

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі " Вал-шестерня НСТ 16-14-354" з
Назва теми

використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

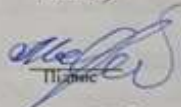
Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМГз-19-1
Шифр



Віктор АТАМАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Сервісник докт. техн. наук, проф
Науковий ступінь, звання



Микола МАЗУР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Інормоконтролер канд. техн. наук, доцент



Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
завідувач кафедри технології машинобудування
Назва



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата « 12 » гравня 2024

Хмельницький 20 24

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2023	
2 Технологічний розділ	20.04.2023	
3 Конструкторський розділ	20.05.2023	
4 Охорона праці	10.06.2023	

Студент



Віктор АТАМАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)



Микола МАЗУР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Вал.механічне ІСБ 16-14-357

Автор Авсман Віктор

Освітня програма Технологія машинобудування

Спеціальність: прикладна механіка

Науковий керівник: Мазур М.Р.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

.....
.....
.....

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

Технології та інженерія
Віталія Ткачук
здобувача вищої освіти (студента)
ПІБ, факультет, «курс», «група»
16/кспр Аналіза

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 (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) 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.

10.06.24

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Атаман Віктор Анатолійович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня НСТ 16-14-354" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

(підпис)

**ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРЕНКО**

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Атаман В. А. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2019 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 31,25 %, задовільно 68,75 %.

шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 0,00 %, С 26,09 %, D 39,13 % E 34,78 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Атаман В.А. вчасно одержав завдання на виконання роботи і, не дивлячись на складні умови дослідження, які виконав вчасно. Виконав всі фізичні завдання високого рівня і відновив частку вченого до виконання роботи за спеціальністю "Прикладна механіка"

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

добре

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

Мазур М.П.

(ім'я, прізвище)

" 12 " червня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Атаман В. А. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(підпис)

Віталій ТЕНЧУК

(ім'я, прізвище)

" 13 " червня 2024 р.

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект студента Віктора Атамана
Тема: Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня НСТ 16-14-354" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи відповідно до завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення вала-шестерні з використанням сучасного металорізального устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на оброблення, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні. За допомогою САМ-пакету Esprit створено програму оброблення на токарному верстаті з ЧПК фірми HAAS ST-30.

В конструкторській частині розроблено конструкції. Пристрою для оброблення шпонкових пазів, контрольний інструмент - нормалемір.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломній роботі не виявлено.

Проте бажано було б розробити окрім маршрутної ще й операційні карти.

Дипломний проект виконаний згідно завдання, в повному обсязі та заслуговує оцінки «добре».

Рецензент:

К.Т.Н., доцент кафедри ГМ та АІ Курської Волон

«12» «серпня» 2024 р.

Реферат

Дипломного проєкту на тему:
Технологія виготовлення деталі "Вал-шестерня НСТ 16-14-354" з
використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Віктор АТАМАН Керівник: д.т.н., проф. Микола МАЗУР

Дипломний проєкт присвячений удосконаленню технологічного процесу виготовлення Вала-шестерні НСТ 16-14-354 із застосуванням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), зокрема фрезерно-розточувальних оброблюючих центрів фірми HAAS (США).

У проєкті проаналізовано існуючий технологічний процес та запропоновано новий метод виготовлення піввісі з використанням верстатів з ЧПК. Для реалізації цього процесу було вибрано відповідне обладнання та різальний інструмент, виконані розрахунки припусків, режимів різання та норм часу на виконання обробних операцій.

Також проведено розрахунки верстатних пристроїв для фрезерування та свердлування, визначено сили затиску, виконано розрахунки елементів пристроїв на міцність та точність, а також надано опис їх роботи. Окрім цього, здійснено розрахунки контрольного інструменту на точність та описано його роботу.

У розділі, присвяченому охороні праці, було проаналізовано умови праці з точки зору безпеки.

Автор:

Віктор АТАМАН

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Завдання	7
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	8
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	
2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність;	
2.2.2 Вибір технологічних баз;	
2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі;	
2.2.4 Вибір технологічного обладнання	
2.2.5 вибір металорізального інструменту	
2.3 Розроблення технологічних операцій	
2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні.	
2.5 Розрахунок режимів різання	
2.6 Технічне нормування операцій	
2.7 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК	
2.8 Оформлення технологічної документації	
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Проектування робочого пристосування або вибір із каталогів провідних виробників та аналіз на міцність і жорсткість	
Якщо пристрій проектується, то необхідно виконати та відобразити у записці:	
3.1.1 Розроблення схеми базування	
3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.	
3.1.3 Визначення необхідної сили затиску.	
3.1.4 Вибір приводу	

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						
Розроб.	В. Атаман				Технологія виготовлення деталі вал-шестерня НСТ 16-14-354 з використанням верстатів з ЧПК			Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	М. Мазур							н		5
Н. контр.	С. Бись				ХНУ гр. ПМТз-19-1					
Затв.	В. Ткачук									

3.1.5 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Піднесення народного господарства незалежної України та її входження до світової економічної системи неможливе без випереджального розвитку машинобудування.

Машинобудування є найважливішою галуззю народного господарства, що визначає рівень та темпи розвитку промисловості, сільського господарства, енергетики, транспорту та ін.

Швидкий розвиток машинобудівного виробництва вимагає наукового вирішення питань, пов'язаних з виготовленням машин. Технологія машинобудування – це наука про виготовлення машин необхідної якості у встановленій виробничій програмі кількості та в задані терміни при найменших витратах живої та ручної праці, з максимальним прибутком та за високого рівня безпеки праці. ДСТУ 2.1010-94 встановлює види виробів усіх галузей промисловості при виконанні конструкторської документації.

Випуск продукції високої якості розглядається у всіх країнах світу як одна з найважливіших умов розвитку національної економіки. На якість промислової продукції впливає багато різних чинників. Тому необхідний системний підхід до вирішення проблеми керування якістю продукції.

Якість продукції – сукупність властивостей продукції, що зумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначенням.

Кількісні методи оцінки якості, які використовуються для обґрунтування рішень, що приймаються при управлінні якістю продукції та стандартизації, об'єднані в науку, яка називається кваліметрією.

Оцінюючи якість виробу, слід також враховувати ступінь його патентної чистоти. Показники якості дозволяють дати кількісну характеристику її властивостей. Розрізняють поодинокі та комплексні показники. Одиничний показник (наприклад: економічність виробу, продуктивність машини) відноситься лише до однієї з властивостей. Комплексний показник характеризує якість за двома або декількома оцінюваними властивостями.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

Відпрацювання виробів на технологічність представляє одну з найскладніших функцій технологічної підготовки виробництва та є обов'язковим етапом проектування технологічних процесів.

Технологічність конструкції виробів (ТКВ) розглядається як сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт (ДСТУ 14.205-94).

Склад робіт із забезпечення технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється ЄСТПВ (єдина система технологічної підготовки виробництва), а терміни та визначення, що застосовуються, встановлені ГОСТ 14.201-94, ГОСТ 14.203-94 і ГОСТ 14.205-94.

Технологічність конструкції оцінюється якісно та кількісно. Для якісних показників це, як правило, порівняльна оцінка (“добре – погано”, ”допустимо – недопустимо”) за тими вимогами до конструкції, які важко висловити кількісно.

Мета такого аналізу – виявлення недоліків конструкції за відомостями, що містяться в кресленні та технічних вимогах, а також можливе поліпшення технологічності даної конструкції.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Службове призначення та опис об'єкта виробництва

Редуктор входить до складу приводу механізму повороту САУ.

Привід включає електродвигун і редуктор 2С3-710, які встановлені на зварній рамі.

У цій машині редуктор служить передачі крутного моменту від валу електродвигуна зубчастому колесу, що знаходиться у зачепленні з валом.

Принцип роботи

Крутний момент від валу електродвигуна передається вхідний вал поз.3 через шліци. Далі вал через шпонку 62×55×320 передає крутний момент зубчастому колесу поз 9, знаходиться в зачепленні з валом-шестернею поз 5, на цей же вал-шестерню насаджено зубчасте колесо поз 11. Обертання від колеса до вала-шестерні передається через шпонку 48×48×230. Вал-шестерня 4 знаходиться в зачепленні з зубчастим колесом поз.11, яке встановлено на вихідному валу поз 5. Крутний момент передається від колеса валу через шпонку 45×25×200. Від вихідного валу крутний момент передається далі робочому органу через шпонку 45×25×200. Редуктор має два виходи.

Опис конструкції

Редуктор складається із зварного корпусу поз.1 та кришки поз.2. Корпус та кришка редуктора з'єднані гвинтами та конічними штифтами поз.68. У верхній частині кришки є отвір для огляду зачеплення та заливки масла. Отвір закривають кришкою поз.3, яку кріплять до корпусу болтами М10-6 поз.48. Також у верхній частині кришки редуктора встановлена віддушину поз.8. Для контролю над рівнем масла служить маслопоказник поз.86. Зливають масло через отвір у нижній частині корпусу, який закривають пробкою поз.87. Витікання масла на зовнішню сторону редуктора запобігається манжетою поз. 36. Швидкісна вал-шестерня встановлена на двох конічних роликотідшипниках. Вал-шестерня знаходиться в зачепленні із зубчастим колесом, з'єднаним із проміжною вал-шестернею шпонкою. Проміжний вал-шестерня змонтований на двох конічних роликотідшипниках. Проміжний вал-

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

шестерня знаходиться в зачепленні з зубчастим колесом, з'єднаним з тихохідним валом шпонкою. Вихідний вал змонтований на двох конічних роликотидшипниках. Для регулювання зазорів між зовнішніми кільцями підшипників і торцями бічних кришок передбачені кільце дистанційне 120x15, кільце дистанційне 190x15, а також набір тонких металевих прокладок. Бічні кришки кріпляться до стінок корпусу болтами. У корпусі встановлюється гумовий шнур канавки на клею 88-СА. Бічні кришки також ущільнюються гумовим шнуром, попередньо склеєним у кільця клеєм 88-СА. Для забезпечення щільності стику площину гнізда корпусу та кришки при складанні покривають герметиком. Вхідний вал-шестерня з'єднується з елементом приводу – електродвигуном (валом електродвигуна) шліцами. Вихідний вал з'єднується з робочим органом приводу шпонкою.

1.2 Характеристика виробництва (цеху, ділянки, комплексу верстатів). Тип виробництва, ринкова потреба, річний обсяг виробництва

Тип виробництва згідно з ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, що визначає кількість різних операцій з обробки однієї або кількох деталей, закріплених за одним робочим місцем протягом певного планового проміжку часу (1 місяць):

Розрахункові формули та коефіцієнти взяті з алгоритму розрахунку та наводяться у відповідній послідовності

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \approx \frac{\sum O}{K_{ст}}$$

де: O – кількість різних операцій за один місяць;

P -число робочих місць, у якому виконуються різні операції;

Kст – кількість верстатів, встановлених на ділянці.

1.Задати величину програмного завдання випуску виробу на рік $N_{п} = 500$ прим.

2.Визначити річну програму випуску виробів з урахуванням $N_{п}$ за формулою:

$$N_i = N_{п} \cdot m \cdot \left(1 + \frac{a}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{b}{100}\right),$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

$$N_p = 500 \cdot 2 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{3}{100}\right) = 108 \text{шт}$$

де: N_r - річна програма випуску виробів, шт.;

m – кількість деталей на виріб, 2шт.;

a – відсоток деталей, що йдуть на запасні частини, $a = 0 \dots 10$ %;

b – процент технічно неминучих виробничих втрат, що включає деталі, що йдуть на випробування механічних властивостей матеріалу, а також браковані деталі, $b = 2 \dots 6$ %.

3. Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_d = 4015$ год – за двозмінного режиму роботи підприємства.

4. Визначення кількості необхідних верстатів:

$$m_p = \frac{N_r \cdot T_{шт(шт-к)}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}$$

де: $T_{шт}$ - штучний час або штучно-калькуляційне, хв;

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання. $\eta_{з.н.} = 0.8$

5. Обчислити за кожною операцією значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

6. Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначається:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Результати розрахунку та дані, вписані з операційних карт, внесемо до таблиці 5.1, в якій відображається і подальший розрахунок КЗО.

Таблиця 1.1 – Розрахунок КЗО

Найменування операції	Tшт	Tпз	To	mp	P	пзф	O
Токарна	180	12	198,11	0,0740	1	0,0740	11,5
Розточувальна	165	34	181,81	0,0679	1	0,0679	12,5
Токарна	260	12	286,11	0,1069	1	0,1069	8,0

Токарна	100	12	112,4	0,051	1	0,051	17,5
Круглошліфувальна	150	28	165,26	0,0617	1	0,0617	13,8
Зуборізна	1195	46	814,93	0,4913	1	0,4913	1,7
Розточувальна	100	25	110,23	0,0412	1	0,0412	20,6
Зубошліфувальна	850	37	735,34	0,3494	1	0,3494	2,4
Сумарне значення					8		124,5

$$K_{30} = \frac{124.5}{8} = 15.56$$

КЗО, отриманий при заданій річній програмі випуску характерний для середньосерійного виробництва $K_{3,0} = (10 \dots 20)$ ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014.

На підприємствах серійного виробництва значна частина обладнання складається з універсальних верстатів, оснащених як спеціальними, так і універсально-налагоджувальними (УНП) та універсально-збірними (УЗП) пристроями, що дозволяє знизити трудомісткість та здешевити виробництво. Є також можливим розташовування устаткування у послідовності технологічного процесу для однієї чи кількох деталей, які потребують однакового порядку обробки, з дотриманням принципів взаємозамінності під час обробки. У серійному виробництві застосовують змінно-потоккову форму організації робіт. Тут обладнання розміщують по ходу технологічного процесу. Обробку проводять партіями, причому заготовки кожної партії можуть дещо відрізнятися розмірами або конфігурацією, але допускають обробку на тому самому обладнанні. У цьому випадку час обробки на суміжних верстатах узгоджують, тому рух заготовок даної партії здійснюється безперервно, в порядку послідовності технологічного процесу. Для переходу до обробки партії інших деталей переналагоджують обладнання та технологічне оснащення (пристосування та інструмент).

1.3 Аналіз технологічності об'єкта виробництва, аналіз використаних матеріалів

Склад робіт із забезпечення технологічності конструкції виробів на усіх стадіях встановлюється ЕСТПП, ГОСТ 14.201-83, ГОСТ 14.203-83 і ГОСТ 14.205-83.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

Обробка виробів на технологічність представляє одну з найскладніших функцій технологічної підготовки виробництва та є обов'язковим етапом проектування технологічних процесів.

Основні завдання, які вирішуються при аналізі технологічності конструкції, мають бути спрямовані на зменшення трудомісткості та зниження собівартості без шкоди для службового призначення.

Корпус редуктора виконується зварним, що суттєво зменшує його собівартість, збільшує продуктивність і не вимагає спеціального обладнання для кожного найменування (доменні печі тощо). Обробка проводиться на високоточному устаткуванні із застосуванням.

Високі вимоги до розмірів корпусних і базових деталей пояснюються тим, що від їх точності обробки часто залежить загальна точність виробу. Таким чином, такі вимоги є обґрунтованими.

Характеристика корпусних деталей:

1. Відхилення від прямолінійності та паралельності основних поверхонь 0,05-0,1 мм на всю їх довжину; шорсткість поверхні Ra 3,2 - Ra 0,8;

2. Основні отвори обробляються по 6-8-му квалітету точності з шорсткістю поверхні Ra 1,6 - Ra 0,4; похибка форми отворів від 0,5-0,7 від допуску на отвір;

3. Допуски на міжосьові відстані отворів під вали та осі залежать від їх призначення, якщо на валах або осях монтуються зубчасті циліндричні передачі, то допуски приймаються від 0,02 до 0,1 мм;

4. Допуски на відхилення від паралельності осей – у межах допуску на міжосьову відстань, на відхилення від перпендикулярності осей для конічних та черв'ячних передач – у межах 0,02-0,06 мм;

5. Допуски на відхилення від співвісності отворів – у межах половини допуску на діаметр меншого з отворів;

6. Відхилення від перпендикулярності опорних торців до осей отворів допускається в межах 0,01-0,05 мм на 100 мм довжини радіусу.

Матеріал для корпусних деталей сталь 3

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

Найкращим варіантом обробки є обробка з одного установка на обробних центрах або верстатах з ЧПК.

До точності деталей типу тіл обертання також пред'являються високі вимоги, оскільки від роботи у зборі залежить робота всього механізму.

Токарні верстати з ЧПК вигідно використовувати при обробці складних багатоступінчастих заготовок, особливо з криволінійними поверхнями, вони забезпечують точність та швидкість обробки. Шийки валів під зубчасті колеса виконані IT7 з Ra 1,6, а шийки під підшипники IT6 з Ra 1,6.

Матеріалом для валів редуктора служить сталь 20ХНЗА, її властивості забезпечать можливість обробки.

Ці шийки валу проходять попередню та остаточну токарну обробку, а також остаточну шліфувальну.

Високі швидкості та великі навантаження, що передаються зубчастим передачам, висувають особливо високі вимоги до точності виготовлення зубчастих коліс.

Матеріал для зубчастих коліс беруть залежно від умов роботи, для силових зубчастих передач застосовують хромисті 20ХНЗА, цей матеріал застосовується для виготовлення всіх коліс у цьому редукторі.

Для складання застосовується стандартне кріплення, яке забезпечує оптимальну якість і не викликає подорожчання продукції, що спричинило б проектування індивідуального кріплення.

Складання виконується за методом неповної взаємозамінності, що забезпечується значною кількістю точних деталей.

Відпрацювання конструкції деталі на технологічність

Дана деталь є тілом обертання і належить до класу валів. Цей вал призначений для передачі моменту, що крутить, і входить до складу редуктора. Вал виготовляється із сталі 20ХНЗА за ДСТУ 3058-95.

Конструктивно деталь складається з двох підшипникових шийок Ø 180к6, довжиною 88 та 197мм з шорсткістю поверхні Ra 2,5.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

Для встановлення зубчастого колеса, за допомогою шпонки, передбачена поверхня $\varnothing 190s7$, довжиною 178 мм, шорсткістю Ra 3.2, із закритим шпоночним пазом 45P9, глибиною 15H12, шорсткість торців та дна паза Ra 6,3.

Вал насправді є валом-шестірнею і на одній з його шийок нарізані зуби. Число зубів 28, модуль 10, ступінь точності 7 – В, дільний діаметр 280 мм, шорсткість торця зуба Ra 1,6, торцеве биття не більше 0,02 мм відносно поверхні підшипникових шийок.

Поверхня $\varnothing 306$ та $\varnothing 210$ обробляються алмазним різцем для досягнення максимальної точності та шорсткості.

На торцевих поверхнях валу розташовані центрові отвори. За нормою FM20, ГОСТ 14034 - 74.

На шийках валу проточено дві фаски 3×45 для зручності складання валу у вузлі, а також заокруглені гострі кромки.

Решта поверхні деталі обробляються з Ra 6.3 і по чотирнадцятому квалітету точності.

Для точних деталей у машинобудуванні важливу роль крім кваліфікацій точності та шорсткості поверхонь відіграють допуски.

Механічні властивості взяті з [4, стор. 68], наведені у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Механічні властивості

Матеріал	$\delta_v, \%$	$\delta_p, \%$	$\delta_s, \%$	$\psi, \%$
20ХНЗА	600	16	14	40

Технічні вимоги, методи їх виконання та контролю наведені у вигляді таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Технічні вимоги, методи їх виконання та контролю

Зміст вимог	Метод обр-ки	Засоби контролю
Допуск круглості для всіх шийок валу не більше 0.02 щодо поверхні	шліфуванням	на контрольних центрах з допомогою

бази		індикатора
Допуск радіального биття посадочної поверхні $\varnothing 180_{k6}$, $\varnothing 190_{s7}$, відносно поверхні бази не більше 0.02	шліфуванням	на контрольних центрах за допомогою індикатора
Допуск симетричності осі шпонкового паза $b=45P9$ відносно осі не більше 0.25	фрезеруванням у пристосуванні	комплексним калібром
Допуск паралельності бічних поверхонь шпонкового паза $b=45P9$ щодо осі трохи більше 0.03	фрезеруванням у пристосуванні	комплексним калібром

Вимоги легко забезпечити застосуванням звичайного обладнання та типових технологічних процесів.

Обробка цієї сталі не викликає труднощів.

Для обробки деяких поверхонь потрібно додаткові, спеціальні методи обробки, якості $h9$ і шорсткості $Ra 0.8$, вимагають алмазної обробки;

За кресленням деталі встановлюємо:

- діаметральні розміри шийок валу зменшуються до кінця деталі;
- вал жорсткий за конструкцією;
- не всі поверхні деталі доступні для обробки нормальним різальним інструментом;
- лінійні та діаметральні розміри валу виписані зі стандартного ряду;
- проставлення розмірів на деталі свідчить про можливість обробки деталі на верстатах, налаштованих на розмір, що видно за збігом технологічних та конструкційних баз з правого торця;
- розміри шпонкового паза обрані за ГОСТ25347 - 82, відповідно до діаметрів шийок валу.

За результатами виконаного аналізу визначаються показники рівня

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

технологічності конструкції, розробляються рекомендації щодо їх поліпшення та вносяться зміни до конструкторської документації.

У проекті необхідно визначити значення відносних показників технологічності, які мають прийматись у межах $0 < k < 1$.

Рівень технологічності за точністю обробки, розрахунок проводиться за алгоритмом [5, стр. 103-106]:

$$K_{у.т.} = \frac{K_{б.т.}}{K_{т.}}$$

де $K_{б.т.}$, $K_{т.}$ – відповідно базовий та досягнутий коефіцієнти точності обробки.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{т.} = 1 - \frac{1}{T_{ср.}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i},$$

де $T_{ср.}$ – середній квалітет точності обробки виробу;

$$T_{ср.} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2 \cdot n_2 + 3 \cdot n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots},$$

$$T_{ср.} = \frac{14 \cdot 9 + 12 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 2}{9 + 1 + 1 + 2} \approx 12$$

$$K_{т.} = 1 - \frac{1}{12} = 0.917$$

Оскільки аналіз деталі показав, що її розміри виконують відведені їм функції, то змінювати їх немає сенсу, в такий спосіб $K_{б.т.} = K_{т.}$

$$K_{у.т.} = \frac{0.917}{0.917} = 1$$

де n_i - число розмірів відповідного квалітету точності;

T - квалітет точності обробки.

Рівень технологічності конструкції з шорсткості поверхні.

$$K_{у.ш.} = \frac{K_{б.ш.}}{K_{ш.}}$$

де $K_{б.ш.}$, $K_{ш.}$ - відповідно базовий та досягнутий коефіцієнти шорсткості поверхні.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{ш.} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср.}} = 1 - \frac{\sum n_{iш.}}{\sum Ш \cdot n_{iш.}},$$

де Ш ср. - середня шерсткість поверхні виробу,

$$Ш_{ср.} = \frac{\sum Ш \cdot n_{iш.}}{\sum n_{iш.}} = \frac{100 \cdot n_{100} + 10 \cdot n_{10} + 0.1 \cdot n_{0.1} + \dots}{n_{100} + n_{10} + n_{0.1} + \dots},$$

$$Ш_{ср.б} = \frac{25 \cdot 5 + 6.3 \cdot 3 + 3.2 \cdot 4 + 2.5 \cdot 3 + 1.6 \cdot 1}{5 + 3 + 4 + 3 + 1} = 9.25$$

$$K_{б.ш.} = 1 - \frac{1}{9.25} = 0.892$$

де Ш - шорсткість поверхні;

N іш. - число поверхонь відповідної шорсткості.

Оскільки аналіз деталі показав, що її шорсткості виконують відведені їм функції, то змінювати їх немає сенсу, в такий спосіб Кб.ш. = Кш

$$K_{уш.} = \frac{0.892}{0.892} = 1$$

Значення досягнутих рівнів технологічності деталі щодо точності обробки та шорсткості слід визначити після завершення технологічного контролю креслення та внесення до нього за погодженням з керівником проекту раціональних змін. Якщо креслення деталі після завершення технологічного контролю не піддається зміні, рівень технологічності деталі за цими показниками дорівнює 1.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K = \frac{M_{д.}}{M_{м.}},$$

де M д. - маса готової деталі, кг;

M м. - маса матеріалу, використаного на виготовлення деталі, кг.

$$K = \frac{245}{345} = 0.71$$

Рівень технологічності деталі використання матеріалу:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

$$K_{у.им.} = \frac{K_{б.им.}}{K_{им.}}$$

де Кб.им., Ким. – відповідно базовий та досягнутий коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{у.им.} = \frac{0.53}{0.71} = 0.75$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу і рівня технологічності деталі розраховують після вибору методу отримання заготовки і визначення загальних припусків на механічну обробку.

Рівень технологічності деталі за трудомісткістю виготовлення:

$$K_{у.т.} = \frac{T_{д.т.}}{T_{б.т.}}$$

$$K_{у.т.} = \frac{1301.6}{1521.4} = 0.86$$

де Тд.т., Тб.т. – відповідно досягнута і базова трудомісткості виготовлення виробу, хв.

Рівень технологічності за технологічною собівартістю:

$$K_{у.с.} = \frac{C_{д.т.}}{C_{б.т.}}$$

$$K_{у.с.} = \frac{615}{780} = 0.79$$

де С д.т., С б.д. - відповідно досягнута і базова технологічна собівартість виробу, грн.

Рівень технологічності деталі за трудомісткістю і технологічною собівартістю остаточно визначається після розроблення техпроцесу.

Висновок: вал за конструкцією технологічний.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючих, вибір, обґрунтування та проектування нових заготовок

Для того щоб вибрати оптимальний варіант отримання заготовки, необхідно розглянути кілька можливих варіантів. Дані про якість і характеристики заготовок вибираємо за [7, стор. 67-72] відповідно до алгоритму.

1. Поковка кована

Кування дозволяє виготовляти поковки до 350-300 т. Для кування деталей типу прямих валів масою 7.5-250 кг використовують ресорні та важільні молоти.

Основні операції вільного кування: осадження, протяжка, прошивка, гнуття, скручування, відрубубання і зварювання. З основних операцій необхідно відзначити білетування злитків.

Переваги та недоліки вільного кування

Переваги:

1. Вільне кування дає змогу отримувати високу якість металу з високими характеристиками пластичності.
2. Можливість отримувати великі поковки (до 1000 кг)
3. Застосування універсальних машин та інструменту дасть змогу знизити витрати (оскільки деталей певного типорозміру буде випущено обмежену кількість).

Недоліки вільного кування

1. Низька продуктивність процесу.
2. Великі напуски на поковках.
3. Великі припуски та допуски.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

2. Поковка штампована

Штамування на КГШП не може застосовуватися через малу кількість вироблених деталей, буде економічно недоцільно виготовляти штамп для виробництва 100 валів.

Штамування на молотах здійснюється у відкритих і закритих штампах. Здебільшого використовують пароповітряні штампувальні молоти. Верхній штамп кріпиться до баби молота, а нижній до штампотримача, закріпленого на шаботі. Хід жорсткий, конструюється так, щоб половинки зімкнулися по площині зіткнення (між штампами залишається невеликий зазор).

Переваги

1. Отримання поковок високої точності;
2. Припуски менші, ніж під час отримання заготовок вільним куванням, штампувальні ухили також менші:

3. Продуктивність більша у 2-4 рази;
4. Процес повністю автоматизується;
5. Робота не потребує регулювання енергії удару.

Недоліки

1. Менша універсальність;
2. Необхідність очищення від окалини;
3. Велика кількість струмків;
4. Штампи складніші;

Таким чином, розглядаючи можливі варіанти отримання заготовки Вал-шестерня 2-387283, приймаємо виготовлення її вільним куванням, що дасть менший КВМ, але забезпечить більшу продуктивність.

Призначення основних і додаткових припусків і граничних відхилень:

а) основні припуски і граничні відхилення на діаметри уступів і виступів деталі призначають за табл. 2, ГОСТ 7829-70:

на діаметр 306 мм припуск і граничне відхилення 17 ± 5 мм;

на діаметр 210 мм припуск і граничне відхилення 15 ± 4 мм;

на діаметр 200 мм припуск і граничне відхилення 14 ± 4 мм;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

б) припуски і граничні відхилення на довжину уступів і загальну довжину деталі призначають відповідно до п. 15, водночас довжину уступів вказують від єдиної бази (за базу прийнято торець виступу діаметром 306 мм на рис 1);

на довжину 108 мм припуск і граничне відхилення 14 ± 6 мм;

на довжину 230 мм припуск і граничне відхилення 17 ± 8 мм;

на довжину 598 мм припуск нульовий, а граничне відхилення ± 8 мм;

на довжину 707 мм припуск дорівнює нулю, а граничне відхилення ± 8 мм;

на довжину 815 мм припуск і граничне відхилення 43 ± 13 мм;

в) додатковий припуск не неспіввісність призначають попередньо на всі діаметри поковки, крім найбільшого діаметра 306 мм. Величину припуску визначають за табл. 3:

на діаметр 323 мм припуск 3 мм;

на діаметр 225 мм припуск 5 мм;

на діаметр 214 мм припуск 6 мм;

На рисунку 1 представлено креслення заготовки вала з обраними, згідно з ГОСТ 7928-71, припусками і допусками.

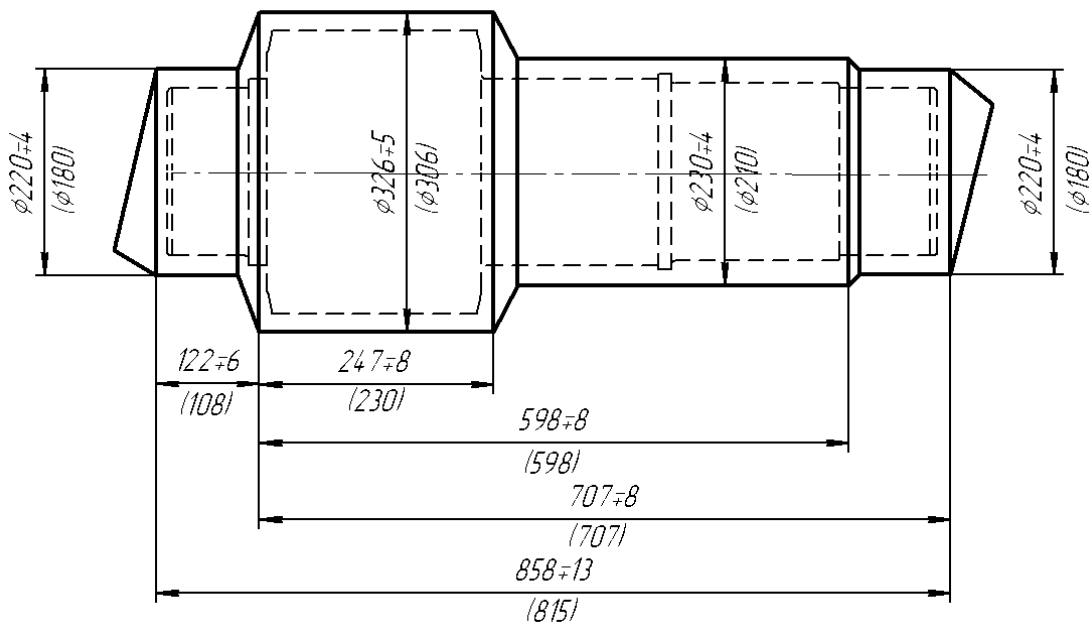


Рисунок 1 – Креслення заготовки

Визначаємо масу заготовки

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_{1-2} = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot l_1 + \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot l_2 + \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot l_3 + \frac{\pi D_4^2}{4} \cdot l_4$$

$$V = \frac{\pi 220^2}{4} 122 + \frac{\pi 326^2}{4} 247 + \frac{\pi 230^2}{4} 351 + \frac{\pi 220^2}{4} 112 = 348 \cdot 10^5 \text{ см}^3$$

V – об'єм заготовки в см^3 ;

q – щільність матеріала заготовки $\text{г}/\text{см}^3$, для чавуну $q = 7.8 \text{г}/\text{см}^3$

$$m_3 = V \times q$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу

$$K = \frac{M_{det}}{M_3}$$

$$K = \frac{245}{348} = 0.71$$

2.2 Аналіз наявного, вибір і обґрунтування нового технологічного процесу механічної обробки

2.2.1 Вибір і обґрунтування технологічних баз

Базою називається поверхня або сукупність поверхонь, вісь, точка деталі або складальні одиниці щодо якої орієнтуються інші деталі виробу або поверхні деталі, що утворюються або збираються на даній операції.

За призначенням бази поділяють на конструкторські, технологічні та вимірювальні.

Конструкторські бази поділяються на основні та допоміжні, врахування яких під час конструювання має суттєве значення.

Основна база визначає положення самої деталі у виробі, а допоміжна база – положення деталі, що приєднується, відносно даної.

Технологічною базою називають поверхню, що визначає положення деталі в процесі їх виготовлення.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

Вимірювальною базою називають поверхню, що визначає положення деталі та засобів контролю.

За числом ступенів свободи, яких позбавляють деталь, бази ділять на: напрямні, опорні, установчі.

Для підвищення точності обробки, а, отже, і кращих експлуатаційних результатів, слід прагнути до виконання принципу сталості баз, що полягає у збереженні базових поверхонь під час усієї обробки деталі та принципу поєднання баз конструкторських, вимірювальних і технологічних та поверхонь.

Залежно від службового призначення всі поверхні деталі за ГОСТ 21495-76 підрозділяють на основні, допоміжні, виконавчі та вільні.

Основні поверхні – це поверхні, за допомогою яких визначають положення даної деталі у виробі.

Допоміжні поверхні – це поверхні, що визначають положення всіх деталей, які приєднуються, відносно даної.

. Виконавчі поверхні – це поверхні, що виконують службове призначення деталі.

Вільні поверхні – це поверхні, що не стикаються з поверхнями інших деталей і призначені для з'єднання основних, допоміжних і виконавчих поверхонь між собою з утворенням спільно необхідної для конструкції форми деталі. Опис і характеристики поверхонь [16, стр. 43]

Таблиця 2.1 – Базовий маршрут оброблення деталі

№ п\п	Назва операції	Базові поверхні
005	Заготівельна	
010	Фрезерно-центрувальна	Крайні шийки вала
015	Токарна з ЧПК	Крайня шийка вала, правий торець
020	Токарна з ЧПК	Торці вала, Крайня ліва шийка валу
030	Слюсарна	Зовнішня поверхня
035	Вертикально-фрезерна з	Крайня шийка вала, лівий торець

	ЧПК	
040	Зубофрезерна	Шийка вала Ø 200мм, лівий торець вала
045	Слюсарна	Зовнішня поверхня
050	Термічна	-
055	Круглошліфувальна	Торці вала, Крайня ліва шийка вала
060	Зубошліфувальна	Шийка вала Ø 200мм, правий торець вала
065	Слюсарна	Зовнішня поверхня
070	Контрольна	-

План обробки

Виробничим процесом називається сукупність усіх діючих людей і знарядь виробництва, пов'язаних із переробкою сировини і напівфабрикатів у заготовки, готові деталі, складальні одиниці та готові вироби на даному підприємстві.

Технологічний процес – частина виробничого процесу, що містить дії зі зміни і подальшого визначення стану предмета виробництва.

Технологічний процес безпосередньо пов'язаний зі зміною розмірів, форм і властивостей оброблюваної деталі.

2.2.2 Вибір оснащення технологічного процесу

Правила вибору технологічного оснащення регламентуються ГОСТ 14.301-85. До технологічного оснащення належать технологічне устаткування, технологічне, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів. Параметри токарних металорізальних верстатів вибираємо за [7].

Дані заносимо в таблиці 2.2

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.2 – Характеристики металорізальних верстатів

Токарний з ЧПК HAAS ST-40



Технічні характеристики:

Максимальний діаметр точіння над станиною (мм): 876

Діаметр точіння (мм): 648

Довжина точіння (мм): 1118

Діаметр отвору в шпинделі (мм): 102

Величина робочого переміщення по осі X (мм): 432

Величина робочого переміщення по осі Z (мм): 1118

Швидке переміщення по осях X/Z (м/хв): 18

Кількість інструментальних місць у револьвері (шт): 12

Тип інструментального револьвера: ВОР

Оберти шпинделя (об/хв): 2400

Потужність приводу шпинделя (кВт): 29,8

Габаритні розміри станка (Д x Ш x В) (мм): 5520 x 2390 x 2670

Вага станка (кг): 11800

Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-6



Технічні характеристики:

Переміщення по осі X (мм): 1626

Переміщення по осі Y (мм): 813

Переміщення по осі Z (мм): 762

Мін./макс. відстань від торця шпинделя до столу (мм): 102 - 864

Розмір столу (мм): 1626 x 711

Макс. навантаження на стіл (кг): 1814

Автоматично змінних інструментів (шт): 20

Тип інструментального конуса: ISO 40

Оберти шпинделя (об/хв): 7500

Потужність приводу шпинделя (кВт): 14,9

Вага станка (кг): 10115

Зубофрезерний верстат 53A11



Основні характеристики:

- Максимальний діаметр оброблюваного колеса (мм): 630

- Максимальна ширина зубчастого вінця (мм): 250

- Максимальний модуль: 10 мм

- Діапазон частот обертання шпинделя (об/хв): 40 - 200

- Максимальна довжина заготовки (мм): 1000

- Кількість інструментальних місць: Залежить від конфігурації

- Потужність головного приводу (кВт): 10 - 15

- Габаритні розміри станка (Д x Ш x В) (мм): 3200 x 2400 x 2200

- Вага станка (кг): 7500 – 8000

Універсальний круглошліфувальний верстат по металу Bernardo URS 1000 N



Висота центру 180 мм

Вага 3700 кг

Габарити 3700 x 1900 x 1500 мм

Діаметр внутрішнього шліфування 30 - 100 мм

Відстань між центрами 1000 мм

Поздовжнє переміщення столу 1000 мм

Максимальна вага заготовки 150 кг

Діаметр зовнішнього шліфування 8 - 320 мм

Макс.глибина внутрішнього шліфування 125 мм

Діапазон повороту робочого столу (за/проти годинникової стрілки) + 3 ° до -7 °

Швидкість переміщення столу Від 0,1 до 4 м / хв

Переміщення столу вручну 6 мм/об

Прискорена подача, гідравлічний 50 мм/хв

Передня бабка

Конус шпинделя *МК4

Швидкість обертання шпинделя, безступінчата 25 - 220 об / хв

діапазон повороту передньої бабки + 90 °

Шліфувальна бабка

Шліф.коло - зовнішній 400 x 50 x 203 мм

Діапазон повороту шліфів. шпиндельної бабки +/- 30 °

Ділення шкали 0,0025 мм

Швидкість обертання шліфувального шпинделя (внутрішній) 10000 об / хв

Хід шліфувальної головки 180 мм

Швидкість обертання шліфувального шпинделя (зовнішній) 1670 об / хв

Зубошліфувальний верстат LUREN LFG-8040



Вага: 17000 кг

Габарити: 4600x2900x3700 мм

Діаметр стола: Ø 740 мм

Діапазон кутів нахилу зубів: $\pm 45^\circ$

Максимальна глибина профіля: 45 мм

Максимальна довжина шліфування (прямий зуб): 400 мм

Максимальне навантаження на стіл: 2500 кг

Максимальна швидкість обертання шліфувального круга: 4000 об/хв

Максимальний модуль: M20 (DP 1,27)

Максимальна ширина шліфувального круга: 90 мм

Мін./макс. діаметр шліфувального круга: Ø 260/ Ø 400 мм

Мін./макс. діаметр заготовки: Ø 50/ Ø 800 мм

Потужність двигуна шпинделя: 15 кВт

Напруга мережі: 3 фази, 220 В

Споживана потужність: 40 кВА

Відстань між столом і центром задньої бабки: 600-1250 мм

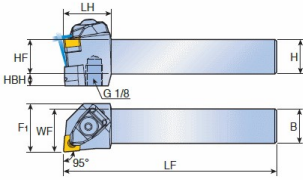
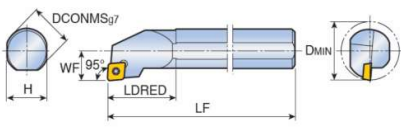
Сила струму: 80 А

Температура навколишнього середовища: 10-40 °С

Вибір технологічного обладнання ґрунтується на аналізі витрат на реалізацію технологічного процесу, завантаження обладнання, маси, габаритів і точності деталей, що підлягають обробці. Вибір моделі верстата насамперед визначається його можливістю забезпечити точність розмірів і форми, а також якість оброблюваних поверхонь.

Застосований на підприємстві різальний інструмент відповідає вимогам ГОСТ або ТУ. Підприємство побачило доцільність застосування пластин фірми Sandvik Coromant. Таким чином інструмент оснащується змінними пластинами, які збільшують його стійкість і продуктивність.

Таблиця 2.3 – Металорізальний інструмент

Параметри	ГОСТ
Різець лівий T5K10-40x40	СТП39.11-81
Різець правий Різець TaeguTec TCLNL 2020 K0904-TB	СТП39.25-81
	СТП41.51-72
	СТП39.50-84
	КП.000.000.04
	ГОСТ 5565-81
Різець правий TaeguTec S12M SCLCR 09	ГОСТ 2424-78
	ГОСТ 6525-80
Різець відрізний T5K10 30x40x40	ГОСТ 9696-81
Різець алмазний	ГОСТ 2424-83
Свердло 2317-0011 Ø5	
ПВД 600*80*305 14A 63 CM15 K5 35 M/C A1 КЛ	
Фреза черв'ячна права m=10, град20 с припуском 0,7 мм	
T5K10	
Фреза шпоночна R16,5	
Шліф. Круг 25А 2П 400x40x127 25М2 6К6 50м/с.	

Верстатне пристосування має забезпечувати максимальний доступ до

оброблюваних поверхонь, бути надійним і ефективним, забезпечувати необхідні параметри точності.

Контролювати габаритні й точнісні параметри деталі, у процесі обробки, після обробки та під час установлення можна, використовуючи гостовані засоби, які наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристики метричного інструменту

Параметри	ГОСТ
Штангенциркулі тип ШЦ, ШЦК, ШЦЦ, ШЦЦ	ГОСТ 166-89
Нормалемір БВ-5046	ГОСТ 4555-86
Мікрометрична головка тип МГ ТУ 2-034-19-87	ГОСТ 6507-90
Набори шупів	ГОСТ 882-81
Лінійки вимірювальні металеві	ГОСТ 427-75

2.3 Визначення допусків і міжопераційних розмірів

Виконую розрахунок припуску на діаметральний розмір [6, стор. 119-142].

Розрахунок припусків на механічну обробку проводиться для того, щоб визначити необхідні розміри заготовки і розміри, які повинна мати деталь після кожного разу механічної обробки. Припуски розраховуємо на зовнішній діаметр і ширину фрези.

План обробки розміру $\varnothing 180\text{к6}$ поковки

1. Заготовка поковка $\delta_{\text{зар}} = 4.0 \text{ мм}$ $Rz = 160 \text{ мкм}$; $T = 300\text{мкм}$

2. Точіння попереднє $\delta = 2.5 \text{ мм}$ $Rz = 80 \text{ мкм}$; $T = 100\text{мкм}$

3. Точіння остаточне $\delta = 0.63 \text{ мм}$ $Rz = 20 \text{ мкм}$; $T = 50\text{мкм}$

4. Шліфування остаточне $\delta = 0.025 \text{ мм}$ $Rz = 10 \text{ мкм}$; $T = 25\text{мкм}$

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок даного типу:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{центр}}^2};$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – похибка викривлення

$\rho_{\text{см}}$ – похибка зміщення напівштампів

$\rho_{центр}$ – похибка зацентрування

$$\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} \cdot L = 0.5 \cdot 88 = 44 \text{ мкм}$$

де Δ_{κ} – питоме викривлення заготовок даного типу

L – довжина розраховуваної поверхні

$$\rho_{см} = \frac{\delta}{3}$$

$\rho_{центр} = 0.25 \cdot \delta$ - при самоцентрованому пристосуванні

$$\rho_{заг} = \sqrt{0.044^2 + \left(\frac{4}{3}\right)^2 + (0.25 \cdot 4)^2} = \sqrt{0.002 + 1.7 + 1.0} = 2.772 \text{ мм}$$

$$\rho_l = \rho_{заг} \cdot K$$

$$\rho_{точ} = 2.772 \cdot 0.06 = 0.16 \text{ мм}$$

$$\rho_{точ} = 2.772 \cdot 0.04 = 0.11 \text{ мм}$$

$$\rho_{шлиф} = 2.772 \cdot 0.02 = 0.05 \text{ мм}$$

Визначаємо похибку установки деталі для кожної операції

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}$$

Похибка базування для пристосувань, що самоцентруються $\varepsilon_{\delta} = 0$

Похибка закріплення для пристосувань, що самоцентруються

$$\varepsilon_{\delta 1} = 420 \quad \varepsilon_{\delta 2} = 100 \quad \varepsilon_{\delta 3} = 0$$

Величина похибки пристосування обумовлюється видом обробки

попереднє точіння – 50 мкм

остаточне точіння – 10 мкм

остаточне шліфування – 5 мкм

$$\varepsilon_{y1} = \sqrt{0^2 + 420^2 + 50^2} = 423 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y2} = \sqrt{0^2 + 100^2 + 10^2} = 101 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y3} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 5^2} = 5 \text{ мкм}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

На підставі результатів проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків.

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

Розрахункові діаметри

$$d_{pi} = d_{pi-1} + 2Z_{\min i-1},$$

Розрахунок найбільшого граничного розміру

$$d_{\max i}^{np} = d_{\min i} + \delta_i,$$

Визначимо граничні значення максимальних і мінімальних припусків як різницю найменших граничних розмірів попереднього переходу і переходу, який виконується

$$2Z_{\min}^{np} = d_{\min \delta}^{np} - d_{\min \delta+1}^{np}$$

$$2Z_{\max}^{np} = d_{\max \delta}^{np} - d_{\max \delta+1}^{np}$$

Дані для всіх станів поверхні заносимо в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків

План обробки	Елементи припуску мкм				Розрахунок припуску $2Z_{\min}$ мм	Розрахунок розміру d_p	Допуск b мм	Граничні розміри мм		Граничні припуски мм	
	Rz	p	T	E				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка поковка	160	277 2	30 0	-	-	187,63	4	186,3	191,3	-	-
Точіння попер	80	160	100	423	6528,18	181,10	2,5	181	183,5	6,3	7,8
Точіння остаточне	20	110	50	101	738,42	180,36	0,63	180,4	181,03	0,6	2,47
Шліфування остаточне	10	50	25	5	360,23	180,00	0,025	180,003	180,028	0,4	1,0

Номинальний припуск визначаємо з урахуванням несиметричності розташування поля допуску заготовки

$$2Z_{o.ном} = \sum 2Z_{min} + H_3 - H_d,$$

де $H_3 = 2,0$ мм – нижнє відхилення розміру заготовки;

$H_d = 0,03$ мм – нижнє відхилення розміру деталі

$$2Z_{o.ном} = 6.3 - 2.0 + 0.003 = 4.3 \text{ мм}$$

$$\text{Розмір заготовки } d = 180 + 4.3 = 184.3 \text{ мм}$$

Розмір заготовки вибираємо з ряду нормальних лінійних розмірів (за ГОСТ 6636 - 69).

Діаметр заготовки $\varnothing 185^{+3.0}_{-1.0}$

2.4 Визначення режимів різання

На кожну операцію розробленого технологічного процесу необхідно призначити режими обробки і визначити штучний або штучно-калькуляційний час. Параметри режиму різання обираю таким чином, щоб досягти найбільшої продуктивності праці за найменшої собівартості даної технологічної операції. Ці умови вдається виконати при роботі з інструментом раціональної конструкції, з максимальним використанням усіх експлуатаційних можливостей верстата, пристосування.

Аналітичний розрахунок режимів різання за емпіричними формулами з урахуванням усіх поправочних коефіцієнтів проводять за вказівкою викладача для чотирьох операцій: для точіння, свердління, фрезерування, шліфування виконується [7]. Для решти операцій технологічного процесу режими різання встановлюють за таблицями нормативних довідників [8].

Розрахунок режимів різання виконується із застосуванням комп'ютерної програми MathCAD

Розрахунок режимів різання на зубофрезерну операцію №055

Усі розрахунки будемо проводити для $t_{max} = 7,5$ мм.

Призначимо подачу, [19]:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

$$S = 2,5 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання визначимо за формулою, [21]:

$$V = \frac{C_v \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_\varphi \cdot K_r}{T^m \cdot t^x \cdot S^y},$$

де: C_v – коефіцієнт, $C_v = 340$;

$K_m, K_n, K_u, K_\varphi, K_r$ – коефіцієнти, що враховують вплив матеріалу, стану поверхні, матеріалу інструменту, стану поверхні, матеріалу інструменту, головного кута в плані, радіуса при вершині різця;

$$K_m = 2,2, K_n = 0,8, K_u = 0,65, K_\varphi = 0,7, K_r = 1,0;$$

T – період стійкості інструменту, $T = 90$ хв;

m, x, y – показники степені, $m = 0,2, x = 0,15, y = 0,45$;

t – глибина різання, $t = 1$ мм;

S – подача, $S = 7,5$ мм/об.

$$V = \frac{340 \cdot 2,2 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1,0}{90^{0,2} \cdot 7,5^{0,15} \cdot 2,5^{0,45}} = 25 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя знаходимо за формулою, [21]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

де: V – швидкість різання, $V = 25$ м/хв;

$$\pi = 3,14;$$

D – діаметр оброблюваної поверхні, $D = 306,6$ мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 306,66} = 26 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання за паспортними даними верстата:

$$n = 50 \text{ об/хв.}$$

Знаходимо дійсну швидкість головного руху:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 306,66 \cdot 50}{1000} = 48 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача:

$$S_{хв} = n \cdot S,$$

де: n – частота обертання, $n = 50$ об/хв;

S – подача, $S = 2,5$ мм/об.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

$$S_{xv} = 50 \cdot 2.5 = 125 \text{ мм/хв.}$$

Силу різання знаходимо за формулою, [21]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda,$$

де: C_p – коефіцієнт, $C_p = 300$;

t – глибина різання, $t = 1$ мм;

x, y, n – показники ступеня, $x = 1,0, y = 0,75; n = -0,15$;

S – подача, $S = 7,5$ мм/об;

V – швидкість різання, $V = 48$ м/хв;

$K_m, K_\varphi, K_\gamma, K_\lambda$ – , $K_m = 0,25, K_\varphi = 0,89, K_\gamma = 1,0, K_\lambda = 1,0$.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 7.5^1 \cdot 2.5^{0.75} \cdot 48^{-0.15} \cdot 0.25 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 5532 \text{ Н.}$$

Потужність визначається за формулою, [21]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

де: P_z – сила різання, $P_z = 5532$ Н;

V – швидкість різання, $V = 48$ м/хв;

$$N = \frac{5532 \cdot 48}{1020 \cdot 60} = 4.33 \text{ кВт, що менше потужності двигуна верстата.}$$

Аналогічно розраховуємо інші переходи. Дані зводимо в табл.

Таблиця 12.1 – Режими різання

Назва операції	Глибина різання t , мм	Подача S мм/об	Частота обертання n м/хв	Швидкість різання V м/хв	Основний час T_0 , хв
015 Токарна з ЧПК	4	0.8	225	65	12.7
040 Токарна з ЧПК	0,1	0,05	500	480	29,5
055 Зубофрезерна	7.5	2,5	50	48	425
065 Зубошліфувальна	0,5	1,2	35	12	478

2.5 Нормування технологічного процесу. Розрахунок норм часу за операціями
Розрахунок норм часу на операцію токарного верстата з ЧПК.

1. Визначаємо основний час операції:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_o$$

$$T_o = 8.2 \text{ мин}$$

2. Визначаємо допоміжний час операції виходячи з [9]:

$$T_g = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} + t_{доп}$$

де $t_{уст}$ – допоміжний час на встановлення і зняття деталі, визначаємо на стр. 33;

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

$t_{вим}$ – допоміжний час, що витрачається на вимірювання оброблених поверхонь при вимкненому верстаті;

$t_{доп}$ – допоміжний час на перемикання швидкостей і подач.

$$T_g = 0.324 + 1.35 + 0.24 + 0.83 = 2.74 \text{ мин}$$

3. Знаходимо оперативний час:

$$T_{он} = T_o + T_g$$

$$T_{он} = 8.2 + 2.74 = 10.94 \text{ мин.}$$

4. Визначаємо час на обслуговування верстата, який становить 4% от $T_{он}$:

$$T_{обс.} = 0.04 \cdot 10.94 = 0.43 \text{ мин.}$$

5. Знаходимо час на відпочинок, який становить 4% от $T_{он}$:

$$T_{обс.} = 0.04 \cdot 10.94 = 0.43 \text{ мин.}$$

6. Знаходимо штучний час:

$$T_{шт} = T_o + T_g + T_{обс.} + T_{отд}$$

$$T_{шт} = 8.2 + 2.74 + 0.43 + 0.43 = 11.8 \text{ мин.}$$

7. Визначаємо підготовчо-заклучний час на стр. 70

$$T_{п.з.} = 26 \text{ хв}$$

8. Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}$$

де n – партія деталей, що запускаються у виробництво, шт.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

$$T_{ш-к} = 11.8 + \frac{26}{108} = 12.04 \text{ хв}$$

Розрахунок норм часу на свердлильну операцію

1 Визначаємо основний час операції.:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_{oi}$$

$$T_o = 0,21 \text{ хв}$$

2. Визначаємо допоміжний час операції виходячи з [9]:

$$T_e = t_{уст.} + t_{пер.} + t_{вим.} + t_{доп.}$$

де $t_{уст.}$ – допоміжний час на встановлення і зняття деталі, визначаємо на стр. 33;

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

$t_{вим.}$ – допоміжний час, що витрачається на вимірювання оброблених поверхонь при вимкненому верстаті;

$t_{доп.}$ – допоміжний час на перемикання швидкостей і подач.

$$T_e = 0.6 + 0.54 + 0.12 + 0.56 = 1.82 \text{ хв}$$

3. Знаходимо оперативний час:

$$T_{on} = T_o + T_e$$

$$T_{on} = 0.21 + 1.82 = 2.03 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо час на обслуговування верстата, що складає 4% от T_{on} :

$$T_{обс.} = 0.04 \times 1.47 = 0.06 \text{ хв.}$$

1. Знаходимо час на відпочинок, який становить 4% от T_{on} :

$$T_{обс.} = 0.04 \times 1.47 = 0.06 \text{ хв.}$$

6. Знаходимо штучний час:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{обс.} + T_{отд}$$

$$T_{шт} = 0.21 + 1.82 + 0.06 + 0.06 = 2.38 \text{ мин.}$$

7. Визначаємо підготовчо-заключний час на стр. 70

$$T_{п.з.} = 17 \text{ хв}$$

8. Визначаємо штучно - калькуляційний час:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-з}}{n}$$

де n – партія деталей, що запускаються у виробництво, шт.

$$T_{ш-к} = 2.38 + \frac{17}{108} = 2.54 \text{ хв}$$

Розрахунок норм часу на фрезерну операцію

1 Визначаємо основний час операції:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_o$$

$$T_o = 7.32 \text{ мин}$$

2. Визначаємо допоміжний час операції виходячи з [9]:

$$T_e = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} + t_{доп}$$

де $t_{уст}$ – допоміжний час на встановлення і зняття деталі, визначаємо на стр. 33;

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

$t_{изм}$ – допоміжний час, що витрачається на вимірювання оброблених поверхонь при вимкненому верстаті;

$t_{доп}$ – допоміжний час на перемикання швидкостей і подач.

$$T_e = 0.71 + 0.43 + 0.24 + 0.2 = 1.58 \text{ хв}$$

3. Знаходимо оперативний час:

$$T_{он} = T_o + T_e$$

$$T_{он} = 7.32 + 1.58 = 8.9 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо час на обслуговування верстата, який становить 4% від $T_{он}$:

$$T_{обс.} = 0.04 \times 8.9 = 0.36 \text{ хв.}$$

5. Знаходимо час на відпочинок, який становить 4% від $T_{он}$:

$$T_{обс.} = 0.04 \times 8.9 = 0.36 \text{ хв.}$$

6. Знаходимо штучний час:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{обс} + T_{отд}$$

$$T_{шт} = 7.32 + 1.58 + 0.36 + 0.36 = 9.62 \text{ хв.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

7. Визначаємо підготовчо-заключний час на стр. 70

$$T_{п.з.} = 22 \text{ хв}$$

8. Визначаємо штучно - калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n}$$

де n – партія деталей, що запускаються у виробництво, шт.

$$T_{ш-к} = 9.62 + \frac{22}{108} = 9.82 \text{ хв}$$

Розрахунок норм часу на круглошліфувальну операцію

1 Визначаємо основний час операції:

$$T_o = \sum_{i=1}^n T_o$$

$$T_o = 13.89 \text{ хв}$$

2. Визначаємо допоміжний час операції виходячи з [9]:

$$T_e = t_{уст.} + t_{пер.} + t_{вим.} + t_{доп.}$$

де $t_{уст.}$ – допоміжний час на встановлення і зняття деталі, визначаємо на стр. 33;

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

$t_{вим.}$ – допоміжний час, що витрачається на вимірювання оброблених поверхонь при вимкненому верстаті;

$t_{доп.}$ – допоміжний час на перемикання швидкостей і подач.

$$T_e = 0.22 + 0.16 + 0.1 = 0.48 \text{ хв}$$

3. Знаходимо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_e$$

$$T_{оп} = 13.89 + 0.48 = 14.37 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо час на обслуговування верстата:

$$T_{ос.} = 0.04 \times 14.37 = 0.57 \text{ хв.}$$

5. Знаходимо час на відпочинок, який становить 4% від $T_{оп}$:

$$T_{ос.} = 0.04 \times 13.89 = 0.57 \text{ хв.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

6. Знаходимо штучний час, який становить 4% від $T_{оп}$::

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{обс.} + T_{відп.}$$

$$T_{шт} = 13.89 + 0.48 + 0.57 + 0.57 = 15.51 \text{ хв.}$$

7. Визначаємо підготовчо-заключний час на стр. 70

$$T_{п.з.} = 17 \text{ хв}$$

8 Визначаємо штучно-калькуляційний час.:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}$$

де n - партія деталей, що запускаються у виробництво, шт.

$$T_{ш-к} = 15.51 + \frac{17}{108} = 15.66 \text{ хв}$$

Усі дані заносимо в таблицю 12.2

Таблиця 12.2 - Розрахунок норм часу деталі вал-шестерня

№ опер	Назва операції	T _о	T _в				T _{оп}	T _{обс.}	T _{отд.}	T _{шт.}	T _{п-з}	n	T _{ш-к}
			t _{усг.}	t _{пер.}	T _{вим.}	t _{доп.}							
015	Токарна з ЧПК	15.05	0.324	1.35	0.24	0.83	5.8	0.23	0.23	6.26	24	108	18.3
020	Токарна з ЧПК	8.2	0,32	1.35	0,24	0.83	10.94	0.43	0.43	11.8	24	108	12.4
	Термічна												
045	Круглошліфувальна	3,17	0,22	0,16	-	-	0,55	0,022	0,22	0,59	17	108	4,02
050	Вертикально-фрезерна з ЧПК	7.32	0.71	0.43	0.24	0.2	8.9	0.36	0.36	9.62	22	108	9.82
055	Зубофрезерна	425	0.8	1.53	0.7	0.2	343	25.5	25.5	394	32	108	402
060	Слюсарна												
065	Зубошліувальна	478	0.83	2.11	0.57	0.12	383.2	28.9	28.9	441	23	108	452
070	Контрольна												

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок і конструювання спеціальних пристроїв

Розробка теоретичної схеми базування

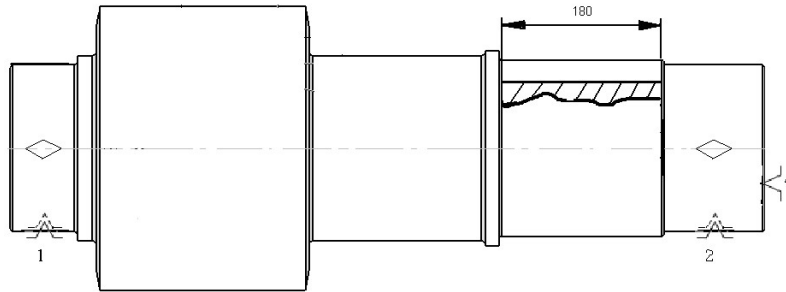


Рисунок 3.1 – Теоретична схема базування деталі

Установчою базою є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 180$ к6, що позбавляє заготовку переміщення вздовж осі Z обертання відносно осі Y.

Опорна база 3 запобігає обертанню деталі навколо осі X, база 4 перешкоджає переміщенню вздовж осі X.

Вибір установчих елементів

Як установчі елементи приймаємо призми ГОСТ 12195-68 з кутом 90° для встановлення циліндричних заготовок за обробленими поверхнями (Рис. 3.2). Використовуючи [13].

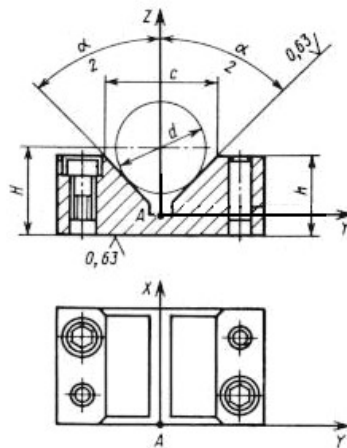


Рисунок 3.2 – Установчі елементи пристосування

Розрахунок похибки базування

Визначаємо похибку базування під час установлення деталі в пристосування.

$$\xi_0(X, Y) = 0$$
$$\xi_0(Z) = 0,5 \cdot D \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right) = 0,5 \cdot 0,062 \cdot \left(\frac{1}{\sin 90 / 2} + 1 \right) = 0,07 \text{ мм}$$

Оскільки $0,2 \text{ мм} > 0,073 \text{ мм}$, то точність базування деталі забезпечена.

Вибір системи верстатного пристосування

Виходячи із середньосерійного типу виробництва, вибираємо збірно-розбірне пристосування. Пристосування цієї системи відрізняються простотою конструкції, надійністю закріплення, швидкістю роботи.

Пристосування просте у виконанні, але засоби механізації, що застосовуються, можуть бути різні. Таким чином, було обрано два гідравлічні циліндри:

- з відкидним притиском

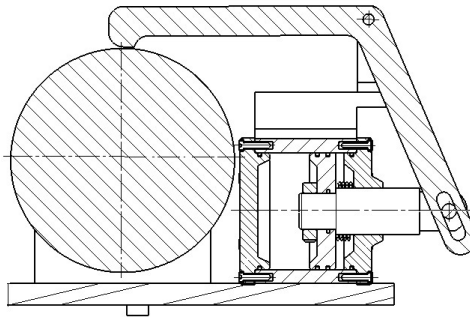


Рисунок 3.3 – Гідравлічний циліндр з відкидним прихватом

- з поворотним

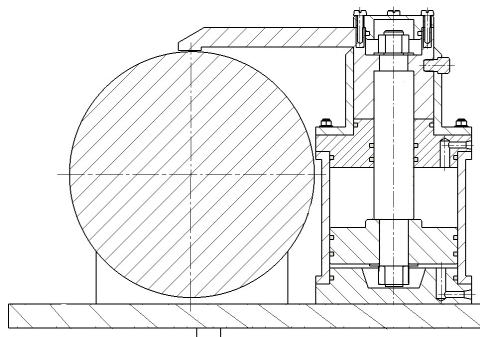


Рисунок 3.4 – Гідравлічний циліндр із поворотним прихватом

Відкидний прихват простий і зручний у застосуванні, але використання його для закріплення деталей великого діаметру нераціональне через великі габарити прихвата.

Поворотний прихват забезпечить затиск деталі, а після обробки відведення притискача вгору і вбік.

Розробка схеми закріплення

Розрахункова схема представлена на рисунку 3.5. Зі схеми видно, що окружна складова сила різання P_z намагається повернути заготовку навколо її осі. Їй протидіють дві сили тертя на лінії контакту заготовки з поверхнями призми й одна сила тертя під прихватом, які спрямовані проти дії сили P_z . Сила подачі фрези P_x намагається змістити заготовку в напрямку її осі. Цьому протидіють дві сили тертя на лінії контакту заготовки з поверхнями призми й одна сила тертя під прихватом спрямовані проти дії сили P_x .

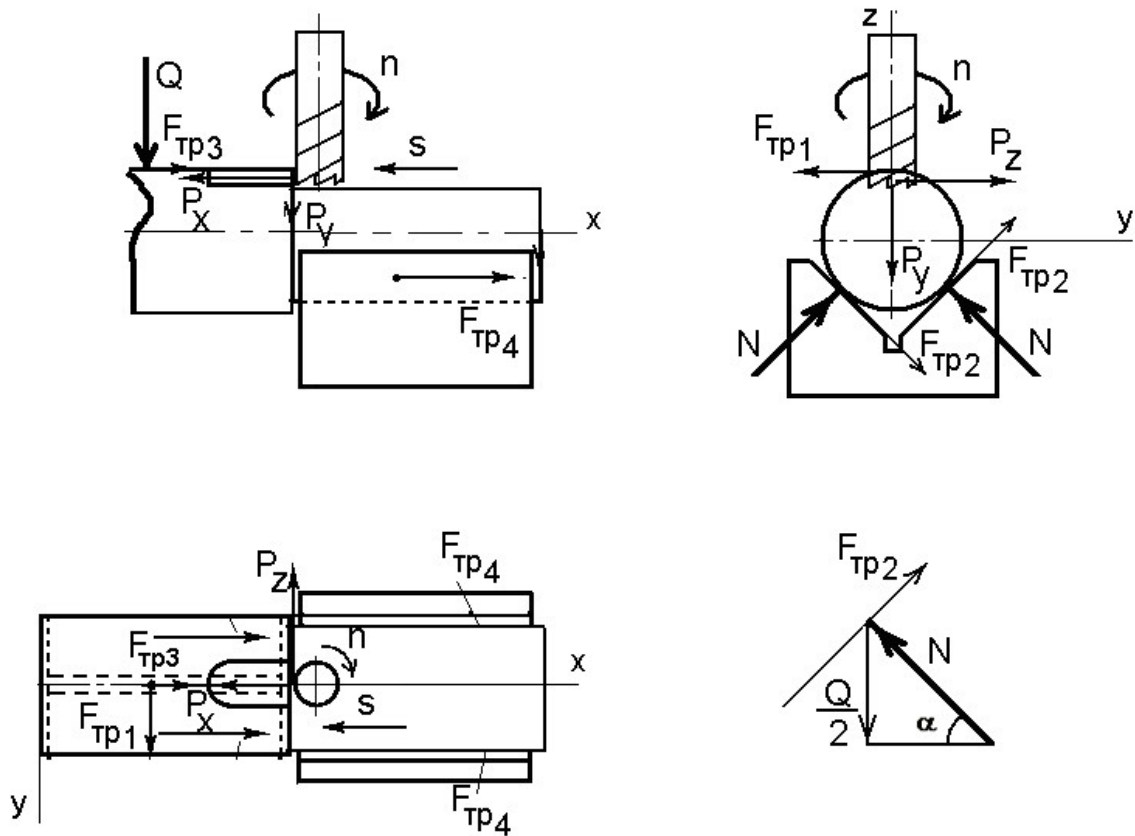


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема закріплення

За аналогією з прикладом 1 можна небезпідставно припустити, що найбільша сила закріплення знадобиться для унеможливлення повороту заготовки навколо осі внаслідок дії сили P_z та її зміщення вздовж цієї осі від сили P_x .

Розрахунок проводимо згідно з [13] стр. 258

$$Q = k\sqrt{Q_1^2 + Q_2^2}$$

Для визначення величини цієї сили складемо два рівняння:

$$\sum_{i=1}^n M_{ox} = P_z \frac{D}{2} - F_{tp1} \frac{D}{2} - 2F_{tp2} \frac{D}{2} = 0,$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_x + F_{tp3} + 2F_{tp4} = 0,$$

$$F_{tp1} = Q_1 f_1 \quad F_{tp2} = \frac{Q_1 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$$

$$F_{tp3} = Q_2 f_2, \quad F_{tp4} = \frac{Q_2 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}};$$

Підставивши значення F_{tp1} , F_{tp2} , F_{tp3} , F_{tp4} у вирази, отримаємо:

$$\sum_{i=1}^n M_{ox} = P_z \frac{D}{2} - \frac{Q_1 f_1 D}{2} - \frac{Q_1 f_2 D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0,$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_x + Q_2 f_2 + \frac{Q_2 f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 0.$$

Розв'язуючи рівняння відносно Q_1 і рівняння (21) відносно Q_2 та враховуючи, що діаметр базової поверхні заготовки дорівнює діаметру поверхні, на якій обробляється паз, отримаємо:

$$Q_1 = \frac{P_z}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \quad Q_2 = \frac{P_x}{f_2 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}}}$$

Підставивши значення Q_1 та Q_2 у вираз, отримаємо:

$$Q = k \sqrt{\left(\frac{P_z}{f_1 + \frac{f_1}{\sin \alpha/2}} \right)^2 + \left(\frac{P_x}{f_2 + \frac{f_2}{\sin \alpha/2}} \right)^2}$$

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,06$$

$K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності.

При чорновій обробці $K_1 = 1,2$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через зношування ріжучого інструменту. При фрезеруванні сталі $K_2 = 1,7$;

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні.

Оскільки обробка безперервна $K_3 = 1,0$;

K_4 - коефіцієнт, що характеризує сталість сили, що розвивається затискним механізмом. При використанні пневмоприводу $K_4 = 1,0$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку. При зручному розташуванні рукоятки управління $K_5 = 1,0$;

K_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які прагнуть повернути заготовку.

При постійному розташуванні точок контакту $K_6 = 1,0$.

$$Q = 13514 \text{ Н.}$$

Розрахунок і вибір приводу та силового механізму

У проектованому пристосуванні застосовується гідропривод. Сила, що розвивається гідроциліндром, дорівнює силі затиску:

$$W = Q$$

де Q – сила, необхідна для закріплення заготовки;

Діаметр гідроциліндра тягнучого типу знаходимо із залежності

$$W = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta,$$

де D – діаметр гідроциліндра;

P – тиск повітря в гідросистемі, $P = 4 \text{ МПа}$;

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

η – коефіцієнт корисної дії, приймаємо $\eta = 0,8$.

Розв'язання рівняння щодо діаметра гідроциліндра отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot P \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13514}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,8}} = 73,35 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр гідроциліндра 80 мм.

Цей циліндр забезпечить затиск деталей цього типорозміру. Для можливості закріплення більш дрібних деталей у системі передбачено регулятор тиску

Розрахунок вертикального ланцюга

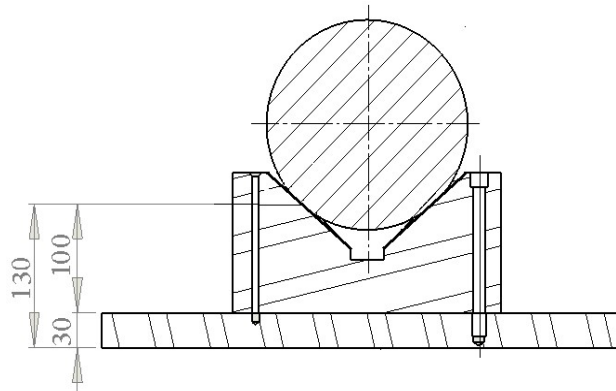


Рисунок 3.6 – Розмірний ланцюг вертикальний

Допустима похибка пристосування по осі Z для зазначених розмірів може бути отримана з рівняння

$$[\varepsilon]_{np} = \sqrt{(\delta - k\Delta_{ек})^2 - \varepsilon_б^2 - \varepsilon_з^2},$$

де δ - допуск на розмір оброблюваної поверхні, зазначений на кресленні деталі, $\delta = 0,2$

k - коефіцієнт, який обирають залежно від якості точності оброблюваної поверхні, для якості 8, 9 і далі $k = 0,5$;

$D_{ек}$ - економічна точність обробки дорівнює допуску на розмір, одержуваний під час обробки, $\Delta = 0,2 \text{ мм}$

$\varepsilon_б$ - похибка базування, $\varepsilon = 0,03 \text{ мм}$

$\varepsilon_з$ - похибка закріплення, $\varepsilon_з = 0,07 \text{ мм}$.

$$[\varepsilon]_{np22} = \sqrt{(0,2 - 0,5 \cdot 0,2)^2 - 0,03^2 - 0,07^2} = 0,08 \text{ мм.}$$

Середній допуск складових ланок:

$$T_{cp} = \frac{TAo}{1,2 \cdot \sqrt{m-1}} = \frac{0,08}{1,2 \cdot \sqrt{3-1}} = 0,042 \text{ мм}$$

Це відповідає 7 квалітету. На всі розміри ланок ланцюга призначаємо 7 квалітет:

$$30_0^{+0,025}; 100_0^{+0,035}; 130_0^{+0,040}$$

Визначаємо поле розсіювання розмірів:

$$\omega_0 = 1,2 \cdot \sqrt{0,025^2 + 0,035^2 + 0,040^2} = 0,07$$

Поле розсіювання менше встановленого допуску на розмір.

$$0,08 > 0,07$$

Розрахунок горизонтального ланцюга

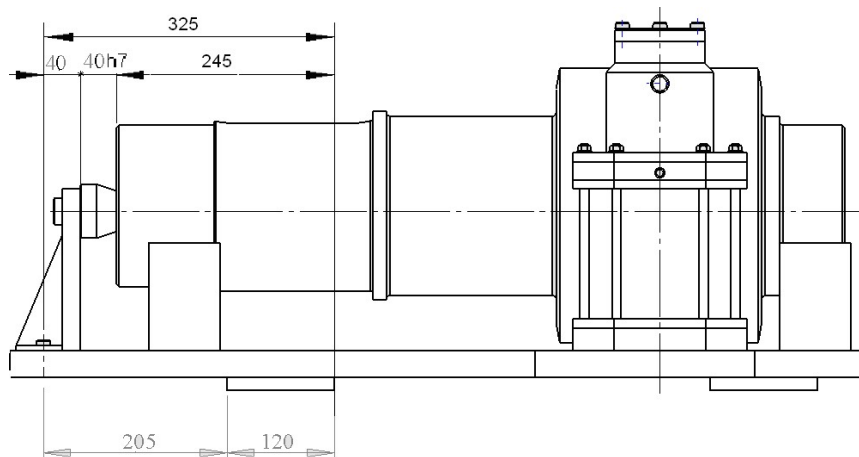


Рисунок 3.7 – Розмірний ланцюг горизонтальний

Допустима похибка пристосування за віссю X для зазначених розмірів може бути отримана з рівняння

$$[\varepsilon]_{np} = \sqrt{(\delta - k\Delta_{ек})^2 - \varepsilon_0^2 - \varepsilon_3^2},$$

де δ - допуск на розмір оброблюваної поверхні, зазначений на кресленні деталі, $\delta = 0,26$

k - коефіцієнт, який обирають залежно від квалітету точності оброблюваної поверхні, для квалітету 8, 9 і далі $k = 0,5$;

$D_{ек}$ - економічна точність обробки дорівнює допуску на розмір, одержуваний під час обробки, $\Delta = 0,26 \text{ мм}$

ε_6 - похибка базування, $\varepsilon = 0$ мм

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,07$ мм.

$$[\varepsilon]_{np22} = \sqrt{(0,26 - 0,5 \cdot 0,26)^2 - 0^2 - 0,07^2} = 0,11 \text{ мм.}$$

Середній допуск складових ланок:

$$T_{cp} = \frac{T_{Ao}}{1,2 \cdot \sqrt{m-1}} = \frac{0,11}{1,2 \cdot \sqrt{4-1}} = 0,053 \text{ мм}$$

Це відповідає 8 квалітету. На всі розміри ланок ланцюга призначаємо 89 квалітет: $40_0^{+0,039}$; $205_0^{+0,072}$

Визначаємо поле розсіювання розмірів:

$$\omega_0 = 1,2 \cdot \sqrt{0,025^2 + 0,039^2 + 0,072^2} = 0,10$$

Поле розсіювання менше встановленого допуску на розмір.

$$0,11 > 0,10$$

Таким чином, спроектоване пристосування задовольняє поставлені вимоги точності, але необхідна перевірка міцності важеля цього пристосування.

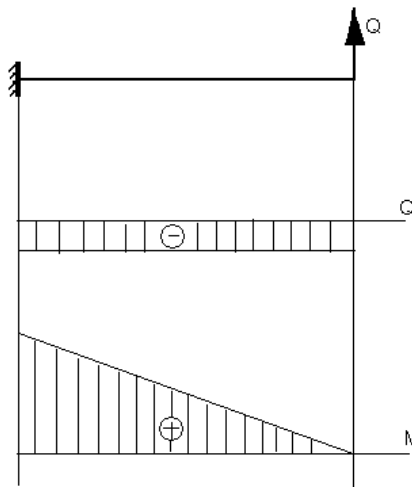


Рисунок 3.8 – Епюра міцності

Розрахункова формула для визначення міцності при вигині

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma]$$

Визначаємо момент опору перерізу для прямокутника

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

де W – момент опору

b – ширина прихвату

h – висота прихват

$[\sigma]$ – межа міцності 981 Н/мм²

$$W = \frac{25 \cdot 50^2}{6} = 10416 \text{ мм}^2$$

$$\sigma = \frac{10128 \cdot 270}{10416} \leq 550 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

$$262 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \leq 550 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

З розрахунку видно, що запас міцності в небезпечному перерізі достатній, і взятий із запасом більш ніж утричі, отже, дане пристосування повністю придатне для використання, і під час його експлуатації не повинно виникнути проблем.

3.2 Розрахунок і конструювання вимірювального інструменту

Щоб застосування спроектованого пристосування було доцільним і ефективним, воно має задовольняти низку вимог:

а) кожне пристосування за своєю конструкцією і прийнятим методом вимірювання або контролю повинне перебувати в суворій, органічній ув'язці зі встановленим технологічним процесом і вимогами креслення;

б) контрольні інструменти повинні забезпечувати оптимальну точність вимірювання або контролю;

в) продуктивність контрольних вимірювальних інструментів повинна задовольняти умови їхнього застосування, що визначаються масштабом виробництва та організації технічного контролю (вибірковим або суцільним контролем);

г) конструкція контрольного пристосування (вимірювального інструменту) повинна забезпечити зручність користування ним і простоту його експлуатації;

д) застосування контрольного інструменту має бути техніко-економічно обґрунтованим.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Уперше вимірювання довжини загальної нормалі (рис., 3.10) як контрольованого параметра для оцінювання товщини зуба циліндричного зубчастого колеса запропоновано Е. Вільдхабером у 1923 р. (США). У 1943 Б. А. Тайц (СРСР) досліджував можливість визначення коливань довжини загальної нормалі для оцінки частини кінематичної похибки (під час з'ясування причин нерівномірності обертання коліс, зокрема від неточності зубообробного верстата).

Під час визначення довжини загальної нормалі можна використовувати будь-які вимірювальні засоби для зовнішніх лінійних вимірів, що мають 2 паралельні вимірювальні поверхні, які можна ввести в западини між зубами, наприклад штангенциркуль. В основу будови сучасного нормалеміра покладено цей принцип. Конструктивно нормалеміри відрізняються формою наконечників, видом відлікових пристроїв, оформленням тощо. Технологічні характеристики нормалеміра наведено в таблиці 16.1

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики нормалеміра

Технічні характеристики	БВ-5134-02
Межа вимірювання довжини загальної нормалі, мм	0÷120
Клас точності приладу	АВ
Діапазон показань цифрового табло, мм	±1
Вимірювальне зусилля,	3,0 ± 0,5
Межа допустимої похибки, мкм	
- при довжині загальної нормалі 0-50 мм	15
- при довжині загальної нормалі 50-120 мм	18
- при довжині загальної нормалі 120-170 мм	20
Габаритні розміри складових частин приладу, мм	
- нормалеміра	305,5×98×36
- адаптера	70×100×80
Маса, кг	0,8

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Система охорони праці працюючих призначена для створення безпечної роботи персоналу та організації заходів щодо створення високого загального рівня виробничого середовища та культури виробництва.

Підсистема забезпечення безпечної роботи персоналу призначена для створення безпечної експлуатації та обслуговування обладнання, профілактики та ліквідації пожеж, а також обмеження їх наслідків.

Захист від стружки та СОЖ може бути індивідуальним (захисні костюми, окуляри, спеціальне взуття тощо) і може здійснюватися за допомогою огорожувальних засобів, які можуть бути стаціонарними, рухливими та переносними.

Повинні бути вжиті заходи, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики.

Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики та активного пожежного захисту. Пожежна профілактика включає комплекс заходів, необхідні попередження виникнення пожежі чи зменшення його впливу. Активний пожежний захист забезпечує успішну боротьбу з пожежами. При проектуванні механозбірного виробництва для активного пожежного захисту передбачають систему пожежних водопроводів, стаціонарні пожежні установки, автоматичні та ручні з дистанційним пуском, вогнегасники та протипожежні щити із ящиками для піску.

Підсистема забезпечення санітарних умов праці призначена для дотримання санітарних норм повітряного середовища, освітленості, чистоти приміщень, захисту від вібрацій, шуму, а також проведення заходів щодо виробничої естетики.

Однією з необхідних умов здорової та високопродуктивної праці є забезпечення санітарних норм повітряного середовища в робочій зоні приміщень, тобто в просторі заввишки до 2 м над рівнем підлоги, шляхом усунення впливу таких шкідливих виробничих чинників, як пари, пил, надлишкові теплота і волога.

Правильно спроектоване і виконане освітлення у виробничих цехах сприяє

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

забезпеченню високої продуктивності праці та якості продукції, що випускається. Збереження зору, стан нервової системи працюючих і безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення.

Культура виробництва визначається насамперед правильною організацією робіт із забезпечення чистоти приміщень. При проведенні цих робіт слід полегшувати працю робітників з прибирання шляхом механізації цих робіт. Збільшення продуктивності і, як наслідок, зростання потужності та швидкохідності виробничого обладнання за одночасного зниження його матеріаломісткості супроводжується посиленням вібрацій. Вплив вібрацій не тільки погіршує самопочуття працюючих і знижує продуктивність праці, але часто призводить до важкого професійного захворювання – віброхвороби. Тому під час проектування механоскладального виробництва питанням боротьби з вібрацією має приділятися велика увага. Введення дистанційного керування цехами і дільницями дасть змогу повністю вирішити проблему захисту від вібрацій.

Шум на виробництві завдає великої шкоди, шкідливо впливаючи на організм людини і знижуючи продуктивність праці. Стомлення робітників і операторів унаслідок сильного шуму збільшує кількість помилок під час роботи, сприяє підвищенню травмування. Під час проектування цехів виконують розрахунок очікуваного рівня шуму на робочих місцях і передбачають необхідні протишумові заходи: зміни в конструкції шумоутворювального джерела; поміщення його в ізолювальні кожухи; використання глушників шуму під час випуску стисненого повітря з пневмосистеми; розміщення найпотужніших джерел шуму у звукоізолювальних приміщеннях; використання звукопоглинального облицювання стель і стін, штучних звукопоглиначів і звукопоглинальних екранів, віброізоляційних фундаментів або амортизаторів під обладнання; використання звукопоглинальних екранів, які поглинають шуми. Якщо неможливо знизити рівень шуму до допустимих меж шляхом проведення перерахованих заходів, слід застосовувати індивідуальні засоби захисту працюючих – заглушки (тампони з ультратонкого скловолокна) і навушники. У низці випадків під час проектування виробничих процесів необхідно звертати увагу на засоби захисту не тільки від

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		58

шуму, а й від інфра- та ультразвуку.

Виробнича естетика, справляючи психологічний вплив на людину, також впливає на продуктивність праці, тому проведенню різноманітних заходів щодо поліпшення естетичного оформлення приміщень слід також приділяти велику увагу.

Підсистема обслуговування працюючих призначена для створення нормальних умов для роботи шляхом організації побутового та медичного обслуговування, а також служб громадського харчування.

За видами обслуговування і розміщення об'єктів побутове обслуговування можна розбити на три групи:

- місцеве, у повсякденний робочий час, у радіусі 50-90 м - курильні, санітарні вузли, питні пристрої;
- цехове і міжцехове, повсякденне і періодичне, у радіусі 200-400 м комплекс гардеробів, умивальників і душових приміщень;
- загальнозаводське, повсякденне і періодичне, у радіусі 500-800 м пральні, ремонтні та інші об'єкти,

У механоскладальних цехах створюють фельдшерський пункт за кількості працюючих 300-800, а в цехах із підвищеною небезпекою щодо травматизму і професійних захворювань – за меншої кількості працюючих.

За видами обслуговування і розміщення об'єкти медичного обслуговування мають поділ, так само як побутове обслуговування. До місцевого медичного обслуговування відносять санітарні пости, площу яких приймають із розрахунку 0,01 на одну особу на зміну, з максимальною кількістю персоналу, і кімнати особистої гігієни жінок, на які передбачають площі з розрахунку 0,1 м² на одну працюючу жінку на зміну, з максимальною кількістю персоналу. Цехове медичне обслуговування здійснюють здоровпункти. Їхню площу розраховують за нормою 0,06-0,08 на одного працюючого у зміні з максимальною кількістю персоналу. Зазвичай основна площа здоровпунктів складається з кількох кімнат загальною площею 48м. Додатково виділяють площу для санітарного вузла.

До служб місцевого громадського харчування відносять торгові автомати, кіоски та лотки. Служби цехового громадського харчування включають буфети,

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

їдальні-роздавальні, їдальні-доготовочні (обіди з напівфабрикатів).

Побутові приміщення найчастіше розташовують у двоповерховій (або з більшим числом поверхів) прибудові до виробничого корпусу, у нижній частині якої розміщують допоміжні відділення цеху та санітарні вузли; на другому та вищих поверхах розміщують гардероби та душові, конторські приміщення та приміщення психологічного розвантаження персоналу.

Максимальний комфорт і найкращі архітектурно-планувальні рішення для виробничих корпусів із числом працюючих до 1,5-2 тис. досягаються у разі розміщення комплексу побутового обслуговування в окремій будівлі, пов'язаній переходами з виробничими приміщеннями.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проєкту я ознайомився з конструкцією деталі "Вал-шестерня НСТ 16-14-354", її призначенням та умовами роботи у вузлі, а також провів аналіз службового призначення та аналіз особливо відповідальних технологічних вимог.

У рамках курсової роботи розроблено альтернативний варіант технологічного процесу виготовлення деталі. У ньому було запропоновано внести низку змін: замінити універсальний горизонтально фрезерний 36CUGUR на продуктивніший і високошвидкісніший верстат HAAS VF-6, застосування верстатів із числовим програмним керуванням на зубофрезерну та зубошліфувальну операцію необґрунтоване, їхнє повне завантаження не буде забезпечено, тож застосування універсальних верстатів більш вигідне. Ці зміни пов'язані з рівнями завантаження верстатів і обсягом виробництва.

У роботі розроблено нове пристосування на фрезерування паза деталі та спеціально розроблений інструмент для контролю довжини загальної нормалі, які були відсутні в базовому варіанті.

Також запроваджено ріжучий інструмент, який є ефективнішим, надійнішим і точнішим.

Зміни, внесені в конструкції спеціальних верстатних пристосувань, розроблених у цій роботі, є економічно вигідними, розрахунки наведені в цій записці.

У роботі представлено розділ щодо забезпечення вимог техніки безпеки та екології.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.
3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
4. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.
5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.
9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.
10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

12. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

14. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

15. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.

16. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8

17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.

18. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.

19. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.

20. <http://ecat.secotools.com/>

					ДП.ПМ.ФІТА.24.24.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63