуму передача за рахунок кісткової провідності мала, то при високих його рівнях вона значно збільшується і поглиблює шкідливу дію на людину. При дії шуму дуже великого рівня (більш 145 дБ) можливий розрив барабанної перетинки.

Вібрації також можуть бути причиною функціональних зрушень нервової і серцево-судинної системи, опорно-рухового апарату. Захворювання може

супроводжуватися головним болем, запамороченням, підвищеним стомлюванням.

4.2 Організація природного освітлення робочих місць дільниці

Зір є найважливішим джерелом інформації, яка надходить до головного мозку людини із навколишнього середовища. На машинобудівному підприємстві оптимальність візуальної інформації може бути забезпечена лише при наявності раціонального освітлення приміщення і робочих місць. Правильно вибудоване освітлення забезпечує добру видимість і створює сприятливі умови праці. Недостатнє освітлення викликає передчасну втому, притупляє увагу працюючого, знижує продуктивність праці, погіршує якісні показники роботи і може стати причиною нещасного випадку.

При проектуванні природного освітлення в механічних цехах керуються вимогами будівельних норм і правил з проектування природного освітлення, розроблених і затверджених у встановленому порядку.

Нормальні умови праці в виробничому приміщенні можуть бути забезпечені лише при достатньому освітленні робочих зон проїздів і проходів.

Робочі зони освітлюються в такій мірі, щоб працюючий мав можливість добре відслідковувати процес праці не напружуючи зір і ненахиляючись до інструменту і оброблюваного виробу, який розташований на відстані не далі 0,5 м від ока. Освітлення не має створювати різних тіней і відблисків, які б чинили засліплюючу дію. Необхідно також захищати очі працюючого від прямих променів світла.

Проходи і проїзди освітлюються так, щоб забезпечувалась добра видимість елементів будівлі і обладнання, складених на підлозі деталей і заготовок, транспорту, що рухається. Недостатня кількість проходів і проїздів може бути причиною травмування робочого в результаті удару об елементи конструкції будівлі, що виступають, або падіння при зачіпанні за предмети, які лежать на підлозі.

Освітлення, яке забезпечує нормальні зорові роботи є важливим фактором в організації виробництва. Правильне освітлення механічного цеху не може бути досягнуто при довільній установці джерела світла або світлових прорізів. Для забезпечення раціонального освітлення необхідно знати основи світлотехніки, враховувати специфічні особливості виробничого процесу, правильно застосовувати діючі норми і вміти проводити належні розрахунки.

Природне освітлення в механічному цеху застосовується в денний час доби. Воно забезпечує добру освітленість та рівномірність; внаслідок високої дифузності (розсіювання) сприятливо діє на зір і є економічним. Крім цього, сонячне світло сприяє біологічно оздоровлювальній і тонізувальній дії на людину.

Первинним джерелом природного (денного) світла є Сонце, яке випромінює у світовий простір могутній потік світлової енергії. В світлотехнічних розрахунках природного освітлення механічного цеху враховується дифузне світло. Величина природної зовнішньої освітленості має великі коливання як в залежності від пори року, так і від годин доби. Значні коливання значень природної освітленості протягом дня залежать не лише від часу доби, але від зміни хмарності.

Таким чином, джерело природного освітлення має особливості, які створюють умови освітлення, що можуть різко змінюватися. Роль природного освітлення механічного цеху зведена до раціонального застосування природних світлових ресурсів. Природне освітлення механічного цеху здійснюється через світлові прорізи і може бути виконане у вигляді комбінованого, тобто, освітлювання цеху здійснюється через вікна у зовнішніх стінах будівлі і через світлові ліхтарі, які розташовані в перекриттях.

При розташуванні обладнання в цеху враховуються побудовані криві природної освітленості, щоб були враховані робочі місця, які найбільше віддалені від світлових прорізів.

Природне освітлення в приміщенні визначається коефіцієнтом природної освітленості (КПО). Точка для замірювання освітлюваності всередині

приміщення визначається на лінії перетину вертикальної площини перерізу приміщення і горизонтальної площини на висоті 0,8м під підлоги.

При визначенні необхідної природної освітлювальності робочих місць в виробничому приміщенні, окрім коефіцієнта природної освітленості, враховується глибина приміщення, площа підлоги, вікон і ліхтарів, затемнення сусідніми будинками та інше. Врахування впливу цих чинників здійснюється поправочними коефіцієнтами згідно з СНіП II – 4 – 79.

Задачею розрахунку природного освітлення є визначення відношення загальної площі прорізів вікон і ліхтарів з вставленим в них шклом до площі підлоги.

Засмічене шкло світлових прорізів (вікон і ліхтарів) може в 5...7 разів знизити освітленість приміщення.

4.3 Розрахунок штучного освітлення

В приміщенні на дільниці, де мають працювати металообробні верстати передбачимо виконати освітлення світильниками з люмінісцентними лампами, що забезпечують кращі характеристики як самого освітлення, так і його технічні характеристики.

З даних базового технологічного процесу маємо необхідні дані для вибору усіх необхідних параметрів дільниці:

Розміри дільниці $A \times B = 72 \times 12$ м, тобто, А – ширина ($A = 12$ м), Б – довжина ($B = 72$ м).

Для виконання рівномірного освітлення визначаємо вихідні дані:

- розряд роботи, що виконується (визначимо за найменшими розмірами об'єкта розрізнення – III б);

- коефіцієнт відбивання стелі: $\rho_{\text{п}} = 70\%$;

- коефіцієнт відбивання стін: $\rho_{\text{с}} = 50\%$;

- коефіцієнт відбивання робочої поверхні: $\rho_{\text{р}} = 10\%$;

- тип світильників ПВЛМ 2 x 40 з люмінісцентними лампами;

- висота підвісу світильників над робочою поверхнею: $H_p = 9\text{ м}$.

Визначаємо параметри ламп для світильників, що мають високу світлову віддачу та задовільняють необхідну кольоропередачу [11]. Потужність лампи ЛБ-40-4 складає 40 Вт і розрахунковий світловий потік $\Phi_{\text{л}}=2850$ лм.

Розраховуємо індекс i приміщення за формулою [11]:

$$i = (A \cdot B) / ((A+B) \cdot H_p) \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

де A, B – відповідно ширина та довжина приміщення, м;

$$i = (12 \cdot 72) / ((12+72) \cdot 9) = 1,14.$$

Розраховуємо кількість світильників [11]:

$$N_p = (E_n \cdot S \cdot K \cdot Z) / (n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta) \quad (4.2)$$

де E_n – нормоване значення освітленості, лк. Згідно з [12]: $E_n = 300$ лк.

S – площа приміщення, м^2 ($S = A \cdot B = 12 \cdot 72 = 864 \text{ м}^2$);

K – коефіцієнти запасу ($K = 1,5$) для газорозрядних ламп;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, що для ламп люмінесцентних складає ($Z = 1,1$);

n – кількість ламп в світильнику, ($n = 2$);

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік лампи, лм ($\Phi_{\text{л}} = 2850$ лм);

η – коефіцієнт використання світлового потоку ($\eta = 0,59$ при індексі приміщення $i = 1,56$).

Тоді
$$N_p = (300 \cdot 864 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (2 \cdot 2850 \cdot 0,59) = 127,17 \text{ шт.}$$

За розрахованою кількістю світильників будуємо схему їх розміщення на дільниці з метою визначення фактичної кількості та уточнення розрахункових нормативних параметрів.

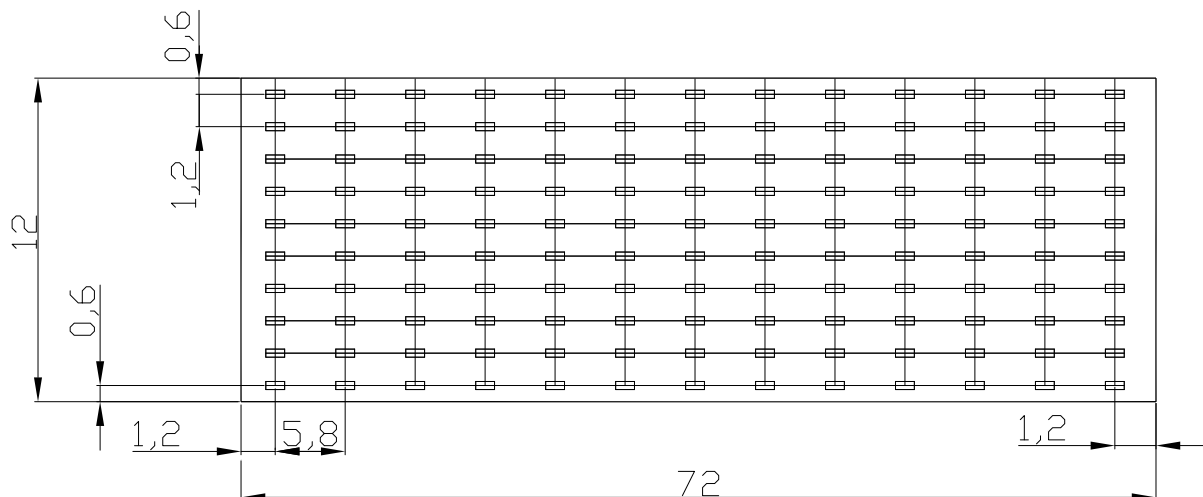


Рис. 4.1 - Схематичне розміщення світильників на ділянці

Необхідно, щоби була виконана умова, що фактична освітленість E_{ϕ} має знаходитись в допустимих межах:

$$0,9E_{\pi} \leq E_{\phi} \leq 1,2E_{\pi}. \quad 0,9 \cdot 300 \leq E_{\phi} \leq 1,2 \cdot 300 \quad (4.3)$$

Маємо $270 \leq E_{\phi} \leq 360$, тобто, ці межі складають величину від 270 до 360 лк.

Кількість світильників $N_{\text{д}} = 130$ шт.

Складаємо 10 рядів по 13 ламп в ряду.

Розміри світильника складають 650×240 мм, що дає змогу вільно розмістити їх на стелі ділянки та забезпечити нормальне освітлення.

Визначаємо фактичну освітленість робочих місць:

$$E_{\phi} = E_{\pi} \cdot (N_{\text{д}} / N_{\text{р}}); \quad (4.4)$$

де $N_{\text{д}}$ – дійсна кількість світильників;

$N_{\text{р}}$ – розрахункова кількість світильників.

Таким чином, $E_{\phi} = 300 \cdot (130 / 127,17) = 306,6$ лк, що менше норми допустимого відхилення, яке складає $270 \leq E_{\phi} \leq 360$ лк.

З метою раціонального використання електроенергії приймаємо до уваги, що кожен верстат обладнується світильником місцевого освітлення, а підведення електроенергії до світильників секціонується.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблений технологічний процес на основі базового варіанту, в якому напідставі результатів розрахунків техніко-економічного обґрунтування змінений метод отримання заготовки – остаточно прийнятий метод штампування на ГKM. Розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі, в якому запропоновано застосувати фрезерувально-центрувальну операцію замість її виконання на токарно-гвинторізному верстаті у базовому його варіанті, а також використати токарні верстати з ЧПК на операціях 050, 055, 060 і 065.

Для підвищення точності оброблення деталі в конструкторському розділі спроектований верстатний пристрій для фрезерування шпонкового пазу, а як засоби контролю точності виготовлення деталі – пристрій для контролю радіального биття поверхонь відповідальних шийок деталі та калібр-скоба для контролю розміру $\varnothing 20h6$.

В розділі «Охорона праці» виконаний аналіз шкідливих та небезпечних факторів на ділянці виготовлення деталі та рекомендовані засоби усунення їх впливу на працівників, висвітлені аспекти організації природного освітлення робочих місць ділянці та проведений розрахунок штучного освітлення робочих місць.

В додатках кваліфікаційної роботи наведена 3-D модель вала-черв'яка, фрагмент керувальної програми для токарного верстата з ЧПК, технологічна документація процесу виготовлення деталі і специфікації складальних креслеників розроблених пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кваліфікаційна робота : Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В.П. Ткачук, В.В. Милько, С.А. Костюк. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 31с.
2. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. - Львів: Магнолія, 2006, 2021. 567с.
3. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник. – Львів: «Новий світ – 2000», 2009. 358с.
4. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, та ін. / За ред. І. І. Юрчишина. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
5. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
6. Гордєєв А.І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ, 2013. 159 с., іл.
7. Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв: Навч. Посібник (ел. видання) / В.П.Приходько – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 89 с. – Доступ : https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/47783/1/Prykhodko_NP_Rozr_Verst.pdf
8. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
9. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
10. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Охорона праці. Практикум. Суми: Університетська книга, 2000.
11. В.Й. Сивко. Розрахунки з охорони праці: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 152 с.

12. Охорона праці в галузі. Індивідуальні завдання та методичні вказівки до їх розв'язання для студентів інженерних спеціальностей. Г.С. Калда, О.В. Снозик, А.В. Кирилков. – Хмельницький, 2007, - 40с.

ДОДАТКИ

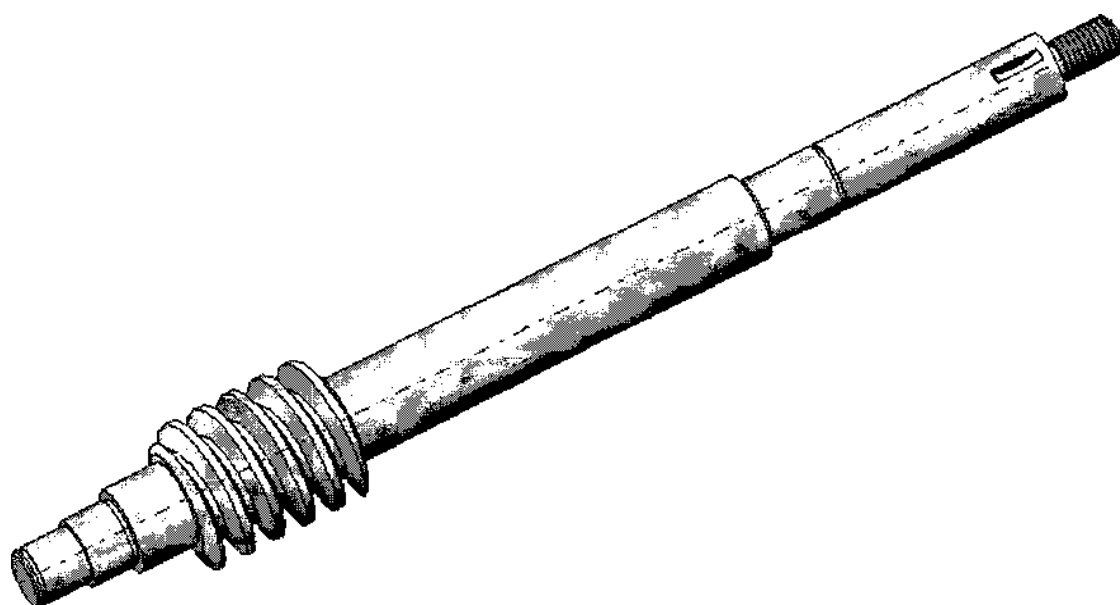


Рис. 1.1.A-3D-модель вала черв'яка АСТ 20.02.001

Керуюча програма на верстат 16K20Ф3

Операція № 060

N 001 S0

N 002 S2 1500 F0.45 T1

N003 Z-4.5 X35 E

N004 Z-4.5 X30

N005 Z-2.5 X27

N006 Z-2.5 X0

N007 M02

ДОДАТОК В

Технологічна документація на процес механічного оброблення
вала черв'яка АСТ. 20.02.001

ДОДАТОК Г

Специфікації до складальних коеслеників