

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проекту)

другий (магістерський)
(освітній рівень)

на тему **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення
втулки установчої 32.08.154-06.00.06 шляхом інтенсифікації
процесу точіння надтвердими матеріалами»**

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.мз-91с
спеціальності: 131 – прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології
машинобудування
(назва освітньої програми)

Бруньов І. М.
(прізвище та ініціали)

Керівник Нешта А. О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<u>Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання</u>
Кафедра	<u>Технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітній рівень	<u>другий (магістерський)</u> (назва)
Спеціальність	<u>131 – прикладна механіка</u> (шифр і назва)
Освітня програма	<u>технології машинобудування</u> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«__» _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Бруньов Ігор Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Удосконалення технологічного процесу виготовлення втулки установчої 32.08.154-06.00.06 шляхом інтенсифікації процесу точіння надтвердими матеріалами»

керівник проєкту Нешта Анна Олександрівна канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «13» листопада 2020 року за № 1806-III

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «16» грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) Креслення деталі «Втулка установча», типовий технологічний процес деталі «Втулка установча».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Виконати аналіз службового призначення деталі втулка установча та технології її оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі втулка установча.

3. Дослідити технологічні фактори, що впливають на продуктивність процесу точіння та запропонувати шляхи підвищення продуктивності в заданих виробничих умовах.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Вступ	28.09.2020	Виконано
2	Виконати аналіз службового призначення деталі втулка установча та технології її оброблення	28.09.2020	Виконано
3	Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі втулка установча	16.10.2020	Виконано
4	Дослідити технологічні фактори, що впливають на продуктивність процесу точіння та запропонувати шляхи підвищення продуктивності в заданих виробничих умовах	27.11.2020	Виконано
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	03.12.2020	Виконано
6	Формулювання загальних висновків	11.12.2020	Виконано
7	Підготовка доповіді	12.12.2020	Виконано
8	Підготовка презентації	12.12.2020	Виконано
9	Оформлення роботи	14.12.2020	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Ігор БРУНЬОВ

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Анна НЕШТА

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 124 сторінки, в тому числі 28 рисунків, 23 таблиці, бібліографії із 35 джерел на чотирьох сторінках, двох додатків на 14 сторінках.

Мета роботи. Підвищення ефективності процесу точіння за рахунок застосування спеціальних верстатних пристроїв та використання різального інструменту з надтвердих матеріалів.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні **завдання**:

- 1) виконати аналіз службового призначення машини, вузла, деталі;
- 2) виконати аналіз технічних вимог на виготовлення деталі втулка установча;
- 3) спроектувати заготовку з високим коефіцієнтом використання матеріалу;
- 4) розробити прогресивний технологічний процес виготовлення деталі;
- 5) спроектувати верстатний пристрій для фрезерної операції;
- 6) виконати науково дослідну частину присвячену підвищенню ефективності процесу точіння.

Об'єкт дослідження – технологічний процес оброблення деталі втулка установча.

Предмет дослідження – токарна операція деталі втулка установча.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна роботи полягає в тому, що за рахунок запропонованого верстатного пристрою та застосування різального інструменту із надтвердих матеріалів вдалося досягнути зменшення штучного часу на операцію, т.ч. інтенсифікувати процес чистового точіння.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВТУЛКА, ТОЧІННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

ABSTRACT

The master's qualification is 124 pages, including 28 figures, 23 tables, bibliographies from 35 sources on four pages, two appendices on 14 pages.

The purpose of the work. Improving the efficiency of the turning process through the use of special machine tools and the use of cutting tools made of superhard materials.

In order to achieve this goal, the following tasks were set and solved:

- 1) perform an analysis of the service purpose of the machine, unit, part;
- 2) perform an analysis of technical requirements for the manufacture of parts of the installation sleeve;
- 3) to design a workpiece with a high efficiency of material;
- 4) to develop a progressive technological process of manufacturing parts;
- 5) design a machine tool for turning operation;
- 6) perform a research part dedicated to improving the efficiency of the turning process.

The object of the study is the technological process of processing the part of the installation sleeve.

The subject of the study is turning operation of the part of the sleeve mounting.

Scientific novelty of the obtained results. The scientific novelty of the work is that due to the proposed machine tool and application cutting tool made of superhard materials managed to reduce the artificial time for the operation, including intensify the process of finishing turning.

TECHNOLOGICAL PROCESS, SLEEVE, TURNING, MACHINE DEVICE,
CUTTING MODE

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

_____ Віталій ІВАНОВ

«___» грудня 2020 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ВТУЛКИ УСТАНОВЧОЇ 32.08.154-06.00.06 ШЛЯХОМ
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ
НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Освітня програма – технології машинобудування

Студент	І. М. Бруньов
Керівник	А. О. Нешта
Консультант з розділу охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	В. В. Фалько
Нормоконтроль	О. В. Івченко

Суми – 2020

ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	4
Розділ 1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	6
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	9
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва	11
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	12
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	16
1.6 Висновки	19
Розділ 2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	20
2.1 Вибір оптимального маршруту оброблення деталі	20
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	23
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	27
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів	30
2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	47
2.6 Вибір моделей металорізальних верстатів	54
2.7 Вибір верстатних пристроїв, різального інструментів.....	57
2.8 Розрахунок режимів різання	61
2.9 Технічне нормування операцій.....	76
2.10 Проектування верстатного пристрою	86

	3
2.11 Висновки	97
Розділ 3 Наукове дослідження.....	98
Висновки	106
Перелік джерел посилань	107
Додаток А Креслення деталі	111
Додаток Б Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	112
Б.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі.....	112
Б.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення	118
Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	122
Б.4 Висновки.....	124

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час перед машинобудівною промисловістю стоїть завдання вдосконалення технологічних процесів механічної обробки та складання. Це завдання виникло через необхідність зробити виробництво машин більш економічніше, збільшити продуктивність праці шляхом застосування високопродуктивного автоматизованого обладнання, пристроїв для підвищення режимів обробки, максимального скорочення часу. Існує ще багато методів, які спрямовані на оптимізацію технологічних процесів.

Однією з основних передумов підвищення якості деталей і точності обробки важкооброблюваних конструкційних матеріалів є створення і ефективне застосування нових надтвердих матеріалів на основі щільних модифікацій нітриду бору

Найбільш ефективним є застосування лезвийного інструменту з нітриду бору при обробці загартованих сталей, чавунів різної твердості, наплавлених матеріалів, важко-оброблюваних високолегованих сталей і сплавів. Також таким чином можливо підвищити режим різання при точінні заданої деталі – втулки установчої зі сталі 40X. Для обробки даного матеріалу застосовують тверді сплави з зносостійким покриттям і синтетичні надтверді матеріали на основі кубічного нітриду бору CBN. При цьому використовують різну геометрію ріжучих пластин для досягнення високої продуктивності і необхідної якості оброблюваних деталей. Використання спроектованого спеціального пристрою для фрезерування та використанню високопродуктивного різального інструменту дозволить інтенсифікувати процес токарного оброблення втулки установчої.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення втулки установчої 32.08.154-06.00.06 за рахунок застосування спеціальних верстатних пристроїв та використання різального інструменту з надтвердих матеріалів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес оброблення деталі втулки установчої 32.08.154-06.00.06.

Предмет дослідження – токарна операція деталі втулки установчої 32.08.154-06.00.06.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням сучасних положень теорії обробки матеріалів різанням, технології оброблення типових деталей та складання машин, математичного моделювання технологічних процесів та оснащення. Комп'ютерне моделювання в середовищі КОМПАС і чисельне моделювання в комплексі ANSYS.

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні завдання:

- 1) виконати аналіз службового призначення машини, вузла, деталі;
- 2) виконати аналіз технічних вимог на виготовлення деталі втулка установча;
- 3) спроектувати заготовку з високим коефіцієнтом використання матеріалу;
- 4) розробити прогресивний технологічний процес виготовлення деталі;
- 5) спроектувати верстатний пристрій для токарної операції;
- 6) виконати науково дослідну частину присвячену підвищенню ефективності процесу точіння.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна роботи полягає в тому, що за рахунок запропонованого верстатного пристрою та застосування різального інструменту із надтвердих матеріалів вдалося досягнути зменшення штучного часу на операцію, т.ч. інтенсифікувати процес чистового точіння.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудівної галузі полягає в практичному застосуванні різального інструменту з надтвердих матеріалів при токарному обробленні втулок установчих зі сталі 40Х.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, переліку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 124 сторінки, у тому числі 28 рисунків, 23 таблиці, бібліографії із 35 джерел на чотирьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації

Деталь «Втулка установча» 32.08.154-06.00.06, входить у вузол «Формувальна головка». Формувальна головка конкретно, стосується конструкції формуючої головки, яка є складовою частиною формуючої машини.

Головка формуючої машини містить корпус з патрубком, що має втулку. У корпусі розташований нерухомий вал з повздовжнім отвором для подачі стисненого повітря. На нерухомому валу встановлені втулка, розташована з утворенням відносно втулки патрубка щілини для перекачування колагенової маси, і роторна втулка, поєднана з обоймою, на якій розташовані роликові конічні підшипники кочення і косозуба передача.

Головка має систему підведення колагенової м'ясної маси, пов'язану з середньою частиною корпусу, і систему охолодження, при цьому головка забезпечена рухливими і нерухомими торцевими ущільненнями для маси і води, відповідно, встановленими в середній частині корпусу, і ущільненнями для води, розміщеними в його задній частині, а на роторній втулці виконані гвинтові канавки глибиною $0,8 \div 0,9$ мм, що мають кут нарізки $60 \pm 2^\circ$.

Таким чином забезпечується підвищення продуктивності головки і необхідну кількість продукції, що випускається за рахунок повного захоплення матеріалу для формування оболонки і виключення виносу зазначеної маси водою.

Формувальна головка складається з наступних частин: головного корпусу, середньої частини з пристроєм для розподілу маси, холодильного барабана з розподілом води, обертового вала, нерухомого вала.

Повітря підводиться в оболонку через трубку, покладену в нерухомому валу, закінченому на рівні рухомого вала з втулкою (46). Взаємне з'єднання формуючої машини і формуючої головки здійснюється гумовим шлангом.

Охолодження формуючої головки забезпечують три холодильні системи:

А) перша охолоджуюча система служить для промивання формуемой маси. Охолоджуюча вода підводиться через гумову трубку (11) в барабан (5) далі по наконечнику в середній частині в скляну трубку (53) і в каналізацію;

Б) друга охолоджуюча система охолоджує середню частину, сопла і розподіл маси. Вода підводиться в охолоджуючий барабан (48, 49, 50), який в більшій частині заповнений водою. У середню частину вода надходить через сопло з втулкою (42). З холодильного барабана вода відводиться в каналізацію;

В) третя охолоджуюча система охолоджує так само середню обертову частину. Вода підводиться через гумовий шланг (54) і далі по трубці направляється в середню частину. Так само по трубках вода відводиться в каналізацію.4.

Основні характеристики формувальної машини TSC-4:

- 1) частота обертання формувального вала, об / хв – 1000;
- 2) температура в повітряних каналах, °С - 70÷75;
- 3) тиск підводиться маси, МПа - 40÷50;
- 4) рівень шуму при номінальних режимах, дБ - 150;
- 5) калібр, мм – 45;
- 6) маса формовочної головки, кг – 2500;
- 7) габаритні розміри, мм – 4520x160x2800.

Втулка установча 32.08.154-06.00.06 служить для передачі крутного моменту. Деталь встановлена на двох підшипниках кочення (109), захищених манжетами (105). Зубчасте колесо (15) передає обертання від електродвигуна до втулки. На зовнішній поверхні деталі нарізається різьба, на яку нагвинчується упорна фланцева гайка, для забезпечення жорсткого закріплення підшипника і наступних деталей розташованих на втулці.

Частота обертання деталі – 1000 об/хв. Втулка установча має виступаючу ділянку, на якій розташовано 8 отворів, призначені для закріплення деталі у вузлі.

Матеріал Втулки установчої – сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Габаритні розміри – 155x88 мм.

Класифікація поверхонь втулки установчої (рисунок 1.1):

Поверхні 6, 27 – є основними конструкторськими базами, так як визначають положення деталі у вузлі.

Поверхні 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 – є допоміжними конструкторськими базами, так як ці поверхні визначає положення всіх приєднуються деталей до втулки.

Поверхні 7,8,9 – є виконавчими, так як саме вона виконує безпосередню функцію самої деталі у виробі.

Поверхні 1, 2, 4, 5, 13,14, 15, 16, 24, 25, 26 – є вільними, так як вони не контактують з іншими поверхнями і не виконують функцій деталі, а тільки визначають розміри, масу, твердість і інші параметри.

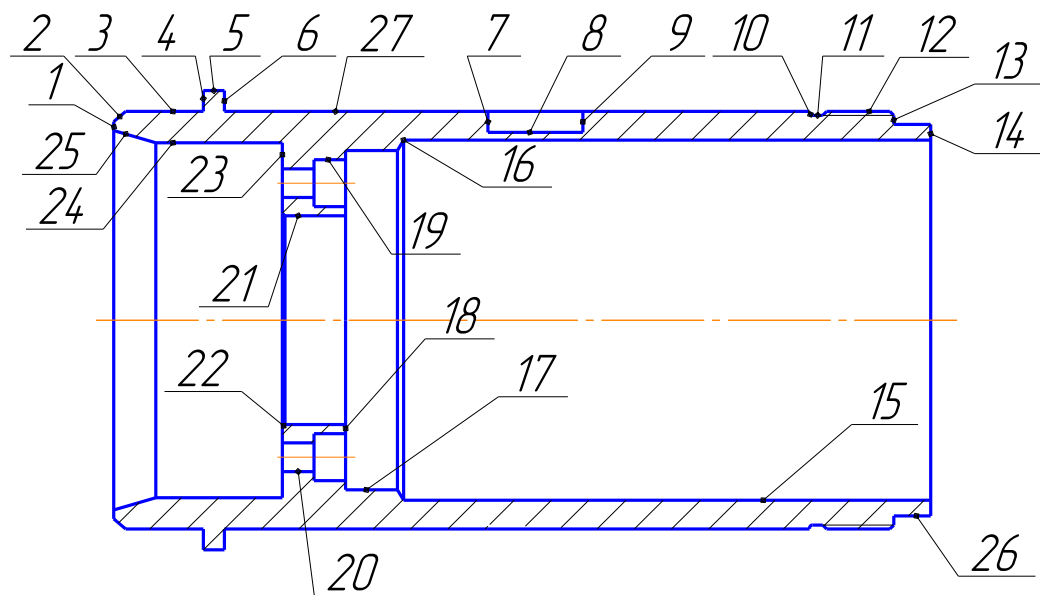


Рисунок 1.1 – Ескіз класифікації поверхонь «Втулки установчої»

Умови експлуатації.

Деталь «Втулка установча» 32.08.154-06.00.06 при роботі в вузлі не відчуває ударні навантаження, які виникають у момент роботи. Навантаження сприймають усі поверхні із зовні деталі. Деталь при роботі знаходиться у герметичному корпусі.

Деталь і виріб експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -25 до +35 °С. Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 80÷100 Дб.

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Аналіз технічних вимог деталей проводять з метою визначення їх відповідності сучасному науково-технічному рівню, а також ступеня використання раніше використаних рішення реалізації даного завдання.

Вихідними даними для розробки технології виробництва деталі «Втулка установча» є:

- креслення деталі (додаток А);
- програма випуску 2000 штук на рік.

Дана сталь має високу міцність і в'язкість. Твердість НВ 235..252 згідно ГОСТ 9012-59. Щільність матеріалу $\rho = 7,817 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = 13,4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$. Межа міцності $\sigma_T = 520 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Час опору розриву $\sigma_B = 670 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Робоче креслення дає повне уявлення про деталь (конфігурацію, розмірах всіх поверхонь, матеріал і його властивості, технічні вимоги, шорсткості) і відповідає стандартам ЕСКД з оформлення креслень:

- ГОСТ 2.109-68. Основні вимоги до креслень.
- ГОСТ 2.305-68. Зображення, види, розрізи перетину.
- ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і граничних відхилень.
- ГОСТ 25142-82. Шорсткість поверхонь.

На кресленні «Втулка установча» представлена двома проекціями: поздовжнім розрізом і видом з торця, а також чотирма місцевими видами: на першому - отвір під головку гвинта, на другому – проточкою для виходу різі, на третьому виді вказані розміри фаски і зона шліфування, на четвертому – конфігурація паза.

Технічні вимоги викладені на полі креслення у вигляді умовних позначень і текстом над основним написом.

Найбільш жорсткі вимоги пред'явлені до поверхонь: 3, 12, 27, 26, 17. Це обумовлено функціональним призначенням деталі.

За базу прийнято вісь деталі.

Поверхня 3 контактує з манжетою 105, яка служить як маслоотражатель не випускаючи його за межі контакту. Манжета щільно фіксується у втулці. Поверхня 3 і манжета шліфується до отримання шорсткості Ra 0,32 мкм, і піддається загартуванню струмами високої частоти, відхилення на діаметр 80 мм призначається 0,1 мм.

Точність посадки підшипника на втулці забезпечується виготовленням поверхні 27 під внутрішнє кільце підшипника за шостим квалітетом з посадкою k6 і встановленням підшипника на втулку пресуванням з використанням спеціального складального пристрою. Шорсткість цієї поверхні складає Ra = 2,5 мкм.

Матеріал деталі «Втулка установча» - легована сталь марки 40X, властивості якої наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад, % ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Cr	Ni
			не більше	
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,28-1,1	-

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40X

ГОСТ	Перетин, мм	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , (δ_n)%	ψ , %	НВ
4543-71	15	520	670	10	45	217

- де σ_T , – межа текучості, МПа;
- σ_B – межа міцності, МПа;
- δ_5 (δ_n) – відносне подовження, %;
- ψ – відносне звуження, %;
- НВ – твердість по Брінеллю.

У першому пункті технічних вимог зазначено, що не вказані відхилення розмірів на кресленні обробляють з точністю 12-го квалітету.

У другому пункті технічних вимог вказано, що розміри зі знаком * це розміри для довідок, тобто залежать від розмірів і параметрів самого інструменту, а це різного роду радіуси в канавках.

В цілому ж креслення типове та виконане з усіма вимогами ЕСКД, за винятком деяких типів неточностей зазначених вище. На кресленні типу досить видів і перерізів для представлення форми деталі, як і можливості для її виготовлення, також вказані всі розміри.

Висновок: робота втулки установчої здійснюється в типових статичних умовах навантажень при перепадах температури без впливу робочого середовища. При роботі втулка установча зазнає навантаження, що розтягують. Дана деталь передбачена для роботи в горизонтальному положенні.

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва за ГОСТ 3.1108 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Для визначення типу виробництва за допомогою ЕОМ використовуємо річний обсяг випуску і масу деталі. При масі деталі 2,889 кг і річній програмі 2000 штук тип виробництва – дрібносерійне.

Дрібносерійне виробництво характеризується досить великою номенклатурою виробів, виготовлених невеликими, періодично повторюваними партіями. У дрібносерійному виробництві використовуються універсальні верстати, верстати з ЧПК, оснащені як універсальними, так і універсально-складальними і спеціальними пристроями, що дозволяють знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробу. Технологічний процес виготовлення виробу, як і в одиничному виробництві, переважно концентрований, тобто, на одному верстаті виконується максимальну кількість операцій. Використовуються робітники високої кваліфікації.

Форма організації виробництва – групова, тобто верстати на ділянках розта-

шовуються технологічно однорідними групами: (токарна група, фрезерна, шліфувальна і ін.).

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Для якісної оцінки звернемося до креслення деталі (додаток А). Матеріал деталі - Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Деталь легко обробляється, так як даний матеріал досить пластичний, що видно з коефіцієнта оброблюваності, який наведено в таблиці 1.3 [6].

Таблиця 1.3 - Коефіцієнт оброблюваності різних груп конструкційних матеріалів

Марка сталі	Склад матеріала	Механічні властивості		Коефіцієнт оброблюваності	
		НВ не більше	σ_s , МПа	Швидкорі- зальна сталь	Твердий сплав
Сталь 40Х	Гаряче- катаний	217	670	1,0	1,0

Зі збільшенням вмісту вуглецю оброблюваність погіршується. Одночасно збільшується можливість отримання більш високих параметрів шорсткості поверхні, ростуть зусилля різання.

Деталь «Втулка установча» технологічна з точки зору базування і закріплення. Вона є деталлю типу втулки – тіло обертання, жорстка по конструкції, що дозволяє закріпити її в патроні верстата, що працює на обхват або на розжимання. Всі поверхні доступні для механічної обробки.

Проставлення розмірів правильне, зручне для читання на кресленні і для їх контролю. Проставлення розмірів технологічне, так як розміри в основному

проставлені від трьох баз – осі і торцевих поверхонь втулки. Це дає можливість поєднати конструкторську і вимірювальну бази.

Шорсткість проставлена правильно до всіх поверхонь крім одної – номер 27 (рис. 1.1), тут шорсткість 2,5 мкм по параметру Ra, що не відповідає 6 квалітету точності.

Допуски взаємного розташування: допуски торцевого і радіального биття - задані щодо однієї бази (В). Це технологічно, так як дотримується принцип суміщення і сталості баз.

Деталь є взаємозамінною, тобто при її заміні не потрібно пригонка або сортування.

Нетехнологічними елементами є:

1) наявність великої кількості зовнішніх і внутрішніх поверхонь з різними діаметрами і конічної поверхні, т.к їх обробка збільшує трудомісткість виготовлення деталі;

2) обробка чотирьох отворів $\varnothing 9$ мм, так як потребує спеціального різального інструменту – циковки;

3) обробка великої кількості поверхонь не напроход;

4) наявність фасок на внутрішніх поверхнях втулки, тому що їх важко обробляти і контролювати;

5) висока точність циліндричних поверхонь 80к6, 120js6, 75h7, 65H8, 40H7 так як для отримання такої точності необхідна багаторазова обробка поверхонь;

6) висока шорсткість - 0,63 мкм по параметру Ra, так як для отримання такої чистоти поверхонь необхідно чистове точіння або шліфування.

Кількісний аналіз для зручності представлений у вигляді таблиці 1.6. Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TЧ} = 1 - (1/A_{CP}), \quad (1.1)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності.

$$A_{CP} = (n_1 + n_2 + \dots + n_{63}) / \sum_i^{63} m_i, \quad (1.2)$$

де n – квалітет точності кожної поверхні;

m – кількість поверхонь.

Використовуючи формули 1.1 та 1.2 отримаємо:

$$A_{CP} = 841/58 = 12,2$$

$$K_{TЧ} = 1 - 1/12,2 = 0,89$$

так як $K_{TЧ} > 0,8$, деталь за цим показником є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості R_a :

$$K_{Ш} = 1 - 1/B_{CP} \quad (1.3)$$

де B_{CP} – середня шорсткість поверхні.

$$B_{CP} = (c_1 + c_2 + \dots + c_{63}) / \sum_i^{63} m_i \quad (1.4)$$

де c – значення шорсткості кожної поверхні.

За формулами 1.3 та 1.4 знаходимо:

$$B_{CP} = 671,2/58 = 11,3,$$

$$K_{Ш} = 1 - 1/11,3 = 0,9.$$

Так як $K_{Ш} > 0,32$; деталь за цим показником є технологічною.

Таблиця – 1.4 Якісна оцінка технологічності

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь, шт	Квалітет точності	Параметр шорсткості Ra, мкм
1	1	IT10	2,5
2	1	IT6	0,63
3	1	IT6	0,63
4	1	IT12	6,3
5	1	IT12	6,3
6	1	IT12	6,3
7	1	IT12	6,3
8	1	IT12	6,3
9	1	IT12	6,3
10	1	IT10	2,5
11	1	IT10	2,5
12	1	IT10	2,5
13	1	IT12	6,3
14	1	IT10	2,5
15	1	IT12	6,3
16	1	IT10	2,5
17	1	IT8	0,63
18	1	IT10	2,5
19	1	IT12	6,3
20	1	IT12	6,3
21	1	IT7	2,5
22	1	IT10	2,5
23	1	IT10	2,5
24	1	IT9	2,5
25	1	IT12	6,3
26	1	IT7	0,63
27	1	IT6	0,63

В цілому деталь досить технологічна і проста по конструкції і спроектована добре.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Аналіз будемо проводити на підставі базового технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу.

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Маршрутний техпроцес

Номер операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	Пароповітряний кувальний молот М 132
010	Токарна чорнова	16К30Ф3
015	Токарна чистова	16К30Ф3
020	Фрезерна	6Р13Ф3
025	Свердлильна	2Н135Ф2
030	Термічна	Піч термічна
035	Шліфувальна	3М151
040	Шліфувальна	3М151
045	Контрольна	Стіл ОТК

Проаналізуємо кожну операцію окремо.

005 Заготівельна. На цій операції габарити заготовки не відповідають розмірам деталі і при подальшій обробці потрібно буде знімати багато матеріалу. Тобто з вище сказаного ми бачимо, що заготовка була обрана вкрай невдало (не економічно), що в подальшому треба врахувати та спроектувати заготовку максимально наближену до одержуваної деталі.

010 Токарна чорнова. На цій операції підрізають торці, точать і підрізають

поверхні. Базування та закріплення обрані правильно. Верстат обраний неправильно, операція чорнова і не вимагає великої точності виконання, невеликих розмірів, припуски на обробку не великі. Раціонально вибрати верстат менший за габаритами і потужності. Як ріжучий інструмент використовуються різці з напайними пластинами зі швидкорізальної сталі, що вже досить застаріло і не дозволяє застосовувати прогресивні режими різання. Інструмент можна змінити на різці з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин, що дозволить застосовувати більш прогресивні режими різання.

015 Токарна чистова. Операція є чистовою, але в неї слід включити і напівчистовий етап оброблення. Внаслідок цього, верстат 16K20 слід замінити на верстат з ЧПК. Вимірювальний інструмент обраний правильно. Єдине зауваження до застосування різців з напайними пластинами, які слід змінити.

020 Фрезерна. Базування вибрано неправильно, щоб збільшити точність потрібно підібрати інший пристрій. Застосування верстата 6T104 виправдано, тому що більш дорогі верстати з ЧПК на даній операції не зможуть значно скоротити штучний час. Відсутність спеціального пристрою викликає труднощі при закріпленні деталі. Застосування фрези зі швидкорізальної сталі P6M5 недоцільно і потребує заміни на фрезу з твердого сплаву.

020 Свердлильна. Базування вибрано грамотно. Застосування верстата 2M112 виправдано, тому що виконання отворів чорнове. І при відсутності спеціального пристрою деталь потрібно повернути рукою.

020 Термічна. Операція проводиться правильно.

025 Шліфувальна. Базування деталі вибрано правильно. Застосування верстата 2A110B виправдано, різальний інструмент обраний правильно.

030 Шліфувальна. Базування деталі вибрано правильно. Застосування верстата 3K227B виправдано, різальний інструмент обраний правильно

Аналізуючи базовий техпроцес, можна виділити наступні недоліки:

1) порівнюючи заводський техпроцес (Втулка установча 32.08.154-06.00.06) до типового ми можемо сказати, що операції обробки обрані в основному

правильно. Але є дрібні недоліки, які можливо викликані додатковими вимогами конструктора. Потрібно шліфувати спочатку поверхню 17, а потім 27 щоб при закріпленні не пошкодити зовнішню поверхню деталі. Тобто операцію 025 і 030 потрібно поміняти місцями.

2) потрібно додати дві операції: розмічальні – для точності розміщення отворів $\varnothing 5,5$ мм по колу $\varnothing 52$ мм; промивку деталі.

3) у технологічному процесі на всіх операціях дотримуються принципу сталості і суміщення баз. Протягом всього процесу обробки поверхні деталі можна розділити на дві групи: зовнішні і внутрішні.

4) металообробні верстати обрані на деяких операціях більшими за потужністю, що вимагає значних витрат енергії, а отже і вплине на собівартість деталі.

5) в даний час обраний застарілий різальний інструмент (з напайними пластинами), що не дозволяє обробляти деталь на більш прогресивних режимах різання. Інструмент треба поміняти на: різці з багатогранними пластинами з надтвердих матеріалів в залежності від чистоти обробки.

б) вимірювальний інструмент використовуються застарілих конструкцій або безшкальними, тобто скоби і калібри дозволяють контролювати розміри, однак застосування їх для даного типу виробництва не доцільно через великі матеріальні витрат. Потрібно проектувати нові вимірювальні пристрої, які були б дешевше і відрізнялися своєю універсальністю.

7) режими різання обрані і розраховані правильно, але через те, що обладнання та матеріали різальних інструментів використовуються застарілі, це не дозволяє застосовувати більш високі режими різання. При усуненні цих недоліків можна підвищити режими різання до оптимальних, а отже скоротити час обробки, покращити точність виготовлення деталі і зменшити її собівартість.

045 Технічний контроль.

Дана операція проводиться контролером ОТК на столі ОТК. Вимірювальний інструмент: мікрометр, зразки шорсткості.

1.6 Висновки

У якості висновків та пропозицій варто внести необхідність розроблення технологічного процесу за принципами технології машинобудування на основі використання сучасних верстатів та обробних центрів з числовим програмним керуванням, спеціальних верстатних пристроїв та різального інструменту з надтвєдих матеріалів для інтенсифікації режиму оброблення, а отже і підвищенню продуктивності виготовлення установчих втулок в умовах дрібносерійного виробництва при обсязі годової програми випуска 2000 шт.

Також для даних верстатів необхідно розробити заготовку із мінімальними припусками, розрахувати припуски на точну поверхню та визначити порядок розташування баз на механічних операціях.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір оптимального маршруту оброблення деталі

В даний час існує багато різноманітних технологічних способів отримання поверхонь заданої якості, які забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь деталей, але істотно розрізняються по собівартості реалізації. Виходячи з цього, одну і ту ж поверхню деталі можна обробити декількома послідовно виконаними технологічними методами, які складають різні маршрути обробки поверхонь (МОП). При проектуванні одним із завдань є створення такого технологічного процесу, який забезпечував би задану точність і шорсткість поверхонь деталі, потрібні фізико-механічні якості поверхневого шару матеріалу при найбільшій продуктивності і мінімальній собівартості виробництва втулок.

Послідовність методів обробки всіх поверхонь, необхідних для досягнення заданих розмірних, точностних і фізико-механічних параметрів деталі представлені в табл. 2.1.

Втулка установча має одну внутрішню поверхню 40, виконану по 7 квалітету точності і має шорсткість Ra 2,5 мкм.

Отримати необхідні точність і якість поверхні можливо декількома способами (табл. 2.1).

Для зручності наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Свердлильна

025 Токарна чистова

030 Шліфувальна

035 Свердлильна

040 Слюсарна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Токарна чистова

025 Свердлильна

030 Точіння тонке

035 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Ковка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Свердлильна

025 Свердлильна

030 Шліфувальна

035 Токарна чистова

040 Слюсарна

Маршрут №2 є більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в маршрутах №1 та №3 на подальшій токарній чистовій та тонкому точінні буде відбуватись обробка з ударами, що призведе до поломки інструменту та небажаних дефектів поверхонь.

Таблиця 2.1 – Варіанти обробки внутрішніх поверхонь деталі

I варіант		II варіант	
1	Свердління, IT14, Ra 12,5	1	Свердління, IT14, Ra 12,5
2	Розсвердлювання, IT12, Ra 12,5	2	Розточування чорнове, IT12, Ra 6,3
3	Розточування напівчистове, IT9, Ra 6,3	3	Розточування напівчистове, IT9, Ra 3,2
4	Розточування чистове, IT7, Ra 2,5	4	Розточування чистове, IT7, Ra 2,5

Найбільш раціональним є варіант II, тому що точіння більш продуктивне ніж розсвердлювання. Крім того, шорсткість поверхні отриманої розточуванням нижче шорсткості поверхні, що оброблена свердлінням.

Найбільш точні зовнішні циліндричні поверхні 80 мм, 75 мм виконуються по 6 та 7 квалитету і мають шорсткість Ra 0,63 мкм.

Необхідні точність і шорсткість можна отримати такими способами: (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Варіанти обробки зовнішніх поверхонь

I варіант		II варіант	
1	Точіння чорнове, IT12, Ra 12,5	1	Точіння чорнове, IT12, Ra 6,3
2	Точіння напівчистове, IT10, Ra 6,3	2	Точіння напівчистове, IT10, Ra 3,2
3	Точіння чистове, IT9, Ra 3,2	3	Точіння чистове, IT9, Ra 2,5
4	Шліфування, IT6, R 0,63	4	Точіння тонке, IT6 Ra 0,63

Вибираємо II варіант, тому що тонке точіння в сукупності з високопродуктивним різальним інструментом, оснащеним пластинами з надтвердих матеріалів є

більш продуктивним методом оброблення, не буде високих температур різання та можливо здійснити обробку за один робочий хід.

Найбільш точні лінійні розміри деталі виконуються по 9 та 10 квалітету точності, інші розміри – по 12 квалітету точності. Шорсткість торців 1,14,18,23 (рис. 1.1) деталі Ra 2,5 мкм, а інших – Ra 6,3 мкм.

Для отримання необхідної шорсткості необхідно:

1) точіння чорнове – отримується точність 12 квалітет і шорсткість Ra 6,3 мкм;

2) точіння напівчистове – отримується точність 10 квалітет і шорсткість Ra 3,2 мкм;

3) точіння чистове – отримується точність 9 квалітет і шорсткість Ra 2,5 мкм.

Для інших поверхонь, що мають 12 квалітет точності і шорсткість Ra 6,3 мкм, достатня чорнкової обробки.

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Основною умовою раціональної технології виготовлення заготовки є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Заводський метод отримання заготовки використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ($K_3=0,3$), адже заводська заготовка не передбачує наявності центрального отвору.

Спосіб виконання заготовки для деталей машин визначається сукупністю факторів:

- призначенням деталі;
- конструктивними особливостями деталі;
- матеріалом деталі;
- технічними вимогами;
- обсягом випуску деталі, серійністю;

- економічністю виготовлення.

При виборі способу отримання заготовки, необхідно враховувати всі ці чинники, так як між ними існує тісний взаємозв'язок.

Клас точності поковки встановлюється в залежності від технологічного процесу і обладнання для її виготовлення [7], а також виходячи з вимог, що пред'являються до точності розмірів поковки – Т4.

Дану деталь можна отримувати наступними способами:

- штампуванням;
- куванням на молотах.

Виходячи з конфігурації заданої деталі, технічних вимог креслення (конструктора) доцільно застосувати поковку штамповану.

Матеріал – сталь 40Х ГОСТ 4543.

Маса деталі – 2,1 кг.

Призначаємо припуски і граничні відхилення відповідно до ГОСТ 7505-89.

Основні припуски і допуски на заготовку вибираємо згідно ГОСТ 7505.

Розрахунковий коефіцієнт $K = 1,4$ додаток 3 [3];

Клас точності – Т3 додаток 1 [3].

Група сталі – М1 таблиця 1 [3].

Середня масова частка вуглецю в сталі 30 – 0,3% С.

Ступінь складності – С2 додаток 2 [3].

Відношення мас тіл становить - $G_n / G_\phi = 24,2/54,7 = 0,42$

Конфігурація роз'єму штампа П (плоска) – таб. 1 [3].

Вихідний індекс – 13 таб. 2 [3].

Припуски і ковальські напуски.

Основні припуски на розміри, мм.

2,1 – діаметр 75 мм і шорсткість поверхні 12,5

2,5 – діаметр 180 мм і шорсткість поверхні 1,6

1,5 – діаметр 145 мм і шорсткість поверхні 12,5

2,2 – діаметр 85 мм і шорсткість поверхні 1,6

1,5 – діаметр 65 мм і шорсткість поверхні 12,5

1,9 – товщина 55 мм і шорсткість поверхні 12,5

2,2 – довжина 171 мм і шорсткість поверхні 1,6

2,3 – товщина 45 мм і шорсткість поверхні 0,4

Додаткові припуски, що враховують:

– зміщення по поверхні рознімання штампа – 0,6 мм;

– вигнутість і відхилення від площинності і прямолінійності – 0,8 мм.

Розміри штамповки; мм

Діаметр $75 + (2,3 + 0,8) \cdot 2 = 81$ – приймаємо 81;

Діаметр $85 + (2,0 + 0,8) \cdot 2 = 85,6$ – приймаємо 86;

Діаметр $166 - (1,7 + 0,8) \cdot 2 = 161$ – приймаємо 161;

Товщина $45 + (2,4 + 0,2) + (2,1 + 0,8 + 0,7) = 51,5$ – приймаємо 52.

Допустиме відхилення від площини 0,6 мм – по п. 5 [3].

Допустима величина залишкового обля 0,8 мм – по п. 5 [3].

Допустима величина на зміщення по поверхні рознімання штампа 0,7 мм – по п. 5 [3].

Маса заготовки $m = 2,9$ кг.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \geq 0,7, \quad (2.1)$$

де m_d – маса деталі, кг;

m_3 – маса заготовки, кг;

0,7 – рівень технологічності ЕСТП.

$$K_3 = 2,1 / 2,9 = 0,71$$

$K_3 > 0,7$ – це обумовлено не прошитим отвором в заготовці.

Всі розрахові розміри заготовки, припуски та допуски заносимо в табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Розміри штамповки

№ пов.	Номинальний розмір деталі, мм	Загальний допуск, мм	Величина припуску, мм	Кінцевий розмір, мм
1	Ø75	5	+2.4 -1.2	80
2	Ø80	5	+2.4 -1.2	85
3	L165	6	+1.8 -1.0	171
4	L113	5	+1.6 -0.9	118

Собівартість заготовки отриманої куванням на молоті визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_t \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_{\theta} \cdot \text{ж}_{\%} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (2.2)$$

де $C_i = 28000$ грн – базова вартість однієї тонни матеріалу, грн.,

$Q = 2,8$ кг – маса заготовки;

$q = 2,1$ кг – маса готової деталі;

$K_m = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує точність поковки;

$K_c = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу;

$K_n = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує групу серійності;

$K_n = 1,1$ – коефіцієнт що враховує групу складності;

$K_{\theta} = 0,98$ – коефіцієнт, що враховує масу штамповки;

$S_{\text{отх}} = 2800$ грн. – ціна однієї тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{18000}{1000} \cdot 60,5 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \right) - (60,5 - 45,5) \cdot \frac{2000}{1000} = 2048 - 30 = 2018 \text{ грн.}$$

Технічні вимоги:

1. Поковка ГрІ ГОСТ 7505-89-70;
2. Незазначені радіуси $R=5$ мм;
3. Незазначені зовнішні ухили 7° .

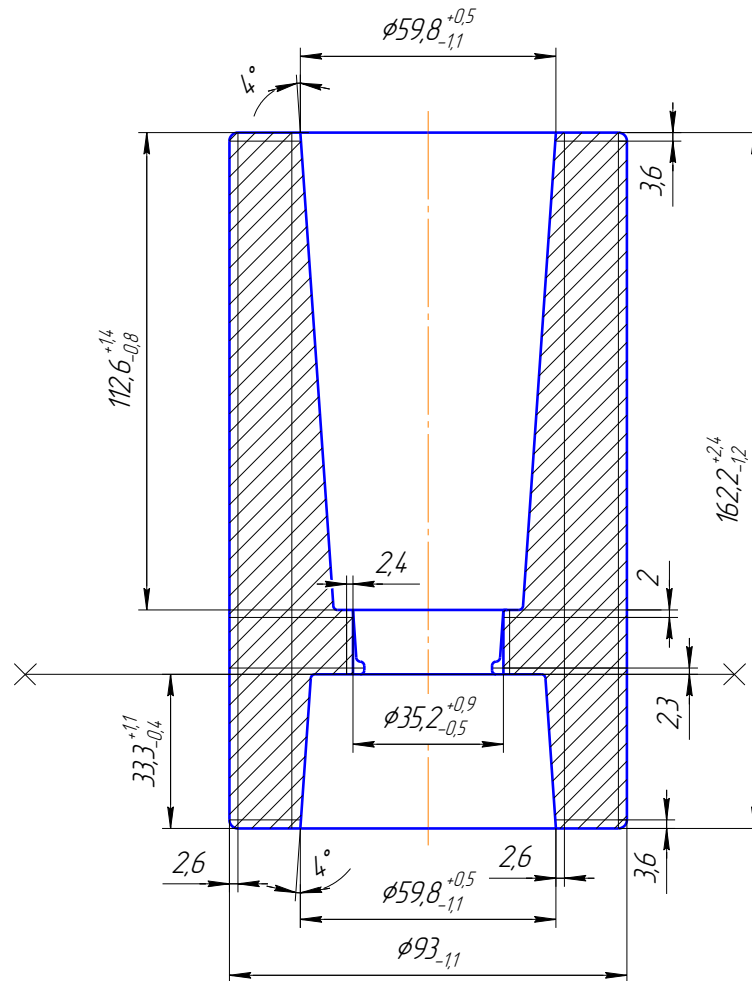


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Розрахунок припусків ведеться на зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 80k6$ мм. Розрахунок проводиться за розрахунково-аналітичним методом проф. Кована за допомогою програми "grip" (додаток Б)

До вихідних даних відноситься: маршрут обробки, точність кожного переходу, параметри шорсткості Rz , глибина дефектного шару h , просторові відхилення поверхні і похибки базування і закріплення.

Маршрут обробки включає наступні переходи: штамповка, токарна чорнова, токарна напівчистова.

Параметри шорсткості і глибину дефекту шару приймається по [2, табл.1].

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

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

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

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

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

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

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{екс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 2,119 \text{ мкм},$$

де ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні

$$\rho_{\text{заг}} \text{ тоді } \rho_{\text{черн}} = \rho_{\text{заг}} k_y,$$

де $k_y = 0,04 \div 0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чер}} = 1420 \cdot 0,06 = 89 \text{ мкм.}$$

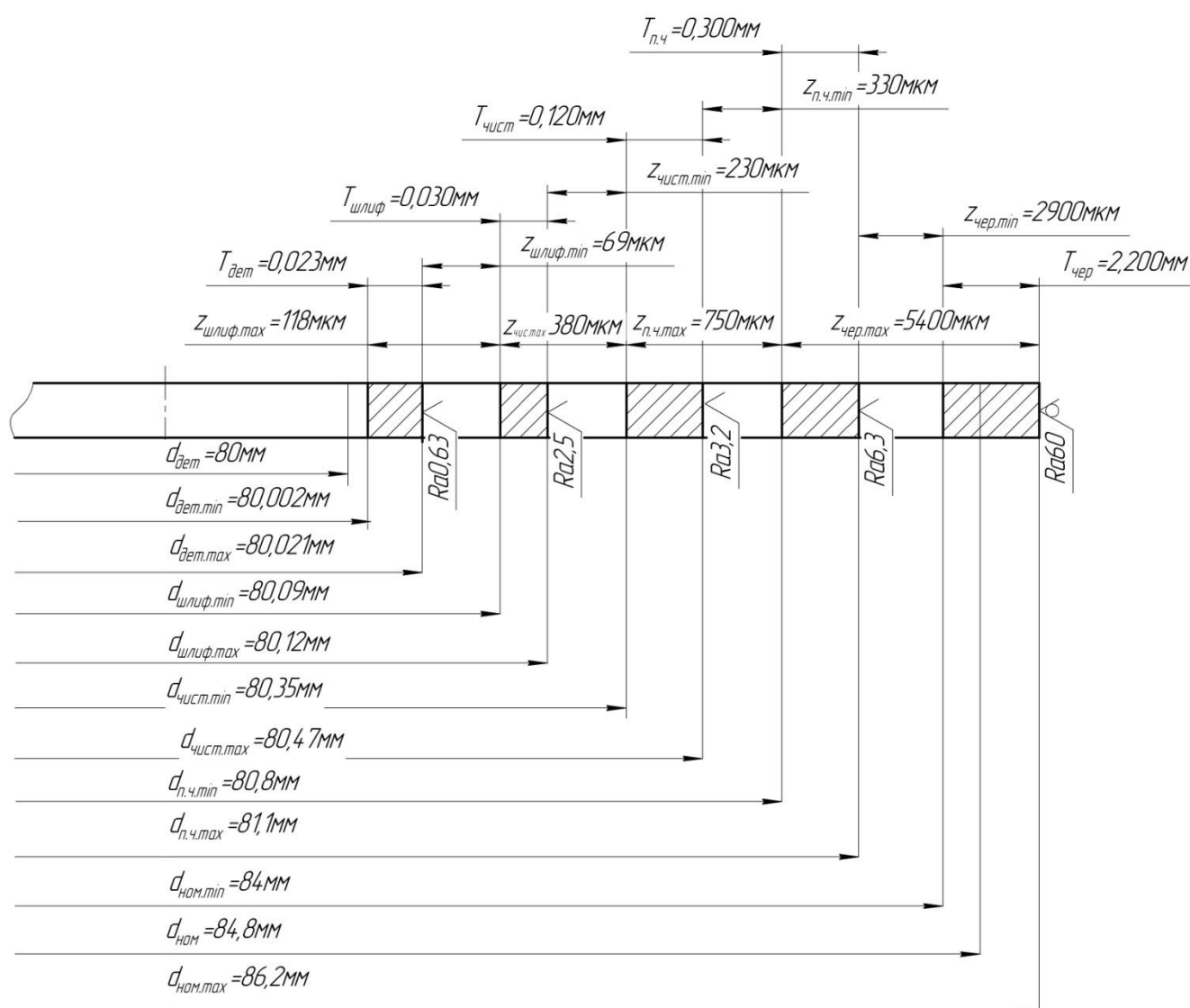
$$\rho_{n/q} = 1420 \cdot 0,05 = 72 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 1420 \cdot 0,04 = 59 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані

Найменування переходу	Познач. точності	Гранич відхил.	Елементи припуску, мкм				
			Rz	T	ρ	ε_6	ε_3
Штамповка	T3	+1.8 -1.0	250	250	1520	-	-
Точ. чорнове	кв. 12	-0,4	100	100	92	50	150
Точ. напів/ч	кв. 10	-0,16	50	50	76	20	40
Точ. чистове	кв. 9	-0.05 -0.165	25	25	61	0	0

Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку розміру $\varnothing 80$ к6 мм

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів

Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів здійснюємо, використовуючи метод графів [12]. Вихідними даними для розрахунку є: ескіз деталі, ескіз заготовки (рис. 2.6), ескізи технологічної обробки деталі (рис. 2.7).

Деталь – втулка установча, матеріал сталь 40Х.

Значення лінійних розмірів:

$$S_1 = 32^{+0,25} \text{ мм};$$

$$S_2 = 111^{+0,35} \text{ мм};$$

$$S_3 = 155_{-0,4} \text{ мм}.$$

Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів починаємо з побудови схеми розмірного ланцюга, який виконується згідно запропонованого раніше варіанту маршруту механічної обробки деталі. У верхній частині такої схеми вказуються замикаючі ланки розмірного ланцюга: конструкторські розміри S_i , і мінімальні припуски Z_{ij} , а в нижній частині – вказуються розміри заготовки і міжопераційні розміри деталі A_{ij} .

При цьому має виконуватися умова:

$$\sum S_i + \sum Z_{ij} = \sum A_{ij} \quad (2.7)$$

Також, до кожної поверхні, крім кореневої повинна підходити тільки одна стрілка.

$3 + 8 = 11$ -умова виконується, схема побудована правильно.

На основі схеми технологічної лінійної розмірної ланцюга будується граф розмірного ланцюга і розраховуються допуски на технологічні розміри (табл. 2.5).

Точність штампування на ГКР по III групі по ГОСТ 7506-66, шорсткість поверхні $R_z = 320$ мкм.

Таблиця 2.5 – Розрахунок допусків на технологічні розміри

Індекс розміру	Спосіб обробки	Точність розміру	Шорсткість	Дефектний шар	Величи на розміру, мм	Величи на допуску, мм	Домінуюча похибка	Розрахунковий допуск
A _{0.1}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 120	2,5 ^(+1,6) _(-0,9)	-	2,5 ^(+1,6) _(-0,9)
A _{0.2}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 120	2,5 ^(+1,6) _(-0,9)	-	2,5 ^(+1,6) _(-0,9)
A _{0.3}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 120	2,8 ^(+1,8) _(-1,0)	-	2,8 ^(+1,8) _(-1,0)
A _{0.4}	Штамповка на КГШП	T4 по ГОСТ 7505-89	Rz 200	250	до 40	1,0 ^(+0,3) _(-0,7)	-	1,0 ^(+0,3) _(-0,7)
A _{1.1}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 120	0,35	$\rho_{кор} = 0,5$	0,85
A _{1.2}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 80	0,3	-	0,3
A _{1.3}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 80	0,3	-	0,3
A _{1.4}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 50	0,25	-	0,25
A _{2.1}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 120	0,35	$\rho_{кор} = 0,5$	0,85
A _{2.2}	Чорнове підрізання	12	Rz 100	100	До 50	0,25	-	0,25
A _{3.1}	Напівчистове підрізання	11	Rz 50	50	До 120	0,22	-	0,22
A _{3.2}	Чистове підрізання	10	Rz 50	50	До 120	0,14	-	0,14
A _{3.3}	Чистове підрізання	8	Rz 10	10	До 50	0,04	-	0,04
A _{3.4}	Напівчистове підрізання	11	Rz 50	50	До 80	0,19	-	0,19
A _{3.5}	Чистове підрізання	8	Rz 10	10	До 80	0,04	-	0,04
A _{4.1}	Чистове підрізання	9	Rz 10	10	До 120	0,087	-	0,087

Значення шорсткості Rz і глибини дефективного шару h з обробки взяті з [2].

Домінуюча похибка: похибка жолоблення одно $\rho = 0,5$ мм; похибка пов'язана з не збігом баз $\Delta_6 = 0,1$ мм.

Допуски (граф 5) беремо з довідкової літератури.

Згідно вихідним даним будуюмо розмірну схему технологічного процесу (рис. 2.3).

Для зручності виявлення технологічних розмірних ланцюгів будуюмо граф маршрутного технологічного процесу (рис. 2.4).

$\sqrt{Ra\ 2,5}$

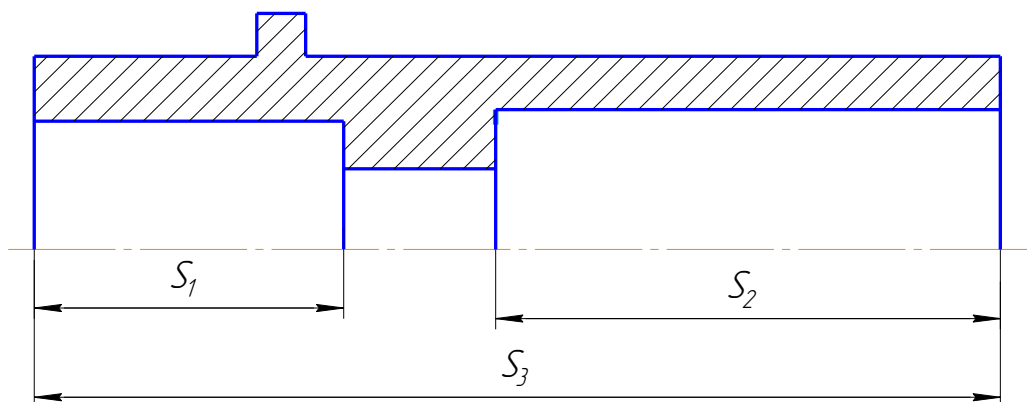


Рисунок 2.3 – Ескіз деталі
Площина роз'єму

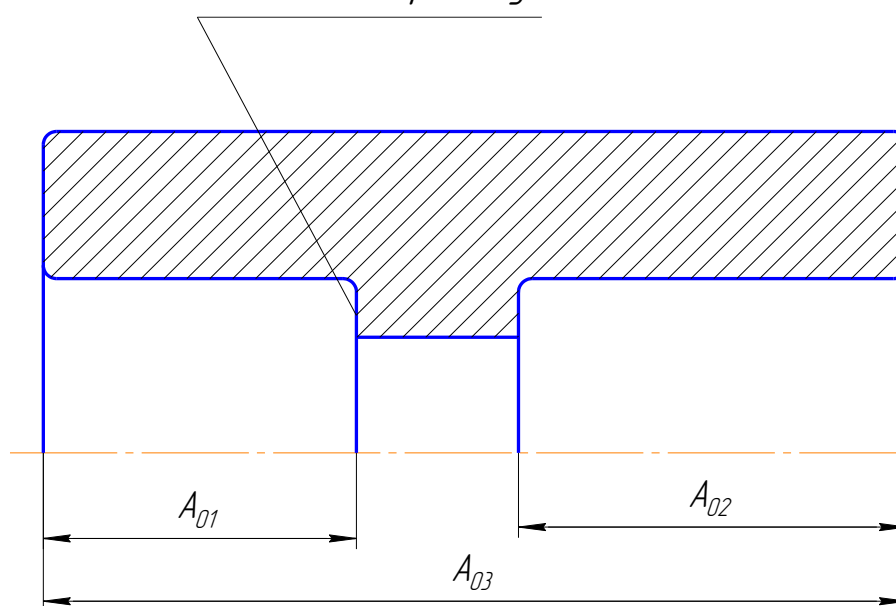
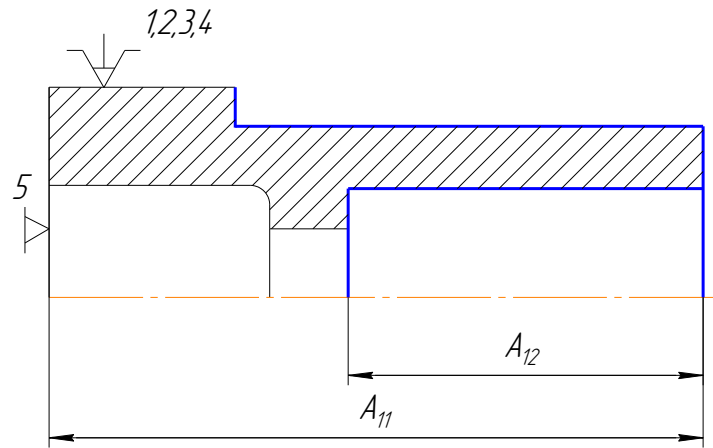
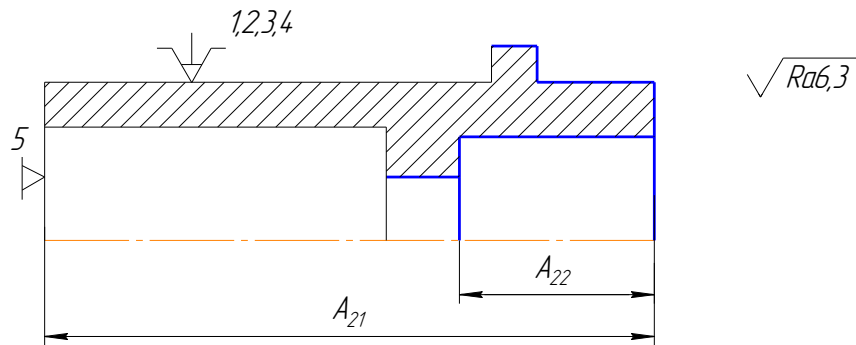


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки

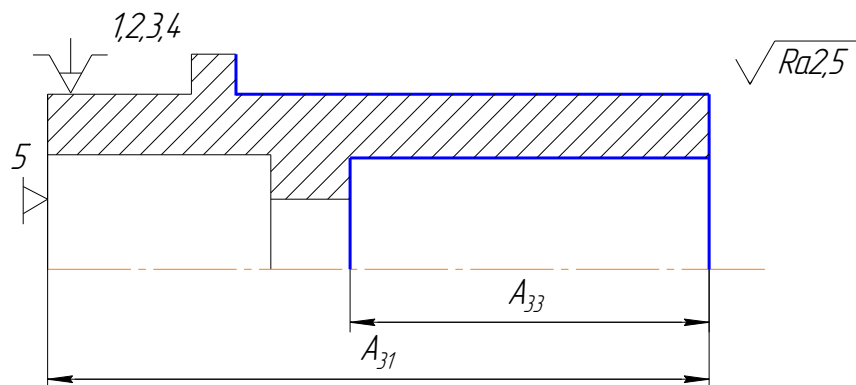
Операція 1. Токарна чорнова



Операція 2. Токарна чорнова



Операція 3. Токарна чистова



Операція 4. Токарна чистова.

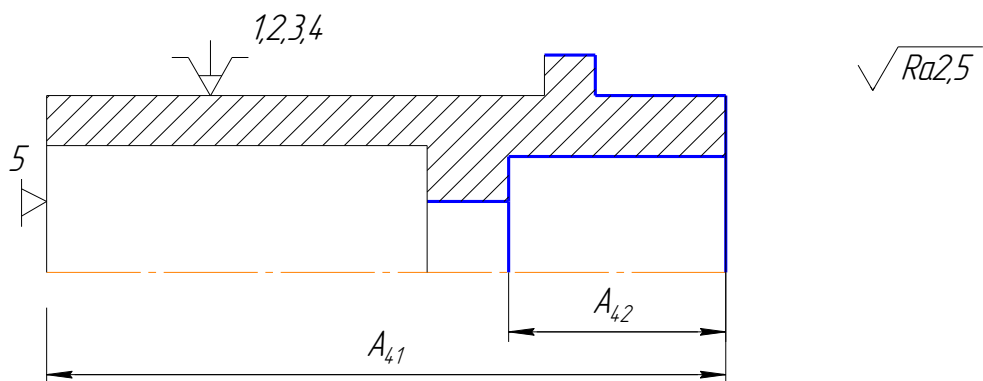


Рисунок 2.5 – Ескіз технологічної обробки деталі

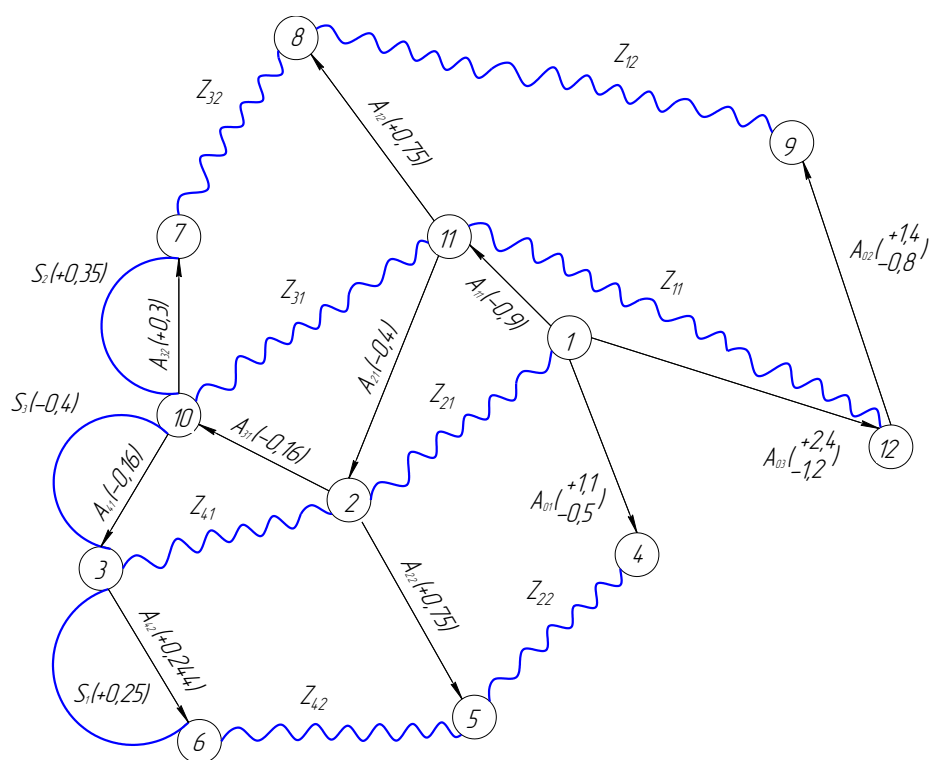


Рисунок 2.6 – Граф технологічних розмірних ланцюгів

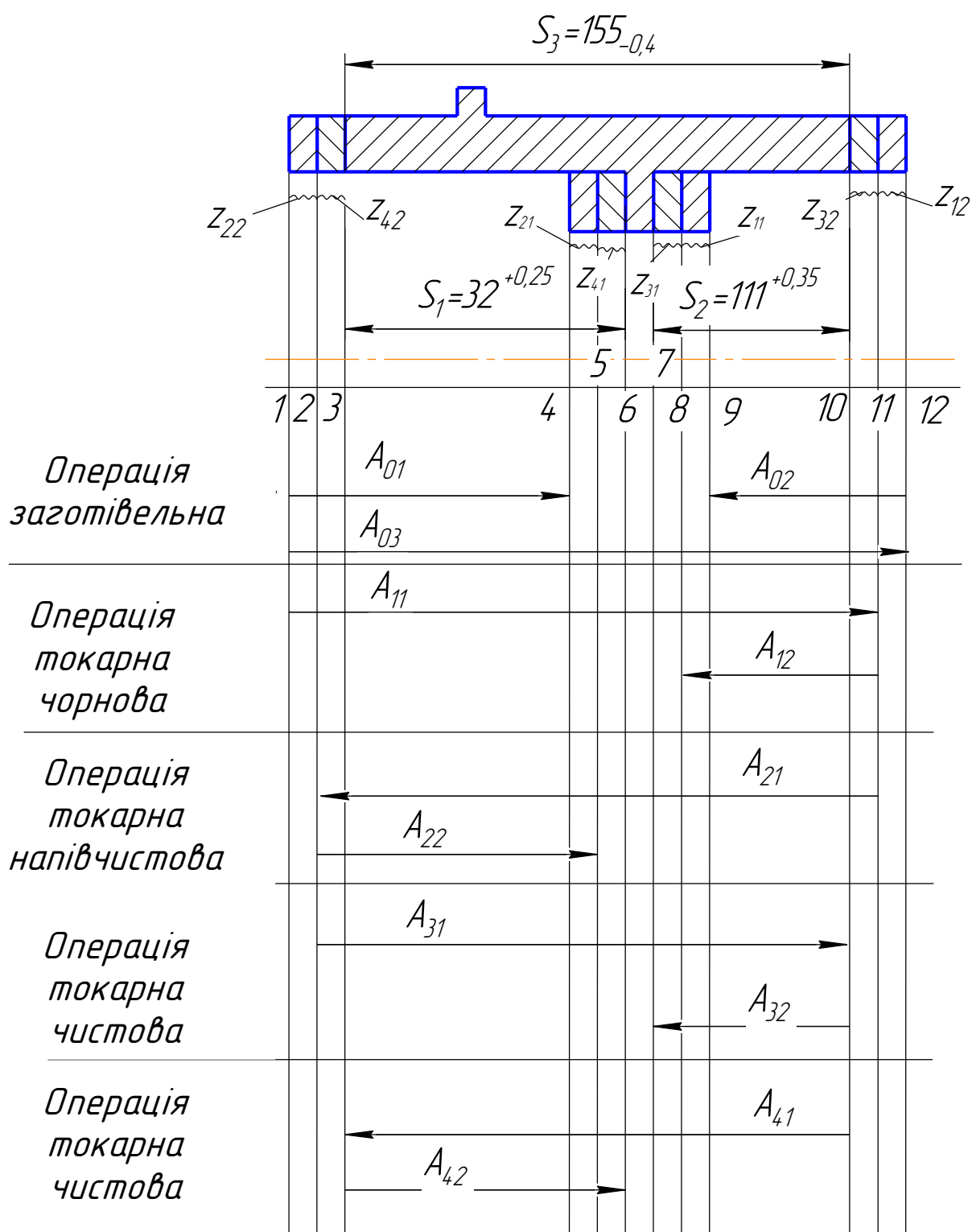


Рисунок 2.7 – Розмірна схема технологічного процесу виготовлення деталі втулки

Розраховуємо середнє значення розмірів і записуємо їх у графу 4 (табл. 2.6).

Середні значення припусків визначаємо за формулою:

$$Z_{i,j_{cp}} = \frac{\omega Z_{i,j}}{2} + Z \min_{i,j}. \quad (2.4)$$

Визначаємо допустиме коригування конструкторських розмірів:

$$K_{S_i} = \pm \frac{1}{2} (TS_i - \omega S_i). \quad (2.5)$$

$$K_{S1} = \pm \frac{1}{2} (0,087 - 0,087) = 0.$$

Отримані результати записуємо в графу 5.

Користуючись графом (рис. 2.4) записуємо рівняння розмірного ланцюга в графу 9 (таблиці 2.4).

У графі 7 записуємо позначення технологічних розмірів, які знаходяться по відповідним рівнянням.

У графі 8 (таблиці 2.4) записуємо значення допусків на відповідні технологічні розміри з графу 9 (таблиці 2.4).

Розраховуємо по рівняннях розмірної ланцюга конструкторські розміри на прикладі розміру S1:

- 1) $\underline{A}_{42} - S_1 = 0$
- 2) $\underline{A}_{32} - S_2 = 0$
- 3) $\underline{A}_{41} - S_3 = 0$
- 4) $\underline{A}_{31} - A_{41} - z_{41} = 0$
- 5) $\underline{A}_{21} - z_{31} - A_{31} = 0$
- 6) $\underline{A}_{12} - A_{21} + A_{31} - A_{32} + z_{32} = 0$
- 7) $\underline{A}_{11} - A_{21} - z_{21} = 0$
- 8) $\underline{A}_{03} - z_{11} - A_{11} = 0$
- 9) $\underline{A}_{02} - A_{03} + A_{11} - A_{12} - z_{12} = 0$
- 10) $\underline{A}_{22} + z_{42} - A_{42} + A_{41} - A_{31} = 0$
- 11) $\underline{A}_{01} + z_{22} - A_{22} + A_{21} - A_{11} = 0$

Перевірка.

Конструкторський розмір $S_2=A_{32} = 111^{+0,3} < 111^{+0,35}$, забезпечується, отже розрахунок проведений вірно.

Припуск:

$$Z_{22}=A_{22}+A_{11}-A_{01}-A_{21}=31,2^{+0,75}+157,5_{-0,9}-30_{-0,5}^{+1,1}-155,9_{-0,4}=188,7_{-0,9}^{+0,75}-185_{-0,9}^{+1,1}=2,8_{-2}^{+1,65}$$

$Z_{\min p} > Z_{\min z} (0,8 > 0,4)$ мм. Зняття мінімального припуску $Z_{2.2} = 0,12$ мм забезпечено – його збільшення на 0,06 мм вийшло в результаті корекції розміру $A_{3.2}$ на 0,16 мм. Отже, розмір $A_{3.2}$ розрахований правильно.

Висновок: перевірка забезпечення мінімальних припусків і конструкторських допусків показала позитивний результат.

Таблиця 2.6 – Розрахунок технологічних розмірів

Відомі (задані) розміри						Невідомі (шукані) розміри						
Розміри	Величина та допуск	Очікувана похибка	Середній розрахунковий	Допустима корекція	Середній скоректований розмір	Розмір	Допуск	Рівняння контура	Середній розрахунковий розмір	Номінальний розрахунковий розмір	Номінальний скоректований розмір	Середній скоректований розмір
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S ₁	32 ^{+0,25}	0,244	32,12 5	±0,003	32,122	A ₄₂	$\underline{A}_{42} - S_1 = 0$	+0,244	32,12 5	32,003 ^{+0,244}	32 ^{+0,244}	31,122
S ₂	111 ^{+0,35}	0,3	111,1 75	±0,025	111,15	A ₃₂	$\underline{A}_{32} - S_2 = 0$	+0,3	111,1 75	111,025 ^{+0,3}	111 ^{+0,3}	111,15
S ₃	155 _{-0,4}	0,16	154,8	±0,12	154,92	A ₄₁	$\underline{A}_{41} - S_3 = 0$	-0,16	154,8	154,88 _{-0,16}	155 _{-0,16}	154,92
Z ₄₁	0,1	0,32	0,26	+∞	0,3	A ₃₁	$\underline{A}_{31} - A_{41} - z_{41} = 0$	-0,16	155,1 8	155,26 _{-0,16}	155,3 _{-0,16}	155,22
Z ₃₁	0,1	0,56	0,38	+∞	0,48	A ₂₁	$\underline{A}_{21} - z_{31} - A_{31} = 0$	-0,4	155,6	155,8 _{-0,4}	155,9 _{-0,4}	155,7
Z ₃₂	0,1	1,61	0,905	+∞	0,955	A ₁₂	$\underline{A}_{12} - A_{21} + A_{31} - A_{32} + z_{32} = 0$	+0,75	110,7 25	110,35 ^{+0,75}	110,3 ^{+0,75}	110,67 5
Z ₂₁	0,4	1,3	1,05	+∞	1,35	A ₁₁	$\underline{A}_{11} - A_{21} - z_{21} = 0$	-0,9	156,7 5	157,2 _{-0,9}	157,5 _{-0,9}	157,05

2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

При виборі схем базування і закріплення необхідно керуватися рекомендаціями з [8]

Операція 010 Токарно гвинторізна.

Розглянемо установ А.

Тут можливі тільки дві схеми базування, в обох випадках схеми позбавляють заготовку п'яти ступенів свободи і похибка базування буде однаковою (рис. 2.8 а, б, в). Таблиця відповідностей і матриця зв'язків представлена в таблиці 2.7.

Найбільш ефективні способи закріплення заготовки на операції - закріплення в патроні з упором в лівий торець (при першому випадки патрон затискає зовнішню поверхню деталі, а при другому – внутрішню), при цьому виникають дві технологічні бази:

- циліндрична поверхня є подвійний опорною базою;
- упор в лівий торець є настановної базою.

Похибка базування для діаметральні розмірів дорівнює нулю, для лінійних розмірів похибка (технологічна база і вимірювальна не збігаються) дорівнює

Для розміру 160,1мм - $E_{\delta} = 0$.

Для розмірів 135,6; 111,3; 101,5 мм - $E_{\delta} = T158,5 = 400$ мкм.

Для зручності приймаємо другий варіант схеми базування, як більш надійний через закріплення у зовнішніх кулачках та більш простий у реалізації процесу.

Таблиця 2.7 – Таблиця відповідності на операції 010

Зв'язок	Ступінь вільності	Бази
1,2,3	I, V, V	Установоча база
4,5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	

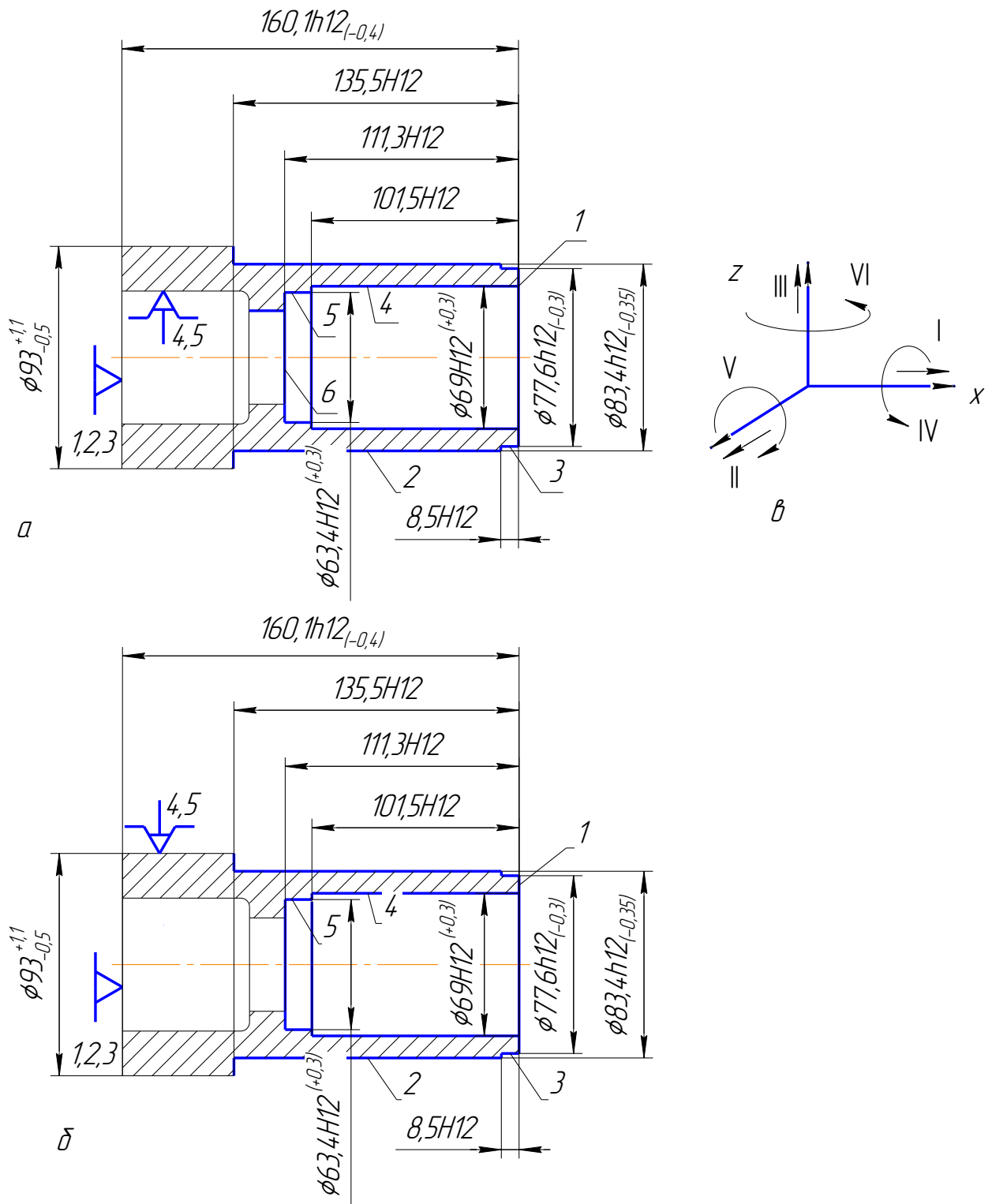


Рисунок 2.8 – Ескіз закріплення заготовки на операції 010
 а – перший варіант базування; б – другий варіант базування;
 в – система координат.

Таблиця 2.8 – Матриця зв'язків на операції 010

	X	Y	Z	
L	1	0	0	Установоча база
α	0	1	1	
L	0	1	1	Подвійна опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	
α	1	0	0	

Операція 015 Токарно гвинторізна з ЧПК.

Базування представлений на аркуші маршруту технологічного процесу

Операція 020 Вертикально-фрезерна

На цій операції можлива дві схеми базування, обидві схеми позбавляють заготовку шести ступенів свободи. І в обох випадках таблиця відповідностей і матриця зв'язків однакові представлені в таблицях 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.9 – Таблиця відповідностей на операції 020.

Зв'язок	Ступінь вільності	Бази
1,2,3,4	II, III, V, VI	Подвійна напрямна база
5	I	Опорна база
6	IV	

У першому випадку заготовка закріплюється в опорній призмі з упором в торець і зверху затискаються зажимами, при цьому виникають три технологічні бази (рис. 2.7 а):

- циліндрична поверхня є подвійний направляючої базою;
- упор в лівий торець є опорною базою;
- зажим є опорною базою.

Таблиця 2.10 – Матриця зв'язків на операції 020

	X	Y	Z	
L	0	1	1	Подвійна напрямна база
α	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	
α	1	0	0	

При цьому похибка базування:

$$E_{\sigma} = T_{66} = 300 \text{ мкм}$$

У другому випадку заготовка закріплюється в опорній призмі з упором в лівий торець і зверху затискаються зажимами, при цьому виникають три технологічні бази (рис. 2.7 б):

- циліндрична поверхня є подвійною направляючою базою;
- упор в лівий торець є опорною базою;
- зажим є опорною базою.

При цьому похибка базування для діаметральних розмірів дорівнює нулю, для лінійних розмірів похибка (технологічна база і вимірювальна збігаються) дорівнює:

$$T_{155} = 400 \text{ мкм (по ГОСТ 25346-82)}; E_{\sigma} = T_{155} + T_{66} = 400 + 300 = 700 \text{ мкм}$$

І при першому і при другому варіантах базування похибка базування більше допуску на розмір 18 мм (відповідно). Застосовуємо перший варіант базування, так як його похибка менше, ця похибка не впливає на роботу самого вузла.

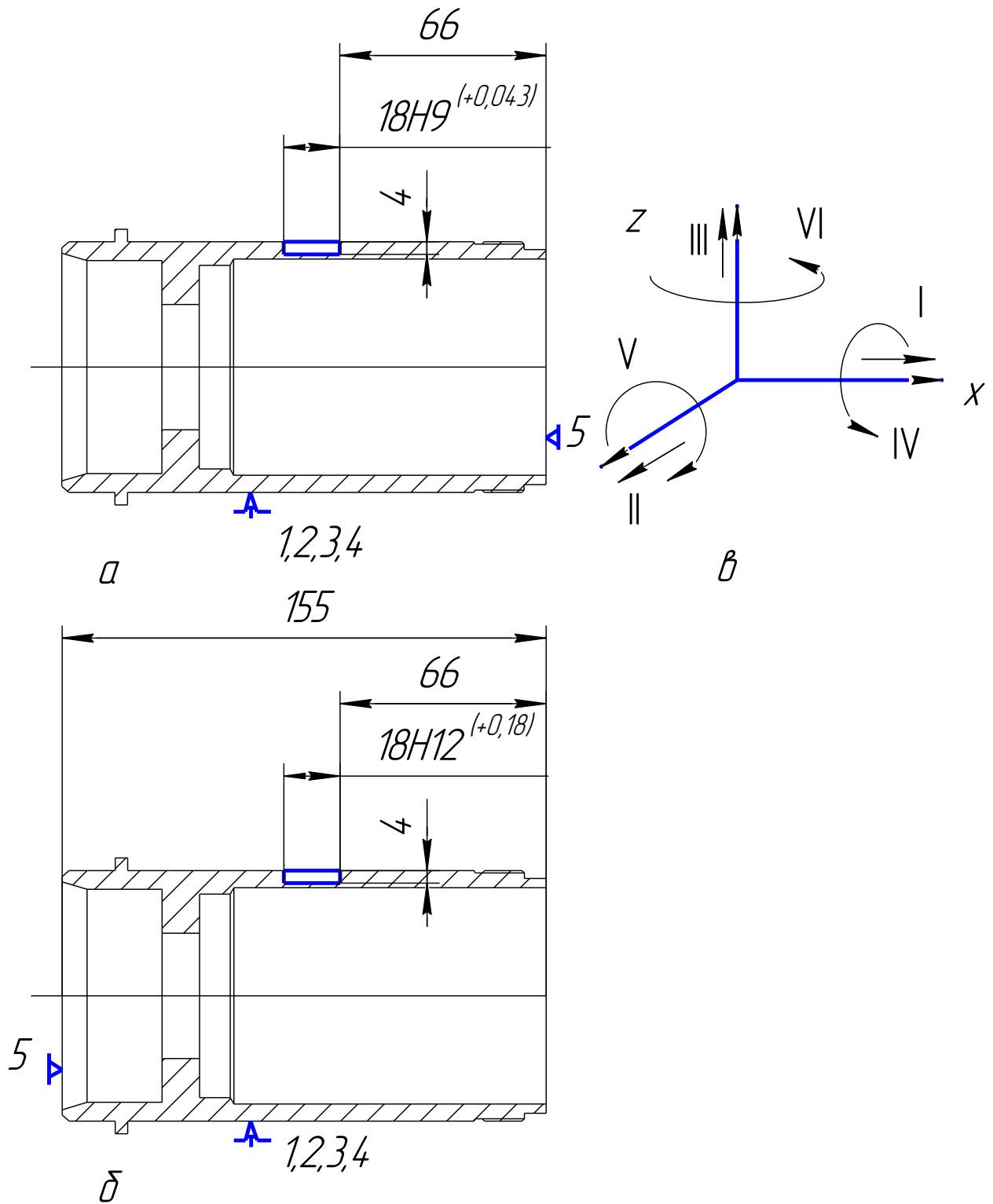


Рисунок 2.8 – Ескіз закріплення заготовки на операції 020

a – перший варіант базування;

б – другий варіант базування;

в – система координат.

Операція 025 Вертикально-фрезерна

У двох випадках заготовка розташована на столі верстата і закріплена в трьохкулачковому патроні та позбавлена п'яти ступенів свободи і похибка базування однакова (рис. 2.9 а, б). Таблиця відповідностей і матриця зв'язків представлені в таблицях 2.11 і 2.12.

Похибка базування буде дорівнює:

$$E_{\phi} = T_{155} + T_{32} = 0,4 + 0,25 = 0,75 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.11 – Таблиця відповідності на операції 025

Зв'язок	Ступінь вільності	Бази
1,2,3	I, V, V	Установоча база
4,5	II, III	Подвійна опорна база
6	IV	

Таблиця 2.12 – Матриця зв'язків на операції 025

	X	Y	Z	
L	1	0	0	Установоча база
α	0	1	1	
L	0	1	1	Подвійна опорна база
α	0	0	0	
L	0	0	0	
α	1	0	0	

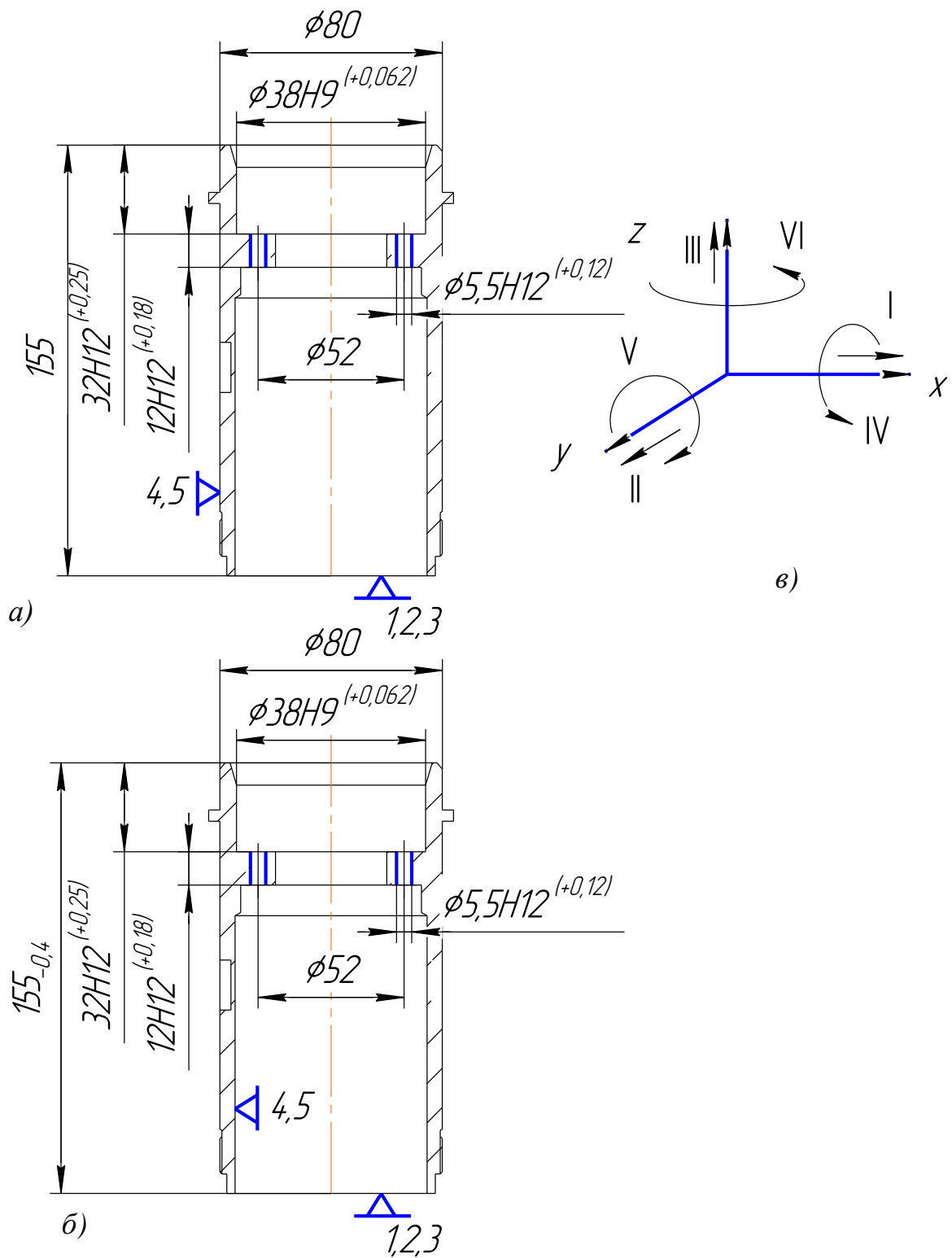


Рисунок 2.9 – Ескіз закріплення заготовки на операції 025
 а – перший варіант базування; б – другий варіант базування;
 в – система координат.

2.6 Вибір моделей металорізальних верстатів

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

На операції 010 токарна з ЧПК проводиться чорнова обробка заготовки з одного установа.

Металорізальний верстат вибираємо за наступними критеріями:

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки вищевказаних поверхонь було розглянуто перелік токарних верстатів, проаналізувавши, був обраний верстат моделі 16К20Ф3, який оснащений системою ЧПК [4];

- потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 14 кВт двигуном, якого достатньо для точіння поверхонь втулки установчої;

- габарити робочого простору: дане обладнання дозволяє обробляти заготовки діаметром - до 400 мм, і довжиною - до 800 мм, що дозволить встановити заготовку;

- тип виробництва: при дрібносерійному виробництві перевага віддається універсальному обладнанню з ЧПК, таким обладнанням є верстат моделі 16К20Ф3.

Основні технічні характеристики токарного верстата моделі 16К20Ф3 наступні:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки над:
 - станиною - 400 мм,
 - супортом - 200 мм;
- найбільша довжина оброблюваної заготовки – до 800 мм;
- крок метричної різі до 6 мм;
- частота обертання шпинделя $12,5 \div 1600$ хв⁻¹;
- подача:
 - поздовжня $1 \div 1000$ мм/хв;
 - поперечна $1 \div 200$ мм/хв;

– потужність електродвигуна приводу головного руху - 14 кВт.

Для операції 020. Вибір металорізального верстата для фрезерування паза.

При обробці паза (поверхні 7, 8, 9) потрібно керуватись такими характеристиками, як розміри робочого простору столу і потужність електродвигуна.

З огляду на те, що довжина паза, що фрезерується, становить 18 мм, глибина 4 мм і ширина 6 мм, то потрібно буде обрати верстат з робочою поверхню столу наближеною до 160 × 550 мм і потужністю електродвигуна до 2 кВт.

Порівнюючи два вертикально-фрезерних верстата:

а) моделі 6Т104

б) моделі 6Р13Ф3-01

Можна зробити висновок, що якщо використовувати верстат з ЧПК 6Р13Ф3-01, то при фрезеруванні пазів потрібно буде використовувати спеціальні пристрої для автоматичного повороту деталі. Це буде значно дорожче, ніж в базовому технологічному процесі і тим більше потрібно змінити його.

Значної економії штучного часу не виникне, потужність електродвигуна (7,5 кВт) і габарити робочого простору (400×1000 мм) роблять його для обробки економічно неефективним [10].

Отже для обробки будемо застосовувати верстат 6Т104.

Основні технічні характеристики верстата 6Т104:

- 1) Розміри робочої поверхні столу (ширина × довжина) 160×630 мм
- 2) Найбільше переміщення столу, мм:
 - поздовжнє – 400
 - поперечне – 160
 - вертикальне – 320
- 3) Найбільший кут повороту шпиндельної головки становить $\pm 45^\circ$
- 4) Число швидкостей шпинделя – 12
- 5) Частота обертання шпинделя, об / хв – 63÷2800
- 6) Число подач столу – 12

- 7) Подача столу, мм/хв
 - подовжня і поперечна – 11,2÷500
 - вертикальна -
- 8) Швидкість швидкого переміщення стола, мм / хв
 - подовжня і поперечна 3800
 - вертикальна -
- 9) Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт – 2,2
- 10) Габаритні розміри, мм
 - довжина – 1250
 - ширина – 1205
 - висота – 1630
- 11) Маса, кг – 830

Для операції 025. Вибір металорізального верстата для свердління восьми отворів Ø5,5 мм і чотирьох отворів Ø9 мм.

При виборі верстата потрібно керуватися такими характеристиками як розмір робочого простору столу і потужність електродвигуна.

Так як у нас дрібносерійне виробництво і точність отворів невисока (12 квалітет), то потрібно вибрати універсальний верстат.

Порівнюючи два вертикально-свердлильні верстата:

а) моделі 2Н125

б) моделі 2Н135

Паспортні дані цих верстатів обрані по [1, таблиця 11, с. 20].

Так як отвори невеликих розмірів – глибина різання не велика, то верстат можна прийняти невеликої потужності (потужність верстата моделі 2Н125 -2,2кВт; 2Н135 - 4 кВт) це економічно доцільно.

Отже для обробки будемо застосовувати верстат 2Н125

Основні технічні характеристики верстата 2Н125

- 1) Найбільший умовний діаметр свердління в сталі – Ø25
- 2) Робоча поверхня стола –400х450 мм

- 3) Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу – 700
- 4) Виліт шпинделя – 250 мм
- 5) Найбільший хід шпинделя – 200 мм
- 6) Найбільше вертикальне переміщення:
 - свердлильної головки – 170 мм
 - столу – 270 мм
- 7) Конус Морзе отвору шпинделя – 3
- 8) Число швидкостей шпинделя 12
- 9) Число подач шпинделя -
- 10) Частота обертання шпинделя $45 \div 2000$ об/хв
- 11) Подача шпинделя, мм/об – 9
- 12) Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 2,2
- 13) Габаритні розміри
 - довжина – 950 мм
 - ширина – 785 мм
 - висота – 2350 мм
- 14) Маса верстата, кг - 800.

2.7 Вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально-складальних пристроїв (УСП) згідно ГОСТ 14.305-73.

Як пристрій вибираємо:

Для операції 010

Патрон самоцентруючий трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80 [8]

Для операції 015

Патрон трьохкулачковий-клиновий ГОСТ 2675-80 [9] з пневмоприводом, що представлений на кресленні пристрою.

Для операції 020

Опорна призма ГОСТ 12195-66 [1] зі спеціальним пристроєм, який представлений на кресленні пристрою.

Для операції 025

Патрон самоцентруючий трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80 [9].

Для операції 030

Патрон самоцентруючий трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80 [9].

Для операції 035

Патрон самоцентруючий трьохкулачковий 7100-0015 ГОСТ 2675-80 [9].

Вибір інструмента здійснюємо, виходячи з таких умов:

- а) метод обробки поверхні
- б) етап обробки
- в) матеріал заготовки Сталь 40Х (ГОСТ 4543-71)
- г) вид і стан заготовки: штампування.

Як різальний інструмент вибираємо:

Для операції 015

З метою підвищення ефективності процесу різання будемо використовувати токарний різець з механічним кріпленням багатограних твердосплавних пластин.

Матеріал різальної частини: твердий сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74.

Для точіння поверхонь 3, 4, 5, 6, 13, 26, 27 вибираємо:

- пластина тригранна 741-1704-1 по ГОСТ 19079-80 [10];
- різець прохідний упорний 2101-0603 ГОСТ 20872-80 [20]

Для підрізування поверхонь 1, 14 вибираємо:

- пластина чотиригранна 03131-090304 по ГОСТ 19049-80 [10];
- різець підрізний 2102-0018 ГОСТ 18868-73 [20].

Для оброблення поверхонь 15, 17, 18, 21, 23, 24 вибираємо:

- пластина ромбічна 03113-120408 по ГОСТ 19056-80 [10];

- різець розточний 2142-00331 ГОСТ 19795-84 [20].

Для операції 020

Матеріал різальної частини: твердий сплав Т15К6 ГОСТ 3882-74.

Для точіння поверхонь 1, 2, 3, 13, 14, 26, 27 вибираємо:

- пластина тригранна 01114-16034 по ГОСТ 19079-80 [10];

- різець прохідний 2103-0671 ГОСТ 20872-80 [20]

Для точіння поверхонь 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25 вибираємо:

- пластина тригранна 01114-16034 по ГОСТ 19079-80 [10]

- різець розточний 2142-0031 ГОСТ 19795-84 [20].

Для точіння поверхонь 10, 11 вибираємо:

- пластина чотиригранна 03131-090304 по ГОСТ 19049-80 [10];

- різець канавочний 2366-00114 ГОСТ 25419-82 [20].

Для отримання різьбової поверхні:

- пластина 01114-16034 по ГОСТ 19079-80 [10];

- різець різьбовий 2564-00051 ГОСТ 25419-82 [20].

Для операції 025.

Для обробки використовується шпонкова цільна фреза 2234-0205 ГОСТ16463-80 [6]. Матеріал різальної частини: твердий сплав ВК8.

Для операції 030

Для обробки отворів Ø5,5 мм використовується свердло спіральне з циліндричним хвостовиком 2300-6966 ГОСТ 886-77 [20] Для обробки отворів Ø9 мм використовується цековка спеціальна. Матеріал різальної частини: швидкоріжуча сталь Р6М5

Для операції 035.

Для обробки при тонкому точінні використовується прохідний різець

CNGA120408S-02020-L1-B. Матеріал різальної частини – CBN200 (надтвердий інструментальний матеріал на основі кубічного нітриду бору).

Для операції 040.

Для обробки використовується прохідний різець CNGA120408S-02020-L1-B. Матеріал різальної частини – CBN200 (надтвердий інструментальний матеріал на основі кубічного нітриду бору).

При виборі контрольно-вимірювальних інструментів до уваги слід взяти трудомісткість вимірювань, точність вимірювань тип виробництва.

У дрібносерійному виробництві пріоритет слід віддавати універсальним (шкальні) вимірювальних засобів. При визначенні точності інструментів потрібно враховувати, що ціна ділення повинна становити $0,3 \div 0,5$ допуску вимірювального параметра.

В якості вимірювального інструмента вибираємо

На всіх операціях параметри шорсткості перевіряються за зразком

Для операції 010.

Для вимірювання використовується штангенциркуль ШЦ-П-630-0.1 ГОСТ 166-63 [1]

Для операції 015.

Для вимірювання використовується гладкий МК по ГОСТ 6507-60 [11]

Для вимірювання різьби використовується різьбовий МВМ по ГОСТ 4380[1]

Для операції 020.

Для вимірювання використовується глибинометр 8315-0508 ГОСТ 24116-80 і штангенциркуль ШЦ-П-320-0.1 ГОСТ 166-89 [9]

Для операції 030.

Для вимірювання використовується нутрометр з вимірювальною головкою по ГОСТ 9244-75 [3].

Для операції 040.

Використовується контрольно-вимірювальний пристрій для контролю радіального биття, гладкий МК по ГОСТ 6507-60 [9].

Для операції 045.

Використовується гладкий мікрометр МК по ГОСТ 6507-60 [9].

2.8 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання для операції 010 токарно-гвинторізної.

Рішення проводиться аналітичним (повним) способом для точіння поверхні 2 (рис.1.1).

Вихідні дані: на токарно-гвинторізному верстаті 16Б16А обробляється поверхню деталі. Матеріал заготовки – сталь 40Х, НВ - 670 МПа, заготовка – штампування. Діаметр оброблюваної поверхні 83,4 мм, довжина оброблюваної поверхні – 133,6 мм, обробка чорнова, шорсткість Ra 6,3 мкм; обробка відбувається без охолодження.

1. Паспортні дані верстата 16Б16:

- частота обертання шпинделя, об/хв – 20 25 32 40 50 63 80 100 126 159 200 252 317 399 502 632 796 1002 1262 1589 2000;

- поздовжня подача мм/об 0,05 0,065 0,086 0,11 0,15 0,19 0,25 0,33 0,43 0,56 0,73 0,96 1,25 1,64 2,14 2,8;

- потужність електродвигуна головного руху $N_{ел} = 4,6$ кВт, ККД = 0,9.

- максимальна осьова сила, що допускається механізмом подачі $P = 3000$ Н.

1. Призначаємо глибину різання. Припуск на сторону дорівнює:

$$\Delta = \frac{D - d}{2}$$

$$\Delta = \frac{93 - 83,4}{2} = 4,8 \text{ мм}$$

Виходячи з вимог до деталі (IT12, Ra 6,3 мкм), припуск знімаємо за один прохід.

$$t = \Delta = 4,8 \text{ мм};$$

2. Вибираємо геометричні параметри різця. Для чорнової обробки приймаємо токарний завзятий різець з механічним кріпленням твердосплавних пластини з кутами в плані $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$. Матеріал пластини – твердий сплав Т15К6. Позначення пластини 01113-110304 по ГОСТ 19044-80 [10] товщина пластини $S = 3,18\text{мм}$, радіус при вершині становить $0,4\text{ мм}$.

При орієнтовному значенні чорнової подачі для даних умов $0,6 \div 1,2\text{ мм/об}$ і глибини різання $4,8\text{ мм}$ для верстата 16Б16А приймаємо перетин різця $16 \times 25\text{мм}$. Задній кут 15° , передній кут 10° , кут нахилу ріжучої кромки 0° . Спосіб кріплення різальної пластини – клиновий.

Для одноінструментальної обробки призначаємо період стійкості $T = 30\text{ хв}$.

Визначаємо подачу виходячи з таких обмежень:

А. Подача, що допускається міцністю державки різця, визначається за формулою:

$$S_{\text{пр.р}} = \sqrt{\frac{B \cdot H^2 \cdot [\sigma] \cdot \eta}{60 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_y^m}\right)^{n_{pz}} \cdot t^{x_{pz}} \cdot k_{pz} \cdot L_p}}, \quad (2.3)$$

де: $B = 16\text{мм}$,

$H = 25\text{мм}$

$[\sigma] = 490\text{ МПа}$ (для загартованої державки зі сталі 40ХН);

$$L_p = 1,5 \cdot H = 1,5 \cdot 25 = 38\text{ мм};$$

Знаходимо коефіцієнти до показників ступенів [13].

$$C_{pz} = 300, \quad X_{pz} = 1,0, \quad Y_{pz} = 0,75, \quad n_{pz} = -0,15.$$

де K_{pz} – поправочний коефіцієнт впливає на зміну умов обробки;

$$K_{pz} = K_{\varphi_{pz}} \cdot K_{\lambda_{pz}} \cdot K_{\lambda_{pz}} \cdot K_{r_{pz}}, \quad (2.4)$$

де $K_{\varphi z} = 0,89$; - поправочний коефіцієнт, що впливає на зміну умов обробки від кута φ [13];

$K_{\chi z} = 1,0$; - поправочний коефіцієнт, що впливає на зміну умов обробки від кута χ [13];

$K_{\lambda z} = 1,0$; - поправочний коефіцієнт, що впливає на зміну умов обробки від кута λ [13];

$K_{r z} = 0,87$; - поправочний коефіцієнт, що впливає на зміну умов обробки від радіуса при вершині різця [13];

K_{MP} - поправочний коефіцієнт на зміну умов обробки в залежності від оброблюваного матеріалу.

Тоді:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{670}{750} \right)^{0,75} = 0,92 \quad (2.5)$$

$$K_{PZ} = 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,92 = 0,71$$

де $C_v = 350$; $X_v = 0,15$; $Y_v = 0,35$; $m = 0,2$ – поправочні коефіцієнти і показники ступеня в формулах швидкості різання.

Поправочний коефіцієнт, що впливає на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [1];

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right) = \frac{750}{670} = 1,12$$

$K_{uv} = 1$; - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента [1];

$K_{nv} = 1$; - коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки [1].

$$K_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

$$S_{\text{пр.р}} = \sqrt[0.75]{\frac{16 \cdot 25^2 \cdot 490}{60 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{-0.15} \cdot 4,8^1 \cdot 0,71 \cdot 38}} = 6,9 \text{ мм/об}$$

Б. Подача, що допускається жорсткістю різця:

$$S_{\text{жр}} = \sqrt[0.75]{\frac{f_p \cdot E \cdot B \cdot H^3}{40 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_y^m}\right)^{npz} \cdot t^{xpz} \cdot k_{pz} \cdot L_p^3}}, \quad (2.6)$$

де: f_p – прогин різця, для чорнової обробки приймаємо рівним 0,1;

E_p – модуль пружності державки для сталі 40ХН $2,1 \cdot 10^5$ МПа;

Тоді:

$$S_{\text{жр}} = \sqrt[0.75]{\frac{0,1 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 16 \cdot 25^3}{40 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{-0.15} \cdot 48^1 \cdot 0,71 \cdot 38^3}} = 7,98 \text{ мм/об}$$

В. Подача, що допускається прочністю пластини.

$$S_{\text{пр.п}} = \sqrt[0.75]{\frac{340 \cdot c^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi^\circ}\right)^{0.8}}{10 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_y^{0.2}}\right)^{npz} \cdot t^{xpz-0.77} \cdot k_{pz}}}, \quad (2.7)$$

де: C – товщина пластини, що складає 3,18 мм;

φ – кут в плані, рівний 90° ;

$$S_{\text{пр.п}} = \sqrt[0.75]{\frac{340 \cdot 3,18^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin 90^\circ}\right)^{0.8}}{10 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{npz} \cdot 4,8^{1-0,77} \cdot 0,71}} = 0,95 \text{ мм/об.}$$

Г. Подача, що допускається жорсткістю деталі.

$$S_{ж.д} = \sqrt[0.75]{\frac{f_g \cdot \mu \cdot E \cdot I}{11 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_y^m}\right)^{npz} \cdot t^{xpz} \cdot k_{pz} \cdot L^3}}, \quad (2.8)$$

де: f_g – допустима величина прогину 0,2 мм;

μ – коефіцієнт, що враховує тип закріплення;

I – момент інерції заготовки [13].

$$S_{ж.д} = \sqrt[0.75]{\frac{0,2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 83,4^4}{11 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{-0.15} \cdot 4,8^1 \cdot 0,71 \cdot 133,6^3}} = 61,44 \text{ мм/об}$$

Д. Подача, що допускається прочністю механізму подачі.

$$S_{м.п} = \sqrt[0.75]{\frac{P_{м.п}}{4 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_y^m}\right)^{npz} \cdot t^{xpz} \cdot k_{pz}}}, \quad (2.9)$$

де: $P = 3000\text{Н}$, осьова сила, що допускається механізмом подачі

$$S_{м.п} = \sqrt[0.75]{\frac{3000}{4 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0.2}}\right)^{-0.15} \cdot 4,8^1 \cdot 0,71}} = 1,7 \text{ мм/об}$$

2. Визначаємо економічне значення подачі в якості, якої приймаємо найменшу з подач, що допускаються прийнятими технологічними обмеженнями для заданих умов:

$$S_e = S_{ж.д} \{6,9; 7,98; 0,95; 61,44; 1,7\}_{\min} \quad (2.10)$$

$$S_e = S_{ж.д} = 0,95 \text{ мм/об.}$$

Дану подачу можна реалізувати на верстаті так як виконується умова 0,01

Коригуємо економічне значення подачі по верстата. З урахуванням виконання умови 5% в якості технологічної подачі приймаємо найближче значення з наявних на верстаті, тобто $S_T=0,96$ мм/об.

7. Визначаємо економічне значення числа оборотів за формулою:

$$n_d = \frac{100 \cdot C_v \cdot K_v}{T_y^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v} \cdot \pi \cdot D} \quad (2.11)$$

$$n_d = \frac{1000 \cdot 350 \cdot 0,75}{30^{0,2} \cdot 0,95^{0,35} \cdot 4,8^{0,15} \cdot \pi \cdot 83,4} = 406 \text{ об/хв}$$

Це число оборотів можна реалізувати на верстаті, так як виконується умова $20 \leq 475 \leq 2000$ об/хв.

8. Перевіряємо економічне значення подачі по потужності верстата.

$$S_{M.c} = \sqrt[1+n_{pz}]{\frac{N_y \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{10 \cdot c_{pz} \cdot \left(\frac{c_v \cdot k_v}{T_y^m}\right)^{n_{pz}} \cdot t^{x_{pz}} \cdot k_{pz} \cdot \pi \cdot D \cdot n_y}} \quad (2.12)$$

$$S_{M.c} = \sqrt[0,75]{\frac{4,6 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 1020 \cdot 1000}{10 \cdot 300 \cdot \left(\frac{350 \cdot 1,12}{30^{0,2}}\right)^{-0,15} \cdot 4,8^1 \cdot 0,71 \cdot 3,14 \cdot 83,4 \cdot 406}} = 0,33 \text{ мм/об}$$

В якості технологічної розрахункової подачі приймаємо $S_{Tr} = 0,33$ мм/об. Коригуємо значення S_{Tr} по верстата. В якості технологічної подачі приймаємо $S_T = 0,33$ мм/об.

Знаходимо число обертів, що допускаються потужністю верстата по формулі

$$n_{M.c} = \sqrt[1+n_{pz}]{\frac{N_y \cdot \eta \cdot 60 \cdot 1020}{10 \cdot c_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D}{1000}\right)^{1+n_{pz}} \cdot k_{pz}}} \quad (2.13)$$

$$n_{м.с} = \sqrt[0.85]{\frac{4,6 \cdot 0,9 \cdot 60 \cdot 1020}{10 \cdot 300 \cdot 4,8^1 \cdot 0,33^{0,75} \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 83,4}{1000}\right)^{0,85} \cdot 0,71}} = 406 \text{ об/хв}$$

Коригуємо $n_{м.с}$ значення по верстату і приймаємо в якості дійсного числа оборотів з урахуванням виконання умови 5% – $n=399$ об/хв.

9. Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (2.14)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 83,4 \cdot 399}{1000} = 104,5 \text{ м/хв};$$

10. Знаходимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot c_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S^{ypz} \cdot V^{npz} \cdot K_{pz} \quad (2.15)$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4,8 \cdot 0,33^{0,75} \cdot 104,5^{-0,15} \cdot 0,71 = 2189 = 218,9 \text{ кН};$$

11. Розраховуємо потужність різання за формулою:

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

$$N_p = \frac{218,9 \cdot 104,5}{60 \cdot 1020} = 0,37 \text{ кВт.}$$

12. Визначаємо коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$K_N = \frac{N_P}{N_{\Sigma} \cdot \eta} = \frac{0,37}{2,8 \cdot 0,9} = 0,14$$

Оскільки $K_N \leq 1$, знайдений режим різання можна реалізувати на верстаті 16Б16А.

Для інших переходів цієї операції вибираємо:

- подачу встановлюємо по [14], далі коригуємо подачу за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну, значення заноситься в таблицю;
- швидкість різання встановлюємо по [14] і заносимо значення в таблицю;
- частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{V_i \cdot 1000}{\pi \cdot D_i}, \quad (2.17)$$

де V_i – швидкість різання;

D_i – діаметр і-го переходу.

Далі коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання, значення заноситься в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Параметри режиму різання віх переходів операції 010.

Номер пере- хода	Параметри режимів різання					L, мм	T _о , хв	Вид режиму
	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V, м/хв	i			
1	2,1	0,29	430	135	1	5,8	0,38	Табличний
2	4,8	0,33	399	105	1	136,5	1,036	Розрахунко- вий
3	2,9	0,14	790	152	1	8,5	0,072	Табличний
4	4,6	0,14	640	142	1	101,5	1,08	Табличний

5	1,8	0,14	790	164	1	10,4	0,13	Табличний
6	1,2	0,14	790	152	1	15	0,31	Табличний
7	2,1	0,29	430	132	1	3	0,38	Табличний
8	4,8	0,33	399	105	1	18,5	0,195	Табличний
9	2,5	0,48	430	122	1	4	0,035	Табличний
10	2,9	0,14	790	152	1	32,3	0,29	Табличний
11	1,2	0,14	790	152	1	13,5	0,22	Табличний
12	1,2	0,14	790	164	1	10,4	0,11	Табличний

Розрахунок режимів різання для операції 020 вертикально-фрезерної

Вибираємо горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Т104. Потужність електродвигуна $N_{эл} = 2,2$ кВт, КПД становить $\eta = 0,75$.

Число обертів за хвилину: 63 89 125 177 249 351 495 698 984 1388 1957 2800.

Подача стола, мм/хв: 11,2 16 22 32 45 63 89 126 177 251 354 500.

Глибина різання дорівнює глибині паза, тобто $t = 4$ мм.

При фрезеруванні закритого паза розрізняють осьову подачу і подовжню подачу, мм/хв.

Режим різання при осьовому врізанні

Швидкість різання, м/хв,

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v, \quad (2.18)$$

де $D = 6$ мм – діаметр фрези;

$S_z = 0,006$ мм/хв – осьова подача фрези [1];

$S_z = 0,02$ мм/хв – повздовжня подача фрези [1];

$B = 6$ мм – ширина фрезерування;

$z = 2$ – кількість зубів фрези;

$T=60$ хв – період стійкості фрези [1];

$$C_v=12; q=0,3; x=0,3; y=0,25; u=0; p=0; m=0,26 - [1];$$

де $k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$ - коефіцієнти [1];

$$k_{mv} = k_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{670} \right)^1 = 1,12 - \text{коефіцієнти [1];}$$

$k_{nv} = 1$ – коефіцієнти, що враховують стан поверхні [1];

$k_{uv} = 1$ – коефіцієнти, що враховують стан інструменту [1]

$$k_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

Режим різання при осьовому різанні

Швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{12 \cdot 6^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 6^{0,3} \cdot 0,006^{0,25} \cdot 6^0 \cdot 2^0} \cdot 1,12 = 16,66 \text{ м/хв.}$$

Тоді частота обертання буде становити:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 16,66}{\pi \cdot 6} = 884 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 984$ об/хв.

Сила різання, Н

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp}, \quad (2.19)$$

де $C_p = 68,2$; $x=0,96$; $y=0,72$; $u=1$; $q=0,86$ – коефіцієнти до показників ступенів [1]

k_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу [1]

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{670}{750}\right)^{0,75} = 0,92$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,006^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} 984^0} \cdot 0,92 = 189,24 \text{ Н}$$

Крутний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$, на шпинделі

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{189,24 \cdot 6}{200} = 5,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{эл} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{189,24 \cdot 16,66}{1020 \cdot 60} = 0,05 \text{ кВт}$$

Режим різання при поздовжньому фрезеруванні

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{12 \cdot 6^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 6^{0,3} \cdot 0,02^{0,25} \cdot 6^0 \cdot 2^0} \cdot 1,26 = 12,33 \text{ м/хв}$$

Частота обертання, об/хв

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,33}{\pi \cdot 6} = 654 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 698 \text{ об/хв.}$

Сила різання розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 2}{6^{0,86} \cdot 698^0} \cdot 0,92 = 450,29 \text{ Н}$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{450,29 \cdot 6}{200} = 13,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{эл} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{450,29 \cdot 12,33}{1020 \cdot 60} = 0,09 \text{ кВт.}$$

Розрахунок режимів різання для вертикально-свердлильної операції 025

Вибираємо горизонтально-свердлильний верстат моделі 2М112

Потужність електродвигуна $N_{эл} = 0,6 \text{ кВт}$, КПД $\eta = 0,75$.

Число оборотів шпинделя в хвилину: 450 800 1423 2530 4500.

Подача стола, мм/хв – ручна

Глибина різання:

$$t = 0,5D, \quad (2.20)$$

де D – діаметр отвору, мм:

$$t_1 = 0,5 \cdot 5,5 = 2,75 \text{ мм}$$

$$t_2 = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \text{ мм}$$

Подача:

Для діаметра свердла 4-6 мм [1] приймаємо:

$$S_1 = 0,19 \text{ мм/об.}$$

Для діаметра зенкера до 15 мм [1] приймаємо

$$S_2 = 0,5 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при свердлінні, м/хв,

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot k_v,$$

де S_z - подача свердла [1];

$T=25$ хв – період стійкості фрези [1];

$C_v=7$; $q=0,4$; $y=0,7$; $m=0,2$ – [1];

$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$ - поправочний коефіцієнт:

$$k_{mv} = k_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{670} \right)^{0,9} = 1,12 \text{ - поправочний коефіцієнт [1];}$$

$k_{nv}=1$ – поправочний коефіцієнт [1]

$k_{uv}=1$ – поправочний коефіцієнт [1]

$$k_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

$$V = \frac{12 \cdot 5,5^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,19^{0,7}} \cdot 1,12 = 39,9 \text{ м/хв.}$$

Швидкість різання для розсвердлювання отвору,

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v \quad (2.21)$$

де $S=0,5$ мм/хв – подача при цикуванні;

$T=25$ хв – період стійкості при свердлінні;

$C_v=16,2$; $q=0,4$; $x=0,2$; $y=0,5$; $u=0$; $m=0,2$ – [1];

$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}$ - поправочний коефіцієнт

$$k_{mv} = k_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{670} \right)^{0,9} = 1,12 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_{nv} = 1 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_{uv} = 1 \text{ - поправочний коефіцієнт [1]}$$

$$k_v = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$$

$$V = \frac{16,2 \cdot 9^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 4,5^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} \cdot 1,12 = 28,99 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

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

При свердлінні:

$$n = \frac{1000 \cdot 39,9}{\pi \cdot 5,5} = 2310 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 2530$ об/хв.

При цековці:

$$n = \frac{1000 \cdot 28,99}{\pi \cdot 9} = 1026 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_d = 800$ об/хв.

Сила різання при свердлінні:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (2.22)$$

де $C_p = 68$; $x = 0$; $y = 0,7$; $q = 1$ – коефіцієнт і показники ступеня у формулі осьової сили.

$$k_p = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{670}{750}\right)^{0.75} = 0,92$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 5,5^1 \cdot 0,19^{0,7} \cdot 0,92 = 1075,9 \text{ Н}$$

При розсвердлюванні:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p,$$

де $C_p = 67$; $y = 0,65$; $q = 0$; $x = 1,2$ – коефіцієнт і показники ступеня у формулі осьової сили;

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 1,75^{1,2} \cdot 0,5^{0,62} \cdot 0,92 = 784,2 \text{ Н}$$

Крутний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$, на шпинделі при свердлінні:

$$M = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p, \text{Н} \cdot \text{м}$$

де $C_M = 0,0345$; $x = -$; $y = 0,9$; $q = 2$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі крутного моменту [1]

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5,5^2 \cdot 0,19^{0,9} \cdot 0,92 = 2,15 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

при розсвердлюванні:

$$M = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p,$$

де $C_M = 0,09$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $q = 1$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі крутного моменту [1]

$$M = 10 \cdot 0,09 \cdot 9^1 \cdot 4,5^{0,9} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 0,92 = 7,06 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Потужність різання, кВт:

$$N_{эл} = \frac{M \cdot n}{9750}, \quad (2.23)$$

При свердлінні:

$$N_{эл} = \frac{2,14 \cdot 2530}{9750} = 0,55 \text{ кВт}$$

при розсвердлюванні:

$$N_{эл} = \frac{7,06 \cdot 800}{9750} = 0,57 \text{ кВт}$$

2.9 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу. Нормування полягає у визначенні штучно-калькуляційного часу по формулі:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{н.з.}}{n} + T_{шт}, \quad (2.24)$$

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

n – кількість деталей в настроювальній партії, $n = 192$ шт;

$T_{шт}$ – штучний час, хв, і так само:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{ТЕХ.ОБС} + T_{ОРГ.ОБС} + T_{ОГ}, \quad (2.25)$$

де T_o – основний (машинний) час, хв;

T_B – допоміжний час, хв;

$T_{ТЕХ.ОБС}$ – час на технологічне обслуговування робочого місця, хв; береться в процентному відношенні від оперативного часу – $T_{ОП}$:

$$T_{ОП} = \sum T_o + \sum T_B \quad (2.26)$$

$$T_{ТЕХ.ОБС} = 3,5\% \cdot T_{ОП} \quad (2.27)$$

де $T_{ОРГ.ОБС}$ – час на організаційне обслуговування, хв, і так само:

$$T_{ОРГ.ОБС} = 4,3\% \cdot T_{ОП} \quad (2.28)$$

де $T_{ОГ}$ – час перерв на відпочинок і особисті потреби, хв, і так само:

$$T_{ОГ} = 2,2\% \cdot T_{ОП} \quad (2.29)$$

Технологічне нормування токарно-гвинторізний операції.

Визначаємо підготовчо-заключний час [16]:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.1} + T_{п.з.1}$$

де $T_{п.з.1}$ – час на наладку верстата, інструменту в патроні, $T_{п.з.1} = 7$ хв

$T_{п.з.2}$ – час на перемикання важелем коробки передач, $T_{п.з.2} = 1$ хв

$T_{п.з.3}$ – час на отримання і здачу інструменту після остаточної обробки,

$T_{п.з.3} = 10$ хв.

$$T_{n.3.} = 7 + 1 + 10 = 18 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час

Для точіння і розточування по формулі:

$$T_o = \frac{l + l_{ep} + l_{nep}}{s \cdot n_o}, \quad (2.30)$$

де, l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_{ep} - довжина врізання, мм;

l_{nep} - довжина перебігу, мм.

$$\text{для поверхні 2 } T_o = \frac{135 + 1,5 + 0}{0,33 \cdot 399} = 1,036 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 3 } T_o = \frac{8 + 1,5 + 0}{0,33 \cdot 399} = 0,072 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 4 } T_o = \frac{101 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 632} = 1,08 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 5 } T_o = \frac{10,4 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 632} = 0,13 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 8 } T_o = \frac{18 + 1,5 + 0}{0,25 \cdot 399} = 0,195 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 9 } T_o = \frac{4 + 1,5 + 2}{0,43 \cdot 502} = 0,035 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 10 } T_o = \frac{32,4 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 796} = 0,29 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 12 } T_o = \frac{14 + 1,5 + 2}{0,15 \cdot 1002} = 0,11 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час для підрізання по формулі:

$$T_o = \frac{(D_2 - D_1) + l_{ep} + l_{nep}}{s \cdot n_o}, \quad (2.31)$$

де, D_1, D_2 - діаметри деталей, мм;

l_{ep} - довжина врізання, мм;

$l_{пер}$ - довжина перебігу, мм.

$$\text{для поверхні 1 } T_o = \frac{93 - 59,8 + 1,5 + 2}{0,25 \cdot 399} = 0,38 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 6 } T_o = \frac{63,4 - 35,2 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 632} = 0,31 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 7 } T_o = \frac{93 - 59,8 + 1,5 + 2}{0,25 \cdot 399} = 0,38 \text{ хв}$$

$$\text{для поверхні 11 } T_o = \frac{67,3 - 35,2 + 1,5 + 0}{0,15 \cdot 1002} = 0,22 \text{ хв}$$

$$T_o = \sum T_{oi} = 1,036 + 0,072 + 1,08 + 0,13 + 0,195 + 0,035 + 0,29 + 0,11 + 0,38 + \\ + 0,31 + 0,38 + 0,22 = 4,238 \text{ мин}$$

Визначаємо допоміжний час.

1. Допоміжний час на установку і зняття деталі $t_{уст}$.

Час на установку і зняття деталі вагою 2,88 кг в трьохкулачковому патроні з затискачем без вивірки становить 0,21 хв [15].

2. Допоміжний час, що пов'язаний з переходом $t_{пер}$

Допоміжний час, пов'язане з переходом встановлюється по [15]. Для чорнової обробки з пробними стружками або при установці різця по лімбу час на прохід.

Для установка А і В

Поверхня 1,5,6,10 – $t_{пер}=0,16$ хв

Поверхня 2,3,4,7,8,9,11 – $t_{пер}=0,12$ хв

$$\sum t_{пер} = 4 \cdot 0,16 + 7 \cdot 0,12 = 1,48 \text{ хв}$$

Допоміжний час на контрольні вимірювання $t_{изм}$.

Допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні встановлюється по [15].

Для установка А и Б

Поверхня 1,6 – $t_{изм}=0,08$ хв

Поверхня 2,7,8 – $t_{изм}=0,12$ хв

Поверхня 3,4,5,9,10,11 – $t_{изм}=0,25$ хв

$$\sum t_{изм} = 2 \cdot 0,08 + 3 \cdot 0,12 + 6 \cdot 0,25 = 2,02 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію складе:

$$T_g = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} = 0,21 + 1,48 + 2,02 = 3,71 \text{ хв}$$

За [16] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної, тривалості обробки партії деталей по трудомісткості. При трудомісткості обробки партії деталей в дві зміни цей коефіцієнт дорівнює 1,85.

З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе:

$$T_g \cdot K = 3,71 \cdot 1,85 = 6,86 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 4,238 + 6,86 = 11,098 \text{ хв}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ТЕХ.ОБС} = \frac{3,5 \cdot 11,098}{100} = 0,24 \text{ хв}$$

Визначаємо час на організаційне обслуговування за формулою:

$$T_{ОРГ.ОБС} = \frac{4,3 \cdot 11,098}{100} = 0,47 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок за формулою:

$$T_{ог} = \frac{2,2 \cdot 11,098}{100} = 0,22 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час по формулі:

$$T_{шт} = 4,238 + 6,86 + 0,24 + 0,47 + 0,22 = 11,758$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = \frac{18}{192} + 11,758 = 11,85 \text{ хв}$$

Таблиця 2.14 – Нормування операції токарно-гвинторізної

№ пере- хода	T _о , хв	T _в , хв	T _{оп} , хв	T _{тех.} ОБС, хв	T _{орг.} ОБС, хв	T _{от} , хв	T _{шт} , хв	T _{пз} , хв	T _{ш-к} , хв
1	0,38	3,71	11,098	0,24	0,47	0,22	11,758	18	11,85
2	1,036								
3	0,072								
4	1,08								
5	0,13								
6	0,31								
7	0,38								
8	0,195								
9	0,035								
10	0,29								
11	0,22								
12	0,11								

Технологічне нормування вертикально-фрезерної операції

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{п.з.3} \quad (2.32)$$

де $T_{п.з.1}$ – час на наладку верстата, $T_{п.з.1} = 14$ хв [16];

$T_{п.з.2}$ – час на установку фрези, $T_{п.з.2} = 2$ хв;

$T_{п.з.3}$ – час на отримання і здачу інструменту, $T_{п.з.3} = 7$ хв;

$$T_{п.з.} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час.

Визначаємо основний час для обробки фрезеруванням за формулою:

$$T_o = \frac{l_1 + l_{ep}}{s_{oc} \cdot n_d} + \frac{l_2 + l_{nep}}{s_{np} \cdot n_d}, \quad (2.33)$$

де $l_1 = 4$ – висота паза, мм;

$l_2 = 18$ – довжина паза, мм;

$l_{ep} = 2$ – довжина врізання, мм;

$l_{nep} = 2$ – довжина перебіга, мм.

$$T_o = \frac{4 + 2}{0,006 \cdot 984} + \frac{18 + 2}{0,02 \cdot 698} = 2,45 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час.

1. Допоміжний час на установку і зняття деталі $t_{уст}$.

Час на установку і зняття деталі вагою 2,88 кг в трьохкулачковому патроні з затискачем без вивірки становить 0,21 хв [15].

2. Допоміжний час, що пов'язаний з переходом t_{nep}

Допоміжний час, що пов'язаний з переходом встановлюється по [15] і так само 0,47 хв.

3. Допоміжний час на контрольні вимірювання $t_{узм}$

Допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні встановлюється по [15]. При вимірюванні штангенциркулем час на вимір дорівнює 0,2 хв.

Допоміжний час на операцію складе:

$$T_6 = t_{уст} + t_{nep} + t_{узм} = 0,21 + 0,47 + 0,2 = 0,88 \text{ хв}$$

За [15] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної, тривалості обробки партії деталей по трудомісткості. При трудомісткості обробки партії деталей в дві зміни цей коефіцієнт дорівнює 1,85.

З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе

$$T_6 \cdot K = 0,88 \cdot 1,85 = 1,628 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 2,45 + 1,628 = 4,078 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ТЕХ,ОБС} = \frac{3,5 \cdot 4,078}{100} = 0,14 \text{ хв}$$

Визначаємо час на організаційне обслуговування за формулою:

$$T_{ОРГ,ОБС} = \frac{4,3 \cdot 4,078}{100} = 0,17 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок за формулою:

$$T_{от} = \frac{2,2 \cdot 4,078}{100} = 0,09 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час по формулі:

$$T_{шт} = 2,45 + 1,628 + 0,14 + 0,17 + 0,09 = 4,478$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = \frac{23}{192} + 4,478 = 4,59 \text{ хв}$$

Технологічне нормування вертикально-свердильної операції. Визначаємо підготовчо-заключний час [16]:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.1} + T_{п.з.1},$$

де $T_{п.з.1}$ – час на наладку верстата, $T_{п.з.1} = 9 \text{ хв}$ [16];

$T_{п.з.2}$ – час на установку багатошпindelної головки, $T_{п.з.2} = 20 \text{ хв}$ [16];

$T_{п.з.3}$ – час на отримання, здачу інструменту і пристосувань до початку роботи, $T_{п.з.3} = 5 \text{ хв}$ [16].

$$T_{п.з.} = 9 + 20 + 5 = 34 \text{ хв}$$

Визначаємо основний час.

$$T_0 = \frac{l_{обр} \cdot i}{n \cdot S}$$

де $l_{обр} = l_1 + l_2 + l_3$

l_1 – глибина свердління, мм;

l_2 – довжина врізання інструмента, мм:

$$l_2 = 0,4 \cdot D.$$

де l_3 – довжина перебігаючи інструменту, $l_3 = 2$ мм

Для свердління:

$$l_{обр} = 12 + 2,2 + 2 = 16,2 \text{ мм}$$

i – кількість проходів, $i = 8$

n – частота обертання шпинделя, $n = 2530$ об/хв

S – подача, $S = 0,19$ мм/об.

$$T_0 = \frac{16,2 \cdot 8}{2530 \cdot 0,19} = 0,27 \text{ хв}$$

Для цекування:

$$l_{обр} = 6 + 3,6 + 2 = 11,6 \text{ мм}$$

де i – кількість проходів, $i = 4$;

n – частота обертання шпинделя, $n = 800$ об/хв;

S – подача, $S = 0,5$ мм/об.

$$T_0 = \frac{11,6 \cdot 4}{0,5 \cdot 800} = 0,116 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_0 = 0,27 + 0,116 = 0,386 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час.

1. Допоміжний час на установку і зняття деталі туст

Час на установку і зняття деталі вагою 2,88 кг в одно 0,21 хв [15]

2. Допоміжний час, що пов'язаний з переходом $t_{пер}$

Допоміжний час, що пов'язаний з переходом встановлюється по [15] і так само 0,29 хв.

$$\sum t_{пер} = 2 \cdot 0,29 = 0,58 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію складе:

$$T_{\epsilon} = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм} = 0,21 + 0,58 = 0,79 \text{ хв}$$

За [15] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної, тривалості обробки партії деталей по трудомісткості. При трудомісткості обробки партії деталей в п'ять змін цей коефіцієнт дорівнює 1,85.

З урахуванням поправочного коефіцієнта допоміжний час на операцію складе:

$$T_{\epsilon} \cdot K = 0,79 \cdot 1,85 = 1,46 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 0,386 + 1,46 = 1,846 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ТЕХ.ОБС} = \frac{3,5 \cdot 1,846}{100} = 0,065 \text{ хв}$$

Визначаємо час на технологічне обслуговування за формулою:

$$T_{ОРГ.ОБС} = \frac{4,3 \cdot 1,846}{100} = 0,079 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок за формулою:

$$T_{от} = \frac{2,2 \cdot 1,846}{100} = 0,04 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = 0,386 + 1,46 + 0,065 + 0,079 + 0,05 = 2,04 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш-к} = \frac{34}{192} + 2,04 = 2,22 \text{ хв.}$$

2.10 Проектування верстатного пристрою

Виходячи з існуючого технологічного процесу виготовлення деталі заготовка обробляється на універсальному обладнанні, закріпленої в призмі з ручним приводом. Робочий на даній операції має шостий розряд. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції.

На даній операції утворюється шпонковий паз розмірами 6x4x18 мм.

Точність розміру довжини паза 18 мм – на кресленні не вказується, точність визначаємо по технічних вимогах – квалітет IT12. Числове значення допуску на цей розмір визначаємо по ГОСТ 25346-82 – $T_{18} = 180 \text{ мкм}$.

Точність розміру 6 мм – ширини паза, так само на кресленні не вказується, точність визначаємо по квалітету - IT12. Числове значення допуску на цей розмір визначаємо по ГОСТ 25346-82 – $T_4 = 120 \text{ мкм}$.

Точність форми. Спотворення форми паза характеризується відхиленням від площинності. Допуск площинності на кресленні і в технічних вимогах не вказано, значить його величина повинна знаходитися в межах допуску номінального розміру – довжині більшої сторони паза - 18 мм; а саме $0,6 \cdot T_{18} = 0,6 \cdot 180 = 108 \text{ мкм}$. За ГОСТ 24643-81 визначаємо допуск площинності – 100 мкм, що відповідає 13-ому ступеню точності.

Допуск паралельності на кресленні і в технічних вимогах не вказано, але повинен знаходитися в межах допуску на розмір 6 мм, а саме: $0,6 \cdot T_6 = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ мкм}$. За ГОСТ 24643-81 визначаємо допуск паралельності – 60 мкм, що відповідає 12-ому ступеню точності.

Шорсткість поверхонь указано на кресленні, приймаємо шорсткість – $Ra = 3,2$ мкм по ГОСТ 2789-73.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію.

На дану операцію заготовка надходить попередньо обробленої з припуском 0,1 мм на сторону. Поверхня $\varnothing 80k6$ надходить так само з припуском 0,1 мм. Маса заготовки становить 2,2 кг. Матеріал – сталь 40Х ГОСТ4543-71. Заготовка являє собою тіло обертання, цілком жорстка, оброблюваність цілком задовільна. Є досить розвинені поверхні, прийняті за базові, до яких можна віднести циліндричну поверхню ($\varnothing 80,2$ мм) і правий торець (рис. 2.14). Уточнимо точнісні параметри поверхонь, які можуть бути базовими.

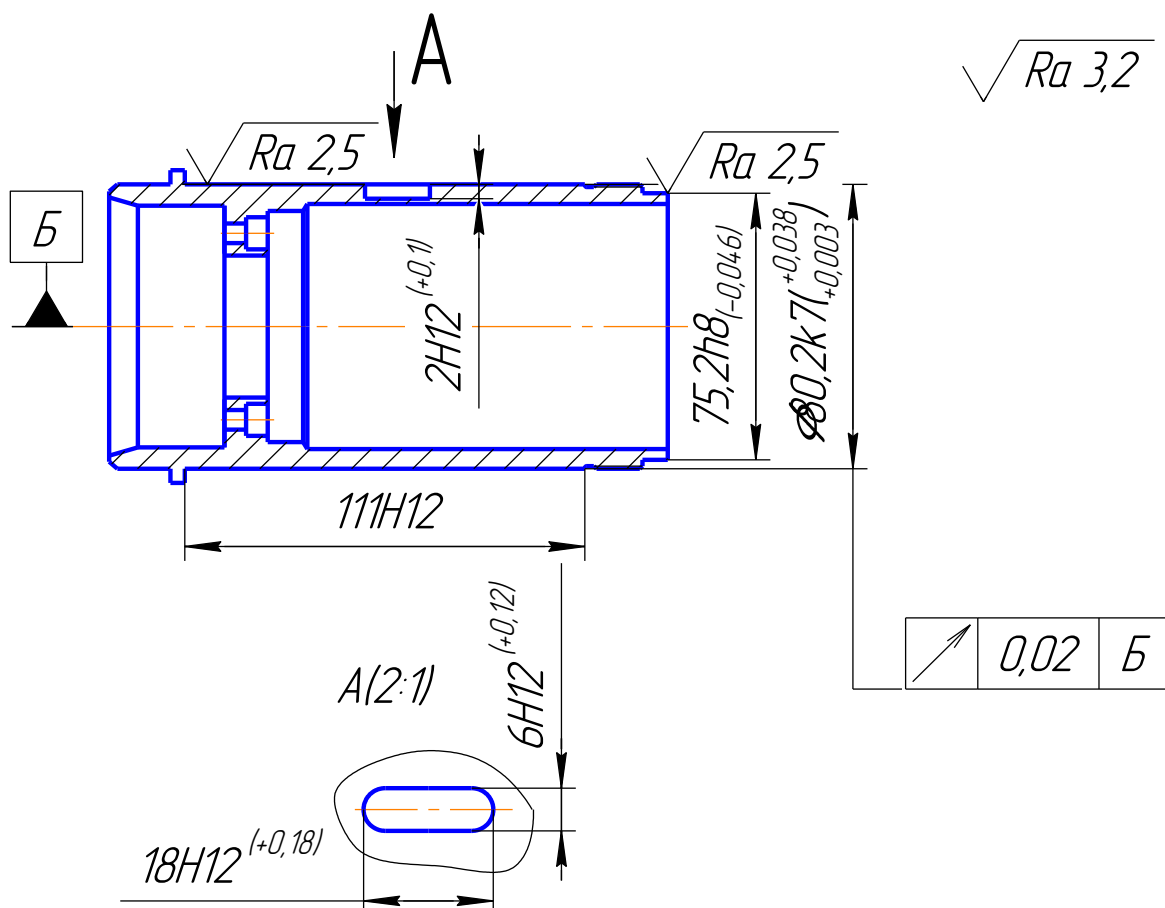


Рисунок 2.14 – Операційний ескіз заготовки.

Точність розташування поверхонь.

Діаметр зовнішньої циліндричної поверхні після чистового точіння дорівнює 80,2 мм, так як на кресленні проставлені значення і точність цього діаметра після кругло-шліфувальній операції – Ø80k6, після чистового точіння допуск діаметрального розміру - Ø80,2 мм буде по якості K7 – допуск $T_{80,2} = 35$ мкм по ГОСТ 25346-82, це дозволяє виконати розмітку паза – 4 мм без похибки.

Розмір 75,2 мм – торцевої поверхні, отриманий після чистового точіння. Він має квалітет h8, допуск визначається по ГОСТ 25346-82 - $T_{75,2} = 46$ мкм.

Відношення $L/d = 111/80,2 = 1,38 \geq 1$. Це дозволяє використовувати її в якості технологічної бази - подвійний направляючої.

Точність форми.

Оскільки допуск циліндричності і круглості не обумовлено в технічних вимогах і в кресленні, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір, а саме $0,3 \cdot T_{80,2} = 0,3 \cdot 35 = 11$ мкм. За ГОСТ 25643-81 допуск дорівнює 10 мкм, що відповідає 6-го ступеню точності.

Відхилення від площинності торця не вказується на кресленні і в технічних вимогах. Так само встановлюється – $0,3 \cdot T_{75,2} = 0,3 \cdot 46 = 13,8$ мкм. За ГОСТ 25643-8, допуск дорівнює 12 мкм, що відповідає 7 ступеню точності.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення.

Вибір головної базової поверхні

З усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на головну базову поверхню може претендувати тільки одна – Ø80,2 мм. Вона оброблена з точністю IT7, $T_{80,2} = 35$ мкм. Співвідношення довжини до діаметру становить 1,38, шорсткість поверхні $Ra = 2,5$ мкм. Застосування цієї поверхні в якості базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Циліндрична поверхня Ø80,2k7 мм, буде прийнята в якості головної базової та позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи, тобто є подвійною направляючою базою.

Вибір опорної бази

Функції опорної бази в рівній мірі можуть виконувати два торця.

Визначимо похибку базування за першим варіантом.

Похибка базування виглядає наступним чином: $T_{155} = 400\text{мкм}$ (за ГОСТ 25346-82); $E_{\sigma_{66}} = T_{155} = 400\text{мкм}$.

Похибка базування $E_{\sigma_{66}}$ значно перевершує допуск на $T_{66} = 300\text{ мкм}$, що не допустимо.

Визначимо похибку базування на точнісні параметри за другим варіантом.

$E_{\sigma_{66}} = 0$; $T_{66} = 300\text{мкм}$ (за ГОСТ 25346-82);

Тут похибка базування $E_{\sigma_{66}}$ на розмір 66 мм відсутня. Тому вибираємо другу схему базування.

Точнісні параметри базових поверхонь, визначені у пункті 3, можна порівняти з точнісних оброблюваних параметрів, що забезпечують виконання точнісних вимог, пред'явлених до обробки втулки.

Остаточо аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків.

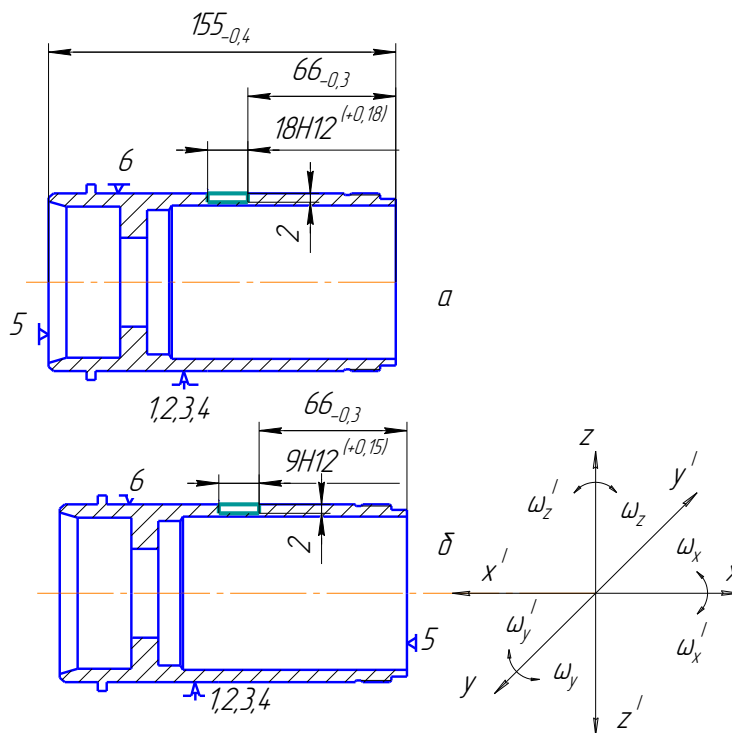


Рисунок 2.15 – Варіанти базування: а - перший варіант; б - другий варіант.

Таблиця 2.15 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку	x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω_x'	ω_y	ω_y'	ω_z	ω_z'
Реакція	R		R	R	R	R			R	R	R	R

З таблиці видно, що на заготовку накладено дев'ять односторонніх зв'язків.

Побудова функціональної структури і загальної компоновки пристрою

З набору функцій виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо-заклучний час. Функції 8, 11 прямого впливу на штучний час не роблять.

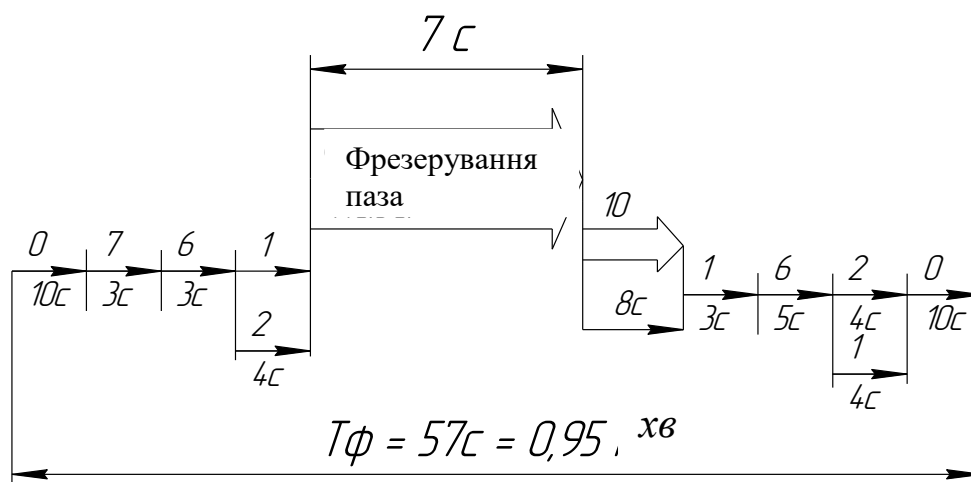


Рисунок 2.16 – Схема послідовної реалізації функцій

Аналіз структури полів сил, що обурюють і полів врівноважують сил.

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

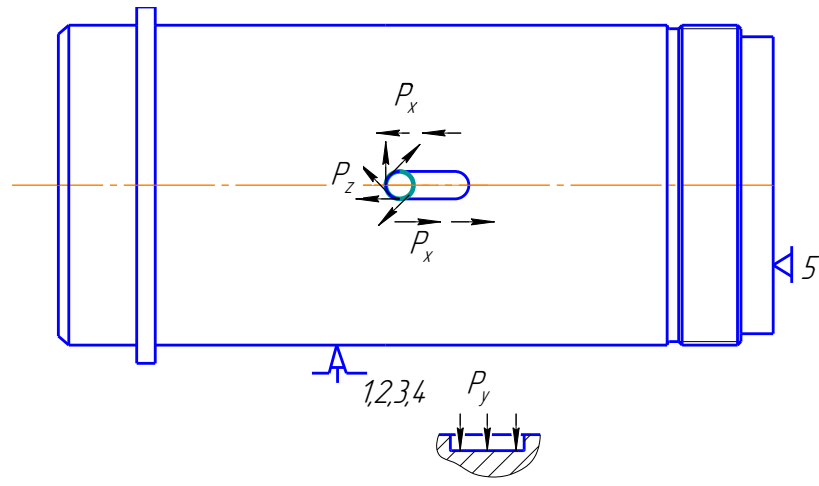


Рисунок 2.17 – Структура поля сил, що обурюють за складовими P_x , P_y , P_z

З рисунка 2.17 видно, що складова P_x поля сил, що обурюють врівноважується реакцією R_x . Решта складових поля сил, що обурюють невірноважені і вимагають програми додаткових сил закріплення. При такій схемі базування слід визнати раціональним застосування призми, які створять поле врівноважують сил, представлене на рисунку 2.18.

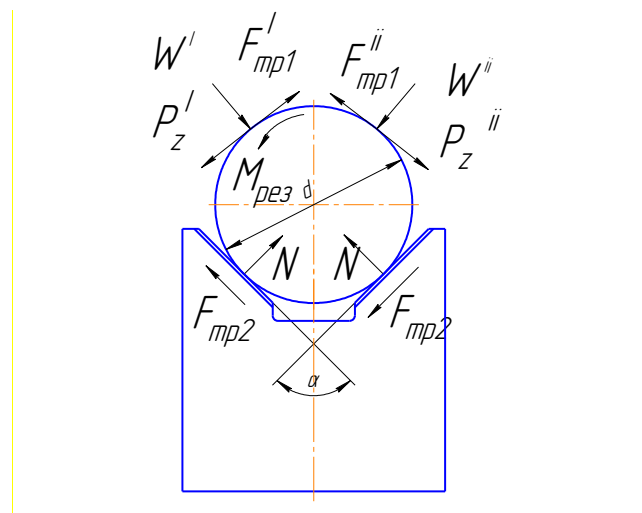


Рисунок 2.18 - Структура поля призначені врівноважити сил, створювана затискним механізмом

Величину сумарного зусилля закріплення необхідно вважати з наступних умов:

- умови непроворота від сили P_z :

$$W = \frac{\kappa \cdot M_{pez}}{f_1 \cdot r + f_2 \cdot r \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}},$$

де κ – коефіцієнт запасу закріплення; $\kappa = 4$.

f – коефіцієнт тертя,

$f_1 = 0,25$ – коефіцієнт тертя в місці контакту заготовки з опорами;

$f_2 = 0,7$ – коефіцієнт тертя заготовки з елементами затискного механізму, що має на робочих поверхнях рифлення.

$\alpha = 90^\circ$ – кут між сторонами призми.

- умови нерухомості заготовки:

$$W = \frac{k \cdot P_x}{f_1 + f_2 \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}}, \quad (2.34)$$

Недоліком прийнятого способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення.

Оскільки гідропривід верстата гарантує сталість зусилля закріплення, а вплив неоднорідності шорсткості бази можна знехтувати, то приймаємо похибки закріплення на діаметральні розміри рівні нулю.

У зв'язку з тим, що заготовка досить жорстка, можна не побоюватися відхилень розмірів, форми і розташування її поверхонь при закріпленні в пристрої.

Розрахунок сил закріплення

Головна складова сили різання - окружна сила розрахована в розділі $M_{врз} = 13500 \text{ Н}\cdot\text{мм}$.

Тоді за формулою 2.34:

$$W = \frac{4 \cdot 13500}{0,25 \cdot 16 + 0,7 \cdot 16 \cdot \frac{1}{\sin 90/2}} = 1940 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умова незрушення заготовки: при цьому $= 0,006 \text{ мм/хв}$ – осьова подача фрези. Сила різання різання розрахована в розділі і дорівнює $P_x = 189,24 \text{ Н}$

Тоді за формулою 2.34:

$$W = \frac{4 \cdot 189,24}{0,25 + 0,7 \cdot \frac{1}{\sin 90/2}} = 1034,6 \text{ Н.}$$

Приймаємо більше значення сили закріплення.

Розрахунок деталі на зріз

Для розрахунку на зріз приймається деталь-палець $d10$. Матеріал деталі - Сталь 40Х. Для того, щоб палець не зрізало, необхідне виконання умови $\tau_p \leq [\tau_p]$

$$[\tau_{cp}] = [0,6 \cdot \sigma] \quad (2.35)$$

$$\sigma = \frac{\sigma_m}{n} = \frac{520}{3} = 173 \text{ Н/мм}^2 ,$$

$$[\tau_{cp}] = [0,6 \cdot 173] = 104 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\tau_{cp}] = 104 \text{ Н/мм}^2 .$$

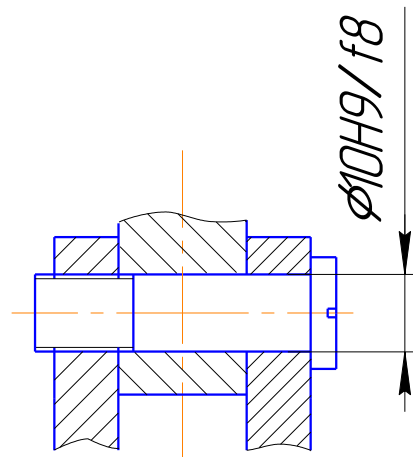


Рисунок 2.18 – Ескіз пальця

З умови міцності пальця на зріз визначимо площа зріза S_{cp} :

$$\tau_{cp} = \frac{F}{2S_{cp}} \leq [\tau_{cp}] \quad (2.36)$$

Отримаємо:

$$S_{cp} = \frac{F}{2[\tau_{cp}]} = \frac{1940}{2 \cdot 104} = 9,33 \text{ мм}^2 .$$

Визначаємо допустимий діаметр:

$$S_{cp} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.37)$$

Звідси із формули 2.37 виражаємо d :

$$d = \sqrt{\frac{4S_{cp}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,33}{3,14}} \approx 3,7 \text{ мм.}$$

Так як $3,7 < 10$, то дані умови для пальця прийнятні.

Вибір і розрахунок приводу

Визначаємо зусилля на штоку гідроприводу:

$$Q = \frac{a}{b} \cdot W ,$$

де: a, b – передавальні плечі лапи: $a = 54$ мм, $b = 36$ мм.

$$Q = \frac{54}{36} \cdot 1940 = 2910 \text{ Н.}$$

Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P}}$$

де: P – тиск в гідроциліндрі, приймаємо $P = 7,5$ МПа;

Тоді:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2910}{3,14 \cdot 7,5 \cdot 10^6}} = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D = 50$ мм – діаметр циліндра, $d = 25$ мм – діаметр штока

Точнісі розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою полягають у перетворенні інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точності вимоги до пристрою.

У нашому випадку до розрахунковим параметрам слід віднести точність взаємного розташування основних і допоміжних конструкторських баз пристрою, зокрема:

1) Для виконання допуску співвісності паза $T = 40$ мкм необхідно забезпечити паралельність направляючих призм, прийнявши при цьому похибка позиціонування рівну $E_{поз} = 0$ мкм. Так як деталь обробляється без зміни позиції:

$$E_{np} \leq T_{\ddot{z}} - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_{\delta})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{II}^2 + E_{II}^2 + (K_{T2} \cdot \omega_6)^2 + E_{поз}^2},$$

де $K_T = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливі відступи від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1} = 0,8$ – коефіцієнт, що приймається до уваги, коли похибка базування не дорівнює «0»;

$E_{\delta} = 0$ – похибка базування;

$E_3 = 0$ мкм – похибка закріплення заготовки з урахуванням неоднорідності бази заготовки;

$E_y = 0$ – похибка установки пристрою на верстаті;

$E_{II} = 0$ – похибка перекосу інструменту;

E_{II} – похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів визначається за формулою:

$$E_u = \beta \cdot N^n$$

$$E_u = 0,3 \cdot 1600^{0,6} \approx 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}$$

де $\omega_6 = 11$ мкм – середня економічна точність обробки;

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

$E_{поз} = 0$ мкм – похибка позиціонування.

$$E_{np} = 40 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 25^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 11)^2 + 0^2} = 9 \text{ мкм.};$$

2) Для виконання допуску на розмір глибини паза $T_{76,2} = 300$ мкм необхідно забезпечити паралельність настановної бази пристрою з віссю валика. При цьому похибка базування при установці в призмах складе:

$$E_B = \frac{T_{76,2}}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) = \frac{300}{2} \left(\frac{1}{\sin 90/2} - 1 \right) = 62 \text{ мкм.}$$

$$E_{np} = 300 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 62)^2 + 0^2 + 14^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 11)^2 + 0^2} = 233 \text{ мкм.}$$

Опис пристрою и принцип дії пристрою.

Пристрій являє собою призму 2, оснащену двома гідроциліндрами 1, які кріпляться за допомогою болтів з T-подібними головками на столі вертикально - фрезерного верстата. Базовою деталлю пристрою є плита 4, на якій за допомогою штифтів 16 і гвинтів 12 з шайбами 14 кріпиться призма 2. Привід пристрою – гідроциліндр 1, кріпиться до плити за допомогою вушка 8, приєднаної до плити гвинтом 11 і штифтом 15. До штоку гідроциліндра 1 приєднаний важіль 3, нерухомий кінець якого закріплений в отворі призми гвинтом. Для забезпечення центрування пристрою на столі верстата є шпонки 9 установчі, які закріплюються гвинтом 10. Для підведення робочої рідини до гідроциліндрів використовується штуцер 6.

Деталь укладається на установчі елементи призми 2. Робочий переводить рукоятку гидрораспределителя в положення «вкл». При цьому робоча рідина через штуцер 6 надходить в безштокові порожнину гідроциліндра 1. Шток гідроциліндра переміщається вгору, важіль 3 повертається навколо гвинта спеціального і затискає деталь. Потім проводиться механічна обробка деталі.

При розкріплення деталі робочий переводить рукоятку гидрораспределителя в положення «викл». Під дією пружини вмонтованою в гідроциліндр 1 шток гідроциліндра опускається вниз, переміщаючи важіль 3 в неробочий стан. За допомогою підйомного пристрою втулка установча знімається з пристрою.

2.11 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі втулка установча у якості заготовки була прийнята штамповка, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Виконано аналіз схем базування та закріплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

Спроектований верстатний пристрій для фрезерної операції, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу. Також на основі розрахунків виконано комплект технологічної документації.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Тема наукового дослідження: підвищення ефективності процесу точіння за рахунок застосування спеціального верстатного пристрою та використання різального інструменту з надтвердих матеріалів.

Для інтенсифікації механічного оброблення можна використати два шляхи:

- підвищення режимів різання;
- зменшення допоміжного часу між переустановленнями.

Технології механічної обробки – невід’ємна частина промислового виробництва, використання можливостей, якої безперервно розширюється. Знання основних закономірностей процесів, що мають місце в зоні обробки, з урахуванням принципів технологічного забезпечення якості та технологічної спадковості, дозволяє використовувати в деталях машин сучасні конструкційні матеріали з високими потенційними властивостями, формувати в поверхневому шарі деталей необхідний стан, забезпечуючи тим самим їх експлуатаційні властивості.

Для цього, перш за все, потрібно розглядати проблему створення різальних інструментів і процесів механічної обробки як актуальне завдання сучасного матеріалознавства. Для лезової обробки деталей з матеріалів високої твердості (загартованих сталей, чавунів, наплавлених і напилених твердих покриттів) ефективно застосування різців, оснащених полікристалічними надтвердими матеріалами на основі кубічного нітриду бору (ПКНБ). Така технологія отримала назву «тверде точіння». У порівнянні зі шліфуванням воно забезпечує підвищення продуктивності обробки в 3-4 рази. Підвищення режимів різання є досить дієвим варіантом, проте при шліфуванні також виділяється значна кількість теплоти, що приводить до виникнення прижогів заготовки та, як наслідок, втрати точності та якості поверхневого шару. Тому використання різального інструменту на основі кубічного нітриду бору (ПКНБ) не тільки дозволить підвищити режимі різання, а дозволить отримати точну та якісну поверхню деталі [20].

Зменшення допоміжного часу між переустановленнями. можливо за рахунок

використання спеціального верстатного пристрою на чистових токарних операціях.

Враховуючи розширення технологічних можливостей сучасних верстатів, їх високу вартість та необхідність здійснення великої кількості переналагоджень при переході до обробки деталей іншого типорозміру, стрімкого розвитку набуває інтенсифікація виробництва. Інтенсифікація передбачає скорочення підготовчо-заклучного та допоміжного часу, а також можливості багатокординатної обробки деталей за один установ, що повинно забезпечуватись саме конструкцією верстатного пристрою, що повинно давати максимальну інструментальну доступність до усіх оброблюваних поверхонь.

У дослідженні використовуються системи комп'ютерного проектування та моделювання (CAD/CAE). У моделі задавались нестационарні умови, подібно до реального процесу різання, та виконувався модальний аналіз з метою виявлення оптимальної конструкції верстатного пристрою для токарної операції.

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) виконувалось для визначення оптимальних розмірів ВП, які будуть задовольняти всім точнісним параметрам для обробки деталі. При цьому визначались похибки при обробці, що виникають у результаті деформацій елементів верстатного пристрою та виконувалось порівняння їх з допустимими значеннями на відповідній операції механічної обробки для деталі втулка установча. Допустимі значення похибок обмежуються допусками згідно з кресленням деталі «Втулка установча». Також дослідження НДС пристрою передбачає перевірку на міцність, виявлення концентраторів напружень та елементів, де напруження більші, ніж допустимі для конкретного матеріалу, та при їх наявності удосконалення конструкції. На даному етапі досліджень виконувалась перевірка еквівалентних напружень, які виникають у місцях контакту між установлювально-затискними елементами та заготовкою у результаті дії сил закріплення та силових факторів процесу різання (сили різання та моменти), а також умови за допустимими напруженнями для деталей із конкре-

тних матеріалів. Для цього поряд з вирішенням задачі з визначення НДС вирішувалась контактна задача. Механічні властивості матеріалів, які використовуються у моделі, наведено у табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалів заготовки та елементів верстатного пристрою

Матеріал	Модуль пружності E , ГПа	Коефіцієнт Пуассона μ	Густина ρ , кг/м ³	Границя міцності при розтягуванні $[\sigma_{\text{раст}}]$, ГПа	Границя міцності при стисненні $[\sigma_{\text{сж}}]$, ГПа	Границя текучості σ_t , ГПа
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	200	0,3	7850	0,980	0,980	0,785
Сталь 45 ГОСТ 1050-88 (термооброблена)	200	0,3	7850	0,950	0,950	0,726

Першим етапом при вирішенні задачі наукового дослідження було розроблення скінченноелементної розрахункової моделі верстатного пристрою (рис. 3.1).

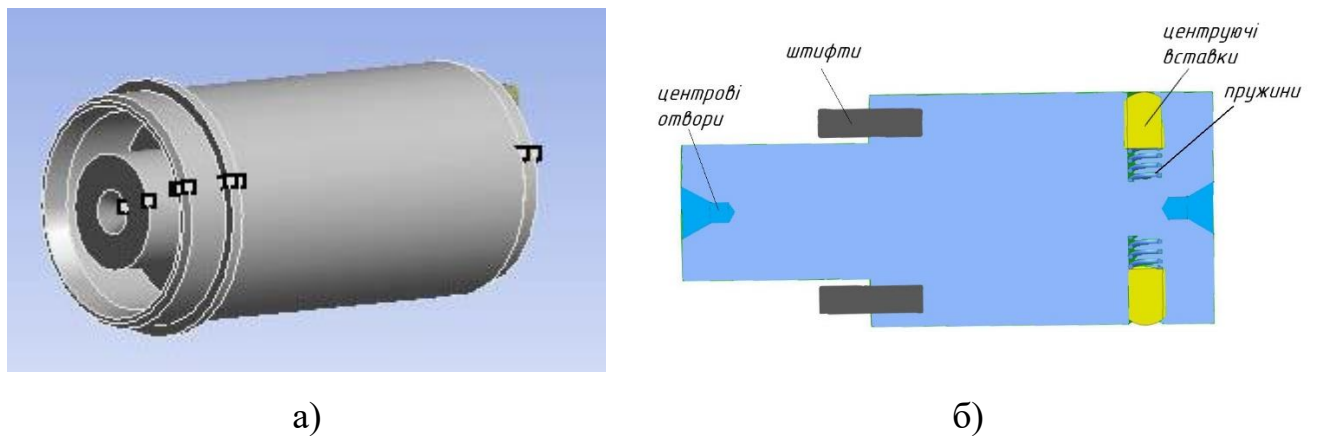


Рисунок 3.1 – Спроектований верстатний пристрій для токарної обробки:

а) з установленою втулкою; б) осьовий переріз верстатного пристрою

Установча втулка встановлюється на корпус пристрою і центрується за допомогою спеціальних вставок і пружин, потім встановлюється на центри верстата, що контактують з центровими отворами корпусу пристрою. Крутний момент зі шпинделя та центру передається до пристрою та втулки. Кінематичні та силові граничні умови моделі пристрою відповідають реальним схемам закріплення із зовнішнім навантаженням та задавалися жорстким закріпленням по торцю пристрою, що еквівалентно встановленню в елементи верстата.

Усі елементи верстатного пристрою жорстко зв'язані між собою, а на поверхнях, які зв'язані одна з одною за рахунок дії сил тертя, встановлена можливість переміщення з відповідним коефіцієнтом тертя між цими поверхнями. Можливі переміщення елементів із зазначенням типу контактів і характеристик контактних пар, а також коефіцієнтів тертя [14] між елементами.

За допомогою розрахункового комплексу ANSYS [31, 32] отримані результати переміщень та напружень, що виникають у конкретних деталях та в місцях їх контакту. Значення максимальних еквівалентних напружень, визначених за IV гіпотезою міцності Мізеса [43, 44], та максимальних переміщень, що виникли при моделюванні процесу механічної обробки зі сталі 40X наведені у табл. 3.2. Як приклад, ілюстрації зі скінчено елементною сіткою, розрахунковими схемами навантажень, переміщеннями та напруженнями при обробці втулки наведені нижче.

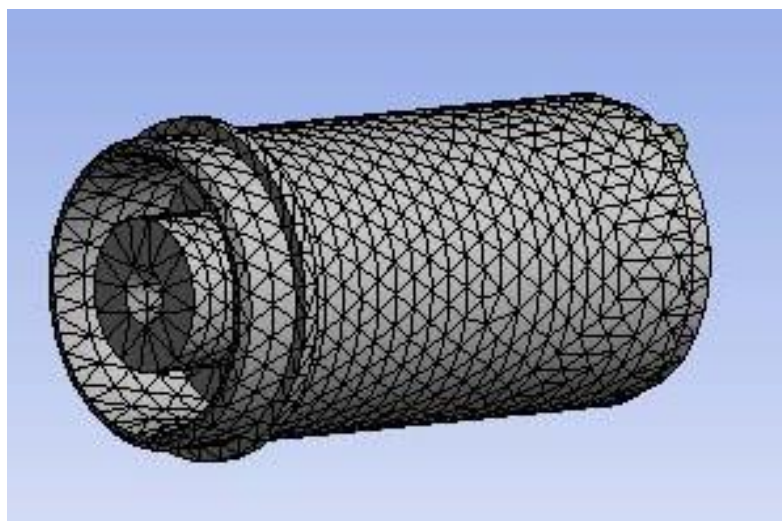


Рисунок 3.2 – Верстатний пристрій та втулка зі скінчено елементною сіткою

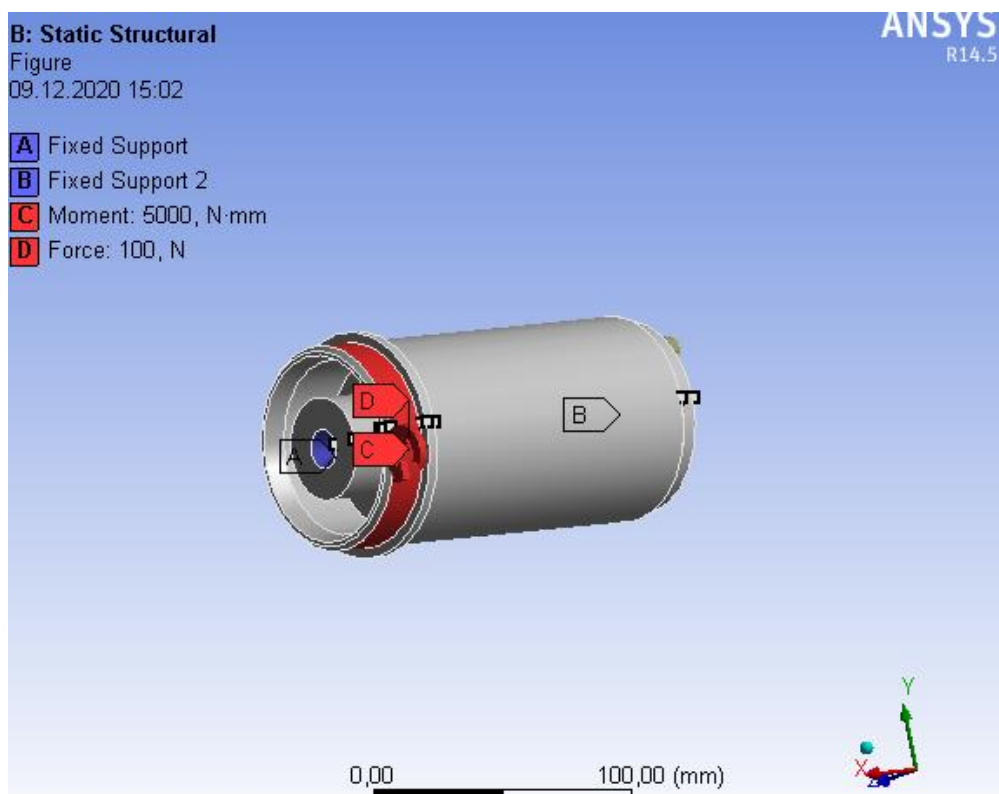


Рисунок 3.3 – Схема прикладення навантажень від сил закріплення та сил різання

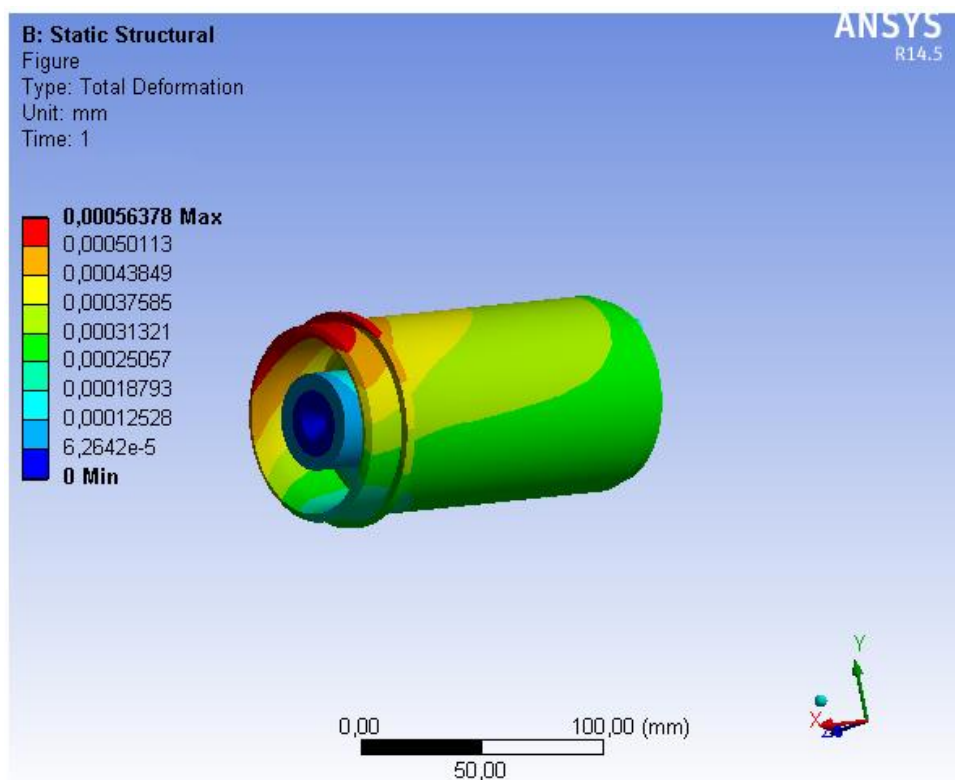


Рисунок 3.4 – Переміщення елементів системи «пристрій-деталь»

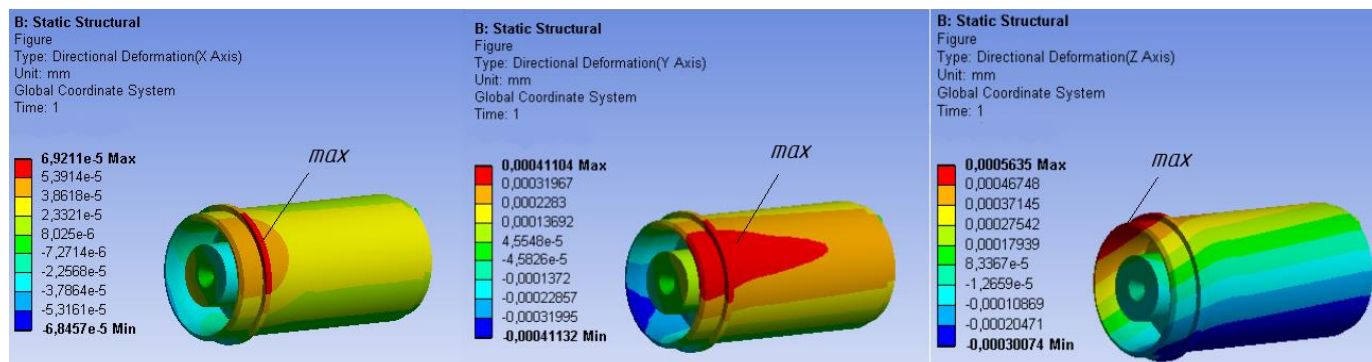


Рисунок 3.5 – Переміщення елементів системи «пристрій-деталь»
в напрямку осей X, Y, Z

Таблиця 3.2 – Результати чисельного моделювання у програмному комплексі ANSYS для розробленого верстатного пристрою

Технологічний перехід	Максимальні переміщення, мм	Допустимі переміщення, мм,*	Максимальні напруження, МПа	Допустимі напруження, МПа
Тонке точіння Ø80k6 мм	0,0005	0,023	2,23	650

*згідно допуску T(Ø80k6) = 23 мкм

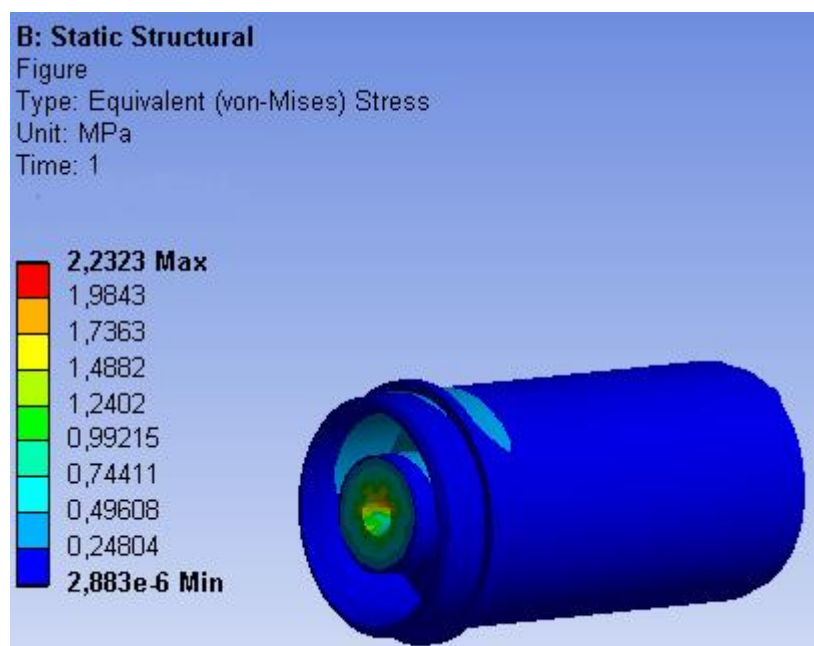


Рисунок 3.6 – Напруження елементів системи «пристрій-заготовка»

Для запобігання виникнення явища резонансу в процесі механічної обробки установчої втулки на чистовій операції точіння необхідно, щоб частота власних коливань елементів верстатного пристрою не співпадала з частотою процесу різання. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є призначення інших режимів різання [45]. Для цього за допомогою вбудованого модуля у програмному комплексі ANSYS визначаються частоти власних коливань запропонованого верстатного пристрою та порівнюються з частотами, що виникають у процесі механічної обробки (табл. 3.3). Результати цього аналізу за необхідності дозволяють відлаштуватися від резонансу. Рисунки з виглядом форм власних коливань для досліджуваної системи «пристрій – деталь» наведені на рис. 3.7 – 3.9.

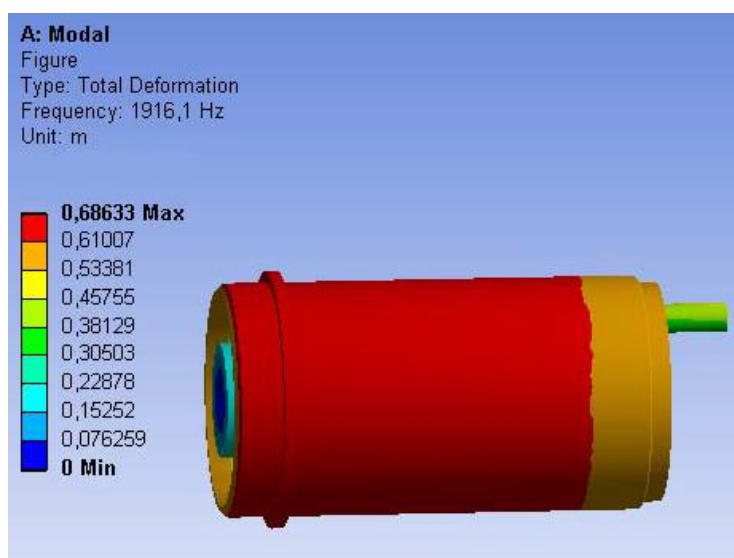


Рисунок 3.7 – Ілюстрація 1-шої критичної частоти системи «пристрій-деталь»

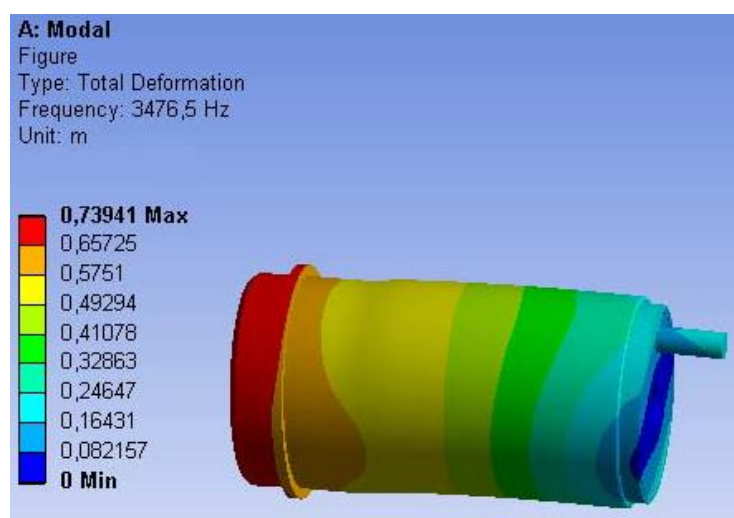


Рисунок 3.8 – Ілюстрація 2-гої критичної частоти системи «пристрій-деталь»

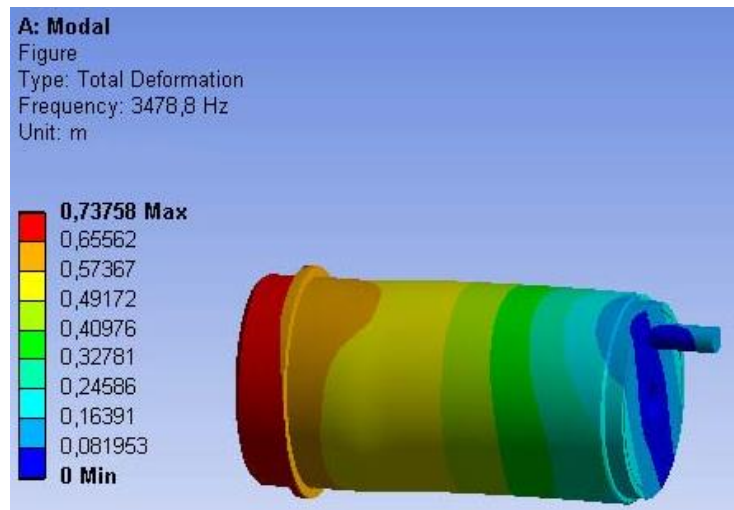


Рисунок 3.9 – Ілюстрація 3-ої критичної частоти системи «пристрій-деталь»

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця власних частот, які виникають у процесі токарної обробки втулки

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота, Гц	Частота процесу різання, Гц
1916,	3476,5	3478,8	1393

Із табл. 3.3 видно, що для запропонованої конструкції верстатного пристрою резонансу не виникає, оскільки перша критична частота власних коливань пристрою набагато вища за максимальну частоту процесу точіння. Для розрахунків обирався рекомендований режим оброблення ($V=350$ м/хв, $i=1$) інструментальним матеріалом CBN200 (на основі кубічного нітриду бору) ромбічною пластиною для оброблення легованих сталей.

Результати модального аналізу дозволяють висунути гіпотезу, що динамічна жорсткість запропонованого верстатного пристрою оптимізованої конструкції буде достатньою для проведення механічної обробки (тонкого точіння) без виникнення резонансних режимів.

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення втулки установчої 32.08.154-06.00.06 шляхом інтенсифікації процесу точіння надтвердими матеріалами.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЕСТП.

При аналізі технічних вимог були описані властивості сталі 40Х, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором.

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний і надана його характеристика.

В якості заготовки була прийнята штамповка, так як найбільш вигідна за розрахунками. Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою розрахунково-аналітичного методу на зовнішню циліндричну поверхню.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з числовим програмним керуванням, а також заміна шліфувальної операції на тонке точіння.

Спроектований верстатний пристрій для фрезерування паза.

У розділі «Науково-дослідна частина» були розглянуті питання інтенсифікації процесу точіння за рахунок спроектованого верстатного пристрою та використанням різального інструменту, оснащеного пластинами з кубічного нітриду бору, що дозволило здійснити обробку за один прохід та підвищити швидкість різання.

До операції токарна з ЧПК та фрезерна розроблені карти операційного налагодження.

У додатку «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок освітлення в цеху виготовлення втулок установчих та ін..

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. - 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва.: Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст]: в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. Колев Н. С. Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.
9. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.
11. Дунаев И. М. Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.

12. Штейнберг Б. И. Справочник молодого инженера конструктора [Текст] : Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.

13. Цейтлин Я. М. Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст] : Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

14. Євтухов В. Г. Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст] : / В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.

15. Чумаков Г. С. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков. – Харьков, ХПИ, 1990. – 56 с.

16. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.

17. Юдин Е. Я. Охрана в машиностроении [Текст] : Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К.— М: Машиностроение, 1983. - 432 с.

18. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.

19. Бабаков А. А. Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.

20. 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.

21. Иванова Т. Н. Повышение эффективности торцового алмазного шлифования пластин из труднообрабатываемых сталей на основе изменения температурно-силовых условий процесса: дис. докт. техн. наук: 05.02.08, 05.02.07 /

Иванова Татьяна Николаевна. - Чайковский: - 2014. - 418 с.

22. Иванова Т. Н. Кинематика формообразования при торцовом планетарном шлифовании / Т. Н. Иванова // Известия Челябинского научного центра, 2006. - Вып. 1 (31). - С. 31 - 36.

23. Интегрированные процессы обработки материалов резанием Учебник [для высших учебных заведений] / [А. И. Грабченко, В. А. Залого, Ю. Н. Внуков и др.]; под общ. ред. А. И. Грабченко и В. А. Залого. - Сумы: Университетская книга, 2017. - 451 с.

24. Исаев А. И. Микрогеометрия поверхности при токарной обработке / А. И. Исаев. - М.: - Л.: Изд-во АН СССР, 1950. - 108 с.

25. Исследование зависимости абразивной способности алмазов марки АСБ от их микротвердости / [Н. З. Шишков, А. С. Семенова-Тян-Шанская, М. С. Пивоваров, А. И. Голенко] // - Сб. «Алмазы», 1971. - Вып. 8. - С. 1 - 3.

26. Исследование износостойкости карандашей из природных и синтетических алмазов при правке шлифовальных кругов из эльбора / [Х. А. Ахундзянов, М. С. Друй, В. В. Авакян, А. Д. Перова, В. Б. Кудряшова] // - Сб. «Алмазы», 1971. - Вып. 12. - С. 7 - 8.

27. Кадомцев С. Б. Аналитическая геометрия и линейная алгебра / С. Б. Кадомцев - М.-ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 160 с

28. Калафатова Л. П. Технологічні основи підвищення ефективності обробки та забезпечення якості виробів із технічних стекол і ситалів: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.02.08 «Технологія машинобудування» / Л. П. Калафатова. - Харків: - 2001. - 35 с.

29. Кальченко В. И. Повышение производительности и точности шлифования со скрещающимися осями эльборового круга и ступенчатого валика / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба, Д. В. Кальченко // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. - Вып. 80. - С. 131 - 141.

30. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента

/ П. Г. Кацев. - М.: Машиностроение, 1974. - 231 с.

31. Киндрук М. КОМПАС-3Б У10 на 100 % / М. Киндрук. - Питер: Санкт-Петербург, 2009. ISBN 978-5-388-00375-1. - 559 с.

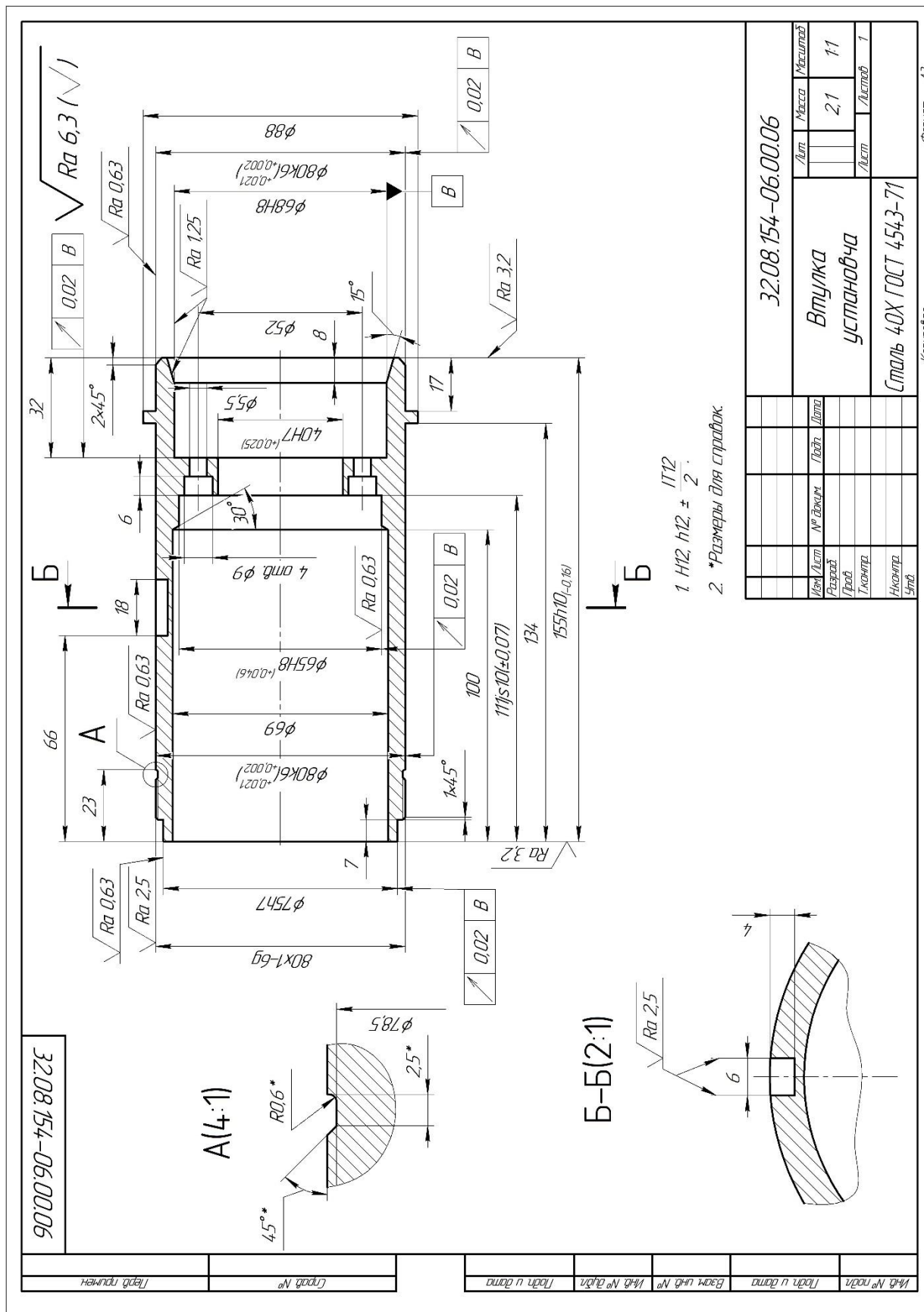
32. Киселев Е. С. Научные основы и технология применения смазочно-охлаждающих технологических средств при механической обработке: сборник учебно-исследовательских лабораторных работ / Е. С. Киселев, В. Н. Ковальногов. - Ульяновск: УлГТУ, 2008. - С. 50 - 55.

33. Киселев Е. С. Теплофизический анализ концентрированных операций шлифования / Е. С. Киселев, В. Н. Ковальногов. - Ульяновск: УлГТУ, 2002. - 140 с.

34. Козакова Н. В. Определение рациональных характеристик алмазных кругов путем 3D моделирования процессов их изготовления и шлифования сверхтвердых материалов: дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Козакова Наталья Витальевна. - Харьков, 2004. - 210 с.

35. Мазур Н. П. Основы теории резания материалов: учебник для высш. учебн. заведений / [Н. П. Мазур, Ю. Н. Внуков, А. И. Грабченко и др.] // под. общ. ред. Н. П. Мазура и А. И. Грабченко. - 2-е изд., перераб. и дополн. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. - 534 с.

ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



32.08.154-06.00.06

Лист № докум.	Лист № докум.	Лист № докум.	Лист № докум.	Лист № докум.	Лист № докум.
1	1	1	1	1	1

32.08.154-06.00.06	
Втулка	21
установочная	11
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	

Формат А3

Копировать

ДОДАТОК Б

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Б.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де може виготовлятися деталь втулка установча або іншого цеху.

Даний аналіз проводимо з використанням нормативних правових актів, до яких відносяться:

- стандарти системи безпеки (ССБТ);
- будівельні норми і правила (СНиП);
- санітарні норми і правила (Санпін);
- міжгалузеві правила по охороні праці;
- галузеві правила з охорони праці;
- міжгалузеві і галузеві організаційно-методичні документи (положення, методичні вказівки, рекомендації);
- типові галузеві інструкції з охорони праці;
- інструкції з безпеки.

Технологічний процес обробки деталі «Втулка установча» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 320 м². При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м, а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 40 м, ширина – 8 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;

- фрезерні верстати;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомоделювальний. Обладнання розставлено за групою ознакою.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери, виготовлені відповідно до ГОСТ 14861-91. Згідно ГОСТу контейнери використовуються для заготовок і деталей: Тара1-1-100-80-50-1.

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, координатно-розточувальних верстатах проводиться в стандартних умовах – 3-х кулачкових патронах і лещатах відповідно. Крім того на координатно-розточний і багатоцільовий операції, застосовуються для установки та закріплення заготовок спеціальні пристрої з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При встановленні заготовки в пристрої застосовується кран-балка вантажопідйомністю $Q=1$ т. Ця ж кран-балка застосовується для установки пристроїв на верстаті. Маса пристрою на операції до 30 кг. На контрольній операції використовується спеціальне пристрій масою 30 кг встановлення якого також здійснюється за допомогою кран-балки.

Ріжучий інструмент застосовується в основному стандартний, але є й спеціальні різці, використовувані на токарних і розточувальних операціях. На токарних операціях інструмент здійснює зворотно-поступальний рух, а при фрезеруванні - обертальний рух. При контролі на робочому місці і столі ВТК в якості вимірювального інструменту застосовується стандартний – шкальний та граничний інструмент.

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);

- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
 - можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
 - можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;
 - руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантажень гранично допустимих значень;
 - розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).
- замикання електричного ланцюга на металеві нетоковедущие частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежної безпеки приміщення проектованого ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.
- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці;
 - контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;
 - контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;
 - контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок, інструментів,

що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;

- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;
- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;
- запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні МОР.

Як МОР при обробці заготовок на ділянці використовується 5% розчин «Аквол-2». До її складу входять ПАР з додаванням мінеральних масел та інгібіторів корозії. Дана СОЖ має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. МОР відноситься до 4-му класу небезпеки.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої важкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

При обробці деталей, матеріалом яких є в'язка сталь, утворюється зливна стружка на токарних операціях і елементна стружка при фрезеруванні. На чорнових операціях при обробці по кірці утворюється пил від окалини з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. На робочому місці забирається стружка з устаткування з допомогою гачка і шляхом змітання за допомогою щіток. Навколо устаткування і робочого місця забирається стружка допоміжними робітниками в контейнери, які потім транспортуються у відведене місце в цеху для подальшого вивезення.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої тяжкості, категорія II-б. Категорія зорових робіт по ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу кільце сепараторне виконаємо порів-

няння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях Б.1 та Б.2.

Відповідно до вимог техніки безпеки, викладеними в стандартах ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки» в магістерській роботі передбачається комплекс таких заходів:

Таблиця Б.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості Пб	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості Пб	27	29	15	15	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

Таблиця Б.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості Пб	20	19	18	14	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості Пб	22	25	20	20	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

- для запобігання контакту робочого з рухомими частинами обладнання, передбачити відповідно до застосування додаткових захисних пристроїв, відповідних вимогам. Це, зокрема, додаткові огороження, що закривають рухомі частини обладнання (супорт, стіл, інструментальний магазин верстата);

- для забезпечення безпечного руху наземного транспорту транспортні шляхи встановлюються відповідно до СНиП 2.05.02-85 і повинні відповідати вимогам;

- для запобігання падінню заготовки при установці і знятті її з верстата розробити схему стропування;

- при транспортуванні тари, розробити маршрут переміщення і розташувати його на видному місці;

- відповідно до в комплекті до верстатного обладнання передбачити запобіжні пристрої (запобіжні патрони, оправки), що захищають від перевантаження, здатної викликати поломку інструменту і травмування працюючих;

- відповідно до в комплекті до пристрою з гідроприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;

- для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);

- для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;

- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);

- для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;

- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати ЗОР;

- для зменшення рівня шумів на робочому місці передбачити раціональну розстановку устаткування, що враховує фактор спрямованості, рекомендувати для облицювання стін і стель використовувати шумопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, уникати по можливості переривчастого різання;

- для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції виробничого обладнання передбачити виконання всіх вимог по вібраційній безпеці. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;

- для недопущення перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря.

Б.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення

Необхідно визначити ефективність природнього освітлення в цеху. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 320 м². При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 40 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота × ширина), м – 2×4;

Кількість вікон – 10 шт.

Висота від підлоги до вікна – 2,0 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь $r_{\text{ср}} = 0,4$.

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України, e_H^{IV} , визначаємо за формулою:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c \quad (\text{Б.1})$$

де e_H^{III} - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28-2006.

Для верстатників у цеху, в якому виконуються роботи IV розряду (середньої точності), для бокового верхнього освітлення $e_H^{III} = 1,5\%$.

m - коефіцієнт світлового клімату (для України $m = 0,9$);

c - коефіцієнт сонячності (для м. Суми $c = 0,8$).

$$e_H^{III} = 1,5\% \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,08\%$$

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_o \cdot t_o \cdot r_1}{S_n \cdot n_o \cdot K_3 \cdot K_{30}} \quad (\text{Б.2})$$

де S_o - площа усіх вікон у приміщенні, м²;

$$S_o = 2 \cdot 4 \cdot 10 = 80 \text{ м}^2;$$

S_n - площа підлоги в приміщенні, м²;

$$S_n = 40 \cdot 8 = 320 \text{ м}^2;$$

t_0 - загальний коефіцієнт світлопропускання віконного проєма; для заданих умов $t_0 = 0,5$;

r_1 - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення $r_1 = 1,2$;

n_0 - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної: $40/8=5$ та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна до верху вікна рівної : $8/4=2$ значення світлової характеристики $n_0 = 13$.

$K_{зд}$ – коефіцієнт який враховує затемнення вікон будинками, що розташовані навпроти. При їх відсутності $K_{зд} = 1$.

K_3 – коефіцієнт запасу, знаходиться в межах $1,3 \div 1,5$.

Прийmemo середє $K_3 = 1,4$.

$$e_\phi = \frac{100 \cdot 80 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{320 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,57\%$$

При порівнянні фактичного КПО $e_\phi = 0,57\%$ з нормативним $e_n^{IV} = 1,08\%$ приходимо до висновку, що природнє освітлення в цеху не ефективне. Для поліпшення освітлення у цеху пропонується пофарбувати стіни у білий колір та встановити додатково штучні джерела освітлення, які необхідно розрахувати.

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 10.

Кількість ламп у світильнику – 1.

Значення розрахункової освітленості, лм, знайдемо за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку за формулою:

$$F_n = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n_H \cdot N \cdot n} \quad (\text{Б.3})$$

Розрахункова освітленість повинна задовольняти умовам нормативної величини і складає для ламп розжарювання не менше 50 лк. Знайдемо мінімально необхідний світловий потік лампи:

$$F_{л\min} = \frac{50 \cdot 320 \cdot 1,75 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 10 \cdot 1} = 1550(\text{лм})$$

де n_H – коефіцієнт використання світлового потоку; $n_H = 0,4 \div 0,6$ (приймаємо середнє значення 0,5);

N – кількість світильників, шт.;

n – число ламп у світильнику, шт.;

S – площа приміщення, м². $S = 320$ м²;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5 \div 2$ (приймаємо середнє значення 1,75);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для ламп розжарювання – 1,15.

Фактична освітленість визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} \cdot n_H \cdot N \cdot n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (\text{Б.4})$$

За нормативами обираємо найближче більше значення $F_{л} = 2000$ лм при потужності 150 Вт для ламп розжарювання.

$$E_{\phi} = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1}{320 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 64,95(\text{лк})$$

Задану кількість світильників необхідно розміщувати рівномірно по площі приміщення, по можливості за сторонами квадрата, виконуючи умови:

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (\text{Б.5})$$

де H_p – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(\text{м});$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(\text{м});$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (\text{Б.6})$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(\text{м})$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення $E_\phi = 64,95$ лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006 $E_H=50$ лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) – стан, при якому в результаті виникнення джерела надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза життю і здоров'ю, завдається шкода населенню, народному господарству, навколишньому природному середовищу.

За характером джерел виникнення НС діляться на:

- а) природні явища і процеси;
- б) техногенні промислові аварії і катастрофи (радіаційні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні пригоди на транспорті або транспортні аварії;
- г) інфекційні хвороби людей (епідемії);

д) криміногенні.

Осередком ураження - називається територія з розташованими на ній будівлями, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які постраждали від руйнування або зараження в результаті виникнення НС.

Безпека в НС - стан захищеності населення.

Захищеність в НС - стан, при якому запобігають, долають або гранично знижують негативні наслідки виникнення потенційних небезпек при НС для людей.

Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз людей з небезпечної зони, тобто евакуація.

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, вказуються дії по евакуації, як при загрозі так і при виникненні НС.

Питання евакуації для вивчення включаються в тематику занять робітниками і службовцями в системі цивільної оборони.

З урахуванням аналізу визначається вид евакуації, проводиться розрахунок службовців і робітників, встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва, намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення.

Керівник об'єктової комісії з НС приймає одне з рішень:

- а) провести евакуацію всередині цеху;
- б) вивести персонал за межі об'єкта;
- в) застосувати комбінований метод.

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газовмісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На проєктованій ділянці повинен бути передбачений план евакуації.

У цеху повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння:

- а) ящики з піском;
- б) пожежні відра;
- в) лопати;
- г) пожежний інструмент (лом, сокира);
- д) вогнегасники.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 планування будівель і споруд повинні забезпечувати швидку евакуацію людей у разі виникнення пожежі.

Б.4 Висновки

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Втулка установча» та визначені шляхи щодо їх усунення.
2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Втулка установча», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях.
3. Визначено заходи в разі виникнення НС.