

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віталій ІВАНОВ

«___» грудня 2020 р.

Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала шліцьового 469.72.67.49 редуктора РМ – 5 шляхом структурно-параметричної оптимізації шпонково-фрезерної операції

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

Освітня програма – технології машинобудування

Студент

Р. Г. Маленко

Керівник

А. В. Євтухов

Консультант з охорони праці
та безпеки у надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

Зміст

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ ШЛІЦЬОВОГО.....	11
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей валу шліцьового та умов його експлуатації	11
1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	14
1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації.....	17
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	19
1.4.1 Оцінка технологічності за якісними показниками	19
1.4.2 Оцінювання технологічності за кількісними показниками	21
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу	23
1.6 Висновок	26
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВОГО ВАЛА	28
2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі .	28
2.2 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї	31
2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку	38
2.4 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	41
2.5 Обґрунтування вибору металорізального верстата.....	46
2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	48
2.7 Розрахунки режимів різання	49
2.8 Технічне нормування операцій.....	55
2.9 Проектування верстатного пристрою для фрезерування паза	59
2.9.1 Обґрунтування необхідності пристосування. Вибір системи пристосування.	59
2.9.2 Розробка і обґрунтування схеми базування.	61
2.9.3 Розробка і обґрунтування схеми закріплення.....	62

2.9.4 Розрахунок пневматичного поршневого приводу.....	66
2.9.5 Розрахунки точності пристосування.....	67
2.9.6 Опис пристрою і роботи пристосування.	68
2.10 Проектування контрольно-вимірювального пристосування.....	68
2.11 Висновок	77
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ НА ОПЕРАЦІЇ №030 «ШПОНКОВОФРЕЗЕРНА».....	
3.1 Актуальність, мета та методи дослідження	79
3.2 Результати статичного дослідження системи «пристрій- заготовка»	82
3.3 Аналіз результатів динамічного дослідження системи «пристрій- заготовка»	84
3.4 Висновок	87
ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	90
Додаток А Креслення деталі «Вал шліцьовий».....	91
Додаток Б Розрахунок припусків на діаметральні розміри.....	92
Додаток В Специфікація пристрою для фрезерування шпонкового паза.....	93
Додаток Г Специфікація контрольно-вимірювального пристрою	95
Додаток Д Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	96

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудівна галузь відіграє ключову роль в прискоренні науково-технічного прогресу, забезпечує підвищення продуктивності праці, визначає умови для розвитку продуктивних сил різних видів виробництва в усіх галузях промисловості.

Надважливим завданням машинобудування є вдосконалення існуючих та розробка нових технологічних процесів, широке запровадження автоматизації і механізації виробництва.

Таким чином актуальною є розробка та вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал шліцьовий» 469.72.67.49 редуктора РМ – 5.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Представлена робота пов'язана з існуючим на кафедрі «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ напрямком наукових досліджень спрямованих на підвищення ефективності процесів механічної обробки (тема держбюджетної НДР «Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин шляхом вдосконалення методів механічної обробки конструкційних матеріалів, технологічного устаткування та оснащення, систем якості організації та методів викладання технічних дисциплін» (0116U000933)).

Мета і задачі дослідження. Метою представленого дослідження є підвищення ефективності техпроцесу виготовлення деталі «Вал шліцьовий» 469.72.67.49 шляхом структурно-параметричної оптимізації шпонково-фрезерної операції.

Для розв'язання зазначеної мети в роботі були поставлені такі задачі:

- 1) проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення деталі «Вал шліцьовий»
- 2) розробити рекомендації щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал шліцьовий»;

3) виконати проектування конструкції спеціального верстатного пристрою для встановлення та закріплення заготовки;

4) виконати проектування конструкції спеціального контрольно-вимірювального пристрою для контролю радіального биття поверхонь деталі;

5) провести дослідження конструкції спроектованого верстатного пристрою з використанням методів статичного та динамічного аналізу. Розробити рекомендації щодо вдосконалення конструкції верстатного пристрою.

Об'єкт дослідження – техпроцес по виготовленню деталі «Вал шліцьовий», операція шпонково-фрезерна.

Предмет дослідження – структурно-параметрична оптимізація технологічної операції «Шпонково-фрезерна», конструкція спеціального верстатного пристрою для встановлення та закріплення заготовки.

Методи дослідження. Основні результати в роботі отримано внаслідок проведених теоретичних та експериментальних досліджень. Розробку твердотільної 3D-моделі спеціального верстатного пристрою було виконано в прикладному програмному пакеті «Компас-графік 3D». Статичний та динамічний аналіз отриманої конструкції виконувався в прикладному програмному пакеті «ANSYS Workbench».

Наукова новизна. В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень та виконаного статичного і динамічного аналізу розробленої конструкції верстатного пристрою для встановлення та закріплення заготовки деталі «Вал шліцьовий», було сформульовано рекомендації щодо її вдосконалення, забезпечення стабільної та надійної роботи та підвищено ефективність операції «Шпонково-фрезерна» в цілому.

Практичне значення результатів дослідження полягає у тому, що на основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень було сформульовано практичні рекомендації, щодо вдосконалення конструкції верстатного пристрою для встановлення та закріплення заготовки і підвищення ефективності операції «Шпонково-фрезерна» технологічного процесу виготовлення деталі «Вал

шліцьовий» 469.72.67.49 редуктора РМ – 5

Апробація роботи. Немає.

Публікації. Оpubліковано тези доповіді на конференції [1].

Особистий внесок автора. Автором було виявлено недоліки існуючого технологічного процесу виготовлення деталі. Запропоновано нововведення, які спрямовані на підвищення ефективності технологічного процесу. Виконано проектування верстатного та контрольнo-вимірювальних пристроїв. Проведено дослідження конструкції спроектованого верстатного пристрою з використанням методів статичного та динамічного аналізу. Сформульовані висновки та рекомендації.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 3-х розділів, загальних висновків, переліку використаних посилань з 22 найменувань, 95 сторінок основного тексту, 19 рисунків та 25 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛУ ШЛІЦЬОВОГО

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей валу шліцьового та умов його експлуатації

Створення машини процес, що складається входить на підприємстві з основних частин як: виготовлення та проектування. Два процеси, які взаємозалежні переслідують єдину ціль – створення машин передбачених для виконання даного службового призначення. Показник експлуатаційної якості машини та її механізмів залежать не тільки якісно розробленої технології для виготовлення деталей, але й від конструкції та складання у виріб.

Для чіткого і обґрунтованого подання завдань для розроблення ТП збірки виробу та виготовлення, необхідно знати її функції, призначення для використання машини, та її області експлуатаційної умови, низку причин виходу з ладу.

Отримана для виконання магістерського проекту деталь являється складовою частиною представленого редуктора «Лебідки».

Редуктором є механізм, що слугує для підвищення обертового моменту і в одно час зменшення частоти обертання. Редуктор – лебідки, являє собою закінчений механізм, котрий з'єднується з робочою механізованою муфтою або наприклад іншим роз'ємними пристроями та двигуном.

Типові характеристики редуктора лебідки включають в себе:

Потужність, котра передається:

- 1кВт є максимальним та номінальна 0,6 кВт;
- передаточне відношення становить 20,04;

Частота валу обертання на вході:

- максимальна – 1900 хв⁻¹;

– номінальна - 1200 хв^{-1}

Крутний момент валу на виході:

– робочим – $23 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

– холостий хід - менше $5 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Частота валу обертання на виході:

– максимальна - $91,6 \text{ хв}^{-1}$

– номінальна - 55 хв^{-1}

Крутний момент валу на виході:

– максимальний - $1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

– номінальний - $510 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Призначається редуктор для робіт при верстатному обладнанні всередині та зовні в цеху, який не буде містити агресивних речовин. Дозволяється потрапляння на корпус охолоджуючої та змащувальної речовин. Працює при експлуатаційній температурі в діапазоні $9-51^\circ\text{C}$ при відносній вологості в межах 78% . Рівень шуму не більше 34 дБ . Допускається нагрівання корпусу до 45°C . Редуктор слугує при безвідмовній та безперервній роботі для номінальних і максимальних навантажень при зниженні крутного моменту (рис. 1.1).

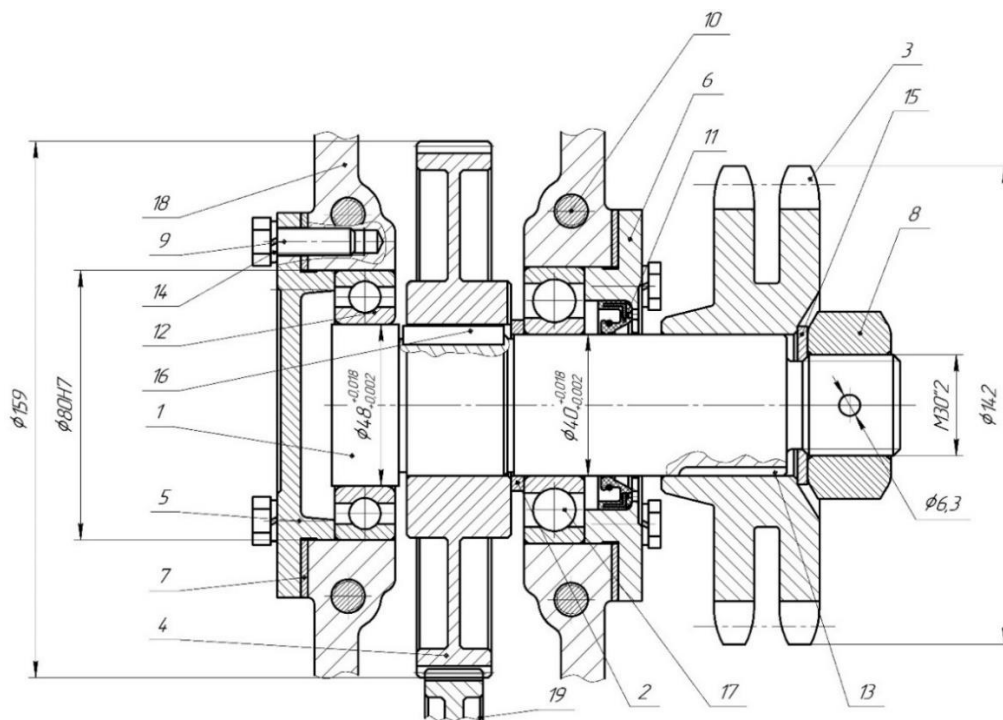


Рисунок 1.1 – Ескіз вузла редуктору

Опис конструкції редуктора лебідки.

Встановлений вал-шліцьовий 1 в підшипниках 12 і 17, у корпусі редуктора 18, закритими кришками 5 та 6. В кришці 6 встановлене ущільнювальне кільце 11, котре прилягає до поверхні валу. На валу встановлюється двох-рядна зірка 3, котра розміщується на шліцьову поверхню 13 і закріплюється гайкою 8. Потім шестерня 4 котра встановлюється до шпонки 16 та орієнтується за допомогою втулки 2 в осьовому напрямку та перебуває в зчепленні колесом 19.

Вал шліцьовий 1 в редукторі слугує для передачі та розподіл крутного моменту. Передача обертового моменту виконується за допомогою ланцюгової передачі, двох-рядної зірки через шліцьову поверхню 13 при цьому розподіляється на зубчасті передачі (колеса 19 та 4).

На основі проведеного аналізу на кресленні деталі можемо зазначити, що перетинів і наявних проєкцій достатньо, які є правильно розміщені згідно діючих стандартів, на всіх вказано поверхнях вихідні дані:, шорсткість, розміри і точність, наявні необхідні всі технічні вимоги для виготовлення деталі.

Схема базування деталі в вузлі здійснена на рисунку 1.2, таблиця матриці зв'язків та відповідності, накладених на деталь, виконана в табл. 1.1 та 1.2.

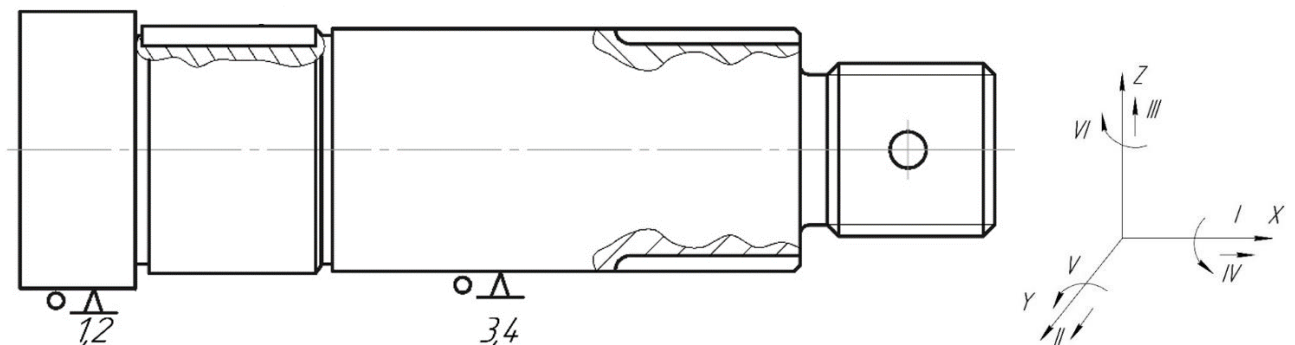


Рисунок 1.2 – Схема базування деталі в вузлі

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені свободи	Назви баз
1,2,3,4	III,VI,V,II	Подвійна напрямна база
	I	Вакансія
	IV	Вакансія

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійна напрямна база
A	0	1	1	
L	1	0	0	Вакансія
A	1	0	0	

Проведений аналіз схеми базування деталі дозволяє підбити висновок, що деталь являється частково забазованою, позбавляється 4-х ступенів вольності у вузлі, вакантними є поступальний рух вздовж осі та обертання навколо осі деталі. Деталі вільно обертається навколо своєї осі, що є необхідною умовою для функціонування редуктору. Відсутність обмеження на поступальний рух вздовж осі є виправданим лише у випадку коли гарантована відсутність осьових сил, що виникають в ході роботи редуктора. При існуючих умов, єдине, що заважає осьовим зміщенням вала – сили тертя в посадках з натягом «вал-підшипник».

1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Деталь вал шліцьовий 469.72.67.49 призначена для передавання крутного моменту у виробі, має шліцьову поверхню, наскрізний отвір та шпонковий паз в подальшому слугує встановленню зубчастого колеса, має різь.

Матеріал валу сталь 45 ГОСТ1050-88 – конструкційна вуглецева сталь, яка застосовується для середніх розмірів деталей з твердою зносостійкою поверхнею при досить в'язкій та міцній серцевині, що витримує великі швидкості і середній тиск, належить до найбільш поширених в будівництві редукторів.

Механічні властивості та хімічний склад сталі 45 ГОСТ1050-88 наведені в таблицях 1.3 – 1.4 ([1], табл. 1.2.5, с.54; табл.1.2.6, с.54).

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ1050-88

Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Мідь (Cu)	Нікель (Ni)	Фосфор (P)	Хром (Cr)	Сірка (S)
		не більше				
0,17-0,47	0,51-0,80	0,25	0,26	0,035	0,25	0,04

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ1050-88

σ_0 , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
590	24	25	137

Проводимо характеристику поверхонь. Основні базові поверхні деталі зображені на рисунку (рис. 1.3):

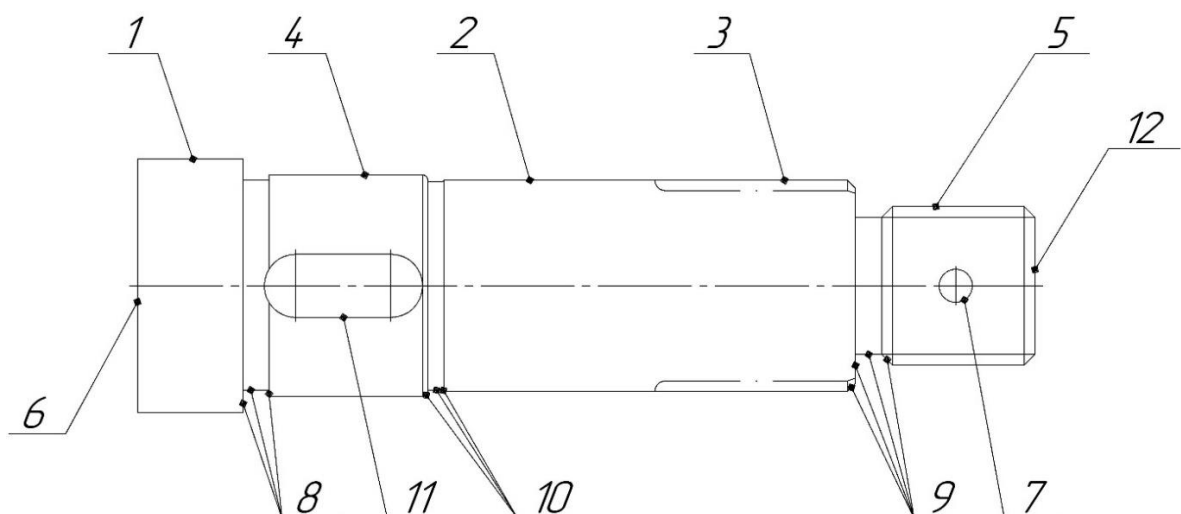


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі

Класифікуємо існуюче розмаїття поверхонь деталі за чотирма видами (табл. 1.5):

Основні конструкторські бази - поверхні, при сприянні котрих визначається розміщення деталі у вузла - поверхні 1, та 2.

Виконавчі - поверхні, при допомозі котрих деталь виконує безпосередньо своє службове призначення - поверхні 3 та 11.

Допоміжні конструкторські бази - поверхні, що визначають положення приєднуючих деталей відповідно цієї деталі. Ними є поверхні 3, 5, 7, 11.

Поверхні 8, 6, 9, 10, 12 - вільні поверхні, не межують з поверхнями навколишніх деталей виробу, але габарити їх визначають: жорсткість і масу.

Таблиця 1.5 – Класифікація поверхонь

Вид поверхні	Номери поверхонь
Виконавчі	3, 11
ОКБ	1, 2
ДКБ	3, 5, 7, 11
Вільні	6, 8, 9, 10, 12

Шорсткості поверхонь та їх значення, насамперед свідчить про обрані високі вимоги для оброблюваних поверхонь на деталі.

Термічна обробка - поліпшення, точніше - загартування і високе відпускання в межах твердість 40-45 HRC.

В ході проведення оцінки технологічність деталі необхідно відзначити, сталі 45 належить гарна оброблюваність різальним лезовим інструментом. Не дивлячись на те, що заміниками даного матеріалу є сталь 40X, 50Г2, 50, їх застосування є не доцільним внаслідок того, заданий на кресленні матеріал після термічної обробки в змозі забезпечувати необхідні фізичні і механічні властивості.

Технічні вимоги, що висуваються до деталі вал-шліцьовий:

1) Твердість в межах HB 150...260. Для того, що деталь сприймає вібрації деякі ривки агрегату під впливом динамічних напружень та навантажень, механічні властивості сталі повинні відповідати вимогам функціонального використання;

2) Незазначені наявні граничні відхилення для розмірів H14, h14, \pm IT14/2. Поверхні, де не виконуються вимоги, щодо обробки точності, служать для конфігурації деталі та не є відповідальними (технологічні поверхні). Що в цілому дозволить проставляти на кресленні розміри без надмірного його загромадження.

3) Невказані допуски розташування та форми по ГОСТ 25069-81. На кресленні присутні допуски на найбільш точні поверхні (а саме, допуск на $\varnothing 40$ та $\varnothing 42$ мм), тому решта поверхонь, які не мають даних позначок, беруться як для звичайного машинобудування відповідно ГОСТ 25069-81, що дозволить досить спростити креслення (не вказуючи для цього допуски для всіх поверхонь).

Креслення валу шліцьового має довільну кількість перерізів та видів, що дають загальне уявлення про конструктивну особливість цієї деталі. Матеріал деталі повністю задовольняє висунуті вимоги, що в свою чергу забезпечує безперебійну працездатність деталі даного вузла. Беручи до уваги конструкцію деталі, її службове призначення і технічні вимоги, підсумовуємо, що деталь повинна перебувати в умовах ненадмірних навантажень, не піддаватися дії агресивного середовища.

1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Розглядаємо коротку характеристику обраного типу виробництва.

Середньосерійний виробничий тип характеризується звичною для себе обмеженою номенклатурою виробів виготовлення та значно великим об'ємом випуску. Продукція виходить партіями, що періодично повторюються. Верстати

розміщуються за ходом технологічного процесу, цеху поряд з універсальними верстатами працюють автомати та напівавтомати. Присутнє виконання декількох операцій на кожному робочому місці. Дозволяється використанню спеціалізовані пристосування, лезовий і вимірювальний інструмент. Підприємство має добре розвинену виробничу структуру, що створює предметно-замкнуте виробництво, за технологічним принципом спеціалізуються заготівельні цехи, це все дає значно нижчу собівартість виготовленої продукції при порівнянні з одиничним типом виробництва.

Всі подальші розрахунки виконуємо для умов середньосерійного типу виробництва.

Визначаємо форму виробничої організації. Розраховуємо добовий випуск:

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_{\text{річ}}}{C}, \text{ шт/день}, \quad (1.1)$$

де C – кількість робочих днів, що розраховуються у році, $C=254$ дні.

$$N_{\text{доб}} = \frac{4500}{254} = 18 \text{ шт/день}$$

Визначаємо фонд добової роботи обладнання за формулою:

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{254}, \text{ хв}, \quad (1.2)$$

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot 3900}{254} = 921 \text{ хв}$$

Визначаємо середню трудомісткість на механічних операцій:

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n}, \text{ хв}, \quad (1.3)$$

де n – число механічних операцій, $n=8$;

$$T_{\text{ср.}} = \frac{33,2}{8} = 4,15 \text{ хв}$$

Завантаження потокової лінії добової потужності при 60% визначаємо за

формулою:

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{F_{\text{доб.}}}{T_{\text{ср.}}} \cdot 0,6, \text{ шт} \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{доб.}} = \frac{921}{4,15} \cdot 0,6 = 133 \text{ шт}$$

При виконанні проведення нерівності: $N_{\text{доб.}}=18 < Q_{\text{доб.}}=133$ можемо спостерігати, добовий випуск є на багато меншим добової потужності потокової лінії даної виробництва при завантаженні яка становитиме приблизно 60%. Отже, використання одно-номенклатурної потокової лінії є нераціональним, тому необхідно обрати групову форму організації праці.

Знаходимо кількість в партії деталей за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{253}, \text{ шт} \quad (1.5)$$

де a – запуск в днях, $a = 6$ днів;

$$n = \frac{4500 \cdot 6}{253} = 107 \text{ шт.}$$

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.4.1 Оцінка технологічності за якісними показниками

Обраним матеріалом виготовлення деталі валу шліцьового 469.72.67.49 є сталь 45, яка є водночас відносно недорогим та рідкісним матеріалом, та являється при цьому з гарними фізико-хімічними властивостями, мають достатню міцність, маж можливість гарно піддаватися процесу термообробці чи різання.

Габаритні розміри: зовнішній найбільший діаметр деталі - 48 мм, довжина - 170 мм.

Загальним видом обробки та виготовлення деталі являється різання. Основними операціями технологічного процесу є:

- підрізання та центрування торців;
- шліфувальна та токарна обробка зовнішньої поверхні;
- шліце-фрезерна обробка поверхні;
- фрезерування шпонкового пазу;
- свердлування отвору.

Деталь отримала достатню жорсткість використання всіх методів обробки при своїх параметрах, це дозволяє обирати звичайні пристосування для встановлювання та закріплення, можливості використання лезового оброблювання без ускладнення.

При необхідності застосування високопродуктивного обладнання, для аналізу поверхонь, потрібно та необхідно зазначити, що більшість поверхонь відносяться до простих, яке значно полегшує дану обробку, як досягнута точність деталі завжди має залежність від простоти конструкційної характеристики особливостей форми деталі. Вал шліцьовий включає в себе прості поверхні. Найбільш складнішим є одержання поверхні $\varnothing 40\text{мм}$, що є шліцьовою у плані механічного оброблення деталь є технологічною. Всі інші оброблювальні поверхні мають досить зручне розташування, являються достатньо розвинутими, що дає змогу полегшити умови закріплення, базування в наступних механічних операціях. У ході проведення загального аналізу можемо стверджувати, та віднести деталь за формою поверхонь до технологічної.

Вал шліцьовий, має невеликий діапазон перепадів діаметральних розмірів, на деталі присутні фаски, забезпечується зручне підведення інструменту до поверхонь, що оброблюються, ступінчасті поверхні розташовані на деталі за зростанням, деталь в загальному складається з ділянок, які можуть бути доступні для обробки фрезеруванням, різанням, свердлінням. Обробка ведеться уніфікованими ріжучими інструментами, проводиться контроль точності поверхні вимірювальним інструментом, тому цю деталь можна вважати

технологічною. Вона складається з найбільш розповсюджених уніфікованих елементів як перераховані: фаски, центрові отвори, канавки, шпонковий паз, різьбова поверхня, шліци.

Найперше завдання для аналізу технологічності деталі прирівнюється до як найбільш характерно можливого здійснення зменшення трудомісткості та металоємності, проведення використання високопродуктивної обробки. Що зможе дозволити зменшувати собівартість її при виготовленні.

1.4.2 Оцінювання технологічності за кількісними показниками

Основними показниками кількісної технологічності, котра характеризує деталь є наступне: коефіцієнт використання матеріалу (КВМ), коефіцієнт шорсткості поверхонь, коефіцієнт точності обробки [3].

Коефіцієнт точності обробки визначуваний по формулі:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}} \quad (1.6),$$

де $T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}$ - середня точність розмірів

T_i - номер квалітета;

n_i - кількість розмірів i - того квалітета.

Кількість розмірів різних квалітетів для даної деталі представлена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Кількість розмірів різних квалітетів

Квалітет	6	7	8	9	12	14
Кількість розмірів	3	1	1	1	1	26

Визначаємо середню точність розмірів:

$$T_{\text{cp}} = \frac{6 \cdot 3 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 26}{3 + 1 + 1 + 1 + 1 + 26} = 12,67$$

Розраховуємо коефіцієнт точності, величина якого становить:

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{12,67} = 0,92$$

Коефіцієнт точності є доволі високим. Це вказує про технологічність деталі з погляду на отримувану точність розмірів.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{\text{Ш}_{\text{cp}}}, \quad (1.7)$$

де $\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i}$ - середня шорсткість поверхонь

Ш_i - значення шорсткості за критерієм Ra, мкм;

n_i - кількість поверхонь з і-тою шорсткістю.

Кількість поверхонь з різними параметрами шорсткості для даної деталі представлена в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Кількість поверхонь з різною шорсткістю

Шорсткість по Ra, мкм	0,8	3,2	6,3
Кількість поверхонь	3	1	17

Визначаємо середню шорсткість поверхонь:

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{0,8 \cdot 3 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 17}{3 + 1 + 17} = 5,36$$

Середній коефіцієнт шорсткості для деталі становить:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{5,36} = 0,81.$$

Коефіцієнт шорсткості при розрахунку являється доволі високим, що свідчить про рівень технологічності деталі з погляду отримуваної в процесі механічної обробки, а саме шорсткості поверхонь.

Коефіцієнт уніфікації поверхонь визначаємо, за відношення числа

уніфікованих поверхонь до загального числа поверхонь:

$$K_{\text{ун.пов.}} = \frac{K_{\text{ун.}}}{K_{\text{заг}}} = \frac{16}{21} = 0,76,$$

де $K_{\text{ун.}} = 16$ шт. – кількість уніфікованих поверхонь, а не уніфіковані – (поверхні різі, шпонкового пазу та шліців);

$K_{\text{заг}} = 21$ шт. – загальна кількість поверхонь.

Коефіцієнт визначення уніфікації поверхонь є високим, що говорить про застосування для більшості поверхонь уніфікованих технологічних методів для їх отримання.

Загалом деталь «Вал шліцьовий» 469.72.67.49 відноситься до технологічного, хоча включає в себе де-кілька окремих не технологічних елементів конструкції, які пов'язані з подальшим функціональним призначенням, умовами його експлуатації.

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу

Проведемо розгляд базового технологічного процесу, котрий наведений для подальшого виготовлення валу шліцьового 469.72.67.49

Заводський техпроцес виготовлення цієї деталі було спроектовано відповідно до заданих технічних вимог, а також з урахуванням особливостей дрібносерійного виробництва.

Загалом технологічний процес складається з 15 технологічних операцій, з них – 8 операцій механічної обробки, 2 – технічний контроль, 2 – слюсарні операції, 2 – термічних операцій та 1 мийна.

В технологічному процесі базовою заготовкою є поковка, яка є технологічно, бо форма валу є досить складною, тому залишаємо не змінним отриманням заготовки за допомогою методу кування на молотах.

Технологічний процес розроблений відповідно до виконання всіх технічних вимог для одержання даної деталі.

Детально можливо розглянути технологічний процес в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Обробка тиском	Отримання заготовки на ГKM	–	Кування на молотах
010	Термічна	Відпал для зняття внутрішніх напружень	–	Піч
015	Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати, центрувати торці одночасно, витримати розмір 170 мм	Поверхня заготовки Ø52; Ø47 та Ø34 мм	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М
020	Токарно-копіювальна	Установ А. Точити поверхні, витримати розмір Ø42,4 мм; Ø40,4мм; Ø30 мм; Ø41,5 мм; Ø39,5 мм; Ø26 мм; 34 мм; 115 мм; 3 мм; 5 мм; 2×45°; 1,5×45°. Установ Б. Точити поверхні, витримати розмір Ø48 мм; 20 мм.	Центрові отвори. Патрон паводковий	Токарно-копіювальний верстат 1Н713
025	Різьбонарізна	Нарізати різьбу, витримати розмір М30×2.	Центрові отвори. Патрон паводковий	Різьбонарізний верстат моделі ВМС-2А

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5
030	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фрезерувати шпонковий паз, згідно КП, витримати розмір Ø42 мм; Ø12 мм; 30 мм; 21,5 мм; 5 мм.	Поверхня Ø42,4 мм. Лівий торець. Центрові отвори. Патрон паводковий	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6Т13Ф3-1
035	Технічний контроль	Контролювати розміри	–	Стіл ВТК
040	Шліце-фрезерна	Фрезерувати шліцьову поверхню, витримати розмір Ø40 мм; 36 мм.	Центрові отвори. Патрон паводковий.	Шліце-фрезерний верстат 5350
045	Радіально-свердлильна	Свердлити отвір, витримати розмір Ø 6,3 мм; 15 мм.	Правий торець, поверхня Ø40,4 мм.	Радіально-свердлильний верстат моделі 2532Л
050	Слюсарна	Притупити гострі кромки	–	Верстак слюсарний
055	Шліце-шліфувальна	Шліфувати поверхню, витримати розмір Ø 40 мм; 36мм.	Центрові отвори. Патрон паводковий.	Шліце-шліфувальний верстат моделі 3451
060	Кругло-шліфувальна	Шліфувати поверхню, витримати розмір Ø 42 мм; Ø40 мм; 32 мм; 40 мм.	Центрові отвори. Патрон паводковий.	Кругло-шліфувальний верстат 3М151
065	Термічна	Поліпшення	–	Піч СВЧ
070	Мийна	Очищення поверхонь деталі	–	Машина мийна ОСМ-1

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5
075	Технічний контрольна	Контролювати розміри	–	Стіл ВТК

Проводячи аналіз загальної послідовності технологічних операцій, можемо зробити висновок, що він у цілому не містить суттєвих недоліків. За своєю структурою він відповідає дрібносерійному типу виробництва. Для обробки заготовки використовується верстатне обладнання універсального типу з ручним керуванням, стандартне універсальне технічне оснащення. В якості ріжучого інструменту застосовуються універсальні токарські різці з напайними твёрдосплавними пластинами, стандартні свердла із швидкоріжучої сталі, шпонкові та шліцові швидкоріжучі фрези.

При проектуванні техпроцесу в основному було дотримано принцип поетапності. Не відповідає принципу поетапності тільки операція 045 Радіально-сверлильна.

Як недолік техпроцесу можна виділити завищену диференціацію технологічних операцій.

1.6 Висновок

Попередньо проведений аналіз конструкції деталі «Вал шліцьовий» встановив, що вона відповідає її службовому призначенню та забезпечує виконання покладених на неї функцій.

Визначено, що при заданій річній програмі випуску отримаємо середньосерійний тип виробництва, в той час як на підприємстві деталь виготовляється в умовах одиничного виробництва.

Деталь має високий рівень технологічності за критеріями точності обробки, шорсткості поверхонь, що відповідає вимогам нормативної документації.

При розробці нового технологічного процесу основними завданнями будуть:

1) Сформувати структуру технологічного процесу відповідно до умов середньосерійного виробництва шляхом широкого застосування автоматизованого обладнання (зокрема з ЧПК), спеціалізованих засобів технічного оснащення.

2) При корегуванні технології необхідно розглянути доцільність обробки деталі з меншою кількістю технологічних операцій, що можна досягти шляхом укрупнення дрібних операцій, наприклад «Різенарізної».

3) Застосовувати прогресивний високопродуктивний ріжучий інструмент.

4) Розробити конструкцію контрольно-вимірювального пристрою для контролю точності виготовлення деталі.

Реалізація вказаних завдань дозволить підвищити ефективність механічної обробки деталі «Вал шліцьовий».

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЛІЦЬОВОГО ВАЛА

2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі

У цей час існує багате різноманіття технологічних способів отримання поверхонь при заданій якості, яке може забезпечувати однакові вимоги відповідно оброблюваних поверхонь різних деталей, але можливі досить істотні відхилення за собівартістю її реалізації.

Так при цьому, одну і ту поверхню деталі є можливість обробити декількома виконаними послідовно технологічними методами, котрі становлять велике розмаїття маршрутів обробки цих поверхонь (МОП).

Для аналізу конструкції деталі було встановлено, що є можливість розділення всіх поверхонь деталі на де-кілька груп за конструктивної подоби:

1. Поверхні зовнішньо циліндричні з підвищеною точністю;
2. Конічні поверхні та зовнішні циліндричні звичайної точності, без спеціальних вимог;
3. Торцеві поверхні, які можуть обмежувати розміри циліндричних поверхонь;
4. Поверхні шпонкових пазів;
5. Шліцьові поверхні.

Так як групи поверхонь мають приблизно однакові якісні, точні та геометричні характеристики, тому їхня обробка за маршрутами буде однаковою. Тому, всі методи подальшої обробки визначаємо для всіх поверхонь груп одночасно.

Зовнішні циліндричні поверхні підвищеної точності

До цієї групи відносяться посадкові поверхні під підшипники, зубчасте колесо, зірочку, манжету ущільнення.

Для отримання заданої конструктором необхідної точності по 6 квалітету й шорсткості цих поверхонь 0,8 мкм за критерієм Ra є запропоновані наступні маршрути подальшої обробки.

Маршрут №1

Чорнове точіння. Точність IT 11, при шорсткості Ra=6,3 мкм;

Чистове точіння. Точність IT 9, за шорсткості Ra=1,6 мкм;

Тонке точіння. Точність IT 6, при шорсткості Ra=0,8 мкм

Маршрут №2

Чорнове точіння. Точність IT 11, за шорсткості Ra=6,3 мкм;

Чистове точіння. Точність IT 9, при шорсткості Ra=1,6 мкм;

Шліфування. Точність IT 6, за шорсткості Ra=0,8 мкм

Для реалізації двох пропорованих маршрутів обробки дозволяється використання звичайного, широко розповсюдженого обладнання для металорізання, стандартні типи варіантів верстатних пристосувань, вимірювального та ріжучого інструмента, яке повинно відповідати одиничному типу виробництва.

Перевагами маршруту №1 можна додати однотипність застосовуваних методів обробки, яке дозволяє значно мінімізувати номенклатуру необхідного оснащення за технологічністю. Але для виконання останньої обробки, чистового обточування, при наявності на оброблюваних поверхнях шпонкових пазів, подальше різання буде виникати з ударами. Цей ударний характер різання зможе привести до викрашування в ріжучого інструмента та ушкоджувати оброблення поверхонь, котре не дозволить отримати відповідну якість обробки.

Перерахована обставина дає необхідність для використання обробки циліндричних поверхонь 2-го маршруту, застосовувати фінальну обробку шліфуванням, дозволить усунути переривчастості оброблюваній поверхні.

Зовнішні циліндричні та торцьові поверхні простої точності, без спеціальних вимог.

У цю групу ми включаємо всі інші зовнішні циліндричні та конічні поверхні

деталі. Низькі вимоги від якості та точності цих поверхонь дозволить обмежитися одноразовою токарною обробкою при остаточному формуванні геометрії для даних поверхонь. Взяття токарних методів дає змогу поєднати обробку даних поверхонь з чорновим обробленням попередньої групи поверхонь, при використанні єдиних засобів оснащення. Що дозволить сконцентрувати механічну обробку при мінімумі операцій.

Поверхні шпонкового пазу

Пропонується наступний маршрут обробки шпонкового пазу:

1. Фрезерування багатопроходне шпонковою фрезою з маятниковою подачею на спеціалізованому шпонково-фрезерному верстаті

Пропонований маршрут обробки в порівнянні з аналогами має наступні переваги: забезпечується висока точність обробки; конструкція шпонкових фрез дозволяє відмовитися від попереднього засвердлювання для забезпечення врізання фрези, що зменшує кількість інструментів у налагодженні, знижує допоміжний час.

Поверхні шліцевих пазів.

Так як ці поверхні мають складну геометричну форму та високі вимоги щодо їх точності, то вважаємо найбільш раціональним наступний варіант:

- 1) фрезерування шліцевою фрезою з використанням спеціалізованого шліцефрезерного верстата;
- 2) шліфування на шліцешліфувальному верстаті.

Пропонується наступний варіант технологічного процесу механічної обробки:

005 «Обробка тиском». Виготовлення вихідної заготовки методами пластичної деформації.

010 «Термічна».

015 «Фрезерно-центрувальна». Підготовка комплексу технологічних баз для подальшої обробки.

020 «Токарна з ЧПК». Комплексна обробка зовнішніх поверхонь деталі з

точністю до ІТ9, включно з нарізуванням різі М30×2.

025 «Технічний контроль». Контроль отриманих параметрів на відповідність технологічній документації.

030 «Шпонково-фрезерна». Фрезерування шпонкового паза.

035 «Технічний контроль». Контроль отриманих параметрів на відповідність технологічній документації.

040 «Шліцефрезерна». Фрезерування шліцевих пазів, попередне.

045 «Радіально-свердлильна». Свердління наскрізного отвору Ø6,3 мм.

050 «Слюсарна». Притуплення гострих кромки, зняття заусенців.

055 «Шліцешліфувальна». Виконання остаточної обробки бічних поверхонь шліців.

060 «Круглошліфувальна». Остаточна обробка шліцевих поверхонь.

065 «Термічна обробка»

070 «Мийна»

075 «Технічний контроль». Контроль отриманих параметрів на відповідність кресленню деталі.

2.2 Вибір способу отримання заготовки та розроблення технічних вимог до неї

Вибір отримання методу даної заготовки є незмінним етапом в подальшому виготовленні даної деталі. Від її технології виготовлення, є залежність витрата подальшого матеріалу, проведення найбільш раціонального за технологічністю процесу деталі при виготовленні, подальша трудомісткість механічних операцій, а загалом і собівартість виготовлення.

Для обрання та використання методу отримання заготовок потрібно враховувати фактори як: призначення та конструкцію деталі, матеріал, серійність випуску, ключову економічну доцільність виготовлення та технічні вимоги. Найбільш оптимальним та раціональним є метод для отримання заготовки, котрий

повинен при мінімально доступній економічності для собівартості гарантувати технологічність виготовлення.

Взявши для уваги геометричні параметри даної деталі та умови виробництва, матеріалу, заготовку дозволяється отримати на горизонтально-кувальних машинах.

За ГОСТ 7505-89 основні ознаки поковок є: точність при виготовленні; конфігурація роз'єму штампу поверхні з урахуванням ступеню складності ([4] ст.17) та група сталі.

Для основного деформуючого обладнання (на ГKM), за ГОСТ 7505-89, визначаємо клас точності даної заготовки – Т4.

Група сталі поковок відповідає за вмістом вуглецю та легуючих елементів. Для сталі 45 група сталі – М2.

Ступінь складності визначаємо за формулою:

$$C = \frac{M_{\phi}}{M_3}, \quad (2.1)$$

де M_{ϕ} – маса цієї фігури, кг;

M_3 – маса даної заготовки, кг.

Орієнтовану масу поковки знаходимо за формулою:

$$M_3 = K_p \cdot m_d, \text{ кг} \quad (2.2)$$

де K_p – розрахунковий коефіцієнт при визначенні орієнтовної маси поковки (див. табл. 2[4]), $K_p = 1,5$;

M_d – маса деталі, кг., приймаємо за кресленням: $M_d = 1.6$ кг.

$$M_3 = 1,5 \cdot 1.6 = 2,4 \text{ кг}$$

Масу фігури, визначаємо формулою:

$$M_{\phi} = V_{\phi} \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (2.3)$$

де V_{ϕ} – об'єм фігури, що дозволить вписати задану деталь, мм³;

γ – густина сталі; $\gamma = 7,85 \cdot 10^{-6}$ кг · мм³.

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot l_{\phi} \cdot \rho, \text{ мм}^3 \quad (2.4)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 48^2}{4} \cdot 170 = 307468,8 \text{ мм}^3$$

$$M_{\phi} = 307468,8 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 2,41 \text{ кг}$$

$$C = \frac{2,41}{2,4} = 1$$

При C більше 0,63, ступінь складності становитиме $C1$.

При масі нашої поковки 2,4 кг, ступені складності $C1$ та класу точності поковки Т4, групі сталі М2, вихідний індекс – 11, який потрібен для визначення подальшого припуску та допуску поковки (с.148, табл.12[4]). Обираємо припуски заготовки-поковки за (с.71, табл. 37 [4]).

Визначаємо розміри поковки.

Розраховуємо основні припуски для механічної обробки (табл. 3 ст. 58 [4]):

1,6 – Ø 48 мм при шорсткість поверхні Ra – 6,3;

1,8 – Ø 42 мм при шорсткість поверхні Ra – 0,8;

1,5 – Ø 30 мм при шорсткість поверхні Ra – 6,3;

1,8 – довжина 170 мм при шорсткість поверхні Ra – 3,2;

1,5 – довжина 35 мм при шорсткість поверхні Ra – 3,2;

1,5 – довжина 34 мм при шорсткість поверхні Ra – 2,5;

1,5 – довжина 20 мм при шорсткість поверхні Ra – 2,5;

Визначаємо допоміжні припуски:

Зміщення рознімання штампку на поверхні (табл. 14 ст. 65[4]): $\pm 1,8$ мм;

Відхилення, вигнутість від поверхні, прямолінійності: 0,2 – Ø48 мм та 0,3 – Ø42мм.

Розміри поковки:

$\emptyset 48 + (1,6 + 0,3 + 0,3) \cdot 2 = 52,4$ мм; Обираємо 52,0 мм;

$\emptyset 42 + (1,8 + 0,3 + 0,3) \cdot 2 = 46,8$ мм; Обираємо 47,0 мм;

$\emptyset 30 + (1,5 + 0,3 + 0,3) \cdot 2 = 34,2$ мм; Обираємо – 34,0 мм;

Довжина $170 + (1,8 + 0,4) = 172,2$ мм; Обираємо – 172,0 мм;

Довжина $29 + (1,5 + 0,3) = 30,8$ мм; Обираємо – 31,0 мм;

Довжина $20 + (1,5 + 0,3) = 21,8$ мм; Обираємо – 22,0 мм;

Радіуси заокруглень для зовнішніх кутів поковки (див. табл. 7[4]): 2,0 мм.

Допустимі відхилення на розмір (див. табл. 8[4]):

Діаметри:

$\emptyset 52_{-0,7}^{+1,3}$ мм;

$\emptyset 47_{-0,7}^{+1,3}$ мм;

$\emptyset 34_{-0,5}^{+1,1}$ мм;

Довжини:

$172_{-0,9}^{+1,6}$ мм;

$31_{-0,5}^{+1,1}$ мм;

$22_{-0,5}^{+1,1}$ мм;

Виконуємо ескіз поковки по визначеним розмірам (рис. 2.1).

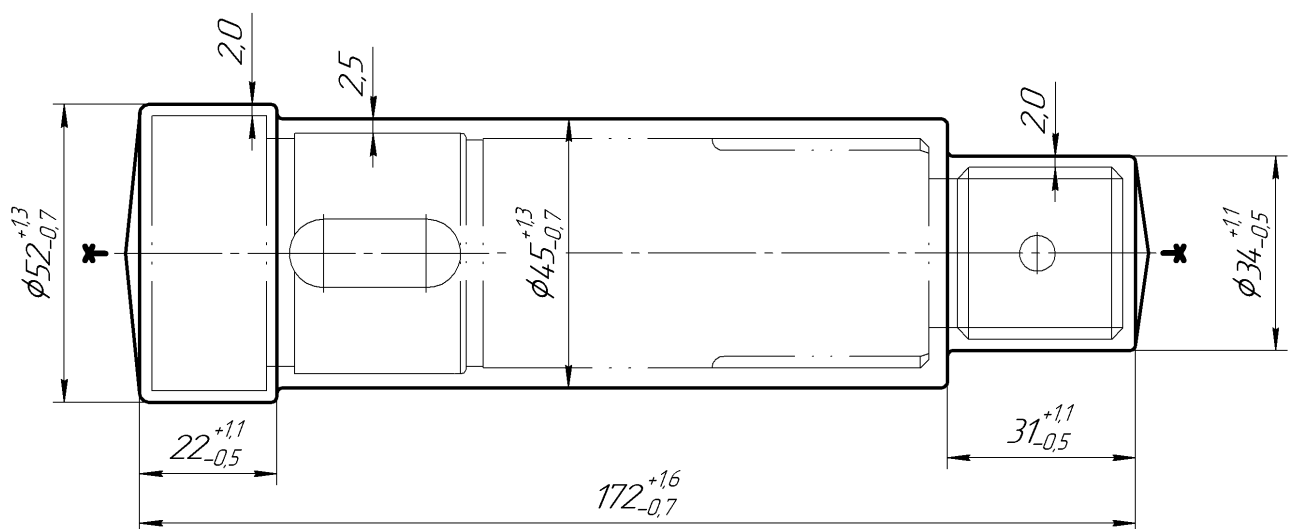


Рисунок 2.1 – Ескіз поковки.

Розраховуємо масу заготовки за формулою:

$$M_3 = V_3 \cdot \rho, \text{ кг} \quad (2.5)$$

де ρ – питома для ваги матеріалу, для сталі $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³;

V_3 – об'єм заготовки, мм³

$$V_3 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l, \text{ мм}^3 \quad (2.6)$$

де d – діаметри на котрі встановлюються допуски,

l – довжини всіх діаметрів.

$$V_{31} = \frac{3.14 \cdot 52^2}{4} \cdot 22 = 46698,08 \text{ мм}^3$$

$$V_{32} = \frac{3.14 \cdot 47^2}{4} \cdot 119 = 206353,7 \text{ мм}^3$$

$$V_{33} = \frac{3.14 \cdot 34^2}{4} \cdot 31 = 28131,26 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = V_{31} + V_{32} + V_{33} = 281183,1 \text{ мм}^3$$

$$M_3 = 281183,1 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 2,20 \text{ кг}$$

Визначаємо собівартість відливки за формулою:

$$S_{\text{заг}} = (S_M \cdot M_3 \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi}) - (M_3 - M_D) \cdot S_{\text{відх}}, \text{ грн.}, \quad (2.7)$$

де S_M – базова вартість для 1 кг заготовки, $S_M = 23,8$ грн./кг;

$S_{\text{відх}}$ – вартість 1 тони для відходів, $S_{\text{відх}} = 5,5$ грн./кг;

K_T – коефіцієнт, котрий залежить для точності; $K_T = 1,05$; ([6], с.37);

K_C – коефіцієнт, котрий залежить для складності $K_C = 0,90$; ([6], с.38,табл.2.12);

K_B – коефіцієнт, котрий залежить для маси даної заготовки $K_B = 0,90$; ([6], с.38,табл.2.12);

K_M – коефіцієнт, котрий залежить для матеріалу заготовки, $K_M = 1,0$; ([6], с.37);

K_{II} – коефіцієнт, котрий залежить для об'єму виробництва заготовки, $K_{II} = 1,0$;

$$S_{\text{заг}} = (23,8 \cdot 2,2 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,95) - (2,2 - 1,6) \cdot 5,5 = 41,75 \text{ грн.}$$

Розглянемо інший метод для отримання заготовки з прокату.

За ГОСТ 2590-89 обираємо стандартний діаметр з сталюого гарячекатаного круглого прокату, враховуючи при цьому найбільший діаметр валу. Для найбільшого діаметру деталі 48 мм, діаметр прокату буде відповідати $D_3 = 52$ мм.

Знаходимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_d}{M_3}, \quad (2.8)$$

де M_d – маса даної деталі, кг;

M_3 – маса даної заготовки, кг;

Визначаємо масу даної заготовки за формулою:

$$M_3 = V_{\text{заг}} \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (2.9)$$

де $V_{\text{заг}}$ – загальний даний об'єм, мм^3 ;

γ – густина сталі; $\gamma = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{мм}^3$;

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l, \text{ мм}^3 \quad (2.10)$$

де d – діаметр даного прокату, мм;

l – довжина даної заготовки, мм;

$$V_{\text{заг}} = \frac{3,14 \cdot 52^2}{4} \cdot 175 = 407547 \text{ мм}^3$$

$$M_3 = 407547 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 3,18 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу становить:

$$K_{\text{вм}} = \frac{1,6}{3,18} = 0,50.$$

Собівартість заготовки прокату визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{30}, \text{ грн.}, \quad (2.11)$$

де M – витрати для матеріалу заготовки, грн.;

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн.}, \quad (2.12)$$

$\sum C_{30}$ – технологічна собівартість необхідна правці, пруткове калібрування, відрізка на штучні заготовки, знаходиться за формулою:

$$C_{30} = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт(шт-к)}}}{60}, \text{ грн.}, \quad (2.13)$$

де $C_{\text{пз}}$ – витрати на заробітну плату працівникам, та нарахування на неї, а також електроенергія, амортизація, і т.д, коп./год. $C_{\text{пз}} = 9$ грн/год (на основі даних підприємства).

$T_{\text{шт(шт-к)}}$ – штучний, штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції та додаткової механічної обробки, пов'язаної з видаленням напусків.

$$C_{30} = \frac{11 \cdot 8.35}{60} = 1,53 \text{ грн.},$$

$$M = 3,18 \cdot 13,0 - (3,18 - 1,6) \cdot \frac{600}{1000} = 40,4 \text{ грн.},$$

$$S_{\text{заг}} = 40,4 + 1,53 = 41,93 \text{ грн.}$$

З отриманих розрахунків доходимо висновку, що в цьому випадку поковка виявилася дешевшою ніж прокат. При отриманні заготовки деталі 469.72.67.49 доцільніше та необхідно обрати заготовку – поковку.

2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Проводимо розрахунок розмірів для наступної обробки циліндричної поверхні Ø40к6, виконаємо розрахунок для припусків.

Проведемо розрахунок в системі ЕОМ і розмістимо в додатку Б.

Розраховуємо припуск для циліндричної поверхні за формулою:

$$2z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \text{ мкм} \quad (2.14)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – величина для мікронерівностей на поверхні утвореної від попередньої операції на (переході), мкм;

T_{i-1} – розмір глибини шару дефектного поверхні заготовки отриманої від попередньої операції на (переході), мкм;

ρ_{i-1}^2 – величина поверхні відхилення форми утвореної від попередньої операції на (переході), мкм;

ε_i^2 – похибка для даної операції на (переході), мкм.

Всі перераховані показники відносять до табличних, окрім ρ_{i-1} , яка визначається за формулою:

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\rho_{\text{зс}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \text{ мкм} \quad (2.15)$$

де $\rho_{\text{зм}}$ – просторове відхилення при зміщенні заготовки, мкм;

$\rho_{\text{зс}}^2$ – похибка для зсуву заготовки, становить $\rho_{\text{зс}}^2 = 600$ мкм;

$\rho_{\text{кор}}^2$ – величина для похибки короблення, мкм;

$\rho_{\text{ц}}^2$ – похибка від центрування заготовки, мкм.

Похибку короблення знаходимо за формулою:

$$\rho_{\text{к}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \text{ мкм} \quad (2.16)$$

де $\Delta_{\text{к}}$ – питома кривизна даної деталі, обираємо $\Delta_{\text{к}} = 2$ мки/мм;

l – 1/2 довжини даної деталі що обробляється.

$$\rho_{\text{к}} = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мкм.}$$

Визначаємо похибка центрування заготовки за формулою:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25^2 \sqrt{\delta_3^2 + 1}, \text{ мкм} \quad (2.17)$$

де δ_3^2 – допуск для поверхні, що використовуємо для базових.

При даній довжині обробки 42 мм, та діаметрі $\varnothing 40$ мм виходить, що типорозмір відповідно буде становити поле допуску 1500 мкм.

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25^2 \sqrt{1500^2 + 1} = 100 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{0,6^2 + 0,1^2 + 0,04^2} = 0,61 \text{ мм} = 610 \text{ мкм.}$$

Визначаємо залишкові відхилення за формулою:

$$\rho_{\text{ост}} = k_y \cdot \rho_{\text{заг}}, \text{ мкм,}$$

де k_y – коефіцієнт для уточнення форми; при чорновій обробці $k_y = 0,06$; для

чистовій $k_y = 0,05$; при шліфуванні $k_y = 0,04$.

$$\rho_{\text{п/ч}} = 610 \cdot 0,06 = 36,6 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 610 \cdot 0,05 = 30,5 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{шліф}} = 610 \cdot 0,04 = 24,4 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{шліф.чис}} = 610 \cdot 0,02 = 12,2 \text{ мкм.}$$

В таблиці 2.1 наведені дані визначення для припусків при допомозі ЕОМ.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку на ЕОМ

Найменування переходу	Елементи припуску, мкм		
	T	R _z	ρ
Заготовка	250	150	–
Точіння чорнове	50	50	36,6
Точіння чистове	30	30	30,5
Шліфування чорнове	20	10	24,4
Шліфування чистове	15	5	12,2

Отримуємо розрахунок, результати якого представлено в додатку Б.

За отриманими даними розроблюємо схему розміщення припусків, яка є наведеною на рисунку 2.2

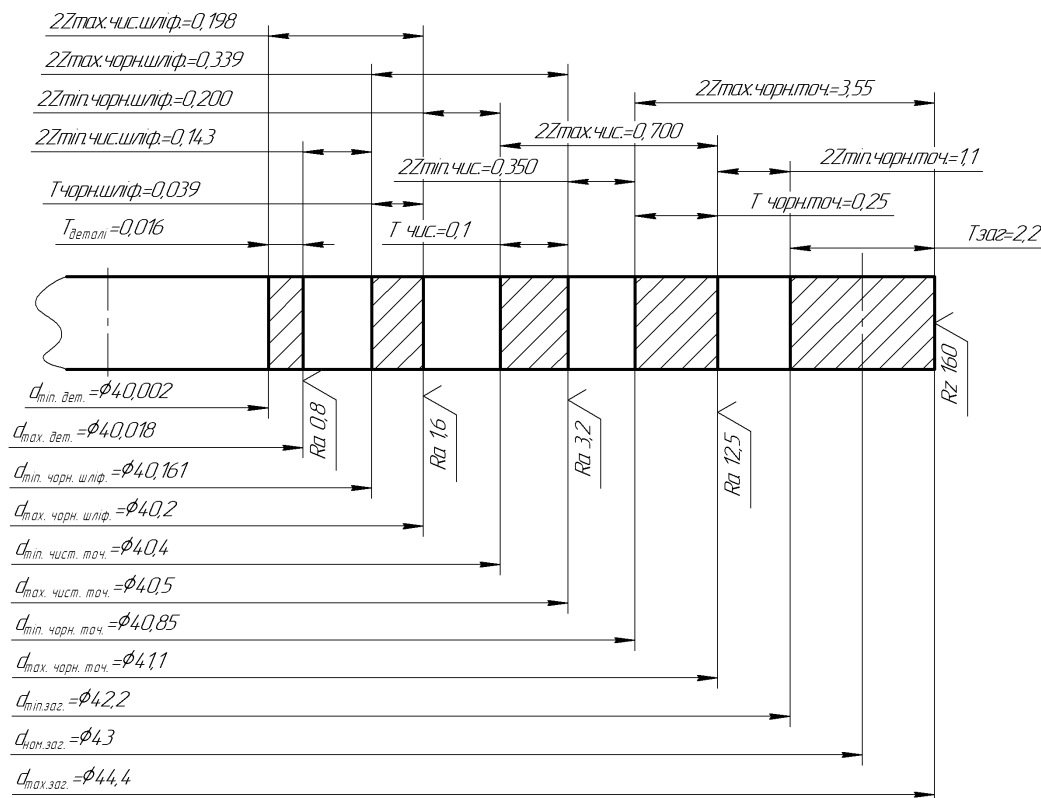


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку розміру Ø40к6.

2.4 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Розглянемо операцію 030 Шпонково-фрезерну.

На операції на шпонково-фрезерному верстаті 692Д будемо проводити фрезерування для шпонкового пазу.

Метод вибору закріплення при установці заготовки на верстаті обирається серійністю виготовлення та конфігурацією заготовки, прийнятим методом при обробці. Установчі методи та закріплення заготовки на верстаті може суттєво впливати на точність і якість для оброблювання при загальній тривалості обробки.

На операції заготовку можливо встановити у призми (рис. 2.3).

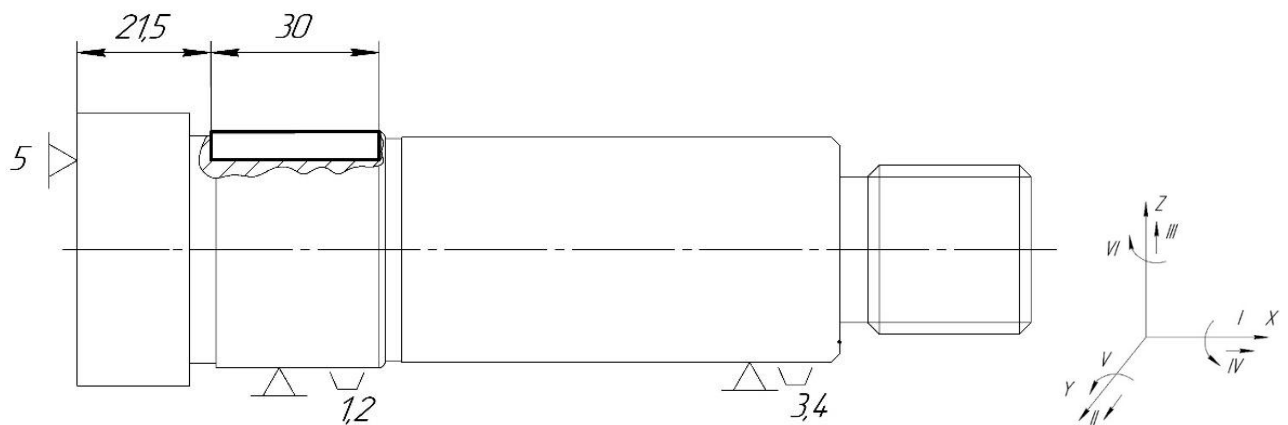


Рисунок 2.3 – Схема базування, закріплення заготовки при операції 030 – Шпонково-фрезерна

Базування 1-шим способом, похибка базування не відбувається так як бази співпадають, тому похибка базування є відсутня. Таблиця матриця зв'язків та відповідностей представлені у табл. 2.2 та 2.3.

Другий спосіб – коли заготовка знаходиться у призмах з упором в торець (схема базування представлена на рис. 2.4).

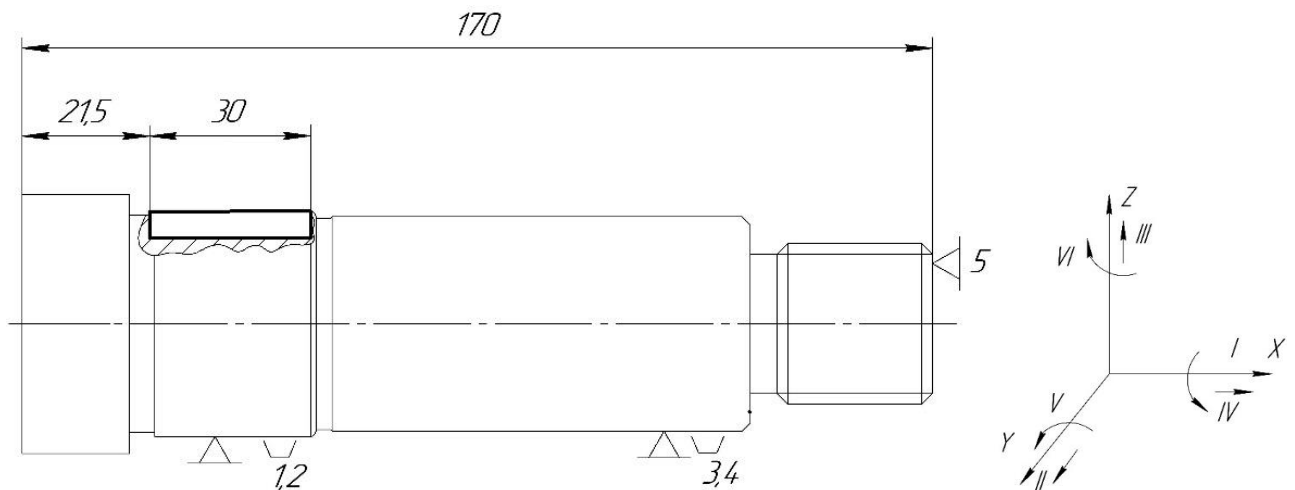
При базуванні за даною схемою вимірювальна та технологічна бази не співпадають і тому виникає дана похибка базування.

Таблиця 2.2 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I,	ОБ
6	0	Вакансія

Таблиця 2.3 – Матриця зв'язків

Найменування баз		X	Y	Z
Подвійна направляюча база	L	0	1	1
	α	0	1	1
Опорна база	L	1	0	0
	α	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	α	1	0	0

Рисунок 2.4 – Схема базування та закріплення заготовки на операцію
030 Шпонково-фрезерна

При зображеній схемі закріплення дана похибка базування може дорівнювати допуску на розмір $170 \text{ h}14 \text{ мм}$. $E_6 = T_{d170} = 1,0 \text{ мм} = 1000 \text{ мкм}$.

Таблиця матриця зв'язків та відповідностей для цього способу базування

наведені у табл. 2.4 та 2.5 відповідно.

Таблиця 2.4 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3,4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	0	Вакансія

Таблиця 2.5 – Матриця зв'язків

Найменування баз		X	Y	Z
Подвійна направляюча база	L	0	1	1
	α	0	1	1
Опорна база	L	1	1	0
	α	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	α	1	0	0

Так як при першому базуванні внаслідок співпадання двох баз технологічної та вимірювальної похибка базування є відсутньою, для цього вибираємо даний спосіб закріплення.

Дану схему базування можливо обрати для закріплення заготовки. Як при ньому відсутня дана базувальна похибка. Закріплена деталь досить добре, відсутня деформація, яка виникає при фрезеруванні нашого шпонкового пазу.

Операція 045 Радіально-свердлильна.

При даній операції свердлиться наскрізний отвір $\varnothing 6,3$ мм. Можливе базування заготовки по зовнішній поверхні $\varnothing 48$ та $\varnothing 40$ мм з упором до торцю (самоцентруючої призми).

Розглянемо найперший спосіб – базування в самоцентруючих призмах (рис 2.5). Для базування за цією схемою технологічна та вимірювальна бази не

співпадають, тому є похибка базування.

При розглянутій схемі закріплення похибка базування повинна дорівнювати допуску для розміру, що поєднує вимірювальну та технологічну базу, відповідно 170 h14мм.

$$\varepsilon_6 = Td170 = 1000 \text{ мкм} = 1,0 \text{ мм.}$$

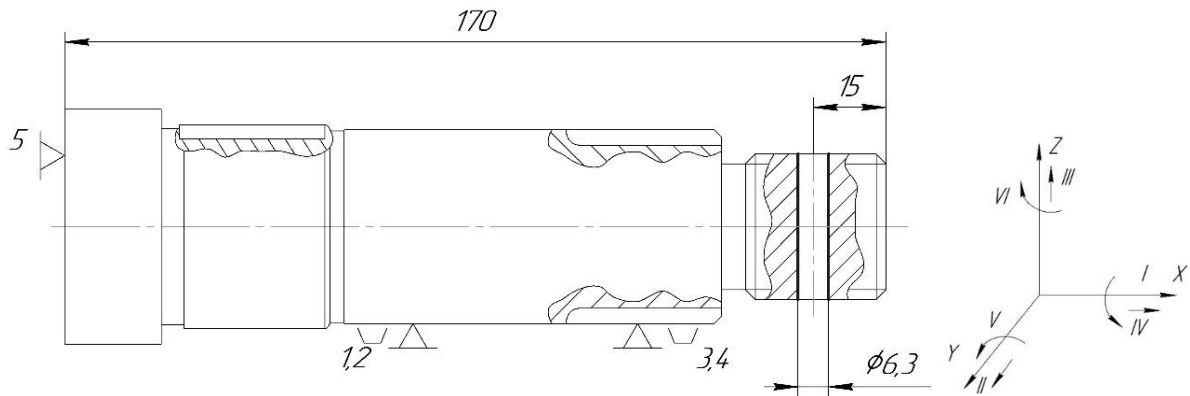


Рисунок 2.5 – Схема базування і закріплення заготовки при операції
040 Радіально-свердильній

Таблиця 2.6 – Таблиця відповідностей

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

Таблиця 2.7 – Матриця зв'язків

Найменування баз		X	Y	Z
Подвійна направляюча база	L	0	1	1
	α	0	1	1
Опорна база	L	1	0	0
	α	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	α	1	0	0

Розглядаючи другий спосіб базування (рис. 2.6). Похибка базування заготовки відсутня, так як технологічна база співпадає з вимірювальною базою.

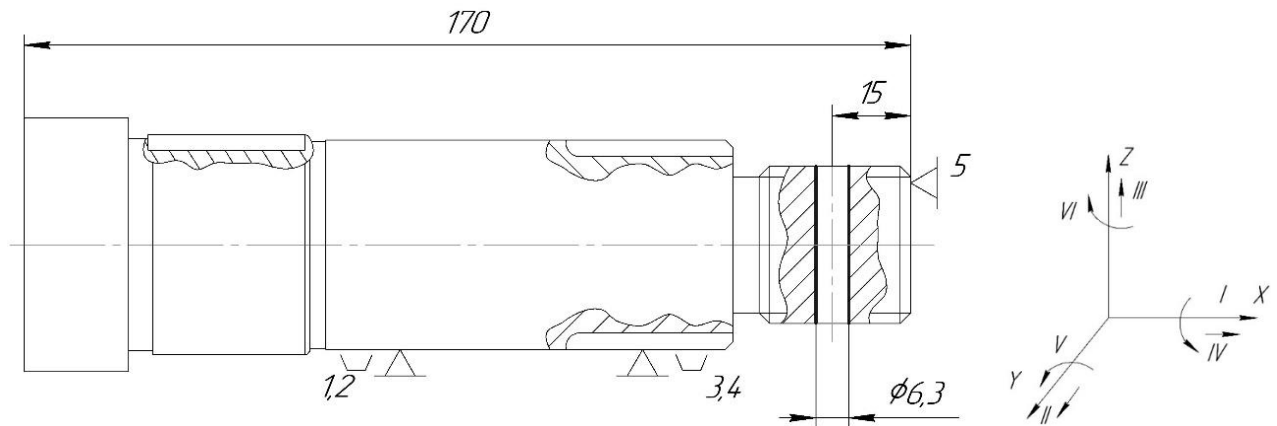


Рисунок 2.6 – Схема базування і закріплення заготовки

Таблиця 2.8 – Таблиця для відповідностей

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

Таблиця 2.9 – Матриця зв'язків

Найменування баз		X	Y	Z
Подвійна направляюча база	L	1	0	1
	α	1	0	1
Опорна база	L	0	1	0
	α	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	α	0	0	0

Отже, при порівнянні двох способів базування заготовки на радіально – свердлильній операції, можна зробити узагальнення, що доцільніше застосовувати останній спосіб базування заготовки – у призмах. Так, як це відповідає всім висунутим вимогам.

2.5 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Операція 030 – Шпонково-фрезерна

При виборі даного обладнання орієнтуємося за типом виробництва. В рамках середньосерійного типу виробництва, як правило, встановлюють універсальні верстати та верстати для числового програмного керування (ЧПК).

Проведемо порівняння технічної характеристики верстатів, на яких можна провести обробку шпонкового пазу: шпонково-фрезерного верстату 692Д та вертикально-фрезерного верстату ЧПК 6P13Ф3-1. Порівняння для загальних технічних характеристик верстатів є наведено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Порівняння технічних характеристик верстатів 6P13Ф3-1 та 692Д

Характеристика	Значення	
	6P13Ф3-1	692Д
Розміри для робочої поверхні столу	400×1600	250×1000
Найбільше повздовжнє переміщення столу, мм	1000	650
Найбільше поперечне переміщення столу, мм	400	350
Подача на один імпульс, мм	0,01	0,01
Точність позиціонування від осі X, мм	0,065	0,050
Точність позиціонування від осі Y,Z, мм	0,040	0,050
Електродвигун для головного руху, кВт	7,5	3,3

Габарити верстата, мм	3450×3970 ×2965	1510×1900 ×2200
Вага, кг	4450	2250

Для виконання обробки проведено порівняно двох верстатів. Обраний верстат моделі - 692Д, дана модель є найбільш доцільна, спеціалізована по обробці шпонкових пазів та може задовольняти обробку даної деталь.

Операція 045 Радіально-свердлильна.

На операції дозволине застосування як радіально-свердлильного верстата, так і вертикально-свердлильного верстата. Загальні технічні характеристики верстатів наведені в табл. 2.11.

Зробивши порівняння цих верстатів, обираємо обладнання, котре підходить для перерахованих технологічних ознак та приймаємо його:

- потужність двигуна, котра необхідна при обробці заданої поверхні;
- тип виробництва;
- габарити робочого столу.

Таблиця 2.11 – Загальні технічні характеристики верстатів

Показник та одиниця виміру	Параметри	
	2532Л	2Н125
Клас точності	Н	Н
Найбільше свердління, мм	63	25
Кількість швидкостей шпинделя	24	12
Межі швидкостей шпинделя, об/хв	18-2000	45-2000
Кількість ступенів механічної подачі шпинделя	24	9
Діапазон подач шпинделю, мм/об	0,045-5	0,1-1,6
Потужність електродвигуна головного руху,	4,5	2,8

кВт		
Габарити верстата, мм	2850×1030×3430	22350×785×915
Маса верстат, кг	4700	880

Проналізувавши технічні характеристики даних верстатів, для обробки заготовки обираємо радіально-свердлильний верстат 2532Л.

2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Операція 030 – Шпонково-фрезерна

Для закріплення і установки даної деталі використовуємо зазвичай універсальне пристосування, адже оброблювальна деталь є тілом обертання та перебуває в умовах наведеного середньосерійного виробництва ([21], с.44);.

Поверхневий аналіз деталі показав, деталь має бути оброблена тільки універсальним ріжучим інструментом.

– фреза шпонкова Ø12 мм 2235-0101, матеріал Р6М5 - ГОСТ 9140-78 – використовується при обробці шпонкового пазу.

При обранні вимірювальних засобів до них відносять основні вимоги:

- відповідність показникам точності перевіреного елемента;
- максимальна, мінімально допустима вартість та простота конструкції;
- швидкодія.

В загальному будемо використовувати уніфіковані вимірювальні засоби, зазвичай не дорогі. При контролю деяких поверхонь обираємо спеціальні вимірювальні пристосування та інструменти.

Для якості вимірювального інструменту обираємо:

- штангенциркуль ШЦ-II-320-0,1 ГОСТ 166-91 – при контролі лінійних розмірів;
- зразки шорсткості 3,2 ГОСТ 9378-94 – при контролі шорсткості оброблених поверхонь.

Операція 045 Радіально-свердлильна.

На операції 045 Радіально-свердлильній обираємо наступні устаткування:

- пристосування спеціальне – при закріплення заготовки;
- інструмент: свердло Ø 6,3 мм 2300-6173 P6M5 ГОСТ 10903-80;
- інструмент вимірювальний: калібр-пробка 8221-3030 ГОСТ 17758-82.
- штангенциркуль моделі ШЦ-II-320-0,1 ГОСТ 166-92 – для контролю довжини;
- зразок шорсткості 6,3 ГОСТ 9378-95 – при контролі шорсткості для оброблених поверхонь.

2.7 Розрахунки режимів різання

Проводимо розрахунки на операцію, 030 – «Шпонково-фрезерна» яка виконується на шпонково-фрезерному верстаті, розраховуємо аналітичним методом за допомогою довідника (табл. 30, с. 263, [15]).

На операції 030, що аналізується, проводиться фрезерування шпонкового паза шириною 12 мм. Інструментом якого є фреза D = 12 мм ГОСТ 9140-80. Різальна частини є – швидкорізальна сталь P6M5.

Вносимо застосування свердла Ø 12 мм ГОСТ 14952 -75 при наступноу врізання фрези кінцевої.

При обробці, котра проводиться на фрезерному верстаті 6P13Ф3-1, необхідну глибину різання і подачу на зуб обрати за таблицею ([6], табл.25 с. 187)

Для паза 12 мм при глибині різання $t = 5$ мм, повинна подача на зуб становити:

$$S_z = 0,12 \text{ мм/зуб.}$$

Стійкість інструменту сягатиме $T=80$ хв ([10], табл.26 с.189).

Величину розрахункової швидкості різання знаходимо за формулою:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v, \text{ м/хв,} \quad (2.18)$$

де C_v, q, x, y, u, p, m – загальні поправочні коефіцієнти та показники степеню, котрі

повинні могли враховувати умови при фрезерування.

Обираємо значення коефіцієнту C_v , показників степенів за ([4], табл.39 с.287) $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = p = 0,1$; $m = 0,33$.

K_v - поправочний коефіцієнт загальної швидкості різання, котрий включає фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.19)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, котрий враховує якість матеріалу [7].

Для обробки вуглецевої сталі отримуємо:

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

де K_r – коефіцієнт, характеризує групу при оброблюваністю, $K_r = 1,0$;

σ_B – межа для міцності, МПа;

n_v – показник для степеню швидкості, (табл.2, с.202, [11]). При заданій вуглецевої сталі $n_v = 1,0$.

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{785} \right)^{1,0} = 0,96$$

K_{pv} – коефіцієнт, що враховує стан для поверхні заготовки матеріалу (табл. 5, с. 208, [21]); $K_{pv} = 0,85$;

K_{iv} – коефіцієнт, котрий врахування впливу матеріалу (табл. 6, с. 208, [11]); $K_{iv} = 1,0$.

$$K_v = 0,96 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,82$$

$$V = \frac{46,7 \cdot 12^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 4,5^{0,5} \cdot 0,12^{0,5} \cdot 105^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,82 = 34,7 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (2.21)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 34,7}{3,14 \cdot 12} = 921 \text{ об/хв}$$

Для верстата 6P13Ф3-1 обираємо дійсне число обертів: $n_d = 900 \text{ об / хв}$;

При, цьому швидкість різання дорівнює:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м /хв} \quad (2.22)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 900}{1000} = 33,9 \text{ м/хв}$$

Силу різання знаходимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_t^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_m, \text{ Н} \quad (2.23)$$

приймаємо всі значення коефіцієнту C_p їх показників степеню за ([11], табл.41 с.211) $C_p=68,2$, $x=0,86$, $y=0,72$, $u=1,0$, $q=0,86$, $w=0$.

Поправочний коефіцієнт якості на поверхні оброблюваного матеріалу розраховуємо за формулою:

$$K_{M_V} = K_r \cdot \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_V} = 1,0 \cdot \left(\frac{480}{750}\right)^{0,3} = 0,87, \quad (2.24)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4,5^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 2}{12^{0,86} \cdot 900^0} \cdot 0,87 = 248,7 \text{ Н}$$

Знаходимо різальну потужність за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.25)$$

$$N_e = \frac{248,7 \cdot 33,9}{1020 \cdot 60} = 0,13 \text{ кВт}$$

Порівнюємо можливість обробки. Необхідної, для виконання умови:

$$N_e \leq N_{\text{шп}}$$

Потужність, при шпинделі верстата знаходимо за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (2.26)$$

де $N_{\text{дв}}$ – загальна потужність електродвигуна на приводі, $N_{\text{дв}} = 7,5 \text{ кВт}$;

η - механічний показник ККД.

$$N_{\text{шп}} = 7,5 \cdot 0,75 = 5,6 \text{ кВт}$$

Тому бачимо, $N_{\text{дв}} > N_p$. Що задане обладнання повинно забезпечити достатню необхідну потужність при обробці.

Основний час для виконання переходу знаходимо за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв}, \quad (2.27)$$

де L - довжина даної оброблюваної поверхні, мм;

i – кількість робочих ходів;

S_o – подача на оберт, мм / об.

$$T_o = \frac{30}{0,06 \cdot 900} \cdot 1 = 0,55 \text{ хв.}$$

Остаточні значення режиму різання при фрезеруванні пазу:

$V = 34,7$ м/хв; $S = 0,12$ мм/зуб; $T_o = 0,55$ хв; $n = 900$ об/хв.

Наводимо режими різання для всіх технологічних переходів операції 030 Шпонково-фрезерної з ЧПК, дані заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Режими різання на операції 030 – Шпонково-фрезерна

Різальний інструмент	Режим різання					L, мм
	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T ₀ , хв	
Фреза шпонкова D = 12 мм	5	0,12	34,7	900	0,55	30
ГОСТ 9140 -78	5	0,10	25	1250	0,28	–

Операція 045 Радіально-свердлильна.

У операції 045 Радіально-свердлильній проводиться наскрізне свердління Ø6,3 мм отвору. Виконується операція з радіально-свердлильного верстату 2532Л.

Інструментом є свердло діаметром Ø6,3 ГОСТ14952-85

Режими різання виконуємо аналітичним методом довідника [16].

Розраховуємо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{d}{2}, \text{ мм} \quad (2.28)$$

де d – свердло діаметром, мм; 6,3мм.

$$t = \frac{6,3}{2} = 3,15 \text{ мм.}$$

Обираємо період стійкості свердла $\varnothing 6,3$ мм становить $T = 90$ хв ([7], табл.30 с.279). Подачу обираємо за таблицею ([7], табл.25, с. 277) $S = 0,58$ мм/об. Корегуємо значення подачі за допомогою паспортних даних верстата: $S = 0,60$ мм/об.

Знаходимо розрахункову величину швидкості різання за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \text{ м/хв} \quad (2.29)$$

де C_v , q , y , m – поправочні коефіцієнти, котрі враховують всі умови свердління [5].

Знаходимо значення коефіцієнту C_v його показників степеню ([7], табл.28 с.278) $C_v = 9,8$; $q = 0,40$; $y = 0,50$; $m = 0,20$; $C_M = 1$.

K_v – поправочний коефіцієнт, який впливає на подальший розрахунок швидкість різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{lv} \cdot K_{iv}, \quad (2.30)$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, котрий враховує якість даного оброблюваного матеріалу [7].

$$K_{Mv} = C_M \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.31)$$

σ_B – межа при міцності, МПа;

n_v – показник швидкості степеню. Для обробки легованої сталі $n_v = 0,9$.

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^{0,9} = 1,2.$$

$K_{pv} = 1$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

$K_{lv} = 0,85$ – коефіцієнт, котрий враховує глибину для свердління;

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, котрий враховує властивості матеріалу інструменту.

$$K_v = 1,15 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,98.$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 6,3^{0,40}}{90^{0,2} \cdot 0,66^{0,5}} \cdot 0,98 = 9,95 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя знаходиться за формулою (2.21):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 9,95}{3,14 \cdot 6,3} = 502,9 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя при допомозі паспортних даних верстата 2532Л: $n_d = 500$ об/хв.

Дійсна швидкість головного руху різання визначається за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (2.32)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 500}{1000} = 9,89 \text{ м/хв.}$$

Значення крутного моменту визначаємо по формулі:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.33)$$

Встановлюємо коефіцієнт C_m та його показники за ([7], табл.32 с.281):

$$C_m = 0,0345; y = 0,8; q = 2,0; K_p = K_{мп}.$$

Коефіцієнт якості матеріалу визначаємо за формулою:

$$K_{мп} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.34)$$

$$K_{мп} = \left(\frac{640}{750} \right)^{0,75} = 0,88.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^2 \cdot 0,60^{0,8} \cdot 0,88 = 7,71 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Силу осьову розраховуємо за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (2.35)$$

Приймаємо коефіцієнт C_m та показники степеню за:

([4], табл.32, с.281) $C_p = 68; y = 0,7; q = 1,0; K_p = K_{мп}.$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^1 \cdot 0,60^{0,7} \cdot 0,88 = 2563 \text{ Н.}$$

Потужність різання розраховуємо за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ кВт} \quad (2.36)$$

$$N_e = \frac{7,71 \cdot 500}{9750} = 0,39 \text{ кВт.}$$

Потужність, що повинен забезпечити верстат, визначаємо за формулою:

$$N_{\text{штп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{кВт} \quad (2.37)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигуна, приводу головного руху, кВт;

η – механічний показник ККД.

$$N_{\text{штп}} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ кВт.}$$

Тому маємо, $N_e < N_{\text{штп}}$. Що дане обладнання повинно гарантовано забезпечити достатню потужність при обробці.

Всі режими різання для технологічних переходів операції 045 Радіально-свердлильній вносимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Режими різання для операції 045 Радіально-свердлильну

Інструмент різальний	Режими різання				
	S, мм/об	V, м/хв	V_d , м/хв	n, об/хв	T_0 , хв
Свердло 2300-0208 D = 6,3 мм ГОСТ 10902-80	0,60	12,11	12,56	500	0,169

2.8 Технічне нормування операцій

Норми технічного часу для умов середньосерійного виробництва при операції 030 – «Шпонково-фрезерна» визначаємо розрахунково-аналітичним методом в подальшій послідовності (с. 260, [9]).

Розраховуємо штучний час для операції за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_d + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}}, \text{хв} \quad (2.38)$$

де T_0 – основний час, що даний на операцію, хв;

T_d – допоміжний час, що даний на операцію, хв;

$T_{\text{обс}}$ – час при обслуговуванні місця роботи, хв;

$T_{\text{п}}$ – час, що даний на особисті потреби, хв;

Виконуємо розрахунок допоміжний час за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{пер} + T_{зм}, \text{ хв} \quad (2.39)$$

де $T_{уст}$ – час на зняття та установку деталі – 0,48 хв, (табл. 5.6 с. 200 [10]);

$T_{зм}$ – час, для відкріплення та закріплення деталі – 0,32 хв, (табл. 5.8 [10]);

$T_{пер}$ – час, що пов'язаний з переходом – 0,10 хв, (табл. 5.12 с. 207 [10]).

$$T_d = 0,48 + 0,32 + 0,10 = 0,90 \text{ хв}$$

Час $T_{обс}$ і T_n приймаємо у відсотковому відношенні для оперативного часу за наступними формулами:

$$T_n = T_0 + T_d, \text{ хв} \quad (2.40)$$

де $T_0 = 1,86$ хв.

$$T_n = 1,86 + 0,90 = 2,76 \text{ хв}$$

$T_{абс} = 3,5\%$ від T_n – час на технічне обслуговування місця роботи;

$$T_{обс} = 0,035 \cdot 2,76 = 0,097 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучний час для операції за формулою (2,51):

$$T_{шт} = 1,86 + 0,90 + 0,097 + 2,76 = 5,617 \text{ хв}$$

Оскільки деталь є виготовлена в умовах середньосерійного виробництва, повинні розрахувати складові технічних норм штучно-калькуляційного часу за допомогою формули:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \text{ хв} \quad (2.41)$$

де $T_{п.з} = 16$ хв – час підготовчо-заключний: використовується на ознайомленням з налагодженням обладнання, кресленням, пристроїв; (табл. 6.3 с. 217 [11])

n – загальна кількість деталей у партії.

Тому, маємо штучно калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = 5,617 + \frac{16}{106} \approx 5,45 \text{ хв.}$$

Нормування по технологічним переходам при операції 030 Шпонково-фрезерна заносимо до таблиці 2.14

Операція 045 Радіально-свердлильна

Технічне нормування проводиться розрахунково-аналітичним методом в наступній послідовності (с. 270, [10]).

Таблиця 2.14 – Норми часу на операції 030 Шпонково-фрезерна

№ пер.	Різальний інструмент	Норми часу				
		T_0 , хв	$T_{o\Sigma}$, хв	T_d , хв	$T_{шт}$, хв	$T_{шт-к}$, хв
1	Фреза шпонкова $D = 12$ мм	0,55	0,91	0,90	5,617	5,45
2	ГОСТ 9140 -78	0,28				

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{пз}}{n_3} + T_{шт}, \text{ хв} \quad (2.42)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n_3 – кількість партії деталей, який запускається у виробництво, шт.

$T_{шт}$ – штучний час при операції, хв.;

Підготовчо-заклучний час обираємо враховуючи час на наступну наладку верстата, інструменту та пристосування додаткових прийомів, $t_{пз}=30$ хв. (табл. 6.8, с. 220 [10]).

Знаходимо штучний час при операції за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{a_{орг} + a_{відп}}{100} \right), \text{ хв} \quad (2.43)$$

де $T_{оп}$ – значення операційного часу, хв.;

$a_{орг}$ – витрати часу для технічного обслуговування місця, %; $a_{орг} = 5\%$;

$a_{відп}$ – витрати часу для відпочинку, особисті потреби, %; $a_{відп} = 8\%$.

Основний час різання визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ хв} \quad (2.44)$$

де $i = 1$ – загальна кількість проходів;

L – робочий хід різального інструмента, мм.

Довжина робочого ходу інструмента розраховуємо за формулою:

$$L = l_0 + l_1 + l_2, \text{ мм} \quad (2.45)$$

де l_0 – довжина для оброблюваної поверхні, мм;

l_1 – довжина для врізання інструменту, мм;

l_2 – довжина для перебігу інструменту, мм, $l_2 = 2$ мм.

$$l_1 = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 6,3 = 2,52 \text{ мм.}$$

$$L = 30 + 2,52 + 2 = 34,52 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{34,52}{500 \cdot 0,58} \cdot 1 = 0,119 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{д}}, \text{ хв} \quad (2.46)$$

де T_0 – основний час, що даний на операцію, хв; $T_0 = 1,35$ хв.

$T_{\text{д}}$ – допоміжний час, який даний на операцію, хв;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пк}} + T_{\text{вим}}, \text{ хв} \quad (2.47)$$

де $T_{\text{уст}}$ – час для установки і зняття деталі, $T_{\text{уст}} = 0,085$ хв. (табл. 5.1 с. 197 [9]);

$T_{\text{пк}}$ – час для прийомів керування, хв; $T_{\text{пк}} = 0,13$ хв. (табл. 5.8 с. 203 [9]);

$T_{\text{вим}}$ – час для вимірювання, хв; $T_{\text{вим}} = 0,34$ хв. (табл. 5.10 с. 206 [9]).

$$T_{\text{д}} = 0,085 + 0,13 + 0,34 = 0,56 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 0,119 + 0,56 = 0,679 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = 0,679 \cdot \left(1 + \frac{5 + 8}{100}\right) = 0,76 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{30}{71} + 0,76 = 1,18 \text{ хв.}$$

Нормування для операції 045 Радіально-свердлильній наведений табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Норми часу на операції 045 Радіально-свердлильній

Інструмент різальний	Норми часу				
	T_0 , хв	$T_{0\Sigma}$, хв	$T_{\text{д}}$, хв	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{шт-к}}$, хв
Свердло $D = 6,3$ мм ГОСТ 10903-80	1,35	0,91	0,56	1,91	2,33

2.9 Проектування верстатного пристрою для фрезерування паза

2.9.1 Обґрунтування необхідності пристосування. Вибір системи пристосування.

Взявши до відома, що при обсязі загальних засобів технологічного оснащення, близько 50% являють собою верстатні пристосування. Використовування верстатних пристосувань дає змогу:

- 1) надійного закріплення деталі при збереженні жорсткості в процесі обробки;
- 2) забезпечувати можливість якості обробки для невисокій кваліфікації робітників;
- 3) підвищенню продуктивності для полегшення умов праці робітників;
- 4) розширити можливості технологічного користування обладнанням.

Обробляється Заготовка в пристосуванні, робітники повинні мати четвертий розряд. Пристосування застосовують з механізованим приводом, що дає змогу знизити розряд верстатника при даній операції, підвищити параметри точності, зменшити трудомісткість обробки на операції. Найбільш раціонально застосовуватиметься система спеціальних нерозбірних пристосувань (СНП).

Визначення виконання операції, кількісних та якісних результатів.

Точність розмірів.

На операції 030 «Шпонково-фрезерна» формуються подальші лінійні розміри:

- 1) величина допуску 430 мкм. При ширині паза 12Н14. Згідно ГОСТ 25346-89 дане значення співпадає з табличним ([120], с. 441).
- 2) витримати на операції розмір глибини пазу 5 мм. При цьому допуск буде рівним 12 мкм. Згідно ГОСТ 25346-89 це відповідає IT14, значення стандартне ([20], с. 441).
- 3) лінійний розмір сягає довжині пазу 30 мм - витримується (даний розмір виконаний за 14 квалітету, вільний, величина його допуску становить $T = 620$ мкм).

Точність форми.

Проводиться аналізу поверхня стінки паза шпонки. Так, як форма даної поверхні характеризується зазвичай відхиленням від площини. За ГОСТ 24643-86 для квалітету IT14 і рівню точності А, маємо при цьому ступінь точності 12 [20, с. 451]. Для відповідного номінального розміру 12 мм його допуск площинності складає 50 мкм.

Точність розташування.

На кресленні зазначене радіальне биття циліндричної поверхні: $\varnothing 42n6 = 0,1\text{мм} = 100\text{мкм}$, згідно ([20], с.452) по ГОСТ 24643-86 це відповідає 6 ступеню точності за табличним значенням допуску – 100 мкм.

Ступінь шорсткості

Шорсткість порожнини пазу, на кресленні деталі складає: $Ra = 6.3$ мкм.

Заготовка на даній операції, яка пройшла практично весь маршрут обробки. Попередню обробку проходила зовнішня циліндрична поверхня. Тобто це є підставою говорити про наявність точних та розвинених поверхонь для базування заготовки. Проведемо перевірку параметрів поверхонь, що можуть виступати базовими.

Точність розмірів.

Базою виступає циліндрична поверхня $\varnothing 40k6$. Поверхня довжиною 81 мм ($l/d > 2$), це виконується. Що говорить про, виступання технологічною базою поверхні.

Точність форми.

Допуск круглості та циліндричності для розміру $\varnothing 40k6$ на кресленні не наявний, отже він входить у загальний допуск на розмір та становить 30%:

$$T = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мкм}$$

Стандартне значення найближчого допуску по ГОСТ 24643-86 відповідає:

$T = 8$ мкм, що відноситься 6 ступеню точності.

Точність розташування.

На цій поверхні витриманий допуск до радіального биття у межах 0,1мм.

Обираємо найближче значення з переліку стандартних: $T = 25$ мкм, що відповідає теж 6-му ступеню точності.

Ступінь шорсткості.

На креслення деталі валу 469.72.67.49 можемо бачити параметри шорсткості: розміру $\text{Ø}40k6$ $Ra = 0,8$ мкм; торцю – 6,3мкм. Це цілком забезпечує вимогу до базових поверхонь.

Визначення умов, в ході яких експлуатується та виготовляється заготовка.

Програма річного випуску - 107 деталей. Ця програма з урахуванням трудомісткості гарантовано відповідає середньо-серійному типу виробництва. При цій програмі виробництва, можемо для деталі зробити узагальнення, що періодичність використання є низькою. Заготовка буде оброблюватися на верстаті 692Д

Перелік складання функцій, котрі реалізуються:

- 1) попереднє переміщення та орієнтація заготовки;
- 2) базування заготовки;
- 3) верстатне закріплення та базування пристосування;
- 4) підведення та відведення енергоносіїв;
- 5) замінення затискних елементів;
- 8) об'єднання вузлів функціонування (корпус);
- 9) обробка пазу 12 Н14;
- 10) створення для безпечних умов праці.

2.9.2 Розробка і обґрунтування схеми базування.

Метод вибору закріплення, установки заготовки на верстаті знаходиться за конфігурацією самої заготовки, методами обробки та серійністю виготовлення. Ці методи можуть суттєво впливати на якість, точність поверхонь, котрі оброблюються при загальній тривалість обробки.

Схема аналізу базування виконана в пункті 2.4

На пристосуванні заготовку може встановлюватись у призми з упором в торець (рис. 2.7).

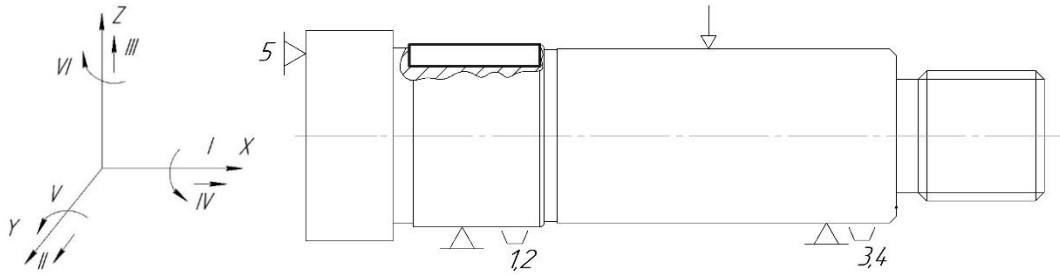


Рисунок 2.7 – Схема базування, закріплення заготовки при операції 030 «Шпонково-фрезерна»

Отже, дане базування необхідно використовувати при закріпленні заготовки. Так як відсутня похибка базування. Не наявна деформація, котра виникає при фрезеруванні даного пазу, яке свідчить про добре закріплення.

Структура проектного функціонального пристосування представлена на рисунку 2.8.

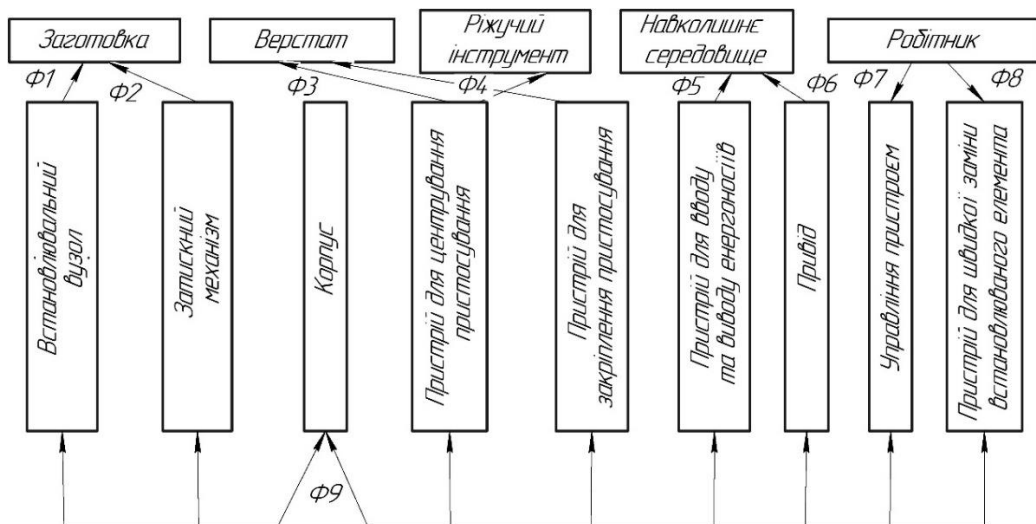


Рисунок 2.8 – Функціональна структура пристосування, що спроектоване

2.9.3 Розробка і обґрунтування схеми закріплення.

При визначенні взаємного впливу поля врівноважуючих сил (ПВС) та поля

збурюючих сил (ПЗС) розроблюємо графічну модель збурюючих сил у взаємозв'язку з обраною схемою базування (рис.2.9).

З рисунків 2.9 і 2.10 можемо бачити, що складова P_x' (ПЗС) врівноважується реакцією R_x' ($R_x' = P_x'$). Решта складових (ПЗС) потребують додаткових сил закріплення та не урівноважені. При даній схемі необхідно застосувати використання закріплення важеля в призмах, що створює (ПВС).

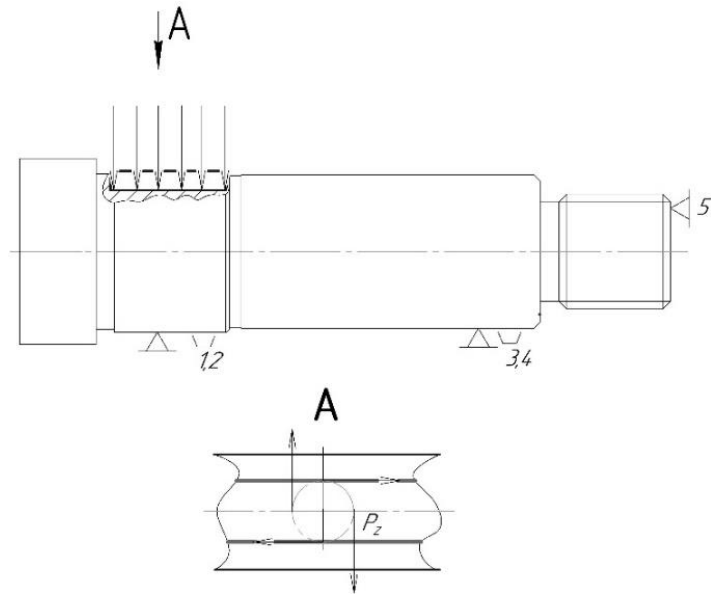


Рисунок 2.9 – Структура поля для збурюючих сил (ПЗС).

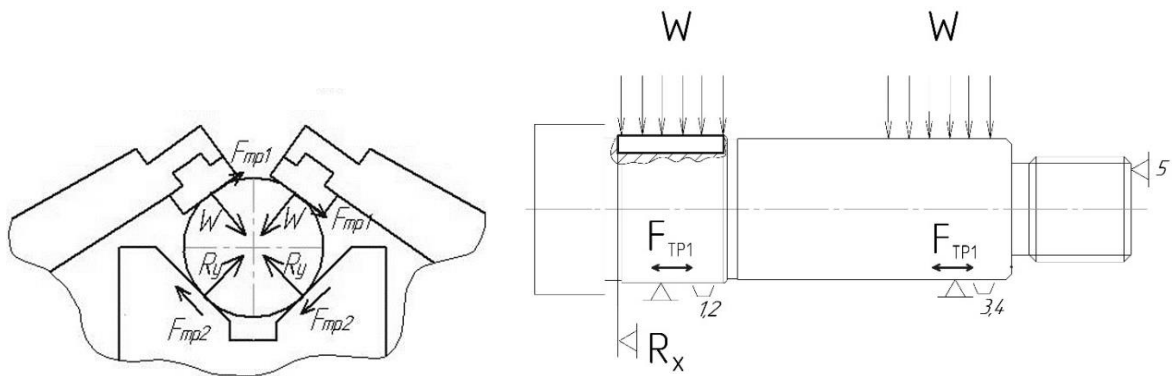


Рисунок 2.10 - Структура поля врівноважуючих сил (ПВС), яке створюється затискним механізмом.

Високий рівень енергетичних витрат на закріплення є недоліком способу урівноваження. Силкові потоки, котрі виникають при обробці, можуть створити напруження. Тому для збільшення жорсткості можливе застосування додаткових

опор. Та при цьому, можливо стростити структуру (ПВС) до дискретно-локальної. Що дає в значній мірі спростити конструкцію затискного пристрою, так як врівноважуюче структурне поле створене закріпленням двох призм пристроєм нашого важельного типу. Тому напрям дії сили цих закріплень - паралельний стінкам пазу даної шпонки, що не межує з напрямом стінок паза, симетричності, тому погрішність даного закріплення заготовки може дорівнювати:

$$\varepsilon_3 = 0.$$

При належному аналізі структури якості, зв'язків, що виникають при закріпленні, будемо таблицю одностороннього зв'язку (таблиця 2.16).

Таблиця 2.16 – Таблиця зв'язків, котрі накладаються на заготовку

Індекс зв'язків		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	$\omega_{x'}$	ω_y	$\omega_{y'}$	ω_z	$\omega_{z'}$
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R		R			R	R	R	R
	Сила затискання			W	W	W				W	W	W	W
	Сила тертя	F(w)						F(w)	F(w)				

Величину зусилля закріплення W розраховуємо за умови не зміщення заготовки під дією сили різання P_x , умови для не запобігання обернення сили P_z .

Визначену величину сили закріплення можемо розрахувати за допомогою програми для ЕОМ "Розрахунок сил для закріплення", створену на кафедрі ТМС С_{УМДУ}.

Розрахунок сил закріплення та основних параметрів пристосування.

При обробці на заготовку діє осьова сила P_z та крутний момент $M_{кр}$.

У ній сила W є силою сумарного закріплення. Сили, котра створюються на момент тертя повинні протилежно діяти зміщенню вздовж осі повороту заготовки. Силу закріплення розраховуємо до моменту та осьової сили за формулами: ([20], с. 85):

$$W_1 = \frac{K \cdot P_z}{f_1 + f_{\text{пр}}}, H \quad (2.48)$$

$$W_2 = \frac{K \cdot M_{\text{кр}}}{r \cdot (f_1 + f_{\text{пр}})}, H \quad (2.49)$$

де K – коефіцієнт даного запасу;

P_z – осьова сила для різання;

f_1 – коефіцієнт тертя між поверхнями, $f_1 = 0,15$; ([19], табл. 4.2.);

$f_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт даного тертя;

r – радіус валу $r = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

$M_{\text{кр}}$ – момент крутний.

Коефіцієнт запасу розраховуємо за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.50)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$; ([20], с. 119);

K_1 – коефіцієнт, котрий враховує нестабільність сил різання, $K_1 = 1,4$; ([20], табл. 4.1с. 118);

K_2 – коефіцієнт, який характеризує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту, $K_2 = 1,2$; ([20], с. 119);

K_3 – коефіцієнт, котрий враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні, $K_3 = 1,0$; ([20], с. 119);

K_4 – коефіцієнт, котрий враховує непостійність сил закріплення при затискному механізмі, $K_4 = 1,0$; ([20], с. 119);

K_5 – коефіцієнт, котрий характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5 = 1,0$; ([20], с. 119);

K_6 – коефіцієнт, котрий враховує наявність моменту, $K_6 = 1,0$ ([20], с. 120).

Отже, проводимо розрахунок:

$$K = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,52$$

Розраховуємо коефіцієнт тертя для контактних поверхонь, за формулою:

$$f_{\text{пр}} = f_2 \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (2.51)$$

де f_2 – коефіцієнт тертя для контактних поверхонь, $f=0,15$, ([19] с. 121 табл. 4.2);

$$f_{\text{пр}} = 0,15 \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = 0,21$$

Визначимо силу затиску дії для осьової сили:

$$W_1 = \frac{2,52 \cdot 845,9}{0,21 + 0,15} = 5921,3 \text{ Н.}$$

Розрахуємо силу затиску при дії крутного моменту:

$$W_2 = \frac{2,52 \cdot 10,45}{0,021 \cdot (0,21 + 0,15)} = 3483,3 \text{ Н.}$$

2.9.4 Розрахунок пневматичного поршневого приводу.

Привод пристосування обираємо за пневмоциліндр двосторонньої дії, котрий забезпечує створення вихідних зусиль в двох протилежних напрямках: штовхаючого - якщо повітря подається до нижньої частини циліндру, та тягнучого - зусилля в протилежному напрямку.

Діаметр пневматичного циліндра, розраховуємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{\pi \cdot \eta \cdot P}}, \text{ мм} \quad (2.52)$$

де W – розрахована сили затиску заготовки;

P – тиск стислого повітря, $P=0,63$ МПа;

η – ККД, $\eta = 0,85 \dots 0,95$, приймаємо $\eta = 0,9$ (табл. 1, с.409 [19]).

Діаметр пневмо-циліндру розраховуємо за силою затиску від дії моменту:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 3483}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,0626 \text{ мм}$$

Основні параметри пневматичного циліндру обираємо з [19, с.426]:

- діаметр обох робочих циліндрів $D = 63$ мм;
- діаметр даного штоку $d = 20$ мм;

- сила, котра штовхає – 1767 Н;
- сила, яка тягне – 1588 Н;
- тиск в системі $P=0,63$ МПа.

Поширеними перевагами поршневих приводів є її швидкісна дія, постійне зусилля. З недоліком – шум, яких створює ударну дію даного приводу.

2.9.5 Розрахунки точності пристосування.

Розрахунок похибки $\varepsilon_{пр}$ приводить до віднімання з допуску виконуваного розміру всіх подальших складових похибок загальної обробки:

$$\varepsilon_{пр} \leq \delta - k_T \cdot \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + (k_{T2} \cdot \omega)^2}, \text{ мкм} \quad (2.53)$$

де δ – допуск для обробки розміру заготовки; $\delta = 400$ мкм

k_T – коефіцієнт, котрий враховує відхилення розсіяння значення складових величин від нормального розподілення; $k_T = 1,0$; (с.85 [20]);

k_{T1} – коефіцієнт, котрий враховує зниження граничних значень похибки базування для роботи на налагоджених станках; $k_{T1} = 0,8$; (с.85 [20]);

k_{T2} – коефіцієнт, котрий враховує частки похибки обробки при сумарній похибці, котра викликана фактором; $k_{T2} = 0,6$;

ω – економічно доцільна точність обробки; $\omega = 100$ мкм (с.214 табл. 24 [20]);

ε_6 – похибка при базуванні; $\varepsilon_6 = 15,73$ мкм;

ε_3 – похибка закріплення, котра виникає внаслідок переміщення деталі від дії належної сили затиску $\varepsilon_3 = 70$ мкм, (с.209 табл. 24 [20]);

ε_y – похибка встановлення.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ мкм} \quad (2.54)$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{19,36^2 + 70^2} = 72,6 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{пр} \leq 400 - 1,0 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 19,36)^2 + 70^2 + (0,6 \cdot 100)^2} = 282 \text{ мкм}$$

При урахуванні стандартного числового ряду, приймаємо: $\varepsilon_{пр} = 280$ мкм.

Можлива похибка в межах, як результат складання похибок при взаємному

розташуванні всіх подальших елементів. Тому, допуск можемо поділити за елементами в наступному чині:

- 1) не перпендикулярність торця до осі шпинделя -140 мкм;
- 2) радіальне биття поверхні оправлення - 140 мкм.

2.9.6 Опис пристрою і роботи пристосування.

Пристосування слугує допоміжним змінним пристроєм до верстата, і призначене для правильної установки для закріплення заготовки при механічній обробці деталі. Пристрій слугує для фрезерування пазу на верстаті 692Д.

Вал шліцьовий 469.72.67.49 розміщується на призму 5 з упором лівим торцем деталі при затисканні за допомогою прихватк 4, який закріплюється за допомоги шпильок 26, до штоку 8. Від подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери циліндру 6, при допомозі рукоятки 11 на пневмовимикачі, даний поршень 1, від тиску повітря зі штоком 8, повинен переміщуватися вниз. Вже потім прихватом 4, остаточно затискається дана деталь. Після закінчення операції 030 повітря подається в безштокову порожнину за допомогою рукоятки 11 на пневмовимикачі пневмокамери шток 8, повинен переміщуватися вгору при цьому звільнює деталь.

2.10 Проектування контрольно-вимірювального пристосування.

Початкові дані для проектування.

Є необхідність в проектуванні КВП для контролю радіального биття шийок валу $\varnothing 42$, $\varnothing 40$ для деталі «Вал-шліцьовий» 03-04-20-19.005.

Річна програма виготовлення цих деталей встановлена в обсягу 4500 деталей цього найменування. Це відповідає середньосерійному типу виробництва, тому необхідно забезпечити, з одного боку, спеціалізацію пристосування, а з іншого, можливість його використання для контролю близьких за розмірами та конфігурацією групи деталей при мінімальних переналаштуваннях.

Контроль буде виконуватися на стаціонарному посту ОТК після завершення виконання передбачених технологією операцій механічної обробки.

Обґрунтування необхідності КІП.

На даний момент контроль биття виконується після завершення обробки на шліфувальній операції без зняття деталі з верстата. Остаточний контроль на посту ОТК не робиться, що пов'язано з відсутністю КВП для такого контролю. Виконання контролю безпосередньо на механічній операції суттєво збільшує штучний час цієї операції.

Відробіток конструкції на технологічність виміру.

В цілому контроль радіального биття величиною 0,1 мм не викликає яких-небудь труднощів, оскільки простановка цього відхилення розташування вірна. Є досить розвинені і точні поверхні. Крім того, що важливо, є можливість дотриматися принципу поєднання баз.

Номінальне значення допуску розташування відповідає вимогам ГОСТ 24643-81 і відповідає 7 класу точності нормального рівня геометричної точності.

Уточнення мети операції контролю.

Вибір категорії контролю.

Продукція, що випускається, за своїми техніко-економічними показниками повинна відповідати сучасним вимогам стандартів ДСТ, ОСТ, ТУ, таку продукцію відносять до 1-ої категорії якості.

Виробництво подібного і технологічного класу деталей потрібно вважати давно освоєним і сталим. Тому приймається режим нормативного контролю ГОСТ 20736-75.

Встановлюємо наступні показники операції контролю :

- за об'ємом - суцільний контроль;
- за часом - періодичний;
- по структурі – одноразовий.

Уточнення і аналіз точності параметрів контрольованих поверхонь.

За контрольовані поверхні приймаємо циліндричні поверхні шийок валу 1,

2, 3 (нумерація відповідно до рисунка 1.1). Їх номінальні значення, позначення квалитетов точності, полів допусків, граничні відхилення згідно ГОСТ 25347-82 і міра шорсткості приведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 - Точнісні параметри контрольованих поверхонь

№ пов-ні	Номінальне значення розміру, мм	Полі допуску	Відхилення, мм		Шорсткість Ra, мкм
			нижнє	верхнє	
1	Ø48	k6	+0,002	+0,018	0,8
2	Ø40	k6	+0,002	+0,018	0,8
4	Ø42	k6	+0,002	+0,018	0,8

Вибір і обґрунтування схеми базування

З метою повного забезпечення виконання для принципу поєднання баз, в якості базових поверхонь пропонуються центрові отвори валу - служать для матеріалізації неявної бази валу - його осі (див. рисунок 2.11). Використання даної схеми базування дозволить її позбавити 5 ступенів свободи, що цілком добре при цьому способі контролю.

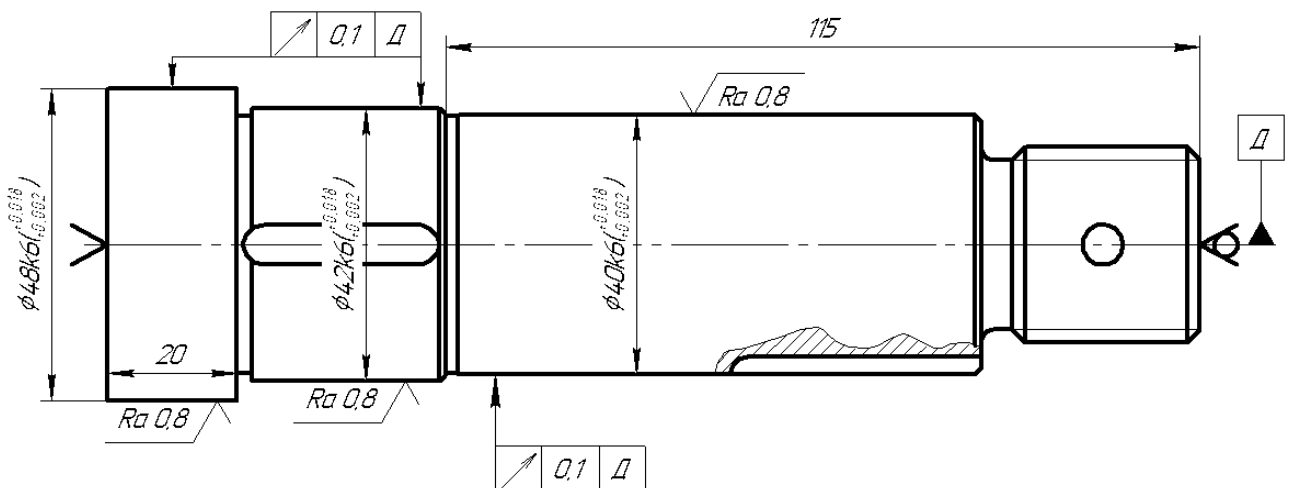


Рисунок 2.11 – Схема базування при контролі

Визначення умов, в яких експлуатуватиметься КВП.

Контроль заданого параметра робитиметься на робочому місці інспектора ВТК, та безпосередньо в цеху. Можна звідси зробити висновок, що не є зовсім сприятливими умовами експлуатації КВП. Температура в робочій зоні $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ (ГОСТ 12.01.005 - 88). Відносна вологість 80%, атмосферний тиск повітря $P_{\text{ат}} = 86.106$ кПа, швидкість руху повітря $V_{\text{п}} \approx 0,5$ м/с, частота вібрації, що викликаються верстатами $f = 20 \dots 30$ Гц. При роботі КВП можливі струси і удари. Основним чинником що визначає працездатність зору, являється освітлення. В умовах ділянки $E_{\text{ф}} = 100$ люкс, що є недостатнім. Для того передбачається місцеве освітлення при $E_{\text{ф}} = 1000$ люкс. Можливе вимірювання деталей, котрі не встигли охолонути після обробки, їх температура може досягати 50°C .

Перераховане вище, також наявність в повітрі абразивних часток і корродуючих компонентів зобов'язує конструктору передбачувати заходи по захисту КВП від впливу довкілля, що заважає його нормального функціонуванню.

Вибір і обґрунтування методу виміру.

З можливих альтернатив прямого і непрямого методу перевага віддається прямому, тому як його простіше виконати при контролі. При чому немає будь-якої необхідності в перерахунку свідчень, отримувана точність цілком достатня при допуску, що перевіряється.

При обранні контактного і безконтактного способів віддаємо свою перевагу контактному. Що пояснюється тим, що характеристики міцності матеріалу деталі високі і контрольована поверхня без того, щоб її зім'яло може сприймати вимірювальні зусилля. У цих умовах, коли можливе попадання оливи, МОР і стружки та вимірювального зусилля сприятиме видаленню бруду і сторонніх тіл на місці вимірювання.

З метою підвищення точності виміру приймається наконечник плоскої форми (рис. 2.12). Орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 5Н. Відповідно до формули Герца обчислюємо:

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt{\frac{P_{зус}}{R}} \quad (2.68)$$

Похибка від вимірювального зусилля дорівнюватиме нулю, оскільки у наконечника плоскої форми $R \rightarrow \infty$.

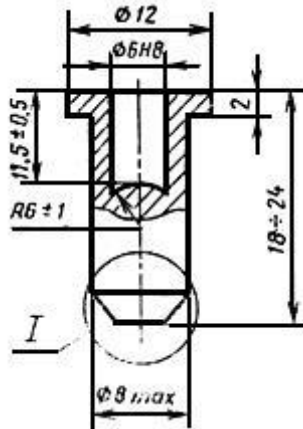


Рисунок 2.12 – Загальний вигляд наконечника

Переміщення деталі в процесі його контролю вимагає характер контрольованого параметра (повороту). В процесі контролю деталь матиме горизонтальне розташування. З двох можливих методів - абсолютного і відносного переважний другий(відносний), оскільки дозволить здійснити точніші виміри.

Вибірання засобу вимірювання (ЗВ)

Вибірання засобу вимірювання розпочнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійних характеристик які повинен мати ЗВ.

Сумарної похибки вимірювання КВП, що припускається, складе:

$$\delta_{зм} = k \times IT \quad (2.69)$$

де $k = 0.2 \dots 0.35$ - коефіцієнт залежний від квалитета точності контрольованого параметру;

IT - допуску контрольованого розміра;

$$\delta_{\text{вим}} = 0,016 \times 0,3 = 0,0048 \text{ мм};$$

приймаємо $\delta_{\text{вим}} = 5 \text{ мкм}$.

Визначимо інструментальну погрішність засобу виміру (інструментальну погрішність):

$$\Delta_{\text{ін}} = 0,7 \times \delta_{\text{вим}} = 0,7 \times 5 = 3,5 \text{ (мкм)}. \quad (2.70)$$

Ціна поділки вираховуємо залежно для величини допустимої інструментальної погрішності ЗВ, приймаємо

$$C = \Delta_{\text{ін}} = 3,5 \text{ мкм}. \quad (2.71)$$

Інтервал поділки шкали (а) беремо 2 мм, адже менша відстань між сусідніми штрихами зможе затруднити зчитування показників ЗВ.

Межа вимірювання по шкалі (А) перевищує допуск ІТ, щоб зняття показників не викликало утруднень, тоді:

$$A = 4 \times \text{ІТ} = 4 \times 0,016 = 0,048 \text{ (мм)}. \quad (2.72)$$

Межа виміру засобу вимірювання (діапазон вимірів) визначається умовами експлуатації. Обираємо $B = 1 \text{ мм}$.

Зусилля при вимірюванні $P_{\text{зyc}}$ обумовлюється характером контролюючих поверхонь при вимірі жорсткістю контрольованої поверхні, величині допуску вимірюваного параметру. Але обмеження відсутнє, тому приймаємо $P_{\text{зyc}} = 500 \text{ сН}$, коливання вимірювального зусилля обумовлене величиною $\Delta P_{\text{зyc}} = 100 \text{ сН}$.

Відповідно до [19, стр.152, таблиця. 5.12] приймаємо ЗВ індикатор багатооборотний (з розширеним діапазоном для вимірювання) 05205 ТУ2-034-317-77, який характеризується ціною ділення $s = 0,002 \text{ мм}$, діапазон при вимірюванні $B = 5 \text{ мм}$, вимірювальне зусилля $P_{\text{зyc}} = 200 \text{ сН}$, коливання для вимірювального зусилля $\Delta P_{\text{зyc}} = 70 \text{ сН}$, габаритні розміри $132 \times 82 \times 22 \text{ мм}$, маса $0,22 \text{ кг}$ /

Ескізне проектування КВП

Складання структурної схеми

В процесі контрольної операції в пристосуванні можуть реалізуватися наступні приватні функції:

1. Базування і закріплення вимірюваної деталі.
2. Установка і закріплення СІ.
3. Прийом та передача і перетворення інформації.
4. Об'єднання всіх функціональних вузлів і(корпус).

Таким чином, структурна схема проектованого КВП виглядає так, як показано на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 - Структурна схема КВП

Розробка ескізного компоунування КВП

Компонувальну схему розробляємо на основі інформації, що було отримано раніше на різних етапах проектування. Вибрана на основі узагальнення даних, приведених вище, кінематична схема виміру представлена на рисунку 2.14.

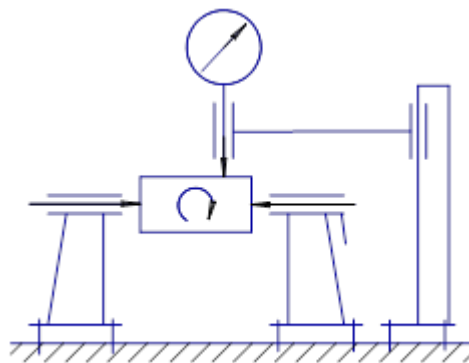


Рисунок 2.14 - Кінематична схема вимірювання

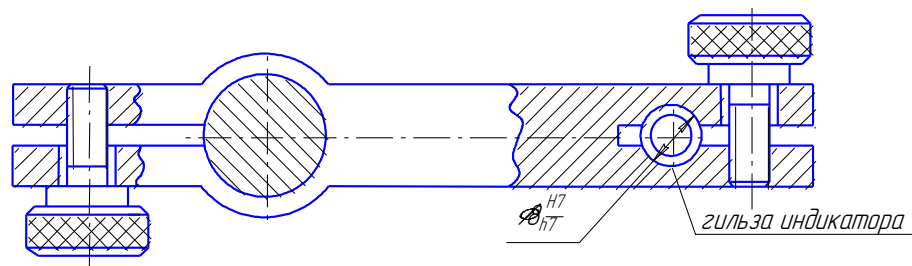
При використанні цієї схеми досягається зручність установки деталі, сили гравітації, що діють на деталь, сприяють надійному контакту базових поверхонь

з настановними елементами і не вимагають додаткового притискання (виключається перекидання деталі).

Розробка ескіза функціонального вузла

З п'яти приватних функцій, які необхідно реалізувати в проектуваному КПП, найбільш важливими є установка і закріплення ЗВ і переміщення його на вимірювальну позицію. Здійснимо пошук технічного рішення цих функцій.

Найбільш раціональним, в нашому випадку, варіантом технічного рішення реалізації функції установки і закріплення ЗВ є варіант кріплення представлений на рисунку 2.15.



Рисунку 2.15 - Кріплення ЗВ

Цей спосіб гарантує точність, швидкість і надійність кріплення. Крім того, є можливість регулювання швидкого положення вимірювальної голівки по висоті при змінному натязі і при цьому, немає необхідності в допоміжному інструменті(викрутка). Його відрізняють простота реалізації, більш висока технологічність виготовлення тих, що направляють.

Функція переміщення ЗВ на вимірювальну позицію і виведення її звідти може здійснюватися або обертальним, або прямолінійним рухом. Доцільніше обертальне переміщення.

Розрахунок фактичної сумарної погрішності

Розрахунок фактичної сумарної погрішності вироблюваний по формулі:

$$E_{\text{квп}} = E + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{ін}} + \Delta_t + \Delta_{\text{зус}}, \quad (2.73)$$

де E - погрішність положення контрольованої деталі при пристосуванні;

$$E = \sqrt{E_6^2 + E_3^2 + E_{np}^2} \quad (2.74)$$

де E_6 - погрешность базування. В даному випадку рівна 0;

E_3 - похибка закріплення, також дорівнює 0;

E_{np} 3,2 мкм – похибка, для виготовлення елементів пристосувань;

$\Delta_p = 0$ - похибка передатного пристрою, оскільки в конструкції КПП передатний пристрій відсутній;

$\Delta_3 = 0$ - похибка виготовлення для еталонної деталі, еталон не застосовується;

$\Delta_{ін}$ - похибка інструментальна, $\Delta_{ін} = 5$ мкм;

Δ_t - похибка викликана зміною температури даного довкілля;

$$\Delta_t = l \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_2); \quad (2.75)$$

де l - розмір вимірюваного об'єкту;

$\alpha = 12,3 \times 10^{-6}$ – коефіцієнт лінійного розширення;

$t_1 - t_2$ - можливий перепад температур, приймаємо рівним 10°C ;

$$\Delta_t = 60 \cdot 12,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 0,000738 \text{ (мм)} = 0,74 \text{ мкм};$$

$\Delta_{зус} = 0$ - похибка, що викликається вимірювальним зусиллям;

Сумарна фактична похибка сягає:

$$E_{кпп} = 3,2 + 0 + 0 + 5 + 0 + 0,74 = 8,94 \text{ (мкм)}.$$

Будова та принцип роботи КВП

Деталлю базового контрольно-вимірювального пристосування (рисунок 2.16) є станина 8, на якій розміщуються бабка ліва 1, із запресованим в ній центром 9 та правої бабки 2. Кріплення обох бабок здійснюється при допомозі планок 6 з гвинтами 13 і болтів 3 з гайками 16. У правій бабці розміщуються гільза 4 в якій запресований центр 9. Подовжнє переміщення гільзи здійснюється при допомозі повороту штурвалу 11 з руків'ям 7 та обертання штоку 10. Від проворота гільзу 4 на отворах бабок фіксує гвинт 14. Шток 10 за осьового переміщення

фіксується у кришці 5 при допомозі гайок 17. Кришка закріплюється на корпусах бабки 2 з гвинтами 12. При змащенні поверхонь гільзи, що труться, є масельничка 19. Індикатор - вимірювальний прилад 18, що закріплений в стійці 21. Для необхідного транспортування використовуються рим-болти 20.

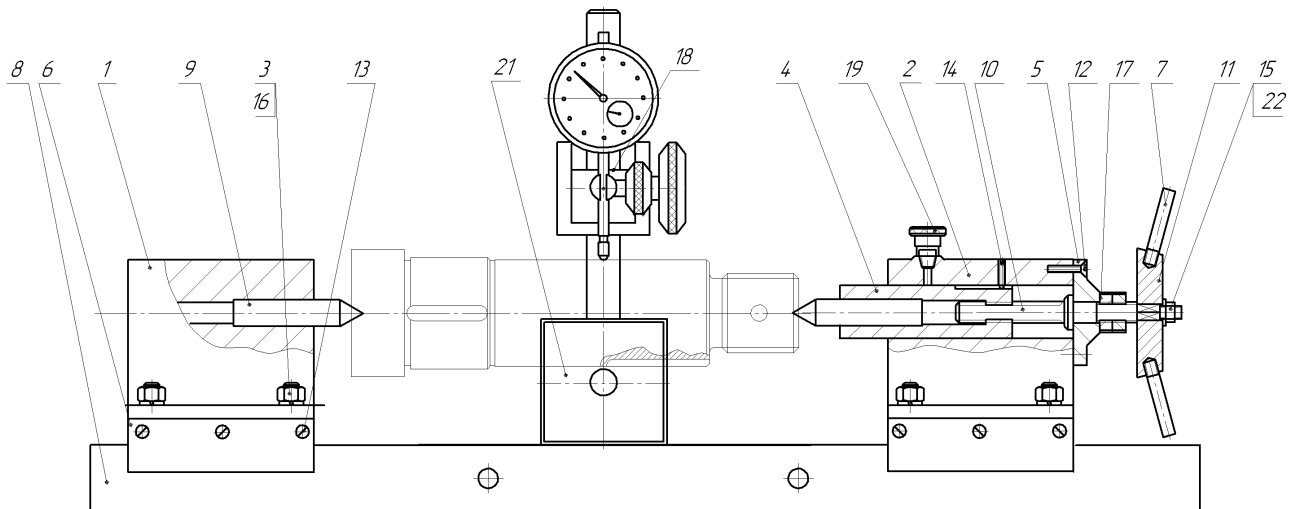


Рисунок 2.16 - Конструкція КВП.

Принцип роботи КВП.

Заздалегідь перед установкою деталі бабок ліва і права розсується на відстань рівної довжині вимірювальних деталей плюс 30-40мм. Робочі поверхні центрів наносять солідол синтетичної марки С ГОСТ 4366-76. За допомогою підйомного пристрою вісь деталі поєднується з віссю центрів пристосування. Закріплення деталі здійснюється обертанням штурвалу 11, при цьому відбувається подовжнє переміщення гільзи 4 з центром 9, який і затискає дану деталь. Індикатор закріплений в магнітній стійці встановлюється до вимірюваної поверхні. Шкалу індикатора встановлюємо на нуль. Деталь обертається навколо осі 1-2 рази. Вимірюване радіальне биття складатиме різницю між найменшим і найбільшим свідченнями індикатора.

2.11 Висновок

В даному розділі роботи було запропоновано вдоскалений технологічний

процес виготовлення деталі «Вал шліцьовий», обрано верстатне обладнання, засоби технічного забезпечення, виконано розрахунки режимів різання, нормування технологічних операцій. Виконано проектування верстатного пристрою та контрольно-вимірювального пристрою.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ НА ОПЕРАЦІЇ №030 «ШПОНКОВОФРЕЗЕРНА»

3.1 Актуальність, мета та методи дослідження

Процес розробки конструкції верстатного пристрою є складним завданням, яке вимагає від проектувальника великого досвіду, знань та навичок. Верстатного пристрою, як частини технологічної оброблювальної системи, є її вузьким місцем. Саме тому, рішення, прийняті під час проектування пристрою, повинні перевірятися на предмет стійкої та надійної роботи в умовах статичних та динамічних навантажень.

В пункті 2.9 було розроблено конструкцію спеціального верстатного пристрою для встановки заготовки деталі «Вал шліцьовий» на стіл верстата на шпонково-фрезерній операції. Під час обробки деталі виникають як статичні так і динамічні навантаження. В зв'язку з цим виконаємо дослідження спроектованого пристосування як елемента системи «верстат-інструмент-пристосування-заготовка» на здатність опиратися як статичним, так і динамічним навантаженням.

Досліджувати розроблену конструкцію пристосування будемо за допомогою прикладного пакету математичного аналізу «Ansys Workbench». Для статичного аналізу конструкції будемо використовувати модуль «Static Structural», для динамічного аналізу – модуль «Modal». Робота вказаних програмних модулів базується на використанні відомого методу скінчених елементів.

Перший крок алгоритму дослідження зазначеної конструкції полягає у розробленні твердотільної моделі системи «пристрій-заготовка». До складу цієї системи включаємо такі деталі пристосування як поршні, важелі, планка, призму, осі, кришки та заготовку – ті деталі які безпосередньо формують силові потоки

при роботі пристосування та чинять безпосередній вплив на точність обробки.

Перед початком розрахунку необхідно створити твердотільну 3d-модель системи «Пристосування-заготовка». Розробку такої моделі виконуємо в CAD-системі «Компас-3D». Її представлено на рисунку 3.1.

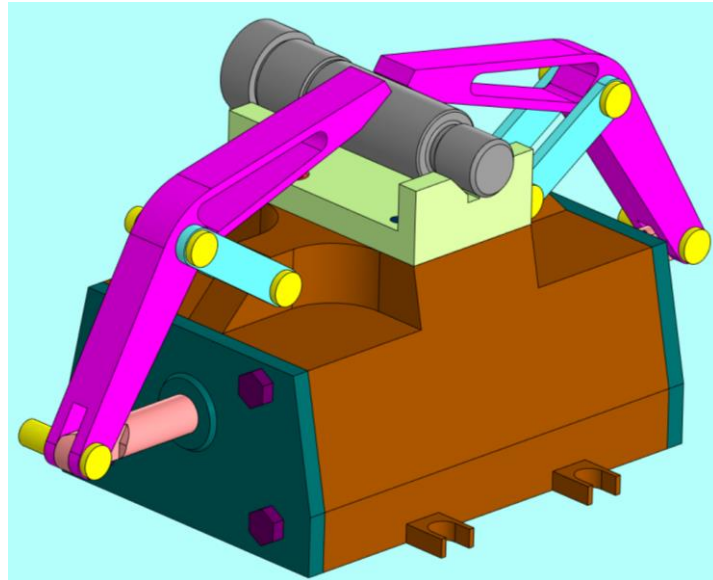


Рисунок 3.1 – Розроблена 3d-модель системи «пристосування-заготовка»

На другому етапі виконуємо імпортування отриманої твердотільної моделі досліджуваної системи до програмного пакету «Ansys» з метою передачі геометричну інформації про модель системи з використанням універсального формату представлення даних «*.igs». Отриманий результат представлено на рисунку 3.2.

На третьому етапі задаємо граничні обмеження для розрахунків системи: характеристика матеріалів деталей пристосування, параметри контактуючих поверхонь деталей системи, описуємо зовнішнє навантаження як силами. Так і моментами сил (в тому числі сили різання та закріплення, які були визначенні в п..2.9).

Для розрахунку примаємо в якості матеріала деталей пристосування середньовуглецеву конструкційну сталь (з бібліотеки програмного комплексу «ANSYS»). Її механічні властивості за даними системи: модуль Юнга (модуль пружності першого роду) – $E=2 \times 10^5$ МПа, межа текучості при стисканні

(розтягуванні) – $\sigma_T=250 \times 10^6$ Па, межа міцності при розтягуванні – $\sigma_B=460 \times 10^6$ Па.

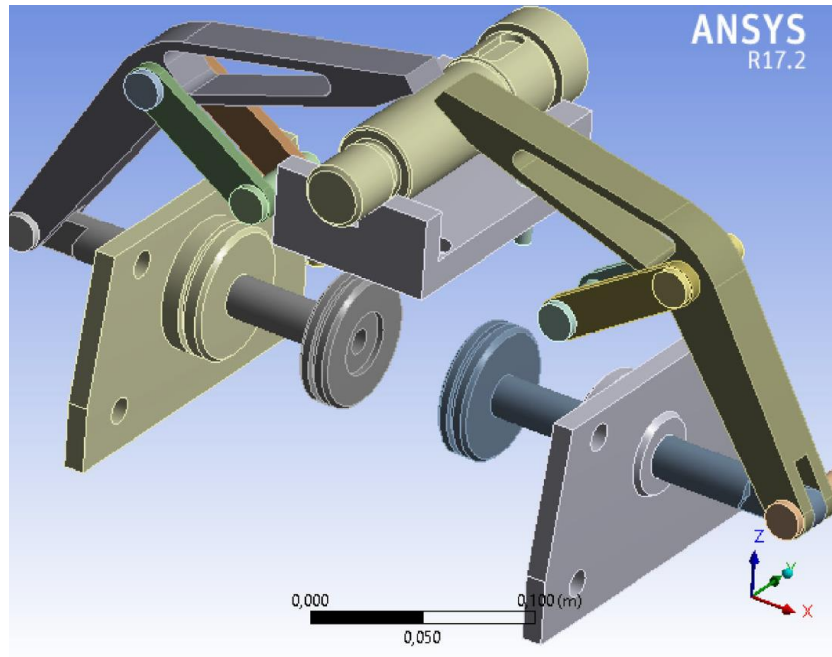


Рисунок 3.2 - Імпортована геометрична модель досліджуваної системи

Задаємо параметри контакту сполучень поверхонь пар «вісь-важіль», «заготовка-призма», «заготовка-важіль», як тертя ковзання з коефіцієнтами тертя 0,1, 0,2 та 0,2 відповідно, див. рисунок 3.3.

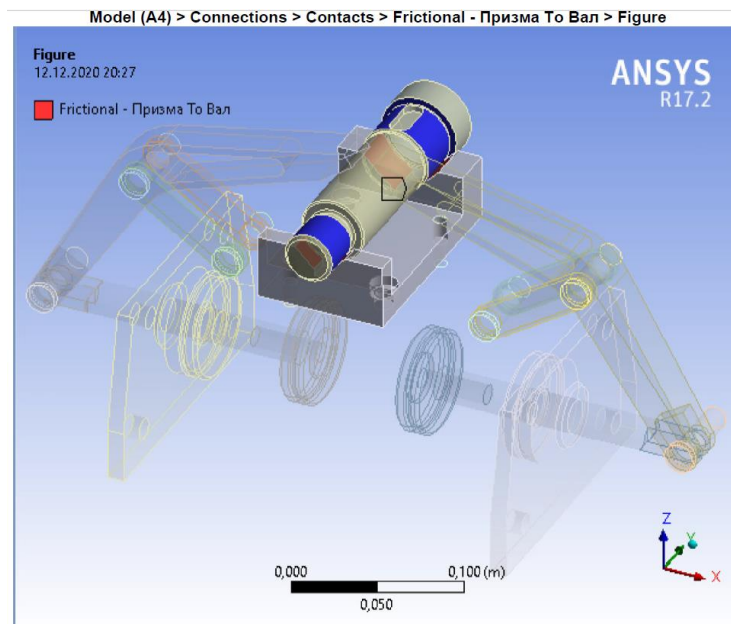


Рисунок 3.3 - Характеристики контакту спряжених поверхонь «заготовка-призма»

З розрахунків, наведених в п. 2.9 даної роботи відомо, що при фрезеруванні

шпонкового пазу на заготовку з боку ріжучого інструменту крутний момент $M=42,3 \text{ Н}\times\text{мм}$, на поршни з боку пневмокамери діє сила $P=11400 \text{ Н}$. Ці силові фактори показані на рис. 3.4.

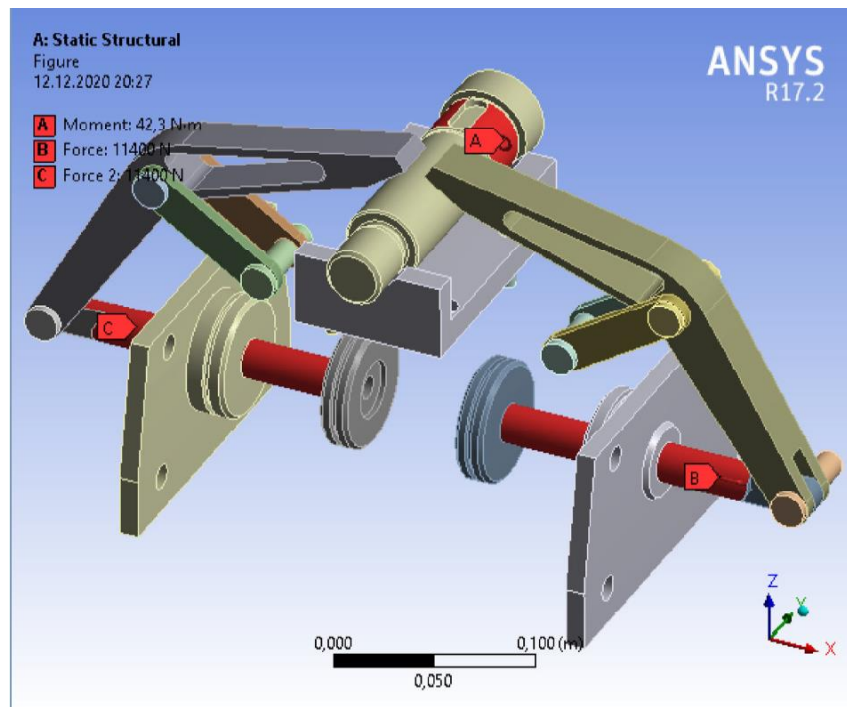


Рисунок 3.4 – Накладання на систему зовнішніх силових факторів.

На четвертому етапі будуємо сітку скінчених елементів. Цю процедуру система здійснює в автоматичному режимі. Отримаємо сітку за наступними параметрами (рис. 3.5): кількість елементів - 19161, мінімальна довжина грані елементу – 1,23 мм.

3.2 Результати статичного дослідження системи «пристрій- заготовка»

В результаті проведення статичного аналізу досліджуваної системи «пристрій-заготовка» були отримані епюри деформацій (Total Deformation) та напружень (Equivalent Stress), див. рисунки 3.7 та 3.8 відповідно.

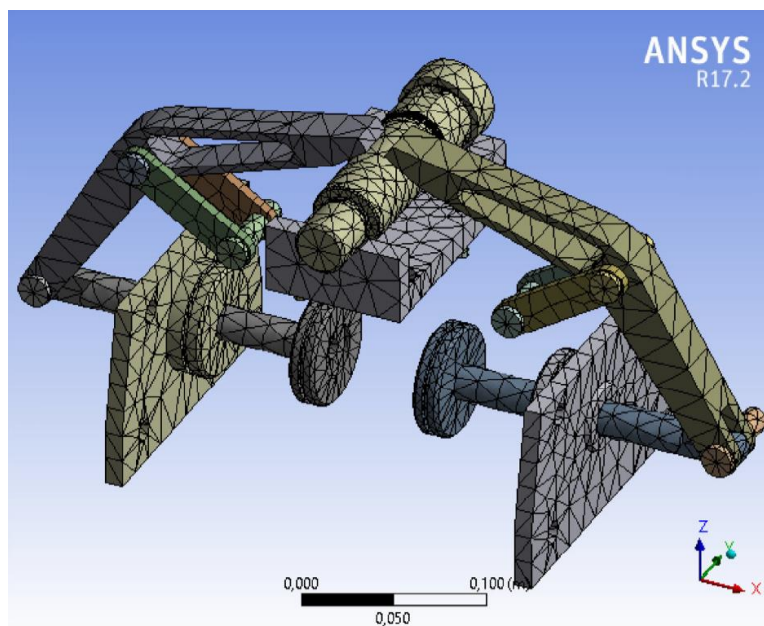


Рисунок 3.5 – Згенерована сітка скінчених елементів системи

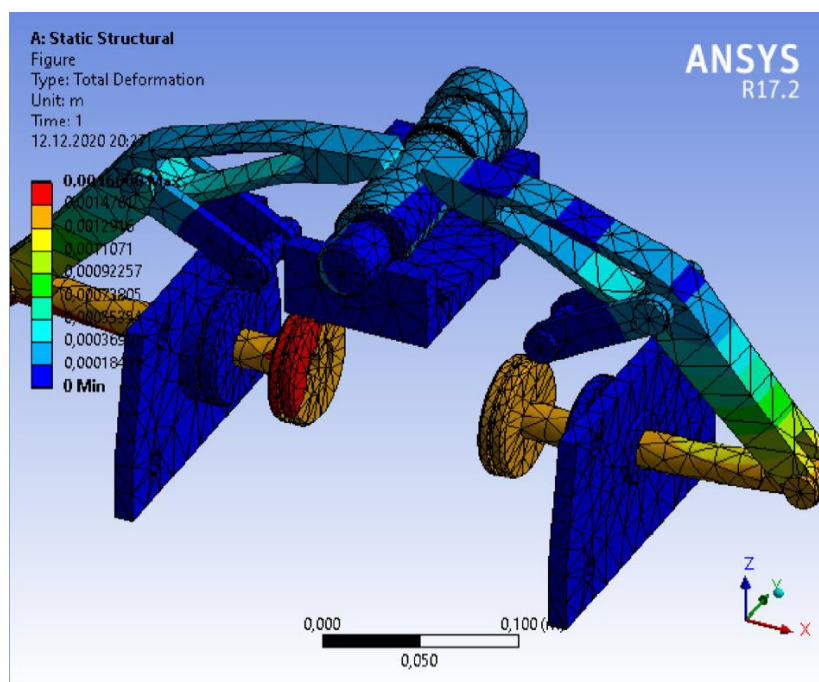


Рисунок 3.6 – Результати розрахунку епюри деформацій системи «пристрій-заготовка»

З отриманих результатів випливає, що найбільше значення деформації маємо на поршні і вона становить 1,67 мм. В той же час, деформації базуючих елементів призми заготовки практично відсутні, що вказує на відсутність

впливу сил закріплення на точність обробки.

Програмний пакет «ANSYS» має змогу виконати розрахунки внутрішніх напружень в деталях системи. Результати такого розрахунку наведено на рис. 3.7. Видно, що найбільші напруження характерні для деталі «важіль», їх величина становить 64 МПа, що є прийнятним для обраного конструкційного матеріалу.

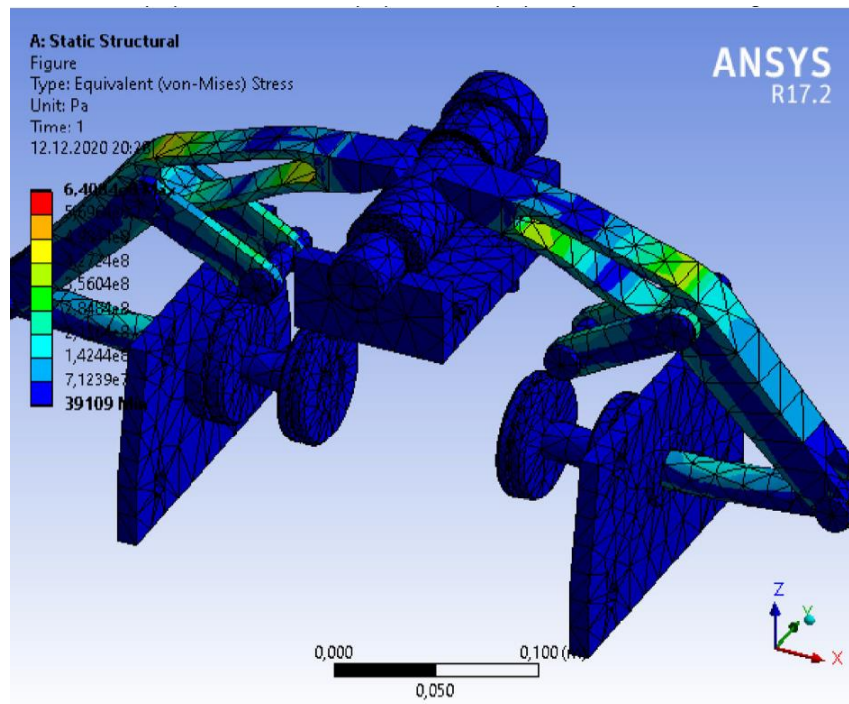


Рисунок 3.7 - Епюра напружень системи «пристрій-заготовка»

3.3 Аналіз результатів динамічного дослідження системи «пристрій-заготовка»

В результаті проведення динамічного аналізу досліджуваної системи «пристрій-заготовка» були отримані епюри деформацій, що відповідають першим трьом модам (формам) вільних коливань системи «пристрій-заготовка», див. рисунки 3.8, 3.9, 3.10 та ряд частот вільних коливань, характерний для зазначених мод, див. рисунок 3.11.

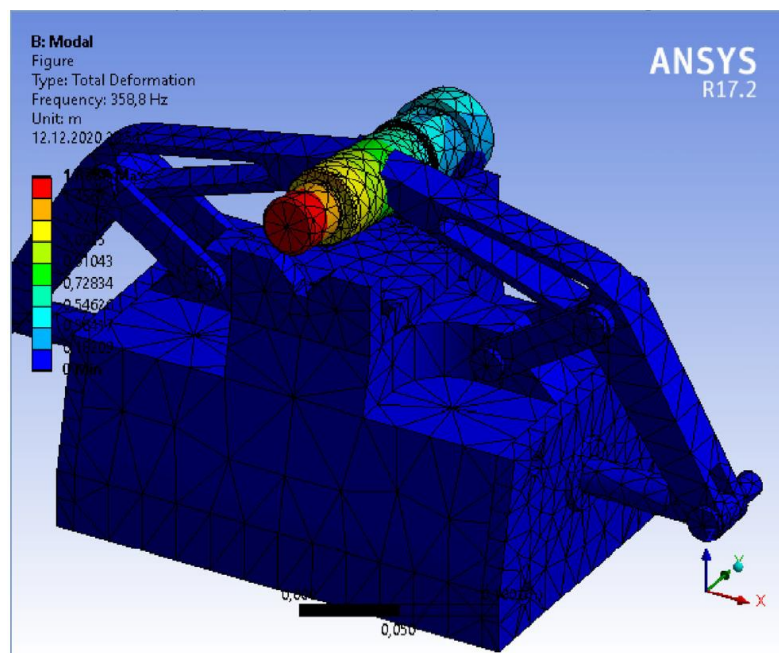


Рисунок 3.8 - Епюра першої форми вільних коливань системи «пристрій-заготовка»

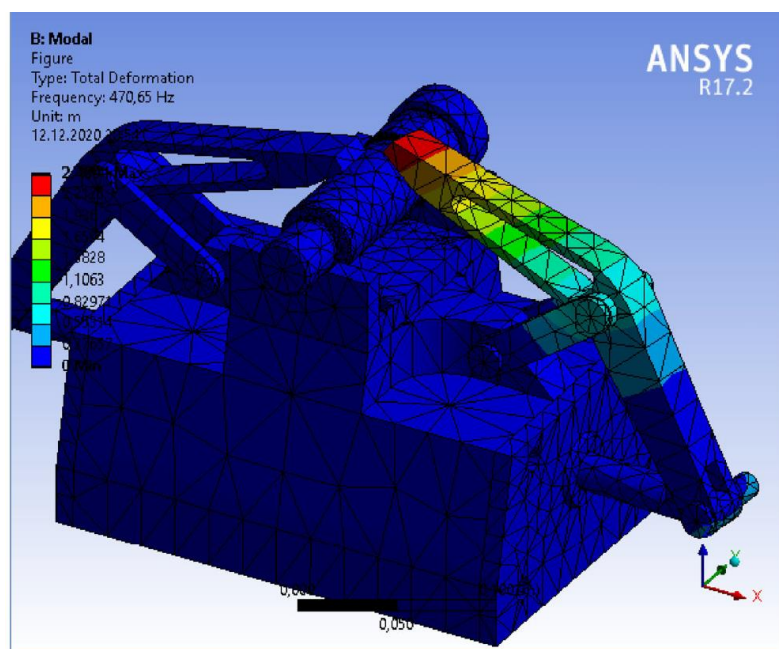


Рисунок 3.9 - Епюра другої форми вільних коливань системи «пристрій-заготовка»

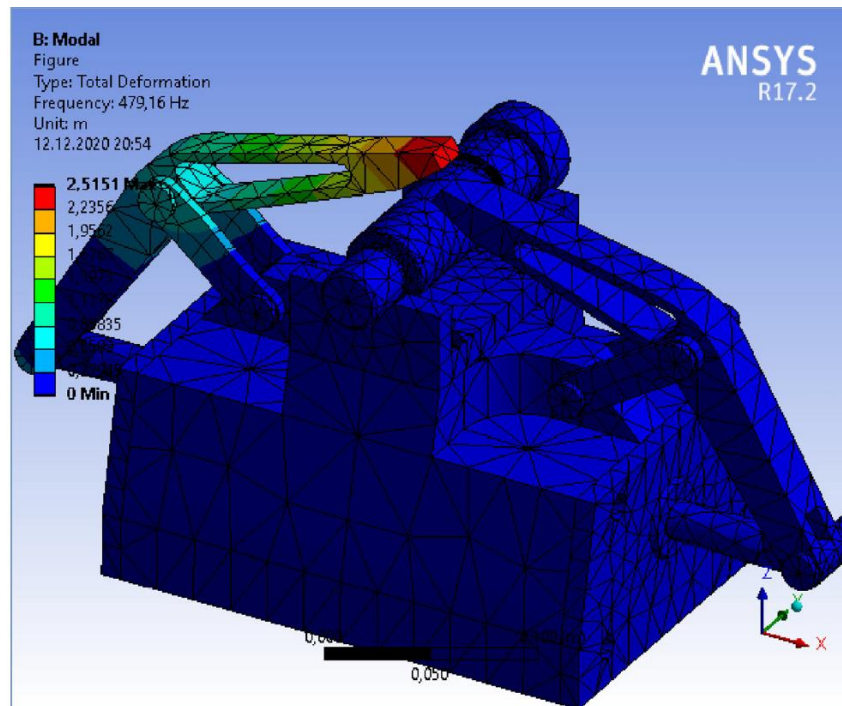


Рисунок 3.10 - Епюра третьої форми вільних коливань системи «пристрій-заготовка»

При проведенні аналізу частот та епюр форм вільних власних коливань досліджуваного верстатного пристрою було встановлено, що найбільші деформації під дією зовнішнього динамічного навантаження отримують заготовка, затиснена в пристосування при частоті 358,8 Гц та затискаючі краї важелів при частотах 470,79 Гц. та 587,79 Гц. Заготовка деформується вільним не закріпленим краєм, який є протилежним до зони обробки, таким чином ця деформація не вплине на точність отримуваних розмірів. Найбільш небезпечним є деформування країв затискаючих фажелів, що може призвести до зменшення сил закріплення заготовка та підвищити ризик її зрушення з опор пристосування. Інші конструкційні елементи спроектованого верстатного пристрою мають достатньо високу стійкість до зовнішніх динамічних навантажень.

Проведений аналіз отриманих розрахункових значень частот вільних власних коливань елементів верстатного пристрою (рис. 3.13) виявив високий їх рівень. В той же час маємо низьку ймовірність виникнення резонансних явищ в

досліджуваній системі, так як власні частоти коливань та частоти вимушених коливань не співпадають (частота обертання фрези при обробці 900 та 1200 об/хв або 15 та 20 Гц відповідно).

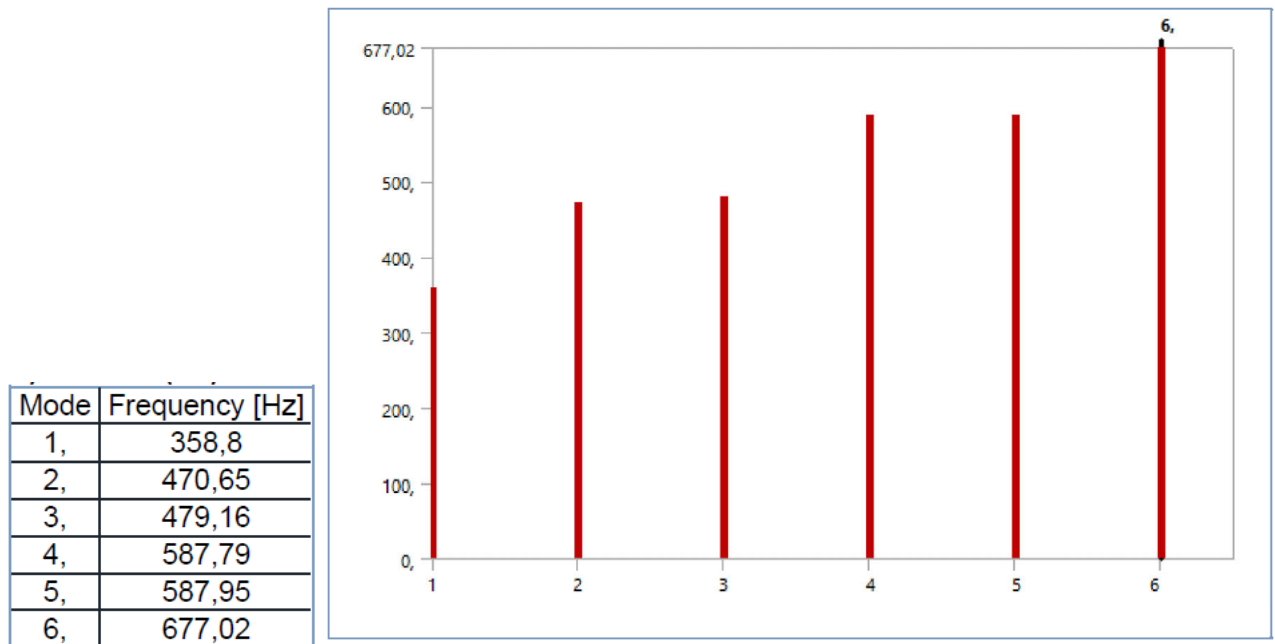


Рисунок 3.11 – Ряд частот 1-6 форм вільних коливань досліджуваної системи

3.4 Висновок

В результаті проведених досліджень конструкції верстатного пристосування з використанням методів статичного та динамічного аналізу було встановлено:

- розрахунковий рівень деформацій елементів системи «Верстатний пристрій - заготовка» при статичному навантаженні є низьким та не може вплинути на точність обробки;
- отриманні значення напружень в матеріалах конструктивних елементів пристосування при статичному навантаженні є задовільним. Величина найбільших напружень отримана в розмірі становлять 64 МПа, таким чином забезпечується умова міцності конструкції при використанні обраних конструкційних матеріалів.
- найбільший ризик резонансних явищ в системі «інструмент-заготовка-

пристосування» прогнозуємо для кінців закріплючих важелів. В той же час, можемо констатувати на підставі проведеного аналізу частот власних коливань системи, що ймовірність резонансу є низькою в зв'язку з тим, що частоти власних і вимушених коливань суттєво відрізняються. Вплив на точність обробки шпонкового пазу майже відсутній.

В цілому, розроблена конструкція встатного пристосування забезпечує міцність, точність та надійність закріплення заготовки при обробці.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було виконано аналіз умов роботи та службового призначення вузлу та деталі «вал шліцьовий 469.72.67.49». Проаналізовано технологічність конструкції деталі, існуючий технологічний процес. Запропоновано новий варіант технологічного процесу виготовлення шліцьового валу, виконано обґрунтований вибір способу отримання заготовки, використуваних технологічних баз, обладнання та засобів технологічного оснащення. Виконаний розрахунок припусків на розмір $\varnothing 40k6$, призначено технічно-обґрунтовано режими різання, виконано нормування технологічних операцій.

В роботі розроблено проектування верстатного пристрою для операції «Шпонково-фрезерна» та контрольно-вимірювальне пристосування для контролю радіального биття шийок валу.

Розроблене дослідження конструкції спроектованого верстатного пристрою методами динамічного та статичного аналізу, що в значній мірі підтвердило її характеристики до здатності відповідності достатньо високої точності та продуктивності обробки поверхонь.

Питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виготовленні «вал шліцьовий 469.72.67.49» розглянуті у додатку Г цієї роботи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Маленко Р.Г. Зниження шорсткості підшипникових поверхонь валів при їх обробленні способом подвійної осциляції брусків / Р.Г.Маленко, В.І.Савчук, А.В.Євтухов // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) / редкол.: О.Г.Гусак, І.В.Павленко. Суми : Сумський державний університет, 2020. – С. 39.
2. Методичні вказівки практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» / Укладач О.У.Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.
3. Горбацевич А.Ф. Проектирование по технологии машиностроения / А.Ф.Горбацевич, В.А.Шкред: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. вузов]. - 4-е изд., перераб. и доп., – Мн.:Выш. Школа, 1983. –256 с., ил.
4. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Издательство стандартов, 1989 г.
5. Справочник технолога-машиностроителя: 2 т. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 1 – 656 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 2. - 496 с.
7. Справочник инструментальщика / И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко и др. Под общ.ред. И.А.Ординарцева. - Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987
8. Панов А.А., Аникин В.В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога; Под ред. А.А. Панова. 2-е изд.,перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2004.-784 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 434 с.

10. Общемашиностроительные нормативы для режимов резания для нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 1. Токарные, карусельные, сверлильные, фрезерные станки. - М.: Машиностроение, 1974.- 416 с.

11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. - М.: Машиностроение, 1974. - 203 с.

12. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В.Г.Євтухов, В.О.Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –55 с.

13. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В.Г.Євтухов, В.О.Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

14. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А.У.Захаркин, В.Г.Евтухов. – Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.

15. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие для техникумов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.

16. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В.Г.Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. –44 с.

17. Кушніров П.В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009.

– 52 с.

18. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А.Ансеров - М.: Машиностроение, 1964.-652 с.
19. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С.Корсаков – М.: Машиностроение, 1971. - 288 с.
20. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты / П.Р. Родин. – К.: Вища школа, 1974.-400 с.
21. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др.; Под ред. Е.Я.Юдина, С.В.Белова — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1983, – 432 с.
22. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов / Составители: В.Г. Евтухов, О. У. Захаркин, А. В. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2007 г.- 52 с.
23. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
24. БН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
25. Н 3223-85 (ДНАОП 0.03-3.14-85) Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
26. СН 3044-84 (ДНАОП 0.03-3.12-84) Санітарні норми вібрації робочих місць
27. ДСанПН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
28. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
29. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
30. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
31. СН 4088-86 Микроклимат производственных помещений/

32. СН 2152-80. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений.

33. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

34. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

35. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания.

36. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

37. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.