

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 20____ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ ОПРАВКИ ЕКСЦЕНТРИЧНОЇ ЕНІСІ 09.15.11.000.01
ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ КОМПОНУВАННЯ
ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФРЕЗЕРНОЇ ОПЕРАЦІЇ З ЧПК В
УМОВАХ ДРІБНОСЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність **131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)**

**Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Студент

В.М. Кононович

Керівник

І.М. Дегтярьов

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В.В. Фалько

Нормоконтроль

О.В. Івченко

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

Форма № Н-9.02

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

Технічних систем та енергоефективних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Сумський державний університет

на тему **Удосконалення технологічного процесу виготовлення оправки
ексцентричної ЕНІСІ 09.15.11.000.01 шляхом раціонального вибору
компонування верстатного пристрою для фрезерної операції
з ЧПК в умовах дрібносерійного виробництва**

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТМ.м-81
напряму підготовки (спеціальності)

131 Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Кононович В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дегтярьов І.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384
Форма № Н-9.01

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра Технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ В.О.Залога
«__» грудня 2019 року

Сумський державний університет
ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Кононович Віталій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення оправки ексцентричної ЕНІСІ 09.15.11.000.01 шляхом раціонального вибору компонування верстатного пристрою для фрезерної операції з ЧПК в умовах дрібносерійного виробництва

Керівник проекту Дегтярьов Іван Михайлович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» листопада 2019 року № 2240-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «16» грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

- Креслення деталі «Оправка ексцентрична».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталей типу оправка ексцентричної

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

1. Виконати аналіз службового призначення деталі оправка ексцентрична та технології її оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес деталі оправка ексцентрична.

3. Розробити конструкцію верстатного пристрою для фрезерної операції та виконати його оптимізацію.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Консультанти розділів проекту(роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП та БВНС	Фалько В.В. ст. викладач кафедри ПЕК		

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	10.09.2019	Виконано
2	Виконати аналіз службового призначення деталі оправка ексцентрична та технології її оброблення	26.09.2019	Виконано
3	Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі оправка ексцентрична	17.10.2019	Виконано
4	Розробити конструкцію верстатного пристрою для фрезерної операції з ЧНК та виконати його оптимізацію	09.11.2019	Виконано
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	16.11.2019	Виконано
6	Висновки	17.11.2019	Виконано
7	Оформлення роботи	02.12.2019	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі PowerPoint	10.12.2019	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Кононович В. М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Дегтярьов І. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 99 сторінки, в тому числі 20 рисунків, 20 таблиць, бібліографії із 43 джерела.

Мета дослідження: Удосконалення технологічного процесу виготовлення оправки ексцентричної ЕНІСІ 09.15.11.000.01 шляхом раціонального вибору компонування верстатного пристрою для фрезерної з ЧПК операції в умовах дрібносерійного виробництва.

Об'єкт розробки - деталь «Оправка ексцентрична ЕНІСІ 09.15.11.000.01».

Предмет дослідження – верстатний пристрій для виготовлення оправки ексцентрична.

Методи дослідження. В дипломному проекті проведений аналіз виробу – розточної головки, до якого входить деталь «Оправка ексцентрична». Проаналізовані технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначив тип виробництва – дрібносерійне. Проведений аналіз технічних вимог до деталі. Вибраний спосіб отримання заготовки і розроблені технічні вимоги. Проаналізовані технологічні операції: фрезерна з ЧПК 020, а також токарна з ЧПК 010, в яких розглянуті схеми базування і закріплення заготовки на даних операціях. Обґрунтовано вибір металорізальних верстатів і верстатних пристосувань, вимірювальних приладів і ріжучих інструментів. Проведено розрахунок режимів різання.

Наукова новизна: більш сучасна методика проведення та знаходження резервів оптимізації компонувань верстатних пристроїв за прикладом обробки деталі «Оправка ексцентрична» з метою визначення деяких оптимальних параметрів елементів верстатного пристрою на фрезерній операції, при яких буде виконана необхідна точність обробки та жорсткість системи «ВП – заготовка».

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ІНСТРУМЕНТ, ПОХИБКА, ПРИПУСК, РОЗМІР, ДОПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ВЕРСТАТ, БАЗА, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, ТИП ВИРОБНИЦТВА.

РЕФЕРАТ

Записка: 99 с., 20 табл., 20 рис., 42 источника литературы.

Объект разработки: деталь «Оправка эксцентричная ЕНИСИ 09.15.11.000.01».

Цель: Совершенствование технологического процесса изготовления оправки эксцентричной ЕНИСИ 09.15.11.000.01 путем рационального выбора компоновки станочного устройства фрезерной с ЧПУ операции в условиях мелкосерийного производства

Методы исследования. В дипломном проекте проведен анализ изделия - расточной головки, в который входит деталь «Оправка эксцентричная». Проанализированы технические требования на изготовление детали. Определил тип производства - мелкосерийное. Проведенный анализ технических требований к детали. Выбранный способ получения заготовки и разработаны технические требования. Проанализированы технологические операции: фрезерная с ЧПУ 020, а также токарная с ЧПУ 010, в которых рассмотрены схемы базирования и закрепления заготовки на данных операциях. Обоснован выбор металлорежущих станков и станочных приспособлений, измерительных приборов и режущих инструментов. Проведен расчет режимов резания.

Научная новизна: более современная методика проведения и нахождения резервов оптимизации компоновок станочных устройств по примеру обработки детали «Оправка эксцентричная» с целью определения некоторых оптимальных параметров элементов станочного устройства на фрезерной операции, при которых будет выполнена необходимая точность обработки и жесткость системы «ВП - заготовка».

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ЗАГОТОВКАМИ, ДЕТАЛЯМИ, ИНСТРУМЕНТ, ПРИПУСКИ, РАЗМЕР, ДОПУСК, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, СТАНОК, БАЗА, СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ТИП ПРОИЗВОДСТВА.

ABSTRACT

The master's qualification is 99 pages, including 20 drawings, 20 tables, bibliographies from 43 sources.

Purpose of the study: Improvement of the technological process of manufacturing the mandrel of the eccentric ENISI 09.15.11.000.01 by rational selection of the layout of the machine tool for milling with CNC operation in the conditions of small-scale production.

The object of development is the detail "The mandrel eccentric ENISI 09.15.11.000.01". The subject of the study is a machine tool for making a mandrel eccentric.

Research methods. The diploma project analyzes the product - the boring head, which includes the part "Eccentric mandrel". The technical requirements for manufacturing parts are analyzed. Determined the type of production - small batch. The analysis of the technical requirements for the details. The method of obtaining the workpiece is selected and the technical requirements are developed. Technological operations are analyzed: milling with CNC 020, as well as turning with CNC 010, in which the schemes of basing and fixing the workpiece on these operations are considered. The choice of metal-cutting machines and machine tools, measuring instruments and cutting tools is grounded. Cutting modes have been calculated.

Scientific novelty: a more modern method of conducting and finding reserves optimization machine tool layout by the example of processing parts "mandrel eccentric" in order to determine some of the optimal parameters of machine tool elements in the milling operation, which will meet the required processing accuracy and rigidity of the system "VP - workpiece" .

TECHNOLOGICAL PROCESS, PROCESSING, DETAIL, INSTRUMENT, MISTAKE, ADMISSION, SIZE, TOLERANCE, CUTTING MODE, MACHINE, BASE, MACHINE, MACHINE, MACHINE, MACHINE.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей та умов її експлуатації	6
1.2 Пристрій вузла і принцип роботи	7
1.3 Аналіз службового призначення деталі	8
1.4 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	10
1.5 Визначення типу виробництва та форми його організації	11
1.6 Аналіз технологічності конструкції деталі	17
1.7 Висновки	19
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	20
2.1 Вибір способу одержання заготовки	20
2.2 Розрахунок методу отримання заготовки із штамповки	21
2.3 Розрахунок припусків	23
2.4 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення	25
2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів	28
2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструмента	30
2.7 Розрахунок режимів різання	31
2.8 Технічне нормування операцій	39
2.9 Проектування верстатного пристрою	42
2.10 Обґрунтування схем базування і закріплення заготовки	46
2.11 Розрахунок точності елементів конструкції пристрою	53
2.12 Опис конструкції та роботи пристрою	55
2.13 Висновки	55

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	57
3.1 Сучасний стан проектування, досліджень та оптимізації конструкцій верстатних пристроїв	57
3.2 Важливість ВП у виробничому процесі.....	58
3.3 Методика проведення та виявлення резервів оптимізації верстатних пристроїв	60
3.4 Дослідження напружено-деформованого стану досліджуваного верстатного пристрою.....	66
3.5 Модальний аналіз досліджуваного верстатного пристрою	72
3.6 Гармонічний аналіз досліджуваного верстатного пристрою	73
3.7 Висновки	75
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі «Оправка ексцентрична».....	77
4.2 Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення	85
4.3 Висновки	89
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	92
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ОПРАВКА ЕКСЦЕНТРИЧНА ЕНІСІ 09.15.11.000.01”	97
ДОДАТОК Б РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ.....	98
ДОДАТОК В СПЕЦИФІКАЦІЯ НА СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ТМ 18510045-07-.00.00.....	99

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудування, яке допомагає як розробляти так і поставляти нову техніку в усіх галузях господарства, показує технічний прогрес держави та робить великий вплив на створення матеріальної бази у суспільстві. Тому цьому розвитку завжди і надається велике значення.

Технологія машинобудування – це наука про дослідження та виготовлення машин найкращої якості в заданій виробничою програмою кількості і терміни при використанні найменшої кількості затрат живих і матеріалізованої праці, тобто при мінімальній собівартості.

На даний час широко удосконалюється розробка, що вирішить проблеми впливу технології на фізико-хімічний стан металу, та поверхневого шару заготовок, що будуть оброблюватися, також його дислокацій, розмірів кристалічних градок, на експлуатаційні корисні властивості та на надійність деталей спроектованих машин. В свою чергу триває вирішення проблеми такої як технологічна спадковість та зміцнюючої технології. Удосконалюються такі методи як, оптимізації технологічних процесів для досягнення високої точності, економічності виготовлення також продуктивності, що дозволить у забезпеченні високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини. Проектуються системи автоматизованого керування ходом технологічного процесу з його майбутньою оптимізацією за заданими параметрами виготовлення і необхідним якісними характеристиками. Проводяться роботи по удосконаленню гнучких автоматизованих систем на базі використання ЕОМ. Для досягнення поставленої мети були встановлені наступні.

Мета дослідження: Удосконалення технологічного процесу виготовлення оправки ексцентричної ЕНІСІ 09.15.11.000.01 шляхом раціонального вибору комплектування верстатного пристрою для фрезерної з ЧПК операції в умовах дрібно-серійного виробництва.

Об'єкт дослідження – деталь «Оправка ексцентрична ЕНІСІ 09.15.11.000.01».

Предмет дослідження – верстатний пристрій для виготовлення оправка ексцентрична.

Методи дослідження. В дипломному проекті проведений аналіз виробу – розточної головки, до якого входить деталь «Оправка ексцентрична». Проаналізовані технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначив тип виробництва – дрібно-серійне. Проведений аналіз технічних вимог до деталі. Вибраний спосіб отримання заготовки і розроблені технічні вимоги. Проаналізовані технологічні операції: фрезерна з ЧПК 020, а також токарна з ЧПК 010, в яких розглянуті схеми базування і закріплення заготовки на даних операціях. Обгрунтовано вибір металорізальних верстатів і верстатних пристосувань, вимірювальних приладів і ріжучих інструментів. Проведено розрахунок режимів різання.

Наукова новизна: більш сучасна методика проведення та знаходження резервів оптимізації компонувань верстатних пристроїв за прикладом обробки деталі «Оправка ексцентрична» з метою визначення деяких оптимальних параметрів елементів верстатного пристрою на фрезерній операції, при яких буде виконана необхідна точність обробки та жорсткість системи «ВП – заготовка».

Практичне значення отриманих результатів. Дана методика в машинобудівній галузі дає змогу в застосовувати удосконалену оптимізацію конструкцій систем «ВП – заготовка» за рахунок програмного комплексу ANSYS.

Апробація роботи. Не має.

Публікації. Не має

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, списку джерел посилань і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 99 сторінки, у тому числі 20 рисунків, 20 таблиці, бібліографії із 43 джерел на п'яти сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі.

Опис конструктивних особливостей та умов її експлуатації

Верстат 2E440A верстат координатно-розточний, призначений для обробки отворів з точним розташуванням осей, розміри між якими задані в прямокутній системі координат.

Поряд з розточуванням на верстаті можуть виконуватися свердління, легке (чистове) фрезерування, розмітка та перевірку лінійних розмірів, зокрема і між-центровою відстаней. Верстат забезпечений поворотними столами, що дає можливість проводити обробку отворів, заданих в полярній системі координат, похилих і взаємно перпендикулярних отворів і проточку торцевих площин.

Верстат 2E440A - одноколонного типу, має прямокутний стіл з поздовжнім і поперечним переміщенням. Передбачено установче переміщення шпіндельної бабки.

Робоча і прискорене переміщення столу здійснюються незалежно в поздовжньому і поперечному напрямках асинхронними електроприводами з широким діапазоном регулювання.

Подачі шпинделя регулюються безступінчато за допомогою фрикційного варіатора. Є механізм автоматичного відключення подачі шпинделя на заданій глибині.

Верстат використовується для робіт в інструментальних цехах (обробка кондукторів та пристроїв) і в виробничих цехах для точної обробки деталей без спеціального оснащення.

Точна установка столу на задану координату проводиться вручну, маховичком.

Застосовуючи поставляються з верстатом поворотні столи та інші принадлежності, можна проводити обробку отворів, заданих в полярній системі координат, похилих і взаємно перпендикулярних отворів і проточку торцевих площин.

Клас точності верстата А по ГОСТ 8-82.

Загальний вигляд координатно-розточувального верстата 2E440A(рис 1.1)



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд верстата 2E440A

1.2 Пристрій вузла і принцип роботи

Розточна головка складається з:

Різця розточного поз.4, оправки ексцентричної поз.3, перехідної оправки з конусом 7:24 поз.2, ікрипильних болтів поз.5(рис1.2).

Розточна головка здійснює обертальний рух, за допомогою різця здійснюється робота, а саме знімання деякого припуски при розточування отвору. Подається обертання від головного привода верстата, потім в коробку швидкостей, де переходить в обертання шпинделя верстата, так як розточна головка з'єднана нерухомо відносно шпинделя за допомогою сил тертя, то розточна головка обертається разом зі шпинделем верстата.

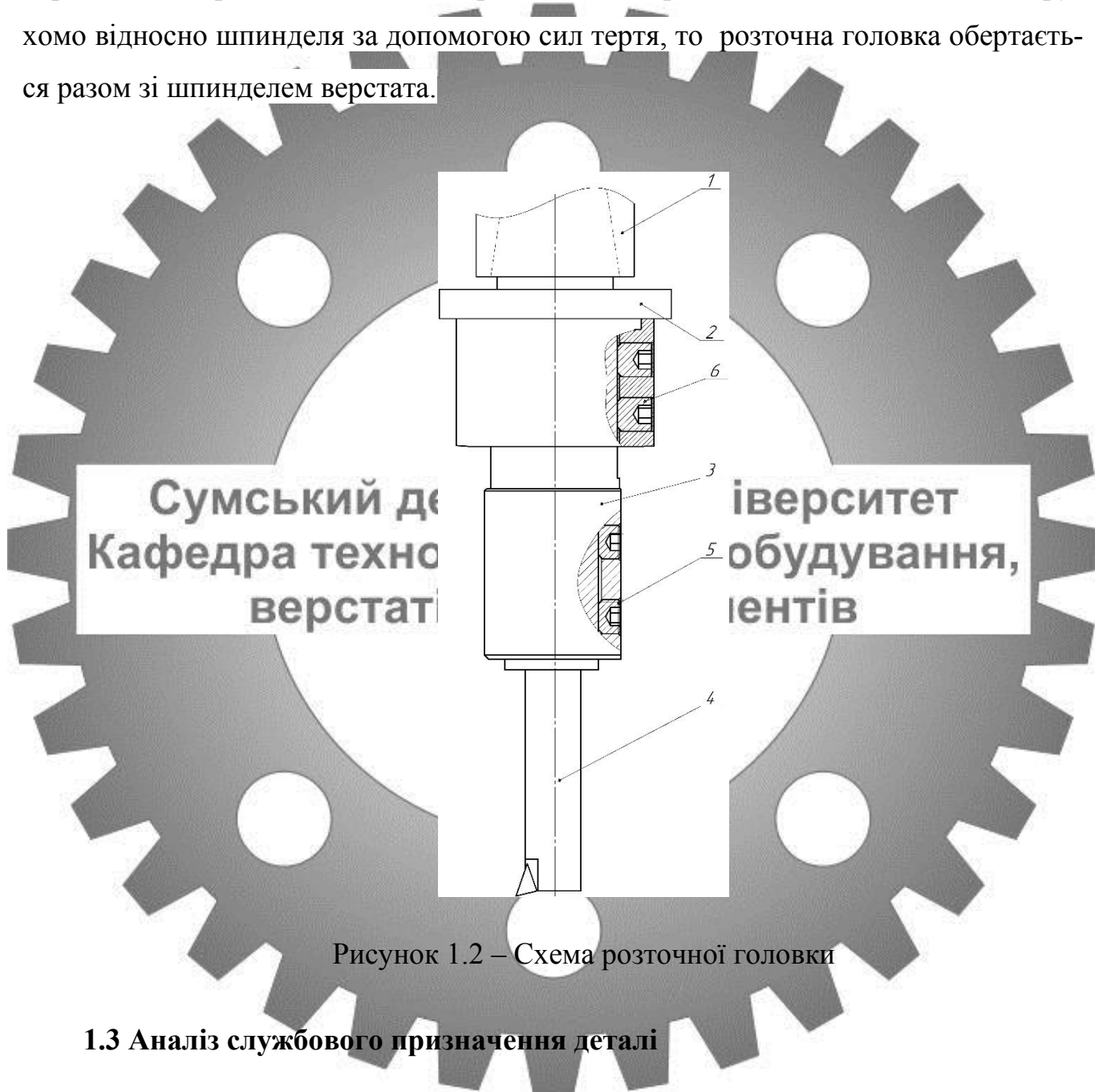


Рисунок 1.2 – Схема розточної головки

1.3 Аналіз службового призначення деталі

Деталь – оправка ексцентрична служить для закріплення в неї розточного різця. Ексцентричний отвір оправки необхідний для того, щоб різець мав змогу обробляти більший діаметр.

Класифікація поверхонь оправки представлена на (рис.1.3).

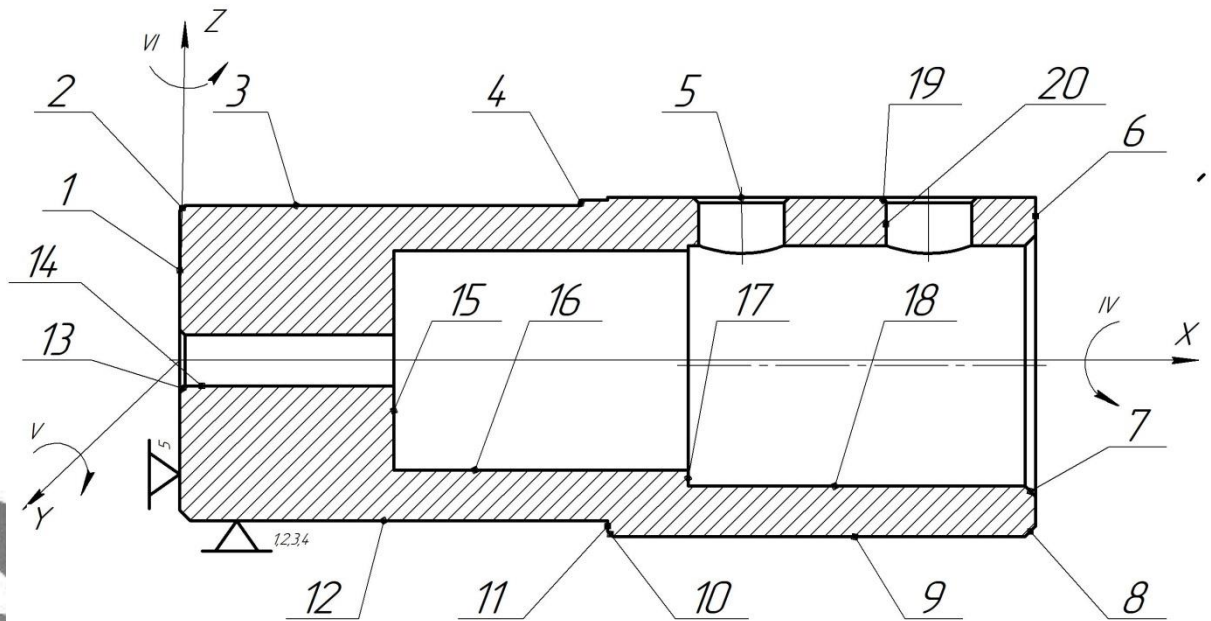


Рисунок 1.3 – Класифікація поверхонь

До основних конструкторських баз відносяться: циліндрична поверхня 12 – являє собою подвійну напрямну, яка позбавляє її чотирьох ступенів свободи (двох обертань і двох переміщень), за допомогою якої дана деталь базується в отворі допоміжної оправки. Поверхня 1 – торець, служить для визначення положення відносно торця допоміжної оправки. Поверхня 3 – визначає положення деталі відносно болтів закріплення.

До допоміжних конструкторських баз відносяться: Поверхня 18 – являє собою подвійну напрямну, яка позбавляє її чотирьох ступенів свободи (двох обертань і двох переміщень), служить для базування осі інструмента відносно осі оправки. Поверхня 17- торець, який визначає положення інструмента по осі. Поверхня 20 – служить для того, щоб за допомогою їх можна було закріпити інструмент від провороту і переміщень по осі. Всі інші поверхні являються вільними.

Таблиця 1.1 – Таблиця відповідностей

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

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

	x	y	Z	
<i>l</i>	1	1	0	ПН
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	0	1	1	О
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	-
<i>α</i>	0	0	0	

1.4 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

У другому пункті технічних вимог обговорено 14 квалітет для не вказаних допусків на розмір, тому що його рекомендується призначати для неспряжуваних елементів щодо низької точності, до яких не пред'являється істотних функціональних вимог. 14 квалітет кращий для металевих деталей, оброблених різанням.

Деталь “Оправка ексцентрична” є типовим представником деталей типу «Вал», виготовляється із сталі 45 ГОСТ 1050-88.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад у Сталі 45 ГОСТ 1050-88 (у відсотках).

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~ 97

Відповідно до ГОСТ 1050-88, механічні та фізичні властивості представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88.

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	НВ, МПа
588	323	14	40	229

Для розміру $\varnothing 60$ прийнято поле допуску f7, тому що посадки H7/f7 застосовують для більш точного центрування, що необхідно для забезпечення точності

при обробці деталей. Посадка Н/ф дає гарантований зазор, який дає можливість легко знімати і ставити деталь.

Для отвору $\varnothing 45$ прийнято поле допуску Н7, забезпечуються ті самі вимоги, що описані вище.

Також на кресленні зазначено допуск циліндричності який складає 0,02, такий допуск застосовують зазвичай для більш точного розташування деталі.

Шорсткість поверхонь рівна 0,8 мкм за критерієм Ra необхідна для забезпечення точного сполучення деталей. Шорсткість поверхні рівна 6,3 мкм за критерієм Ra необхідна для щільного сполучення нерухомих з'єднань.

При посиленні допусків або зменшення шорсткості збільшується вартість обробки деталі, тому збільшення точності доцільно лише у випадку значного збільшення довговічності деталі, так як це окупає її собівартість. Також, при занадто гладких сполучених поверхнях може виникнути явище «схоплювання» і виникне катастрофічний знос.

Сумський державний університет Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

1.5 Визначення типу виробництва та форми його організації

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, які виконуються або підлягають виконанню протягом місяця до числа робочих місьць.

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (1.1)$$

де $\sum O$ – сумарне число різних операцій;

$\sum P$ – число робочих підрозділів, що виконують операції;

Штучний час ми розраховуємо для типового технологічного процесу із номінальною таблицю 3.1.

Розрахунок кількості верстатів за операціями:

$$m_p = \frac{N_{р\dot{ч}} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}, \quad (1.2)$$

де $F_d = 4029$ час – дійсний річний фонд часу роботи устаткування,

$\eta_{з.н.ср.} = 0,8$ – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання для операції 020:

$$m_p = \frac{2000 \cdot 8,18}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,08 \text{ шт.}$$

Число робочих місць P знаходимо шляхом округлення до найближчого більшого цілого числа отриманого значення m_p : $P = 1$. Результатами розрахунків для інших механічних операцій представимо в табл. 1.5.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця визначається за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.3)$$

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

Кількість операцій, які виконуються на робочому місці визначаються:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (1.4)$$

$$O = \frac{0,8}{0,08} = 10 \text{ шт.}$$

Визначаємо $\sum P$, $\sum O$, $\sum T_{шт}$ і результати розрахунків заносимо в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Визначення типу виробництва

Номер операції	Назва операції	$T_{шт}$, хв	m_p , шт	P , шт	$\eta_{з.ф.}$	O , шт
010	Токарна з ЧПК	9,86	0,1	1	0,1	8
015	Шліфувальна	1,512	0,02	1	0,02	40
020	Фрезерна з ЧПК	8,18	0,08	1	0,08	10
025	Свердлильна	0,72	0,01	1	0,01	80
030	Розточувальна з ЧПК	6,325	0,06	1	0,06	13
035	Шліфувальна	5,26	0,05	1	0,05	16
	Всього	31,177	-	5	-	167

Коефіцієнт закріплення операцій визначаємо за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{167}{5} = 33,4$$

Отримане значення коефіцієнта ($20 < K_{з.о.} < 40$) відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Визначення форми організації виробництва

Добовий випуск деталей визначимо за формулою:

$$N_{доб} = \frac{N_{рпч}}{c}, \quad (1.5)$$

де c – кількість робочих днів у році, $c = 254$ дні

$$N_{доб} = \frac{2000}{254} = 8 \text{ шт/день.}$$

Добовий фонд часу роботи устаткування розраховується:

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{254}, \quad (1.6)$$

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 951,73 \text{ хв}$$

Середня трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n}, \quad (1.7)$$

де n – число операцій, $n = 5$.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Добова продуктивність обладнання при завантаженні на 60% розраховується:

$$Q_{\text{сум}} = \frac{F_{\text{доб}}}{T_{\text{ср}}} \cdot 0,6, \quad (1.8)$$

$$Q_{\text{сум}} = \frac{951,73}{7} \cdot 0,6 = 81,5 \text{ шт.}$$

При порівнянні $N_{\text{доб}} = 8 < Q_{\text{сум}} = 81,5$ видно, що добовий випуск деталей набагато менше добової продуктивності потокової лінії при завантаженні на 60%, тобто застосування однономенклатурної потокової лінії не доцільно. Тому застосовуємо групу форму організації виробництва.

Визначаємо кількість деталей у партії для одночасного запуску:

$$n = (N \cdot a) / 259 \quad (1.9)$$

де $a=12$ - періодичність запуску в днях[2, с.23].

$$n = (2000 \cdot 12) / 254 = 94,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 95$ шт.

Дрібносерійний тип виробництва це в першу чергу обмежений номенклатурою виробів, які виготовляються періодично партіями що повторюються і не великим обсягом випуску. Коефіцієнт закріплення операцій 20-40.

При даному типі виробництва використовується універсальне і спеціалізоване технічне обладнання. Також використовують верстати з ЧПК, обробні центри, та гнучкі автоматизовані системи на базі верстатів з ЧПК, які пов'язані між собою транспортуючими пристроями, які в свою чергу керуються від ЕОМ.

Обладнання в цеху ставляться по певним технологічним групам, беручи до уваги напрямок основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутим ділянкам.

Технологічне оснащення найчастіше береться універсальне. Найбільш поширене має універсально-збірні, переналагоджувані технологічні оснащення, яке дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

Для вихідних заготовок найчастіше використовується гарячий чи холодний прокат, точне лиття, лиття в землю та під тиском, а також поковки і точні штампування.

Потрібна точність досягається за допомогою методу автоматичного отримання розмірів, так і методом пробних проходів з частковим використанням розмітки для більш складних корпусних деталей.

Кваліфікація робітників повинна бути вище, чим в масовому виробництві. Поряд з працюючими високої кваліфікації, які мають навички роботи на складних універсальних верстатах, та також можуть налагоджувати чи використовувати робітники-оператори, які працюють на вже налагоджених верстатах.

Залежно від особливості технологічного виробництва та обсягу випуску можуть забезпечуватися повна, неповна, групова взаємозамінність, і компенсація розмірів.

Технологічна документація і нормування розробляється більш наполегливо для складних та відповідальних деталей і спрощеного нормування для більш простих деталей.

Різальний інструмент який застосовується - універсальний та спеціальний.

Вимірювальний інструмент - калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Також з даним типом виробництва та порядком виконання деяких операцій, розташування технологічного обладнання, де встановлюється групова форма організації технологічного процесу, яка в свою чергу характеризується однорідністю за конструктивно-технологічними ознаками виробів.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес диференційований, що означає розчленування на окремі операції, які встановлені на окремих верстатах. Верстати застосовуються універсальні, спеціальні, спеціалізовані, автоматизовані, агрегати.

Верстатний парк має бути спеціалізований так, щоб була можливість переходу від виробництва однієї продукції до іншої, що мало відрізняється від першої в конструктивному відношенні. Мають застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристрої, сучасний різальний інструмент, та вимірювальний інструмент таких як граничних калібрів та шаблонів, що дають змогу взаємозамінності оброблених деталей. В якості спеціалізованих пристроїв (або інструментів) застосовуються нормалізовані конструкції, пристрій для даної операції.

Дрібносерійне виробництво на багато економніше, чим одиничне виробництво, так як краще застосовують устаткування, збільшення продуктивності праці забезпечить зменшення собівартості продукції, що виготовляється.

Дрібносерійне виробництво, яке є підвидом (нижчою формою) серійного виробництва, воно є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, а підприємства цього типу випускають в даний час 70% всієї продукції машинобудування країни.

1.6 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності проводиться з метою – виявлення недоліків конструкції з відомостей які містяться на кресленні і технічних вимогах, а також покращення технологічності розглянутої конструкції .

Показники технологічності поділяються на якісні та кількісні.

Якісні показники характеризують технологічність конструкції більше на основі досвіду виконавця. До якісних показників відносяться: матеріал деталі, установка в верстаті (базування та закріплення), розміщення розмірів, допуски форми та розміщення, геометрична форма, можливість використання прогресивних способів обробки поверхонь.

Аналізуючи деталь за використанням матеріалом необхідно відзначити, що сталь 45 має гарну лезвійну оброблюваність. Сталі замітники: 40Х, 50, 50Г2.

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими (циліндричні, плоскі), що значно полегшує обробку , тому що в більшій мірі точність обробки буде залежить від простоти конструкційних форм, що при аналізі поверхонь дозволить сказати, що за даним показником деталь технологічна.

Аналізуючи деталь за використанням необроблених поверхонь робимо висновок, що вона не технологічна, так як деталь відповідальна, тому що, Велика кількість поверхонь контактують з іншими деталями вузла та виконують різні функціональні призначення, тому майже всі поверхні оброблюється з великою точністю та шорсткість.

Аналізуючи креслення деталі можна сказати, що виконане воно відповідно з дотриманням стандартам, хоча присутні деякі неточності, такі як перетин розмірних ліній, нагромадження розмірів, дані зауваження незначні та розумінню креслення не заважають. Тому можна вважати що деталь за цим пунктом є технологічною.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не може бути виконано, адже деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціональним призначенням необхідно забезпечити відповідно їх якість, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса заготовки складає 2,44 кг, що свідчить про те, що при транспортуванні, та установці заготовки на верстат не потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран-балки, мостові крани). Отже за масою деталь технологічна.

Конструкція деталі є доволі жорсткою, що дозволяє в свою чергу, при механічній обробці її поверхонь, застосовувати продуктивні режими різання та багато інструментальну обробку, що є технологічним.

На основі розглянутого креслення деталі «Оправка ексцентрична», можемо зробити висновок, що існують не технологічні конструктивні елементи:

-внутрішні циліндричні поверхні: $\varnothing 45H7x65 Ra=0,8$ (з допуском на циліндричність 0,02мм) - поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 60f7x80 Ra=0,8$ - поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

Вище приведені зауваження є не технологічними, але вони є конструктивними: необхідні для використання деталі в вузлі, а отже змінити їх не має можливості, всі інші поверхні є технологічними .

1.7 Висновки

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

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 45, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.



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

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір способу одержання заготовки

З метою економії металу та зменшення трудомісткості обробки, конфігурація заготовки повинна бути максимально наближена до конфігурації деталі. Трудомісткість виготовлення і собівартість заготовки повинні бути мінімальними. Заготовка повинна мати форму, що дозволяє вести обробку з мінімальною кількістю установів і ріжучого інструменту. Матеріал заготовки не повинен мати тріщин, рихлостей, розшарувань.

Виходячи із типу виробництва і форми його організації можна запропонувати два методи отримання заготовок: – прокат; – штамповка в підкладних штампах.

Розрахунок методу отримання заготовки із прокату:

$$S_{ЗАГ1} = M + \Sigma C_{0.3}, \quad (2.1)$$

де M – затрати на матеріал заготовки

$\Sigma C_{0.3}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки;

$$C_{0.3} = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт(ш-к)}}{60 \cdot 100}, \quad (2.2)$$

де $C_{п.з}$ – приведені затрати на робочому місці, грн/год;

$T_{шт(ш-к)}$ – штучний або штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

$$C_{0.3} = \frac{16 \cdot 1,45}{60 \cdot 100} = 0,0038$$

$$M = QS - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (2.3)$$

де $S = 35$ грн – базова вартість одного кг матеріалу, грн.

$Q = 5$ кг – маса заготовки;

$q = 2,44$ кг – маса готової деталі;

$S_{отх} = 5000$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$M = 5 \cdot 35 - (5 - 2,44) \cdot \frac{5000}{1000} = 162,2 \text{ грн}$$

$$S_{ЗАГ1} = 162,2 + 0,0038 = 163 \text{ грн.}$$

2.2 Розрахунок методу отримання заготовки із штамповки

$$S_{ЗАГ} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (2.4)$$

де $C_i = 35000$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 5$ кг – маса заготовки;

$q = 2,44$ кг – маса готової деталі;

$K_T = 1$ – коефіцієнт враховуючий клас точності;

$K_c = 1,15$ - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 0,87$ - коефіцієнт враховуючий масу;

$K_M = 1$ - коефіцієнт враховуючий матеріал;

$K_n = 0,8$ - коефіцієнт враховуючий об'єм виробництва заготовок;

$S_{отх} = 5000$ грн – ціна однієї тони відходів

$$S_{ЗАГ} = \left(\frac{35000}{1000} \cdot 5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (5 - 2,44) \cdot \frac{5000}{1000} = 128 \text{ грн}$$

Собівартість прокату вище, тому приймаємо заготовку - штамповка в підкладних штампах.

Розраховуємо економічну вигідність вибраного способу одержання заготов-

ки:

$$E = (S_{\text{заг1}} - S_{\text{заг2}}) \cdot N; \quad (2.5)$$

$$E = (163 - 128) \cdot 2000 = 70000 \text{ грн}$$

Розрахунок припусків і допусків на штамповану заготовку згідно ГОСТ 7505 – 89.

Вихідні дані для розрахунку припусків:

матеріал - сталь 45 ГОСТ 1050 – 88;

маса деталі – 5,0 кг,

підігрів заготовки – індукційний;

Клас точності – Т2;

Група сталі – М2 (см. табл. 1) ;

Ступінь складності – С1 .

Вихідний індекс – 16.

Призначаємо припуски і граничні відхилення згідно ГОСТ 7505 – 89.

Таблиця 2.1 – Розрахунок розмірів штамповки

Номінальний розмір елемента деталі, мм	Припуск на сторону, мм	Додаткові припуски	Допустимі відхилення розмірів заготовки, мм	Остаточний розмір елемента заготовки, мм
Ø60	2,2	-	+2,0 -1,2	Ø64,6 ^{+2,0} _{-1,2}
Ø66	2,0	-	+2,4 -1,2	Ø70 ^{+2,4} _{-1,2}
80	2,2	-	+2,7 -1,3	82,2 ^{+2,7} _{-1,3}
160	2,2	-	+2,7 -1,3	164,4 ^{+2,7} _{-1,3}

2.3 Розрахунок припусків

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 60f7$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.6)$$

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

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

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

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

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

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}; \quad (2.7)$$

де, $\rho_{см} = 1,0$ мм – похибка заготовки пов'язана зі зміщенням осі;

$\rho_{кор}$ – похибка короблення заготовки;

$$\rho_{заг} = \sqrt{0,096^2 + 0,7^2} = 0,7 \text{ мм}$$

ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від $\rho_{заг}$ тоді $\rho_{чери} = \rho_{заг} k_y$, де $k_y = 0,02-0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чер}} = 700 \cdot 0,06 = 42 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 700 \cdot 0,04 = 28 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{шліф}} = 700 \cdot 0,02 = 14 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.2, а самі результати розрахунку у додатку Г.

Таблиця 2.2– Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуска, мкм				
			R _z	h	ρ	ε _y	
						ε _б	ε _з
Обробка тиском	T2	64,6(+ ² _{-1,2})	100	50	700	-	-
Точіння чорнове	h12	60,8- _{0,3}	63	60	42	100	100
Точіння чистове	h 9	60,16- _{0,12}	32	30	28	60	40
Шліфування	f7	60(- ^{0,03} _{-0,06})	6,3	12	14	0	0

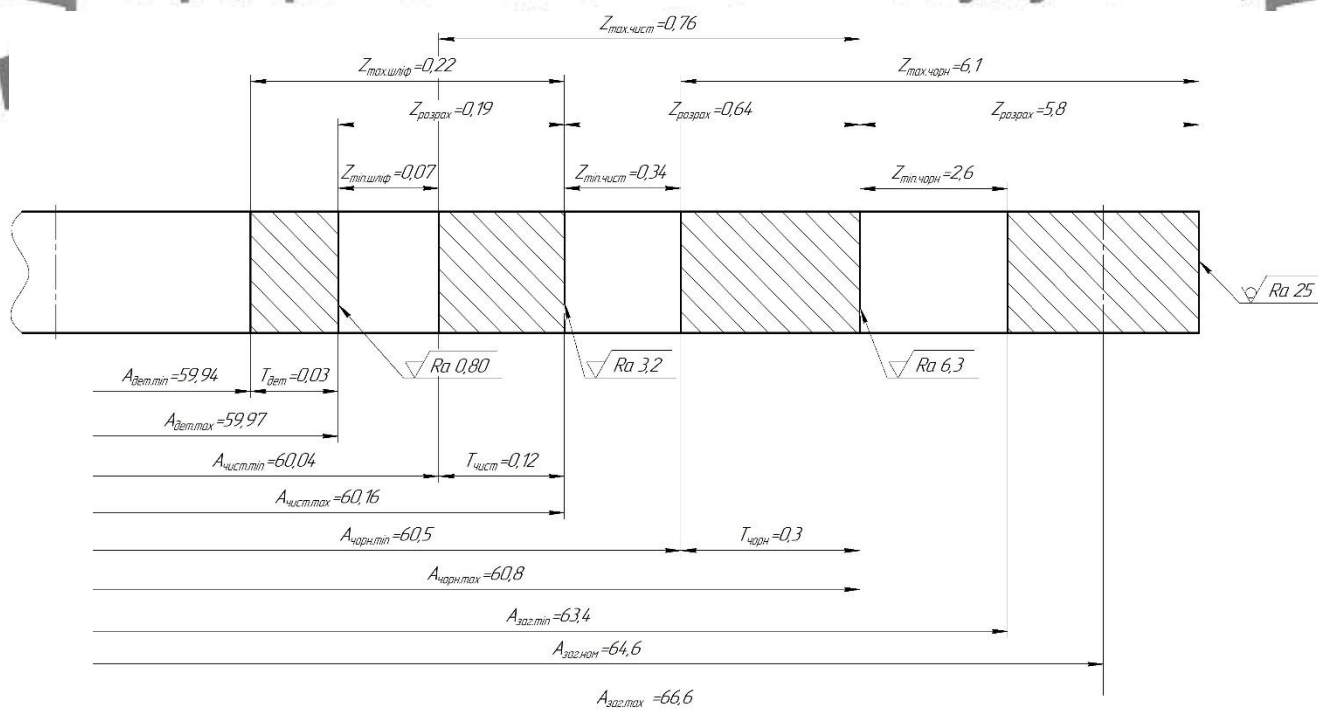


Рисунок 2.1 – Схема розташування допусків та припусків на розмір $\varnothing 60 f7(-\frac{0,03}{-0,06})$ мм.

2.4 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базирования, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задириків, напливів, буртиків в, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Операція 020 « Фрезерна з ЧПК »

На операції 020 відбувається фрезерування лисок $59 \pm 0,1$ мм та $63,5 \pm 0,1$ з одного установу. Розглянемо базування заготовки на рисунку 2.2. Дана схема базування передбачає подвійну напрямну, та опорну базу., заготовка лишається п'яти ступенів вільності(табл.6.2).

Так як, наша деталь буде закріплюватися у призмах, то похибка базування для розмірів 59 мм та 63,5 мм буде однаковою для даних схем базування, і складатиме:

де T_D – допуск на розмір діаметра по якому буде закріплюватися в призмах.

$$\alpha = 90^\circ - \text{кут нахилу призм};$$

$$\varepsilon_6 = \frac{30}{2 \sin \frac{90}{2}} = 15 \text{ мкм};$$

Вибір схеми базування будемо проводити виходячи з похибки базування на лінійний розмір 75 мм.

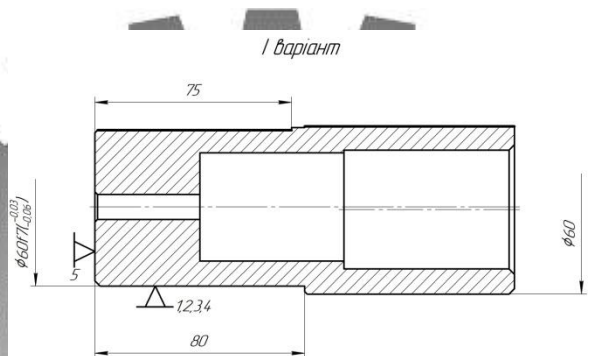


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки на фрезерній операції I варіант.

З даної схеми базування можна зробити висновок, що похибка базування для розміру 75 мм буде дорівнювати нулю. В зв'язку з тим, що вимірювальна та технологічна бази співпадають.

Розглянемо іншу схему базування заготовки, де змінимо тільки опорну базу на інший торець (рис.2.3). Дана схема також лишає п'яти ступенів вільності.

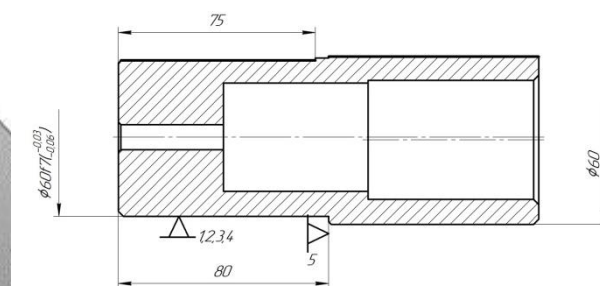


Рисунок 2.3 – Схема базування заготовки на фрезерній операції II варіант.

В даній схемі технологічна та вимірювальна база не співпадає, отже похибка базування на розмір 75 мм буде дорівнювати допуску на розмір 80 мм.

Розглядаючи дані схеми базування вибираємо першу схему базування, так як, в ній відсутня похибка базування на розмір 75 мм.

Операція 010 «Токарна з ЧПК»

На операції з двох установів виконується обробка заготовки «Оправка ексцентрична».

Вибір схеми базування будемо проводити виходячи з похибки базування на лінійний розмір 120 мм та 80 мм.

Так як, дана заготовка обробляється в трьох кулачковомсамоцентруючом патроні і належить до простих деталей, то можливо запропонувати тільки одну схему базування та закріплення зображену на рис.2.4



Рисунок 2.4 – Схема базування заготовки на токарній операції.

Оскільки технологічна база та вимірювальна база не співпадають, то з даної схеми базування можна зробити висновок, що похибка базування для розміру 120 мм та 80мм буде дорівнювати похибці на розмір 160мм.

Похибка базування буде дорівнювати

$$\varepsilon_{\phi 160} = T_{160} = 400 \text{ мкм};$$

$$T_{160} > T_{120} (400 \text{ мкм} > 350 \text{ мкм});$$

$$T_{160} > T_{80} (400 \text{ мкм} > 300 \text{ мкм});$$

Висновок: так як допуски на розмір витримати не можливо, необхідно зробити суміщення технологічної та вимірювальної бази.

2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Для обробки пазів були розглянуті два фрезерних верстати EcoMill 350 і 6P12. Проаналізувавши, був вибраний вертикально-фрезерний верстат EcoMill 350, так як даний верстат має достатню робочу поверхню столу та систему ЧПК, котра дозволить зменшити час обробки і відповідно зменшить собівартість деталі, а також виключити людський фактор в процесі обробки. Використання верстату з ЧПК дозволить уникнути попередніх розмічувальних операцій у зв'язку з тим що буде відбуватись автоматичний вихід ріжучого інструменту у вихідні точки.

Вибір обладнання був зроблений з урахуванням таких технологічних ознак:

а) потужність двигуна верстат даної моделі оснащений 7,5 кВт двигуном, якого достатньо для фрезерування пазу;

б) габарити робочого простору: дане обладнання має стіл 800x240 мм, що цілком задовольняє наші потреби;

В таблиці наведені порівняння технічних характеристик верстатів.

Таблиця 2.3 – Порівняння технічних характеристик верстатів

Характеристика	Значення	
	EcoMill 350	6P12
Двигун шпинделя, кВт	7,5	7,5
Точність, мм	0,012	0,02
Робоча поверхність столу, мм	800x240	320x1250
Швидкість швидкого переміщення столу і повзуна, мм/хв	6000	3000

Продовження таблиці 2.3

Число скоростей шпинделя	18	18
Максимальні оберти шпинделя, об/хв	3000	1600
Живлення, В	400	380
Маса, кг	1400	3120
Габаритні розміри	1830x1600 x1960	2305x 1950 x2020

Операція 010 «Токарна з ЧПК»

Для обробки зовнішньої поверхні були розглянуті два токарні верстати 16К20Ф3 і TRENSSN 500 SA. Проаналізувавши, був вибраний токарний верстат 16К20Ф3.

Вибір обладнання був зроблений з урахуванням таких технологічних ознак:

- верстат даної моделі оснащений 7,5 кВт двигуном, якого достатньо для точіння циліндричної поверхні;
- верстат може забезпечити точність згідно креслення;

Таблиця 2.4 – Порівняння технічних характеристик верстатів

Характеристика	Значення	
	16К20Ф3	1В62Г
Максимальний діаметр обробки над супортом, мм	220	220
Максимально довжина оброблюваної деталі, мм	1000	1000
Потужність двигуна, кВт	10	7,5
Кількість частот обертання шпинделю	22	24

Продовження таблиці 2.4

Максимальні оберти шпинделю, об/хв	2000	1400
Число ступенів подач, мм/об повздовжня поперечні	Б/с	0,036...22,4 0,018...11,2
Вага, кг	4000	2400
Габаритні розміри, мм	3360x1710 x1750	2800x1190 x1450

Висновок: на операцію 010 «Токарна з ЧПК» обираємо верстат моделі 16К20Ф3 так як верстат має більшу потужність, може забезпечити необхідну точність обробки згідно креслення.

2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірального інструмента

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

Операція 020 «Фрезерна з ЧПК»

У загальному об'ємі технологічної оснастки близько 50% складають верстатні пристрої. Застосування верстатних пристроїв дозволяє:

- надійно базувати та закріплювати деталь, що оброблюється зі збереженням її жорсткості у процесі обробки;
- стабільно забезпечувати високу якість оброблюваних деталей при мінімальній залежності якості від кваліфікації робітника;
- підвищити продуктивність та полегшити умови праці робітника у результаті механізації пристосувань;
- розширити технологічні можливості використовуваного обладнання.

- цанговий патрон 1-30-2-90 ГОСТ 26539-80 для установлення або закріплення інструментів в шпинделя верстата;
- фреза 2220-0016 P6M5 ГОСТ 17025-71 – кінцева фреза $\varnothing 16$ з циліндричним хвостовиком;
- фреза 2220-0025 P6M5 ГОСТ 17025-71 – кінцева фреза $\varnothing 25$ з циліндричним хвостовиком;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166 – 89.

Операція 010 «Токарна з ЧПК»

Для операції 010 «Токарна з ЧПК» обираємо обладнання:

- патрон 7100 – 0031 – 2 – 1 ГОСТ 2675 – 80;
- різець токарний контурний 2101 – 0601 T5K10 ГОСТ 20872 – 80;
- різець розточний 2141 – 0124 T5K10 ГОСТ 18063 – 72;
- свердло спіральне $\varnothing 14,9$ 2300-7032 ГОСТ 886-77;
- мітчик G3/8” 2625-0017 ГОСТ 3266-81;
- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;
- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166 – 89.

2.7 Розрахунок режимів різання

Операція 020 «Фрезерна з ЧПК»

Розрахуємо аналітичним методом фрезерування лиски 63,5.

Вихідні дані: виконаємо фрезерування лиски шириною $B=25$ мм і глибиною $t=2,5$ мм. Тип фрези – кінцева. Оброблюваний матеріал – сталь Сталь 45 ГОСТ 1050-88 з межею міцності $\sigma_B=588$ МПа. Спосіб отримання заготовки – поковка, обробка фрезою із швидкоріжучої сталі P6M5. Модель верстата EcoMill 350.

Визначаємо подачу на один зуб фрези S_z . Для обробки сталі фрезою, з матеріалу P6M5, приймаємо подачу $S_z=0,007$ мм/зуб з урахуванням поправочного коефіцієнту на оброблюваний матеріал $K_m=1,0$

$$S_{пр} = K \cdot S_Z = 0,007 \cdot 1,0 = 0,007 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v; \quad (2.8)$$

де - $C_v=12$, $g=0,3$, $x=0,3$, $y=0,25$, $u=0$, $p=0$, $m=0,26$ - коефіцієнти і показники у формулі швидкості різання;

$D=26$ - діаметр фрези, мм;

$T=30$ - стійкість різального інструменту, хв;

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання і визначається за формулою:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} \quad (2.9)$$

де $K_{MV}=1,25$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$K_{IV} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки на швидкість різання;

$K_{IV} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

$$K_v = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 1.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{12 \cdot 25^{0,3}}{30^{0,26} \cdot 2,5^{0,3} \cdot 0,007^{0,25} \cdot 25^0 \cdot 6^0} \cdot 1 = 34,32 \frac{\text{м}}{\text{хв}} .;$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 34.32}{3.14 \cdot 25} = 437 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Корегуємо значення частоти обертання шпинделя з паспортом верстата, приймаємо $n=450$ об/хв. З урахуванням прийнятої частоти швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 25 \cdot 450}{1000} = 35.32 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D g n^w} K_{mp} \quad (2.10)$$

де $C=68,2$, $q=0,86$, $x=0,86$, $y=0,72$, $u=1,0$, $w=0$ - коефіцієнти і показники у формулі сили різання;

K_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності, розраховується за формулою:

$$K_{mp} = (588/750)^{0,3} = 0,93.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила різання дорівнюватиме:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68.2 \cdot 2.5^{0.86} \cdot 0.007^{0.72} \cdot 25^1 \cdot 6}{25^{0.86} \cdot 450^0} \cdot 0.93 = 369 \text{ Н.}$$

Складові сили різання

$$P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 369 = 148 \text{ Н.}$$

$$P_v = 0,95 \cdot P_z = 0,95 \cdot 369 = 351 \text{ Н.}$$

$$P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 369 = 148 \text{ Н.}$$

$$P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 369 = 203 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{369 \cdot 34,32}{1020 \cdot 60} = 0,02 \text{ кВт.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Так як потужність різання менше потужності верстата ($N_{\text{різ}} < N_{\text{ст}} \eta$, $0,064 < 7,5 \cdot 0,85 = 6,37$), отже обробка можлива.

Визначаємо основний час, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L + l_1}{n \cdot S_M} i \quad (2.11)$$

де $L = 80$ мм - робочий хід фрези;

$l_1 = 2$ мм - довжина врізання і перебігу.

Переводимо подачу на зуб в хвилину подачу за формулою, мм/хв:

$$S = S_z \cdot z \cdot n, \quad (2.12)$$

де $z = 6$ - кількість зубів фрези;

$n = 450$ об/хв - обороти фрези;

$$S_m = 0,007 \cdot 6 \cdot 450 = 18,9 \frac{\text{мм}}{\text{хв}},$$

$$T_o = 82/18,9 = 4,33 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.5 – Режими різання для операції 020 «Фрезерна з ЧПК»

Номер і текст переходу	Режими різання					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S _m , мм/хв	L, мм	n, об/хв	V, м/хв		
Фрезерування лиски 1	2,5	18,9	80	450	34,32	80	4,33
Фрезерування лиски 2	1	54	75	450	21,195	75	2,75

Операція 010 «Токарна з ЧПК»

Вихідні дані: виконаємо точіння. Оброблюваний матеріал – сталь 45 ГОСТ 1050-88 з межею міцності $\sigma_b = 588$ МПа, HB = 229 МПа. Модель верстата 16K20Ф3.

Глибина різання визначається за формулою

$$t = \frac{D - d}{2}; \quad (2.13)$$

де D – діаметр заготовки;

d – діаметр який отримуємо;

$$t = \frac{70 - 66}{2} = 2 \text{ мм};$$

Подача складатиме $S = 0,7 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$

Стійкість ріжучого інструменту $T=30$ хв. Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v; \quad (2.14)$$

де $C_v=350$, $x=0,15$, $y=0,35$, $m=0,2$ – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання;

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою [4, с.276]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}; \quad (2.15)$$

де $K_{mv}=1,53$ – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал;

$K_{nv}=0,8$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{iv}=0,65$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал;

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$K_v = 1,53 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,79;$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,79 = 144 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.16)$$

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot 144}{\pi \cdot 70} = 655 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Корегуємо значення частоти обертання шпинделя з паспортом верстата, приймаємо $n=560$ об/хв. З урахуванням прийнятої частоти швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 560}{1000} = 123 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p; \quad (2.17)$$

де $C_p = 200$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = 0$ – коефіцієнти і показники у формулі сили різання;

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання, розраховується за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (2.18)$$

де $K_{mp} = 0,83$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_{\phi p} = 0,98$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності;

$K_{\gamma p} = 1,15$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності;

$K_{rp} = 0,93$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності;

$$K_p = 0,83 \cdot 0,98 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,87$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила різання дорівнюватиме:

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 123^0 \cdot 0,87 = 2663 \text{ Н};$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = 5,35 \text{ кВт.}$$

Так як потужність різання менше потужності верстата ($N_{\text{різ}} < N_{\text{ст}} \eta$, $5,35 < 10 \cdot 0,9 = 9$), отже обробка можлива.

Визначаємо основний час, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}; \quad (2.19)$$

де L – загальна довжина обробки;

i – кількість проходів;

Розрахункова довжина обробки розраховується по формулі

$$L = l + l_1 + l_2; \quad (2.20)$$

де l – розрахункова довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = \text{tg} \varphi \cdot t$ – величина врізання різця, мм;

$l_2 = (2 - 5)$ – величина перебігу різця, мм;

$$l_1 = \text{tg} 60^\circ \cdot 2,5 = 5;$$

Приймаємо $l_2 = 3$ мм;

З урахування розрахованих величин величина оброблюваної поверхні буде дорівнювати

$$L = 80 + 5 + 3 = 88 \text{ мм};$$

Основний час обробки:

$$T_o = \frac{88 \cdot 1}{560 \cdot 0,7} = 0,22 \text{ хв};$$

Таблиця 2.6 – Параметри режимів обробки операції 010 «Токарна з ЧПК».

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T_o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установ А								
Точити торець $\varnothing 66/80$	2,5	0,4	1000	136	1	33	0,1	Табличний
Точити $\varnothing 66$	2	0,7	560	123	1	80	0,22	Аналітичний
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Свердлити отвір $\varnothing 14,9$	7,45	0,07	1200	28,4	1	120	3,9	Табличний
Розточити поверхню $\varnothing 41$	3	0,3	560	114	5	72	3,6	Табличний
Установ Б								
Точити торець $\varnothing 60,3/80$	2,5	0,4	1000	136	1	30	0,1	Табличний
Точити поверхню $\varnothing 60,3$	1,5	0,6	800	151,4	2	80	0,34	Табличний
Свердлити отвір $\varnothing 14,9$	7,45	0,07	1200	28,4	1	40	1,3	Табличний
Нарізати різь G3/8''	0,85	1,337	200	9,3	2	40	0,3	Табличний
Всього		9,86						

2.8 Технічне нормування операцій

Операція 020 «Фрезерна з ЧПК»

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{N_n}, \quad (2.21)$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час;

$T_{шт}$ – штучний час;

$N_n = 95$ – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заклучний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}, \quad (2.22)$$

де $T_{пз1} = 20$ хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 14$ хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз} = 20 + 14 = 34 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{від} + T_{об}. \quad (2.23)$$

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.24)$$

де $T_{уст} = 0,20$ хв - час на установку і зняття заготовки вручну;

$T_{уп} = 0,05$ хв - допоміжний час з управління при фрезеруванні;

$T_{вим} = 1$ хв - час на вимірювання.

$$T_d = 3,5 + 1,1 + 1 = 5,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T; \quad (2.25)$$

$$T_{оп} = 7,08 + 5,6 = 12,68 \text{ хв.}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 5\% = 12,68 \cdot 0,05 = 0,6 \text{ хв. ,}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{від} = T_{оп} \cdot 4\% = 12,68 \cdot 0,04 = 0,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 7,08 + 0,6 + 0,5 = 8,18 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 8,18 + 34/95 = 8,53 \text{ хв.}$$

Операція 010 «Токарна з ЧПК»

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{N_{\text{п}}}, \quad (2.26)$$

де $T_{\text{п.з}}$ – підготовчо-завершальний час;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час;

$N_{\text{п}} = 95$ – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заклучний час

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}, \quad (2.27)$$

де $T_{\text{пз1}} = 24$ хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{\text{пз2}} = 10$ хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{\text{пз}} = 24 + 10 = 34 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{від}} + T_{\text{об}}. \quad (2.28)$$

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}}, \quad (2.29)$$

де $T_{\text{уст}} = 0,85$ хв - час на установку і зняття заготовки вручну;

$T_{\text{п}} = 1,5$ хв - допоміжний час з управління при точинні;

$T_{\text{вим}} = 1$ хв - час на вимірювання.

$$T_d = 0,85 + 1,5 + 1 = 3,35 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d; \quad (2.30)$$

$$T_{оп} = 9,86 + 3,35 = 13,21 \text{ хв.}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 8\% = 13,21 \cdot 0,08 = 1,05 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{від} = T_{оп} \cdot 8\% = 13,21 \cdot 0,08 = 1,05 \text{ хв.}$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Визначаємо штучний час:

$$T_{шт} = 13,21 + 1,05 + 1,05 = 15,31 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = 15,31 + 34/95 = 15,66 \text{ х}$$

2.9 Проектування верстатного пристрою

Верстатний пристрій проектується для обробки заготовок на вертикально-фрезерній операції 020. На операції фрезерується дві лиски які повинні формувати три лінійних розміри ($63,5 \pm 0,1$; $59 \pm 0,1$; 75).

Розмір 63,5 на кресленні містить допуск:

$$T_{63,5} = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм}$$

Значення допуску не відповідає стандартному: для IT11 допуск дорівнює 190 мкм, а для IT12 допуск дорівнює 300 мкм (ГОСТ 25346-82).

Оскільки ми не маємо права брати більш грубий допуск, ніж той, що зазначив конструктор, то стандартне значення допуску буде дорівнювати:

$$T_{63,5} = 190 \text{ мкм.}$$

Розмір 59 на кресленні містить допуск

$$T_{59} = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ мкм}$$

Значення допуску не відповідає стандартному: для IT11 допуск дорівнює 190 мкм, а для IT12 допуск дорівнює 300 мкм.

Оскільки ми не маємо права брати більш грубий допуск, ніж той, що зазначив конструктор, то стандартне значення допуску буде дорівнювати:

$$T_{59} = 190 \text{ мкм.}$$

Оскільки розмір 75 заданий вільним, то відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі, допуск беремо за 14 квалітетом точності (ГОСТ 25346-89)

$$T_{75} = 740 \text{ мкм.}$$

На кресленні рекомендується проставляння таких відхилень наданого розміру: $75 \pm 0,37$.

Похибка форми лінійної поверхні $63,5 \pm 0,1$ і $59 \pm 0,1$ характеризується відхиленням від прямолінійності і площинності (ГОСТ 24642-81*) і нормується за ГОСТ 24643-81. Оскільки розглянуті поверхні на кресленні не містять допуски форми, то для рівня геометричної точності А (нормальна точність) незазначений допуск прямолінійності та площинності приймаємо орієнтовно в межах 30% від допуску на розміри $63,5 \pm 0,1$ і $59 \pm 0,1$, так як, допуски на ці розміри однакові, то :

$$T_{\square}_{63,5} = 0,6 \cdot 190 = 114 \text{ мкм,}$$

$$T_{\square}_{59} = 0,6 \cdot 190 = 114 \text{ мкм}$$

Згідно [4, с.110 т.5.5]; приймаємо найближче стандартне значення допуску прямолінійності та площинності:

$$T_{\square}_{63,5} = 120 \text{ мкм},$$

що відповідає 12 ступеню точності.

$$T_{\square}_{59} = 100 \text{ мкм},$$

що відповідає 12 ступеню точності.

На кресленні не вказані допуски паралельності лиски, тому їхнє значення може перебувати в межах допуску на розмір 75, тобто:

$$T_{//75} = 0.6 \cdot 740 = 444 \text{ мкм},$$

Згідно [4, с. 108] беремо найближче стандартне значення допуску паралельності:

$$T_{//75} = 500 \text{ мкм},$$

що відповідає 14 ступеню точності

Шорсткість оброблених поверхонь, що вказана на кресленні, має значення $R_a = 6,3 \text{ мкм}$ та $R_a = 0,8$.

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

Оскільки конструкція проектного пристрою припускає застосування призми, то базовими поверхнями можуть виступати $\varnothing 60f7$, $\varnothing 66$ та один з торців заготовки.

На наступних етапах розроблення та обґрунтування схеми базування вибираємо базову поверхню, що позбавляє встановлювану заготовку найбільшої кількості ступенів свободи (головну базову поверхню). Потім здійснюємо вибір інших базових поверхонь

Відповідно до креслення $\varnothing 60$ оброблений по IT7. Згідно [4, с. 46] знаходимо значення допуску:

$$T_{\varnothing 60} = 30 \text{ мкм.}$$

Це означає, що діаметр виконаний з параметрами

$$\varnothing 60f7(-0.03/0.06).$$

Похибка форми циліндричної поверхні $\varnothing 60f8$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності (ГОСТ 24642-81*) і нормується за ГОСТ 24643-81 [4; 28].

Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing} \varnothing 60 = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ (мкм).}$$

Згідно [4, с. 110] беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості:

$$T_{\varnothing} \varnothing 60 = 6 \text{ мкм,}$$

що відповідає 5 ступеню точності.

Похибка форми торця $\varnothing 60$ характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір. Розрахункове значення допуску площинності:

$$T_{\square} \varnothing 60 = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ (мкм).}$$

Згідно [4, с. 107] беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\square} \varnothing 60 = 16 \text{ мкм,}$$

що відповідає 8 ступеню точності.

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, має значення $R_a = 0,8$ мкм, та $6,3$ мкм. Це відповідає вимогам з точності, що висувають до базових поверхонь.

У проектованому пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме таких розмірів та із зазначеними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристрою повинні перебувати лише в межах допусків зазначених розмірів.

Перелік реалізованих функцій, які буде реалізовувати пристрій:

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки

1. Базування заготовки

2. Закріплення заготовки

3. Базування пристрою на верстаті

4. Закріплення пристрою на верстаті

5. Підведення і відведення енергоносія

6. Утворення вихідної сили для закріплення

7. Управління енергоносієм

8. Об'єднання функціональних вузлів

9. Обробка поверхонь 59 ± 1 , $63,5 \pm 0,1$

10. Створення безпечних умов праці

2.10 Обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.

Із усього комплексу поверхонь, що утворять заготовку, на головну базову поверхню може претендувати циліндр $\varnothing 60f7$. На її користь свідчить таке:

– вона найбільш точно оброблена: IT7, $T_{\varnothing 60} = 30$ мкм;

– вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні $R_a = 0.8$ мкм;

– вона найбільш розвинена, тобто $l/d > 1,3$;

Тому, беручи дану поверхню як базову, нам вдається поєднати технологічну базу з вимірювальною за параметром биття.

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

Циліндрична поверхня $\varnothing 60f7$, будучи прийнятою в якості головної базової, позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи, тобто є подвійною напрямною базою

Функції опорної бази рівною мірою можуть виконувати два торці (див. рис. 7.1). Визначимо похибки базування за першим варіантом:

Так як, технологічна і вимурювальна база співпадають, то похибка буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{675} = 0;$$

При базуванні за другим варіантом:

$$\varepsilon_{680} = T_{80} = 740 \text{ мкм.}$$

Тут похибка базування присутня. Тому перевагу віддаємо першій схемі.

Схема базування не впливає на точність розмірів ($63,5 \pm 0,1$ та $59 \pm 0,1$). Ці параметри при обробці визначаються точністю настроювання інструмента на розмір. Тому похибка базування оброблюваних поверхонь у радіальному напрямку дорівнює нулю.

Точнісні параметри базових поверхонь, що розглянуті, відповідають точнісним параметрам оброблюваних поверхонь, що забезпечує виконання вимог, пропонує до обробки.

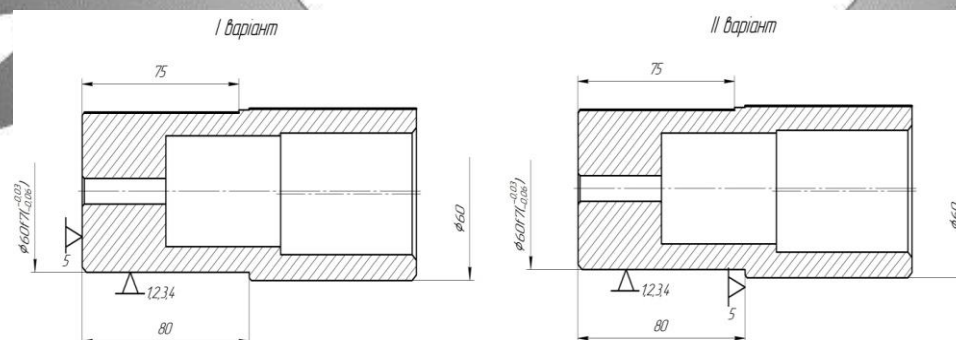
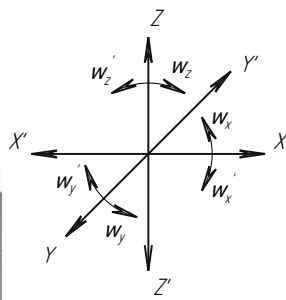


Рисунок 2.5 - Можливі варіанти базування

Остаточний аналіз структури зв'язків проведемо, побудувавши таблицю однібоічних зв'язків (див. табл.2.7).

З таблиці 2.7 видно, що на заготовку накладено 8 однібоічних зв'язків. Всі вони являються повними.

Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщуватися по координатах $x, z, \omega_x, \omega_x'$.



Таблиця 2.7 – Таблиця однобічних зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω_x'	ω_y	ω_y'	ω_z	ω_z'
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R		R			R	R	R	R

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристосування - верстат.

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил и поля врівноважуючих сил будемо графічну модель збурюючих сил з взаємним зв'язком з прийнятою схемою базування.

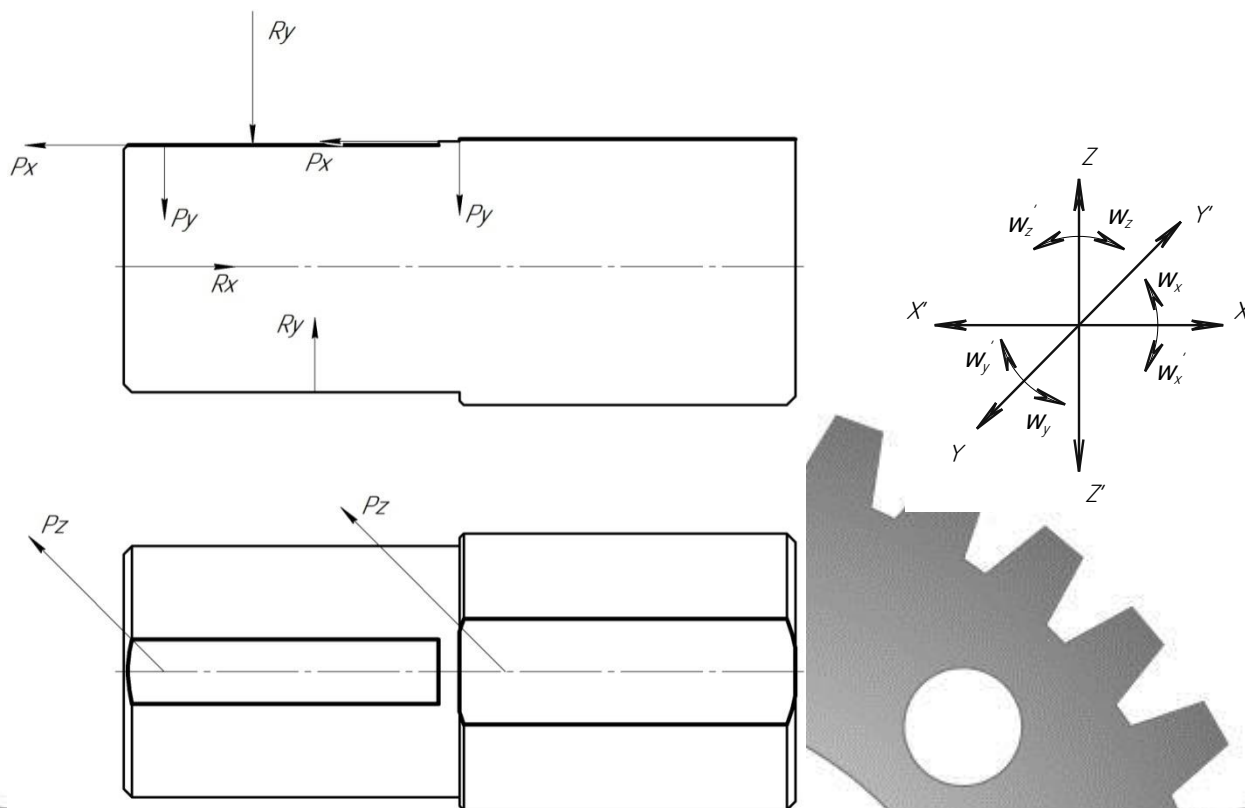


Рисунок 2.6 – Структура поля збурюючих сил

З рисунка 2.6 видно, що складова P_y поля сил, що обурюють врівноважується реакцією R_y ($R_y' = P_y$) (див. Таблицю 7.1). Решта складових поля сил, що обурюють не врівноважені і вимагають програми додаткових сил закріплення. При такій схемі базування слід визнати раціональним застосування заживного пристрою з призмами, який створює поле врівноважують сил, представлене на рисунку 7.2.

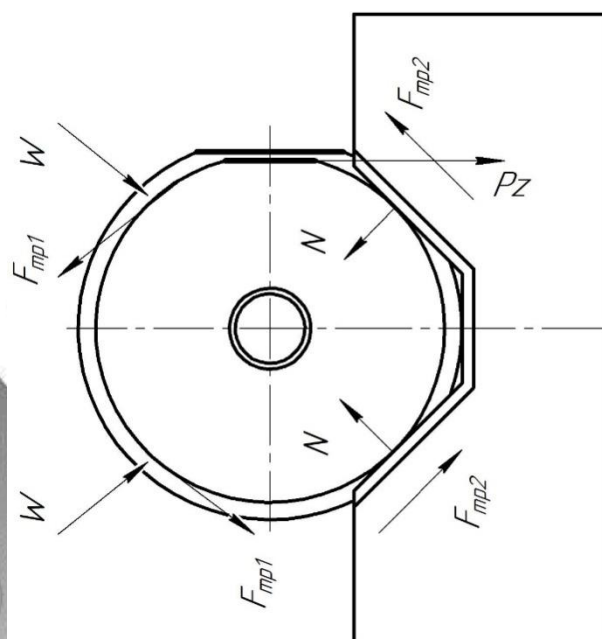


Рисунок 2.7 – Структура поля зрівноважуючих сил

Силві потоки, що виникають при обробці, створюють напругу скручування і стиснення. Однак значна маса заготовки і висока її характеристика жорсткості гасять ці напруги і не викликають деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.

Таблиця 2.8 – Однобічні зв'язки

Індекс координати	x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω_x'	ω_y	ω_y'	ω_z	ω_z'
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R	R			R	R	R	R
	Сила закріплення					W						
	Сила тертя	p					F _{тр}	F _{тр}				

Зсув заготовки під дією сили P_n стримують сили тертя, що виникають в

місцях контакту затискних елементів із заготовкою і в місцях контакту заготовки із опорами призм (на рисунку 7.2 зображені коефіцієнти тертя

F_{mp1}

і F_{mp2}).

Сила закріплення $P_{з1}$ визначиться за формулою [7, т.8, с.80-84]:

$$P_{з1} = \frac{P_h \cdot K}{(f_1 + f_2)} \quad (2.30)$$

де $f_1 = f_2 = 0,16$ – коефіцієнти тертя, відповідно в місцях контакту заготовки із затискним механізмом та опорами.

Визначаємо коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.31)$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт випадкових нерівностей;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт збільшення сил різання при врізанні;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт постійності сили закріплення;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт ергономіки;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт моменту повороту заготовки.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,97$$

Приймаємо $K = 2,5$.

$$P_{з1} = \frac{148 \cdot 2,5}{(0,16 + 0,16)} = 1156 \text{ Н}$$

Друга умова – виключення повороту заготовки під дією моменту, що утворюється складовими силами різання (див. рис.2.8).

Оправка при фрезеруванні буде нерухоною, якщо момент M утворений силою P_z буде дорівнювати моменту тертя, утвореного силою закріплення P_{32} .

Момент, що утворився силою P_v , визначиться за формулою:

$$M = \frac{P_v \cdot D_1}{2} = \frac{351 \cdot 0,066}{2} = 11,6 \text{ Нм},$$

де $D_1 = 66 \text{ мм}$ – діаметр на якому розташовується паз.

Сила закріплення P_{32} визначиться за формулою [7, т.8, с.80-84]:

$$P_{32} = \frac{2 \cdot K \cdot M}{D_3 \cdot \left(f_2 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)}; \quad (2.32)$$

$$P_{32} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 11,6}{0,06 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} \approx 3020 \text{ Н},$$

де $\alpha = 90^\circ$ – кут призми.

Таким чином, із двох умов найбільша сила закріплення $P_{32} = 3020 \text{ Н}$ буде компенсувати поворот заготовки. За цією силою виконується розрахунок пристрою для фрезерування.

Сила закріплення P_{32} діє на заготовку від пневматичного приводу через важільний механізм (див. рис. 2.8). Сила на штоку пневматичного приводу Q , згідно даними довідника [7, т.15, с.89], розраховується за формулою:

$$Q = \frac{P_3 \cdot l_1}{l_2 \cdot \eta} = \frac{3020 \cdot 35}{66 \cdot 0,9} \approx 1780 \text{ Н},$$

де $l_1 = 35 \text{ мм}$; $l_2 = 66 \text{ мм}$ – плечі важільного механізму (визначаються при проектуванні механізму пристрою);

$\eta = 0,9$ – ККД механізму (середній показник).

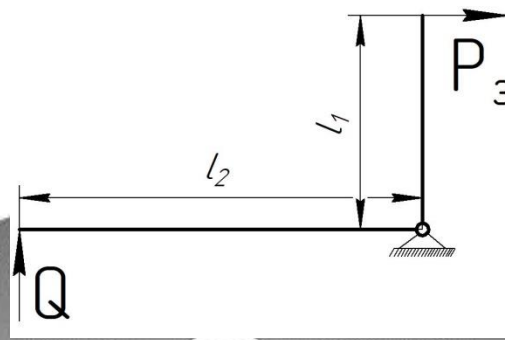


Рисунок 2.8 – Схема важільного механізму

Діаметр пневматичного приводу $D_{\text{п}}$ визначається за формулою [7, т.19, с.92]:

$$D_{\text{п}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{Q_o}{0,196 \cdot p_o}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{1780}{0,196 \cdot 0,4}} \approx 88 \text{ мм},$$

де $p_o = 0,4$ МПа – мінімальний тиск повітря в мережі пристрою.

Для приводу вибрано мембранний пневматичний циліндр однієї дії. Матеріал мембрани є гумовою тканиною. Приймаємо: стандартний діаметр пневматичної камери $D=125$ мм; сила на штоку становить 3500 Н, максимальний рух штоку $0,07D \approx 9$ мм [7, т.18, с.91]. Пристрій для фрезерування наведений на кресленні ТМ14010297–07–00.00 СБ.

2.11 Розрахунок точності елементів конструкції пристрою.

Розрахунок потрібної точності допусків на виготовлення елементів пристрою передбачає перетворення інформації о точності обробки поверхонь заготовки на наведеній операції у вимоги, що пов'язані із точністю елементів конструкції пристрою.

До параметрів, які потрібно розраховувати, треба віднести допуск паралельності площини пристрою та площини встановлення заготовки. Пристрій встановлюється на стіл верстата. Точність виготовлення елементів конструкції при-

строю суттєво впливає на точність роботи самого пристрою. Допустима похибка $T_{пр}$ виготовлення елементів конструкції пристрою, що пов'язана із допусками паралельності площини пристрою, визначається за формулою:

$$\varepsilon_{пр} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{п}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{поз}^2} \quad (2.33)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

- T_1 осі отв = 200 мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції);

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

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

- $\varepsilon_6 = \frac{T}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{200}{2} = 100$ - похибка базування (фрезерування лисок);

- $\varepsilon_3=0$ мкм - похибка закріплення, так як механізований привід,

$\varepsilon_y=18$; мкм - похибка установки пристрою на верстаті;

$$\varepsilon_y = \frac{Sl}{L} = \frac{53 \cdot 66}{190} = 18;$$

де S – максимальний зазор посадки H8/h8;

l – максимальний розмір на якому ведеться обробка;

L – відстань між кріпильними болтами.

- $\varepsilon_{п}=0$ - похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

- $\varepsilon_{зн}=90$ – похибка зношування;

- $K_{T2}=0,6$ – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки (див. п 3.2) [1];

- $\omega=30$ мкм - значення допуску для 7 квалітету середньої економічної точності фрезерування для розмірів 59 та 63,5 мм;
- $\varepsilon_{noz}=10$ мкм - похибка позиціонування (відповідно до паспорта верстата).

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{\text{пр розр}} = 200 - 1,2\sqrt{80^2 + 0^2 + 18^2 + 0^2 + 90^2 + 18^2 + 10^2} = 51 \text{ мкм}$$

2.12 Опис конструкції та роботи пристрою.

Пристрій для фрезерування лисок базується на робочому столі фрезерного верстата за допомогою шпонок 26, та закріплюється болтами М16.

Повітря, потрапляючи через трубопровід до пневмокамери, приводить у дію мембрану 3, яка в свою чергу приводить у рух шток 7. Далі сила стиснутого повітря передається за допомогою рычага 10 до валу 11. Вал переміщується в осьовому напрямку разом з рухомою губкою, на якій, так само як і на нерухомій губці закріплені призми, в яких і закріплюється деталь для фрезерування лисок.

2.13 Висновки

З вище написаного можна зробити висновок, що у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі "Оправка ексцентрична" у якості заготовки була прийнята штамповка у підкладних штампах, так як вона більш економічно вигідна, ніж прокат.

Було проведено аналіз заводського технологічного процесу виготовлення деталі та зроблені деякі зміни, що спрямовані на його вдосконалення, а саме використання сучасного інструменту, спеціальних пристроїв та замінено універсальні верстати на верстати з ЧПК.

Провели аналізацію схем базування і закріплення заготовки надяких операціях, та визначили похибки базування. Також було розраховано припуски ана-

літичним способом для найбільш точній поверхні, вибрані верстати, пристрої, режими різання і розраховано технічне нормування операцій.

Спроектований ВП для фрезерної операції з пневматичним приводом, який дозволить зменшити допоміжний час та збільшити надійність під час використання. Також взявши зв основу розрахунку було зроблено комплект технологічної документації.



РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Сучасний стан проектувань, досліджень та оптимізацій конструкцій верстатних пристроїв

На даний час, як в Україні так і в світі швидко розвиваються підходи до досліджень та проектувань ВП для обробки деталей різних типів складності та класів. В даній галузі для аналізу стану верстатного пристрою і визначення актуального напрямку досліджень, були розглянуті основні підходи проектування, насамперед дослідження гнучкості, точності і оптимізації конструкції верстатного пристрою.

У свою чергу деякими авторами статті [15] були проведені різні дослідження та проектування різних затискних елементів верстатних пристроїв, які дали змогу запропонувати та використати принцип “форми затискних елементів” також взявши величини сил закріплення, щоб була змога визначити оптимальне місце положення на заготовці, та відповідно від цього найбільш прийнятну величину сили. Також застосовувався алгоритм, за яким відповідно і працюють елементи верстатного пристрою у роботі. Результатом цих досліджень як раз і будуть програмні додатки, які дозволять приєднувати алгоритм та бібліотеки затискних елементів, що в свою чергу дозволить підбір або автоматизоване проектування всіх затискних елементів з параметрами відповідно конкретно заданій деталі.

У праці [6] авторами було досліджене тертя між елементами ВП і заготовкою, а також отримані деформації, щовиникають у місцях їх дотику. У роботі статті [7] було створено одну з методик моделювання системи «ВП – заготовка», що дозволили визначити вплив попереднього навантаження під дією сил закріплення а також сил різання для найменшої похибки оброблюваної поверхні. Авторами статті [8] спроектована методика аналізу стійкості системи «ВП – заготовка» та розрахунок найменшого зусилля закріплення, необхідного для механічної обробки, та досліджений вплив порядку закріплення заготовки. J. Asante аналітично

розрахував і дослідив як вплив режимів різання так і податливості ВП на стійкість заготовки [9]. У роботі і [10] приклад спрощеної аналітичної моделі контактної взаємодії заготовки і затискними елементами ВП, також розроблена скінченноелементна модель, яка може дослідити деформацію в місцях контакту між заготовкою та затискними елементами. Y. Zheng розробив скінченно-елементну модель для визначення стійкості рівноважного положення ВП і заготовки, та дослідив методику яка дозволила оптимізувати попереднє навантаження [11]. У праці [12] авторами було запропоновано створити математичну модель взаємодії заготовки з ВП та виконання детермінованого аналізу позиціонування ВП. Науковці Y. Rong і Y. Bai розробили ряд досліджень у галузі точності обробки та аналізу стійкості положення ВП, який ґрунтуються на вирішенні плоскої задачі та використання «діючого фактора», який враховує сили тертя [13]. У роботі автори статті [14] була розроблена відповідна методика визначення місця і сил закріплення для найбільш стійкого положення ВП та заготовки. Праці [15] присвячені дослідженню та розробленню відповідної методики контролю сили закріплення, щоб була можливість врахувати за допомогою методів нелінійного програмування контактні взаємодії між заготовкою та затискними елементами ВП.

3.2 Важливість ВП у виробничому процесі

Верстатні пристрої відіграють одну з найважливіших ролей у виготовленні точної та конкурентоспроможної на сучасному ринку продукції, особливо при умові багатомоделного виробництва, яке в свою чергу вимагає швидкого та найменш трудомісткого переоснащення ВП, при переході від обробки деталі до іншої з відповідною номенклатурою.

На даний час машинобудівне виробництво характеризується як багатомоделною номенклатурністю виробів так і нестабільністю обсягів необхідного випуску продукції. Зі зростанням кількості деталей різної номенклатури при застосуванні спеціальних ВП відповідно зростає як час проектування так і виготовлення технологічної

оснастки, що в свою чергу призводить до збільшення собівартості виготовленої продукції. Переналагодження ВП так званих збірних, до яких і належать універсальнозбірні пристрої (УЗП), які передбачають їх часткове або повне перекомпоновання при переході від обробки однієї деталі до деталей іншого типорозміру, що в свою чергу збільшить витрати часу. Відповідно і жорсткість цих ВП через велику кількість з'єднаних елементів та наявність Т-подібних пазів часто є недостатньою, аби відповідати заданим параметрам та продуктивної обробки з режимами різання, визначеними за допомогою розрахунків чи ті, що презентують виробники даного різального інструменту. Однією з проблем також є те, що даний ВП має надмірну металомісткість. Тому сучасні виробництва в останній час запроваджують гнучкі ВП, які дають забезпечити переналагодження на багатонаменклатурні типи деталей, та також мають достатню жорсткість при найменшій масі. Також з цим впровадженням гнучких ВП має бути обґрунтовано за досягненням необхідної точності та необхідної якості поверхні, заданих конструктором на кресленнях деталей, які обробляються у ВП даного типу.

Слід відмітити, що з розвитком сучасного машинобудування відбувається і розширення технологічних можливостей верстатів, їх високу вартість та необхідність переналагоджень при переході для обробки деталей іншого типорозміру, швидкого розвитку набуває інтенсифікація виробництва. Інтенсифікація дозволяє підвищити гнучкість ВП, зменшення підготовчо-заклучного та допоміжного часу, що дає можливість обробки деталей на багатокоординатних верстатах за один установ, що повинна виконувати саме запропоновану конструкцією ВП, яка має давати максимальну доступність інструментальну до усіх оброблюваних поверхонь деталі.

У даний час у світовому машинобудуванні найбільш розповсюдженими типами виробництва є дрібно та середньосерійний типи виробництва. Тенденціями для ефективного розвитку виготовлення в Україні та світі є:

– зростання номенклатури виробів;

- якомога більше зменшити непродуктивних витрат часу (допоміжного підготовчо-заключного);
- збільшення використання верстатів із ЧПК;
- зменшення кількості технологічної оснащення.

3.3 Методика проведення та виявлення резервів оптимізації верстатних пристроїв

Найбільш поширеним напрямком збільшення ефективності обробки деталей та багатомономенклатурному виробництві відповідно є автоматизація виробничих процесів. За рахунок підвищення автоматизації при використанні верстатів із ЧПК та більш швидкого переналагоджування ВП при переході та обробці деталей іншої конфігурації та типо-розміру не виходячи за межі технічних характеристик переналагоджуваних модулів ВП.

Щоб задовольнити умову до проектування ВП, які розглядалися у другому розділі, впливають наступні протиріччя залежності [36, 37]:

- точність ВП залежить найбільше від його стійкості та жорсткості;
- достатня жорсткість ВП виконується за рахунок збільшення розмірів всіх даних елементів ВП;
- при збільшенні розмірів ВП супроводжується і збільшення металомісткості ВП, а це є недопустимим, так як відбудеться збільшення собівартості ВП, і як висновок – зростання собівартості виготовлення деталей. А як результат, надмірна металомісткість ВП спричиняє потребу використання підйомних кранів чм механізмів при транспортуванні і встановленні на верстат, а відповідно і верстатів з більшою вантажопідйомністю працюючого стола верстата, що негативно вплине на собівартість виготовленого продукту, тим самим зменшуючи його конкурентоспроможність на сучасному ринку.

Для того, щоб вирішити вищевказані протиріччя, необхідно застосувати методи оптимізації. Вищевказана проблема зменшення металомісткості та відпо-

відно і маси конструкцій була завжди, але зараз вона набрала ще більш актуального статусу. Інженери за допомогою різних математичних розрахунків були визначені оптимальні розміри кладових ВП, але цей спосіб мав дуже великі неточності через те, що при спрощенні розрахунків та зменшенні часу на ці розрахунки, деталі які були складної геометричної форми розкладалися на більш прості складові, що дало змогу розраховувати їх окремо. Як результат цих досліджень, для деталей машинобудування використовували коефіцієнт запасу міцності 2–2,5, що, у свою чергу дозволило збільшити металомісткість у таку саму кількість разів. Термін використання ВП визначається як за допомогою терміну його роботи до першого ремонту, або також часом виготовлення деталей, що повинні обробляються, а це повинно не перевищувати 5 років. Звідси випливає, що ВП із збільшеною металомісткістю є економічно не вигідним, тому, що вони морально старіють, не будучи в експлуатації свій необхідний термін роботи.

Сучасні технології дають конструкторам які проєктують технологічні оснастки використовувати автоматизовані засоби оптимізації, які дозволяють більш швидкий та точніший розрахунок сконструйованих конструкцій на міцність, аналіз напружено-деформованого стану (НДС), визначення власних частот та власних амплітуд коливань ВП. Дана точність цих розрахунків та продуктивність при застосуванні комп'ютерних програм набагато вища, ніж при традиційному підході.

За основу розробленого технічного вирішення [34] взято методику проведення та виявлення всіх резервів оптимізації ВП як, за критерієм мінімізації маси ВП при достатньої його жорсткості.

Оптимізаційні розрахунки ВП були взяті за допомогою комп'ютерної програми, також запропоновано здійснювати все за вдосконаленим алгоритмом (рис. 3.1), який дозволить знайти найбільш оптимальні розміри та конфігурацію ВП.

Розміри так і металомісткість ВП можливо зменшити (якщо виконується перш за все умова досягнення необхідної нам якості) при проведенні таких заходів для проектування ВП:

- зменшення довжин вильотів консольних частинок елементів ВП;
- використання ребер жорсткості для конструкціях ВП, що знаходяться у протилежному напрямку дії сили. Завдяки цьому є змога зменшувати необхідність збільшувати перетин деталі, яка піддавалася певним навантаженням;
- розробка деталей з деякими карманами та пустотілими конструкціями чи при необхідності найбільш мінімізувати товщину стінок ВП;
- застосування матеріалів з більшим запасом міцності;
- використання певних композиційних матеріалів;
- спрощення типу та конструкції;
- зменшення кількості непотрібних стиків.

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

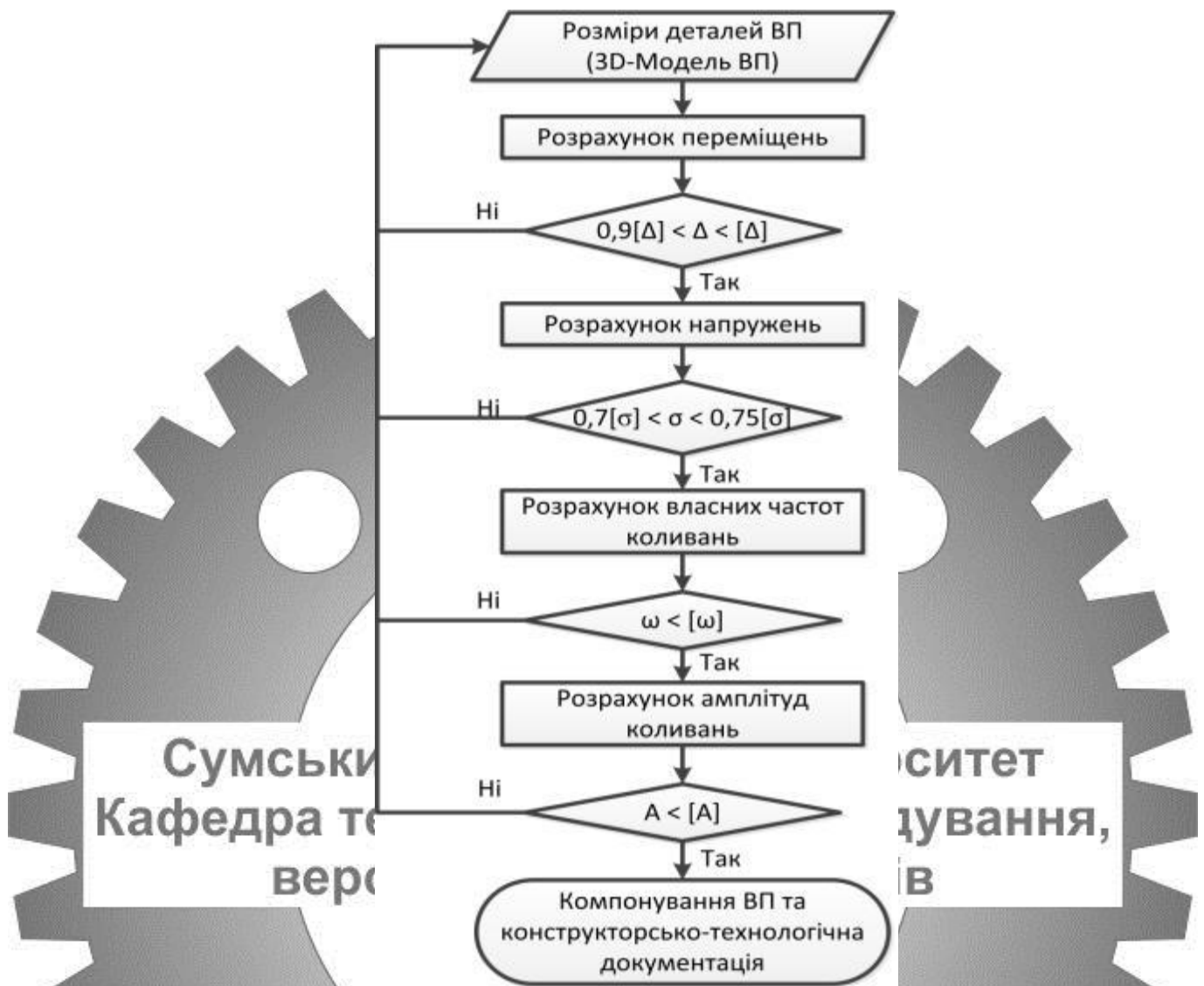


Рисунок 3.1 – Алгоритм конструкції ВП при параметричній оптимізації

Певними обмеженнями для проведенні оптимізації є:

- деякі конструктивні особливості деталі, які вимагає використання ВП більш складної конструкції;
- собівартість матеріалу, що мають велику межу міцності також складність механічної обробки;
- невелике поширення сучасних композиційних матеріалів у машинобудуванні і їхціна;
- обмежені певні технологічні можливості даного обладнання на конкретному підприємстві.

Так і в багатьох ситуаціях мають місце сумніви, що є основним вимогами. Для прикладу, якщо ВП має дуже велику масу, то може мати добру і стійкість, але цей ВП буде не вигідним з економічної точки зору. Напевно такі питання і вирішують такими оптимізаційними розрахунками. Для нього буде необхідно записати математичні цільові функції (3.1) також технічні обмеження (3.2) для певної виконуваної задачі, а відповідно досягнення меншої металомісткості ВП при виконванні ним всіх точних параметрів при обробці деталей.

$$M_{\text{ВП}} = \sum_{i=1}^n (\rho_i \cdot V_i) \rightarrow \min \quad (3.1)$$

$$0,7\sigma < \sigma < 0,75\sigma$$

$$0,9\Delta < \Delta < \Delta \quad (3.2)$$

$$\omega > \omega$$

$$A < [A]$$

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

Так як алгоритм від якого, обмеження будуть знайдені певною величиною допустимих напружень $[\sigma]$, що обмежується межею міцності та текучості матеріалу, тоді фактичні значення напруження σ повинні бути у межах $(0,7-0,75)[\sigma]$, що відповідає певному коефіцієнту запасу міцності 1,3-1,4, значення яких було обґрунтовано деякою наявністю точних розрахункових моделей. Також вузький діапазон відхилень еквівалентних напружен виконується певний принцип рівномірності конструкції. Величини фактичних деформацій Δ_f повинні знаходитись у межах $(0,9-1)[\Delta]$. Допустиме значення деформації $[\Delta]$ знаходиться допусками на обробку, якщо $\Delta < 0,8 [\Delta]$, то є можливість для деякого зменшення розмірів ВП, тому, що допуски які розміри деталі на обробку в даному випадку будуть відповідно дотримані. Якщо $\Delta > [\Delta]$, то потрібно збільшити розміри несучих елементів ВП, або здійснити його повну перекомпоновку.

Проведемо аналіз даної конструкції ВП при фрезерній обробці деталі типу втулок різних розмірів буде досліджуватися на основі даного верстатного пристрою, який розроблений у розділі 2.8 (рис. 3.2).

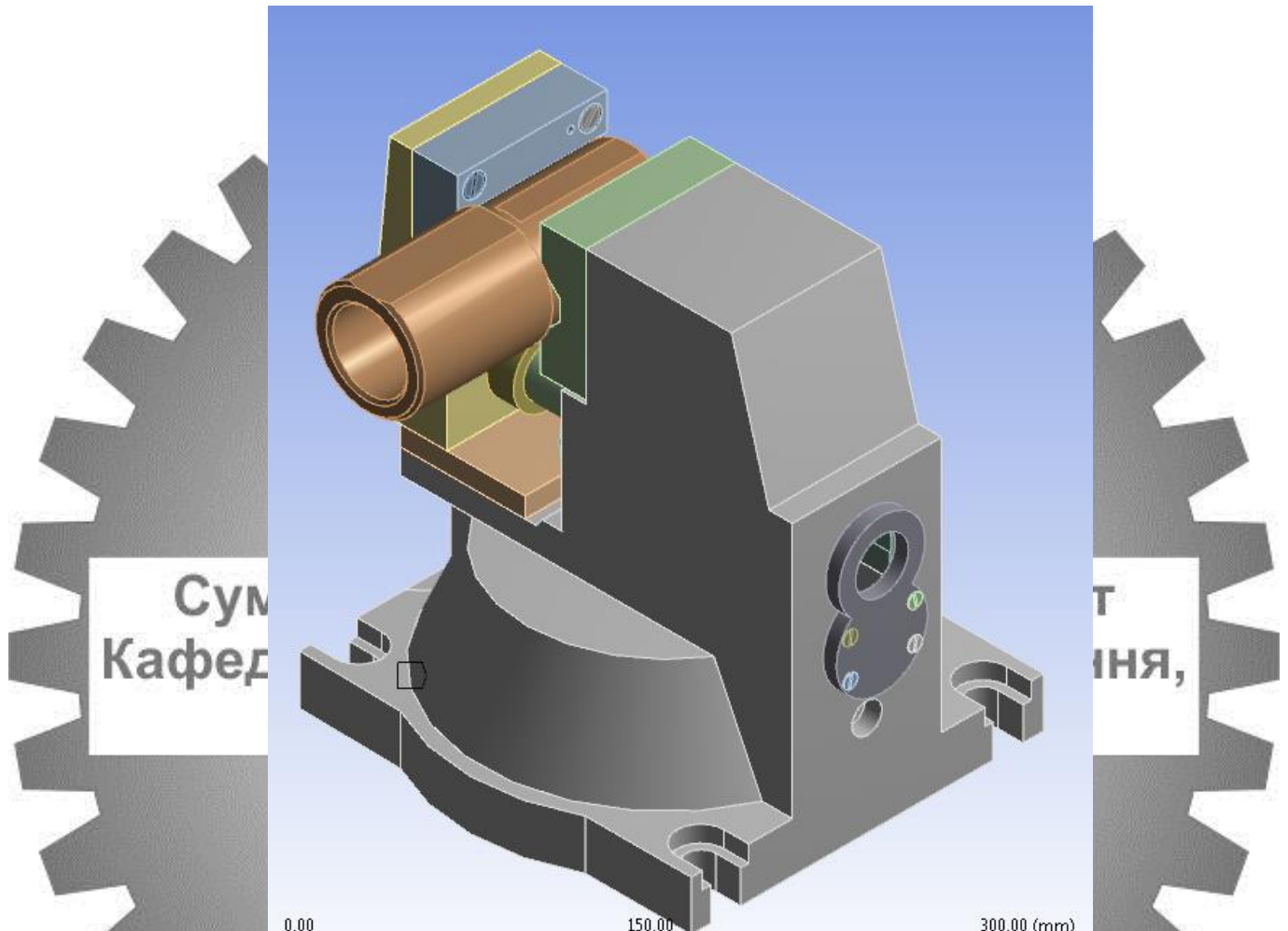


Рисунок 3.2 –Спроектований ВП для фрезерної операції

При проведенні даного аналізу було виконано деталювання верстатного пристрою згідно з рис. 3.2 і розглянуто як можуть змінитися розміри кожної з деталей окремо. також було враховано певну необхідність зміни з'єднувальних розмірів інших деталей, що контактують із проаналізованою [38, 39].

Відповідно до рис. 3.2 був проведений детальний аналіз, як зміняться розміри певних деталей, не забуваючи про розміри стандартних деталей, які має дане компонування ВП.

3.4 Дослідження напружено-деформованого стану досліджуваного верстатного пристрою

Під час досліджень напружено-деформованого стану (НДС) визначалося для оптимальних розмірів ВП, що зможуть задовольняти всім точнісним характеристикам при обробці деталі. При цьому також були визначені похибки під час обробки, що виникнуть у результаті всіх деформації елементів ВП, та виконувалися порівняння з допустимими значеннями для даної операції механічної обробки для деталі оправка ексцентрична. Всі допустимі значення похибок повинні не перевищувати допуски згідно з кресленням деталі «Оправка ексцентрична». Також дане дослідження НДС ВП виконує перевірку на міцність, знаходження концентраторів напружень та елементів, де напруження будуть більші, ніж допустимі для матеріалу який використовується у ВП, якщо будуть наявні, то необхідно провести удосконалення даної конструкції ВП. На цьому етапі досліджень проводилась перевірка еквівалентних напружень, які можуть виникнути у місцях контакту між призмою та заготовкою у результаті дії на них сили закріплення та сил різання та моментами, що виникають, а також повинна виконуватися умова за допустимими напруженнями для деталі із даного матеріалу. Для цього з вирішенням задачі з визначення НДС, також виконувалась контактна задача. Всі механічні властивості матеріалів, що використовуються у даній моделі, наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалів ВП і заготовки

Матеріал	Модуль пружності E , ГПа	Коефіцієнт Пуассона μ	Густина ρ , кг/м ³	Границя міцності при розтягуванні [$\sigma_{раст}$], ГПа	Границя міцності при стисненні [$\sigma_{сек}$], ГПа	Границя текучості σ_T , ГПа
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	200	0,3	7850	0,98	0,98	0,785
Сталь 45 ГОСТ 1050-88	200	0,3	7850	0,98	0,95	0,726

Найпершим етапом для вирішення вищевказаних задач керуючись оптимізаційним алгоритмом буде створення скінченноелементної досліджуваної моделі ВП. Всі кінематичні та силові граничні умови ВП повністю співпадають з реальним схематичним закріпленням як зовнішніми навантаженнями так також жорстким закріпленнями на нижній поверхні основ ВП, яке відповідало встановленню ВП на стіл даного верстата. Всі складові ВП жорстко пов'язані, шляхом поєднання вузла, а на поверхні, які зв'язані між собою за допомогою сил тертя, також була встановлена вирогідність переміщення з деяким коефіцієнтом тертя між досліджуваними поверхнями. Також всі переміщення елементів ВП були із зазначенням типу контакту і характеристики контактних пар, та певних коефіцієнтів тертя [4] між елементами.

При допомозі даного розрахункового комплексу ANSYS [32, 3] результати напружень і переміщень які були отримані, які виникають у конкретних елементах ВП та в місцях дотику. Знайдені значення найбільших еквівалентних напружень, знайдених за 4 гіпотезою міцності Мізеса [28, 32], і найбільших переміщень, які будуть виникати під час моделювання процесу механічної обробки із сталі 40 приведені у табл. 3.2. За приклад, представлена ілюстрація із скінченно

елементною сітками, схемами навантажень, переміщень та напружень для обробці опраки ексцентричної приведені рис. 3.3 – 3.6.

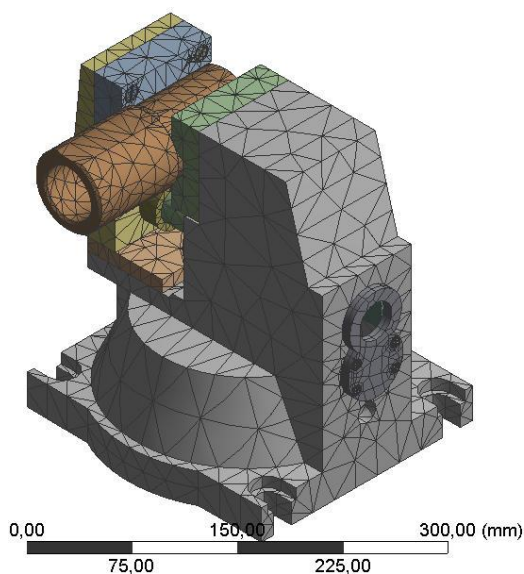
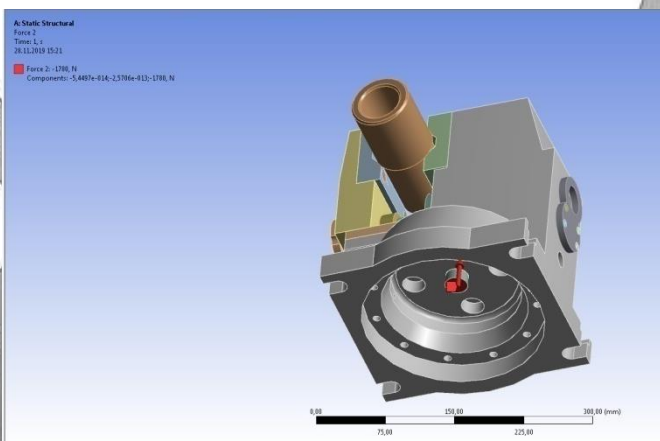
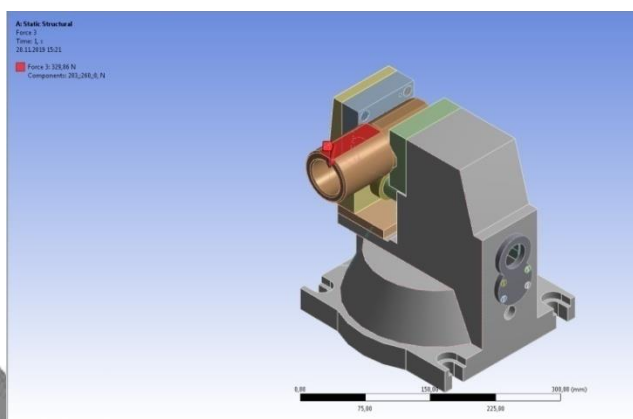


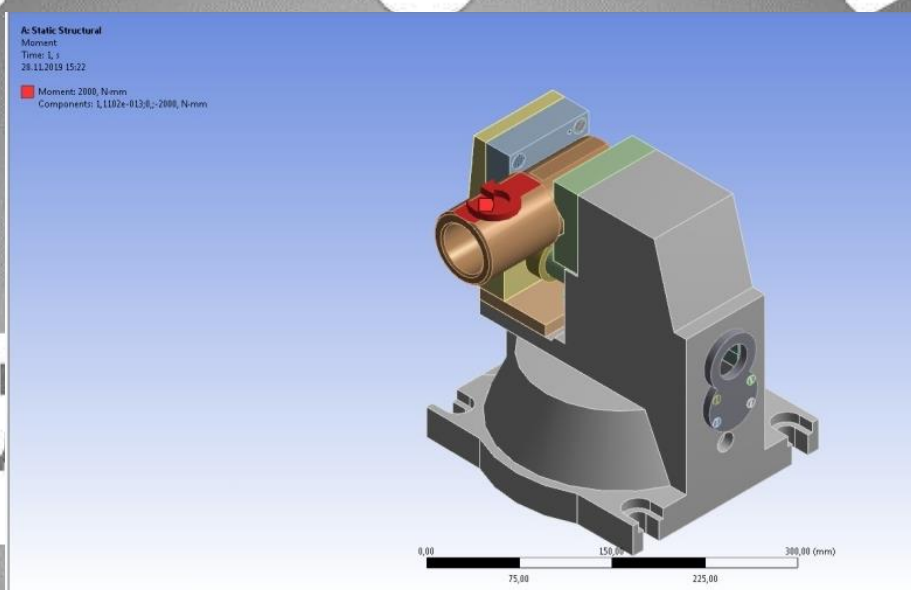
Рисунок 3.3 – Верстатний пристрій з деталлю із скінченно елементною сіткою
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів



a)

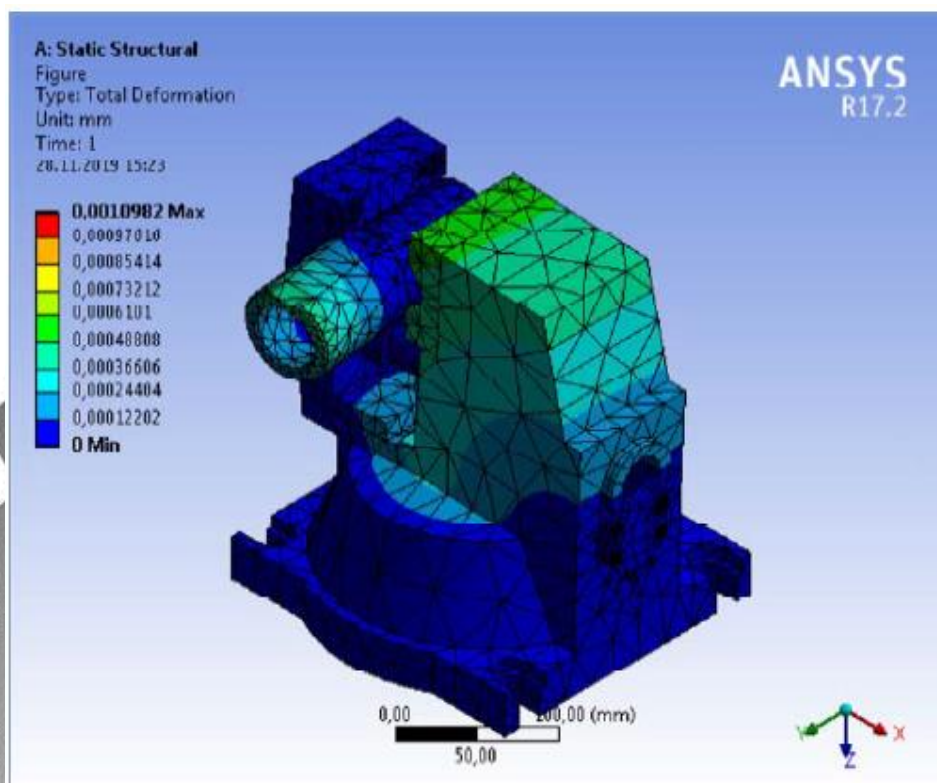


б)



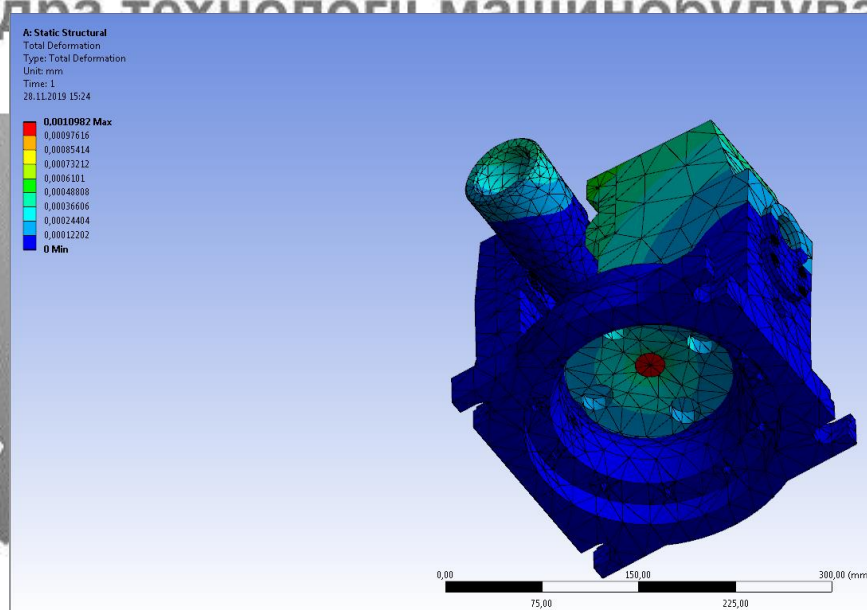
в)

Рисунок 3.4 – Схема прикладення заданих навантажень: а) від сили закріплення; б) сил різання; в) крутного моменту.



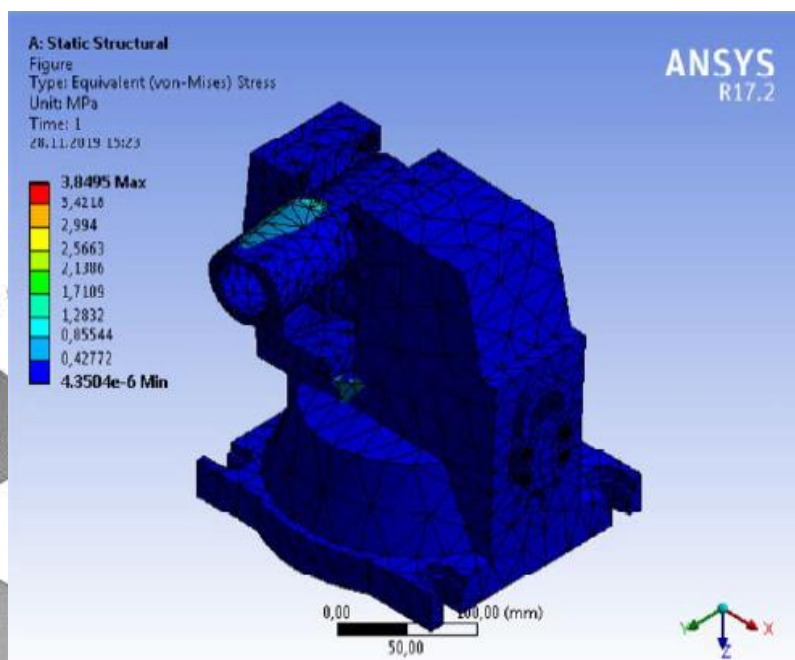
а)

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,

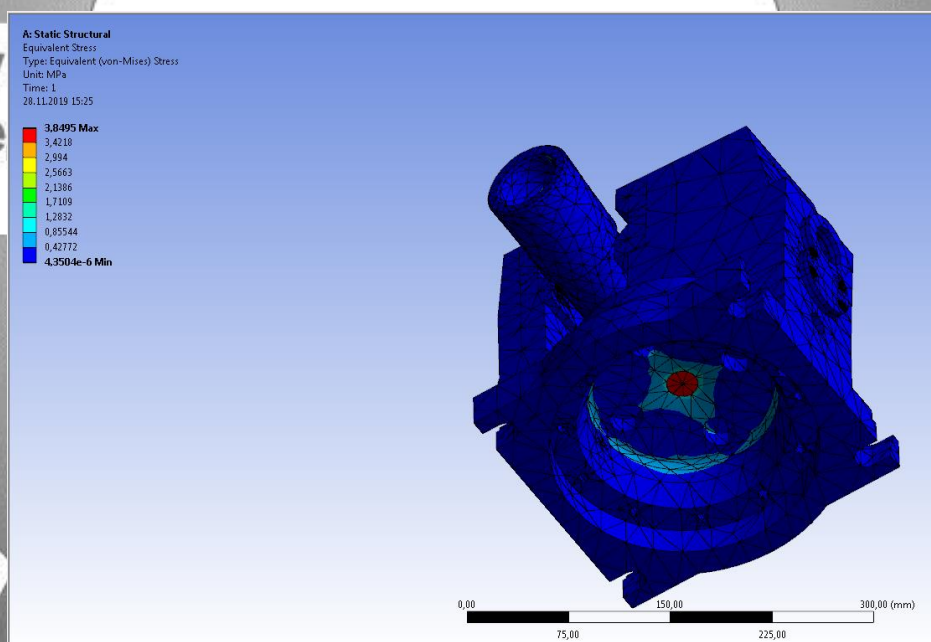


б)

Рисунок 3.5 – Зміщення деяких елементів систем «ВП-заготовка»: а) вид зверху; б) вид знизу



а)



б)

Рисунок 3.6 – Напруження певних елементів систем «ВП-заготовка»: а) вид зверху;
 б) вид знизу

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку програмному комплексу ANSYS для зпроектованого верстатного пристрою

Технологічний перехід	Максимальні переміщення, мм	Допустимі переміщення, мм	Максимальні напруження, МПа	Допустимі напруження, МПа
Ферезування лиски 63,5мм	0,001	0,2	380	650

3.5 Модальний аналіз досліджуваного верстатного пристрою

Для того, щоб не виникло так зване явища резонансу при механічній обробці оправки потрібно зробити так, частотавсих власних коливань ВП немогла співпастиіз частотою під час різання. Найкращим шляхом вирішення даної проблеми необхідно назначити інші режими різання [15]. Виконати це можливо при допомозі вбудованого модуля, що застосовується в програмному комплексі ANSYS,будуть визначатися частоти власних коливань спроектованого ВП та зрівнюються з частотою, яка виникне у процесі різання (табл. 3.3). Результати даного аналізу при потребі дозволять уникнути резонансу. Рисунок із прикладом форм коливань при досліджуванні систем «ВП – заготовка» приведені на рис. 3.7 – 3.9.

Таблиця 3.3 – Порівнювальна таблиця власної частоти, що виникнуть у процесі механічної обробці

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-га критична частота, Гц	Частота процесу різання, Гц
1060	1288	1625	15

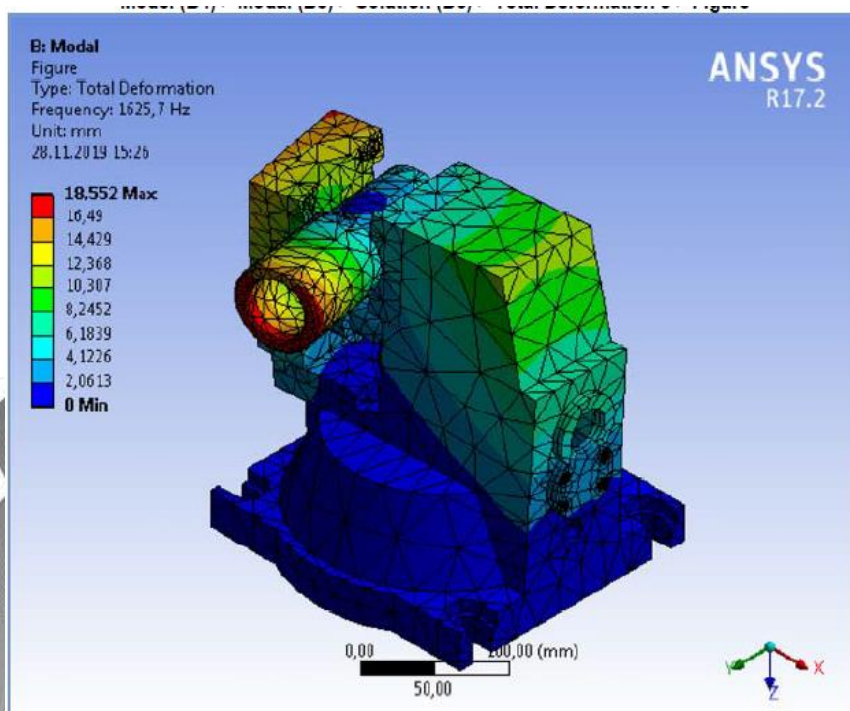


Рисунок 3.9 – Вигляд 3-ї критичної частоти систем «ВП – заготовка

Сумський державний університет

Із табл. 3.3 можна побачити, що приданій конструкції ВП явище резонанса не виникне, тому що перша критична частота власних коливань верстатного пристрою знаходиться вище за максимальної частоти процесу обробки.

Так як отримані значення форми коливання 1-ї та 2-ї частот (рис. 3.7 – 3.8) і їхні величини 301 Гц та 304 Гц однозначно знаходяться дуже близько за значеннями, відповідно можна вважати, що проведені розрахунки були виконаними правильно та модель допустима. Результатами модального аналізу можна зробити гіпотезу, при якій жорсткість спроектованого ВП удосконаленої конструкції є необхідною під час проведення механічної обробки заготовки, та дозволяє зменшити ризик виникнення резонансних накладень частот.

3.6 Гармонічний аналіз досліджуваного верстатного пристрою

Відповідно впевнившись у тому, що проаналізована динамічна жорсткість спроектованого ВП є більш ніж достатньою, що дозволяє визначити величин амплітуд коливань у місцях де поверхні оброблюються, які виникають при зміні ве-

личин зовнішніх навантажень. Знайти амплітуд коливань можна за рахунок гармонічного дослідження, а саме провести аналіз динамічного стану елементу системи «ВП – заготовка» під час механічної обробки деталі «Оправка ексцентрична» у даному ВП.

Гармонічне дослідження виконувалося з допомогою модуля Harmonic Analysis програм ANSYS Workbench. Амплітуда динамічної складової сили та моменту різання бралася у межах 20% рахуючи значення номінального. Ця модель допоможе враховувати кулонівське тертя між поверхнями що контактують в ВП, та мають близьку за величиною шорсткості (1,5 мкм за критерієм Ra) з коефіцієнтом 0,15 [4]. Значення всіх коефіцієнтів тертя для контактних пар між елементами ВП та заготовкою, були знайдені з [4].

Всі діапазони частоти коливання вибрані так, щоб із можна було охопити три перших частоти власних коливань ВП, значень яких були знайдені раніше. Максимальна з частота власних коливань була такою 1625 Гц, тому буде обраний діапазон $0 \dots 2 \cdot 10^3$ Гц. Для даного діапазону частот коливань були отримані наступні амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) складових ВП, виявлені до та за резонансні режими. Минулі дослідження вказали на те, що діапазон робочих частот процесу різання при обробці оправки не перевищує 100 Гц, що в свою чергу дозволяє вибрати діапазон від $0 \dots 100$ Гц на графіках АЧХ при знаходженні величини переміщень. Для того, щоб забезпечити рівні умови був проведений порівняльний аналіз величин переміщень, його проводимо на максимально можливій частоті, яка може бути під час обробки – 110 Гц.

Відповідно під час чисельного моделювань динамік систем «ВП – заготовка» було отримано всі значення як амплітуд коливань так і резонансних частот, які виникають в процесі різання. Знайдені значення переміщення точок у зонах обробок для даної запропонованої конструкції ВП для найбільше навантаженого переходу фрезерування лиски 63,5 мм (табл. 3.4, рис. 3.10). За даним дослідом був

отриманий результат , що НДС найбільш навантаженим переходом для ВП з мінімальними та максимальними розмірами є фрезерування краю лиски.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку динамічної жорсткості ВП при Фрезеруванні

Номінальні величини сили різання, Н	Амплітуди динамічних складової сили різання, Н	Максимальні амплітуди переміщення точки, мкм	Розрахункова динамічна жорсткість, 10^7 Н/мм
320	660	24	0,27

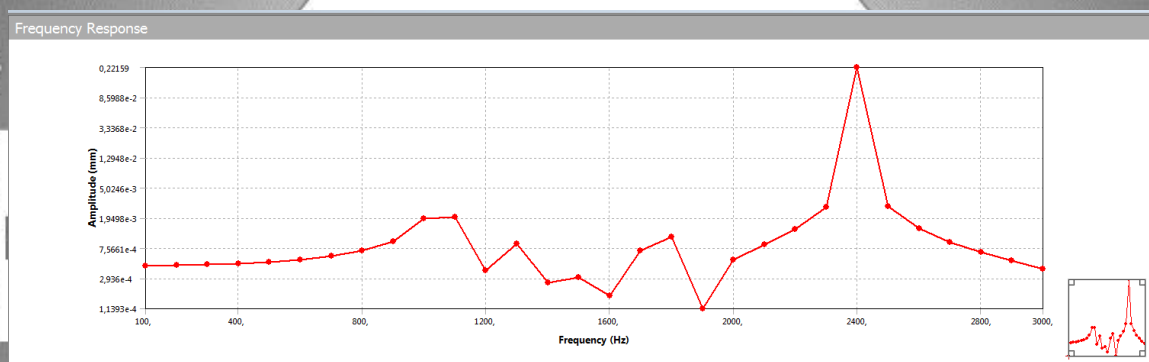


Рисунок 3.10 – АЧХ запропонованого ВП при фрезеруванні

3.7 Висновки

1. Був запропонований певний алгоритм оптимізації запропонованого ВП, в якому цільова функція засновувалася на зниженні металомісткості. Для даного алгоритму було встановлено, що оптимальними параметрами елементів спроектованої конструкції ВП для фрезерування.

2. Знайдено найбільше значення величин переміщення та напруження у досліджуваному ВП, відповідно результатами які було отримано, можна говорити про можливість обробки деталі «Оправка ексцентрична» у запропонованому ВП.

3. Визначено значення власних частот коливань досліджуваного ВП та доведено, що під час обробки заготовки резонанс не виникне.

4. Розраховано амплітуду коливань, яка виникає під час механічної обробки деталі «Оправка ексцентрична» також доведено, що визначена динамічна жорсткість даного ВП буде достатньою.



РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Оправка ексцентрична»

Зробимо аналіз умов роботи в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовлялася деталь «Оправка ексцентрична».

Цей аналіз будемо проводити за допомогою нормативних правових актів, до яких будуть відноситися:

- стандарти систем безпеки (ССБТ);
- електробезпека на підприємствах
- будівельні норми та правила (ДБН);
- інструкції з безпеки.
- пожежна безпека на підприємствах;
- міжгалузеві правила з охорони праці;
- санітарні норми та правила (СанПін);
- галузеві правила із охорони праці;
- міжгалузеві та галузеві організаційно-методичні документи (методичні вказівки, рекомендації, положення);
- типові галузеві інструкції із охорони праці;

Технологічний процес обробки деталі «Оправка ексцентрична» виконується при ділянці, розташованій у механічному цеху, складеному з простих секцій висота яких 4 м.

За технологічним процесом виготовлення деталей використовуються такі верстати з обладнанням:

- токарної групи верстати з ЧПК;
- фрезерної групи верстати;
- координатно-розточної групи верстати;
- свердлильної групи верстати;

щоб була можливість транспортувати та зберігати деталі, заготовки із відходами виробництва застосовується тара-контейнер, зроблені згідно з ГОСТ 14861-91 [5]. Відповідно ГОСТу контейнери застосовуються під заготовки та деталі: Тара1-1-100-80.

Тип виробництва – малономенклатурний. Оснащення розставлені по груповій ознаці.

Установка та закріплення заготовки на верстатах для обробки на фрезерних, координатно-розточуваних, токарних, верстатах застосовуються в стандартних умовах – 3-х кулачкових патронах та лещатах з призмами. До того ж на координатно-розточній операції, використовуються під час установа і закріплення заготовки спеціальному пристосуванні з пневмоприводом, які використовуються з тиском в мережі 0,45 МПа. Під час встановлення заготовок в пристосуванні використовується кран-балка вантажо-підйомністю $Q=1,5$ т. Також дана кран може використовуватися під час установки деяких пристроїв на стіл верстату. Маса пристроїв на операції не більше 25 кг. Для контрольної операції застосований спеціальний пристрій масою до 25 кг закріплення якого теж проходить за рахунок кран-балки (рис 4.1).

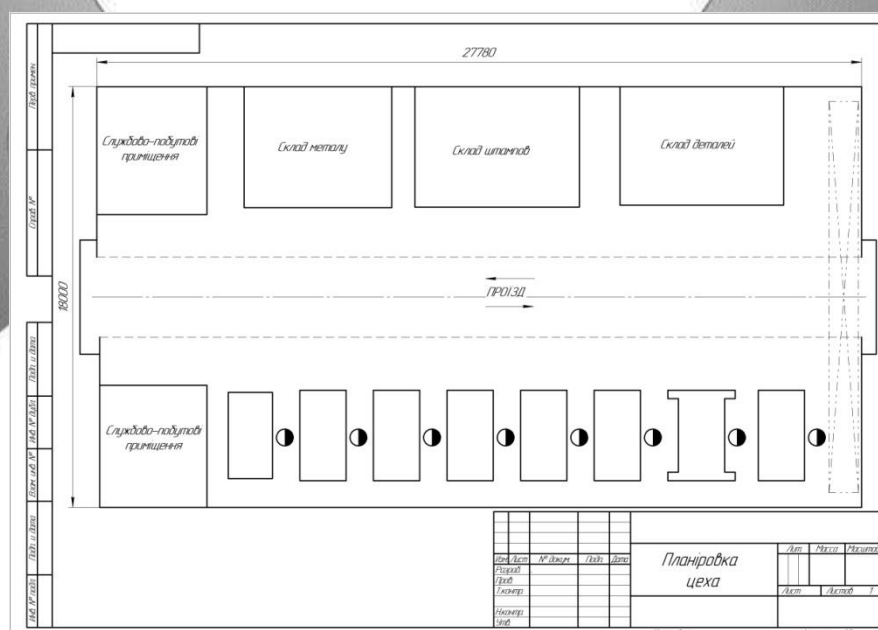


Рисунок 4.1 – Планіровка цеха, загальний вигляд

Протипожежна безпека на підприємстві в Україні – невіддільна частина організації робочого простору і процесів згідно з нормами чинного законодавства СНиП 2.09.02-85.

Пожежна безпека входить в комплекс заходів з охорони праці, і організаційна робота в цій сфері на об'єктах господарювання включає широкий спектр заходів, а саме:

- створення умов для безпечної праці,
 - мінімізації ризику виникнення пожеж,
 - своєчасне і повноцінне забезпечення технічними засобами для запобігання займання та усунення самих пожеж та їх наслідків,
 - контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства,
 - розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації та порятунку з місць пожежі й задимлення людей і майна (матеріальних цінностей),
 - внутрішнє і зовнішнє навчання співробітників.
- Встановлений режим включає порядки з описом місць спеціального призначення та правила їх користування та утримання, наприклад:
- евакуаційних шляхів,
 - так званих «курилок»,
 - місць складування продукції та сировини,
 - стоянки транспорту.
- Також встановлюється порядок роботи та технічного обслуговування:
- вентиляційного устаткування,
 - засобів пожежогасіння і захисту від загорянь,
 - нагрівальних приладів,
 - електрообладнання.

У разі, виникнення пожежі, представлений план евакуації з даного приміщення (рис.4.2)

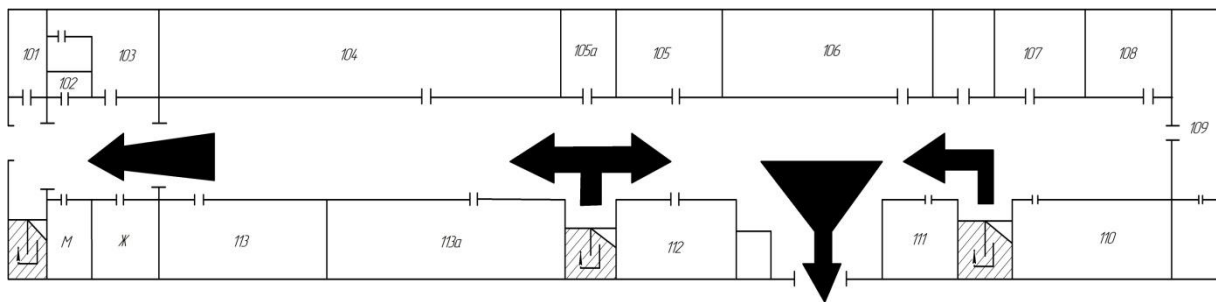


Рисунок 4.2 – План евакуації

Різучий інструмент використовується звичайний, але також присутні і спеціальні різальні інструменти, які використовуються токарних та розточувальних механічних операціях. Під час токарної операції інструмент рухається в зворотнопоступательному русі, при фрезеруванні - здійснює обертальний рух. Для контролю на робочому столі ВТК використовується вимірювальний інструмент стандартний – шкальний та граничний інструмент.

Аналіз виробничих ділянок спроможний виділити такі потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (стіл, опора, майстерня, що обертається);
- можливість контакту з технологічним транспортом у русі;
- можливість падіння заготовки при монтажі та його виймання з машини через відсутність джгута;
- можливість небезпечної зони під час транспортування контейнера через відсутність маршруту обігу або його порушення;
- руйнування інструментальних конструкцій через надлишок
- поховання гранично дозволених значень;
- відключення деталі в пристрої з пневматичним приводом під час його обслуговування на верстаті з ЧПУ з раптовою зупинкою подачі повітря (у разі відмови компресора).

- коротке замикання електричного ланцюга до струмових металевих частин обладнання через порушення цілісності ізоляції деталей, що проводять струм; За небезпекою пожежі приміщення проектованої території належать до категорії D",

тобто в приміщенні використовуються речовини і матеріали, які не загораються в холодном стані. Обладнання підключено в електричну мережу за допомогою трифазного струму 380 В і частотою 50 Гц.

- недостатнє освітлення робочого місця під час обробки поверхні; Освітлення виробничих приміщень здійснюється як природним так і штучним світлом. Природне світло виконується за допомогою комбінованою схеми: за допомогою світлових отворів бічних стін та світлових аераційних світильників. Все штучне світіння забезпечується за допомогою люмінесцентних ламп, використовуваних за ДБН В.2.5-28-2018 [10]. Для освітлення безпосередньо на робочому місці використовуються звичайні світильники.

- контакт працівника, під час виконання певних операцій таких як (перевірка, установка та зняття), з гострими краями, плямами на поверхнях деталі;

- контакт працівника під час технологічних операцій (обробки) з літаючими стружками, що утворюються в процесі різання;

- контакт працівника під час виконання технологічних операцій (перевірка, установка та зняття деталей), з поверхнею обладнання, заготовками, високотемпературними інструментами, що слідує за виділенням тепла під час різання та тертя контактних поверхонь;

- збільшення загального рівня шуму, коли обладнання працює разом;

- підвищити вібрацію обладнання через переривчасті процеси різання;

- пилове та газове забруднення робочої зони пилом та пари речовин, які утворюються під час випаровування ЗОР.

Електробезпека - це система організаційно-технічних заходів та засобів, що захищають людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики. Норми електробезпеки регулюються юридичними та технічними документами, нормативно-технічною основою. Знання основ електробезпеки є важливим для персоналу, відповідального за обслуговування електричних систем та електрообладнання.

Заходи з електробезпеки в електроустановках до 1 кВ будівель та споруд (житлових, адміністративних, побутових, громадських, майстерень тощо) регулюються ДБН В.2.5-27-20018 та іншими чинними в Україні правилами.

В якості МОР при обробці заготовок на ділянці використовували 5% розчин "Акволу-2". Включає поверхнево-активні речовини з додаванням мінеральних масел та канави з інгібітором корозії. Цей ЗОР має низьку токсичність, не подразнює дію і не є активним джерелом забруднення повітря. ЗОР належить до 4-го класу небезпеки.

Виконуються працівниками на місці проведення операції, вони мають середній ступінь тяжкості, категорія 2-б. Категорія візуальної активності згідно з ДБН В.2.5-28-20018 з чорнових та оздоблювальних робіт низької та середньої точності.

Під час обробки заготовок, матеріалом яких є в'язка сталь, утворення дренажних стружок при токарних операціях та елементарних стружок при фрезеруванні. При чорнових операціях під час обробки на корі порошок утворюється з накипу за короткий час від 3 до 65 мкм. На робочому місці видають стружку з обладнання гачком і почистити їх щітками. Навколо обладнання та робочого місця стружку збирають допоміжні працівники у контейнерах, які потім транспортують до визначеного місця в цеху для подальшого експорту.

Виконані працівниками на місці проведення операції, вони мають середній ступінь тяжкості, II-б категорії. Категорія наочних завдань у ДБН В.2.5-28-2018 від низької, середньої точності в чорнових операціях, високої точності в оздоблювальних та контрольних операціях.

Для розробки організаційних заходів відповідно до ДСН 3.3.6.042-99, які забезпечують безпечні умови праці на виробничій ділянці частини житлового типу, ми порівнюємо фактичні та допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості повітря у робочій зоні виробничого заводу шляхом порівняння показників у таблицях 4.1. та 4.2. Відповідно до вимог техніки безпеки, викладе-

ними в стандартах ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки» в дипломному проекті передбачається комплекс таких заходів:

- щоб уникнути контакту працівника з рухомими деталями обладнання, будь ласка, надайте відповідну застосування додаткового пристрою безпеки відповідає ці вироби - додаткові корпуси, що охоплюють рухомі частини поточного обладнання (в'язуча, стінна, механічна майстерня);

- для безпечного наземного транспорту транспортні маршрути з'єднані між собою СНП 2.05.02 і повинні відповідати необхідному діапазону;

- щоб заготовка надійно була закріплена під час установки та знаходив його разом із машиною, ми розробили схему стропування;

- транспортування тари, розширити шлях розширення та розмістити його на видимому місці;

- підходить для згрупованих пристроїв забезпечте пристрої безпеки (запобіжні патрони, рами), що захищають від перевантаження, що може призвести до пошкодження інструменту та травмування працівників;

- відповідно до комплексу адаптації гідравлічної трансмісії забезпечити пристрої безпеки - зворотні клапани для запобігання фіксації деталей під час раптового зтягування масла;

- не допускати коротких замикань через тіло людини електричного кола зі збільшенням значення напруги, що відповідає наступним заходам: передбачається підключення виробничого обладнання до землі; використовувати подвійну або повну ізоляцію з пробивною напругою не менше 4500 В; на всіх робочих місцях повинні бути так звані піддони не менше 0,6 м шириною всього робочого місця. попереднє використання також застосовується окремо (гумові калоші, килими);

- для кращої безпеки на роботі використовуються різні пристрої місцевого виробництва, які перетворюються на очікування; для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);

- використовувати захисні екрани, постійно встановлені на обладнанні та окремо, щоб обмежити площу чіпа. На верстатах для різання металів покрийте обробну зону захисними кожухами;

- для запобігання контакту працівника з поверхнями у них підвищена температура (головним чином поверхня обладнання, інструментів, стружок та деталей виготовлення) для використання захисних шаф, засобів індивідуального захисту (воланта). Для зниження температури в зоні різання використовуйте МОР;

- знижують рівень шуму на робочому місці, забезпечують раціональне розташування обладнання, враховуючи коефіцієнт орієнтації, рекомендують для покриття стін і стель використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, щоб уникнути можливих надмірних порізів ;

- використовувати віброізоляційне обладнання для зменшення вібрації. У конструкції виробничого обладнання відповідати всім вимогам щодо виробезпеки. Уникайте переривчастих процесів різання. Утримуйте обладнання відповідно до його технічних характеристик, щоб забезпечити звичайну систему профілактичного ремонту;

Щоб уникнути перевищення гранично допустимих значень концентрацій шкідливих речовин та пилу у повітрі зазначеної робочої зони, використовуйте загальну вентиляційну систему та очищення повітря.

Таблиця 4.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

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

Таблиця 4.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

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

4.2 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 – 400 м². При

цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 50 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота ширина), м – 5x2;

Кількість вікон - 12 шт.

Висота від підлоги до вікна – 1,5 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

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

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України, $e_{\text{н}}^{\text{IV}}$, визначаємо за формулою:

$$e_{\text{н}}^{\text{IV}} = e_{\text{н}}^{\text{III}} \cdot m \cdot c \quad (4.1)$$

де $e_{\text{н}}^{\text{III}}$ - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28:2018.

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

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

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

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

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_o \cdot t_o \cdot r_1}{S_n \cdot n_o \cdot K_3 \cdot K_{3д}} \quad (4.2)$$

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

$$S_o = 2 \cdot 5 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2;$$

S_n - площа підлоги в приміщенні, м^2 ;

$$S_n = 50 \cdot 8 = 400 \text{ м}^2;$$

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

g_1 - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення $g_1 = 1,2$;

p_0 - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної: $50/8=6,1$ та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна до верху вікна рівної : $8/5=1,75$ значення світлової характеристики $p_0 = 13$.

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

$K_з$ - коефіцієнт запасу, знаходиться в межах $1,4 \div 1,6$.

Беремо $K_з = 1,4$

$$e_\phi = \frac{100 \cdot 120 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{400 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,71\%$$

При зрівнянні даного КПО $e_\phi = 0,71\%$ з потрібним $e_n^{IV} = 1,08\%$ ми робимо висновок, що природне освітлення в даному цеху не ефективно. Для покращення освітленості в цеху доцільно пофарбувати стіни білим кольором і встановити додаткові джерела штучного світла, що потрібно розрахувати. Приймемо вид джерела світла – люмінесцентних ламп.

Кількість світильників – 20.

Кількість ламп у світильнику – 2.

Визначення розрахункового освітлення, лм, розрахуємо за методом коефіцієнтів використання світлових потоків за формулою:

$$F_l = \frac{E_{min} \cdot S \cdot k \cdot Z}{n_H \cdot N \cdot n} \quad (4.3)$$

Розраховане освітлення повинно відповідати умовам стандартного значення і не повинно бути менше 200 лк для ламп розжарювання. Знайдіть мінімально необхідний світловий потік лампи:

$$F_{л min} = \frac{200 \cdot 450 \cdot 1.75 \cdot 1.15}{0.5 \cdot 20 \cdot 2} = 8050 \text{ (лм)}$$

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

N – кількість світильників, шт.;

n – число ламп у світильнику, шт.;

S – площа приміщення, m^2 . $S = 450m^2$;

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

Фактична освітленість визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} n_H N n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (4.4)$$

За нормативами приймаємо найближче більше значення $F_{л} = 11400$ лм при потужності 200 Вт для люмінесцентних ламп .

$$E_{\phi} = \frac{11400 \cdot 0.5 \cdot 20 \cdot 2}{400 \cdot 1.75 \cdot 1.15} = 283 \text{ (лк)}$$

Задану кількість світильників необхідно розміщувати рівномірно по площі приміщення, по можливості за сторонами квадрата, виконуючи умови:

сторона квадрата:

$$L = 1.4 \cdot H_p \quad (4.5)$$

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

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L(4.6)$$

$$l = 0.4 \cdot 5.32 = 2.28 \text{ (м)}$$

У результаті проведених розрахунків, було знайдене значення фактичного освітлення $E_{\phi} = 283 \text{ лк}$, порівнявши це значення і нормованим за ДБН В.2.5-28-2018 $E_{н}=200 \text{ лк}$ робимо висновок, про те, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективніше за умов застосування люмінесцентних ламп потужністю не менше 200Вт.

4.3 Висновки

Аналіз шкідливих та небезпечних факторів на ділянці з даною деталлю «Оправки ексцентричної» та підтвердженими методами їх використання. Розрахунок природного та штучного освітлення, що дозволив можливість вибору світильників для цеху, в якому виготовляють «Оправку ексцентричну», яка забезпечить достатнє освітлення на робочому місці.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було виконано наступний обсяг робіт.

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

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 45, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Був визначений тип виробництва - дрібносерійний - і визначена партія запуску $n = 95$ штук.

В якості заготовки була прийнята штамповка на пресах, так як вона більш економічно вигідна ніж сортовий прокат, .

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.

Спроектовано верстатний пристрій для операції «Фрезерна з ЧПК».

У розділі «науково-дослідна частина» був запропонований деякий спосіб, за допомогою якого була проведена оптимізація запропонованої конструкції ВП, в якій цільова функція була зменшення металомісткості. Знайдено найбільші величини переміщень і напружень у спроектованому ВП, відповідно результатами отримані, було доказано можливість виготовлення деталі «Оправка ексцентрична» у спроектованому ВП. Також були знайдені власні частоти коливань ВП та доведено, що при режимах обробки які застосовуються резонанс не виникає. Знайдені амплітуди коливань, які виникають під час механічної обробки деталі «Оправка ексцентрична» та доведено, що динамічна жорсткість спроектованого ВП є достатньою.

У розділі «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» зроблено розрахунок освітленості робочої зони, що дозволить забезпечити досить сприятливі умови для працівників.



СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

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

2. **Горбачевич А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. — 256 с.

3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.

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

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимы резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 / М.: Экономика, 1990. - 472 с.

6. **Горошкин А. К.** Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М.: Машиностроение, 1979. – 302 с.

7. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст]: в 2 ч. Ч. 1 / М.: Экономика, 1989. - 402 с .

8. **Кушніров П. В.** Методичні вказівки до практичних занять з курсу — Технологічна оснастка [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.

9. **Колев Н. С.** Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. - М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.

10. **Дунаев И. М.** Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.

11. **Гжиров Р. И.** Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.

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

13. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.

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

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

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

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

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

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

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

21. Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning / S.Nelaturi, A. Rangarajan, C. Fritz, T. Kurtoglu // *Computer-Aided Design*. – 2014. – Vol. 46. – P. 160–169.

22. 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.

23. **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.

24. **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.

25. 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.

26. **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.

27. **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.

28. **Amaral N.** Finite Element Analysis Study on Fixtured Workpiece Deformation : Bachelor of Science Thesis – Worcester, USA, 2000. – 109 p.

29. **Papastathis T. N.** Modelling and Design Methodology for Fully-Active Fixtures : PhD Thesis. – The University of Nottingham, Great Britain, 2010.

30. **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. – 2010. – Vol. 7. – P. 840–846.

31. **Deng H.** Analysis and synthesis of fixturing dynamic stability in machining accounting for material removal effect : PhD Thesis. – Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA, 2006.

32. **Карпуть В. Є.** Інтенсифікація процесів механічної обробки: монографія / В. Є. Карпуть, В. О. Іванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. Є. Карпуся. – Суми : Сумський державний університет, 2012 – 436 с.

33. **Карпуть В. Є.** Обоснование выбора системы приспособлений в серийном производстве / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Високі технології в машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХП», 2008. – Вип. 1 (16). – С. 125–134.

34. **Батищев Д. И.** Методы оптимального проектирования / Д. И. Батищев. – М : Радио и связь, 1984. – 248 с.

35. **Батищев Д. И.** Поисквые методы оптимального проектирования / Д. И. Батищев. – М : Сов. Радио, 1988. – 112 с.

36. **Пасічник В. А.** Конструктивно-технологічне моделювання композиційних конструкцій з використанням системного аналізу / В. А. Пасічник, О. О. Хмуренко. // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2015. – № 4. – С. 15–20.

37. **Пасічник В. А.** Синтез інструментального забезпечення для оброблення отворів на основі декомпозиції виробу на оброблювані поверхні // В. А. Пасічник В. М. Юхимчук // Вісник НТУУ «КПІ», Машинобудування № 74. – 2015. – С. 18–23.

38. **Яковенко И. Э.** Оптимизация режимов резания при обработке инструментальными блоками / И. Э. Яковенко, А. А. Пермяков // Вісник НТУ "ХП" : – Харків : НТУ "ХП". – 2015. – № 4 (1113). – С. 89–92.

39. **Норри Д.** Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. – Москва. : Мир, 1981. – 304 с.

40. **Зенкевич О. К.** Метод конечных элементов в технике / О. К. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 420 с.

41. **Тимошенко С. П.** Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М. : Наука, 1975. – 576 с.



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

ДОДАТОК А
КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ “ОПРАВКА ЕКСЦЕНТРИЧНА ЕНІСІ
09.15.11.000.01”



ДОДАТОК Б
РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ



ДОДАТОК В**СПЕЦИФІКАЦІЯ НА СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ ПРИБОРУ ДЛЯ
ФРЕЗЕРУВАННЯ ТМ 18510045-07-.00.00**