

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

«магістр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(код та назва)

освітньо-професійної

програми

«Технології машинобудування»

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему:

Удосконалення технологічного процесу виготовлення

вала правого 31.10000.000.001-06 шляхом інтенсифікації

багатоцільової операції.

Здобувача групи

ТМ.мз-21с

(шифр групи)

Гайдея Дмитра Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Дмитро ГАЙДЕЙ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

канд. техн. наук, ст. викладач Анна НЕШТА

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

(підпис)

Консультант

з питань

охорони праці

ст. викладач, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО

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

(підпис)

Нормоконтролер

доцент, канд. техн. наук, доцент Олександр ІВЧЕНКО

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

(підпис)

Суми – 2023

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Кафедра	<u>факультет технічних систем та енергоефективних технологій</u> <u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітньо-науковий рівень	<u>другий (магістерський)</u> <u>131 – прикладна механіка</u>
Спеціальність	(шифр і назва) <u>технології машинобудування</u>
Освітня програма	(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

« » грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Гайдей Дмитро Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення технологічного процесу
виготовлення вала правого 31.10000.000.001-06 шляхом інтенсифікації
багатоцільової операції»
керівник проекту Нешта Анна Олександрівна канд. техн. наук, старший викладач

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» листопада 2023 року №1381-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «17» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

- Креслення деталі «Вал правий 31.10000.000.001-06».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталі шнек, що подає.

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

1. Виконати аналіз первинної інформації про деталь.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.

3. Розробити конструкцію верстатного пристрою та виконати його дослідження.

4. Розглянути питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2023	Виконано
2	1. Виконати аналіз первинної інформації про деталь.	10.09.2023	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.	15.10.2023	Виконано
4	3. Розробити конструкцію верстатного пристрою та виконати його дослідження.	27.11.2023	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	03.12.2023	Виконано
6	Висновки.	11.12.2023	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2023	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2023	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Дмитро ГАЙДЕЙ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Анна НЕШТА

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 68 сторінках, включає 18 рисунків, 8 таблиць, бібліографії із 23 джерел.

При виконанні механічної обробки деталей типу вал трудомістким є оброблення поверхонь складної форми. На фрезерних верстатах продуктивність обмежується швидкістю взаємоузгоджуваних рухів обертання і осьового переміщення. Виробництво насосів та їх складальних одиниць потребує застосування нових технологічних методів, виробництва заготовок, а також сучасних верстатів з ЧПК. У магістерській кваліфікаційній роботі буде наведений аналіз службового призначення гвинтового насоса, а також розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі виробу – Вала правого 31.10000.000.001-06.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення вала правого 31.10000.000.001-06 шляхом інтенсифікації багатоцільової операції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення вала правого.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для оброблення пазів вала правого.

Наукова новизна: за допомогою методик проведення інженерного аналізу та досліджень розроблено та теоретично перевірено конструкцію спеціального верстатного пристрою для оброблення пазів вала правого на комплексному обробному центрі із ЧПК. Встановлено величини напружень та переміщень, а також частоти власних коливань чисельними методами.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАЛ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, ОПЕРАЦІЯ

ABSTRACT

The explanatory note is made on 68 pages, includes 18 drawings, 8 tables, bibliography from 23 sources.

When performing mechanical processing of shaft-type parts, the processing of complex-shaped surfaces is time-consuming. On milling machines, productivity is limited by the speed of mutually coordinating movements of rotation and axial movement. The production of pumps and their assembly units requires the use of new technological methods, the production of blanks, as well as modern CNC machines. The master's thesis will provide an analysis of the service purpose of the screw pump, as well as develop a new version of the technological process of manufacturing the product part - Right shaft 31.10000.000.001-06.

The purpose of this work is the improvement of the manufacturing process of the right shaft 31.10000.000.001-06 by intensifying the multi-purpose operation.

The object of research: technological process of manufacturing the right shaft.

The subject of the study: a machine tool for processing the grooves of the right shaft.

Scientific novelty: with the help of methods of engineering analysis and research, the design of a special machine tool for processing the grooves of the right shaft at a complex machining center with CNC was developed and theoretically verified. The magnitudes of stresses and displacements, as well as the frequency of natural oscillations, were determined by numerical methods.

TECHNOLOGICAL PROCESS, SHAFT, CUTTING MODES, machine device, operation

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	8
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	8
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	9
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва.....	10
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	13
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі.....	14
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	15
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	15
2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	16
2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	19
2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	21
2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	22
2.6 Розрахунок режимів різання	23
2.7 Проектування засобів технологічного оснащення	26
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	34
3.1. Аналіз стану досліджень у галузі розроблення верстатних пристроїв.....	34
3.2 Розроблення 3D-моделі конструкції верстатного пристрою та його інженерне дослідження методом скінчено-елементного аналізу	36
3.3 Висновок	43
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	47

ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	50
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	51
ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	52
ДОДАТОК Г КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	53
ДОДАТОК Д КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ.....	54
ДОДАТОК Е СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ	55
ДОДАТОК Ж КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ	57
ДОДАТОК К ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток насособудування тісно пов'язаний із загальним технічним прогресом у таких галузях, як машинобудування, гідродинаміка, хімічна промисловість, електропромисловість. Завдяки досягненням у цих галузях стало можливим створення насосів різних типів, призначених для перекачування не тільки води, але й агресивних середовищ, рідких металів, криогенних рідин.

Особливе значення має застосування насосів, насосних установок або насосних станцій у системах водопостачання та каналізації, де вони є одним з основних вузлів. У системах водопостачання насоси забезпечують подачу води споживачам: промисловим підприємствам, тепловим електростанціям, житловим кварталам населених місць. У системах опалення та гарячого водопостачання за допомогою насосних установок здійснюється циркуляція гарячої води. У системах каналізації насоси забезпечують подачу стічної рідини на очисні спорудження або перекачування її із знижених районів населених місць в основні міські або районні колектори.

Виробництво насосів та їх складальних одиниць потребує застосування нових технологічних методів, виробництва заготовок, а також сучасних верстатів з ЧПК. У магістерській кваліфікаційній роботі буде наведений аналіз службового призначення гвинтового насоса, а також розроблений новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі виробу – Вала правого 31.10000.000.001-06.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення вала правого 31.10000.000.001-06 шляхом інтенсифікації багатоцільової операції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес виготовлення вала правого.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для оброблення пазів вала правого.

Методи дослідження. Результати роботи базуються на теоретичних основах технології машинобудування, теорії різання, різального інструменту, чисельного

моделювання. Також у роботі використовувались комп'ютерне моделювання в середовищі ANSYS.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 68 сторінок, у тому числі 18 рисунків, 8 таблиць, бібліографії із 23 джерел на двох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Деталь Вал правий 31.10000.000.001-06, креслення якої наведено в додатку А, що запропонована для кваліфікаційної роботи є однією з найважливіших деталей гвинтового насоса. Гвинтовий насос – насос, в якому створення напору рідини здійснюється за рахунок витіснення рідини одним або декількома гвинтовими металевими роторами, що обертаються всередині статора відповідної форми.

Гвинтова пара складається з двох валів, які обертаються в протилежному напрямку, зліва і праворуч від яких відходять оброблені гвинти. Частота обертання електродвигуна 50 або 60 Гц. Гвинтові насоси можуть працювати від дизельних двигунів. Однією із головних деталей гвинтового насоса є вал правий. Вал є одним із рухових елементів у конструкції гвинтового насоса. Конструкція вала виконана у формі зовнішньої спіралі із заходами кількістю n . Вал правий виготовляється із сталі високої міцності, а статор представлений кожухом з металу і еластомеру, що з'єднує з ним.

Робота насоса відбувається наступним чином. Вал приводиться в рух за допомогою електродвигуна та муфти, яка їх з'єднує. Вал обертається у середині статора, який розташований в корпусі виробу. При обертанні утворюється область нагнітання робочої рідини, яка переміщається від входного отвору до вихідного. Змінювання обсягу внутрішнього простору відбувається за рахунок обертання вала. Робоча рідина рухається уздовж осі гвинтів, які з'єднані між собою із розрахованим зазором. Завдяки цьому утворюється замкнутий простір, де і відбувається процес всмоктування і нагнітання робочої рідини.

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

Деталь «Вал правий 31.10000.000.001-06» є типовим представником деталей типу «Вал» і виготовляється із сталі 45 ГОСТ 1050-88. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1, а механічні та фізичні властивості – в таблиці 1.2. В цілому ж креслення виконане за усіма вимогами ЄСКД, на кресленні досить видів і перерізів для представлення форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

Креслення має достатньо наявних проєкцій і перетинів, які розміщені згідно існуючих стандартів. На всіх поверхнях позначені вихідні дані: розміри, їх точність і шорсткість, технічні вимоги на виготовлення деталі.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад 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

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

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

За даними вимог креслення базові поверхні виконані по 6–9 класу точності, що цілком обґрунтовано їх функціональним призначенням. Аналізуючи правильність простановки розмірів робимо висновок, що на кресленні відсутні допуски симетричності та паралельності для шпонкових пазів, допуск співвісності для циліндричних поверхонь 28k6 та 35k6.

Допуск симетричності бокових поверхонь пазу складатиме 60% від допуску для розміру 8 мм. Таким чином, $T=0,036 \cdot 0,6=0,0216$ мм, приймаємо 0,02 мм, що дорівнює 9-му ступеню точності згідно ГОСТ 24643–81.

Допуск співвісності циліндричної поверхні складатиме 30% від допуску для розміру 28 мм, $T=0,017 \cdot 0,3=0,0051$ мм, приймаємо 0,006 мм – 4 ступінь точності згідно ГОСТ 24643–81. Допуск співвісності циліндричної поверхні складатиме 30%

від допуску для розміру 35 мм, $T=0,020 \cdot 0,3=0,006$ мм, приймаємо 0,005 мм – 3 ступінь точності згідно ГОСТ 24643–81.

Деякі поверхні мають досить низьку шорсткість за критерієм Ra. Це пов'язано із відповідальністю та їх експлуатаційними характеристиками. В процесі роботи деталь сприймає вібрації, навантаження та корозійну дію агресивного робочого середовища. Шорсткість більшості поверхонь виконана з Ra=6,3 мкм. Базові (основні і допоміжні) поверхні торців виконані із шорсткістю Ra=3,2 мкм. У зв'язку з тим що поверхні є базами, то відповідно до них пред'явлені досить жорсткі вимоги, які обґрунтовані експлуатаційними показниками роботи вузла. Дана вимога до якості поверхонь дозволить знизити кількість концентраторів напруги та досягти максимальну працездатність деталі в складальній одиниці.

Незазначені граничні відхилення розмірів: H14, h14, $\pm IT14/2$. Поверхні, на які відсутні вимоги точної обробки, повинні оброблятися за 14-м квалітетом точності: отвори H14, зовнішні циліндричні поверхні h14, лінійні розміри – $\pm IT14/2$. Ці поверхні не є відповідальними і вони потрібні, щоб визначити конфігурацію деталі (посилення, технологічні поверхні і т. ін.).

Термічна обробка поверхонь становить 180...240 НВ одиниць за критерієм Бринеля. За цією вимогою поверхні деталі треба гартувати.

Підводячи підсумок аналізу креслення деталі, технічних вимог пред'явлених конструктором, можемо зробити висновок, що до деталі пред'явлені досить високі вимоги до точності розмірів, форми поверхонь та їх взаємного розташування. Окремі поверхні за службовим призначенням мають шорсткість в межах Ra=0,8–1,6 мкм.

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

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

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

базового технологічного процесу на відповідних операціях (табл. 1.3). В таблиці час вказано лише на механічні операції. Річний обсяг випуку – 1500 штук.

Таблиця 1.3 – Технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Найменування операції	$T_{ш-к}$, хв
015	Фрезерно - центрувальна	2,5
020, 025, 035	Токарна з ЧПК	41,5
030	Фрезерна з ЧПК	7,3
040	Вертикально-свердлильна	3,07
045	Круглошліфувальна	4,58

За результатами розрахунку, які наведені в додатку Б, $Kз.о. = 25$, що говорить про те, що тип виробництва дрібносерійний, і раціонально обрати форму організації робіт – групову.

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

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

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

В даному пункті будемо розглядати оцінку технологічності деталі «Вал правий 31.10000.000.001-06» саме в контексті майбутнього наукового дослідження.

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

–за технологічністю геометричних форм поверхонь. Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору можливості застосування високопродуктивного

обладнання, можна зазначити, що більшість механічно оброблюваних поверхонь є простими та відкритими, що значно полегшує обробку, так як в більшій мірі досягнута точність обробки залежить від простоти конструкційних форм. Наявність двухзахідного гвинта та внутрішнього отвору свідчить про нетехнологічність деталі.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не має можливості, так як деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціонального призначення необхідно забезпечити відповідну якість та точність поверхонь, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса заготовки складає 9 кг, а деталі 6 кг, що свідчить про те що при транспортуванні та закріпленні на перших операціях не потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран балки, мостові крани), що значно зменшить допоміжний час та відповідно собівартість готової деталі. Отже за масою деталь технологічна.

Деталь має досить великі габарити 65x454 мм, що потребує при механічній обробці великим розмірам робочої зони, а це буде впливати на розміри обладнання. Дане обладнання має не велику вартість та сервісні затрати, затрати на обслуговування.

Поверхні деталі є достатньо розвинутими, що полегшує умови базування та закріплення на механічних операціях.

Деталь має точні поверхні виконані по 6÷8 квалітету з відповідно низькою шорсткістю, $Ra=1,6$ мкм. Для отримання в комплексі даних критеріїв потрібно використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові, напівчистові та чистові), відповідні режими різання, та технологічну оснастку.

Поверхні, які мають шорсткість $Ra=1,6$ мкм та $Ra=0,8$ мкм потребують відповідної кількості операцій, що в результаті буде відзначатися на собівартості виробу в цілому, але так як даних поверхонь не багато, то можна сказати що за шорсткістю поверхонь деталь технологічна.

Також треба відзначити, що конструктором пред'явлені досить жорсткі вимоги як до форми, так і до розміщення базових поверхонь. Для досягнення даних вимог треба застосовувати відповідну кількість операцій з використанням режимів різання котрі дозволять виконати ці допуски та забезпечити необхідну якість поверхонь.

В технічних вимогах конструктором вказані особливі вимоги до якості деталі та заготовки, але в деталі присутні нетехнологічні поверхні, такі як: глухі отвори, конічні поверхні.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

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

В даному пункті будемо розглядати саме недоліки типового технологічного процесу оброблення деталі Вала правого. В базовому технологічному процесі оброблення пазів здійснювалось на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6P13 із застосуванням ділильної головки, яка через гітару змінних шестерен з'єднувалась із приводом поздовжньої осі переміщення стола. Таким чином деталі встановлювалась вертикально в патроні ділильної головки УДГ-320 і оберталась у процесі різання, створюючи гвинтову поверхню. Це все займало дуже багато часу, аж 140 хвилин, за заводським технологічним процесом виготовлення, через те що при даній схемі устанавлення не вистачало жорсткості технологічній системі, а саме верстатному пристрою, адже ділильна головка хоча і розрахована на такий вид обробки, коли іде поворот її шпинделя, при цьому суттєво втрачає жорсткість. Через наявність вібрацій під час оброблення неможливо застосовувати прогресивні різальні інструменти із твердого сплаву. Верстат 6P13 також є морально застарілим з повільним як для сьогодення переміщенням робочих органів, малою жорсткістю та зношеністю враховуючи його вік.

Всі ці фактори в купі не дозволяють здійснювати обробку прогресивно. Тому пропонується застосувати верстат з ЧПК горизонтального компоунання і заготовку під час оброблення розміщувати також горизонтально у спеціальному верстатному пристрої пенматичної дії для того щоб зменшити консольність і вібрації під час оброблення, а також зменшити час на установку заготовки. Також якщо зменшити вібрації, то можна буде застосовувати твердосплавні фрези з покриттям, що дозволить підвищити швидкості різання та період стіскості інструменту. Це у свою чергу дозволить суттєво підвищити загальну продуктивність, а також точність і якість оброблення.

1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Враховуючи проведений аналіз у попередніх пунктах, можна зробити проміжні висновки, щодо існуючої ситуації по технологічному процесу оброблення пазів на поверхні деталі для переходу до наступного розділу, а саме:

- у базовому технологічному процесі застосовуються застарілі верстати, верстатні пристрої, різальні та вимірювальні інструменти;
- матеріал деталі – конструкційна сталь;
- застосована схема установлення у базовому технологічному процесі є нераціональною, адже не забезпечує достатню жорсткість.

Враховуючи це, а також дрібносерійний тип виробництва пропонується:

- застосувати трьохкоординатний обробний центр з ЧПК горизонтальним компоунанням з можливістю доукомплектування двох поворотним столом, що важливо для оброблення широкої номенклатури у дрібносерійному виробництві;
- змінити схему розташування заготовки під час оброблення;
- розробити спеціальний верстатний пристрій пневматичної дії з горизонтальним розташуванням оброблюваної заготовки в ньому;
- застосувати твердосплавні фрези з покриттям для оброблення корозійностійких важкооброблюваних сталей з великим вмістом хрому;
- застосувати спеціальні шаблони для контролю профілю пазів.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Вихідними даними для виконання цього етапу є знання про типові маршрути оброблення поверхонь або груп поверхонь.

У багатьох випадках укрупнені операції включають переходи, що не можна виконати за один установ. Отже, необхідно прийняти рішення про принцип подальшого проектування – диференціації або концентрації побудови операцій.

При проектуванні маршрутного технологічного процесу необхідно врахувати рекомендації [1].

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

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Штампування заготовки

010 Термічна обробка

015 Фрезерно-центрувальна

020 Вертикально-фрезерна

025 Радіально-свердлильна

030 Слюсарна

035 Круглошліфувальна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штампування заготовки

010 Термічна обробка

015 Фрезерно-центрувальна

020 Токарна чистова. Чистове точіння

025 Вертикально-фрезерна

030 Радіально-свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Штампування заготовки

010 Термічна обробка

015 Фрезерно-центрувальна

020 Токарна з ЧПК

025 Токарна з ЧПК

030 Багатоцільова на обробному центрі. Фрезерування пазів

035 Токарна з ЧПК

040 Вертикально-свердлильна

045 Круглошліфувальна

Аналіз показав, що маршрут №3 найбільш вигідний з точки зору оброблення деталі, так як перші два маршрути абсолютно не враховували конфігурацію деталі і розташування її поверхонь.

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

Основним завданням цього пункту є визначення найбільш ефективного способу отримання заготовки.

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

Розрахунок методу отримання заготовки із прокату:

$$S_{\text{заг}} = M + \Sigma C_{\text{о.з}}, \quad (2.1)$$

де M – затрати на матеріал заготовки

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

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

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

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

$$C_{o.3} = \frac{15 \cdot 1,41}{60 \cdot 100} = 0,0035$$

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

де $S = 3200$ грн – базова вартість одного кг матеріалу, грн.

$Q = 9$ кг – маса заготовки;

$q = 6$ кг – маса готової деталі;

$S_{отх} = 4000$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$M = 32 \cdot 9 - (9 - 6) \frac{4000}{1000} = 276 \text{ грн.}$$

$$S_{ЗАГ} = 276 + 0,0035 = 276 \text{ грн.}$$

Розрахунок методу отримання заготовки із штамповки в підкладних штампах:

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

де $C_i = 32000$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 9$ кг – маса заготовки;

$q = 6$ кг – маса готової деталі;

$K_T = 1$ – коефіцієнт враховуючий клас точності;

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

$K_v = 0,87$ – коефіцієнт враховуючий масу;

$K_M = 1$ – коефіцієнт враховуючий матеріал;

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

$S_{отх} = 4000$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{заг} = \left(\frac{32000}{1000} \cdot 9 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (9 - 6) \frac{4000}{1000} = 200 \text{ грн.}$$

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

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

Вихідні дані для розрахунку припусків: матеріал - сталь 45 ГОСТ 1050-88; маса деталі – 6,0 кг; підігрів заготовки – індукційний; клас точності – Т2; рупа сталі – М2 (див. табл. 1); ступінь складності – С2; вихідний індекс – 15.

Призначаємо припуски і граничні відхилення згідно ГОСТ 7505-89: 2,0 мм – Ø39 мм ($R_a = 1,6$ мкм); 2,3 мм – Ø65 мм ($R_a = 3,2$ мкм); 2,3 мм – Ø45 мм ($R_a = 6,3$ мкм); 2,3 мм – довжина 78 мм; 2,7 мм – довжина 249 мм; 3,2 мм – довжина 454 мм. Визначені дані наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок розмірів штамповки в підкладних штампах

Номинальний розмір елемента деталі, мм	Припуск на сторону, мм	Додаткові припуски	Допустимі відхилення розмірів заготовки, мм	Остаточний розмір елемента заготовки, мм
39	2,0	–	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$43^{+1,8}_{-1,0}$
65	2,3	–	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$70^{+2,1}_{-1,1}$
45	2,3	–	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$50^{+2,1}_{-1,1}$
78	2,3	–	$3,2^{+2,1}_{-1,1}$	$82,5^{+2,1}_{-1,1}$
249	2,7	–	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$	$254,5^{+3,0}_{-1,5}$
454	3,2	–	$5,0^{+3,3}_{-1,7}$	$460,5^{+3,3}_{-1,7}$

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

Технічні вимоги:

1. Гр. II 180-240 НВ ГОСТ 8479-70.
2. Ступінь складності С1, група сталі – М1, точність виготовлення Т2, вихідний індекс 16 згідно ГОСТ 7505-89.
3. Незазначені радіуси зовнішніх кутів R 2 мм
4. Незазначені штампувальні ухили – не більше 5°.
5. Задилок за периметром обрізання не більше 2 мм.

6. Гранична величина зміщення штампів за площиною рознімання 1,5 мм.
7. Граничне відхилення від вигину осі вала не більше 1,0 мм.
8. Маркувати номер креслення, марку сталі ударним способом.
9. Клеймити знак ВТК.

Ескіз заготовки наведено на рисунку 2.1.

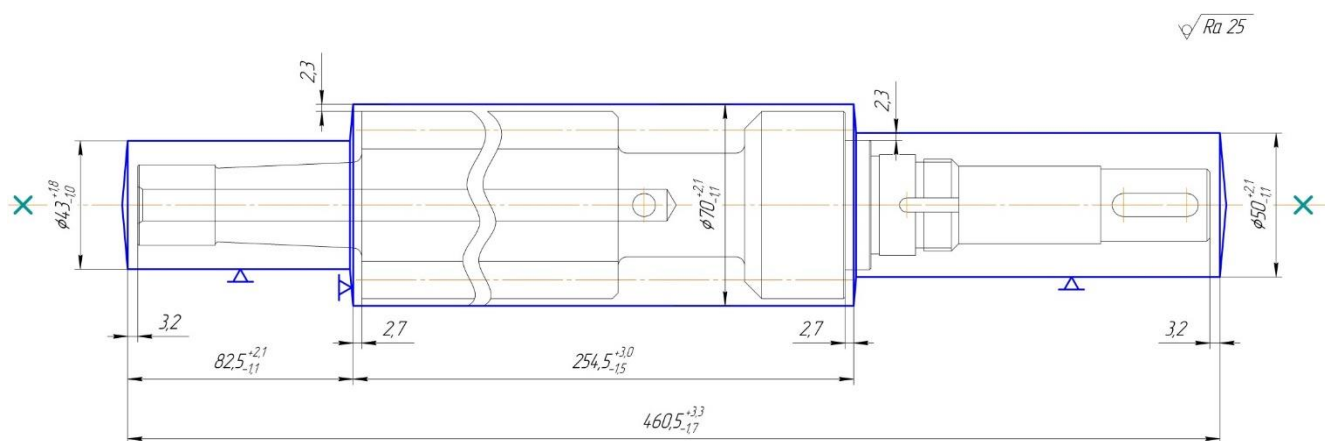


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Для розгляду в цьому пункті магістерської роботи було прийнято 030 комплексну з ЧПК операцію технологічного процесу, так як далі на дану операцію буде проектуватися верстатний пристрій, який буде підданий інженерному дослідженню. На операції 030 відбувається фрезерування пазу 8N9x4x30 мм та 5x2x20,5 з одного установу. Розглянемо базування заготовки на рисунку 2.2. Запропонована схема передбачає подвійну напрямну та опорну бази. Заготовка позбавлена п'яти ступенів вільності.

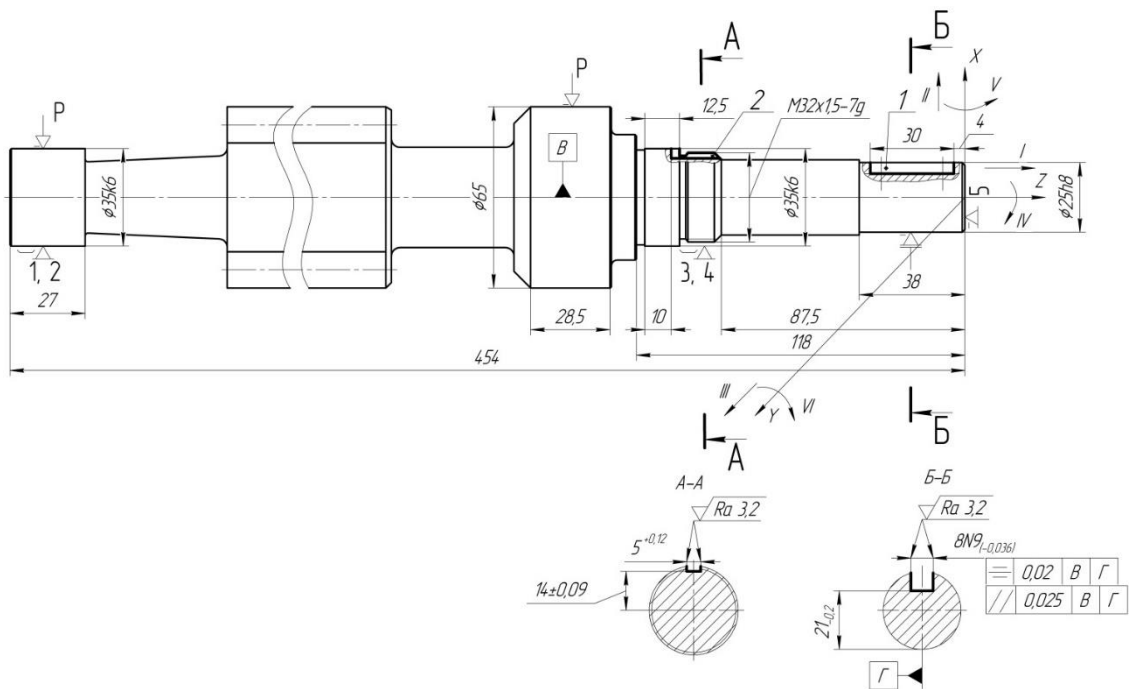


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки на операцію
030 Комплексна з ЧПК (варіант 1)

Похибка базування дорівнює $\varepsilon_{630} = T_4 = 300$ мкм; $\varepsilon_{620,5} = T_{87,5} = 870 = 870$ мкм.

Похибка базування для розмірів 8 мм та 5 мм залежить від точності верстату, позиціонування стола, точності пристосування, тоді $E_{\text{поз}} = 0,02$ мм.

Розглянемо другу схему базування заготовки: встановлювальна, напрямна та опорна бази також позбавляють п`яти ступенів вільності (рис. 2.3).

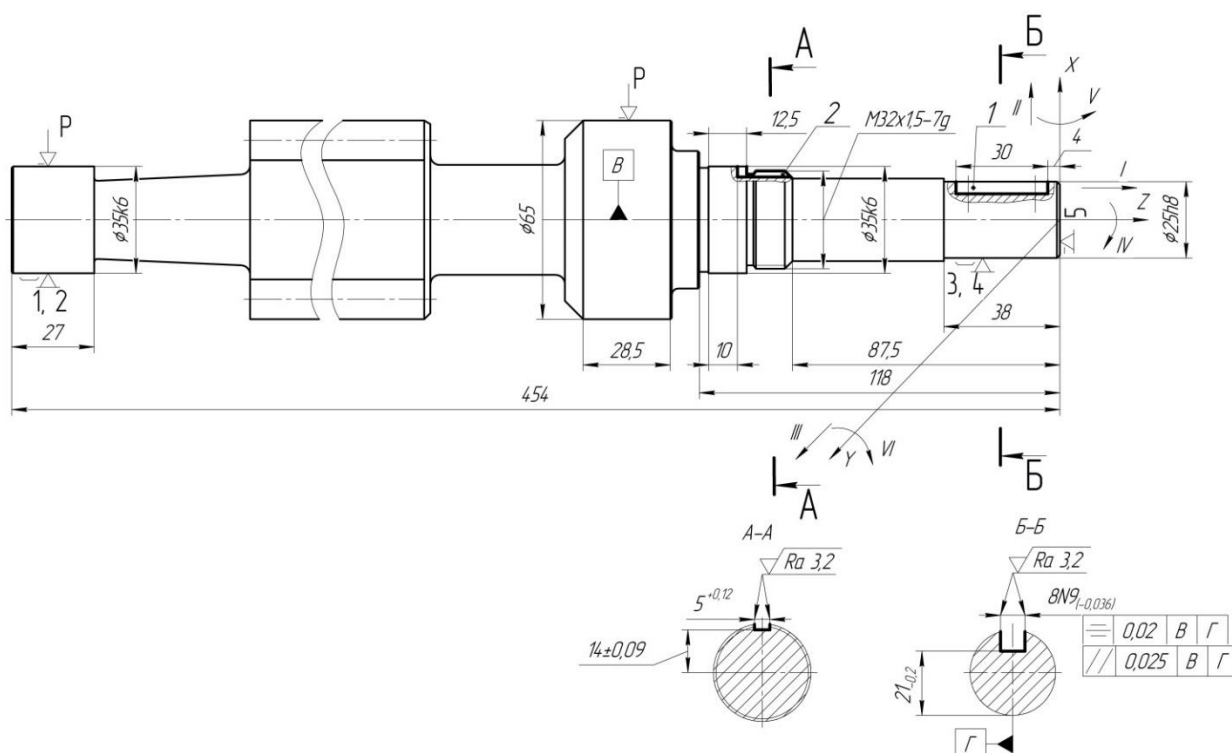


Рисунок 2.3 – Схема базування заготовки на операцію 030 Комплексна з ЧПК (варіант 2)

Похибка базування дорівнює $\varepsilon_{620,5} = T_{10} = 360$ мкм; $\varepsilon_{630} = T_{118} + T_4 = 870 + 300 = 1170$ мкм. Із двох наведених схем надаємо перевагу схемі №1 базування, тому що похибка ε_6 має менше значення із порівнянням зі схемою №2.

2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Для операції 030 – комплексна на оброблюваному центрі з ЧПК пропонуємо використовувати металорізальний фрезерний верстат моделі EcoMill 350, паспортні дані якого були взяті з [5].

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться фрезерування пазів) дійшли висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Потужність даного обладнання становить 2,2 кВт, що достатньо для операції. В таблиці 2.2 наведені технічні характеристики верстату.

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика верстата моделі HAAS EC-400

Характеристика	Значення
Потужність двигуна, кВт	2,2
Точність позиціювання, мм	0,012
Робоча поверхня стола, мм	800x240
Швидкість швидкого переміщення столу і повзуна, мм/хв	6000
Кількість частот обертання шпинделю	Б/р
Максимальні оберти шпинделю, об/хв	3000
Вага, кг	1400
Габаритні розміри, мм	1830x1600x1960

Такі габарити робочого простору дозволяють встановити пристрій та обробити заготовку із заданою точністю.

2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

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

Для установки і закріплення деталі на операції 030 в якості пристрою використовуємо спеціальний верстатний пристрій, який буде розроблятися в подальшому.

Для обробки заданих поверхонь (пазів) на операції застосовуємо такі різальні інструменти, допоміжні та вимірювальні інструменти:

- цанговий патрон 1 – 30 – 2 – 90 ГОСТ 26539 – 80 для встановлення або закріплення інструментів в шпинделі верстата;
- фреза 2234 – 0363 Р6М5 ГОСТ 9140 – 78 – шпонкова фреза $\varnothing 8$ із циліндричним хвостовиком;
- фреза 2220 – 0005 Р6М5 ГОСТ 17025 – 71 – кінцева фреза $\varnothing 5$ з циліндричним хвостовиком;

- зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;
- калібр – пробка гладка Ø8N9 ПР/НЕ ГОСТ 14810 – 69;
- штангенциркуль ШЦ–І–500–0,1 ГОСТ 166 – 89.

Всі поверхні на даній операції обробляються по 14-му квалітету, тому, з огляду на матеріал деталі відповідно до рекомендацій по вибору інструментального матеріалу по [5] були прийняті вище зазначені інструментальні матеріали з покриттям їх робочих частин нітридом титану TiN.

2.6 Розрахунок режимів різання

В даному пункті виробляємо розрахунок режимів різання на операції 030 – комплексна на обробному центрі з ЧПК. Причому розрахунок режимів різання аналітичним методом виробляємо на основний перехід фрезерування пазів по [4].

Вихідні дані: паз шириною $B=4$ мм і глибиною $L=8$ мм. Оброблюваний матеріал – сталь 45 ГОСТ 1050-88, границя міцності $\sigma_B=588$ МПа, твердість за критерієм Брюнеля $HV = 229$ МПа. Матеріал фрези – швидкоріжуча сталь марки Р6М5. Модель верстата EcoMill 350.

Визначаємо подачу на один зуб фрези S_Z . Для обробки сталі фрезою, з матеріалу Р6М5, приймаємо подачу $S_Z=0,05$ мм/зуб.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, \quad (2.5)$$

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;

$D = 8$ – діаметр фрези, мм;

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

K_v – поправковий коефіцієнт для швидкості різання, який враховує фактичні умови різання і визначається за формулою:

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV}, \quad (2.6)$$

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:

$$V = \frac{12 \cdot 8^{0,3}}{30^{0,26} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,05^{0,25} \cdot 4^0 \cdot 2^0} = 10,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 10,5}{\pi \cdot 8} = 418 \frac{\text{об}}{\text{хв}}. \quad (2.7)$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^g n^w} K_{mp}, \quad (2.8)$$

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:

$$K_{mp} = \left(\frac{588}{750} \right)^{0,3} = 0,93.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів сила різання дорівнюватиме:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 4^{1,0} \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 418^0} \cdot 0,93 = 600 \text{ Н.}$$

Складові сили різання:

$$P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 600 = 240 \text{ Н.}$$

$$P_v = 0,95 \cdot P_z = 0,95 \cdot 600 = 570 \text{ Н.}$$

$$P_y = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 600 = 240 \text{ Н.}$$

$$P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 600 = 330 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{600 \cdot 10,5}{1020 \cdot 60} = 0,098 \text{ кВт.} \quad (2.9)$$

Так як потужність різання менше потужності верстата ($N_{\text{різ}} < N_{\text{ст}\eta}$, $0,098 < 2,2 \cdot 0,85 = 1,87$), то обробка можлива.

Визначаємо основний (машинний) час:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_m} i \quad (2.10)$$

де $L = 30$ мм – робочий хід фрези;

$l_1 = 0$ мм – довжина врізання і перебігу.

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

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n, \quad (2.11)$$

де $z = 2$ – кількість зубів фрези;

$n = 400$ об/хв – кількість обертів фрези.

$$S_m = 0,07 \cdot 2 \cdot 418 = 56 \text{ мм/хв.}$$

$$T_o = 30/56 = 0,54 \text{ хв.}$$

Режими різання для фрезерування пазу 2 кінцевою фрезою. приймаємо згідно таблиць: $S_z = 0,02$ мм/зуб, $v = 35$ м/хв, $n = 690$ об/хв, $t = 5$ мм, $B = 2$ мм, $S_m = 112$ мм/хв. $T_o = 0,2$ хв.

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{n.з}}{N_n}, \quad (2.12)$$

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

$T_{\text{шт}}$ – штучний час;

$N_n = 60$ – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо-заключний час

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}, \quad (2.13)$$

де $T_{\text{пз1}} = 21$ хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{\text{пз2}} = 16$ хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{\text{пз}} = 21 + 16 = 37 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{від} + T_{об}. \quad (2.14)$$

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.15)$$

де $T_{уст} = 3,5$ хв - час на установку і зняття заготовки (ручний режим);

$T_{п} = 1,1$ хв - допоміжний час на керування верстатом;

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

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

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T; \quad (2.16)$$

$$T_{оп} = 0,535 + 5,6 = 6,15 \text{ хв.}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = T_{оп} 5\% = 6,15 \cdot 0,05 = 0,3 \text{ хв.,}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{від} = T_{оп} 4\% = 6,15 \cdot 0,04 = 0,25 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час:

$$T_{шт} = 6,15 + 0,3 + 0,25 = 6,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт-к} = 6,7 + 37/60 = 7,3 \text{ хв.}$$

2.7 Проектування засобів технологічного оснащення

В магістерській роботі розробляється пристрій для обробки деталі – «Вал правий» на операції 030 комплексна на оброблюваному центрі з ЧПК.

На операції фрезерується паз шириною 8 мм, довжиною 30 мм і глибиною 4 мм. Шорсткість бокових поверхонь паза $R_a = 3,2$ мкм, дна – $R_a = 6,3$ мкм. Розміри паза мають такі значення допусків: $8N9(0; -0,036)$ мм; $4H14(+0,3; 0)$ мм; $30H14(+0,62; 0)$ мм. Розмір радіусу $R = 4$ мм забезпечується інструментом.

Точність форми поверхонь паза на кресленні не позначена і вона знаходиться в межах полю допуску на розмір ширини паза. Точність розташування поверхонь паза відносно інших поверхонь деталі задана технічними вимогами креслення.

Допуск симетричності T_c знаходиться в межах 0,02 мм, а допуск паралельності T_{\parallel} розташування паза відносно осі деталі – в межах 0,025 мм.

Шорсткість бокових поверхонь паза становить $R_a=3,2$ мкм і відповідає мінімальним вимогам шорсткості залежно від точності розмірів, що може бути забезпечена однократним фрезеруванням.

Точність розмірів іншого паза знаходиться в межах 14 квалітету точності (довжина 20,5 мм, ширина – 5 мм, глибина – 2 мм) и забезпечується однократним фрезеруванням без будь-яких труднощів.

Таким чином, розрахунок точність розмірів та сили закріплення заготовки треба вести за технічними вимогами першого паза. Таким чином, протягом всього часу оброблення поверхонь заготовки треба забезпечити постійну потрібну силу її закріплення, а для переустановлення швидке закріплення та відкріплення заготовки.

Розрахунок режимів різання наведених переходів дозволив визначимо режим обробки, за якими виникають найбільші сили різання. Режим різання для фрезерування шпонкового пазу 8N9x4x30: $t = 8$ мм, $i = 1$, $S_z = 0,05$ мм/зуб, $S_m = 56$ мм/хв, $n = 400$ об/хв, $V = 10$ м/хв, $L = 30$ мм, $P_z = 600$ Н.

Режим різання для фрезерування шпонкового пазу 5x2x20,5 мм: $t = 5$ мм, $i = 1$, $S_z = 0,02$ мм/зуб, $S_m = 112$ мм/хв, $n = 690$ об/хв, $V = 35$ м/хв, $L = 30$ мм, $P_z = 305$ Н.

Для реалізації технічних вимог креслення вала правого на багатоцільовій операції з ЧПК треба вирішити наступні завдання:

- 1) розрахувати силу закріплення заготовки;
- 2) виконати перевірочний розрахунок пневматичного привода патрона;
- 3) виконати розрахунок точності параметрів пристрою.

Обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.

Подвійною напрямною базою прийняті дві поверхні діаметром $35k6(+0,018;+0,002)$ мм. Вони мають точний розмір і низьку шорсткість поверхні $R_a=1,6$ мкм. Опорною базою є торець діаметром 25h8. Ці поверхні будуть виконувати функцію технологічних баз заготовки. Запропоноване базування виключає похибку базування для розміру 30 мм ($\epsilon_{630}=0$). Розмір ширини паза 8N9

забезпечується інструментом – шпонковою фрезою. Глибина паза буде забезпечена налагоджуванням руху стола верстата у вертикальній площині. Схема діючих сил різання при фрезеруванні паза шириною 8 мм, довжиною 30 мм та глибиною 4 мм наведені на рисунку 2.4. За такою схемою сили закріплення притискують заготовку до поверхонь призм і надійно її фіксують. Крім цього, діючі сили закріплення не спмагаються перевернути або вигнути Вал правий.

Сила різання P_h спмагається зсунути заготовку уздовж її опорних поверхонь, а сила P_v повернути ротор навколо осі (рис. 2.4). Таким чином, розрахунок сили закріплення треба виконувати виходячи із двох умов. Перша умова – виключити зсув, друга умова – поворот заготовки.

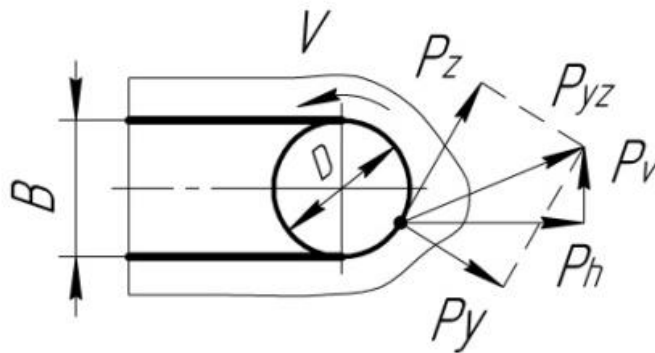


Рисунок 2.4 – Схема дії сил різання при фрезеруванні паза шириною 8 мм

Найбільша сила із двох розрахованих умов приймається за силу закріплення, вона є вихідною величиною для подальшого проектування верстатного пристрою.

Перша умова – виключення зсуву заготовки уздовж поверхонь призм від дії однієї із складових сил різання (рис. 2.4).

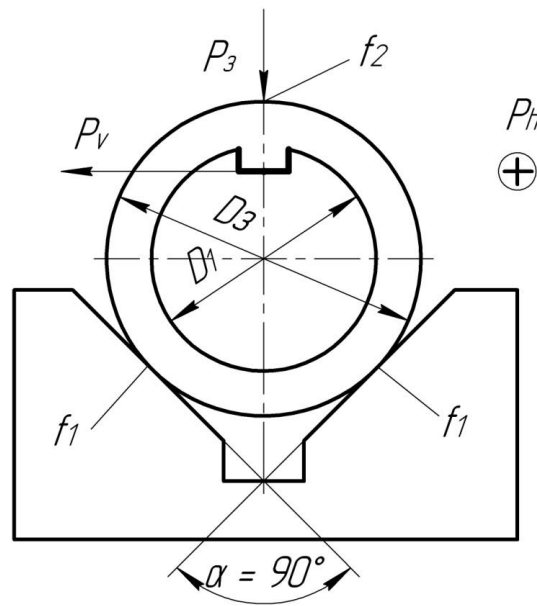


Рисунок 2.5 – Схема для розрахунку сили закріплення

Зсув заготовки під дією сили P_h стримують сили тертя, що виникають в місцях контакту затискних елементів із заготовкою і в місцях контакту заготовки із опорами призм (на рисунку 2.5 зображені коефіцієнти тертя f_1 і f_2).

Сила закріплення P_3 визначиться за формулою [7]:

$$P_3 = \frac{P_h \cdot K}{(f_1 + f_2)} = \frac{240 \cdot 3,7}{(0,16 + 0,16)} = 2775 \text{ Н,}$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 3,672 \approx 3,7$;

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

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт враховує якість оброблених поверхонь;

$K_2 = 1,7$ – коефіцієнт враховує затушення різального інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт враховує безперервність фрезерування;

$K_4 = 1,2$ – коефіцієнт враховує наявність пневматичних або гідравлічних приводів у пристрої;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт враховує розташування в пристрої рукояток для керування;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт враховує наявність моментів, які можуть повернути заготовку установленою площиною поверхнею на постійні опори;

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

Друга умова – виключення повороту заготовки під дією моменту, що утворюється складовими силами різання (рис. 2.5).

Вал правий при фрезеруванні буде нерухомим, якщо момент M утворений силою P_v буде дорівнювати моменту тертя, утвореного силою закріплення P_3 .

Момент, що утворився силою P_v , визначиться за формулою:

$$M = \frac{P_v \cdot D_1}{2} = \frac{570 \cdot 0,025}{2} = 7,125 \text{ Нм},$$

де $D_1 = 25$ мм – діаметр на якому розташовується паз.

Сила закріплення P_3 визначиться за формулою [7]:

$$P_3 = \frac{2 \cdot K \cdot M}{D_3 \cdot \left(f_2 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{2 \cdot 3,7 \cdot 7,125}{0,035 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{\sin \frac{90^\circ}{2}} \right)} \approx 3900 \text{ Н},$$

де $\alpha = 90^\circ$ – кут призми.

Таким чином, із двох умов найбільша сила закріплення $P_3 = 3900$ Н буде компенсувати поворот заготовки. За цією силою виконується розрахунок пристрою для фрезерування.

Сила закріплення P_3 діє на заготовку від пневматичного приводу через важільний механізм (рис. 2.6). Сила на штоку пневматичного приводу Q , згідно даними довідника [7], розраховується за формулою:

$$Q = \frac{P_3 \cdot l_1}{l_2 \cdot \eta} = \frac{3900 \cdot 75}{90 \cdot 0,9} \approx 3612 \text{ Н},$$

де $l_1 = 75$ мм; $l_2 = 90$ мм – плечі важільного механізму (визначаються при проектуванні механізму пристрою);

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

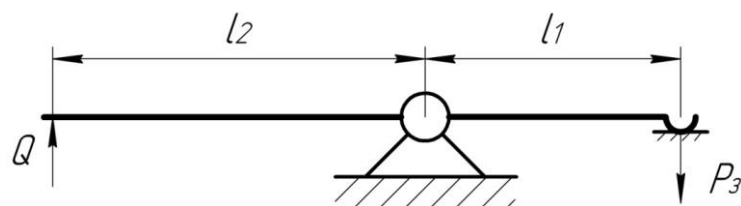


Рисунок 2.6 – Схема важільного механізму

Сила P_3 знаходиться в контакті із поверхнею заготовки в двох місцях. Тоді сила кожного пневматичного приводу Q_0 визначиться за формулою:

$$Q_0 = \frac{Q}{2} = \frac{3612}{2} = 1806 \text{ Н.}$$

Діаметр пневматичного приводу $D_{\text{п}}$ визначається за формулою [7]:

$$D_{\text{п}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{Q_0}{0,196 \cdot p_0}} = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{\frac{1806}{0,196 \cdot 0,4}} \approx 90 \text{ мм,}$$

де $p_0 = 0,4$ МПа – мінімальний тиск повітря в мережі пристрою.

Для приводу вибираємо мембранний пневматичний циліндр одnobічної 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].

Хід штока L при випуклій діафрагмі розраховується за формулою:

$$L = \frac{3 \cdot \rho \cdot D^4 \cdot (1 - \mu^2)}{256 \cdot E \cdot s^3},$$

де $\rho = 0,4$ МПа – мінімальний тиск стиснутого повітря;

$D = 125$ мм – діаметр діафрагми;

S – товщина діафрагми;

$E = 6 \cdot 10^2$ – модуль пружності матеріалу діафрагми;

$\mu = 0,4$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу діафрагми.

Товщина діафрагми визначається із умови міцності її тканини:

$$s = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \rho}{\sigma_{\text{max}}}} = \frac{125}{4} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,4}{40}} = 5 \text{ мм,}$$

де $\sigma_{\text{max}} = 40$ МПа – найбільше допустиме напруження гумової тканини діафрагми.

Визначимо хід штока L пневматичної камери за формулою:

$$L = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 125^4 \cdot (1 - 0,4^2)}{256 \cdot 600 \cdot 5^3} = 13 \text{ мм.}$$

Розрахований хід штока ($L = 13$ мм) дозволяє без будь-яких обмежень розкріпити заготовку після її обробки.

Розрахунок точності елементів конструкції пристрою.

Похибка виготовлення пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T_{\text{п}} - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{и}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2},$$

де $T_{\text{п}} = 25$ мкм – допуск паралельності паза відносно осі двох поверхонь діаметрами $35k6$, якій потрібно забезпечити;

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт враховує можливе відхилення від нормального розташування окремих складових (приймається у випадку, коли похибка базування не дорівнює 0);

$\varepsilon_6 = 0$ – похибка базування заготовки в призмі;

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення не впливає на зміщення заготовки;

$\varepsilon_y = 10$ мкм – похибка установлення пристрою на столу верстату;

$\varepsilon_{\text{п}} = 0$ – похибка перекосу інструменту;

$\varepsilon_{\text{и}} = 0$ – похибка зносу установчих елементів (рівномірний знос опорних поверхонь призми);

$\omega = 10$ мкм – середня економічна точність обробки [3, с.59];

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

$\varepsilon_{\text{поз}} = 10$ мкм – похибка позиції стола фрезерного верстата відносно шпиндельного блоку.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 25 - \sqrt{0^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + 10^2 + (0,6 \cdot 10)^2} \approx 10 \text{ мкм.}$$

Приймаємо точність виготовлення елементів пристрою $\varepsilon_{\text{пр}} = 10$ мкм.

Пристрій установлюється на столі вертикально-фрезерного верстата і базується в його пазах напрямними шпонками 9. Закріплення пристрою виконується болтами, що з'єднують пази корпусу 4 із пазами верстата.

Заготовка двома поверхнями діаметрами $35k6$ встановлюється на призму 12, а торець діаметром $25h8$ з'єднується із упором 3. Перехоплювачі 5 підводять до заготовки і обертанням рукоятки крана керування 1 виконують подання повітря у пневматичні камери 2. Заготовка закріплюється. Після оброблення заготовки рукоятка крана керування 1 обертається в протилежну сторону і повітря із пневматичних камер 2 виходить у атмосферу. Шток пневматичної камери під дією

пружини повертається у вихідне положення і заготовка розкріпляється. Перехоплювачі 5 відводяться від заготовки і вона виймається із пристрою. Обслуговування і робота із пристроєм не потребує високої кваліфікації верстатника.

2.8 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал правий» у якості заготовки була прийнята штамповка в підкладних штампах, так як вона більш економічно вигідна за техніко-економічними розрахунками.

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

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

Спроектований спеціальний верстатний пристрій для комплексної із ЧПК операції з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Аналіз стану досліджень у галузі розроблення верстатних пристроїв

Сучасні технології значно полегшують виробничі методи. Використовуючи найсучасніше обладнання, стало можливим виготовляти деталі зі складними контурами та обробкою поверхонь з високою та стабільною точністю. Багатофункціональні верстати забезпечують високу продуктивність. Також зарахунок використання високоефективних різальних інструментів з композитних матеріалів, промислових роботів, верстатів з числовим управлінням. Сучасне програмне забезпечення дозволяє доповнювати та покращувати технології виробництва та знаходити раціональні та оптимальні вирішення проблем для ряду наукових питань та проблем в галузі виробництва [16].

Проведені дослідження в галузі проектування затискних елементів ВП авторами статті [17] та запропоновано використовувати принцип «форми затискних елементів» та величини сил закріплення, для визначення їх оптимального місця положення на заготовці та залежно від цього оптимальну величину сили. При цьому застосовувався алгоритм, аналогічний алгоритму за яким працюють елементи захвату у роботів. Результатом є розроблення програмних додатків, що дозволяють з'єднувати даний алгоритм із бібліотеками затискних елементів та проводити підбір або автоматизоване проектування затискних елементів з параметрами під конкретну деталь.

У наукових дослідженнях [18–20] показують побудову скінченноелементних моделей систем «затискні елементи верстатних пристроїв – заготовки», що показує визначення деформацій поверхонь заготовок залежно від сили закріплення, що дає можливість здійснити їх автоматизовану оптимізацію. Модель частково враховує зміну коефіцієнта тертя між затискними елементами верстатного пристрою та заготовкою у результаті пластичного деформування мікронерівностей на контактуючих поверхнях. Таким чином за рахунок оптимізації величини сил закріплення можна попередити виникнення пластичної деформації заготовки та

здійснити надійне закріплення, адже змінання мікронерівностей на контактуючих поверхнях, що викликає зменшення контактного тиску буде враховано.

У дослідженні [20] представляється метод повторної оптимізації визначення місця розташування затискних елементів верстатних пристроїв при розрахунках динамічних параметрів верстатного пристрою. Авторами встановлено та доведено ефективність використання оптимізаційних методів для деталей даних систем при їх розрахунках у програмах скінченноелементного аналізу. Максимальна величина позиційного вектора похибки обробки була скорочена на 26% за рахунок оптимізаційних методів.

Стаття [21] освічує принципи використання «генетичного алгоритму» проектування та оптимізації конструкцій ВП, що базується на імовірнісних методах розрахунку за рахунок використання методів, аналогічних до проектування технологічних процесів у системах автоматизованого проектування.

Дослідження, що описане у [22] присвячене розробці способу моделювання та оптимізації ВП для закріплення деталі при здійсненні фрезерної операції зі змінними конфігураціями ВП та режимів механічної обробки. У дослідженні використовуються системи комп'ютерного проектування та моделювання. У моделі задавались нестационарні умови, подібно до реального процесу різання, та виконувався модальний аналіз з метою виявлення оптимальної конструкції ВП.

Дослідження у роботі [23] присвячене використанню методу компенсації змінних сил та законів тертя для визначення оптимальної величини сили закріплення, щоб зменшити деформації заготовки. Перший верстатний пристрій ідентифікує місце де виникають вібрації та зменшує їх керуванням режимів, а другий ВП компенсує деформації заготовки. Ці два інтелектуальних верстатних пристроя були досліджені теоретично та експериментально. За допомогою гармонічного аналізу та застосування методики поділу шляху інструмента на кроки навантаження визначається оптимальне значення величини сили закріплення. Також в якості кріпильних частин основи верстатних пристроїв часто розглядалася можливість застосування «ластівчиного хвоста». Такі випробування при чисельному моделюванні та різних експериментів показали, що втомна механічні

властивості при циклічних навантаженнях силами змінного напрямку і величини при даному типі з'єднань відповідає терміну безвідмовної роботи верстатного пристрою з існуючими типами з'єднань.

Аналіз літературних джерел показав, що науковці займаються розрахунками та розробкою моделей верстатних пристроїв та досліджують точність механічного оброблення при зміні параметрів верстатного пристрою та режимів різання. Також застосовуються системи впливу на коливання та вібрації в процесі контакту різального інструменту із заготовкою, а також різні генетичні алгоритми. Проте недостатньо уваги приділяється підвищенню жорсткості спеціальних верстатних пристроїв та зниженню їх металомісткості при забезпеченні достатньої точності для деталей типу валів, які представляють собою нежорсткі деталі та є складними для закріплення, що є актуальною задачею.

3.2 Розроблення 3D-моделі конструкції верстатного пристрою та його інженерне дослідження методом скінчено-елементного аналізу

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

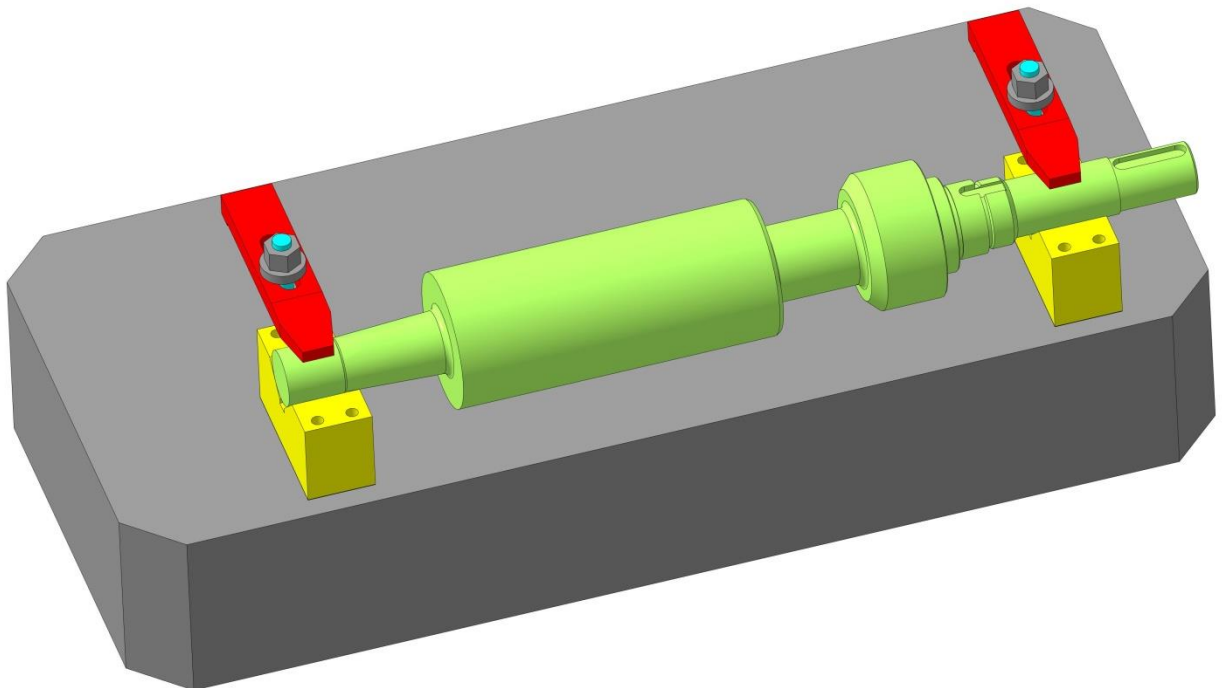


Рисунок 3.1 – Спроектований верстатний пристрій для комплексної операції та закріплена деталь

Модель будувалась з максимальним спрощенням усіх елементів з метою забезпечення більш швидких розрахунків, але при цьому не щоб не втрачалась їх точність.

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) виконувалось для деталей ВП, які безпосередньо будуть впливати на показники точності та міцності та задовольняти всім точнісним параметрам для обробки деталі. НДС також треба для виявлення концентраторів напружень та елементів, де напруження більші, ніж допустимі для конкретного матеріалу, та при їх наявності необхідно удосконалення конструкції. На даному етапі досліджень виконувалась перевірка еквівалентних напружень, які виникають у місцях контакту між установлювально-затискними елементами та заготовкою у результаті дії сил закріплення та силових факторів процесу різання (сили різання та моменти), а також умови за допустимими напруженнями для деталей із конкретних матеріалів.

Для виконання інженерного дослідження використовувався програмний комплекс ANSYS Workbench, де також визначались частоти власних коливань і потім ми їх порівнюємо з частотами, що можуть виникати при обробленні. За допомогою цих результатів буде можливість за необхідності удосконалити ВП, щоб запобігти резонансу і підвищити його точність. Так як у конструкції ВП усі деталі виготовлені зі сталі 45, то механічні властивості матеріалів, які використовуються у моделі, наступні:

- модуль пружності E , Гпа – 200;
- коефіцієнт Пуассона μ – 0,3;
- густина ρ , кг/м³ – 7850;
- границя міцності при розтягуванні $[\sigma_{розг}]$, Мпа – 950;
- границя міцності при стисненні $[\sigma_{ст}]$, МПа – 950;
- границя текучості σ_T , МПа – 726.

Граничними умовами під час моделювання було закріплення верстатного пристрою за нижньою поверхнею основи, що імітує встановлення на стіл верстата, а також всі поверхні об'єднані між собою шляхом об'єднання вузлів з типом контакту «Bonded», що виключає можливі переміщення. Типи контактів

«Frictional» задані в місцях посадок з указанням параметрів тертя за технічними характеристиками кожної з них. Ілюстрації скінчено-елементної сітки ВП представлені на рис. 3.3. Це робиться для отримання більш точних результатів, та більш якісного відображення можливих деформацій. На рис. 3.4 зображено ілюстрації напружень, що виникають при закріпленні та фрезеруванні заготовки, а на рис. 3.5 – 3.8 зображені деформації загальні та по осям X, Y, Z відповідно. На рис. 3.9 – 3.11 наведено форми власних коливань досліджуваного верстатного пристрою.

Аналізуючи отримані результати та величини коливань при яких відбуваються деформації можна зробити висновок, що розроблений ВП буде нормально функціонувати і точності, що отримані при аналізі не будуть виходити за межі допусків, адже найбільш точний розмір на даній операції – ширина паза вала правого 12 (0; -0,08) мм, а загальні деформації в області паза не перевищують 0,018 мм. Максимальні напруження під час чисельного моделювання показали 198 МПа, що менше ніж допустимі для матеріалів пристрою. Причому ці напруження виникають не в деталі а в прихватах.

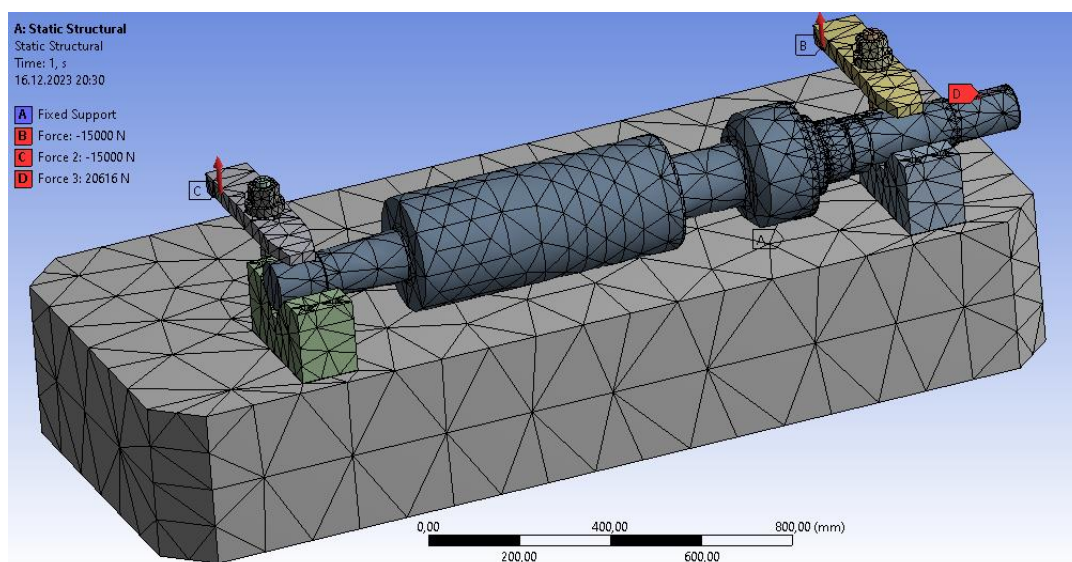


Рисунок 3.3 – Верстатний пристрій із скінчено-елементною сіткою та навантаженнями

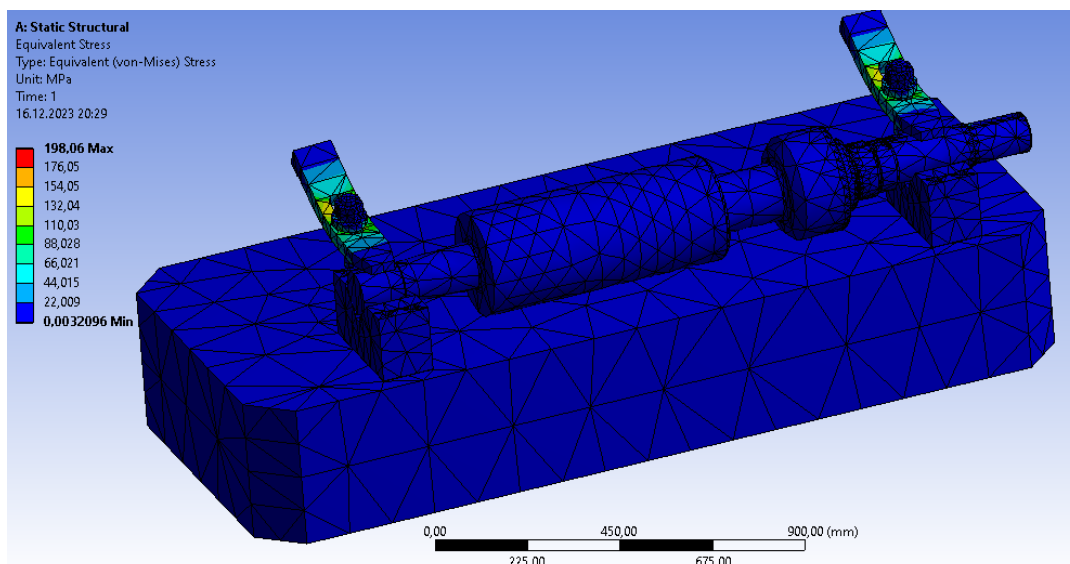


Рисунок 3.4 – Ілюстрація максимальних напружень при фрезеруванні паза

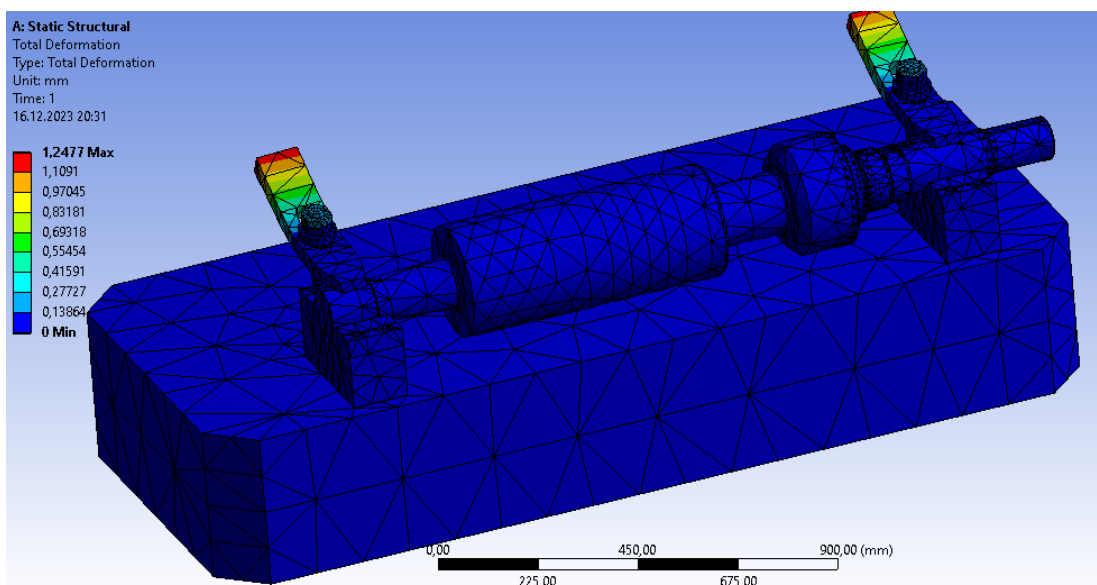


Рисунок 3.5 – Ілюстрація максимальних загальних переміщень при фрезеруванні паза

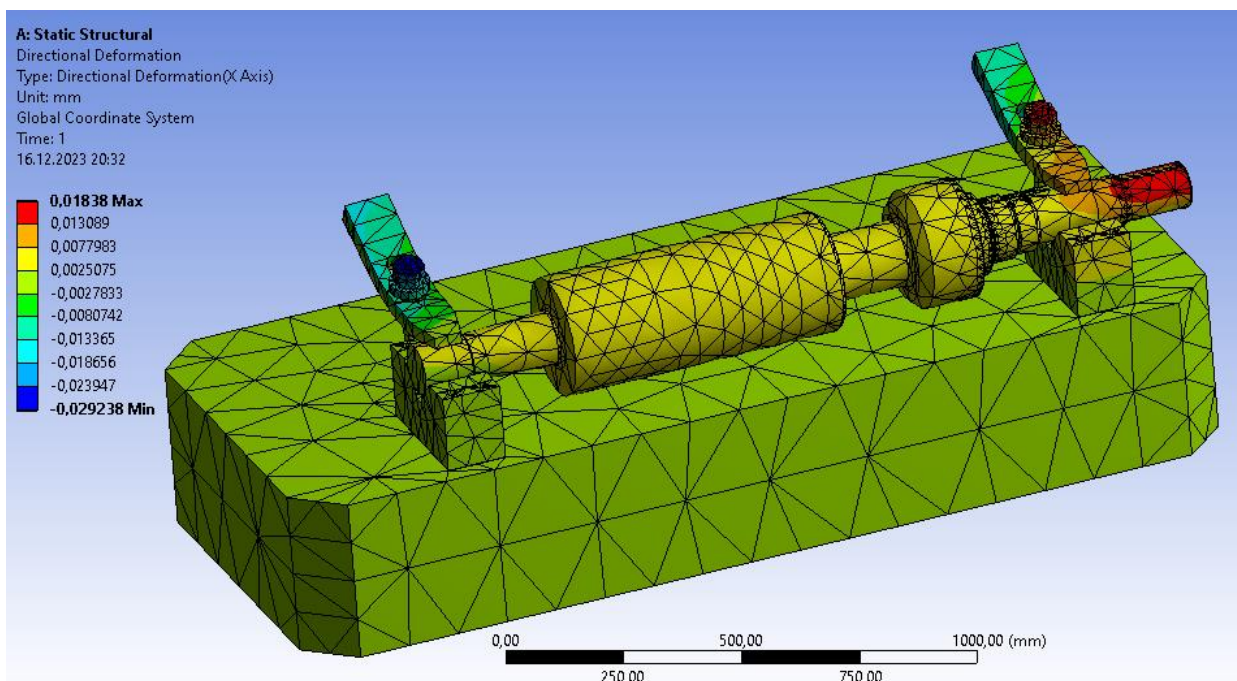


Рисунок 3.6 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі X при фрезеруванні паза

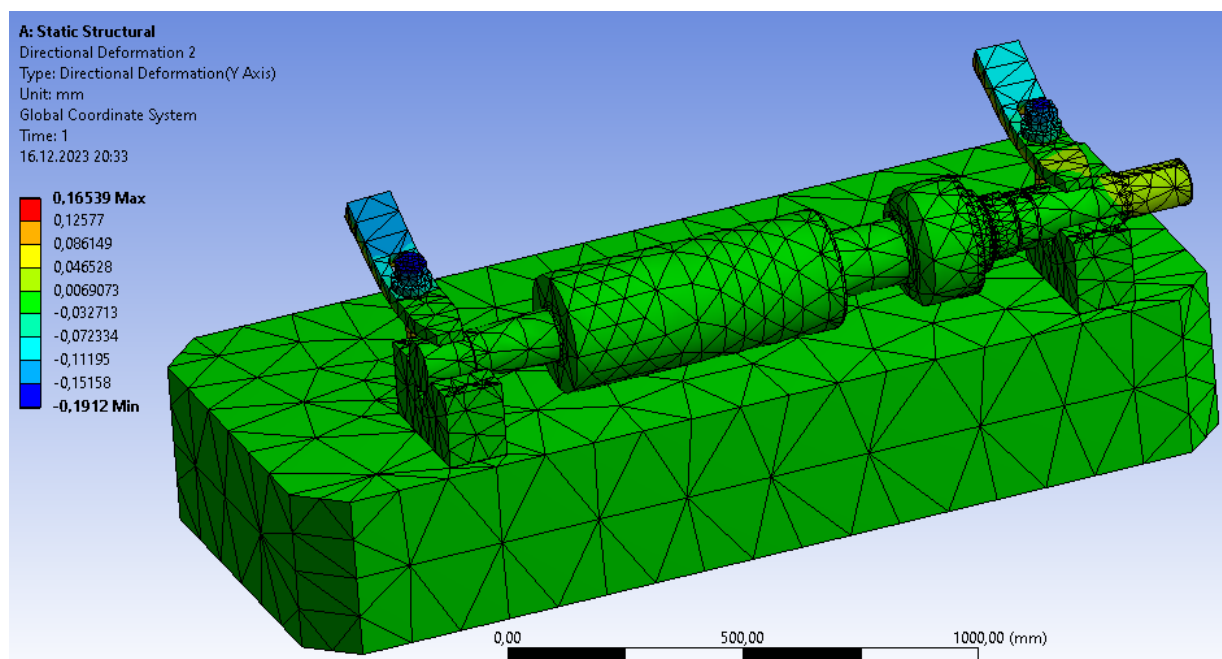


Рисунок 3.7 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі Y при фрезеруванні

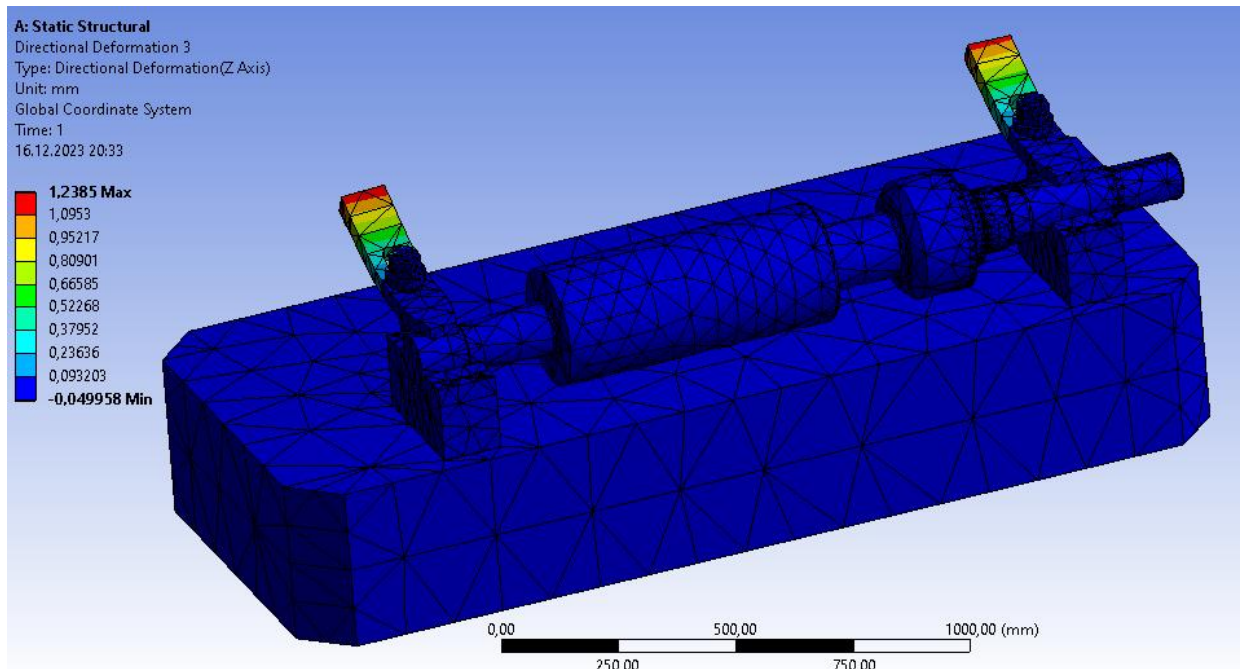


Рисунок 3.8 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі Z при фрезеруванні

Для запобігання виникнення явища резонансу в процесі механічної обробки важеля необхідно, щоб частота власних коливань елементів ВП не співпадала з частотою процесу різання. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є призначення інших режимів різання. Для цього за допомогою вбудованого модуля у програмному комплексі ANSYS і функції Modal Analysys визначаються частоти власних коливань запропонованого ВП та порівнюються з частотами, що виникають у процесі механічної обробки. Результати цього аналізу за необхідності дозволяють відлаштуватися від резонансу. Рисунки з виглядом форм власних коливань для досліджуваної системи «ВП – заготовка» наведені на рис. 3.6 – 3.8.

Таким чином після інженерного дослідження частот (мод) коливань визначено їх величини:

- 1-ша критична частота, Гц – 188;
- 2-га критична частота, Гц – 201;
- 3-я критична частота, Гц – 294.

Максимальна частота процесу різання на операції під час фрезерування паза, що знаходиться на краю вала, не перевищує 114 Гц, що менше ніж значення моди №1, тому обробка буде без виникнення резонансу.

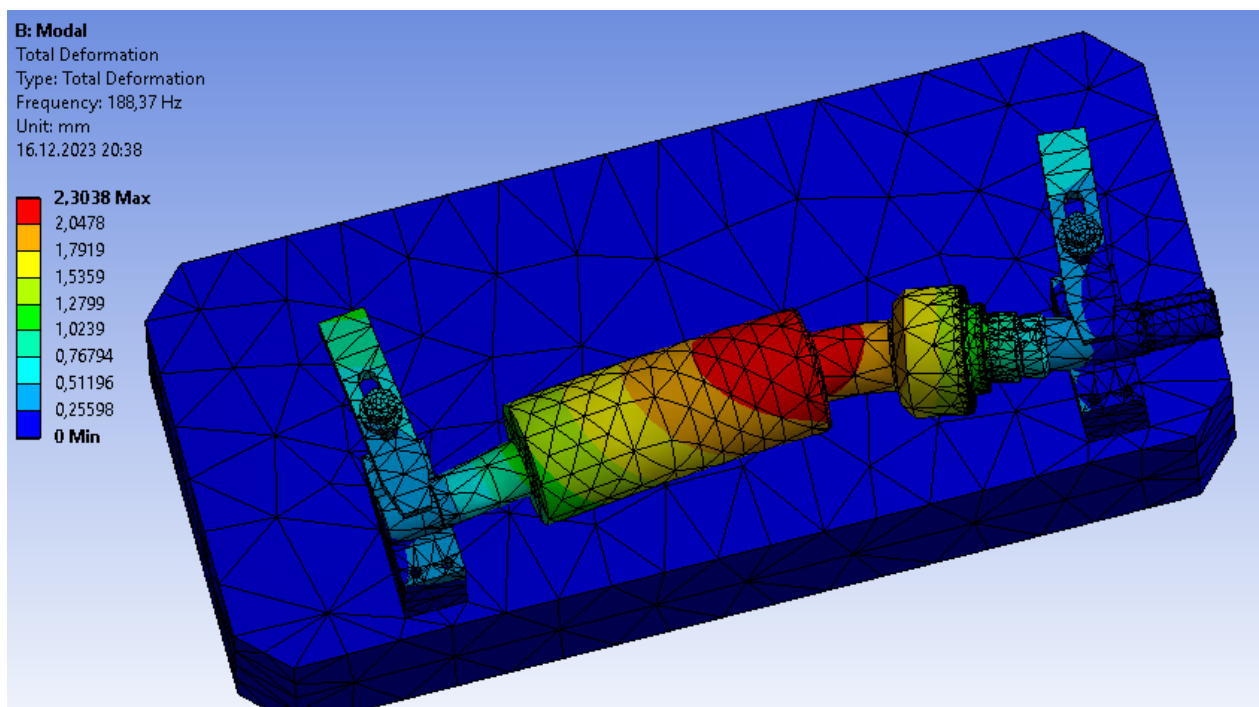


Рисунок 3.9 – Ілюстрація 1-шої критичної частоти ВП

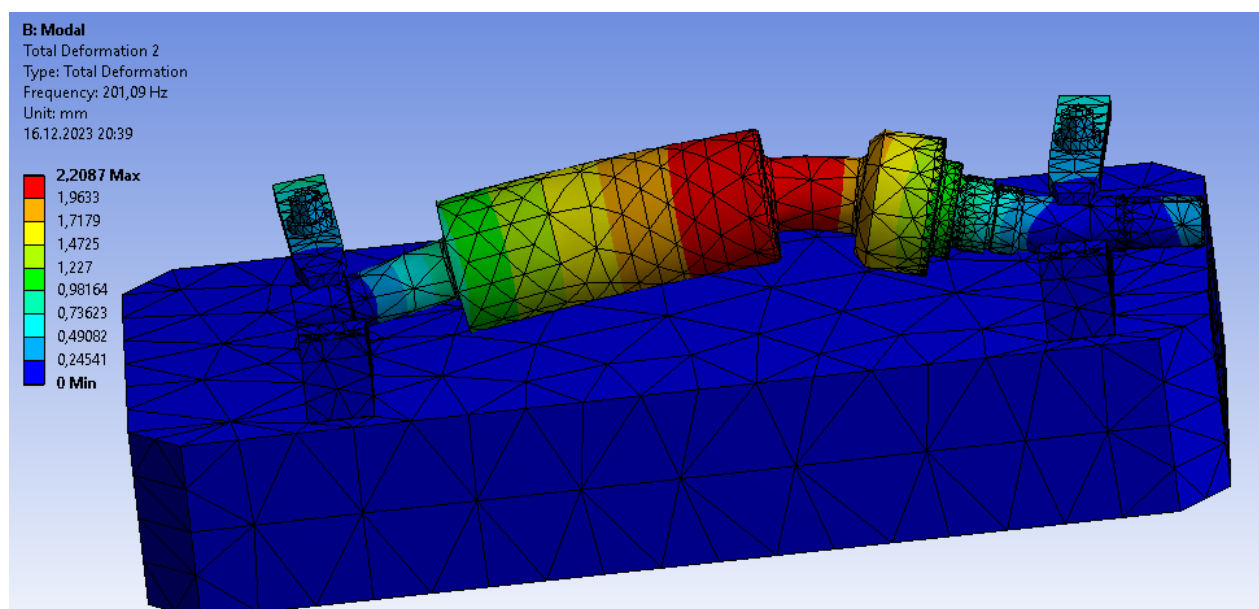


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 2-ї критичної частоти ВП

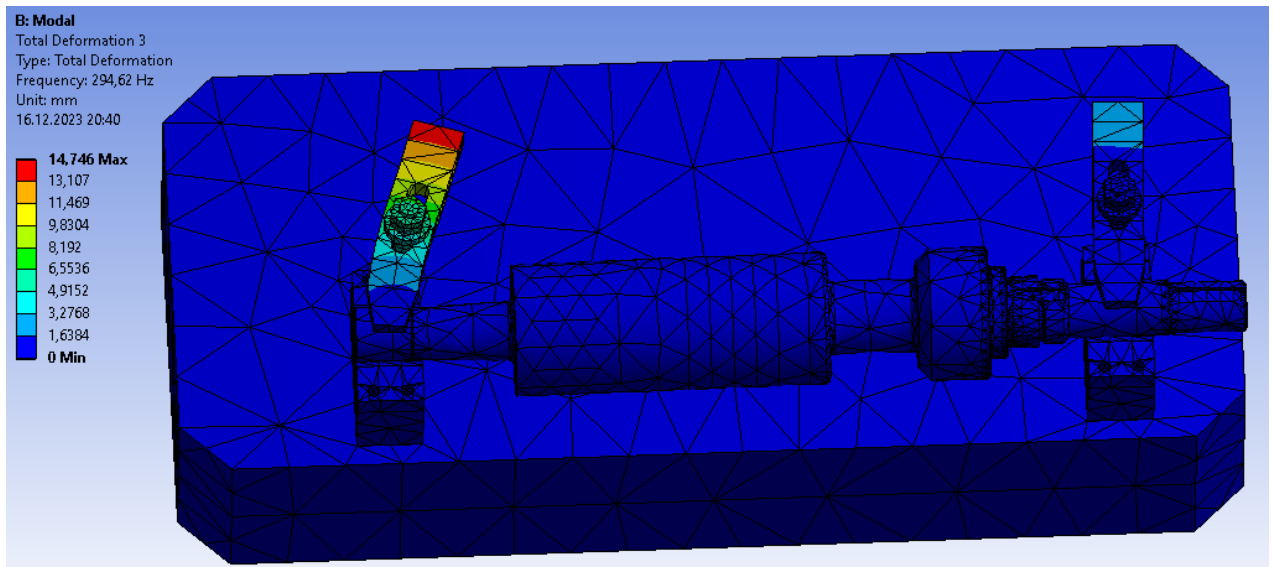


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 3-ї критичної частоти ВП

Із результатів частот коливань видно, що для запропонованої конструкції ВП резонансу не виникає, оскільки перша критична частота власних коливань ВП набагато вища за максимальну частоту процесу різання.

Також із отриманих значень форм коливань 1-ї та 2-ї частот (рис. 3.9 – 3.10) та їх величини 188 Гц та 201 Гц відповідно дуже близькі за значеннями, отже це є доказом того, що розрахунки виконані вірно та модель адекватна. При цьому можна спостерігати, що на рисунках відбувається коливання заготовки, адже вона довга і масивна, тому можна стверджувати що пристрій має достатню жорсткість, але заготовка може бути додатково закріплена допоміжними підвідними опорами, які не змінять схему базування та сам пристрій вцілому. Результати модального аналізу дозволяють висунути гіпотезу, що і в реальних умовах динамічна жорсткість спроектованого верстатного пристрою буде достатньою для проведення механічного оброблення без виникнення резонансних режимів.

3.3 Висновок

1. На основі методик та аналізу сучасного стану розробок в галузі проєктування та застосування верстатних пристроїв виконано кількісний та якісний аналіз комплексної з ЧПК операції, на якій здійснюється обробка пазів, що дозволило перейти до проєктування удосконаленого ВП пневматичної дії.

2. Базуючись на алгоритмах та рекомендаціях, щодо проєктування вертатного пристрою сконструйовано пристрій для фрезерування шпонкових пазів, створені його 3D-моделі для подальшого аналізу та досліджень.

3. Проведено чисельне моделювання напружено-деформованого стану, модального аналізу в програмному середовищі Ansys Workbench. Було виявлено максимальні переміщення, які не перевищують допусків на кресленні. Максимальні напруження також в межах норми.

4. Встановлено, що резонансу не виникне, тому даний верстатний пристрій можна використовувати для отримання необхідної точності і продуктивності, чого не вистачало в базовому технологічному процесі.

ВИСНОВКИ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу виготовлення вала правого 31.10000.000.001-06 шляхом інтенсифікації багатоцільової операції.

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

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

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

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

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

У розділі 3 – наукове дослідження розглянуті питання проектування верстатного пристрою для ефективного виготовлення пазів вала правого. Визначені максимальні напруження, переміщення, та частоти коливань запропонованого верстатного пристрою та теоретично розрахунковим шляхом за допомогою

скінчено-елементного аналізу встановлено, що при даній сфері застосування резонанс не виникне.

У додатку «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання пожежної безпеки промислових підприємств та виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Вал правий 31.10000.000.001-06».

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

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

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

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

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

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

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

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

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

15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю.

В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові данні. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

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

17. Optimal workpiece positioning in flexible fixtures for thin-walled components / M. D. Do, Y. Son, H. J. Choi // *Computer-Aided Design*. – 2018, Vol. 95. P. 14–23.

18. Machmad A. K. Fixture design optimization using genetic algorithm-a review / A. K. Machmad, C. P. Giorud // *Journal of information, knowledge and research in mechanical engineering*. – 2019. – Vol. 2. – P. 416–421.

19. Пасько М.М. Технологічне оснащення. Методичні вказівки та завдання до практичних робіт для студентів денної форми навчання спеціальності 5.05050302 «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях» (133 Галузеве машинобудування) / Пасько М.М., – 2018. – С. 54.

20. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2009. – 220 с.

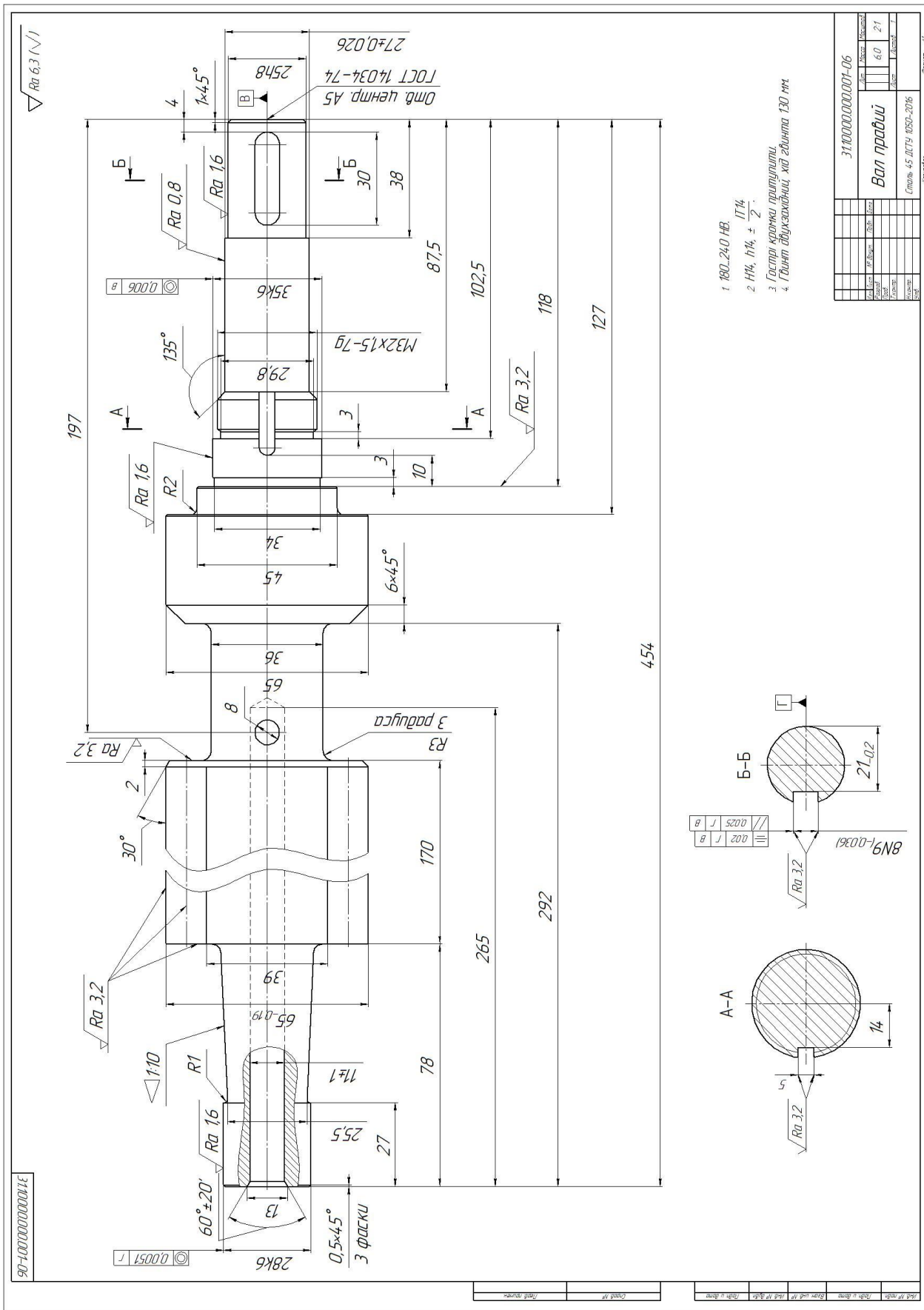
21. Біланенко, В. Г. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. Г. Біланенко, В. П. Приходько, О. О. Мельник; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27740>

22. Kelly Walsh. The virtual lab advantage in higher ed [Електронний ресурс] / Kelly Walsh. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://universitybusiness.com/the-virtual-labadvantage-in-higher-ed/>.

23. 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*. – 2022. – Vol. 2. – P. 60–65.

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт. хв.}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Фрезерно-центрувальна	15,00	0,11	1	0,11	7,74
2	Токарна з ЧПК	50,00	0,37	1	0,37	2,32
3	Токарна з ЧПК	18,00	0,13	1	0,13	6,45
4	Багатоцільова з ЧПК	20,00	0,15	1	0,15	5,80
5	Токарна з ЧПК	40,00	0,29	1	0,29	2,90
6	Вертикально-свердлильна	10,00	0,07	1	0,07	11,60
7	Круглошліфувальна	35,00	0,26	1	0,26	3,32
Сума:				6		40,12

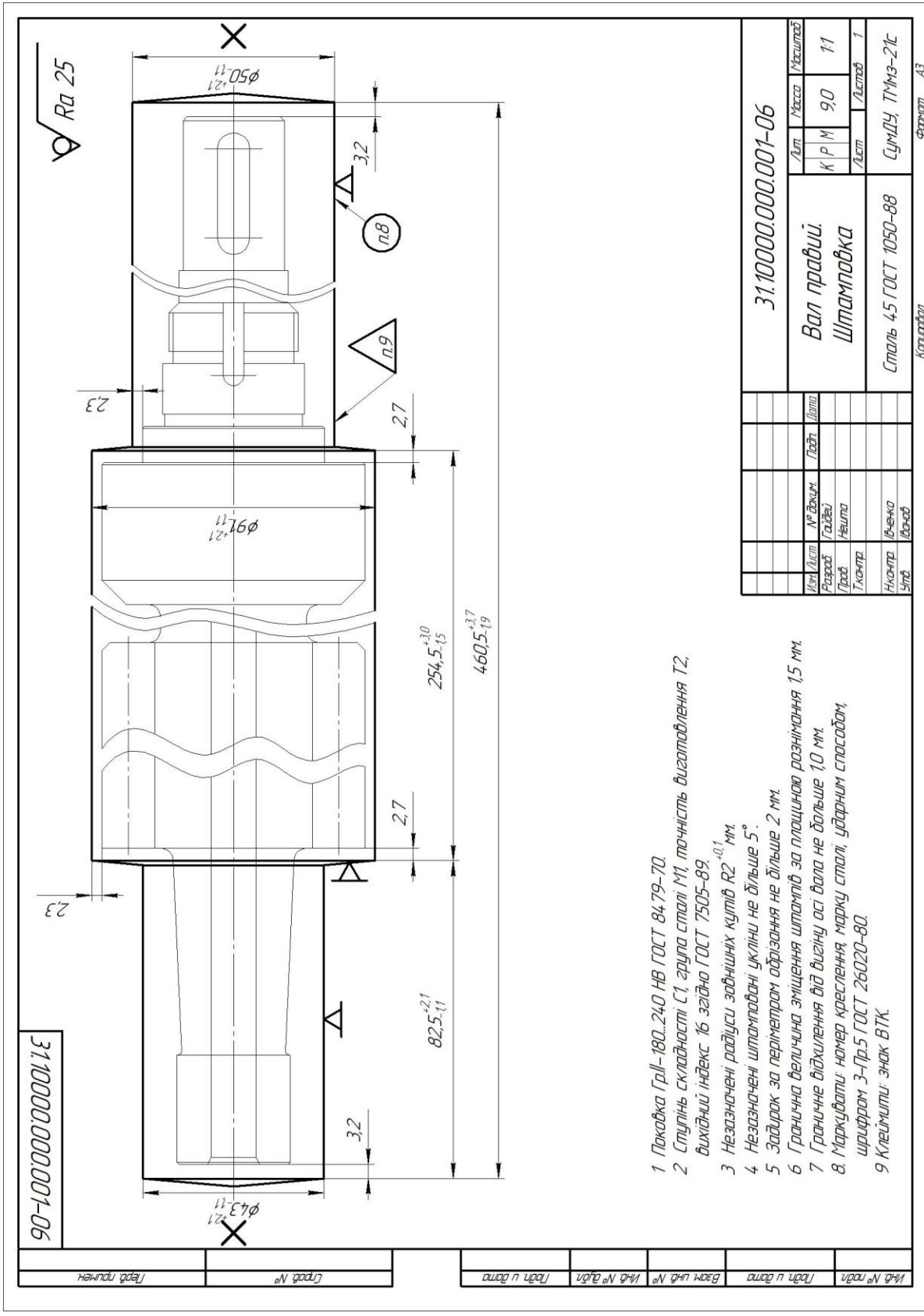
$T_{шт.}$ - штучний час, m_p - кількість необхідного обладнання, P - кількість робочих на кожній операції, $\eta_{з.ф}$ - фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця, O - кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці.

Річний обсяг випуску виробів N_p 1500 шт.
 Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_{д.о}$ 4015 годин
 Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.н}$ 0,85

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$ 26,69

ТИП ВИРОБНИЦТВА Дрібносерійний

ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ



- 1 Покровка Грп-180.240 НВ ГОСТ 84 79-70.
- 2 Ступіль складності С1, група сталі М1, точність виготовлення Т2, вихідний індекс 16 загідно ГОСТ 7505-89.
- 3 Незазначені радіуси заокруглених кутів R2^{+0,1} мм.
- 4 Незазначені штамповані укліни не більше 5°.
- 5 Задирок за периметром обрізання не більше 2 мм.
- 6 Графічно вказано зміщення штампів за площиною розміщення 1,5 мм.
- 7 Графічно відхилення від вісню осі вала не більше 10 мм.
- 8 Маркувати: номер креслення марку сталі, ударним способом, шрифтом 3-Пр-5 ГОСТ 26020-80.
- 9 Клеймити: знак ВТК.

ДОДАТОК Г

КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

ТМ 22320293-02 МТ		Найменування операції. Ескіз обробки		Верстат	Технологічне оснащення																																				
005	Обробка тиском			КГШП																																					
010	Термічна обробка			ПЧ																																					
015	Фрезерно-центрувальна			2Г94.2.04																																					
020	Токарна з ЧПК			16К20Ф3																																					
025	Токарна з ЧПК			16К20Ф3																																					
030	Фрезерна з ЧПК			Esomill 350	Пристрій для фрезерування ТМ14.010296-07-0100.00 СБ Патрон 1-30-2-90 ГОСТ 26539-80; Фреза 2234-0363 Р6М5 ГОСТ 9140-78; Фреза 2220-0005 Р6М5 ГОСТ 11025-71; Калібр-пробка гладка φ8N9 ПР/НЕ ГОСТ 24.121-80; Зразки шерсткості ГОСТ 9378-93																																				
035	Токарна з ЧПК			16К20Ф3																																					
040	Вертикально-свердильна			2Н125																																					
045	Круглошлітувальна			3А150																																					
050	Промивання	Ванна																																							
055	Технічний контроль	Стіл ВТК																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">ТМ 22320293-02 МТ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ім'я/Піп</td> <td style="text-align: center;">№ Взам. Габар.</td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листів</td> <td style="text-align: center;">Дата</td> <td style="text-align: center;">Версія</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Розроб</td> <td style="text-align: center;">Наша</td> <td style="text-align: center;">К.Р</td> <td style="text-align: center;">М</td> <td style="text-align: center;">Листів</td> <td style="text-align: center;">І</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Голова</td> <td style="text-align: center;">Наша</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Маршрутний технологічний процес</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ТМ 22320293-02 МТ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Наша</td> <td style="text-align: center;">Наша</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Класифікація</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">СумДУ, ТМ-2/С</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Узгод.</td> <td style="text-align: center;">Узгод.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Листів</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Формат А2</td> </tr> </table>						ТМ 22320293-02 МТ						Ім'я/Піп	№ Взам. Габар.	Лист	Листів	Дата	Версія	Розроб	Наша	К.Р	М	Листів	І	Голова	Наша	Маршрутний технологічний процес		ТМ 22320293-02 МТ		Наша	Наша	Класифікація		СумДУ, ТМ-2/С		Узгод.	Узгод.	Листів		Формат А2	
ТМ 22320293-02 МТ																																									
Ім'я/Піп	№ Взам. Габар.	Лист	Листів	Дата	Версія																																				
Розроб	Наша	К.Р	М	Листів	І																																				
Голова	Наша	Маршрутний технологічний процес		ТМ 22320293-02 МТ																																					
Наша	Наша	Класифікація		СумДУ, ТМ-2/С																																					
Узгод.	Узгод.	Листів		Формат А2																																					

ДОДАТОК К

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

К.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Вала правого 31.10000.000.001-06»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху, де виготовляється деталь «Вал правий 31.10000.000.001-06».

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

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

Технологічний процес обробки деталі «Вал правий 31.10000.000.001-06» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;
- фрезерні верстати;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомономенклатурний. Обладнання розставлено за груповою ознакою.

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

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

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

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
- можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;

- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантажень гранично допустимих значень;

- розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).

- замикання електричного ланцюга на металеві частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежної небезпеки приміщення проектного ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.

- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці.

- контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;

- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;

- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок, інструментів, що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;

- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;

- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;

- запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні МОР.

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

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

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

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

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

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

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

- для запобігання падінню заготовки при установці і знятті її з верстата розробити схему стропування;
- при транспортуванні тари, розробити маршрут переміщення і розташувати його на видному місці;
- відповідно до в комплекті до верстатного обладнання передбачити за-побіжні пристрої (запобіжні патрони, оправки), що захищають від перевантаження, здатної викликати поломку інструменту і травмування працюючих;
- відповідно до в комплекті до пристосування з гідроприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;
- для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);
- для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;
- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);
- для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;
- для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати МОР;

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

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

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

К.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Пожежна безпека об'єктів виробничого, громадського та побутового призначення являє собою одну з найважливіших народногосподарських проблем. Зменшення пожежної безпеки, обмеження збитку від виниклої пожежі досягається сукупністю засобів, спрямованих як на запобігання можливості виникнення пожежі, так і на раннє його виявлення і швидке ефективне гасіння.

Основними, найбільш частими причинами виникнення пожеж і вибухів є:

–необережне поводження з відкритим вогнем при палінні, користуванні палаючими сірниками, при роботі з ковальськими горнами, зварю-вальними апаратами та паяльними лампами, при розведенні багать і т.д.;

–несправність або перевантаження електрообладнання або електричної мережі;

–несправність виробничого обладнання та порушення технологічного процесу;

–вибухи газоповітряних, пароповітряних сумішей пилу і т.д.;

–самозаймання горючих або хімічних речовин;

–загоряння матеріалів внаслідок грозових розрядів, розрядів статичної електрики.

Наслідки загоряння можуть бути різні від згорілої сорочки до знищення цілої фабрики. Все залежить від сили пожежі, джерела, як швидко зреагували спеціальні служби. Які були вжиті заходи для гасіння пожежі. Якщо було погано організований план евакуації персоналу і не було засобів пожежогасіння, то можуть бути і жертви від пожежі, чадного газу та ін.

- Успіх гасіння всякого пожежі залежить від швидких і умілих дій першого, хто виявив пожежу. Кожен робітник і службовець повинен знати місцезнаходження найближчого телефону або пожежного сповіщувача і вміти передати повідомлення в пожежну команду.

- Передаючи повідомлення про пожежу потрібно не хвилюючись назвати точно місце виникнення пожежі, що горить, назвати своє прізвище та установу чи організацію.

- Виклик пожежної команди необхідно проводити негайно при виявленні пожежі або перших ознак загоряння.

- Після передачі повідомлення про виникнення пожежі (загоряння) необхідно вжити заходів до ліквідації пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками, внутрішніми пожежними кранами, водою з бочок, піском та іншими підручними засобами), залежно від того, що горить.

Евакуація в надзвичайних ситуаціях.

У будівлях і спорудах на випадок виникнення пожежі необхідно передбачати евакуаційні шляхи і виходи.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;

- з приміщень інших поверхів в сходову клітку (безпосередньо, зокрема через хол або через коридор), яка має мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від примикаючих коридорів перегородками з дверима;

- з приміщень в сусіднє приміщення в тому ж поверсі, забезпечене вказаними вище виходами.

У разі влаштування евакуаційних виходів з двох сходових кліток через загальний вестибюль одна з них має мати ще один вихід безпосередньо назовні. Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено, кількість їх з будівель і з кожного поверху будівлі має бути не меншою двох.

Евакуаційними шляхами вважаються такі, які безпосередньо ведуть до евакуаційного виходу і забезпечують безпечний рух людей. Ліфти і ескалатори не відносять до шляхів евакуації. На шляхах евакуації не має бути перешкод для руху людей. Проходи, коридори, сходи, тамбури, виходи в будівлях підприємств, баз і складів не можна загроможувати. Двері мають відкриватися на-зовні і бути розпашними, висота їх в світлі приймається не менше 2 м.

Ширина евакуаційних проходів, протяжність шляхів евакуації, кількість і ширина евакуаційних виходів (дверей) визначаються розрахунковим шляхом. Сумарна ширина маршів сходових кліток, ширина дверей, коридорів і проходів між технологічним устаткуванням приймається з розрахунку не меншою 0,6 м на 100 чол. Причому, ширина шляхів евакуації і дверей у всіх випадках має бути не меншою 1,0 і 0,8 м відповідно. Ширина проходів не менше 0,9 м.

Ширина сходового майданчика повинна бути не менше ширини маршу, а перед входом в ліфт з розпашними дверима – не менше 1,6 м.

У разі неможливості виконати цю вимогу евакуаційні виходи розташовують по периметру з розрахунку один вихід на 100 чол. Відстань між виходами має бути не більшою 50 м. Для площі приміщень понад 300 м² кількість виходів з них повинна бути, як правило, не менше двох.

Така ж кількість виходів передбачається, наприклад, зі складів і ізольованих відсіків цих складів площею більше 100 м², з машинних залів площею 250 м². З машинних відділень аміачних холодильних установок площею до 40 м² допускається мати один вихід. У приміщеннях з одним евакуаційним виходом допускається перебування одночасно не більше 50 чол. У торгових залах і на

шляхах евакуації людей не допускається зберігання горючих матеріалів, відходів, упаковки і контейнерів.

Для сповіщення людей про пожежу в будівлях використовуються як внутрішня радіотрансляційна мережа, так і спеціально змонтовані мережі віщання, а також тривожні дзвінки та інші сигнали. Типова схема системи сповіщення про пожежу повинна включати: магнітофони з наперед записаними на магнітофонну стрічку текстами сповіщення, підсилювач, пристрій вихідної комунікації, розподільну дротяну мережу, звукові колонки (динаміки).

Плани (схеми) евакуації людей на випадки виникнення пожежі мають бути розроблені і вивішені на видних місцях в будівлях і спорудах (окрім житлових будинків), які мають два поверхи і більше, якщо одночасно перебувають на поверсі більше 25 чоловік.

К.3. Висновки

Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Вал правий 31.10000.000.001-06» та визначені шляхи щодо їх усунення.