

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**

(код та назва)

освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: **Удосконалення технологічного процесу виготовлення**

вала ведучого АН20.006.101-01 шляхом оптимізації

конструкції верстатного пристрою для фрезерно-центрувальної операції.

Здобувача групи **ТМ.м-21**

(шифр групи)

Рябка Дмитра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дмитро РЯБКО

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

канд. техн. наук, ст. викладач Анна НЕШТА

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант

з питань охо-

рони праці

ст. викладач, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, канд. техн. наук, доцент Олександр ІВЧЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

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

Інститут, факультет	факультет технічних систем і енергоефективних технологій
Кафедра	технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-науковий рівень	другий (магістерський) (назва)
Спеціальність	131 – прикладна механіка (шифр і назва)
Освітня програма	технології машинобудування (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технологій
машинобудування, верстатів
та інструментів

Віталій
ІВАНОВ

« ___ » _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) ЗДОБУВАЧА**

Рябко Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення технологічного процесу

виготовлення вала ведучого АН20.006.101-01 шляхом оптимізації
конструкції верстатного пристрою для фрезерно-центрувальної операції»

керівник проекту Нешта Анна Олександрівна канд. техн. наук, старший викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» грудня 2023 року за №1401-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) «20» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

Креслення деталі «Вал ведучий АН20.006.101-01».

Типовий технологічний процес виготовлення деталі вал ведучий.

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

1. Виконати аналіз первинної інформації про деталь.
2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.
3. Проєктування верстатного пристрою для фрезерно-центрувальної операції.
4. Розглянути питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	1. Аналіз первинної інформації про деталь	01.10.2023	
2	2. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	15.10.2023	
3	3. Розроблення верстатного пристрою	01.11.2023	
4	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.12.2023	
5	Формулювання загальних висновків	10.12.2023	
6	Підготовка доповіді	12.12.2023	
7	Підготовка презентації	12.12.2023	
8	Оформлення роботи	14.12.2023	

Здобувач

_____ (підпис)

Дмитро РЯБКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Анна НЕШТА

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 83 сторінках, включає 18 рисунків, 9 таблиць, бібліографії із 28 джерел.

При виконанні механічної обробки деталей типу вал трудомістким є оброблення торців на фрезерно-центрувальній операції. Підвищення продуктивності можливо за рахунок зменшення кількості проходів, що у свою чергу призводить до необхідності збільшення глибини різання. Тому сили різання зростають, що часто супроводжується можливою появою вібрацій. Через це необхідно застосувати спеціальний верстатний пристрій достатньої жорсткості, але при цьому бути з достатніми габаритами і не використовувати надлишковий матеріал. Торцеві фрези є високопродуктивним інструментом, які дозволяють швидко проводити знімання шарів матеріалу навіть на необробленій поверхні заготовки, проте для цього необхідно забезпечити достатню жорсткість.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення вала ведучого АН20.006.101-01 шляхом оптимізації конструкції верстатного пристрою для фрезерно-центрувальної операції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення вала ведучого.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для установлення вала ведучого на фрезерно-центрувальній операції.

Наукова новизна: за допомогою методик проведення інженерного та оптимізаційного аналізів та досліджень розроблено, оптимізовано та теоретично перевірено конструкцію спеціального верстатного пристрою для оброблення торців на фрезерно-центрувальній операції. Встановлено величини напружень та переміщень, а також частоти власних коливань чисельними методами.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ ВЕДУЧИЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ФРЕЗА.

ABSTRACT

The explanatory note is made on 83 pages, includes 18 drawings, 9 tables, bibliography from 28 sources.

When performing mechanical processing of parts such as shafts, processing of the ends in a milling and centering operation is time-consuming. An increase in productivity is possible due to a reduction in the number of passes, which in turn leads to the need to increase the depth of cutting. Therefore, the cutting forces increase, which is often accompanied by the possible appearance of vibrations. Because of this, it is necessary to use a special machine tool of sufficient rigidity, but at the same time be of sufficient dimensions and not use excess material. End mills are high-performance tools that allow you to quickly remove layers of material even on the raw surface of the workpiece, but for this it is necessary to ensure sufficient rigidity.

The purpose of this work is improvement of the manufacturing process of the drive shaft AN20.006.101-01 by optimizing the design of the machine tool for milling and centering operation.

The object of research: technological process of processing the drive shaft.

The subject of the study: a fixture for setting the drive shaft in a milling and centering operation.

Scientific novelty: with the help of methods of conducting engineering and optimization analyzes and researches, the design of a special machine tool for processing ends in a milling and centering operation was developed, optimized and theoretically verified. The magnitudes of stresses and displacements, as well as the frequency of natural oscillations, were determined by numerical methods.

TECHNOLOGICAL PROCESS, DRIVE SHAFT, CUTTING MODE, optimization, milling.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	8
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	8
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	10
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва.....	11
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	13
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	14
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі.....	16
Розділ 2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	17
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	17
2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	20
2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	21
2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	23
2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	25
2.6 Розрахунок режимів різання	26
2.7 Проектування засобів технологічного оснащення	31
Розділ 3 Наукове дослідження	44
3.1. Аналіз стану досліджень у галузі розроблення верстатних пристроїв.....	44
3.2 Розроблення 3d – моделі конструкції верстатного пристрою та його інженерне дослідження методом скінчено-елементного аналізу	46
3.3 Висновок	55
Висновки	56
Список джерел посилань	57
Додаток А Креслення деталі	61

Додаток Б Результати розрахунку типу виробництва	62
Додаток В Розрахунок розмірів заготовки	63
Додаток Г Специфікація на верстатний пристрій.....	65
Додаток Д Креслення заготовки	67
Додаток Е Креслення маршрутного технологічного процесу	68
Додаток Ж Креслення операційного налагодження.....	69
Додаток К Креслення верстатного пристрою	70
Додаток Л Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	71
Л.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Шнек, що подає»	71
Л.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення.....	77
Л.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	81
Л.4 Висновки.....	82

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудування є однією з найважливіших галузей промисловості. Її продукція – машини різного призначення – постачаються всім галузям народного господарства. Темпи переозброєння їх новою технікою значною мірою залежить від рівня розвитку машинобудування. Перехід машинобудування на нові методи управління, застосування нових досягнень та розробок науки, впровадження наукомістких технологій та розширення номенклатури виробів призведе до підвищення рівня усіх суміжних галузей промисловості.

Технічний прогрес у машинобудуванні характеризується як поліпшенням конструкцій машин, а й безперервним удосконаленням технології їх виробництва. Важливо якісно та в задані терміни виготовити машину з мінімальними витратами матеріалів, енергії, живої та уречевленої праці. У технології машинобудування вирішуються завдання з усіх технологічних переділів – від отримання заготовлі до приймання зібраних виробів. Однак велика увага приділяється кінцевим етапам виробництва – механічній обробці заготовок та збиранню машин. Ці процеси найбільш трудомісткі (80-90% всієї трудомісткості виготовлення виробів) та взаємопов'язані між собою; вони є визначальними у всьому циклі виробництва машин. Перед технологами та конструкторами машинобудування стоять завдання підвищення якості машин, зниження трудомісткості, собівартості та матеріаломісткості, впровадження потокових методів роботи, механізації та автоматизації виробництва, а також скорочення термінів підготовки виробництва нових об'єктів. Тому найбільш важливими напрямками розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні стали інтенсифікація технологічних процесів на основі застосування різальних інструментів з нових інструментальних матеріалів, підвищення розмірної та геометричної точності, що досягається при обробці, розширення сфери застосування обладнання з ЧПК, створення повністю автоматизованих систем проектування, управління та підготовки виробництва.

Неухильне розширення галузі застосування гідравлічних насосів та вдосконалення виробництва насосів вимагають від сучасного інженера-машинобудівника

теоретичних знань та практичних навичок, для раціонального проектування, виготовлення насосів та використання виробленої ними гідравлічної енергії.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення вала ведучого АН20.006.101-01 шляхом оптимізації конструкції верстатного пристрою для фрезерно-центрувальної операції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення вала ведучого.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для установлення вала ведучого на фрезерно-центрувальній операції.

Наукова новизна: за допомогою методик проведення інженерного та оптимізаційного аналізів та досліджень розроблено, оптимізовано та теоретично перевірено конструкцію спеціального верстатного пристрою для оброблення торців на фрезерно-центрувальній операції. Встановлено величини напружень та переміщень, а також частоти власних коливань чисельними методами.

Методи дослідження. Результати роботи базуються на теоретичних основах технології машинобудування, теорії різання, різального інструменту, чисельного моделювання. Також у роботі використовувались комп'ютерне моделювання в середовищі SolidWorks.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Немає.

Публікації. Немає.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 83 сторінки, у тому числі 18 рисунків, 9 таблиць, бібліографії із 28 джерел на трьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Метою даного розділу магістерської роботи є аналіз технологічної операції виготовлення деталі «Вал ведучий» АН20.006.101-01, що входить до складу «Лебідки ручної» А356.14.83-17, яка входить до складу утилізатора тепла УТЛ-6/115 (рис. 1.1). Утилізатор тепла УТЛ-6/115 призначений для використання тепла вихлопних газів агрегату ГПА-Ц1-16Л з метою теплопостачання КС та зовнішніх споживачів – прилеглих житлових селищ, сільськогосподарських об'єктів. Утилізатор застосовується на компресорних станціях обладнаних агрегатами типу ГПА-Ц1-16Л. Утилізатор виготовляється у кліматичному виконанні УХЛ категорії розміщення 1 за ГОСТ 15150-69 та забезпечує працездатність при температурі навколишнього середовища від мінус 55°С до плюс 40°С.

Утилізатор тепла УТЛ-6/115 складається з камери утилізатора, дифузора, теплообмінних секцій, трубопроводної обв'язки та майданчиків обслуговування. Трубопроводна обв'язка утилізатора включає трубопроводи підведення і відведення теплоносія, трубопроводи зливу з теплообмінників, трубопроводи зливу з запобіжних клапанів і відведення повітря з теплообмінників. Для проведення регламентних робіт встановлення обладнання майданчиками обслуговування із огорожами. Доступ на майданчики обслуговування здійснюється сходами.

Принцип роботи утилізатора заснований на передачі тепла газів приводного приводного двигуна агрегату теплоносія. Теплоносій подається зі стаціонарної мережі трубопроводами до теплообмінників і після підігріву в них надходить у стаціонарну мережу до споживачів тепла. У камері утилізатора монтуються дві теплообмінні секції. Лебідка ручна призначена для викочування вантажів з відсіків компресорів, для викочування та заковчування теплообмінника з камери утилізатор при ремонтних та монтажних роботах.

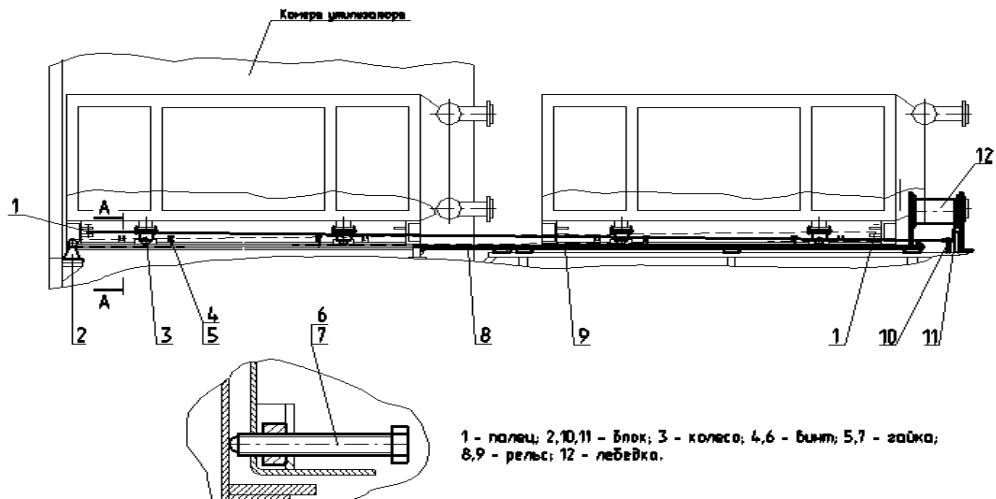


Рисунок 1.1 – Ескіз утилізатора УТЛ-6/115

Деталь «Вал ведучий» АН20.006.101-01 (рис. 1.2) є частиною «Лебідки ручної» і призначена для передачі моменту, що крутить, на барабан через зубчасте колесо. У деталі є такі конструктивні елементи: - зуби (поз.7) передачі крутного моменту на барабан; - шпонковий паз (поз.10), що служить для встановлення шпонки, яка перешкоджає зсуву храпового колеса; - канавка (поз.11), що служить для встановлення стопорного кільця, яке приховує зсув храпового колеса; - квадрати (поз.1), службовці для обертання повороту ручки.

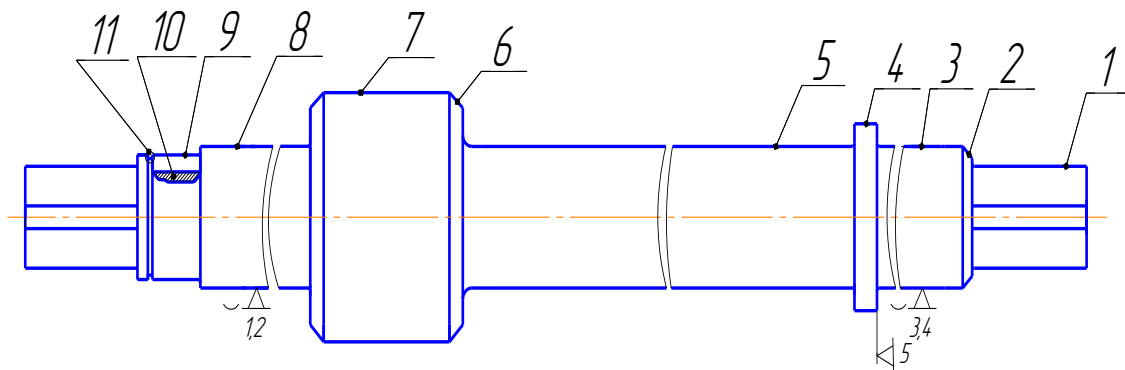


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі з нумерацією поверхонь

При закріпленні даної деталі у вузлі вона позбавляється 5 ступенів вільності, оскільки мають місце подвійна напрямна та опорна бази. Подвійна напрямна база виникає при закріпленні деталі в підшипники ковзання, а опорна при затисканні її стопорним кільцем. Вільними поверхнями є 2,4,5,6,10,11. Деталь та виріб, також як компресор в цілому експлуатуються в помірних умовах у діапазоні температур від -25 до $+50^{\circ}\text{C}$. Сама деталь та виріб під час роботи створюють шум на рівні $60\div 70$ Дб.

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

Деталь «Вал ведучий» відноситься до деталей типу вал. Деталь «Вал ведучий» є частиною «Лебідки ручної» і призначена для передачі моменту на барабан через зубчасте колесо. У деталі є такі конструктивні елементи:

- зуби для передачі крутного моменту на барабан;
- шпонковий паз, що служить для встановлення стопорного кільця, що перешкоджає зсуву храпового колеса;
- канавка, що служить для встановлення стопорного кільця, що перешкоджає зсуву храпового колеса;
- квадрати, що служать для обертання ручки, що приєднується до валу.

Матеріал деталі – сталь 45. Дані про фізико-механічні властивості наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні властивості сталі 45

Матеріал	$\sigma_s, \text{МПа}$	$\psi, \%$	Твердість, НВ	Хімічний склад, %					
				С	Si	Mn	Cr	S	P
Сталь 45	700	40	170-179	0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	$\leq 0,25$	$\leq 0,04$	$\leq 0,035$

Матеріал деталі сталь 45 конструктор вибрав правильно, оскільки даний матеріал деталі дозволяє виконувати свої безпосередні функції. Простановку розмірів на деталі вважаю правильною відповідно до вимог ЕСКД, тому що їх можна легко вважати і через різницю довжини валу та однієї з циліндричних поверхонь можна визначити іншу.

Поверхні d25f8 (рис. 1.3) є основними конструкторськими базами. Тому конструктор проставив такі високі вимоги до шорсткості, а саме шорсткість за критерієм $Ra=0,4$ мкм, а також жорсткий допуск радіального биття 0,06 мм. Ці поверхні контактують по посадці із зазором. Поверхня d22h7 (рис. 1.3) є допоміжною конструкторською базою для стопорного колеса. Тому конструктор поставив вимоги до шорсткості за критерієм $Ra = 0,8$ мкм. Так як ці поверхні

контактують по посадці із зазором, внаслідок чого тертя має бути мінімальним, щоб зменшити знос. Поверхня d_{44} (рис. 1.3) є виступами зубів шестерні та має шорсткість за критерієм $Ra = 1,6$ мкм і допуск радіального биття $0,08$ мм, що також не випадково. При дотику цих поверхонь виникає тертя і зношування і тому на кресленні деталі конструктор поставив саме таку шорсткість.

На кресленні деталі вказані такі технічні вимоги:

1. Гр II НВ 269-302 ГОСТ 8479-70, яке позначає групу поковки та твердість, яку необхідно забезпечити.

2. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, h14; IT14/2 вказує на те, що всі неказані граничні відхилення розмірів вказані за 14 кваліфікацією точності.

В цілому ж креслення виконане за усіма вимогами ЄСКД, на кресленні досить видів і перерізів для представлення форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

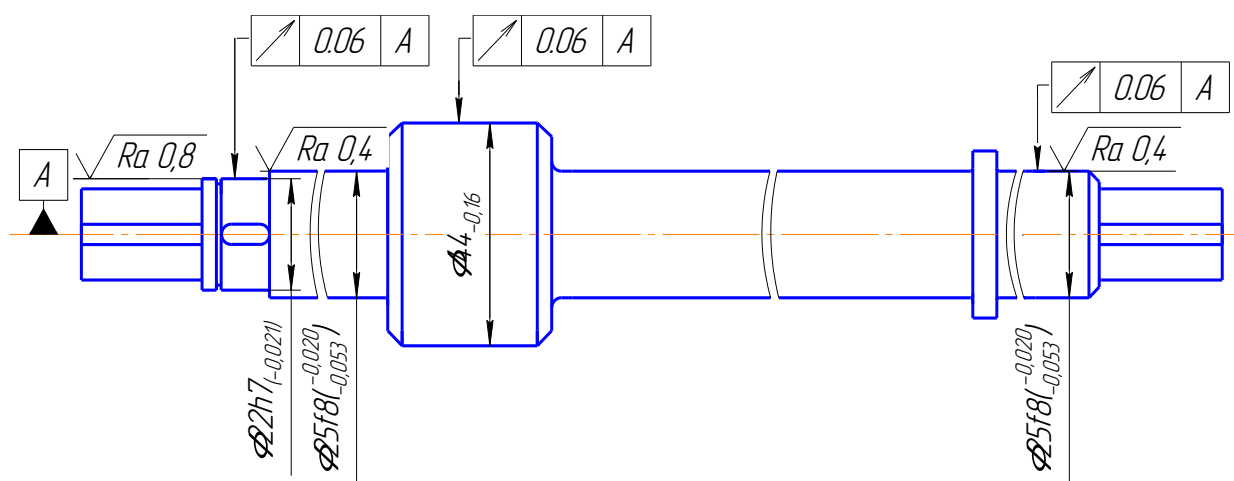


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі Вал ведучий АН20.006.101-01

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$.

Виконаємо розрахунок $K_{з.о.}$ програмним методом за допомогою ЕОМ, використовуючи у якості вхідних даних норми часу по виготовленню деталі із

базового технологічного процесу на відповідних операціях (табл. 1.2). В таблиці час вказано лише на механічні операції. Річний обсяг випуку – 2000 штук.

Таблиця 1.1 – Технологічний процес виготовлення деталі Вал ведучий

Номер операції	Найменування операції	Штучно-калькуляційний час, хв
030	Токарно – гвинторізна	40
045	Токарно – гвинторізна	20
050	Вертикально-фрезерна	20
060	Горизонтально-фрезерна	20
065	Вертикально-фрезерна	20
070	Круглошліфувальна	30
075	Токарно – гвинторізна	20
100	Круглошліфувальна	30
105	Токарно – гвинторізна	20

За результатами розрахунку, які наведені в додатку Б, Кз.о. = 29, що говорить про те, що тип виробництва дрібносерійний, і раціонально обрати форму організації робіт – групову.

Цій формі організації робіт характерні особливості, а саме заготовки обробляються невеликими партіями, заготовки - в основному кування і лиття в піщано-глинисті форми (рідко точне лиття і штампування). Устаткування використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПК. Устаткування розставляються по технологічним групам. Різальний та вимірювальний інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

В даному пункті будемо розглядати оцінку технологічності деталі «Вал ведучий» АН20.006.101-01 саме в контексті майбутнього наукового дослідження, а саме оброблення торців на фрезерно-уцентрувальній операції, тому розглянемо стандартні пункти аналізу технологічності, які стосуються саме цього питання:

Деталь вал ведучий відноситься до деталей типу вал. Габарити деталі – діаметр 44 мм та довжина 428 мм. Деталь не жорстка, оскільки відношення довжини до діаметру більше 9,73 разів, тому при встановленні деталі в центрах необхідно використовувати люнет. За матеріалом деталь вал-шестерня технологічна, оскільки зроблена зі сталі 45, яка є однією з найбільш поширених і добре обробляється різанням. Проблеми з постачанням матеріалу не виникне, оскільки сталь 45 має матеріали-замінники, такі як сталь 40, сталь 40Х, сталь 50, сталь 50Г2 і т.д.

Геометрична форма всіх поверхонь є простою, крім зубчастого вінця. Наявність зубчастого вінця знижує технологічність, оскільки необхідні додаткові методи обробки (чистове та чорнове фрезерування). За наявності вище названого нетехнологічного елемента зміни в конструкцію вводити не будемо, оскільки ці недоліки не суттєві. З погляду геометричної форми всі поверхні є простими, крім зубчастого вінця. З точки зору збільшення кількості поверхонь на деталі, які не підлягають механічній обробці, у нашому випадку деякі з поверхонь не є сполучними або мають несуттєве функціональне призначення, і їх можна залишити з тими параметрами, що формуються в процесі штампування. Тому за цим показником деталь не є технологічною.

Зміна форми деталі з метою оптимізації використання матеріалу при розкрої вихідної заготовки не є раціональним, тому що при штампуванні на КГШП отримуємо штучну заготовку, що виключає використання відходів для виготовлення інших деталей. Тому за цим показником деталь не є технологічною. Заготовку можна виготовляти поковкою (кованою або штампованою).

Всі розміри на кресленні проставлені технологічно, оскільки за ними можна легко визначити траєкторію руху різця, якщо це токарна операція на верстаті з ЧПК тощо.

Наявність великої кількості точних поверхонь (6-8 квалітет) роблять цю деталь нетехнологічною. За шорсткістю деталь можна вважати нетехнологічною, оскільки вона має ряд поверхонь із шорсткістю за критерієм Ra 0,4÷1,6 мкм. Зазначена шорсткість поверхонь досягається на чистових етапах обробки поверхонь, зокрема, круглого шліфування. Згідно з рисунком 1.3 поверхні 3 і 8 мають 8 квалітет при шорсткості за критерієм Ra 0,4 мкм. Найбільш точною є поверхня 9, розмірна точність якої відповідає 7 квалітету. Для досягнення даного квалітету розмірної точності необхідно кілька етапів обробки (точіння чорнове, п/год та шліфування). Ми не можемо змінити дані поверхні, тому що деталь буде працювати в підшипниках і тому є відповідальними основними конструкторськими базами деталі. У базовому технологічному процесі як вихідна заготовка використовується кування на молотах. Зниженню технологічності деталі сприяють радіуси R2 та R0,5. Нетехнологічним елементом є закритий паз паз, тому що він обробляється шпонковими або кінцевими фрезами, а не дисковими, тому що дискові фрези більш продуктивні. Збільшення продуктивності обробки сприяє зменшенню собівартості. Якщо обробляти цей паз маятниковою подачею, то необхідний спеціальний шпоночно-фрезерний верстат, що також сприяє збільшенню собівартості деталі.

Нетехнологічними елементами деталі є квадрати, обробка яких потребує 4 додаткових установ з використанням розподільчих механізмів. Нетехнологічним елементом є канавка, ширина якої становить 1,4 мм, що вимагає використання спеціального різального інструменту (канавкового різця). Обмеження радіального биття малим допуском також є нетехнологічним показником, оскільки ці вимоги ускладнюють вимірювання та потребують спеціальних вимірювальних пристроїв.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Даний пункт будемо виконувати на підставі базового технологічного процесу. У даному технологічному процесі послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу, але є недоліки.

В даному пункті будемо розглядати саме недоліки типового технологічного процесу оброблення торців Вала ведучого на фрезерно-центруальній операції.

Технологічний процес виготовлення деталі Вал ведучий у заводському варіанті виконаний як маршрутний, що відповідає одиничному типу виробництва. Він містить 20 операцій, у тому числі 7 операцій механічної обробки, інші – контрольні, слюсарні, розмічувальні.

Аналізуючи базовий технологічний процес, можна виділити такі недоліки:

– за заводським технологічним процесом можна сказати, що операції обробки обрані переважно правильно. Але є дрібні недоліки, які можуть бути викликані додатковими вимогами конструктора;

– металообробні верстати вибрані універсальними на всіх операціях, що значно погіршує точність обробки, збільшує її час, а отже, і собівартість деталі. За нинішніх умов і конкуренції на ринку потрібно максимально по можливості використовувати більш сучасні верстати, які б обробляли деталь при високих швидкостях різання, були б жорсткими по конструкції і давали б необхідну точність. Найбільш придатні для цього верстати з ЧПК. У маршрутному ТП не вказані способи базування та закріплення заготовки, що виконуються операційні розміри, докладно не розписано різальний інструмент та вимірювальний інструмент. – В даний час вибрано старий інструмент (з напайними пластинами) що не дозволяє обробляти деталь на прогресивніших режимах різання з використанням обладнання з ЧПУ. Інструмент треба замінити на: різці з непереточуваними багатограними пластинами з твердого сплаву, а також використовувати для обробки твердосплавні свердла та фрези замість інструменту зі швидкорізальної сталі - Вимірювальний інструмент використовуються застарілих конструкцій або безшкільні скоби та калібри це швидко і точно при вимірі, але досить дорого для даного типу виробництва. Потрібно проектувати нові вимірювальні пристрої які були б дешевше ніж скоби, але більш точні при вимірюванні і відрізнялися б своєю універсальністю. Режими різання вибрані та пораховані правильно. Але через те, що обладнання та матеріали різальних інструментів на виробництві використовуються застарілі, то ці режими недоцільно застосовувати для сучасних верстатів,

оскільки ці верстати дозволяють працювати на більш прогресивних і форсованих режимах. У разі зміни цих недоліків можна буде підвищити режими різання до оптимальних. Отже, скоротити час обробки та підвищити точність виготовлення деталей.

1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Враховуючи проведений аналіз у попередніх пунктах, можна зробити проміжні висновки, щодо існуючої ситуації по технологічному процесу оброблення поверхонь Вала ведучого на фрезерно-центрувальній операції, а саме:

- у базовому технологічному процесі застосовуються застарілі верстати, верстатні пристрої, різальні та вимірювальні інструменти;
- матеріал деталі – конструкційна сталь, що не накладає обмеження по режимам оброблення;
- застосована схема установа у базовому технологічному процесі є нерациональною, адже не забезпечує достатню жорсткість.

Враховуючи це, а також дрібносерійний тип виробництва пропонується:

- застосувати трьох координатний обробний центр з ЧПК горизонтального компонування з можливістю доукомплектування двох поворотним столом, що важливо для оброблення широкої номенклатури у дрібносерійному виробництві;
- змінити схему розташування заготовки під час оброблення;
- розробити спеціальний верстатний пристрій пневматичної дії з горизонтальним розташуванням оброблюваної заготовки в ньому.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Якість виготовлення деталі більшою мірою залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базування, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту чи траєкторії його переміщення та закріплення, тобто докладання сил до заготовки для фіксації положення заготовки, досягнутого під час базування.

Поверхня, що використовується для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиків, залишків литникової системи тощо);
- безпосередній розмірний зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значних деформацій та низької жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого та зручного закріплення заготовки.

Для розгляду цього пункту магістерської роботи було прийнято операція базового технологічного процесу: операція 020 фрезерно-центрувальна.

Вибір методу встановлення та закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготовки, серійністю виготовлення та прийнятими методами обробки. Методи встановлення та закріплення заготовки на столі верстата суттєво впливають на точність, якість оброблених поверхонь та на загальну тривалість обробки.

020 Фрезерно-центрувальна

На цій операції проводиться обробка торців заготовки у розмір $L=438\pm 0,5\text{мм}$ та свердління 2-х отворів А 3,15 ГОСТ 14034-74.

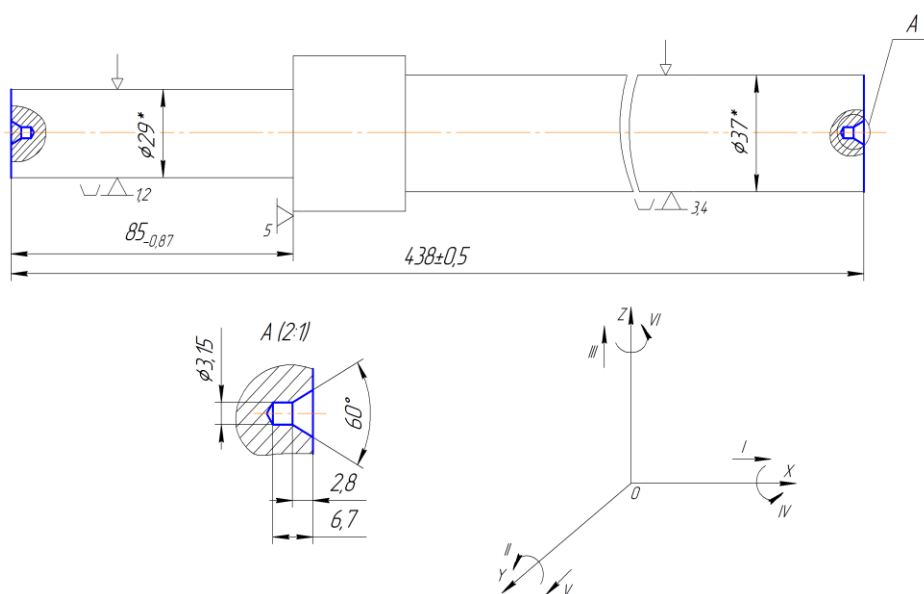


Рисунок 2.1 – Схема базування деталі для фрезерно-центрувальної операції (варіант 1)

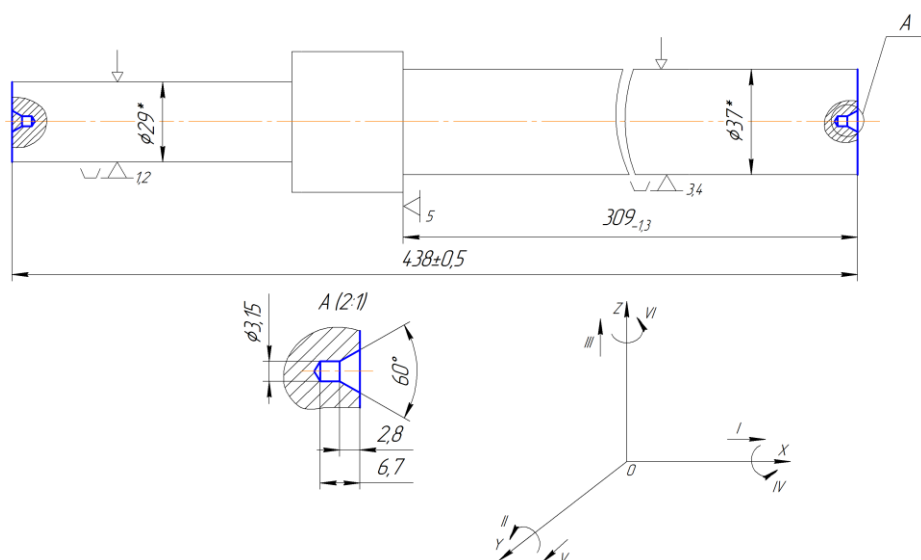


Рисунок 2.2 – Схема базування деталі для фрезерно-центрувальної операції (варіант 1)

У технологічному процесі для аналізованої операції, запропоновано базування призмах з упором в торець, тобто. представлені дві технологічні бази:

- 1) подвійна напрямна база – деталь позбавлена чотирьох ступенів свободи – двох обертань та двох переміщень;
- 2) опорна – деталь позбавлена одного переміщення.

Прийнято як базові поверхні основну конструкторську базу – шийки валу $\varnothing 29$ мм, $\varnothing 37$ мм, якими деталь встановлюється в призмах. В якості опорної бази

рівною мірою можуть використовуватися 2 торці (рисунок 2.1 і 2.2): 438/Ø37 і Ø37/Ø29.

- 005 Заготівельна
- 010 Термічна
- 015 Контрольна
- 020 Фрезерна
- 025 Слюсарна
- 030 Контрольна
- 035 Токарно-гвинторізна
- 040 Токарно-гвинторізна
- 045 Контрольна
- 050 Фрезерна
- 055 Контрольна
- 060 Разметочная
- 065 Фрезерна
- 070 Контрольна
- 075 Кругло-шліфувальна
- 080 Контрольна
- 085 Слюсарна
- 090 Зубофрезерна
- 095 Слюсарна
- 100 Контрольна

Аналіз показав, що такий маршрут найбільш вигідний з точки зору оброблення деталі, так як перші два маршрути абсолютно не враховували конфігурацію деталі і розташування її поверхонь.

2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки

Основним завданням цього пункту є визначення найбільш ефективного способу отримання заготовки. Так до даної деталі пред'являються вимоги, що вона має бути виготовлена з поковки II групи, то багато способів відпадають і залишаються лише методи поверхнево-пластичного деформування, а саме кування і штампування.

Розглянемо два варіанти способів отримання заготовки для деталі Вал ведучий. Першим варіантом є отримання заготовки вільним куванням на молотах, так як це проводиться в базовому технологічному процесі (при одиничному виробництві).

Другим варіантом розглянемо спосіб отримання заготовки штампуванням на КГШП. Це більш точний метод, при якому припуски мінімальні, витрата матеріалу менша, а отже він може виявитися економічно вигідним в умовах дрібносерійного виробництва, тому що не буде потрібне чорнове обдирання, як це було в базовому технологічному процесі.

Результати попередніх розрахунків штампованої поковки зводимо в таблицю В.1 (додаток В) та формуємо технічні вимоги, які вноситимуться в креслення.

Розрахунки показують, що в даних умовах дрібносерійного виробництва найбільш вигідним буде використання поковки штампованої на КГШП в якості вихідної заготовки. Розрахунок вартості обдирання заготовки за першим варіантом не проводимо, так як це не вплине на загальний результат, а саме поковка штампована все одно буде дешевше, ніж кування, ковані вільним куванням на молотах (різниця у вартості тільки збільшиться).

Отже в якості вихідної заготовки для деталі Вал ведучий АН20.006.101-01 приймаємо поковку на КГШП.

Технічні вимоги до заготовки Вала ведучого:

1. Гр. II сталь 45 твердість 269...302 НВ ГОСТ 8479-70.
2. Поковка штампована на КГШП ГОСТ 7505-89.

3. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С2, вихідний індекс – 12.

4. Невказані радіуси заокруглень – R 4...5 мм.

5. Штамповані ухили – 5°.

6. Допустимий зсув по поверхні роз'єму штамп – 1 мм.

7. Допустимі відхилення вигнутості від площинності та прямолінійності не більше 1,2 мм.

Ескіз заготовки наведено на рисунку 2.3.

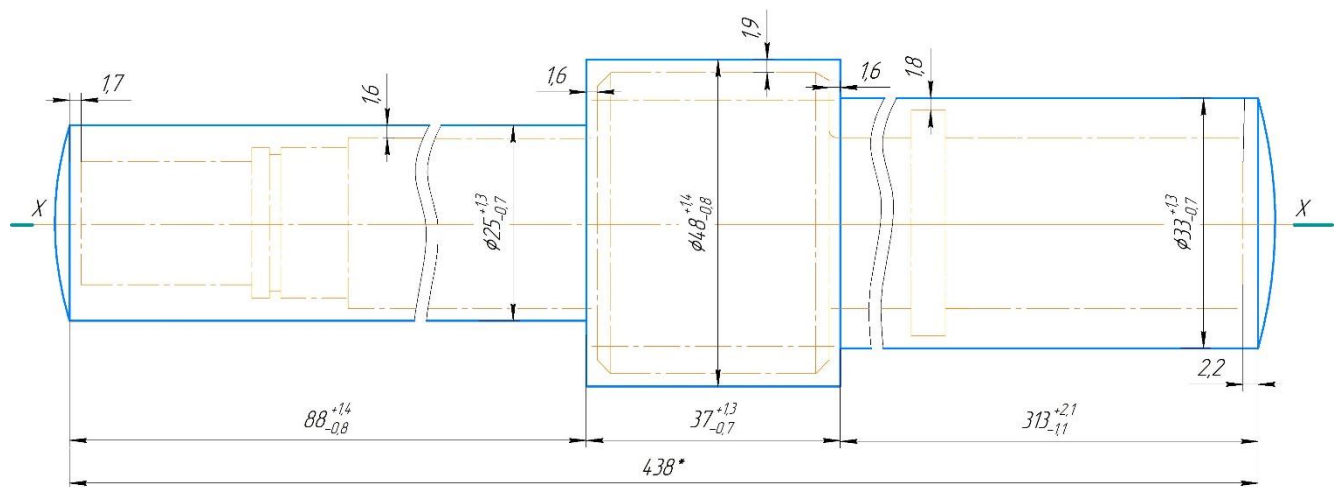


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки

2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Для розгляду в цьому пункті магістерської роботи було прийнято 020 фрезерно-центрувальну операцію технологічного процесу, так як далі на дану операцію буде проєктуватися верстатний пристрій, який буде підданий інженерному дослідженню.

Поверхня, що використовується для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиків, залишків литникової системи тощо);

- безпосередній розмірний зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значних деформацій та низької жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого та зручного закріплення заготовки.

Для розгляду цього пункту магістерської роботи було прийнято операція базового технологічного процесу: операція 020 фрезерно-центрувальна.

Вибір методу встановлення та закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготовки, серійністю виготовлення та прийнятими методами обробки. Методи встановлення та закріплення заготовки на столі верстата суттєво впливають на точність, якість оброблених поверхонь та на загальну тривалість обробки.

020 Фрезерно-центрувальна

На цій операції проводиться обробка торців заготовки у розмір $L=438\pm 0,5$ мм та свердління 2-х отворів А 3,15 ГОСТ 14034-74.

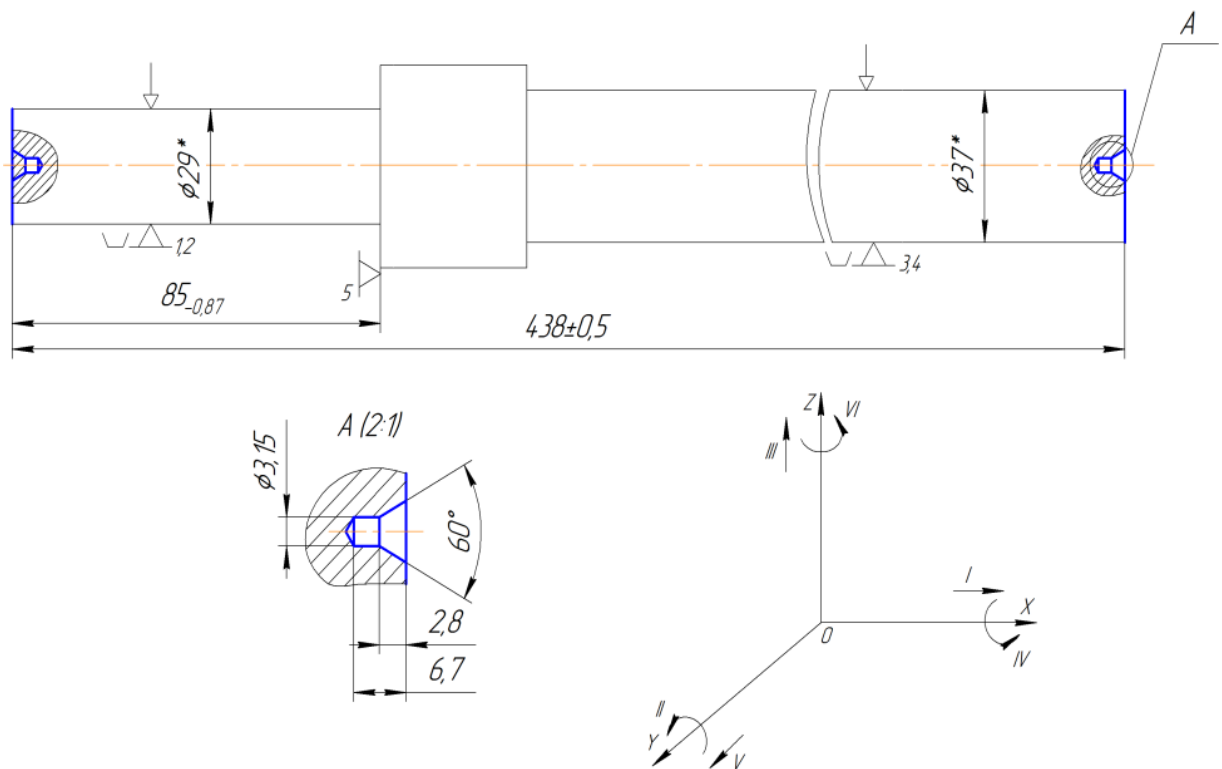


Рисунок 2.4 – Схема базування деталі для фрезерно-центрувальної операції (варіант 1)

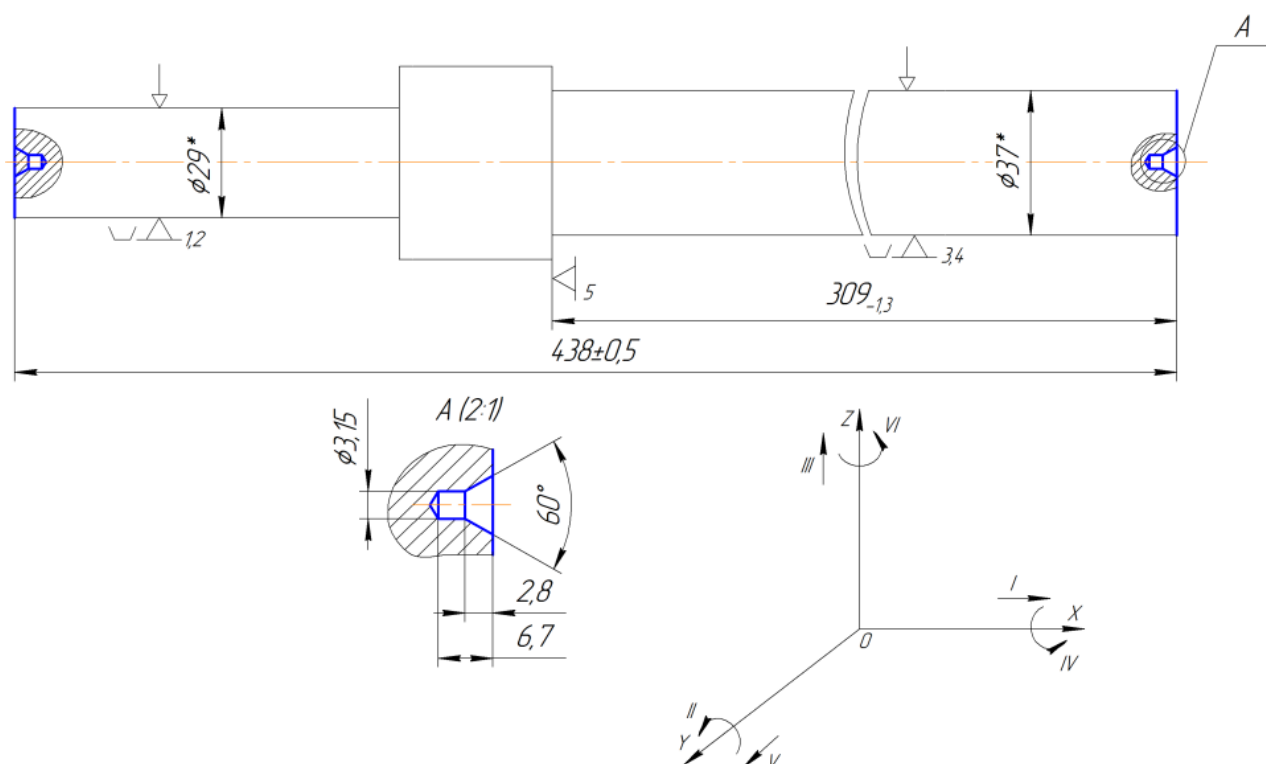


Рисунок 2.5 – Схема базування деталі для фрезерно-центрувальної операції (варіант 1)

У технологічному процесі для аналізованої операції, запропоновано базування призмах з упором в торець, тобто. представлені дві технологічні бази:

- 1) подвійна напрямна база – деталь позбавлена чотирьох ступенів свободи – двох обертань та двох переміщень;
- 2) опорна – деталь позбавлена одного переміщення.

Прийнято як базові поверхні основну конструкторську базу – шийки валу $\phi 29$ мм, $\phi 37$ мм, якими деталь встановлюється в призмах. В якості опорної бази рівною мірою можуть використовуватися 2 торці (рисунок 2.1 і 2.2): $438/\phi 37$ і $\phi 37/\phi 29$.

2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Для операції 020 – фрезерно-центрувальна використовуємо верстат моделі 2Г942, паспортні дані якого були взяті з [5] та приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика верстата моделі 2Г942

Технічна характеристика	Одиниця ви- мір.	Значення
Межі довжини оброблюваних деталей	мм	100÷2000
Межі діаметрів деталей, що встановлюються в лещатах	мм	20÷160
Найбільший діаметр свердління	мм	16
Найбільший діаметр фрезерування	мм	150
Найбільший діаметр торця, що підрізається	мм	50
Межі частот обертання шпинделів	мм	159÷1588
Хід пінолі свердлильного шпинделя	мм	100
Сумарна потужність електродвигунів	кВт	36,28
Максимальна потужність:		
- фрезерної бабки	кВт	11
- свердлильної бабки	кВт	4
Габарити верстата		
- довжина	мм	3970
- ширина	мм	1750
- висота	мм	2000
Маса	кг	6800

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться фрезерування торців та свердління центрових отворів) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Потужність приводу достатня для обробки необхідних розмірів, а габарити та маса верстата забезпечують підвищену жорсткість технологічної системи та можливість витримати необхідну точність розмірів заготовки. Габарити робочого простору верстата дозволять встановити пристрій та обробити заготовку із заданою точністю.

2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристроїв (УСП).

При виборі різального інструмента необхідно звернути увагу на матеріал різальної частини, геометрію, їх габарити. При цьому необхідно враховувати:

- а) метод оброблення поверхні;
- б) етапи оброблення;
- в) використання мастильно-охолоджувальної рідини;
- г) габарити верстата;
- д) матеріал заготовки її стан.

Операція 020 – Фрезерно-центрувальна

Устаткування: фрезерно-центрувальний верстат 2Г942

Технологічне оснащення: деталь встановлюється у спеціальному пристрої, який позбавляє деталь 5 ступенів свободи (ДНБ та ПРО).

Для свердління центрових отворів використовується свердлильний патрон 4-В10 ГОСТ 8522-79 і втулка перехідна 6100-0343 ГОСТ 13598-85.

Різальний інструмент:

- свердло центрувальне 2317-0011 Р6М5 ГОСТ 14952-75;
- фреза торцева із вставними круглими ножами - права 2214-0323 ГОСТ5348-69, пластини зі сплаву Т5К10;
- фреза торцева із вставними круглими ножами – ліва 2214-0323 ГОСТ5348-69, пластини зі сплаву Т5К10.

Вимірювальний інструмент:

- штангенциркуль ШЦ-125-П-0,1 ГОСТ166-88;
- калібр-пробка різьбова 8221-3030 7Н ГОСТ 17758-72;
- шаблон конусний 60° ОСТ 3-1260-72;
- зразки шорсткості Ra 2,5, Ra 6,3 мкм згідно з ГОСТ 9378-93.

2.6 Розрахунок режимів різання

В даному пункті виробляємо розрахунок режимів різання для одного - першого переходу фрезерування торців вала розрахунково-аналітичним методом, а для другого переходу – свердління центрових отворів здійснюємо вибір режимів різання табличним методом.

Операція 015 Фрезерно-центрувальна.

Перехід 1 - фрезерування торців вала $\varnothing 40$ мм з глибиною різання $t = 4$ мм. Ширина фрезерування буде дорівнює діаметру заготовки

$B = 40$ мм.

Вибираємо подачу на зуб фрези по [5]: $S_z = 0,1$ мм / об.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v, \quad (2.1)$$

де T - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$$T = 240 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]: $C_v = 332$, $q = 0,2$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $u = 0,2$, $p = 0$, $m = 0,2$.

K_v - загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} K_{Llv} K_{Ilv}, \quad (2.2)$$

де K_{Mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{Mv} = K_{\bar{A}} \left(\frac{750}{\sigma_{\bar{a}}} \right)^{n_v}, \quad (2.3)$$

де $\sigma_{\bar{a}} = 685$ МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 45;

K_{Γ} - характеризує групу стали по оброблюваності, $K_{\Gamma} = 0,95$;

ν - показник ступеня, $\nu = 1$.

Отже:

$$K_{MV} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{685} \right)^{1,0} = 1,04;$$

$K_{\Pi V}$ - враховує стан поверхні заготовки, $K_{\Pi V} = 0,9$, прокат з коркою [5];

K_{IV} - враховує матеріал інструменту, $K_{IV} = 0,8$, Т14К8 [5].

Таким чином:

$$K_V = 1,04 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,75.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{332 \cdot 160^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 4,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 110^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,75 = 194 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об/хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (2.4)$$

$$n_{\delta} = \frac{1000 \cdot 194}{\pi \cdot 160} = 385 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо: $n = 325$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м/хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (2.5)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 110 \cdot 325}{1000} = 112 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_z n. \quad (2.6)$$

$$S_M = 0,1 \cdot 10 \cdot 325 = 325 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B''^z}{D^q n^w} K_{ip}. \quad (2.7)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]: $C_p = 825$, $x = 1$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$.

Поправочний коефіцієнт K_{mp} враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_A}{750} \right)^n, \quad (2.8)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{685}{750} \right)^{0,75} = 0,93$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 110^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 325^{0,2}} \cdot 0,93 = 4655 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{kp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}. \quad (2.9)$$

$$M_{кр} = \frac{4655 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 3724 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо ефективну потужність різання за формулою [5], кВт:

$$N_{\dot{a}} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020} \quad (2.10)$$

$$N_e = \frac{4655 \cdot 112}{60 \cdot 1020} = 4,54 \text{ кВт}.$$

Так як операція фрезерно-центровальна і перехід - фрезерування торців проводиться одночасно з обох сторін заготовки, то потужність витрачається на різання буде дорівнює:

$$N_p = 2N_e = 2 \cdot 4,54 = 9,08 \text{ кВт}.$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta, \quad (2.11)$$

де N_d - потужність двигунів верстата, 20 кВт;

η - коефіцієнт корисної дії верстата, 0,75.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 20 \cdot 0,75 = 16 \text{ кВт}.$$

Так як $17,09 < 22,5$, то умова виконується на верстаті і процес різання здійснюється.

Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_i = \frac{L}{S_i} i, \quad (2.12)$$

де L - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

S_m - хвилинна подача, мм / хв;

i - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o.фр} = \frac{30+50}{325} \cdot 1 = 0,8 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Режими оброблення

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати торці	4,5	325	325	112	1	160	0,49
2 Центрувати торці	3,15	22,5	225	14	1	20	0,89

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Основний час на операції складається з сум основних часів на окремих переходах.

Визначаємо допоміжний час, для операції, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.13)$$

де $T_{уст} = 2,5$ хв - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 1,4$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 1,7$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_d = 2,5 + 1,4 + 1,7 = 5,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (2.14)$$

$$T_{оп} = 5,6 + 1,38 = 6,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot 4\% = 6,98 \cdot 0,04 = 0,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{в}}. \quad (2.15)$$

$$T_{\text{шт}} = 6,98 + 0,3 = 7,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/N, \quad (2.16)$$

де $T_{\text{пз}} = 35$ хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою, кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 47$ шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 7,28 + 35/47 = 7,87 \text{ хв.}$$

2.7 Проектування засобів технологічного оснащення

В магістерській роботі розробляється пристрій для обробки деталі – «Вал ведучий» на фрезерно-центрувальну операцію.

Проектування верстатного пристрою.

Уточнення мети технологічної операції. Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Довжина $428h12_{(-0,78)}$ – лінійний розмір, що повинен бути оброблений з точністю IT12, $T = 780$ мкм. Відхилення на нього задано конструктором у відповідності зі стандартом ДСТУ 25346-2012, так як на даного роду розмірів відхилення задаються у тіло деталі, тому усе вірно.

Точність розмірів центрових отворів розглядати не доцільно, оскільки вона забезпечується інструментом – центровочним свердлом.

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначені допуски форми, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, який зумовлює цю поверхню.

Відхилення від площинності торців вала приймаємо в межах допуску на розмір 1420, і він становить 60% від поля допуску

$$T_{-, \square} = 0,6 \cdot 780 = 476 \text{ мкм згідно [10] допуск дорівнює } 0,476 \text{ мм.}$$

По таблиці [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 14 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по ДСТУ 24643 - 81 [10]. Табличне значення дорівнює 0,4 мм.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір.

Допуск паралельності стінок паза в межах допуску на розмір 1420 він становить 60% від поля допуску і він дорівнює 0,478 мм. Порівнюємо отримане значення з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,4 мм. Приймаємо, що допуск паралельності стінок паза дорівнює 0,4 мм, що відповідає 14-му ступеню точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 3,2 мкм за критерієм Ra, а центрових отворів за ГОСТ 14034-74, що регламентує шорсткість на кожну з поверхонь.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію. На дану операцію заготовка надходить з необробленими базовими поверхнями. Маса заготовки - 103 кг.

Матеріал - сталь 14X17H2 ГОСТ 5632-72. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність її задовільна. До базових відносимо поверхні на які буде встановлена заготівля в пристосуванні.

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Номинальний діаметр шийки $\varnothing 25(+0,4;-1,7)$ – зовнішня циліндрична поверхня, що відповідає точності IT16, $T_{\varnothing 25} = 2100$ мкм. Відхилення на нього задано конструктором за ДСТУ 2590-2017.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь $\varnothing 25$ характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 25$ становить 0,61 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру $\varnothing 25$ становить $T = 0,6$ мм, що відповідає 12 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру $\varnothing 25$ становить 1,22 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру $\varnothing 25$ становить $T = 1,2$ мм, що відповідає 15 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні заготовки (проката) та відповідає за критерієм Ra 50 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проєктований пристрій.

У проєктованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 100 мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Річна програма випуску визначена в 500 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проєктування даного пристосування проводиться з метою навчання.

Обробка на даній операції здійснюється торцевими фрезами та центровочними свердлами. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функції.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано раніше.

На дану операцію можливо запропонувати одну схему базування і закріплення заготовки, так як інше закріплення нераціональне з конструктивних точок зору досягнення точності - базування в призмах.

Дана схема передбачає подвійну-напрямну базу, заготовка буде полишена чотирьох ступенів вільності.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 2.6.

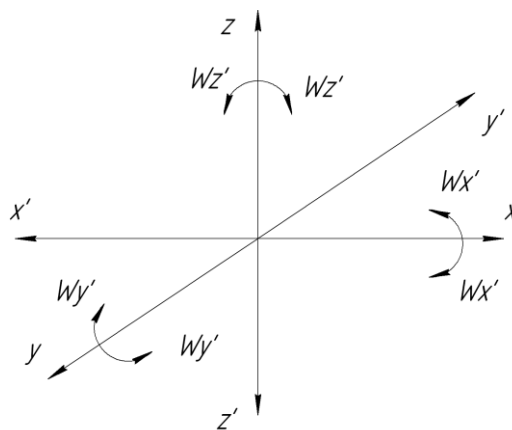


Рисунок 2.6 – Система координат

Таблиця 2.4 – 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'
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R	R	R

З таблиці видно, що на заготовку накладено 10 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загальної компоновання пристрою.

З набору функцій, наведених у п.5, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. 3,4 Функції впливають на підготовчо-заклучний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

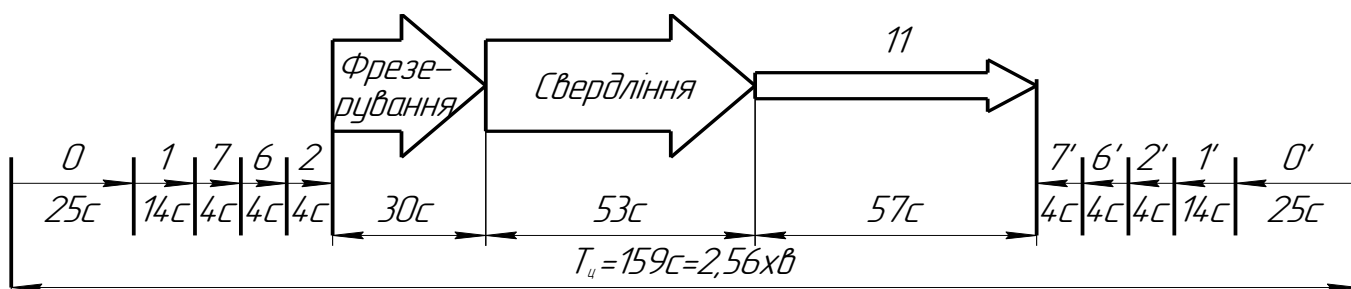


Рисунок 2.7 – Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рис. 2.8).

Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

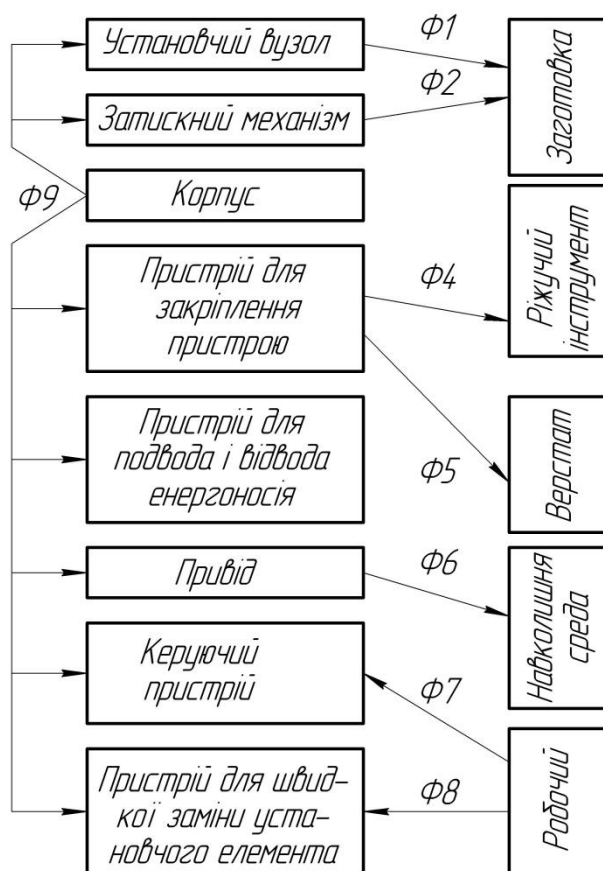


Рисунок 2.8 – Функціональна структура проектного пристрою

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій – верстат.

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 і модель поля врівноважуючих сил, створюваних затискним механізмом.

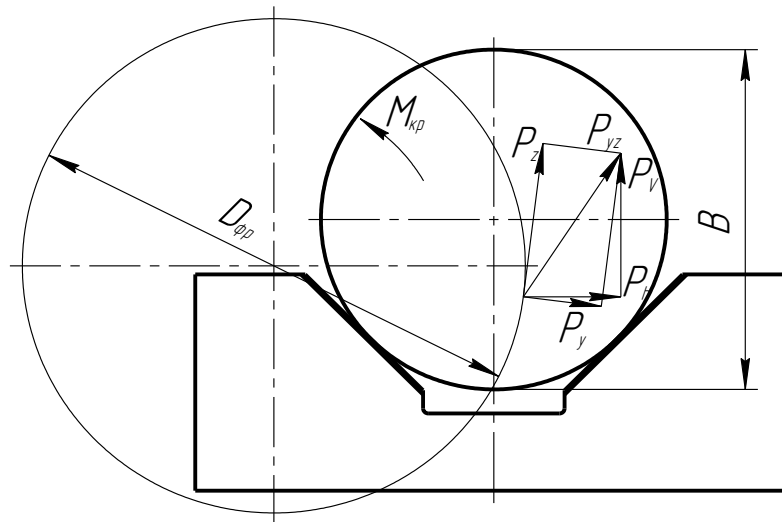


Рисунок 2.9 – Структура поля збурюючих сил

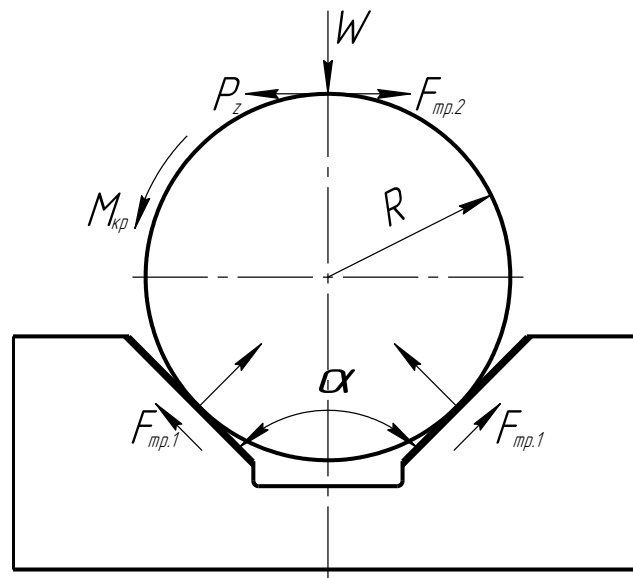
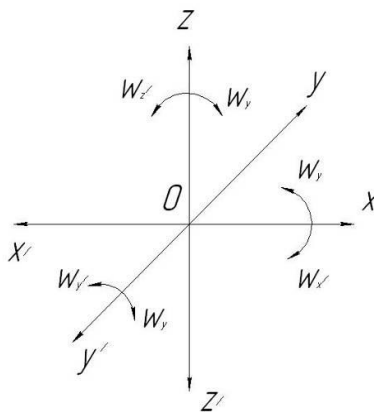


Рисунок 2.10 – Структура поля зрівноважувальних сил

Силві потоки, що виникають при обробці, створюють напруження згину на всій довжині вала.

Однак достатня маса заготовки і висока її характеристика жорсткості, за рахунок застосування настановних елементів гасять ці напруги і не викликають деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.



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

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (2.21)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу. $k_0 = 1,5$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

k_2 – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2 = 1,7$);

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ($k_3 = 1$);

k_4 – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення механізму ($k_4 = 1,2$);

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5 = 1$);

k_6 - коефіцієнт враховує моменти, що прагнуть повернути заготовку;.

За формулою :

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,918$$

Режими різання розраховані у пункті 2.5, сила різання складає 2655 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

$$W = \frac{KP_z}{f_2 + \frac{f_1}{\sin \alpha / 2}} \quad (2.22)$$

Коефіцієнт тертя згідно [12] : $f_1 = 0,25$;

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою і зажимними механізмами, $f_2 = 0,7$.

$$W = \frac{3,888 \cdot 2655}{0,7 + \frac{0,25}{\sin 45^\circ}} = 6179 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 17179 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{6179}{1,5} = 4453 \text{ Н}$$

Так як деталь досить довга, тому раціонально застосувати два пневмоциліндри, що будуть безпосередньо діяти на шийки деталі.

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

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

Тоді площа поршня дорівнюватиме: $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}$

де D - діаметр поршня;

$P = 0,4$ МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$ - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 11453}{\pi \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,117 = 117 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного значення поршня:
 $D=125$ мм.

Робимо перерахунок сили, що виникає на штоку та сили закріплення.

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{\pi \cdot (125 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 4813 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 4813 = 6747 \text{ Н.}$$

Точнісіні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою являють собою перетворення інформації про обробку поверхонь деталі на операції в точність пристрою.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків об-розробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести жорсткий допуск на кресленні $428_{-0,78}$ мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні $\varnothing 100$ тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [14]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (2.23)$$

де T – допуск розміру $T_{428} = 0,78$ мм = 780 мкм;

K_T - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо $K_T = 1,2$;

K_{T1} - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку $K_{T1} = 0,85$;

ε_{σ} - похибка базування заготовки, $\varepsilon_{\sigma} = 0,25 \text{ мм} = 250 \text{ мкм}$ (визначена раніше).

ε_z - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо $= 0$;

ε_y - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

ε_n - похибка перекоосу інструменту. Обробка вестиметься фрезами, що не мають перекоосу. Тобто похибка перекоосу $= 0$.

ε_u похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні.

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_u = \beta_1 \cdot N^n, \quad (2.24)$$

де $\beta_1 = 0,001$ - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [9];

N - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 500 шт. Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_f \cdot n = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ штук.}$$

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 1000^2 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм.}$$

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [14] $K_{T2} = 0,6$;

w - середня економічна точність обробки, по [14] при фрезеруванні площин середня економічна точність - 11 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 11-му квалітету тобто $w = 150$ мкм;

ε_{noz} - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата 5 мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 780 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 250^2 + 0^2 + 200^2 + (0,6 \cdot 150)^2 + 5^2} = 88 \text{ мкм}$$

За ДСТУ 24643-2011 приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування $T=80$ мкм

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,08 мм.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристрій складається з плити на якій встановлені пневмоциліндри і призми

Подача стисненого повітря в нижні і верхні порожнини циліндрів відбувається через триходовий розподільний кран.

При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень піднімаючись вгору через шток створює тиск на прихват який закріплює деталь. При надходженні повітря в верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес - з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою перемикання триходового крана. подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря засобом перемикання триходового крана відбувається подача в верхню камеру та відбувається розкріплення заготовки.).

2.8 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал ведучий» у якості заготовки була прийнята поковка на ГKM, так як вона більш економічно вигідна за техніко-економічними розрахунками.

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.

Для аналізу в цьому пункті обрана фрезерно-центрувальна операція, а саме детально розглянуто схеми базування та закріплення заготовки на операції із визначенням похибок базування, також обраний верстат, оснащення, режим різання та виконано технічне нормування операції.

Спроектований спеціальний верстатний пристрій для фрезерно-центрувальної операції з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Методики та галузь дослідження оптимізації конструкції верстатних пристроїв

На даний час у світі розвиваються різні підходи до проектування та дослідження ВП для операцій механічної обробки деталей різних класів. Для аналізу сучасного стану досліджень у галузі проектування ВП та визначення актуального напрямку досліджень розглянуті основні підходи до проектування, а саме дослідження точності, гнучкості та оптимізації конструкцій ВП.

Авторами статті [16] проведені дослідження в галузі проектування затискних елементів ВП та запропоновано використовувати принцип «форми затискних елементів» та величини сил закріплення, для визначення їх оптимального місця положення на заготовці та залежно від цього оптимальну величину сили. При цьому застосовувався алгоритм, аналогічний алгоритму за яким працюють елементи захвату у роботів. Результатом є розроблення програмних додатків, що дозволяють з'єднувати даний алгоритм із бібліотеками затискних елементів та проводити підбір або автоматизоване проектування затискних елементів з параметрами під конкретну деталь.

У роботах [17–21] авторами розроблена скінченноелементна модель системи «затискні елементи ВП – заготовка», що дозволяє визначати деформації поверхонь заготовки залежно від сили закріплення та проводити їх автоматизовану оптимізацію. При цьому модель враховує зміну коефіцієнта тертя між затискними елементами ВП та заготовкою у результаті змінання мікронерівностей на контактуючих поверхнях.

У роботі М. Vasundara et. al. [22] виконали дослідження максимальної величини пружної деформації заготовки при її закріпленні у різних ВП за допомогою використання комплексу методів: скінченноелементного аналізу, штучних нейронних мереж та методології поверхні відгуку. Таким чином, виконувався підбір оптимальної конструкції ВП, де перевага надавалась тій конструкції ВП, де деформації

найменші за інших рівних умов. Штучні нейронні мережі дозволяли суттєво прискорити розрахунки.

Li B. та Melkote S. у роботі [23] представили метод багатократної (повторної) оптимізації визначення місця розташування затискних елементів ВП при розрахунках динамічних параметрів системи «ВП – заготовка». Авторами встановлено та доведено ефективність використання оптимізаційних методів для 3D-моделей даних систем при їх розрахунках у програмах скінченноелементного аналізу. Максимальна величина позиційного вектора похибки обробки була скорочена на 58% за рахунок оптимізаційних методів.

У своїй роботі Nalbandh та Rajyaguru [24] запропонували використовувати «генетичний алгоритм» проектування та оптимізації конструкцій ВП, що базується на імовірнісних методах розрахунку. Це може бути впроваджено за рахунок використання методів, аналогічних до проектування технологічних процесів (ТП) у системах автоматизованого проектування.

Робота [25] присвячена розробці способу моделювання та оптимізації ВП для закріплення деталі при здійсненні свердлильної операції зі змінними конфігураціями ВП та режимів механічної обробки. 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 ВП.

Parastathis у роботі [26] підкреслює важливість впровадження переналагоджуваних ВП, але акцентує увагу на складності вибору оптимальної конструкції ВП для обробки тонкостінних деталей, що мають недостатню жорсткість. При цьому вирішується питання щодо регулювання величини сили закріплення залежно від величини сили різання.

Робота [27] присвячена використанню методу балансування миттєвих сил та законів тертя для визначення оптимальної величини сили закріплення для мінімізації деформацій заготовки. За допомогою гармонічного аналізу у програмі ANSYS Workbench та застосування методики поділу шляху інструмента на 5 кроків наван-

таження (адже при фрезеруванні глибина різання змінюється від нуля до максимуму або навпаки, залежно від прийнятої схеми фрезерування) визначається оптимальна величина сили закріплення. У роботі враховується ефект видалення матеріалу.

Н. Deng у роботі [28] аналогічно роботі [28] на відміну від попередників, які розглядали систему «ВП – заготовка» як квазістатичну, розглянув вплив видалення оброблюваного матеріалу на поведінку та динаміку системи «ВП – заготовка» у процесі механічної обробки. Виконав оптимізацію визначення стійкості положення ВП та моделювання динамічної дії (удар) у процесі механічної обробки.

Аналіз літературних джерел показав, що у даний час науковці займаються розрахунками та розробкою моделей процесів взаємодії у системі «ВП – заготовка», а також дослідженням точності механічної обробки при зміні параметрів ВП. Вирішення питань оптимізації в основному присвячені оптимізації сил закріплення та стабільності положення ВП у процесі обробки, що може бути вигідним з точки зору собівартості продукції при невеликих партіях та частій зміні номенклатури, а зменшення їх металомісткості посилить економічний ефект.

3.2 Розроблення 3D – моделі конструкції верстатного пристрою та його інженерний аналіз

Для виконання розрахунків чисельного моделювання на першому етапі була виконана побудова 3D – моделі верстатного пристрою разом із деталлю (рис. 3.1).

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) виконувалось типу для визначення розмірів ВП, які будуть задовольняти всім точнісним параметрам для обробки деталі. При цьому визначались похибки при типовій обробці, що виникають у результаті деформацій елементів ВП, та виконувалось типово для порівняння їх з допустимими значеннями на відповідній операції механічної обробки для деталі вал. Допустимі значення похибок обмежуються допусками на виготовлення пазів згідно з кресленням деталі «Вал». Також дослідження НДС верстатного 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 конкретних матеріалів. Для цього поряд з вирішенням задачі з визначення НДС вирішувалась типова контактна задача. Механічні властивості матеріалів, які використовуються у моделі, наведено у табл. 3.1.

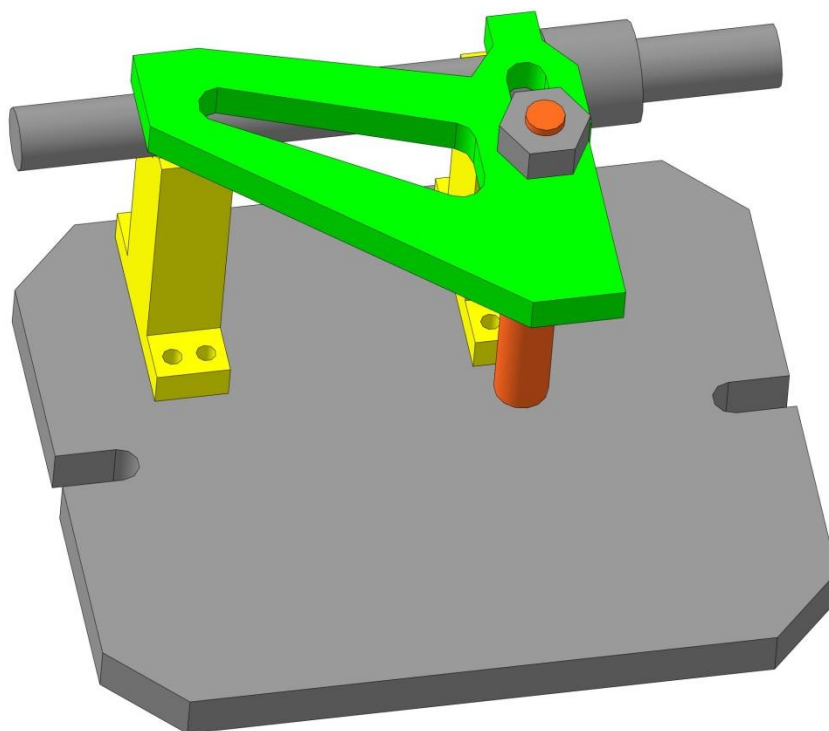


Рисунок 3.1 – Спроекований верстатний пристрій та закріплена деталь

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалів заготовки та елементів ВП

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 $[\sigma_{\text{ск}}]$, ГПа	Границя текучості σ_T , ГПа
Сталь 45 ДСТУ 1050-2016	200	0,3	7850	0,950	0,950	0,726

Першим етапом при вирішенні вищевказаних задач згідно оптимізаційного алгоритму було розроблення скінченноелементної розрахункової моделі ВП і заготовки. Кінематичні та силові граничні умови моделі верстатів типових відповідають реальним схемам закріплення із зовнішнім навантаженням та задавалися жорстким закріпленням по нижній поверхні основи пристрою, що еквівалентно встановленню ВП типових на стіл верстата. Усі елементи ВП типових жорстко зв'язані між собою шляхом об'єднання вузлів, 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 ВП типових із зазначенням типу контактів і характеристик контактних пар, а також коефіцієнтів тертя між елементами.

За допомогою розрахункового комплексу ANSYS отримані результати переміщень та напружень, що виникають у конкретних деталях та в місцях їх контакту. Як приклад, ілюстрації зі скінченно елементною сіткою, розрахунковими схемами навантажень, переміщеннями та напруженнями при обробці наведені на рис. 3.2 – 3.9. Для більш повного аналізу величини переміщень представлені ілюстрації переміщень за осями координат, де діють максимальні навантаження під час оброблення, що дає більш повне уявлення про характер зміни положення елементів ВП та впливу на точність.

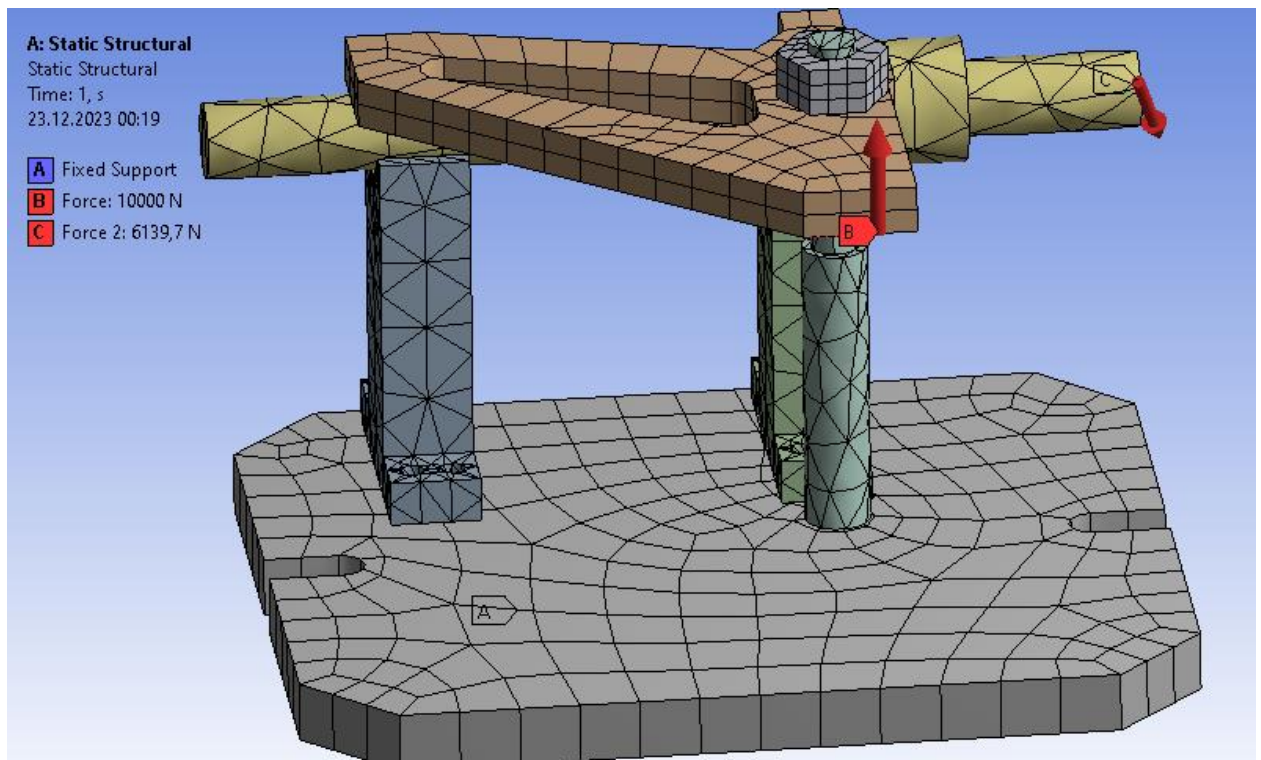


Рисунок 3.2 – Верстатний пристрій з навантаженнями та скінчено елементною сіткою

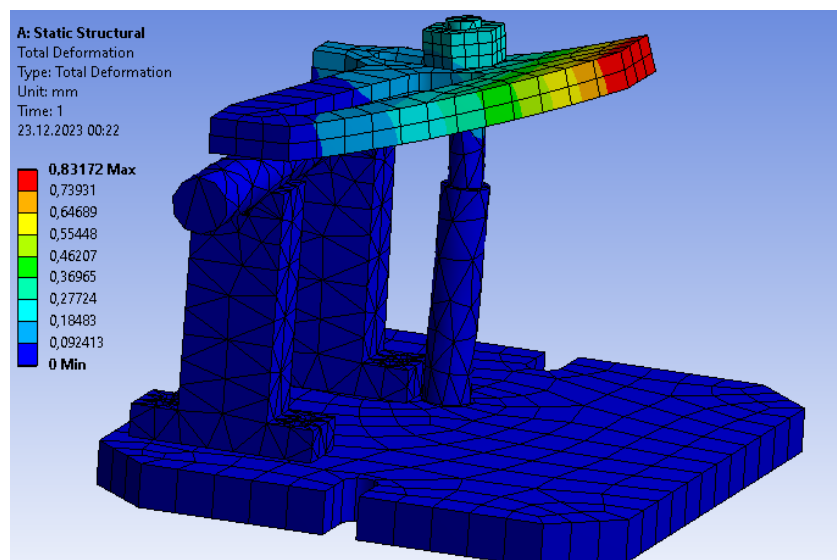


Рисунок 3.3 – Загальні переміщення

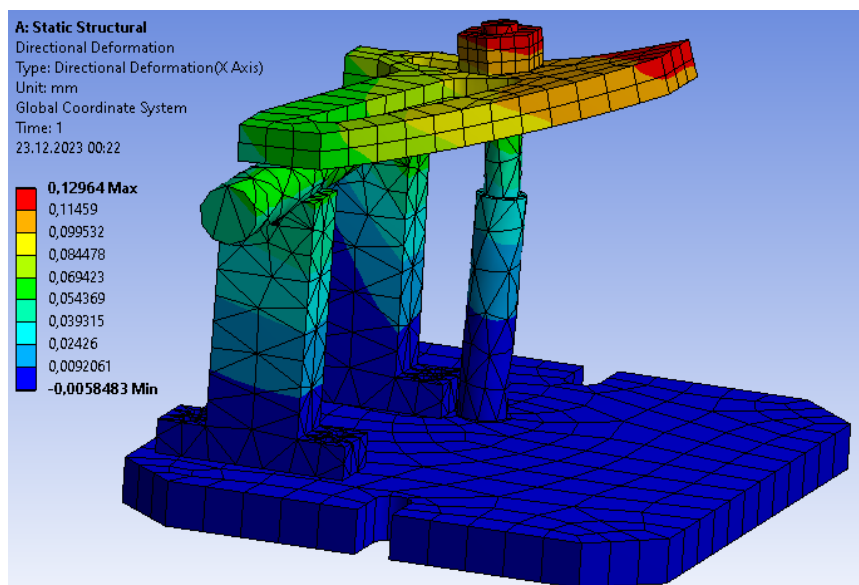


Рисунок 3.4 – Переміщення по осі X

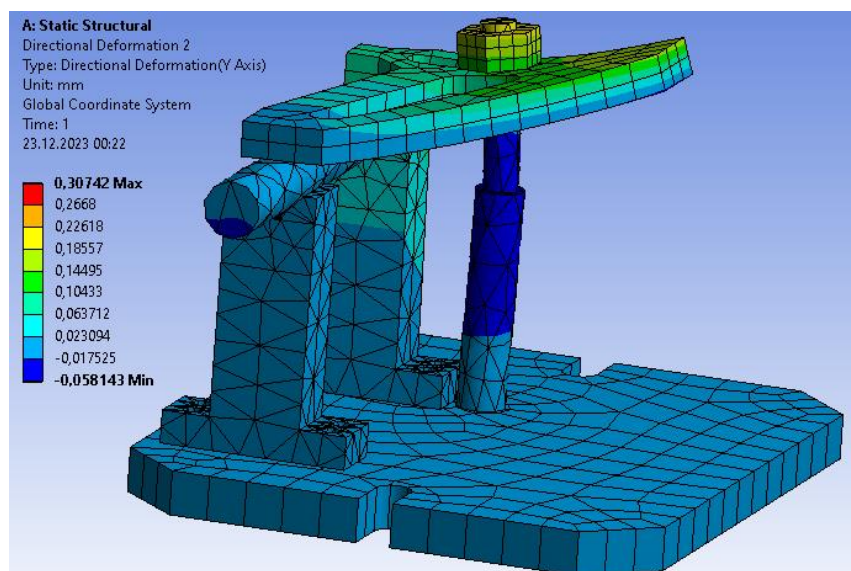


Рисунок 3.5 – Переміщення по осі Y

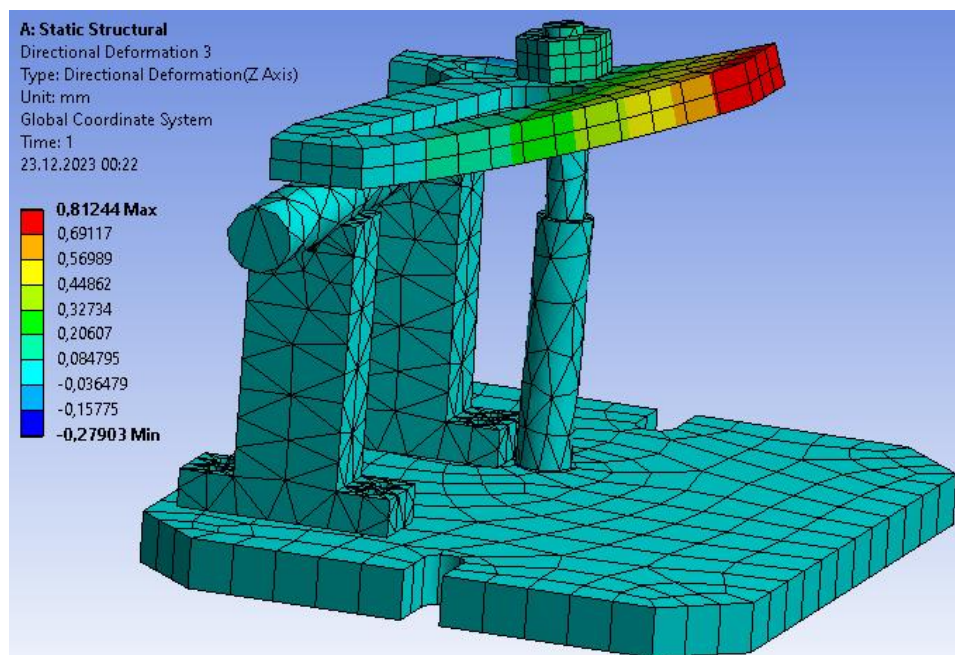


Рисунок 3.6 – Переміщення по осі Z

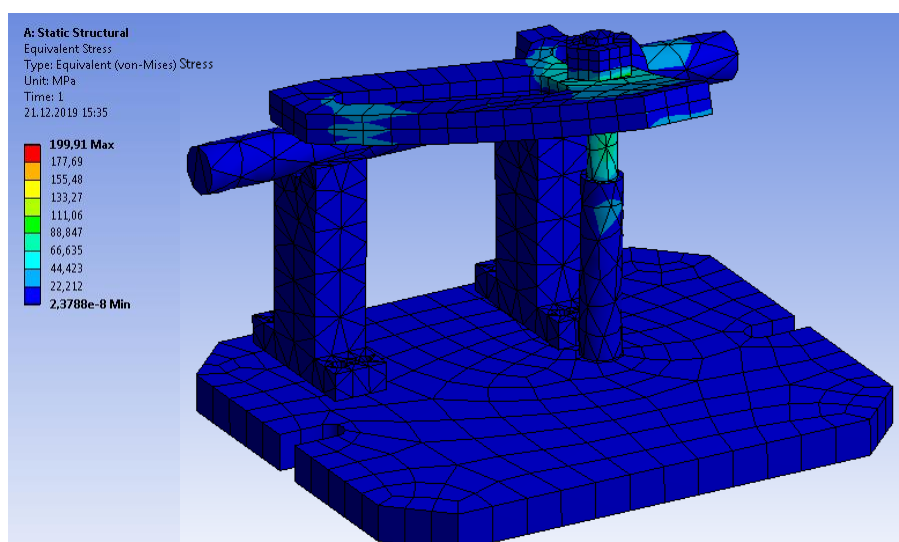


Рисунок 3.7 – Напруження у верстатному пристрої

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

Технологічний перехід	Максимальні переміщення в зоні різання, мм	Допустимі переміщення, мм	Максимальні напруження, МПа	Допустимі напруження, МПа
Фрезерування торців фрезою Ø80 мм	0,21	0,48	199	600

3.3 Модальний аналіз верстатного пристрою

Для запобігання виникнення явища резонансу в процесі механічного оброблення необхідно, щоб частоти власних коливань елементів типового верстатного пристрою і частота процесу різання не співпадали. Вирішення цієї проблеми полягає у призначенні інших режимів різання. Для цього за допомогою вбудованого модуля Modal Analysis у розрахунковому комплексі ANSYS Workbench визначено частоти власних коливань верстатного пристрою, які порівняно з частотами процесу різання на всіх переходах механічної обробки на фрезерному верстаті.

Результати аналізу дозволяють за необхідності відлаштуватися від резонансу (табл. 3.3). При розрахунках усі елементи верстатного пристрою зв'язувались між собою шляхом об'єднання вузлів. Для деяких поверхонь елементів верстатного пристрою передбачено можливість відносного переміщення аналогічно із дослідженнями НДС. Як приклад форми коливань представлені на рис. 3.8-3.13. Досліджено перших шість частот, адже вони є найбільш небезпечними.

Із табл. 3.3 видно, що для розробленого пристосування резонансу не виникає, оскільки перша критична частота власних коливань 798 вища за максимальну частоту процесу різання 148 Гц.

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця власних частот, які виникають у процесі механічного оброблення

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота, Гц	Частота процесу різання (при фрезеруванні торців $n=325$ об/хв., $z=10$), Гц
798	875	1058	
4-а критична частота, Гц	5-а критична частота, Гц	6-а критична частота, Гц	
1189	1958	2077	

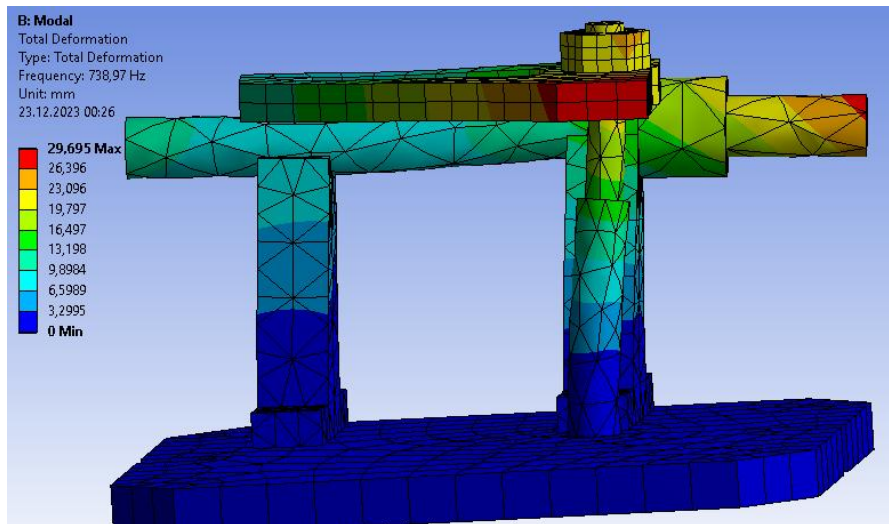


Рисунок 3.8 – Ілюстрація 1-шої частоти

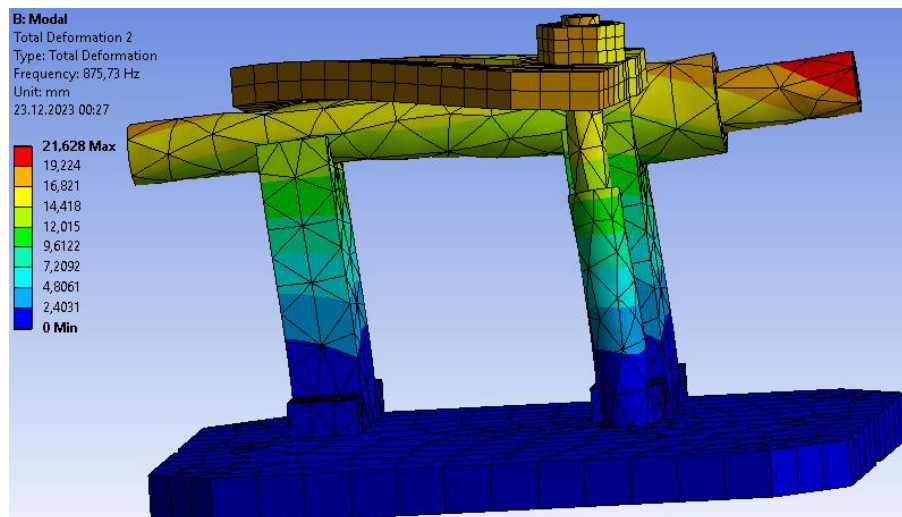


Рисунок 3.9 – Ілюстрація 2-ї частоти

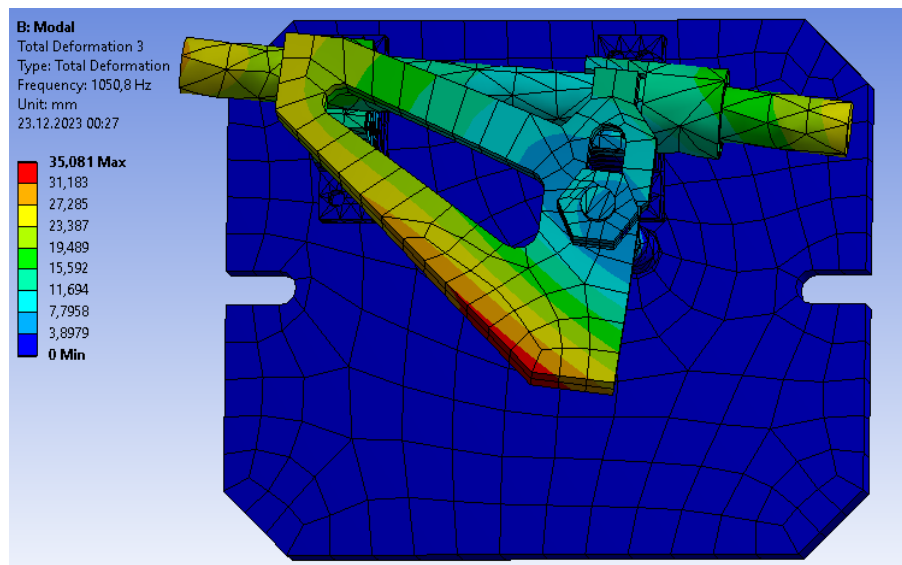


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 3-ї частоти

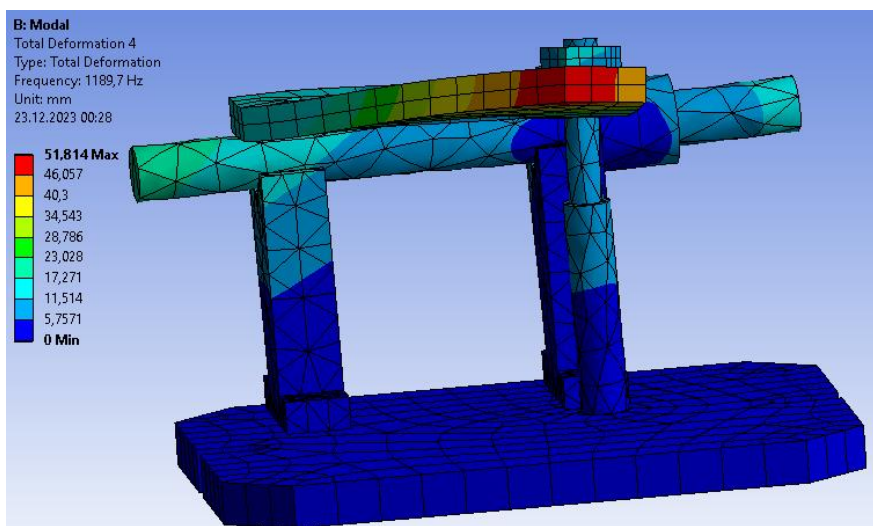


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 4-ї частоти

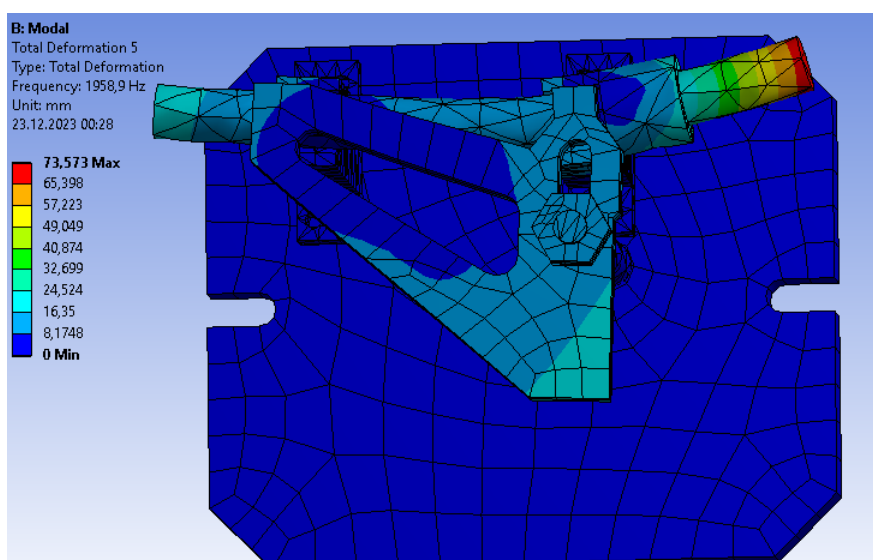


Рисунок 3.12 – Ілюстрація 5-ї частоти

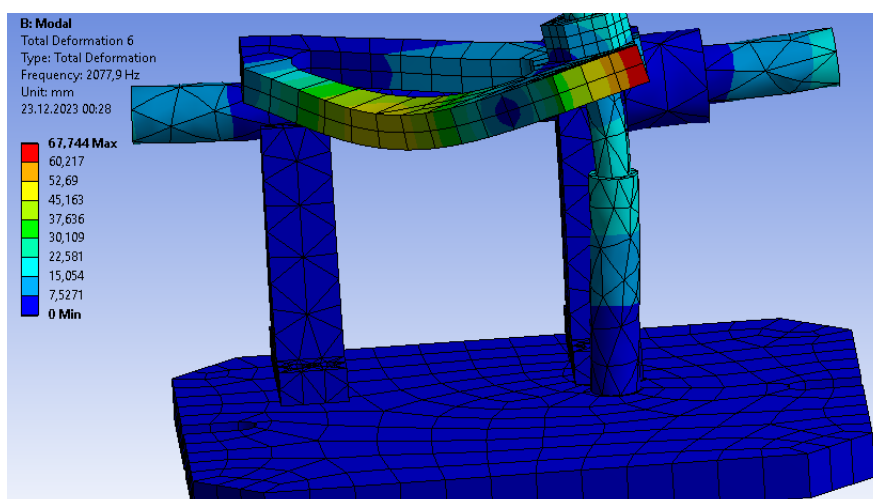


Рисунок 3.13 – Ілюстрація 6-ї частоти

Також із отриманих значень форм коливань 1-ї та 2-ї, 5-ї та 6-ї частоти та їх величини та картини коливань, а також переміщень при цьому відповідно дуже близькі за значеннями, отже це є доказом того, що розрахунки вірні та модель адекватна. Результати модального аналізу дозволяють висунути гіпотезу, що динамічна жорсткість розробленого пристосування є та буде достатньою для проведення механічного оброблення без виникнення резонансних режимів.

3.4 Висновок

1. На основі методик та аналізу сучасного стану розробок в галузі проектування та застосування верстатних пристроїв виконано кількісний та якісний аналіз фрезерної операції, що дозволило перейти до проектування удосконаленого ВП пневматичної дії.

2. Базуючись на алгоритмах та рекомендаціях, щодо проектування та оптимізації ВП сконструйовано пристрій для фрезерно-центрувальної операції, створені його 3D моделі для подальшого аналізу та досліджень.

3. Проведено чисельне моделювання напружено-деформованого стану, модального аналізу в програмному середовищі Ansys Workbench. Було виявлено, що у прихваті можна зробити вікно, яке не вплине на міцність, але зменшить масу ВП, тому дане вікно перенесено на його креслення. Максимальні напруження та переміщення не перевищують допустимих значень.

4. Встановлено, що резонансу у ВП не виникне, тому даний ВП можна використовувати для отримання необхідної точності і продуктивності.

ВИСНОВКИ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу виготовлення вала ведучого АН20.006.101-01 шляхом оптимізації конструкції верстатного пристрою для фрезерно-центрувальної операції.

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра було виконано наступний обсяг робіт:

- аналіз первинної інформації, який включав у себе характеристику і особливості агрегата, вузла, деталі, технічні вимоги до неї, визначення типу виробництва, розрахунок технологічності та огляд базового технологічного процесу з виявленням недоліків та постановкою завдання на удосконалення;

- виконано удосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі в частині підбору оптимального маршруту оброблення, розрахунку первинної заготовки за техніко-економічними показниками, призначено схеми базування, які забезпечують мінімальні похибки та дотримання розмірів на аналізовану операцію, для якої також підібрані сучасні металорізальні верстати, різальний та вимірювальний інструменти, та розраховані режими оброблення;

- для аналізованої операції за класичними методиками розрахунку спроектовано верстаний пристрій для досліджуваної операції технологічного процесу.

У результаті в існуючий технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК. В якості заготовки було прийнято поковка на ГKM та спроектований верстатний пристрій пневматичної дії і до цієї ж операції розроблена карта операційного налагодження.

У науковому дослідженні розглянуті питання проектування та оптимізації верстатного пристрою для ефективної обробки торців вала ведучого. Визначені максимальні напруження, переміщення, та частоти коливань запропонованого верстатного пристрою та встановлено, що резонанс не виникне.

Також у роботі магістра розглянуто питання та виконаний розрахунок з розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» у додатку.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.
7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.

10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Приходько, В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.

14. Паливода Ю. Є. Розмірні ланцюги : навчально-методичний посібник / укладачі : Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.

15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

16. Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning / S.Nelaturi, A. Rangarajan, C. Fritz, T. Kurtoglu // *Computer-Aided Design*. – 2014. – Vol. 46. – P. 160–169.
17. Finite element modelling and analysis of workpiece-fixture system / N. M. Kumbhar, G. S. Patil, S. S. Mohite, M. A. Sutar // *International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering*. – 2012. – Vol. 2. – P. 60–65.
18. Asante J. N. A combined contact elasticity and finite element-based model for contact load and pressure distribution calculation in a frictional workpiece-fixture system / J. N. Asante // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2008. – Vol. 39. – P. 578–588.
19. Multi-objective optimization design of a fixture layout considering locator displacement and force–deformation / Z.Liu, M. Wang, K. Wang, X. Mei // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2012. – Vol. 67. – P. 1267–1279.
20. Machining fixture layout design for milling operation using FEA, ANN and RSM / M.Vasundara, K. P. Padmahaban, M. Sabareeswaran, N. RajGanesh // *Procedia Engineering*. – 2012. – Vol. 38. – P. 1693–1703.
21. Li B. Optimal Fixture Design Accounting for the Effect of Workpiece Dynamics / B. Li, S. Melkote // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2001. – Vol. 28. – P. 701–707.
22. Nalbandh A. H. Fixture design optimization using genetic algorithm-a review / A. H. Nalbandh, C. C. Rajyaguru // *Journal of information, knowledge and research in mechanical engineering*. – 2013. – Vol. 2. – P. 466–471.
23. Amaral N. Finite Element Analysis Study on Fixtured Workpiece Deformation: Bachelor of Science Thesis – Worcester, USA, 2000. – 109 p.
24. Papastathis T. N. Modelling and Design Methodology for Fully-Active Fixtures : PhD Thesis. – The University of Nottingham, Great Britain, 2010.
25. Zheng Z. Modelling and Design Methodology for Fully-Active Fixtures : PhD Thesis. – The University of Nottingham, Great Britain, 2018.
26. Clamping force optimization for minimum deformation of workpiece by dynamic analysis of workpiece-fixture system / S.Selvakumar, K. P. Arulshri,

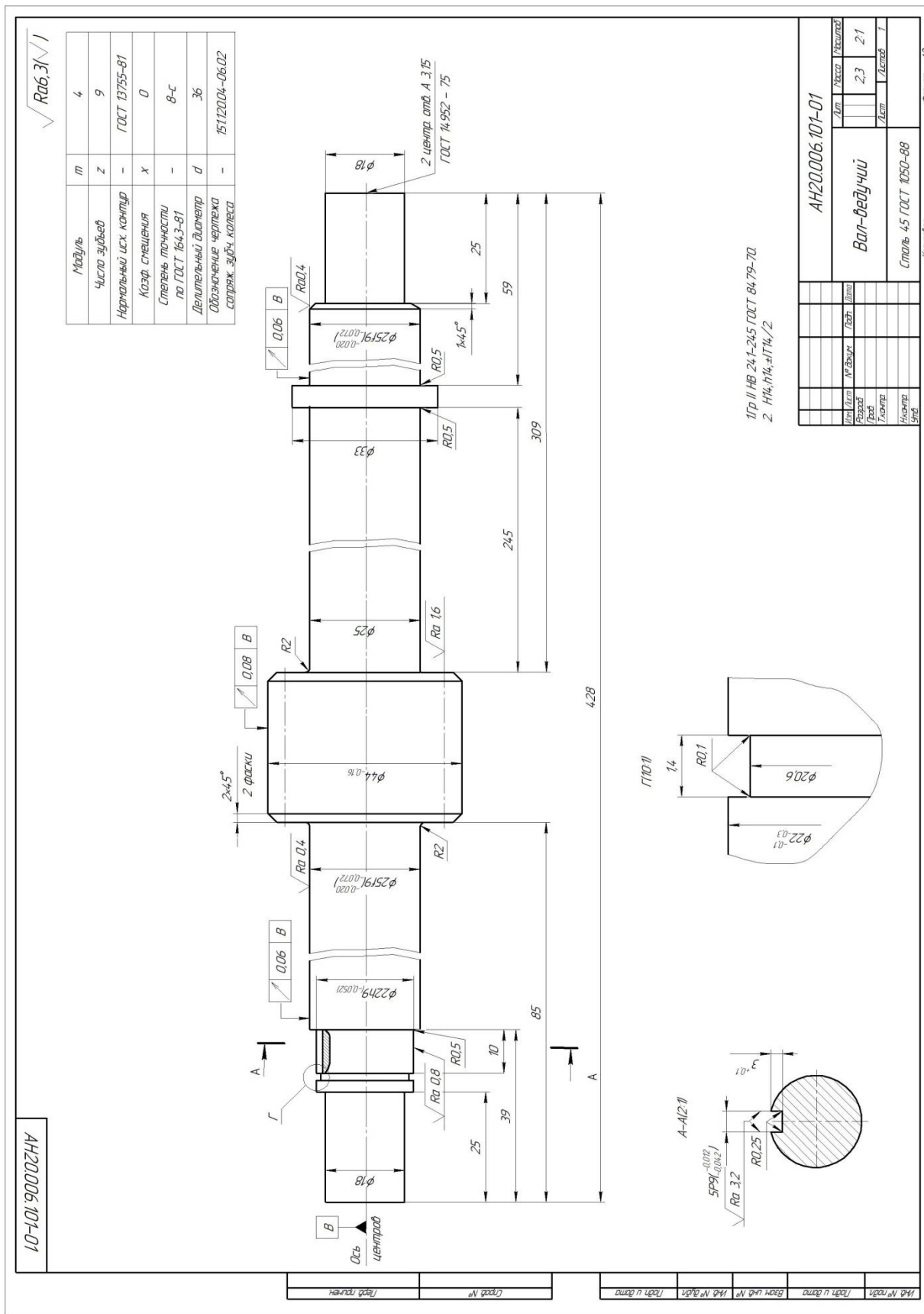
K. P. Padmanaban, K. S. Sasikumar // World Applied Sciences Journal. – 2019. – Vol. 9. – P. 614–626.

27. Machining fixture layout design for milling operation using FEA, ANN and RSM / M. Vasundara, K. P. Padmanaban, M. Sabareeswaran, M. RajGanesh // Procedia Engineering. – 2022, Vol. 38. P. 1693–1703.

28. Experimental and numerical fretting fatigue using a new test fixture / S. L. Sunde, B. Haugen, F. Berto // International Journal of Fatigue. – 2021, Vol. 143. P. 106011–106025.

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА						
Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о}$						
№ операції	Найменування операції	$T_{шт.}$, хв.	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Токарно – гвинторізна	40,00	0,04	1	0,04	16,94
2	Токарно – гвинторізна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
3	Вертикально-фрезерна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
4	Горизонтально-фрезерна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
5	Вертикально-фрезерна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
6	Круглошліфувальна	30,00	0,03	1	0,03	22,58
7	Токарно – гвинторізна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
8	Круглошліфувальна	30,00	0,03	1	0,03	22,58
9	Токарно – гвинторізна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
Сума:				9		265,37
<p>$T_{шт.}$ - штучний час, m_p - кількість необхідного обладнання, P - кількість робочих на кожній операції, $\eta_{з.ф}$ - фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця, O - кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці.</p>						
	Річний обсяг випуску виробів N_p	200	шт.			
	Дійсний річний фонд часу роботи завантаження обладнання $\eta_{з.н}$	4015	годин			
		0,75				
	Коефіцієнт закріплення операцій	29,49				
	ТИП ВИРОБНИЦТВА	Дрібносерійний				
Визначення розміру партії запуску n						
	Кількість робочих днів на рік k	254	дн.			
	Період запуску a	24	дн.			
	Партія запуску n	19	шт.			

ДОДАТОК В

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Розрахуємо розміри заготовки за другим варіантом за ГОСТ 7505-89 та визначимо її масу. Розрахунок поковки робимо керуючись ГОСТ 7505-89. Користуючись ГОСТ від 7505-89, визначаємо:

- клас точності Т4;
- групу сталі М2;
- ступінь складності – С2 визначається формулою.

Визначаємо розрахункову масу описує фігури за формулою:

$$\frac{M_n}{M_\phi} = \frac{m_\phi \cdot K_p}{\rho \cdot V} \quad (B.1)$$

Основні припуски на розміри, мм:

- 1,4 – довжина 85 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,9 – довжина 309 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,3 – довжина 34 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,3 – діаметр 33 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,3 – діаметр 25 мм та частота поверхні 6,3;
- 1,4 – діаметр 44 мм та частота поверхні 6,3

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні роз'єму штампку - 0,3 мм;
- вигнутість та відхилення від площини та прямолінійності – 0,5 мм

Розміри поковки в мм:

- довжина $85 + (1,4 + 0,3) \cdot 2 = 88,4$ – приймаємо 88;
- довжина $309 + (1,9 + 0,3) \cdot 2 = 313,4$ – приймаємо 313;
- довжина $34 + (1,3 + 0,3) \cdot 2 = 37,2$ – приймаємо 37;
- діаметр $25 + (1,3 + 0,5) \cdot 2 = 28,6$ – приймаємо 29;
- діаметр $33 + (1,3 + 0,5) \cdot 2 = 36,6$ – приймаємо 37;
- діаметр $44 + (1,4 + 0,5) \cdot 2 = 47,8$ – приймаємо 48

Таблиця В.1 – Результати розрахунку припусків та допусків заготовки

Розміри деталі	Чистота поверхні	Припуск			Розрахунковий розмір	Прийнятий розмір
		Основ- ний	До- пом.	Загаль- ний		
L= 85	6,3	1,4	0,3	1,7	88,4	88
L = 309	6,3	1,9	0,3	2,2	313,4	313
L= 34	6,3	1,3	0,3	1,6	37,2	37
Ø33	6,3	1,3	0,5	1,8	28,6	29
Ø44	6,3	1,4	0,5	1,9	47,8	48
Ø25	6,3	1,3	0,5	1,6	28,6	29

ДОДАТОК Г

СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

Перв. примен.		Формат	Зона	Лист	<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>		
Справ. №						<i>Документація</i>				
		A1			<i>ТМ 22510267-07-01.00.00 СБ</i>	<i>Складальне креслення</i>	1			
							<i>Складальні одиниці</i>			
		A4	1		<i>ТМ 22512067-07-01.01.00</i>	<i>Трубопровід</i>	1			
		A4	2		<i>ТМ 22510267-07-01.02.00</i>	<i>Трубопровід</i>	1			
							<i>Деталі</i>			
		A3	3		<i>ТМ 22510267-07-01.00.01</i>	<i>Кришка</i>	1			
		A4	4		<i>ТМ 22510267-07-01.00.02</i>	<i>Палец</i>	1			
		A3	5		<i>ТМ 22510267-07-01.00.03</i>	<i>Плита</i>	1			
		A3	6		<i>ТМ 22510267-07-01.00.04</i>	<i>Поршень</i>	1			
		A3	7		<i>ТМ 22510267-07-01.00.05</i>	<i>Призма</i>	1			
		A3	8		<i>ТМ 22510267-07-01.00.06</i>	<i>Призма</i>	1			
		A4	9		<i>ТМ 22510267-07-01.00.07</i>	<i>Прихват</i>	1			
		A4	10		<i>ТМ 22510267-07-01.00.08</i>	<i>Стійка</i>	1			
A3	11		<i>ТМ 22510267-07-01.00.09</i>	<i>Циліндр</i>	1					
A4	12		<i>ТМ 22510267-07-01.00.10</i>	<i>Шайба сферична</i>	1					
A4	13		<i>ТМ 22510267-07-01.00.11</i>	<i>Шайба сферична</i>	1					
A3	14		<i>ТМ 22510267-07-01.00.12</i>	<i>Шток</i>	1					
Підп. і дата		ТМ 22510267-07-01.00.00								
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Рябка				Пристрій для фрезерно-центрувальної операції	Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Нешта					Д/П	1	2
Инд. № годл.		Исполн.	Иванов			Сум ДУ, ТММ-21				
		Утв.	Иванов							
Взам. инд. №										
Підп. і дата										

ДОДАТОК Д

КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

АН20.006.101-01

Technical drawing of a shaft assembly. The shaft has a diameter of $\phi 25^{+13}_{-0.7}$ and a length of $88^{+14}_{-0.8}$. It features a central section with a diameter of $\phi 48^{+14}_{-0.8}$ and a length of $37^{+13}_{-0.7}$. The total length is 4.38^* . The drawing includes chamfered ends with a radius of $Rz50$ and various chamfer dimensions (17, 16, 16, 18). A detail view shows a chamfered end with a diameter of $\phi 33^{+13}_{-0.7}$ and a chamfer width of 2.2. The drawing is oriented vertically with a horizontal centerline 'X'.

1. Гр. II сталь 4.5 твердість 269, 302 НВ ГОСТ 84.79-70.
2. Покровка шліфдована на КШП ГОСТ 7505-89.
3. Клас точності - Т4, група сталі-М2, ступінь складності-С2, вихідний індекс-12.
4. Невказані радіуси заокруглень- R 4...5 мм.
5. Шліфдовані ухили- 5°.
6. Допустимий зсув по поверхні роз'єму шліфма - 1 мм.
7. Допустимі відхилення по вигнутості від площинності та прямолінійності не більше 1,2 мм.
8. * Розмір для справок

АН20.006.101-01		/шт.	Масштаб
Вал ведучий		345	2:1
(покабка)		/лист	1
Сталь 4.5 ГОСТ 1050-88		СумДУ ТММ-21	

Лист № подл.

Лист в дана

Взам. уніф. №

Лист № дроб.

Лист № подл.

Лист в дана

Лист № подл.

Лист в дана

Взам. уніф. №

Лист № дроб.

Лист № подл.

Лист в дана

Лист № подл.

Лист в дана

Взам. уніф. №

Лист № дроб.

Лист № подл.

Лист в дана

Лист № подл.

Лист в дана

Взам. уніф. №

Лист № дроб.

Лист № подл.

Лист в дана

Контракт А3

ДОДАТОК Е

КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

№ операції	Назва операції. Операційний ескіз	Обладнання	Пристрої та оснащення																								
005	Заготовляльна	Прес КБ 8040																									
010	Термічна	Лич габзди Г-134																									
015	Фрезерно-центрувальна	МР-71	Дисперсій спеціальний Середній патрон 4-810 ГОСТ 18522-79 Антика пареміна 6100-034.3 ГОСТ 19595-95 Свердло центральне 2317-0011 ГОСТ 14952-75 Фреза торцева протв 2214-0323 ГОСТ 5348-69 Фреза торцева лба 2214-0323 ГОСТ 5348-69 Шпильки цвукль ШЛ 125-II-0.1 ГОСТ 166-88 Колода-протв лба протв 8227-3030 74 ГОСТ 17758-72 Шаблон конусний 60° ГОСТ 1260-72																								
020	Точарно-дільтерна	16Р25																									
025	Точарна з ЧПК	1642043																									
030	Горизонтально-фрезерна	6К81Г																									
035	Вертикально-фрезерна	6Р12																									
040	Слесарна	Верстак слесарний																									
045	Контроль ВТК	Стил ВТК																									
050	Круглошліфувальна	3А164А																									
055	Контроль ВТК	Стил ВТК																									
060	Зубофрезерна	538307																									
065	Слесарна	Верстак слесарний																									
070	Контроль ВТК	Стил ВТК																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">ТМ 22510267-02.МТ</td> </tr> <tr> <td style="width: 25%;">Дата</td> <td style="width: 25%;">Ім'я</td> <td style="width: 25%;">Підп.</td> <td style="width: 25%;">Долб.</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Мудий технічний технологічний процес</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Служба ТМ-21</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">Інженер А.С.</td> </tr> </table>				ТМ 22510267-02.МТ				Дата	Ім'я	Підп.	Долб.					Мудий технічний технологічний процес				Служба ТМ-21				Інженер А.С.			
ТМ 22510267-02.МТ																											
Дата	Ім'я	Підп.	Долб.																								
Мудий технічний технологічний процес																											
Служба ТМ-21																											
Інженер А.С.																											

ДОДАТОК Ж

КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ

NO 10-90-192015ZZ NI

ТМ 22510267-06-010H

Ра 6,3(N)

Операция 020. Фрезерно-центровально. Верстат моделі 2Г942, $N_{\text{сум}} = 11\text{кВт}$.

№ РИ	Разовый инструмент	f мм	S мм/об	V м/об	n об/об	L мм	L ₀ мм	L ₁ мм	L ₂ мм	L ₃ мм	шт-к
1	Фрезы твердосплавные - призма 2274-0323 ГОСТ 5348-69 Фреза твердосплавная - либра 2274-0323 ГОСТ 5348-69	5	0,09	65,69	250	85	6,29	0,99	22	2,45	2,45
2	Сверла центровальные 2371-0111 ГОСТ 14952-75 шт	1575	0,12	24,87	1500	3,2	0,16	0,99	22	1,1	1,1

Исполн.	Провер.	Утвер.

Исполн.	Провер.	Утвер.

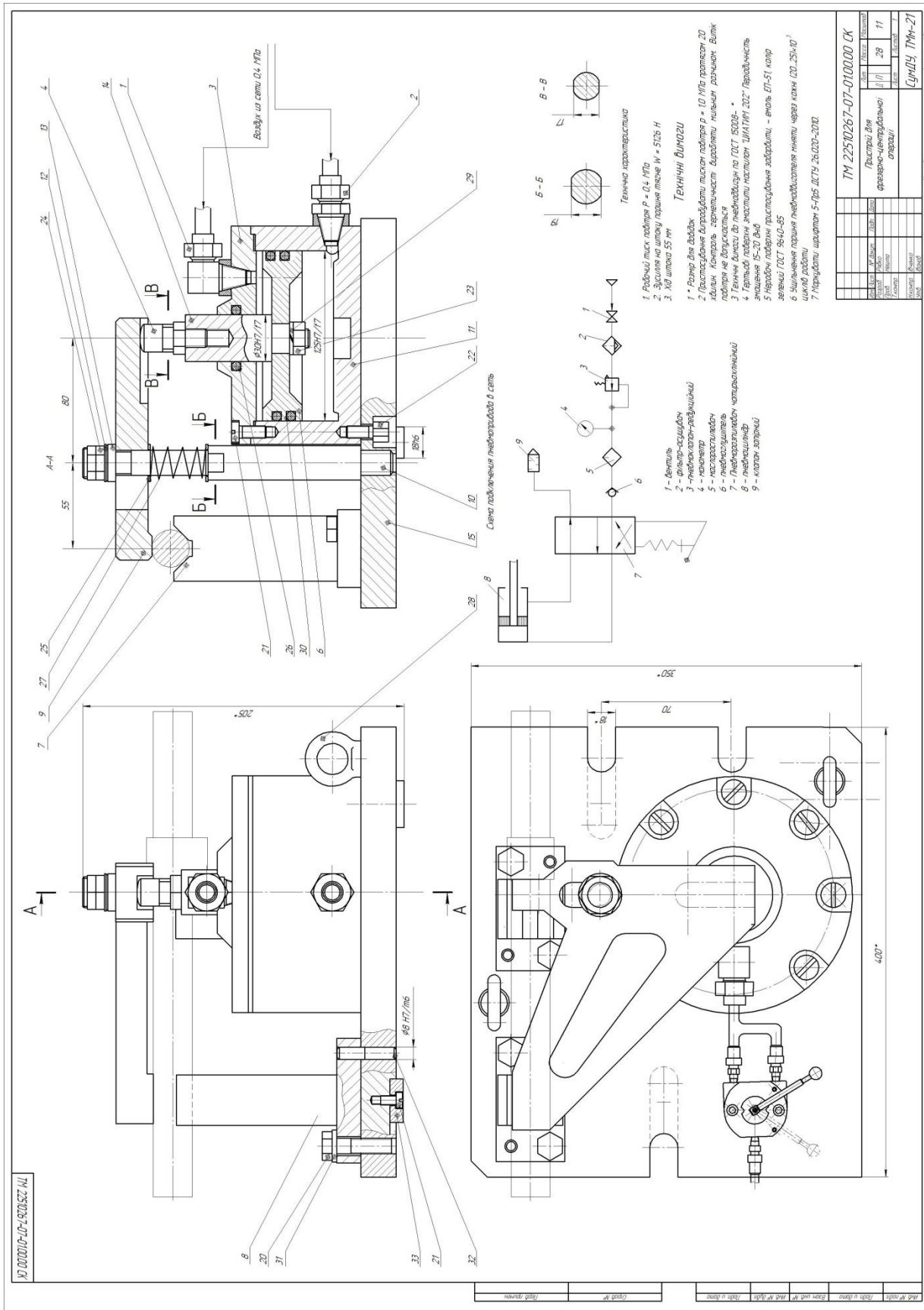
ТМ 22510267-06-010H

Операция наладочная (операция 020)

Сумму, ТММ-21

ДОДАТОК К

КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ



ДОДАТОК Л

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Л.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі «Вала ведучого АН20.006.101-01»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Вал ведучий АН20.006.101-01».

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

- стандарти системи безпеки (ССБ);
- будівельні норми і правила (БНіП);
- 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 «Вал ведучий АН20.006.101-01» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м. Виробнича дільниця 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;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомономенклатурний. Обладнання розставлено за групою ознакою.

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

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, свердлильних верстатах проводиться в стандартних умовах – трьохкулачкових патронах. Крім того на багатоцільовій операції, застосовуються для установки та закріплення заготовок спеціальні пристосування з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При встановленні заготовки в пристрій 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 пристосування масою 30 кг встановлення якого також здійснюється за допомогою кран-балки.

Різальний 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 пристрої з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).
- замикання електричного ланцюга на металеві частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежній небезпеки приміщення проектного 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 порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях Л.1 та Л.2.

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

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

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна воло-	Швидкість руху (м/сек.)
		Верхня межа	Нижня межа		

		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	гість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	на робочих місцях - постійних і непостійних
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 Л.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 БНіП 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 пристосування 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.

-

Л.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 p_{cp} – 0,4.

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

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

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

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:

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

де S_o - площа усіх вікон у приміщенні, m^2 ;

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

S_n - площа підлоги в приміщенні, m^2 ;

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

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

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

n_o - 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 $n_o = 13$.

$K_{зд}$ – 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 середнє $K_3 = 1,4$.

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

При порівнянні фактичного КПО $e_{\phi} = 0,57\%$ з нормативним $e_{н}^{IV} = 1,08\%$ приходимо до висновку, що природне 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:

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n_{н} \cdot N \cdot n} \quad (Л.3)$$

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 $n_{н}$ – коефіцієнт використання світлового потоку; $n_{н} = 0,4 \div 0,6$ (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:

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} \cdot n_H \cdot N \cdot n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (\text{Л.4})$$

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:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (\text{Л.5})$$

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

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (\text{Л.6})$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(\text{м})$$

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.

Л.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 газозмісних 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.

Л.4 Висновки

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Вал ведучий АН20.006.101-01» та визначені шляхи щодо їх усунення.

2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Вал ведучий АН20.006.101-01», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях. Визначено заходи в разі виникнення НС.