

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»**

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (роботи)

перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

на тему Проектування технологічного процесу виготовлення
вала СНТ 23.02.15.01

Виконав: студент IV курсу, групи ТМ-61-8
напряму підготовки (спеціальності)
131 Прикладна механіка
(Технології машинобудування)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Шульга Ю. І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кушніров П. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 2020 р.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ВАЛА СНТ 23.02.15.01

Бакалаврська кваліфікаційна робота
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(Технології машинобудування)

Студент

Ю. І. Шульга

Керівник

П. В. Кушніров

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

Суми – 2020

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.01

**Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній рівень перший (бакалаврський)
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Залога В. О.

«___» _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Шульга Юрій Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення вала СНТ 23.02.15.01

керівник проекту Кушніров Павло Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 09 » квітня 2020 року № 0523-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « 10 » червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____
креслення деталі – «Вал СНТ 23.02.15.01»
річний обсяг випуску деталей – 1300 шт.

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання « 20 » 01 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	30.04.2020	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	06.05.2020	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2020	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	17.05.2020	
5	Оформлення креслень	24.05.2020	

Студент

(підпис)*Ю. І. Шульга*
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)*П. В. Кушніров*
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ		5
1	Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	7
2	Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	13
3	Визначення типу виробництва та форми його організації	16
4	Аналіз технологічності конструкції деталі	21
5	Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	24
6	Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу	31
6.1	Розрахунок припусків на механічну обробку	31
6.2	Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	34
6.3	Обґрунтування вибору металорізальних верстатів ..	40
6.4	Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірального інструментів	43
6.5	Розрахунки режимів різання	45
6.6	Технічне нормування операцій	55
7	Проектування верстатного пристрою	59
7.1	Обґрунтування вибору системи пристрою	59
7.2	Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції	59
7.3	З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку, що надходить на операцію	62
7.4	Визначення умов у яких буде виготовлятися та експлуатуватися спроектований пристрій	65

					ТМ 1851034-00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення вала СНТ 23.02.15.01	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Шульга					5	89
Провер.		Кушніров				СумДУ, гр.ТМ-61-8		
Реценз.								
Н. Контр.		Денисенко						
Утв.		Залога						

7.5 Складання переліку реалізованих функцій.....	65
7.6 Розробка та обґрунтування схеми базування.....	66
7.7 Побудова функціональної структури верстатного пристрою....	69
7.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення.....	70
7.9 Розрахунок пристрою на міцність.....	76
7.10 Точнісні розрахунки пристрою.....	79
7.11 Опис пристрою та принцип його роботи	80
Висновки	81
Перелік джерел посилання	82
ДОДАТОК А – Креслення деталі «Вал 32.04.08.03»	84
ДОДАТОК Б – Розрахунок припусків	83
ДОДАТОК В – Специфікація	85
ДОДАТОК Г – Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	86

**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВСТУП

Технологія машинобудування - це наука про виготовлення машин необхідної якості у встановленому виробничою програмою кількістю і в задані строки при найменших затратах живої і уречевленої праці, тобто при найменшій собівартості

Основними напрямками в технології машинобудування є:
впровадження нових високопродуктивних, економічних і надійних машин, побудованих на реалізації нових підходів в технології машинобудування;

збереження і заміна ручної праці механізованим;

вдосконалення обробки на верстатах з ЧПУ;

розвиток комплексних автоматизованих систем у машинобудуванні;

вдосконалення технологічних процесів механоскладального виробництва;

вдосконалення конструкцій ріжучого інструменту та інструментальних матеріалів;

розробка нових технологій, що підвищують ефективність лезвійної обробки, абразивною обробки, обробки без зняття стружки, лазерної обробки, електрофізичної і електрохімічної обробки.

Зниження металоємкості конструкцій у машинобудуванні, пошуку нових матеріалів, які забезпечують надійність і довговічність насосів, є одним із актуальних завдань.

Машинобудування, надає та розробляє все кращу техніку для всіх сфер господарства, дає розуміння технічного прогресу країни і надає значний вплив для створення фінансової незалежності суспільства. У зв'язку з цим, для його прогресу завжди надається і буде надаватися першочергове значення.

Технологія машинобудування - це наука про виготовлення машин необхідного ступеню якості у заданому виробничою програмою кількістю і в

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

певні строки при як можна менших затратах людської і уречевленої праці, тобто за найменшої собівартості.

Покращуються системи автоматизованого управління за ходом технологічного процесу з його оптимізацією по основним параметрам виготовлення і необхідним експлуатаційним якостям. Розгортаються проекти по створенню гібридних автоматизованих виробничих систем, в основі яких лежать ЕОМ, автоматизації доставки деталей між операціями та контролю і робототехніки. Надзвичайно міцний зв'язок технології машинобудування з наступними дисциплінами, теорія різання, металорізальні верстати та інструменти, допуски, технічні вимірювання, матеріалознавство та термічна обробка. Розглядати різноманітні технологічних питання без використання цих наук взагалі неможливо.



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

4

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Насоси типу ПЄ і насосні агрегати на їх основі типу АПЕ призначені для харчування водою стаціонарних парових котлів теплоенергетичних блоків ТЕС, забезпечення живильною водою з температурою до 165°C котельень і парогенераторних установок.

Конструкція: Насоси живильні ПЄ - відцентрові, горизонтальні, однопоточні, багатоступінчасті, однокорпусні секційні і двокорпусні з виймальним внутрішнім корпусом секційного типу. Опорами ротора служать виносні підшипники ковзання з картерною або примусовою системою мастила в залежності від споживаної потужності. Розвантаження від осевої сили - гідравлічна за допомогою гідроп'яти. Ущільнення вала - механічні з сальниковою набиванням з підведенням води.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики компресору ПЄ 150

Типорозмір	Насос ПЄ 150-63
Подача, м3/год	150
Напір, м	700
Потужність і частота обертання э/д, кВт/об/хв	500/2980
Габаритні розміри (LxVxH), мм	3913x1610x1450
Маса агрегата, кг	4450

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

5

Переваги насосу:

1. Штучно регульовані кліматичні умови та більш високі допустимі температури води, що подаються в порівнянні з котловими насосами інших типів (ЦВК, АН і НГ);
2. Оптимізована конструкція і використання гідромуфти забезпечують підвищену надійність і ККД;
3. Можливість роботи при різних навантаженнях, зниження енергоспоживання за рахунок комплектації частотними перетворювачами

Матеріали:

- корпусу, кришок і секцій - поковки з вуглецевих сталей;
- деталей проточної частини - виливки і поковки із хромистих сталей 20Х13Л і 30Х13;
- деталей щільних ущільнень - корозійностійкі сплави;
- вала – сортовий прокат з конструкційної легованої сталі 40Х.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Розглянемо службове призначення кожної поверхні деталі.

- основні конструкторські (поверхні, по яких деталь базується у вузлі) ;
- допоміжні конструкторські (поверхні, по яких базуються інші дали по відношенню до даної) ;
- виконавчі (поверхні, завдяки яким деталь виконує своє функціональне призначення) ;
- вільні поверхні (служать для створення конфігурації , посилення конструкції деталі) - ВП.

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

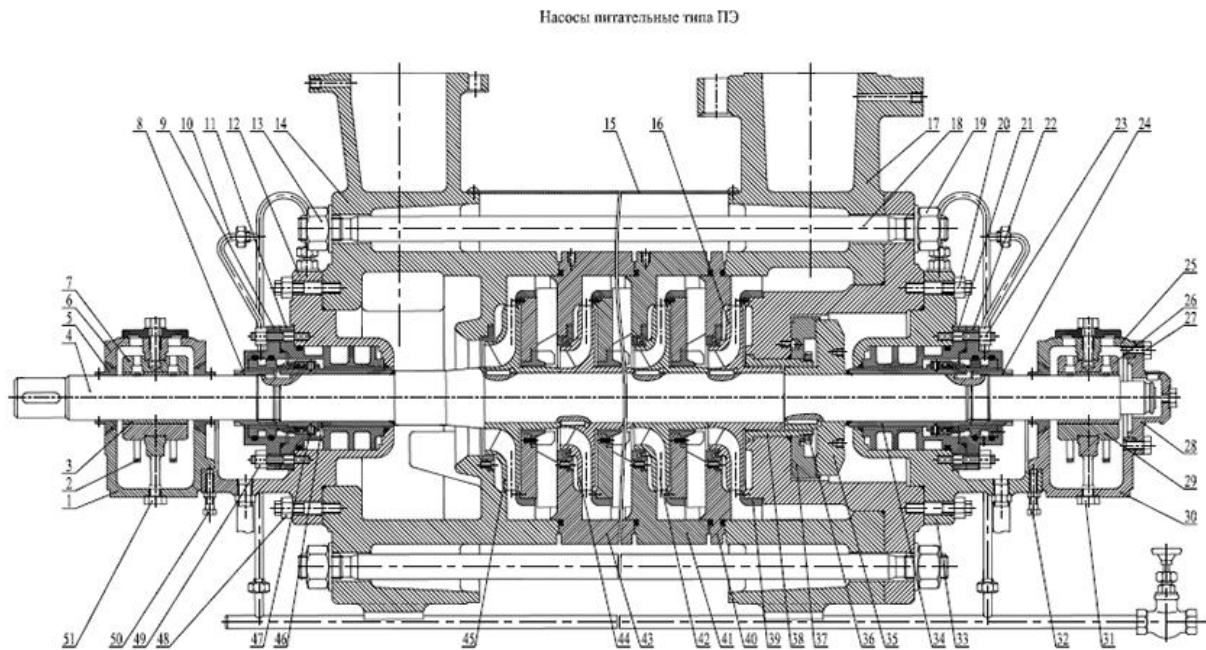


Рисунок 1.1 – Насос живильний ПЄ 150

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

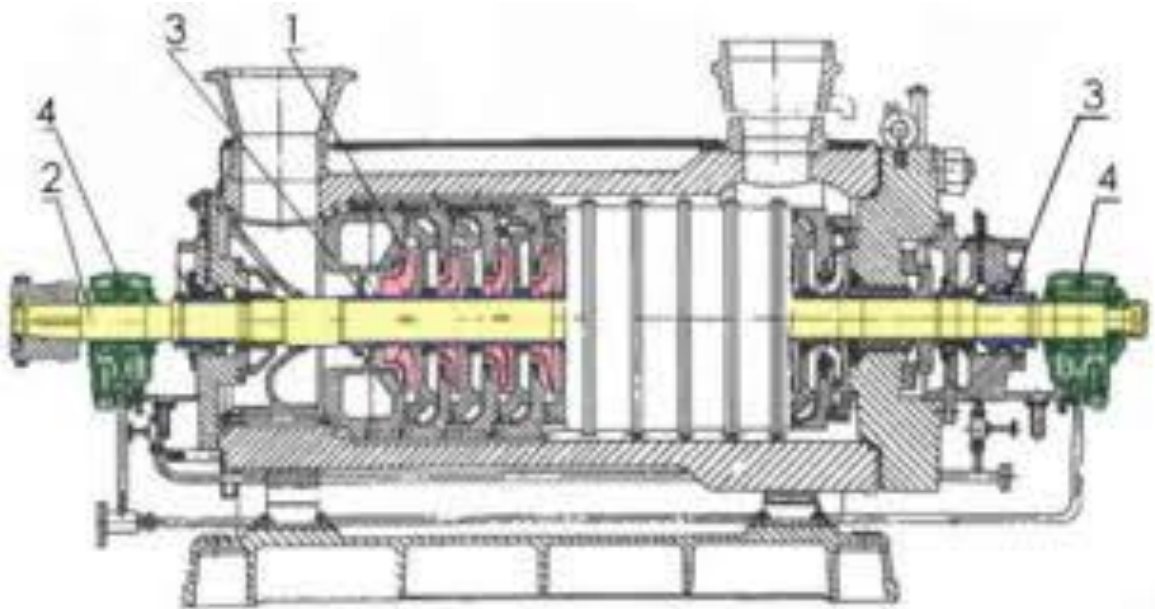
Таблиця 1.2 – Складові виробу

Номер деталі	Назва деталі	Номер деталі	Назва деталі
1	Гайка	27	Болт
2	Кільце масловідвідне	28	Показчик осьового зсуву
3	Вкладиш нижній	29	Вкладиш нижній
4	Вал	30	Гайка
5	Масловідбивач	31	Пробка
6	Кришка	32	Гвинт устновлювальний
7	Вкладиш верхній	33	Кільцеве ущільнення
8	Гайка	34	Втулка

9	Корпус	35	Диск розвантажувальний
10	Трубопроводи допоміжні	36	Гайка
11	Втулка	37	Подушка
12	Кільцеве ущільнення	38	Втулка
13	Гайка	39	Апарат направляючий
14	Кришка вхідна	40	Секція
15	Кожух	41	Секція
16	Колесо робоче	42	Колесо робоче
17	Кришка напірна	43	Секція
18	Шпилька	44	Колесо робоче
19	Камера	45	Колесо робоче
20	Гайка	46	Втулка
21	Втулка	47	Гвинт
22	Корпус	48	Гайка
23	Гайки	49	Гайки
24	Гайка	50	Гвинт устновлювальний
25	Кришка	51	Пробка
26	Вкладиш верхній		

Вал водяного насоса повинен мати достатню міцність і жорсткість, при яких гарантується відсутність неприпустимих деформацій, що порушують встановлену роботу ротора. Під дією власної ваги і ваги насаджених деталей вал має певний статичний прогин. При обертанні вала навіть при ретельному балансуванні, завжди має місце залишковий небаланс, що викликає додаткове навантаження на вал від дії відцентрової сили. Крім того, при роботі на ротор діють гідромеханічні сили в радіальному і осьовому напрямках.

Під дією цих сил вісь вала отримує додатковий динамічний прогин, який залежить від частоти обертання вала насоса.



Сумський державний університет
 Кафедра технології машинобудування,
 верстатів та інструментів
 Де:

- 1 – робоче колесо
- 2 – вал
- 3 - втулки
- 4 – підшипниковий вузол

Таблиця 1.3 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	ОБ

Таблиця 1.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
l	0	1	1	ПНБ
α	0	1	1	
l	1	0	0	ОБ
α	0	0	0	
l	0	0	0	ОБ

Вал є невід'ємною частиною будь-яких відцентрових машин, таких як насос, вентилятор або двигун. Від вибору матеріалу і конструкції вала залежить ефективність передачі крутного моменту, а отже і коефіцієнт корисної дії двигуна.

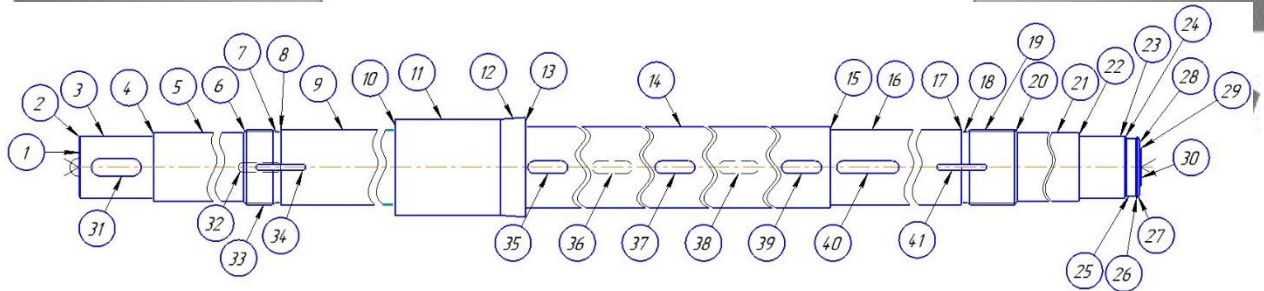


Рисунок 1.3 - Ескіз деталі

Таблиця 1.5 – Поверхні деталі

Номер поверхні	Характер поверхні
5, 16	Основні конструкторські бази
19,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43	Допожні конструкторські бази

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

10

1, 3, 9, 11, 14, 16, 21, 23, 25, 26, 27, 30	Виконавчі поверхні
2, 4, 6, 8, 10, 15, 17, 20, 22	Вільні поверхні

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення виробу або складальної одиниці характеризують основні параметри їх якості, які перевіряються при остаточному контролі або випробуваннях. Тому важливо правильно визначити технічні вимоги деталі.

Креслення деталі дає повне уявлення про конфігурацію, конструкції, розмірах, точності форми всіх поверхонь деталі, матеріалі і його властивості. Наявних на кресленні видів, проекцій, розрізів, виносних елементів цілком достатньо для розуміння загального вигляду виробу. На кресленні достатньо інформації про матеріал, і спосіб отримання заготовки: кування на молотах по ГОСТ 26645-85, твердість 68-24 НВ. Вал вузла насоса живильного приймає високі навантаження в процесі експлуатації. Тому обґрунтований матеріал деталі – особливо високоякісна легрована конструкційна сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Це хромонікелемолібденова сталь з високою міцністю і в'язкістю, яка застосовується для особливо відповідальних деталей, схильних до загартовування і відпуску, зокрема, колінчатих валів, муфт, осей, і тому подібних деталей. В загартованому і високовідгартованому стані сталь має твердість HB2502 МПа (255 кгс/мм^2), тимчасова межа міцності $\sigma_B=1079 \text{ МПа}$, межа плинності $\sigma_T=932 \text{ МПа}$, відповідне подовження зразка при розриві $\sigma_5=14\%$, Відповідне звуження переріз зразка $\psi=55\%$, ударну в'язкість

Хімічний елемент	C	Mn	Si	S	Se	Cr	Ni	Cu	Mo	V
------------------	---	----	----	---	----	----	----	----	----	---

Вміст	0,430	0,630	0,370	0,012	0,004	0,80	1,480	0,170	0,180	0,01
-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х, у відсотках

$a_n = 784 \text{ кДж/м}^2$ ($8 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$). Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71 представлений в таблиці 2.1 [2].

Вимоги щодо точності розмірів: незазначені граничні відхилення розмірів: H14, h14; \pm IT14 / 2.

Вимоги по шорсткості: шорсткість основних і базових поверхонь $R_a = 0,8$ мкм, $R_a = 1,6$ мкм. Шорсткість не вказаних поверхонь $R_a = 6,3$ мкм.

Враховуючи порівняно важкі умови експлуатації деталі, до неї надають достатньо жорсткі вимоги по розмірній точності, точності форми і взаємного розташування поверхонь, визначаючих її положення в насосі.

Деталь представляє собою тіло обертання в вигляді ступінчатого валу з перепадами зовнішніх діаметрів від 50 мм до 80 мм, що при сумарній довжині в 1580 мм говорить про недостатню жорсткість, так як відношення довжини до діаметру $l/d = (31,6 - 19,75)$

- циліндрична поверхня 55d8 призначена для базування деталі із забезпеченням посадки з зазором H7/g6, шорсткість поверхні за критерієм R_a складає 0,40. Допуск радіального биття поверхні відносно вісі обертання складає 2 мм. В той же час бажаним є забезпечення допуску форми, наприклад, циліндричності, що дозволить покращити умови складання та експлуатації виробу.

- правий торець конусу $\text{Ø}77- \text{Ø}80$ призначений для базування робочого колеса.

- шпоночні пази 10N9 призначені 5N9 призначений для передачі обертання (моменту обертання) з боку вала до робочого колеса. Кресленням деталі регламентовано шорсткість основи пазів, яка складає 6,3 мкм за критерієм R_a . Шорсткість бокових поверхонь пазів та вимоги щодо допусків форми та взаємного розміщення поверхонь не зазначені, що є неприйнятним.

Зазвичай шорсткість бокових поверхонь шпоночного пазу складає 3,2 мкм за критерієм Ra. Бажаним є встановлення допусків паралельності та симетричності бокових поверхонь пазів.

- шпоночні пази 10N9 та 5N9 призначені для передачі обертання (моменту обертання) з боку вала до втулки. Кресленням деталі регламентовано шорсткість основи пазів, яка складає 6,3 мкм за критерієм Ra. Шорсткість бокових поверхонь пазів та вимоги щодо допусків форми та взаємного розміщення поверхонь не зазначені, зазвичай шорсткість бокових поверхонь шпоночного пазу складає 3,2 мкм за критерієм Ra. Бажаним є встановлення допусків паралельності та симетричності бокових поверхонь пазу.

- Канавки $\varnothing 57h14$ (2 поверхні) та $\varnothing 46h14$ призначені для встановлення кільцевих ущільнень.

- Різь M60x2LN-g8 (під контргайку) не сприймає значних навантажень, тому допускається обробка різьбовим інструментом.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

13

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ДЕТАЛІ ВАЛ 23.02.15.01

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначають характер технологічного процесу і його структуру.

На попередньому етапі проектування з використанням табличного методу було визначено тип виробництва – дрібносерійний.

За ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць [3].

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначають характер технологічного процесу і його структуру. Виходячи з річної програми випуску $N = 1300$ шт, і маси деталі 36,5кг визначається тип виробництва, в якому виготовляється деталь – дрібносерійний тип виробництва.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Верстатів та інструментів

Виконаємо розрахунок $K_{з.о}$ з урахуванням таких вихідних даних:

- річний обсяг випуску деталей – $N_p = 1300$ шт.;
- нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для дрібно – серійних типів виробництва – $\eta_{з.н} = 0,75$ [3];
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 5;
- штучний час обробки деталі за операціями – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання – $F_d = 4015$ год [3].

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою [3]:

$$m_p = \frac{N_{год} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}} \quad (3.1)$$

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{3,0}$

№	Найменування операції	$T_{шт,}$ хв	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Фрезерно-центрувальна	11,80	0,0326	1	0,0326	23
2	Токарна	13,37	0,0370	1	0,0370	20,27
3	Токарна з ЧПК	7,3	0,0202	1	0,0202	37,12
4	Горизонтально-фрезерна	6,12	0,0169	1	0,0169	44,37
5	Круглошліфовальна	7,7	0,0213	1	0,0213	35,21
Сума:				5		160,3

Кількість робочих на кожній операції беремо

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ осіб.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою [3]:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P, \quad (3.2)$$

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою [3]:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.}, \quad (3.3)$$

В результаті коефіцієнт закріплення операцій дорівнюватиме

$$K_{3,0} = \Sigma O / \Sigma P = 160,3 / 5 = 32,06.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таким чином маємо $20 < K_{з,0} = 32,06 < 40$, що відповідає дрібно-серійному типу виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = (N \square a) / 254, \quad (3.5)$$

де N – річна програма випуску;
 a – періодичність запуску в днях. (Рекомендується наступна періодичність запуску виробів: 5, 10, 15, 20 днів). Обираємо режим 1 раз на 10 днів.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$n = (1300 \square 10) / 254 = 51,18 \text{ шт.}$$

Округлюємо розраховану величину в більшу сторону, тоді кількість деталей в партії $n = 52$ шт.

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють партіями або дрібними серіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілісно як в обробці, так і в збірці.

Дрібносерійний тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску. Коефіцієнт закріплення операцій 20-40.

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 1851034-00 ПЗ

Використовується універсальне і спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПУ, обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутих ділянкам.

Технологічна оснастка в основному універсальна, Велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувати технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащення дрібносерійного виробництва.

У якості вихідних заготовок використовується гарячий і холодний прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки і точні штамповки.

Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних проходів з частковим застосуванням розмітки для складних корпусних деталей.

Кваліфікація робітників вище ніж в масовому виробництві, але нижча ніж в одиничному. Поряд з робітниками універсалами та наладчиками, працюючими на складному універсальному обладнанні використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

В залежності від особливості технології виробництва та обсягу випуску забезпечується повна, неповна, групова взаємозамінність, однак застосовується і пригін по місцю, компенсація розмірів.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

Застосовуваний різальний інструмент - універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент - калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто розчленований на окремі операції, які закріплені за

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 1851034-00 ПЗ			Лист
								17

окремими визначеними верстатами. Верстати застосовуються універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегати.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Дрібносерійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем відповідно до ГОСТ 3.1108-74 закріплено від 21 до 40 операцій.



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

18

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності заданої деталі.

Технологічність конструкції деталі - це така вимога до деталі, яка включає в себе можливість обробки з найбільшою продуктивністю праці та найменшою собівартістю.

До якісних критеріїв оцінки входять:

1. Матеріал заготовки
2. Базування та закріплення деталі під час обробки
3. Простановка розмірів
4. Наявність жорстких вимог допусків форм і розташування
5. Взаємозамінність деталі
6. Нетехнологічні конструкційні елементи

- а) складність контуру деталі
- б) глухі, малого діаметру, розташовані під кутом отвори
- в) різноманітність розмірів різьбових отворів
- г) перепади діаметрів в обидві сторони
- д) різні розміри фасок, канавок на одній деталі

Деталь являє собою тіло обертання. Відношення максимальної довжини до максимального діаметру складає $l/d=1580/80$.

Маса деталі складає 36,5 кг, що потребує застосування додаткових технічних засобів під час її транспортування та встановлення на верстаті.

Матеріал деталі: Конструкційна сталь 40Х ГОСТ4543-71

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Призначення: осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті вінці, болти, втулки та інші деталі підвищеної міцності.

Види поставки - сортовий прокат, в тому числі і фасонний, калібрувальний пруток, шліфувальний пруток, лист товстий, поковки та ковани заготовки, валки, труби.

Замінники - сталі марок 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР

Найбільш точними поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 50h6(-0.016)$ Ra0.80, $\varnothing 55h8(-0.100/-0.146)$ Ra 0.40, $\varnothing 60h6(-0.019)$ Ra0.80

Простановка розмірів виконана відповідно до вимог стандартів, що забезпечує легке читання креслення, вільне виконання та контроль розмірів в процесі механічної обробки.

Основні вимоги, що пред'являються конструктором до деталі, полягають в наступному.

Допуск радіального биття поверхонь 3, 5, 10, 15, 21 відносно осі обертання дорівнює 0,02 мм, він досягається на шліфувальній операції завдяки суміщенню вимірювальної та подвійної направляючої бази.

Допуск радіального биття поверхні 16, відносно осі обертання дорівнює 0,03 мм. він досягається на шліфувальній операції завдяки суміщенню вимірювальної та подвійної направляючої бази.

Поверхні деталі можливо обробляти за допомогою прохідних різців.

Відношення максимальної довжини до максимального діаметру складає $l/d=1580/80$. що не забезпечує достатню жорсткість заготовки при її закріпленні та потребує обробки за допомогою спеціального обладнання.

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Назва елементів	Кількість	Точність	Параметри шорхності Ra, мм
Зовнішні циліндричні			
d50	2	h6	Ra0,8
d55	2	d8	Ra0,4
d60	2	h6	Ra0,8
d77	1	h14	Ra6,3
d65	1	h6	Ra3,2
d30	1	h6	Ra3,2
Лінійні			
150	2	h14	Ra12,5
155	2	h14	Ra3,2
177	1	h14	Ra3,2
180	1	h14	Ra1,6
165	1	h14	Ra3,2
130	1	h14	Ra12,5
Інші			
Канавка d57x5	2	h14	Ra3,2
Канавка d46x9	1	h14	Ra3,2
Різь М60x2-8g	2	g8	Ra6,3
Фаска 1x45	2	h14	Ra3,2
Фаска 0,5x45	8	h14	Ra3,2
Шпонковий паз 14N9	1	N9	Ra6,3
Шпонковий паз 10N9	6	N9	Ra6,3
Шпонковий паз 5N9	2	N9	Ra6,3
Шпонковий паз 8	1	h6	Ra6,3
Шпонковий паз 6	2	h6	Ra6,3
Галтель R1	6	h6	Ra3,2
Галтель R0,5	1	h6	Ra3,2
Всього	51		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

21

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі.

В базовому технологічному процесі виготовлення деталі "Вал" заготовку отримують з круглого прокату 85 мм розрізанням прутка довжиною 1580 мм. Отримання заготовки у вигляді круглого прокату є досить простим та дешевим способом.

В той же час конфігурація такої заготовки є далекою від конфігурації готової деталі, що визначає наявність великих напусків та припусків, видалення яких потребуватиме додаткової механічної обробки заготовки, що призведе до зменшення продуктивності виготовлення деталі.

Розрізання прокату зазвичай здійснюється стрічковою пилою: ріжуча частина верстата представлена замкнутою стрічкою пильного полотна із зубами з твердого сплаву, які приводяться у рух шківом зв'язаним з електродвигуном.

Перевагами такого методу є:

- висока точність розмірів деталі;
- відсутність заусенців (не потрібно зачищати торці заготовки);
- відсутній перегрів металу.

У зв'язку зі збільшенням обсягів випуску виробів та переходу на середньосерійний тип виробництва, в якості метода одержання заготовки пропоную взяти метод вільного кування.

У базовому варіанті заготовку отримували прокатом. В проектуваному варіанті, виходячи з конфігурації заданої деталі, технічних вимог креслення (конструктора), габаритів, маси, обсягу випуску, пропонується метод

						Лист
TM 1851034-00 ПЗ						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вільного кування. Вид заготовки встановлюється на основі всіх перелічених даних, а також техніко-економічного порівняння декількох варіантів.

Проведемо аналіз економічності заготовки. Собівартість заготовок з прокату розраховується за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{0.3} \quad (5.1)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн;

$C_{0.3}$ – технологічна собівартість операції правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки

$$C_{0.3} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт.т}}}{60 \times 80} \quad (5.2)$$

де $C_{\text{п.з.}} = 3\,050$ – приведенні витрати на робочому місці, грн./год.; $T_{\text{шт.т}} = 7,5$ – штучний час виконання заготівельної операції, хв

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (5.3)$$

де $Q = 65,5$ – маса заготовки (розраховується за габаритами заготовки заводського варіанта - прокат діаметром 82 мм та довжиною 1580 мм та за густиною матеріалу заготовки, $\rho = 7,8$ г/см³), кг;

$q = 36,5$ – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{отх}} = 0,9$ – ціна 1 тони відходів, грн.;

$S = 29$ – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.

$M = 58,9$

$C = 3,8$

Отже $S = 58,9 + 3,8 = 62,7$

Собівартість заготовок, отриманих ковкою на молотах розраховується за формулою:

$$S = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \quad (5.4)$$

де C_i - базова вартість однієї тони заготовок, грн/т;

K_T - коефіцієнт, який залежить від класу точності заготовки;

K_c - коефіцієнт, який залежить від групи складності заготовки; K_b - коефіцієнт, який залежить від маси заготовки;

K_M - коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу;

K_n - коефіцієнт, який залежить від обсягу виробництва;

Q - маса заготовки;

q - маса деталі;

$S_{отх}$ - вартість однієї тони відходів, грн.

Для заготовки, отриманої ковкою на молотах:

$C_i = 18000$ грн/т;

$K_T = 1$;

$K_c = 1,1$;

$K_b = 0,98$;

$K_M = 1,22$;

$K_n = 0,95$;

$Q = 41,5$ кг (виходячи з габаритних розмірів, а також густини матеріалу заготовки, $\rho=7,8$ г/см³);

$q = 36,5$ кг;

$S_{отх} = 900$ грн/т.

Вартість заготовки, отриманої ковкою на молотах:

$S = 71$ грн.

Економічний ефект розраховують за формулою:

$$E = (S_{1заг} - S_{2заг}) \cdot N \quad (5.5)$$

де N - річний обсяг випуску, шт .

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

24

$$E_{\phi} = (62,7 - 71) \cdot 1300 = 10790 \text{ грн.}$$

Виходячи з розрахунків економічного ефекту більш доцільно використовувати прокат. Однак у зв'язку зі зменшенням припуску, відходів, часу на чорнову обробку деталі я пропоную обрати спосіб вільного штампування. Ефект перемішування структури покращить характеристики деталі, що покращать роботу при навантаженнях.

5,0 – діаметр 50 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 55 мм і чистота поверхні 0,4 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 60 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;

6,0 – діаметр 77 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

6,0 – діаметр 80 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 55 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 60 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 55 мм і чистота поверхні 0,4 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 50 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 46 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

5,0 – діаметр 30 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

2,0 – довжина 60 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;

3,0 – довжина 260 мм і чистота поверхні 0,4 мкм за критерієм Ra;

3,0 – довжина 178 мм і чистота поверхні 0,4 мкм за критерієм Ra;

3,0 – довжина 105 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

3,0 – довжина 491 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

3,0 – довжина 214 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;

3,0 – довжина 217 мм і чистота поверхні 0,4 мкм за критерієм Ra;

2,0 – довжина 50 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

Призначити додатковий припуск, приймаємо – 0,5 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Розміри поковки:

$$\text{діаметр } 50 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 60$$

$$\text{діаметр } 55 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 65$$

$$\text{діаметр } 60 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 70$$

$$\text{діаметр } 77 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 87$$

$$\text{діаметр } 80 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 90$$

$$\text{діаметр } 55 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 65$$

$$\text{діаметр } 60 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 70$$

$$\text{діаметр } 55 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 65$$

$$\text{діаметр } 50 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 60$$

$$\text{діаметр } 46 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 56$$

$$\text{діаметр } 30 + (3,5 + 1,5) \cdot 2 = 40$$

$$\text{довжина } 60 + (2,0 + 0,5) \cdot 2 = 65$$

$$\text{довжина } 260 + (3,0 + 0,5) \cdot 2 = 267$$

$$\text{довжина } 178 + (3,0 + 0,5) \cdot 2 = 185$$

$$\text{довжина } 105 + (3,0 + 0,5) \cdot 2 = 112$$

$$\text{довжина } 491 + (3,0 + 0,5) \cdot 2 = 498$$

$$\text{довжина } 214 + (3,0 + 0,5) \cdot 2 = 221$$

$$\text{довжина } 217 + (3,0 + 0,5) \cdot 2 = 224$$

$$\text{довжина } 50 + (2,0 + 0,5) \cdot 2 = 55$$

Розміри поковки наведемо в таблиці 5.1, ескіз поковки наведемо на рисунку 5.1.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

26

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів поковки, у міліметрах

Розмір деталі	Чист. поверх	Основний припуск	Додат. припуск	Загальний припуск	Розр-ковий розмір заготовки	Прийнятий розмір заготовки	Фактичний припуск
Ø50	0,8	3,5	1,5	8,0	Ø60	Ø60	10,0
Ø55	0,4	3,5	1,5	8,0	Ø65	Ø65	10,0
Ø60	0,8	3,5	1,5	8,0	Ø70	Ø70	10,0
Ø77	6,3	3,5	1,5	9,0	Ø87	Ø90	10,0
Ø80	6,3	3,5	1,5	9,0	Ø90	Ø90	10,0
Ø65	6,3	3,5	1,5	8,0	Ø75	Ø75	10,0
Ø60	0,8	3,5	1,5	8,0	Ø70	Ø70	10,0
Ø55	0,4	3,5	1,5	8,0	Ø65	Ø65	10,0
Ø50	0,8	3,5	1,5	8,0	Ø60	Ø60	10,0
Ø46	6,3	3,5	1,5	8,0	Ø56	Ø60	14,0
Ø30	6,3	3,5	1,5	8,0	Ø46	Ø60	30,0
Lo=60	0,8	2,0	0,5	2,5	Lo=63,5	Lo=63,5	3,5
Lo=260	0,4	3,0	0,5	3,5	Lo=267	Lo=267	3,5
Lo=178	0,4	3,0	0,5	3,5	Lo=185	Lo=185	3,5
Lo=105	6,3	3,0	0,5	3,5	Lo=112	Lo=112	3,5
Lo=491	6,3	3,0	0,5	3,5	Lo=498	Lo=498	3,5
Lo=214	0,8	3,0	0,5	3,5	Lo=221	Lo=221	3,5
Lo=217	0,4	3,0	0,5	3,5	Lo=224	Lo=224	3,5
Lo=50	6,3	2,0	0,5	2,5	Lo=55	Lo=55	2,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

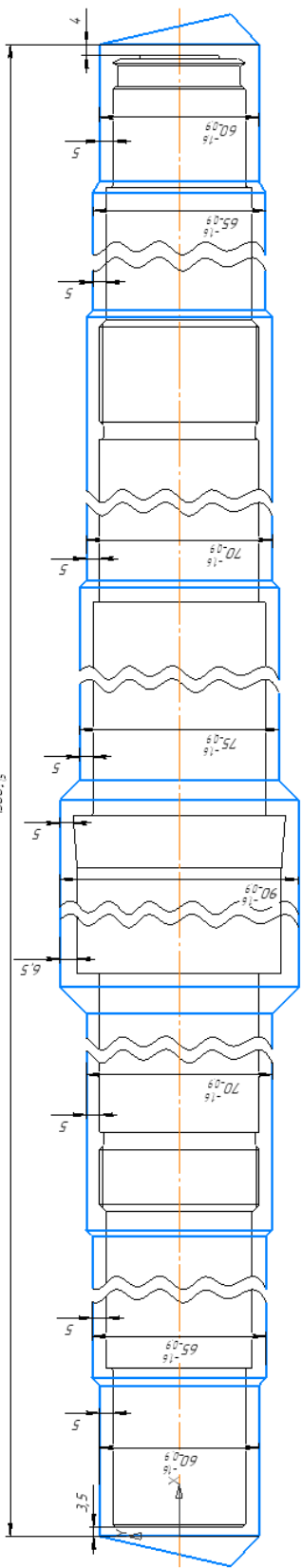
ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

27



Сумськ
Кафедра 1
вер



й університет
динобудування
рументів

Рисунок 5.1 – Ескіз поковки Вал 23.02.15.01

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків аналітичним методом

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу і інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей вищої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 50h6$. Маршрут обробки даної поверхні вибирається по [4] с.8, таблиця 4 і зводиться в таблицю 6.1.

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 50h6$.

Розрахунок за методом проф. В.М.Кована проведений на ЕОМ та показаний в додатках.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{(0,1 \cdot 60)^2 + 250^2} = 250 \text{ мкм.} \quad (6.2)$$

$$\rho_{черн} = 250 \cdot 0,06 = 15 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{н/чист} = 250 \cdot 0,05 = 12 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{чист} = 250 \cdot 0,04 = 10 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуску, мкм				
			R _z	T	ρ	ε ₃	ε ₆
Поковка	T3	+3,0;-3,0	1000	1000	250	250	300
Точіння чорнове	кв. 12	-0,3	125	120	15	120	0
Точіння напівчистове	кв. 10	-0,12	40	40	12	0	0
Точіння чистове	кв.8	-0,046	5	5	10	0	0
Шліфування	кв.6	-0,016	-	-	-	0	0

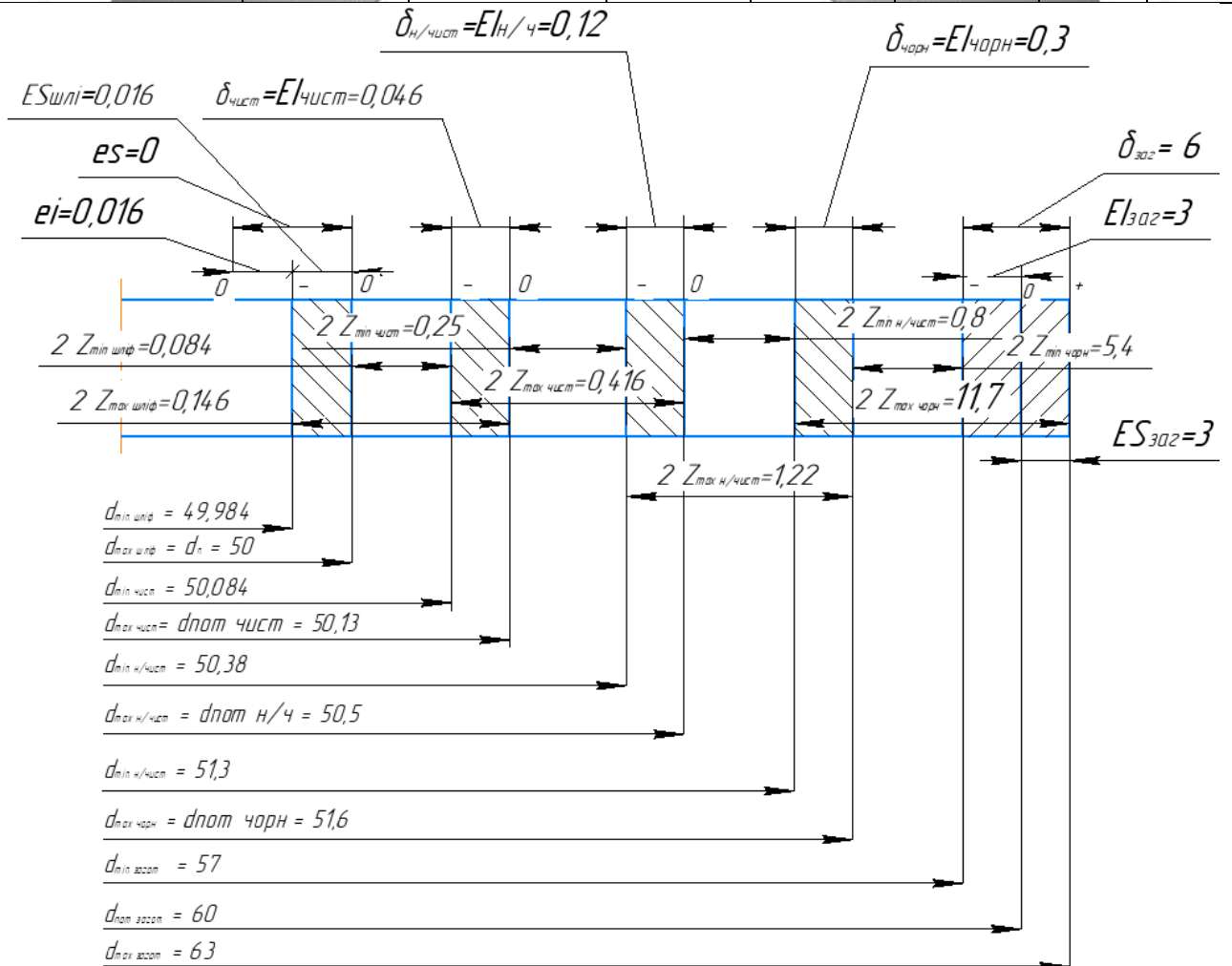


Рисунок 6.1 - Схема розташування припусків і допусків на обробку діаметрального розміру Ø50h6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

31

6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки на операції горизонтально-фрезерній 045.

Аналіз конфігурації заготовки показав, що за усієї сукупності її поверхонь на роль технологічних баз під час фрезерування пазів 14N9, 10N9, L8, L6, 5N9 перш за все претендують циліндричні поверхні $\varnothing 55d8$ (2 поверхні) та торець $\varnothing 77$. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваної поверхні, є досить розвинутими та чисто обробленими.

Під час базування заготовки по зовнішнім циліндричним поверхням $\varnothing 55d8$ (2 поверхні) реалізується подвійна напрямна база, яка позбавляє заготовку чотирьох степенів вільності, а саме двох поступальних та двох обертових переміщень уздовж і навколо осей Y і Z при горизонтальному розташуванні «вала», та базуванні по внутрішньому торцю $\varnothing 77h14$, реалізується опорна база яка позбавляє заготовку одного ступеня свободи, а саме переміщення вздовж осі X. Приклад базування приведений на рисунку 6.1, також додано таблицю відповідності 6.5 та матрицю зв'язків 6.6

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

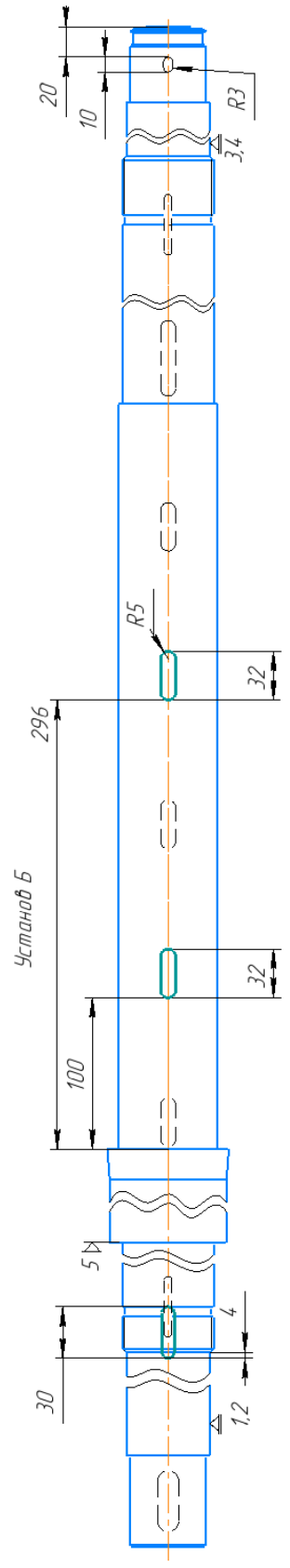
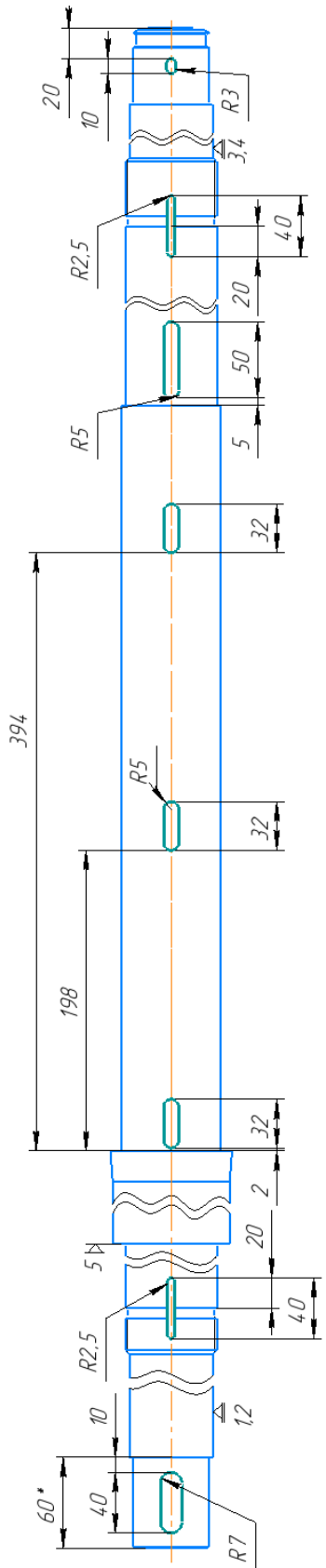


Рисунок 6.2 - Схема базування «Вал» на горизонтально-фрезерній операції 045

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності базування заготовки по діаметру 55 мм і прилеглому торцю 77 мм

Зв'язки	Ступінь вільності	Назва бази
1,2,3,4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	Вакансія

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків базування заготовки по діаметру 65 мм і прилеглому торцю 77 мм

	X	Y	Z	Назва бази
1	0	1	1	ПНБ
α	1	1	1	
1	1	0	0	ОБ
α	0	0	0	
α	2	2	1	5

Виконаємо аналіз схеми базування заготовки з точки

Точність розміру ширини пазів забезпечується геометричними параметрами фрези, степенями її зношування тощо (вибір схеми базування не впливає на точність розміру).

Під час установки заготовки в опорних призмах для розміру глибини паза $5,5^{+0,2}$ мм має місце похибка базування, величину якої можна розрахувати за формулою:

$$\epsilon_{\tau 50} = 1/2 \square T_d \square 1/(\sin(\alpha/2)) \quad (6.5)$$

де T_d – допуск на параметр базової поверхні заготовки;
 α – кут нахилу призми, 90° .

$$T_d = T_{\varnothing 50} = 0,16 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{r50} = 1/2 \cdot 0,16 \cdot 1/\sin 45^\circ = 0,113 \text{ мм}$$

Таким чином похибка базування не перевищує допуск на операційний розмір ($T_{50} = 0,2 \text{ мм} > \varepsilon_{r50} = 0,113 \text{ мм}$), що є прийнятним.

Розглянемо спосіб базування по діаметру $\varnothing 55$ (2 поверхні) мм та торцю $\varnothing 80$. Даний спосіб можливо реалізувати із застосуванням призми з кутом 90° . Схема базування зображена на рисунку 6.3. Під час базування заготовки в даному випадку виникають такі ж бази як і в попередньому способі базування. Аналогічно матриці відповідності та зв'язків залишаються незмінними, як в попередньому випадку.

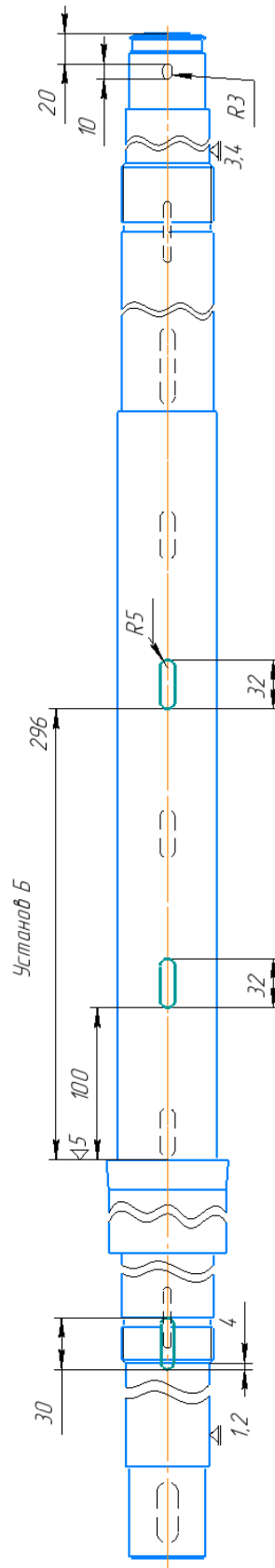
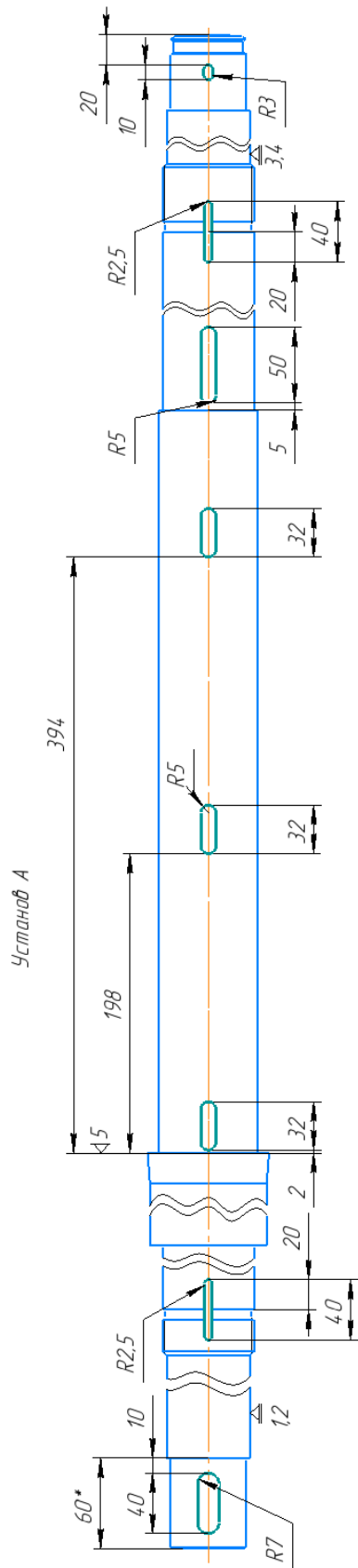
Слід зазначити, що в даному випадку торець $\varnothing 80$ є більш розвиненою поверхнею для опорної бази. Однак в обох випадках має місце похибка взаємного розташування пазів, що складає величину суми допусків розмірів, які були отримані на попередній операції. Це становить

$$\sum_{63} = T_a = (T_{491} + T_5) = 1550 + 300 = 1.85 \text{ мм} \quad (6.6)$$

Виходячи з аналізу базування ми приходимо до висновку, що деталь неможливо правильно збазувати відносно всіх поверхонь без спеціального обладнання та доналадки верстату.

Рисунок 6.3 - Схема базування «Вал» на горизонтально-фрезерній операції 045

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



ніверситет
обудування,
ментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки на операції круглошліфувальній 060.

Аналіз конфігурації заготовки показав, що за усієї сукупності її поверхонь на роль технологічних баз під час шліфування, перш за все претендують центрувальні отвори. Таким способом обробки всі поверхні є доступними, не заважають доступу абразивного інструменту до оброблюваної поверхні, є досить розвинутими та чисто обробленими. Оброблені поверхні вказані на рис. 6.4

Згідно правила вибору чистових баз обираємо як базові поверхні заготовки центрові отвори. З метою усунення провисання деталі під час обробки, до поверхні $\varnothing 77$ підводимо люнет.

Згідно рисунку 6,4 ескіз обробки деталі на операцію 045 маємо такі бази:

- подвійна опорна база яка позбавляє заготовку 2-х степенів вільності (поступальне переміщення вздовж осі Y та Z).
- подвійна опорна база яка позбавляє заготовку 2-х степенів вільності (обертання навколо осей Y та Z).
- опорна база яка позбавляє заготовку 1-го ступеня вільності (постійне переміщення вздовж осі X).

Також додано таблицю відповідності 6.3 та матрицю зв'язків 6.4

Таблиця 6.7 – Таблиця відповідності

	Зв'язки	Ступінь вільності	Назва бази
1, 2	1, 2	3,2	ПОБ
4, 5	4, 5	5,6	ПОБ

3	1	ОБ
---	---	----

Таблиця 6.8 – Матриця зв'язків

	X	Z	Назва бази
	0	1	ПОБ
	0	0	
	0	0	ПОБ
	0	1	
	1	0	ОБ
	0	0	

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Виконаємо аналіз схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності, операції розмірів: $\varnothing 50h6$ (2 поверхні), $\varnothing 55d8$ (2 поверхні), $\varnothing 60h6$ (2 поверхні),

Діаметральні розміри 113, 72h8, 60h12 забезпечуються автоматично у зв'язку з тим що, заготовка базується в центрах, технологічна та вимірювальна бази співпадають тож похибка базування $E_6=0$.

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.

Для операції горизонтально-фрезерна з ЧПК 040

Для виконання операції 040 горизонтально-фрезерної розглянемо верстат, на якому можна реалізувати обробку деталі, враховуючи, що тип виробництва середньо-серійний, виконуючи обробку фрезерування горизонтального пазів,

дисковою фрезою, стіл верстата повинен забезпечити надійне закріплення заготовки та відповідати за розмірами для переміщення під час обробки. Модель верстата: Zenitech UFM 160B з ЧПУ. Операція передбачає фрезерування технологічних пазів на поверхні деталі. Технологічні можливості верстата дозволяють виконати цю операцію. Розглянемо технічні характеристики верстата (таблиця 6.9).

Таблиця 6.9 – Технічні характеристики верстата Zenitech UFM 160B

Найменування технічної характеристики	Величина
Розміри робочого столу, мм	1700x400
Кількість / Ширина / Відстань між Т пазами, мм	3/18/90
Макс. навантаження на стіл, кг	800
Поздовжнє переміщення (ручне / авто), мм	900/880
Поперечне переміщення (ручне / авто), мм	315/300
Вертикальне переміщення (ручне / авто), мм	385/365
Швидкість робочої подачі, мм / хв	X,Y: 23.5/1180, Z: 8/394
Швидкість швидких переміщень, мм / хв	X: 2300, Y: 2300, Z: 770
Діапазон швидкостей шпинделя, об / хв	30/1500
Кількість швидкостей шпинделя	18
Відстань від центру столу до направляючої, мм	85
Макс. кут повороту шпинделя	±45°
Відстань між віссю і поверхнею столу, мм	30/500
Потужність мотора, кВт	11

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

39

Габаритні розміри, мм	2556x215 9x2298
Маса верстата, кг	4250

Для операції круглошліфвальна 060.

Для виконання операції 060 круглошліфвальна розглянемо верстат, на якому можна реалізувати обробку деталі, враховуючи, що тип виробництва середньо-серійний, стіл верстата повинен забезпечити надійне закріплення заготовки та відповідати за розмірами для переміщення під час обробки. Модель верстата: 3У144. Технологічні можливості верстата дозволяють виконати цю операцію.

Розглянемо технічні характеристики верстата (таблиця 6.10)

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Таблиця 6.10 - Технічна характеристика верстата мод. 3У144

Висота центрів, мм	240
Найбільший діаметр виробу, мм	400
Найбільша довжина виробу, мм	2 000
Найбільший діаметр отвору, що шліфується, мм	200
Найменший діаметр отвору, що шліфується, мм	30
Найбільша довжина отвору, що шліфується, мм	125
Найбільший діаметр отвору встановлюваного в патроні, мм	250
Найбільша довжина виробу при шліфуванні отвору з люнетом, мм	350
Найбільша маса виробу при не затиснутій пінолі, кг	200
Найбільша маса виробу при затиснутій пінолі, кг	500
Найбільша маса виробу при обробці в патроні, кг	150
Найбільша довжина переміщення стола, мм	995 / 1 395 / 2 000
Швидкість переміщення стола від гідроприводу, м / хв.	0.05...5.0
Найбільший кут повороту верхнього стола за годинниковою	3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

40

стрілкою, град.	
Частота обертання виробу (регулювання безступінчасте), хв-1	25 - 300
Найбільший кут повороту передньої бабки за годинниковою стрілкою, град.	30

Продовження таблиці 6.8

Найбільший кут повороту передньої бабки проти годинникової стрілки, град.	90
Потужність електродвигуна приводу виробу, кВт	1,5
Розміри шліфувального круга (Д х В х Дотв), мм	600 х 80 х 305
Швидкість різання, м / с	50
Найбільше переміщення по гвинту, мм	290
Періодична подача, мм / об	0.001...0.05
Періодична подача для верстатів з ЧПК, мм / об	0.001...0.999
Швидкість врізної подачі, мм / хв	0.01...4.5
Швидкість врізної подачі для верстатів з ЧПК, мм / хв	0.01...9.99
Найбільший кут повороту шліфувальної бабки, град.	(/ -) 30
Потужність електродвигуна приводу шліфувального круга, кВт	11
Довжина верстата, мм	5 000 / 5 190 / 6 440
Ширина верстата, мм	3 420
Висота верстата, мм	2 220
Маса верстата, кг	6 980
Висота центрів, мм	240

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Верстатні пристрої становлять 50% від загального об'єму технологічної оснастки. За допомогою верстатних пристроїв можливо реалізувати наступні дії:

а) розширити технологічні можливості використовуваного обладнання;

б) стабільно забезпечувати високу якість оброблених деталей, коли кваліфікація робітника мінімально впливає на якість деталей;

в) забезпечувати жорсткість у процесі обробки;

г) надійно базувати та закріплювати деталь.

Зведемо до таблиці 6.9 ріжучий та вимірювальний інструмент, який використовується при механічній обробці на операції 045.

Таблиця 6.11 - Перелік ріжучого інструменту для операції 045 Фрезерна з ЧПК

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
Фрезерування пазу 14N9	ST90AP10D14W16L120Z01	-	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
Фрезерування пазів 10N9 Ra6.3	HSTLP01D10C10L100Z02-H	-	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
Фрезерування пазів B6 Ra12.5	ФК 4111-1677	-	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
Фрезерування пазів 5N9 Ra6.3	ФК 4111-1623	-	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89

Операція 060

Для абразивної обробки будемо використовувати:

- Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71
- Хомутик 7107-0069 ГОСТ 16488-70
- Центр 7032-0023 Морзе 4 ГОСТ 13214-79
- Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75
- Круг ПП 600х25х32 24А40НС15КА
- Оправка 32х25 ГОСТ 2270-78
- Скоба 8113-0139 f7 ГОСТ 18362-73
- Контрольно-вимірковий прилад
для контролю циліндричності
- Приклади шорсткості ГОСТ 9378-93

6.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити спочатку для операції 045 Фрезерна з ЧПК.

Вихідні дані: матеріал сталь 40Х, межа міцності 730МПа, матеріал ріжучої частини фрези Т5К10, ЗОР - емульсія, заготовка поковка штампування на ГKM.

На фрезерному верстаті проводиться обробка поверхонь зазначених на рисунку 5.3:

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

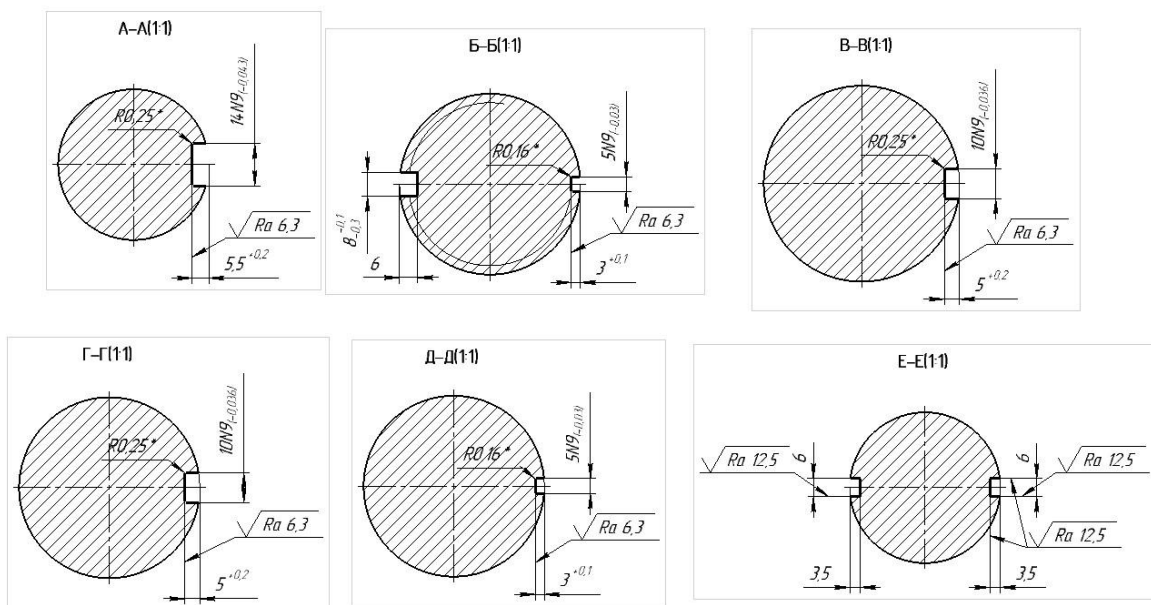
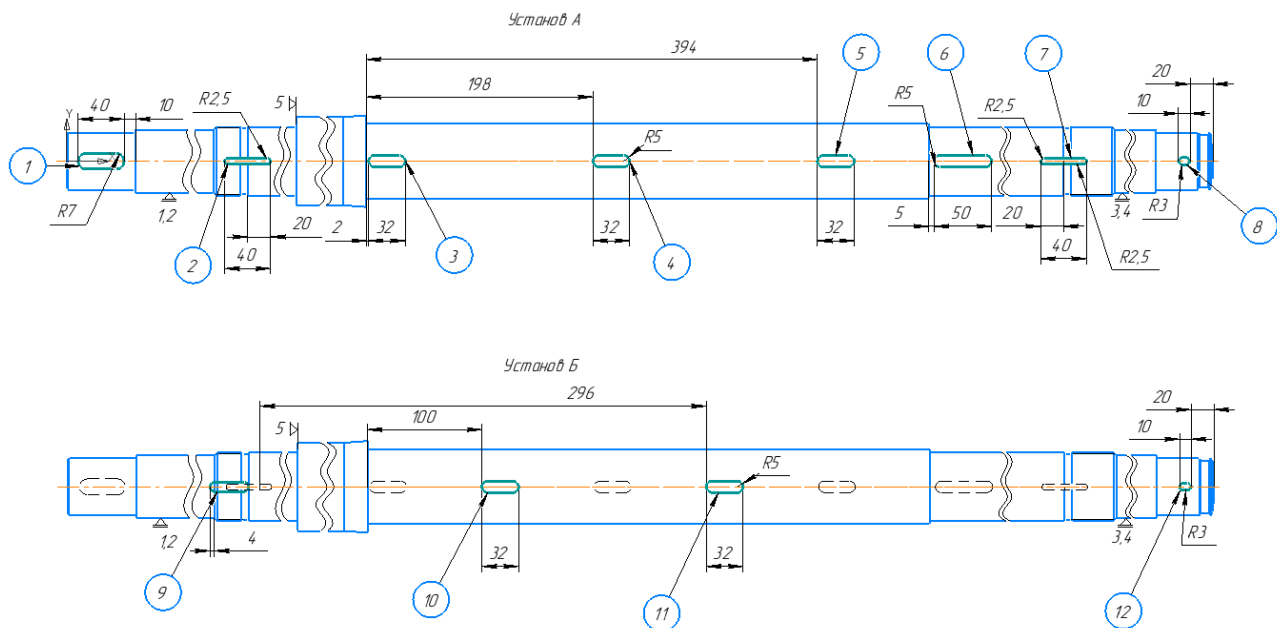


Рисунок 6.4 - Ескіз обробки для операції 045 Фрезерна з ЧПК

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

44

Таблиця 6.12 - Стадії обробки та глибина різання по стадіям:

t	1	2		4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чор	2,25	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	2	3	2,5	1,75	1,75
Н/Ч	2,25	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	2	3	2,5	1,75	1,75
Чист	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Вибір подач S_o , мм/об

1. Вибираємо подачу для чорного точіння S_o (мм/об) поверхонь 1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Визначимо подачу переміщення заготовки відносно фрези за один оберт

$$S_o = S_z z \quad (\text{мм/об}) \quad (6.7)$$

Де S_z - подача на зуб

z - кількість зубів

Подача для чорної стадії обробки по формулі (6,7) буде рівна:
для поверхні 2, 6.

$$S_o = 0,06 \cdot 14 = 0,84 \quad (\text{мм/об}).$$

Вибір швидкості різання V_p , м/хв

1. Вибираємо швидкість різання V_p , (м/хв) для фрезерування з урахуванням поправочних коефіцієнтів

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m_t} \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B_u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (6.8)$$

Де C_v – коефіцієнт;

D^q – діаметр фрези;

T^m - період стійкості;

t^x - глибина різання;

S_z – подача на зуб;

B^u - ширина різання;

z^p - кількість зубів фрези;

K_v - узагальнений поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv} \quad (6.9)$$

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

1. Властивостей оброблюваного матеріалу $K_{mv} = 0.935$;

2. Стану поверхні заготовки $K_{pv} = 0.85$;

3. Інструментального матеріалу $K_{uv} = 0.83$;

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$K = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,3 = 0,7$$

Тоді розрахункова швидкість різання по формулі (1.12) буде рівна:

$$V = \frac{145 \cdot 14^{0.44}}{80^{0.37} \cdot 2,25^{0.24} \cdot 0,18^{0.26} \cdot 14^{0.37} \cdot 4^{0.13}} \cdot 0,7 = 25,9$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.10)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$n = \frac{1000 \cdot 25.9}{3.14 \cdot 14} = 589 \text{ об/хв}$$

Скорегуємо частоту обертання шпинделя відносно до паспорту верстату
 $n = 580 \text{ об/хв}$.

Визначимо фактичну швидкість різання, та хвилину подачу:

$$V = \frac{3.14 \cdot 14 \cdot 589}{1000} = 25,89 \text{ (м/хв)}$$

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{n \cdot 14}}{D^q \cdot n^w} \quad (6.11)$$

де $C_p=261$, $x=0,85$, $y=0,75$, $n=1$, $q=0,73$, $w=0,13$ коефіцієнти та показники в формулі

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 2,25^{0.85} \cdot 0.18^{0.75} \cdot 14^1}{14^{0.73} \cdot 589^{0.13}} = 1278 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ (кВт)} \quad (6.12)$$

$$N = \frac{1278 \cdot 25.89}{1020 \cdot 60} = 0.63 \text{ (кВт)}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого ($N_{\text{еф}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta \cdot K_{\text{п}}$), отже обробка на верстаті Zenitech UFM160 В буде забезпечена.

Визначимо основний час:

$$T_o = \frac{l+l_1+l_2}{S_m \cdot n} \cdot i \text{ (хв)} \quad (6.13)$$

де l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 - величина врізання інструменту, мм;

l_2 - величина перебігу інструмента, мм ($l_2 = 2 \dots 6$ мм);

i - число проходів.

$$T_o = \frac{52}{580 \cdot 0,18} \cdot 2 = 0,99 \text{ (хв)}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переході даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів [10, 11].

Обрані режими заносимо до таблиці 6.13.

Таблиця 6.13 - Режими різання для операції 045

Номер поверхні	Параметри режимів обробки						
	i	t , мм	S , мм/об	V , м/хв	n , об/хв	B , мм	T_o , хв
1	2	2,25	0,84	25,89	580	14	0,99
2	1	3	0,33	18	429	5	0,36
3,4,5,10,11	1	5	0,38	18	455	10	3,3
6	1	5	0,38	18	455	10	0,31

Продовження таблиці 6.13 - Режими різання для операції 045

7	1	3	0,33	18	429	5	0,19
8	1	4	0,28	18	490	6	0,32
9	1	6	0,21	18	517	8	0,57
12	1	3,5	0,28	18	490	6	0,30

Розрахунок режимів для операції 060 Круглошліфувальна.

Розробку режимів різання при шліфуванні починають із вибору характеристики шліфувального круга

Для круглого зовнішнього шліфування з поздовжньою подачею, параметра шорсткості $Ra=0,4$ мкм, конструкційної легованої сталі 40Х приймаємо наступні параметри абразивного інструменту

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Таблиця 6.14 – Характеристики абразивного інструменту

Назва характеристики	Значення
Форма круга	ПП
Характеристика	24А401К
Індекс зернистості	Н
Структура	5
Клас	А
Повне маркування круга	ПП24 А40НС15КА

Розміри шліфувального круга визначаємо за паспортом верстата
 $D_k=400$ мм; $V_k=25$ мм.

Режими різання шліфувального круга $V_k = 40$ м/с

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Частота обертання шпинделя шліфувальної бабки

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k} \quad (6.14)$$

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot 40 \cdot 60}{3.14 \cdot 600} = 1273,88$$

Коректуємо за паспортним даними верстата. Так як верстат має безступінчате регулювання швидкості обертів, приймаємо $n_{\text{ш}}=1270$ об/хв

Окружна швидкість заготовки $V_3 = 15 \div 55$ м/хв; приймаємо $V_3=25$ м/хв

Частота обертання шпинделя передньої бабки, що відповідає прийнятій швидкості обертання заготовки,

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} \quad (6.15)$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 55} = 144,75$$

Коректуємо значення за паспортними даними верстата $n_3=140$ об/хв

Глибина шліфування $t=0,005 \div 0,015$ мм. Приймаємо, враховуючи безступінчате регулювання поперечної подачі шліфувального кола на хід стола.

Приймаємо $t = 0,01$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

50

Поздовжня подача

$$S=(0,2\div 0,4)B_k, \text{ мм/об.} \quad (6.16)$$

Приймаємо

$$S = 0,25 \cdot B_k = 0,25 \cdot 25 = 15,5 \text{ мм/об}$$

Швидкість поздовжнього ходу стола

$$V_c = \frac{S \cdot n_3}{1000} \quad (6.17)$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$V_c = \frac{15,5 \cdot 140}{1000} = 2,17 \text{ м/хв}$$

Коригуючи за паспортними даними верстата приймаємо

$$V_c = 2,2 \text{ м/хв}$$

Перевірка достатності потужності верстата

Потужність затрачувана на різання

$$N_p = C_n \cdot V^z \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \text{ кВт} \quad (6.18)$$

де C_N - коефіцієнт, що враховує умови шліфування;

x, y, z, q - показники ступенів;

V, t, S - елементи режиму різання;

d - діаметр шліфування, мм.

Для круглого зовнішнього шліфування легованої сталі з подачею на кожний хід шліфувальним кругом зернистістю 40, твердістю СМ1 $C_N=2,65$; $z=0,5$; $x=0,5$; $y=0,55$; $q=0$,

тоді

$$N_p = 2,65 \cdot 300,5 \cdot 0,0050,5 \cdot 15,750, 55 \cdot 1 = 2,65 \cdot 5,48 \cdot 0,07 \cdot 4,55 = 4,63 \text{ кВт}$$

Потужність на шпинделі верстата

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (6.19)$$

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

Так як $N_p = 4,63 < N_{\text{шп}} = 8,25$ робимо висновок, що обробка можлива.

Визначимо основний час

$$T_0 = \frac{L \cdot \square}{1000 \cdot v_c \cdot t} \cdot K, \text{ хв} \quad (6.20)$$

$$L = 1 - (1 - k \cdot m) \cdot V_k, \text{ мм} \quad (6.21)$$

де

l - довжина поверхні, що шліфується

m - частка перебігу круга, приймаємо $m=0,5$;

$k=1$ - число сторін перебігу круга

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$$L = 260 - (1 - 1 \cdot 0.5) \cdot 25 = 247.5 \text{ мм}$$

K=1,4 - коефіцієнт виходжування

h – припуск на сторону

$$T_0 = \frac{247.5 \cdot 0.2}{1000 \cdot 2.2 \cdot 0.01} \cdot 1.4 = 3.15, \text{ хв}$$

Таблиця 6.15 - Режими різання для операції круглошліфувальна Ø60

Поверхня	Параметри режимів обробки				
	t, мм	S, м/об	V, м/хв	n, об/хв	T ₀ , хв
Ø50h6 (l 60)	0,01	15,5	2,0	125	0,28
Ø55d8 (l 260)	0,01	15,5	2,2	140	3,15
Ø60h6 (l 148)	0,01	15,5	2,4	155	1,26
Ø60h6 (l 218)	0,01	15,5	2,4	155	2,07
Ø55d8 (l 172)	0,01	15,5	2,2	140	1,68
Ø50h6 (l 40)	0,01	15,5	2,0	125	0,014

6.6 Технічне нормування операції

В основі розрахунків продуктивності праці лежить технічне нормування операцій. З цією метою розраховують технічні норми штучно-калькуляційного часу, так як раніше було визначено тип виробництва - дрібносерійне. Технічне нормування будемо проводити для операції фрезерна з ЧПК. Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм

допоміжного часу. Метою даного нормування є визначення норми штучно-калькуляційного часу на операції.

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 6.11

Основний час: $T_o = 6,15$ хв. Норма часу N_n складається з норми підготовчо-завершального часу $T_{пз}$ і норми штучного часу $T_{шт}$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_v \cdot K_{тв}) \cdot (1 + [a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}] / 100), \quad (6.22)$$

де $a_{тех} = 4\%$ [9];

$a_{орг} = 4,7\%$ [9];

$a_{отл} = 4\%$ [9];

$K_{тв}$ за таблицею 2.7 [9] технічне обслуговування 1.0;

T_d – час на установку і зняття деталі [9];

$$T_d = T_{д.у} + T_{д.оп} + T_{д.вим}, \quad (6.23)$$

де $T_{д.у}$ – час на установку і зняття деталі вручну або під'ємним механізмом, 3,0 хв, [9];

$T_{д.оп}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (який не увійшов до програми), 0,56 хв[9];

$T_{д.вим}$ – допоміжний час на вимірювання (який не перекривається), 0,04 хв[9];

$$T_d = 3,0 + 0,56 + 0,04 = 3,6 \text{ хв}$$

$$T_{ца} = T_o + T_{д.ш}, \quad (6.24)$$

де T_0 – сумарний основний час на обробку, хв;

$T_{\text{мд}}$ – машинно-допоміжний час за програмою обираємо 0,28 хв, [9];

$$T_{\text{ца}} = 0,99 + 0,28 = 1,27 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = (1,27 + 3,6 \cdot 1,0) \cdot (1 + (4 + 4,7 + 4) / 100) = 5,48 \text{ хв.}$$

Використовуючи джерело [9] визначаємо підготовчо-завершальний час
 $T_{\text{пз}} = 45,3$ хв.

$$N_q = 8,025 + 45,3/52 = 8,89 \text{ хв.}$$

Нормування часу для операції круглошліфувальна 060

Вихідні дані для основного часу беремо з таблиці 6.13

Допоміжний час $t_{\text{доп}}$, хв., визначається для кожного переходу за елементами: час на установку і зняття деталі; час, пов'язаний з переходами; час, пов'язаний з контрольними вимірами.

Для деталі середньої конфігурації з масою 36,5 кг $t_{\text{доп}} = 1,5$ хв

Нормативи допоміжного часу на зміну режиму роботи верстата, $t_{\text{доп}} = 0,06$ хв

Нормативи допоміжного часу на один вимір деталей при слюсарних роботах $t_{\text{доп}} = 0,30$ хв.

$$t_{\text{доп}} = \sum_i^j t_{\text{доп}} \quad (6.25)$$

$$t_{\text{доп}} = 1.5 + 0.06 + 0.30 = 1.86$$

Додатковий час приймається у відсотках від суми основного і допоміжного часу та розраховується за формулою

						Лист
					ТМ 1851034-00 ПЗ	55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{\text{дод}} = (t_0 + t_{\text{доп}}) \cdot \frac{x}{100} \quad (6.26)$$

де x - додатковий час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби робітника, відсоток від суми основного і допоміжного часу:
 $x=6,5-7,2 \%$

$$t_{\text{дод}} = (3,5 + 1,86) \cdot 0,7 = 3,75$$

Штучний час розраховується за формулою

$$T_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{доп}} + t_{\text{дод}} \quad (6.27)$$

$$T_{\text{шт}} = 8,4 + 1,86 + 3,75 = 14,01 \text{ хв}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Норма підготовчо-заключного часу $T_{\text{пз}}$ складається з:

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту і пристосування: 9,0 хв;
- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації: 4,1 хв;
- часу на інструктаж майстра: 2,0 хв;
- часу на установку первісний режим роботи верстата: 0,15 хв;

$$T_{\text{пз}} = 9 + 4,1 + 2,0 + 0,15 = 15,25 \text{ хв.}$$

Норма часу $H_{\text{ч}}$ на виконання операцій на верстатах з ЧПК при роботі на одному верстаті складається з норми підготовчо-завершального часу $T_{\text{пз}}$ і норми штучного часу $T_{\text{шт}}$:

$$H_{\text{ч}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}} / n, \quad (6.28)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

де n – кількість деталей в партії для одночасного запуску;

T – штучний час;

$T_{пз}$ – підготовчо-завершальний час

$$N_{ч} = 14,01 + 15,25/52 = 14,3 \text{ хв}$$

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

7.1 Обґрунтування вибору системи пристрою

Сумський державний університет
**Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів**

Відповідно до завдання необхідно спроектувати верстатний пристрій з механізованим приводом для установки та закріплення на операції 040 свердлильна з ЧПК обробка проводиться на верстаті моделі Zenitech UFM160 (технічні характеристики наведено в таблиці 6.6).

Аналіз вихідних даних для проектування

На фрезерній операції із ЧПК виконується обробка 12 шпоночних пазів у деталі «Вал». Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових живильного насосу, для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь. Для виконання цих вимог використовується підпружинений палець, що зменшує похибку базування деталі.

7.2 Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції

Точність розмірів

На даній операції формуються такі лінійні розміри:

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$L = 40 \text{ мм}, B = 14 \text{ мм}, t = 5,5.$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 14$:

$$T_{40} = 62 \text{ мкм};$$

$$T_{14} = 43 \text{ мкм};$$

$$T_{5,5} = 30 \text{ мкм};$$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 5$:

$$T_{40} = 62 \text{ мкм};$$

$$T_{14} = 30 \text{ мкм};$$

$$T_{5,5} = 25 \text{ мкм};$$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 8$:

$$T_{30} = 52 \text{ мкм};$$

$$T_8 = 36 \text{ мкм};$$

$$T_6 = 36 \text{ мкм};$$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 10, L = 32$:

$$T_{32} = 62 \text{ мкм};$$

$$T_{10} = 36 \text{ мкм};$$

$$T_{5,5} = 30 \text{ мкм};$$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 10, L = 50$:

$$T_{50} = 62 \text{ мкм};$$

$$T_{10} = 36 \text{ мкм};$$

$$T_5 = 30 \text{ мкм};$$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 10, L = 40$:

$$T_{40} = 62 \text{ мкм};$$

$$T_5 = 30 \text{ мкм};$$

$$T_5 = 30 \text{ мкм};$$

Знаходимо значення допуску для пазу $B = 6, L = 10$:

$$T_{10} = 36 \text{ мкм};$$

$$T_6 = 30 \text{ мкм};$$

$$T_{3,5} = 30 \text{ мкм};$$

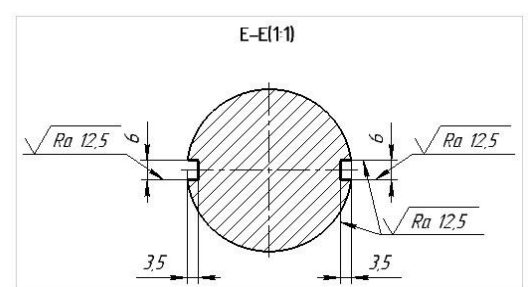
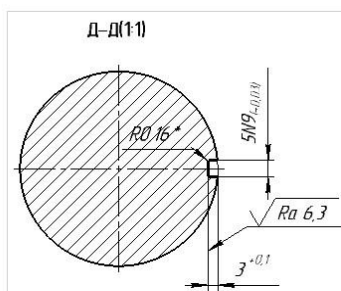
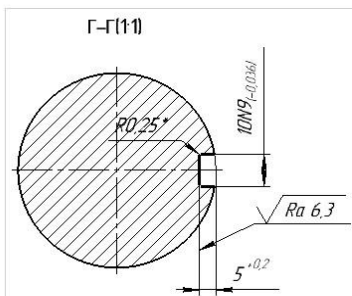
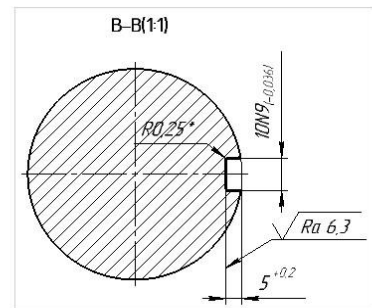
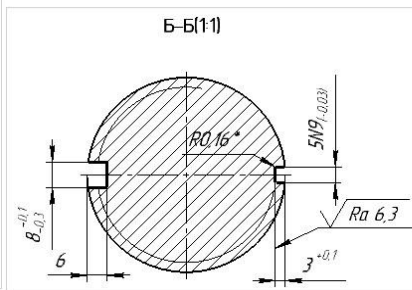
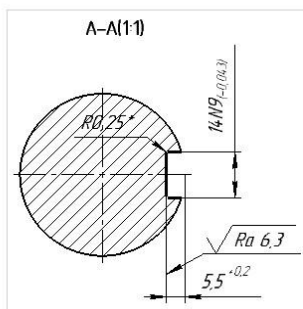
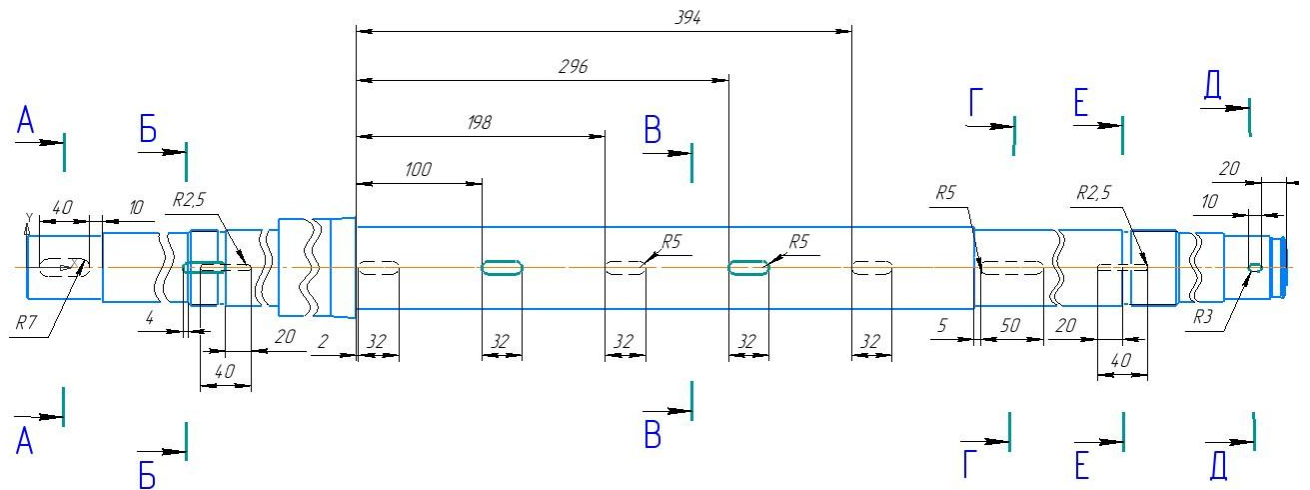


Рисунок 7.1 – Ескіз деталі

Точність форми

Похибку форми стінки пазу 40x5,5 мм (L = 40 мм, B = 14 мм, t = 5,5) характеризують відхиленням від площинності і нормують за ГОСТ 24643-81.

Незазначений допуск площинності приймаємо орієнтовно в межах 60% від допуску на розмір ширини пазу B = 14 мм.

Тоді розрахункове значення допуску площинності буде дорівнювати

$$T_{\square 40} = 0,6 \cdot 43 = 25,8 \text{ (мкм)}.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

59

Згідно [1, с. 107] беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\square}_{40} = 30 \text{ мкм},$$

що відповідає 10 ступеню точності.

Точність розташування

Зазначений допуск зміщення паза щодо осі вала не більше 0,2 мм, перекіс не більше 0,05 мм на довжині - 50 мм.

Шорсткість

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення $Ra = 0,63$ мкм.

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

7.3 З'ясування кількісних та якісних даних про заготовку, що надходить на операцію

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових. Для кількісної оцінки параметрів поверхонь, які можуть виступати в ролі базових, проводимо аналіз точності їхніх розмірів, точності форми, точності розташування та ступеня їхньої шорсткості.

Оскільки для обробки пазів застосовуємо призми, та підпружинений палець, то базовими поверхнями можуть виступати: поверхня $\varnothing 55d8$ та $\varnothing 55d8(2)$, а також торець заготовки $\varnothing 77h14$.

3.1 Точність розмірів

Знаходимо допуски на вище зазначені розміри:

$$T_{\varnothing 55} = 46 \text{ мкм};$$

$$T_{\varnothing 55} = 46 \text{ мкм};$$

											Лист
											60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

ТМ 1851034-00 ПЗ

$$T_{\varnothing 80} = 740 \text{ мкм.}$$

Це означає, що діаметри базових розмірів виконані з параметрами:
 $\varnothing 55d8^{(-0,1_{-0,146})}$, $\varnothing 55d8^{(-0,1_{-0,146})}$, $\varnothing 77h14^{(+0,74)}$,

3.2 Точність форми

Похибка форми поверхні $\varnothing 55d8$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 55} = 0,3 \cdot 46 = 13,8 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 55} = 16 \text{ мкм,}$$

що відповідає 7 ступеню точності [1, с. 110].

Похибка форми поверхні $\varnothing 55d8(2)$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 55} = 0,3 \cdot 46 = 13,8 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 55} = 16 \text{ мкм,}$$

що відповідає 7 ступеню точності [1, с. 110].

Похибка форми торця $\varnothing 77h14$ характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір.

Розраховуємо значення допуску площинності:

$$T_{\varnothing 80} = 0,6 \cdot 740 = 444 \text{ мкм}$$

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\varnothing 80} = 500 \text{ мкм},$$

що відповідає 15 ступеню точності [1, с. 107].

3.3 Точність розташування

Вказані допуски по радіальному биттю: поверхні $\varnothing 55d8$ та $\varnothing 55d8$, а також торця заготовки $\varnothing 77h14$.

$$T_{\varnothing 55} = 0,6 \cdot 46 = 27,5 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 55} = 40 \text{ мкм},$$

що відповідає 8 ступеню точності.

Для поверхні $\varnothing 55d8$:

$$T_{\varnothing 55} = 0,6 \cdot 46 = 27,5 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 55} = 40 \text{ мкм},$$

що відповідає 8 ступеню точності.

Для торця $\varnothing 77h14$:

$$T_{\varnothing 80} = 0,6 \cdot 740 = 444 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 80} = 600 \text{ мкм},$$

що відповідає 13 ступеню точності.

3.4 Шорсткість

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, і має такі значення:

Для $\varnothing 55d8$ вона становить $Ra = 3,2$ мкм.

Для $\varnothing 55d8$ вона становить $Ra = 3,2$ мкм.

Для $\varnothing 80h14$ відповідає $Ra = 0,8$ мкм.

Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

62

7.4 Визначення умов у яких буде виготовлятися та експлуатуватися спроектований пристрій

Річна програма випуску задана в 1300 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить великою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Вал” (1 рік) пристрій повинен здійснити 1300 робочих циклів.

Заготовка буде оброблюватися на верстаті із ЧПК моделі Zenitech UFM160B.

Основні параметри верстата:

- частота обертання шпинделя – 1500 об/хв;

- подача – 1,6 мм/об;

- максимальна осьова сила різання: $P = 9000 \text{ Н}$;

- потужність електродвигуна – 11 кВт;

- ККД верстата $\eta = 0,8$.

7.5 Складання переліку реалізованих функцій

0 Переміщення і попередня орієнтація заготовки;

1 Базування заготовки;

2 Закріплення заготовки;

3 Базування пристрою на верстаті;

4 Закріплення пристрою на верстаті;

5 Підведення і відведення енергоносія;

6 Утворення вихідної сили для закріплення;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

63

- 7 Керування енергоносієм;
- 8 Об'єднання функціональних вузлів;
- 9 Обробка пазів;
- 10 Створення безпечних умов праці.

7.6 Розробка та обґрунтування схеми базування

Вибір подвійної опорної, установчої та опорної базових поверхонь

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на базову поверхню може претендувати циліндричний отвір $\text{Ø}55\text{d}8$. На її користь свідчить таке:

- вона найбільш точно оброблена: $T_{\text{Ø}55} = 46 \text{ мкм}$;
- вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні $Ra = 3.2 \text{ мкм}$.

Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь

Циліндрична поверхня $\text{Ø}55\text{d}8$, будучи прийнятою в якості базової, позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи, тобто являється подвійною прямою базою.

У якості опорної бази беремо торець деталі $\text{Ø}80$, вона позбавляє заготовку одного ступеню свободи.

І для забезпечення позиційного допуску розташування отриманих пазів конструкція має підпружиненій палець. Дана схема базування показана на рисунку 6.1.

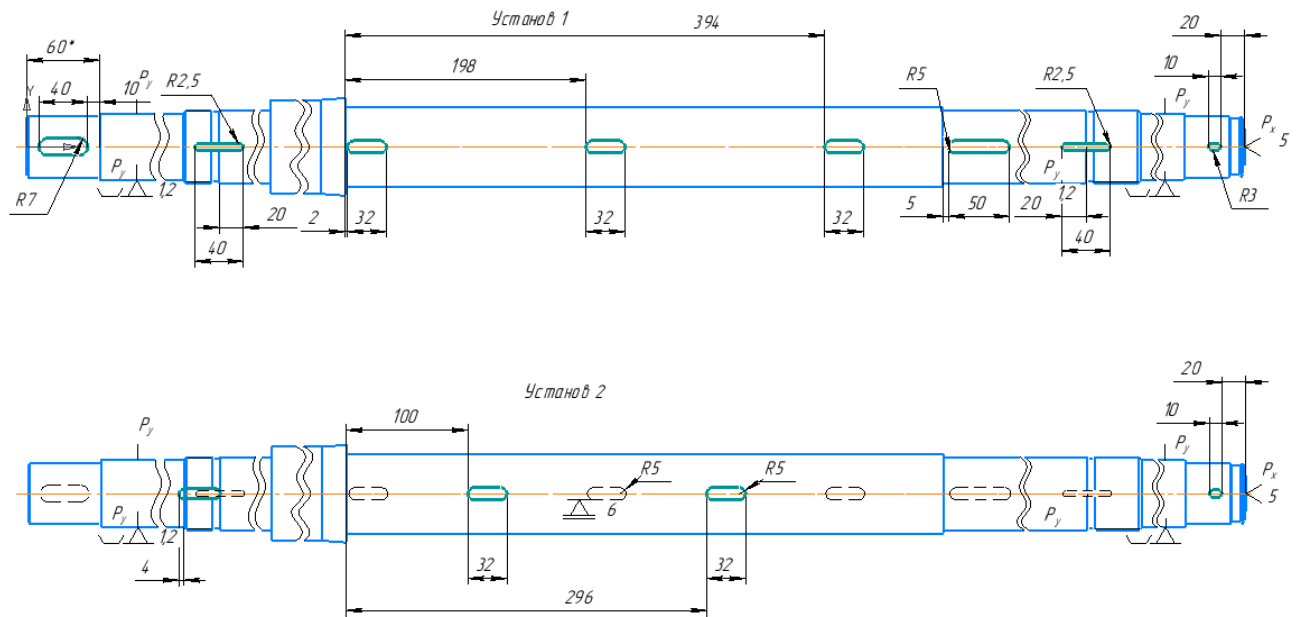


Рисунок 7.2 – Схема базування

Сумський державний університет

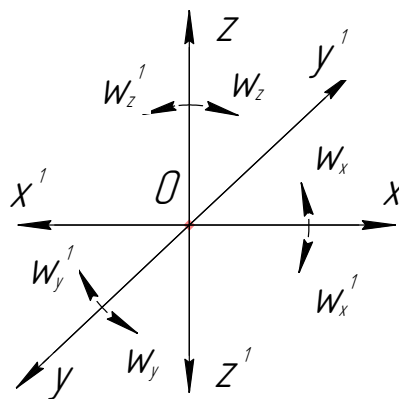


Рисунок 7.3 – Схема однібічних зв'язків, що покладають на заготовку (до таблиці 6.1)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

65

Таблиця 7.1 – Індеси та номери зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R

Альтернативною схемою базування можна вважати ту ж схему, що була представлена вище, але із заміною поверхні базування, яка відповідала за опорну базу. Замінюємо торець $\varnothing 77h14$, на торець $\varnothing 80h14$. Дана схема приведена на рисунку 6.3.

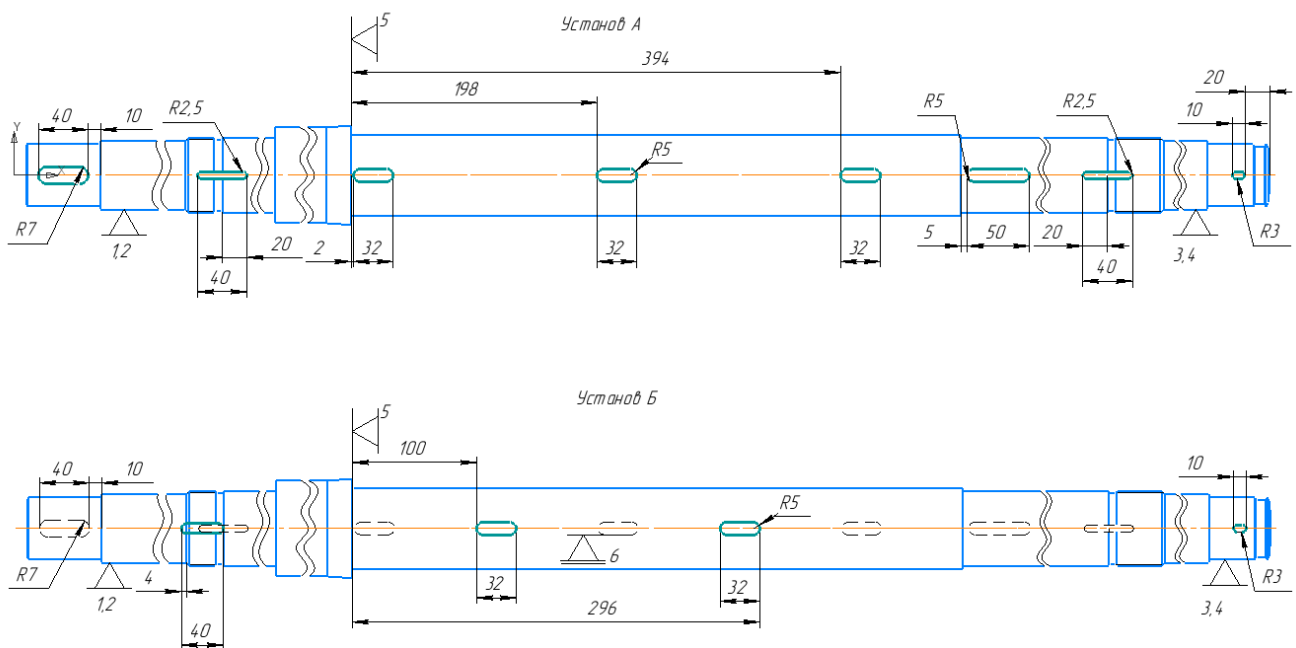


Рисунок 7.4 – Альтернативна схема базування

Схема базування (зображена на рисунку 6.1) є більш актуальною, по відношенню до схеми (рисунок 6.3). Тому що, поверхня по якій базується заготовка (у першому випадку) є більш розвинена, а ніж торець (у другому випадку). Це означає, що похибка перекоосу при обробці пазів буде меншою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7.7 Побудова функціональної структури верстатного пристрою

Функціональна структура пристрою представлена на рисунку 7.1.

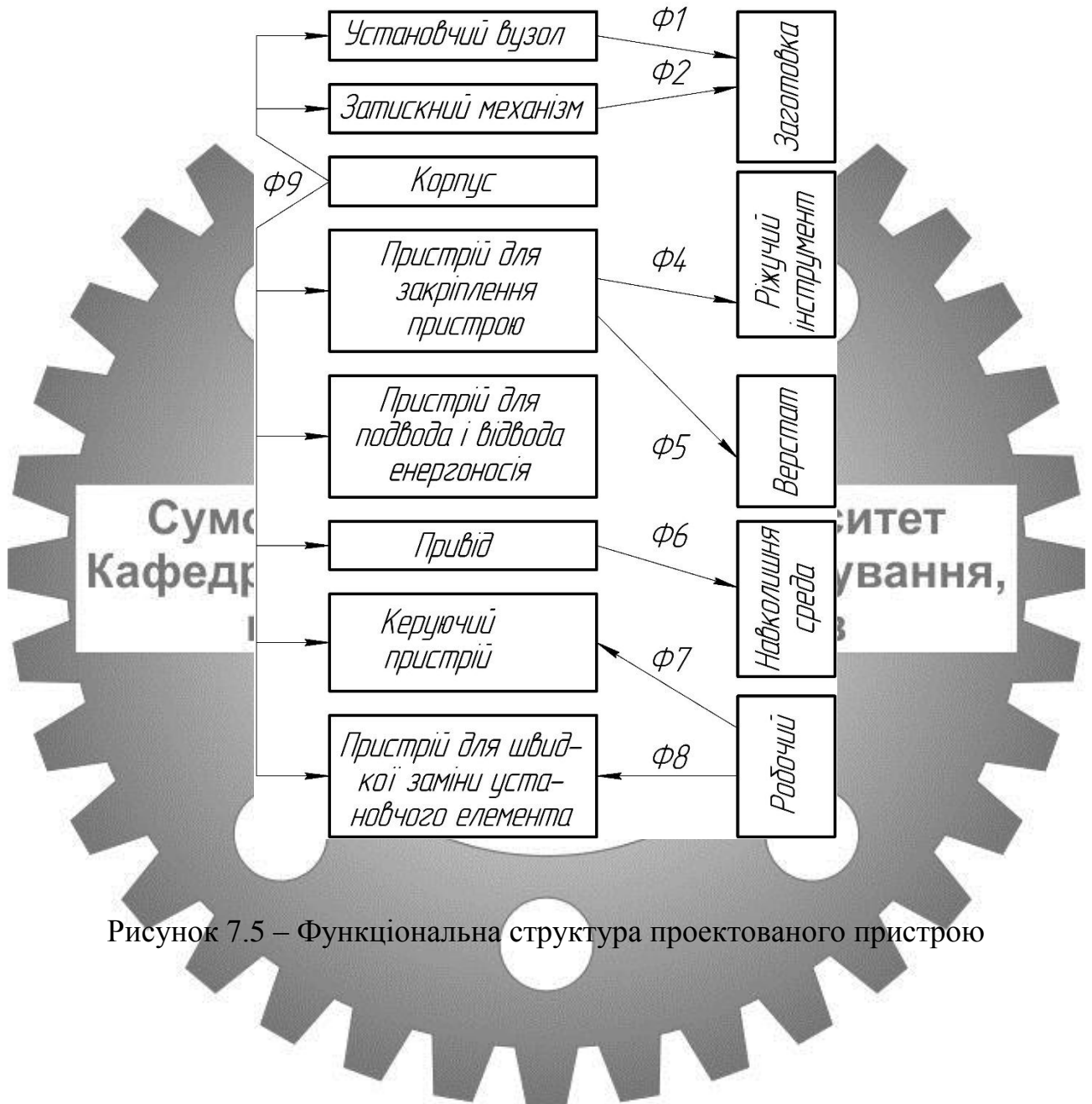


Рисунок 7.5 – Функціональна структура проектного пристрою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

67

7.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення

Аналіз структури полів збурюючих сил

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючих сил будемо графічну модель збурюючих сил (рисунок 7.5) взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

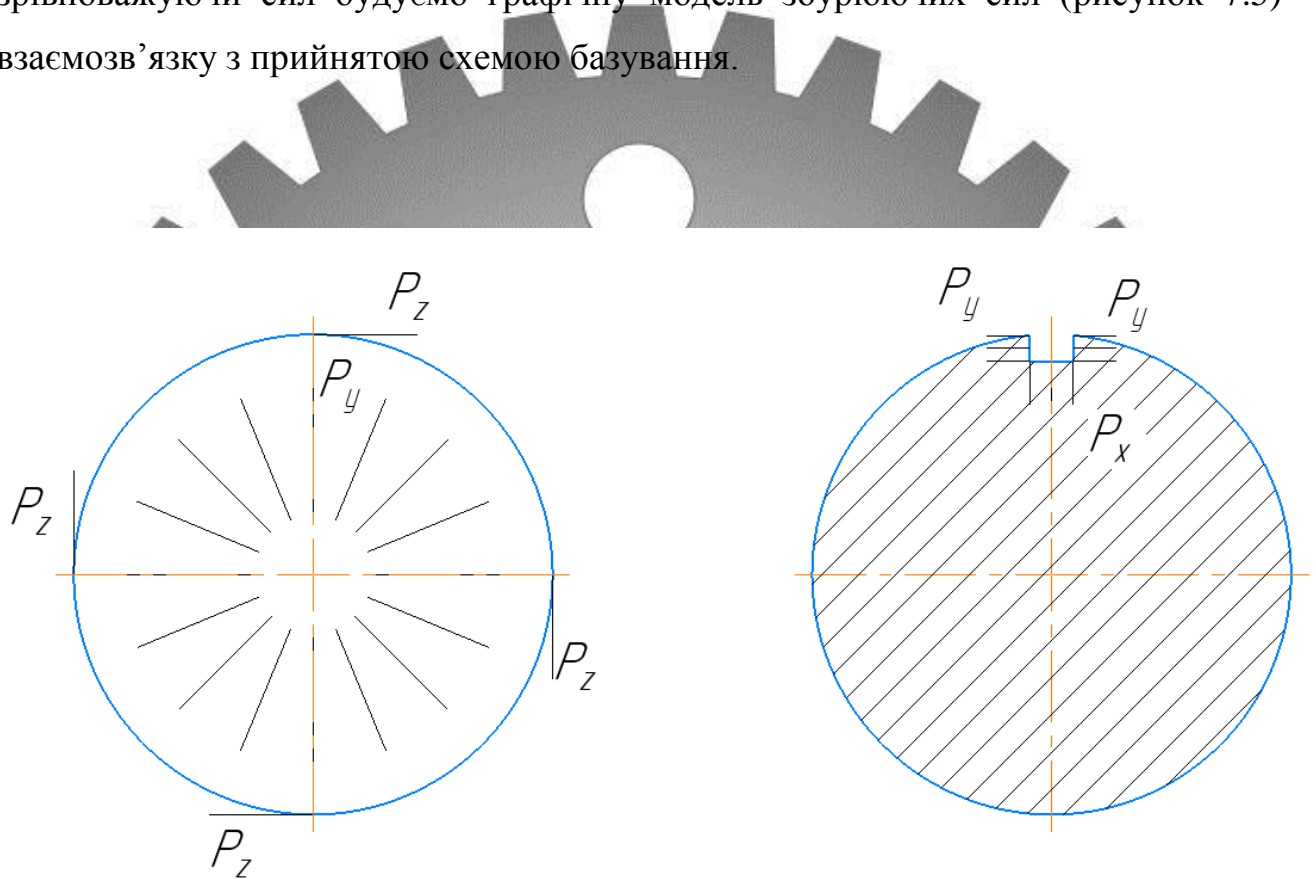


Рисунок 7.6 – Структура поля збурюючих сил

Аналіз структури полів зрівноважувальних сил

З рисунку 7.6 бачимо, що складова P_y' поля збурюючих сил зрівноважується реакцією P_y' . Інші складові поля збурюючих сил не зрівноважені та потребують прикладання додаткових сил закріплення. При даній схемі базування доцільно застосовувати пневмокамеру, яка створює поле зрівноважувальних сил, що й представлено на рисунку 7.6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

68

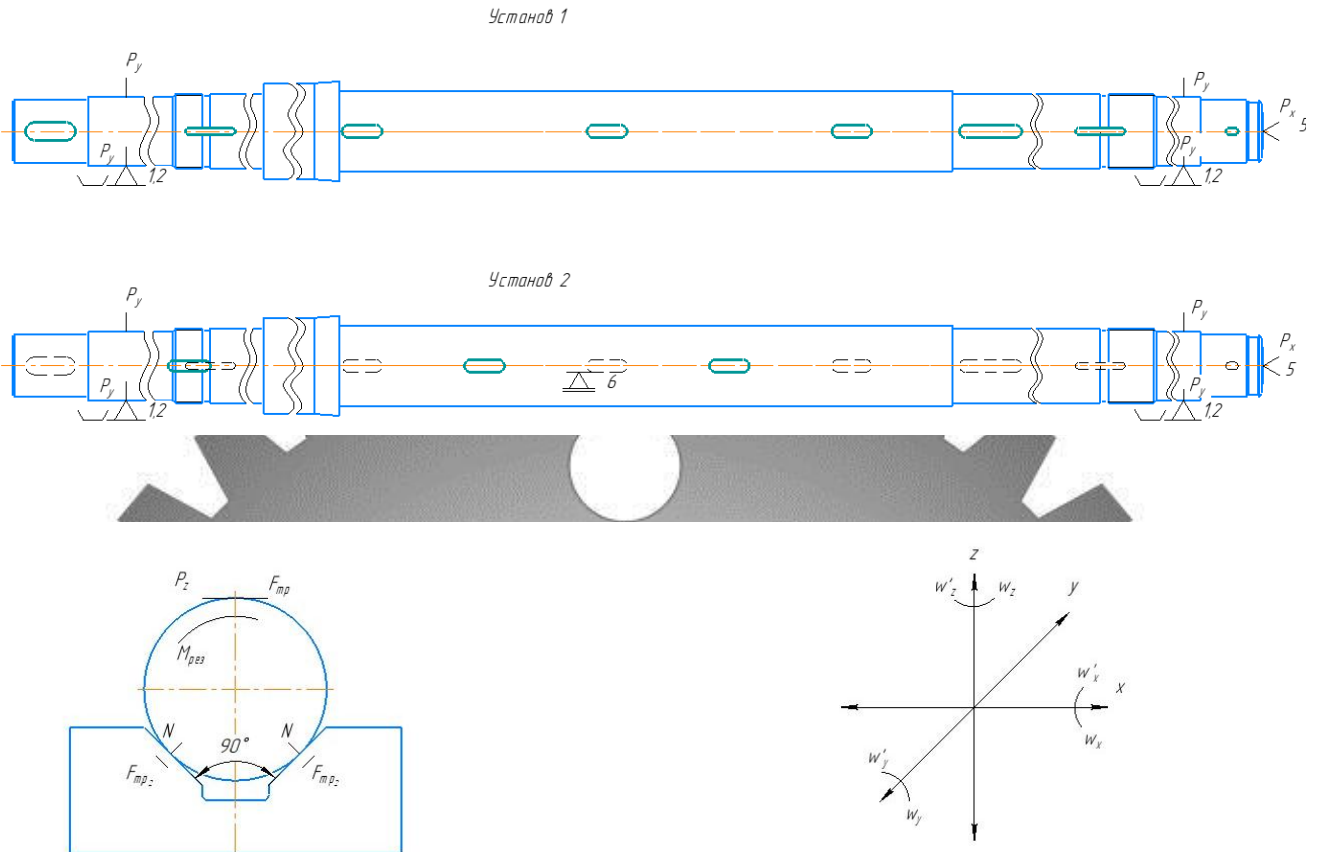


Рисунок 7.7 – Структура поля зрівноважувальних сил
 Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю однобічних зв'язків.

Таблиця 7.2 – Однобічні зв'язки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	-	R	R	-	R	-	-	R	R	R	R
	Сила закріплення	-	W	-	-	W	-	-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	-	-	-	-	-	-	F(W)	F(W)	-	-	-	-

Розрахунок сил затиску

Визначаю крутний момент, діючий під час фрезерування (по [6], с.277) по формулі:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p, \quad (7.1)$$

де, $C_M=0,0345$ - коефіцієнт, що враховує умови обробки ([6],табл. 32);

$D=14$ - діаметр фрези;

$q=2,0$ - показник ступеня при D ([6], табл. 32, с.281);

$S=0,25$ - оборотна подача ([6], табл. 25, с.277);

$y=0,8$ - показник ступеня при S ([6], табл. 32, с.281).

Коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу K_p , визначають по формулі ([6], табл. 9, с.264):

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n, \quad (7.2)$$

де, $\sigma_b=710$ МПа – межа міцності оброблюваного матеріалу;

$n=0,75$ – показник степені ([6], табл. 9, с.254).

Тоді:

$$K_{Mp} = \left(\frac{710}{750} \right)^{0,75} = 0,96$$

А момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0.0345 \cdot 14^{2,0} \cdot 0.25^{0,8} \cdot 0.96 = 21,41 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

При затиску момент сили тертя, що виникає між заготовкою й поверхнею призми, повинен бути більше моменту кручення при обробці:

$$M_{тр} = M_{кр} \cdot K, \quad (7.3)$$

де, $M_{тр}$ – момент тертя,

K – коефіцієнт запасу по формулі ([7], с.382-384):

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.4)$$

де, $K_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу сил затиску;

$K_1=1,0$ – стан технологічної бази;

$K_2=1,5$ – збільшення сили резання від прогресуючого затуплення інструмента;

$K_3=1,0$ – ударне навантаження на ПІ;

$K_4=1,0$ – стабільність силового приводу;

$K_5=1,0$ зручність розташування рукояток у ручних затискних механізмах пристосуваннях;

$K_6=1,25$ – наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку.

Тоді: $K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 3,75$

Під час розрахунку $M_{тр}$ розглядаю точку на поверхні заготовки: $R = 55,25$

Також момент тертя дорівнює добутку:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot R \quad (7.5)$$

де, $F_{тр}$ - сила тертя розраховується по формулі:

$$F_{mp} = Q' \cdot f \quad (7.6)$$

де, Q' – складова сили Q , прагнуча повернути заготовку;

$f=0,16$ – коефіцієнт тертя (по [7], табл. 3, с. 384).

Виконуючи математичні операції над формулами (8.5) і (8.6) виводжу формулу для обчислення сили Q :

$$Q = \frac{M_{кр} \cdot K}{R \cdot f} \quad (7.7)$$

Згідно цій формулі маємо:

$$Q = \frac{21,58 \cdot 10^3 \cdot 3,75}{55,25 \cdot 0,16} = 9082 \text{ (Н)}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

8.4 Обґрунтування вибору привода

Затиск заготовки виконується при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери двосторонньої дії. При цьому максимальна сила на штоку розраховується по формулі (для вихідного положення штока) (див.[22], с. 94):

$$Q = \frac{\pi}{16} [(D+d)^2 - d_1^2] \cdot p \quad (7.8)$$

де, D – діаметр діафрагми усередині пневмокамери, см;

d – діаметр опорного диска діафрагми, см;

d_1 - діаметр штока, см;

$p = 4 \text{ кгс/см}^2 \approx 39.2 \text{ Н/см}^2$ - тиск стиснутого повітря.

Діаметр опорного диска діафрагми визначається по формулі ([22], с.92)

$$d = D - 2h - (2 \div 4) \text{ мм} \quad (7.9)$$

де, $h = 4-8 \text{ мм}$ – товщина діафрагми (приймаю $h = 7 \text{ мм}$).

Тоді: $d = D - 2 \cdot 7 - 3 = D - 17 (\text{мм}) = D - 1,7 (\text{см})$.

Діаметр штока дорівнює:

$$d_1 = (0,08 \div 0,12) D \quad (7.10)$$

Приймаю значення $d_1 = 0,1D$.

Підставляючи співвідношення по формулах (8.9) і (8.10) у формулу (7.11), маємо наступне вираження:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$Q = 0,196 \cdot p \cdot [(2D - 1,7)^2 - (0,1D)^2] \quad (7.11)$$

Ураховавши те, що необхідна сила затиску дорівнює $Q = 9082 \text{ Н}$, а тиск стисненого повітря $p = 39.2 \text{ Н/см}^2$, маємо:

$$10730 = 0,196 \cdot 39,2 \cdot (4D^2 - 2 \cdot 2D \cdot 1,7 + 1,7^2 - 0,01D^2)$$

Вирішуємо квадратне рівняння:

$$30,7 \cdot D^2 - 52,2 \cdot D - 10710,8 = 0$$

$$D = \frac{52,2^2 + 4 \cdot 30,7 \cdot 10710,8}{2 \cdot 30,7} \approx 1148^2 > 0$$

$$D_1 = \frac{52,2 - 1148}{2 \cdot 30,7} < 0$$

$$D_2 = \frac{52,2 + 114,8}{2 \cdot 30,7} = 19,55(\text{см})$$

Приймаю стандартне значення діаметра пневмокамери $D=250\text{мм}$. Тоді діаметр опорного диска рівний : $d=250-2 \cdot 7-3=233(\text{мм})$. Приймаю $d=232\text{ мм}$. А діаметр штока : $d_1=0,1 \cdot 250=25(\text{мм})$.

Сила на штоку в його початковому положенні визначається по формулі:

$$Q = \frac{3,14}{16} \left[(25 + 23,2)^2 - 2,5^2 \right] \cdot 39,2 \approx 17825(\text{Н})$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, а, отже, пристосування забезпечує фіксоване положення при обробці.

Оптимальна довжина ходу штока пневмокамери визначається по формулі:

$$l = \frac{L}{2} = (0,17 \div 0,22)D \quad (7.12)$$

Тоді, приймаю значення $l=0,2D$, маємо: $l=0,2 \times 250=50(\text{мм})$.

7.9 Розрахунок пристрою на міцність

Для розрахунку на міцність береться шток. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа $\sigma_T=300\text{ МПа}$. На даному штоку при затиску заготовки саме вразливе місце - різь М16, за допомогою якої шток пристосування прикріплюється до штока пневмокамери.

Для того щоб не було розриву різі на штоку, необхідне виконання умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]$$

У свою чергу, допустиме навантаження штока $[\sigma_p]$ визначається по формулі:

$$[\sigma_p] \approx 0,67\sigma_\delta$$

Тобто: $[\sigma_p] \approx 0,67 \cdot 300 = 201$ МПа.

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізанням різі, найменший діаметр якого визначається по формулі:

$$d_1 = d - 2H = d - 1,08 \cdot P, \quad (7.13)$$

де, d_1 - внутрішній діаметр різі;

d – зовнішній (номінальний) діаметр різі;

H – висота витка;

P – крок різі (прийнятий $P=1,5$ мм).

Тому для різі М18: $d_1=16,38$ мм, а для М16: $d_1=14,38$ мм.

Навантаження штока визначається по формулі:

$$\sigma = \frac{Q}{S}, \quad (7.14)$$

де, Q – зусилля на штоці ($Q=17825$ Н);

S – площа розглянутого перетину штока.

Отже, найбільша напруга виникає в перетині з найменшою площею, у нашому випадку - по внутрішньому діаметрі різі М16

Будую ескіз штока (див. рисунок 7.8) і розбиваю його на три ділянки:

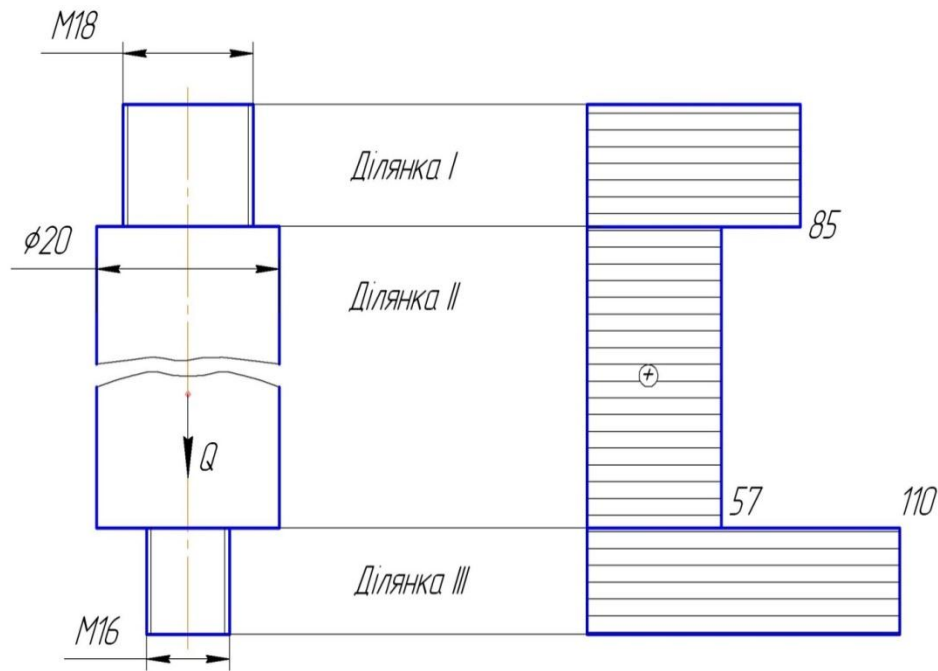


Рисунок 7.8 - Ескіз штока та епюра навантажень σ , МПа

Обчислюю навантаження, що виникають на ділянках:

$$I: \sigma_I^p = \frac{4Q}{\pi d_I^3} = \frac{4 \cdot 17825}{3 \cdot 14 \cdot (16,38)^3} \approx 85 \text{ (Н/мм}^2\text{)} \approx 85 \text{ МПа}$$

$$II: \sigma_{II}^p = \frac{4Q}{\pi d_{II}^3} = \frac{4 \cdot 17825}{3 \cdot 14 \cdot 20^3} \approx 57 \text{ (Н/мм}^2\text{)} \approx 57 \text{ МПа}$$

$$III: \sigma_{III}^p = \frac{4Q}{\pi d_{III}^3} = \frac{4 \cdot 17825}{3 \cdot 14 \cdot (14,38)^3} \approx 110 \text{ (Н/мм}^2\text{)} \approx 110 \text{ МПа}$$

Максимальна напруга буде на ділянці ІІІ, але вона не перевищує припустиме значення $[\sigma_p]$, виконується умова, а значить різь М16 на штоку витримає навантаження. Для наочності поруч із ескізом штока будує епюру навантаження (рисунок 7.7).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

76

7.10 Точнісні розрахунки пристрою

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою [4, с.26]:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_0)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (7.15)$$

де, $T = 620$ мкм – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції ($L = 40$ по 14 квалітету);

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_0 = 25$ – похибка базування заготовки в пристрої (вимірювальна і технологічна бази не співпадають);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (не збігається напрям сили закріплення до допуску розміру, що вимірюється).

$\varepsilon_y = 0,005$ мкм – похибка установалення пристрою на верстаті:

$$\frac{S \cdot l}{L} = \frac{0,018 \times 15}{490} = 0,005,$$

де, $l = 10$ мм (ширина оброблюваного пазу);

$L = 490$ мм (відстань між шпонками);

$S = 0,018$ мм (сума допусків шпонки на пристрою та шпонкового паза на столі верстата).

$\varepsilon_n = 0$ – похибка перекоосу інструмента (втулки не використовуються).

ε_u – похибка, що виникає внаслідок зношування встановлювальних елементів пристрою. Визначається за формулою:

					ТМ 1851034-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

$$\epsilon_{и} = N \cdot \beta, \quad (7.16)$$

де, $\beta = 0,001$ – постійний коефіцієнт, що залежить від виду встановлювальних елементів і умов контакту поверхонь [4, табл. 3.6 с.41];

$N = 1300$ шт – кількість контактів заготовки з опорою в рік;

$$\epsilon_{и} = 1300 \cdot 0,001 = 1,3 \text{ мкм.}$$

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки.

$\omega = 180$ мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 14 квалітету на розмір 40).

$\epsilon_{\text{поз}} = 0$ – похибка позиціонування.

Підставляємо значення:

$$\epsilon_{np} = 430 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0,005^2 + 0^2 + 9^2 + (0,6 \cdot 180)^2 + 0^2} = 430 - 130 = 300 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності, [1, с.109]:

Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів
 $\epsilon_{np} = 300 \text{ мкм}$

7.11 Опис пристрою та принцип його роботи

Пристрій в зборі повинен задовольняти технічним вимогам креслення загального виду й забезпечувати практичну обробку заготовки по заданим розмірам.

Всі деталі й вузли пристрою піддати візуальному контролю, а виявлені дефекти усунути:

Складання пристрою:

- 1) до підставки 2 кріпляться шпонки 17 за допомогою гвинтів 7;
- 2) до корпусу 4 кріпиться пневмокамера 1 гвинтами 10;
- 3) до корпусу 4 кріпиться оправка 3 гвинтами 8;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4) у шток пневмокамери вкручується шток-вставка

5) Експлуатація пристрою:

1) Установити на столі верстата й підключити до пневмомернежі.

2) Підготувати базові поверхні до установлення заготовки.

3) Установити заготовку на оправку.

4) Пересуванням рукоятки зафіксувати деталь швидкоз'ємною шайбою на оправці пристрою.

5) Після обробки отворів зробити розтиск деталі переміщенням рукоятки в інше положення.

6) Пристрій зберігати на дерев'яній підставці. Вплив атмосферних опадів й агресивних середовищ неприпустимо.



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

79

ВИСНОВОК

1. В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, проаналізований технологічний процес деталі «Вал 23.02.15.01», який входить до складу насоса живильного ПЄ 150.

2. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі, було визначено тип виробництва та форми його організації, порівняно декілька способів одержання заготовки з яких було обрано більш продуктивний метод штамповки на кривошипних гаряче-штамповальних пресах, за рахунок більшої продуктивності, та якості виготовленої продукції, також проаналізовані технічні вимоги до операції 045 горизонтально-фрезерна. Виконано аналіз існуючого технологічного процесу до операції 060, обґрунтовано вибір металорізального верстата, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювального інструментів. Також були розраховані режими різання для операції 045 горизонтально-фрезерна, також були розраховані норми.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

80

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, фрезерные, долбежные и фрезерные станки. изд. Второй. - М: Машиностроение, 1974 - 406 с.
2. Пескача В.М. Проектування та виробництво заготовок в машинобудуванні: Уч. посібник / П.А. Руденко, Ю. А. Харламов, В.М. Плескач. Вища шк., 1991 – 247 с.
3. Довідник технолога - машинобудівника. У 2-х т. Т. 1 / За ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., Перероб. і доп. - М : Машинобудування, 1985. 656 с., іл.
4. Справочник технолога-машиностроителя: справочник. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986 – 496 с.
5. Барановський Ю.В. Режимы різання металів. Довідник. Вид. 3-е, пререраб. і доп. М.: Машинобудування. 1972. - 408 с., іл.
6. Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт виконуваних на металорізальних верстатах з ЧПК. - Ч.1. Токарні, карусельні, токарно-револьверні, алмазно-розточні, свердлильні, довбальні і фрезерні верстати. – Москва: Машинобудування, 1974. – 416 с.
7. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи студентів з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв» / Укладачі: Ю.А. Буренніков, Д.О. Лозинський. – Вінниця : ВНТУ, 2014 – 105 с.
8. Романова С.Ю. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и

многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – Москва 1990 – 206 с.

9. Справочник технолога- машиностроителя. В 2-х томах Т.1 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. –4-е изд. перероб. и доп. - М., «Машиностроение», 1985г.

10. Щербак Ю. Г. Методичні рекомендації до практичних занять із дисципліни «Основи охорони праці» / Ю. Г. Щербак, О. В. Макарова. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. – 64 с. – (Методична серія ; Вип. 202).

11. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. — 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. - М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 256 с.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 1851034-00 ПЗ

Лист

82