

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)

20__ 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 шнека, що подає,

1.9000.300-008 шляхом інтенсифікації оброблення канавок на комплексній з

ЧПК операції

Здобувача групи

ТМ.м-21

(шифр групи)

Турченко Дмитра Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Дмитро ТУРЧЕНКО

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доцент, канд. техн. наук, доцент Іван ДЕГТЯРЬОВ

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

(підпис)

Консультант
з питань охоро-
ни 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»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

« » грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Турченко Дмитро Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення шнека, що подає, 1.9000.300-008 шляхом інтенсифікації оброблення канавок на комплексній з ЧПК операції
керівник проекту Дегтярьов Іван Михайлович, к.т.н. доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «4» грудня 2023 року №1401-VI

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

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

- Креслення деталі «Шнек, що подає».

- 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 ви- дав	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 ТУРЧЕНКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Іван ДЕГТЯРЬОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 55 сторінках, включає 21 рисунок, 11 таблиць, бібліографії із 29 джерел.

При виконанні механічної обробки деталей типу шнек, що подає трудомістким є оброблення канавок на зовнішній циліндричній поверхні. На токарних верстатах продуктивність обмежується швидкістю взаємоузгоджуваних рухів обертання і осевого переміщення, тому дані поверхні канавок обробляють часто на фрезерних верстатах у ділильній голівці за велику кількість проходів через недостатню жорсткість останньої. Підвищення продуктивності можливо за рахунок зменшення кількості проходів, що у свою чергу призводить до необхідності збільшення глибини різання. Тому сили різання зростають, що часто супроводжується можливою появою вібрацій. Спеціальний профіль канавок таких деталей забезпечує виконання ними службового призначення, проте даний профіль є найбільш трудомістким елементом для обробки.

Метою дослідження є удосконалення процесу оброблення канавок на шнеку, що подає за рахунок розроблення прогресивного верстатного пристрою при фрезеруванні на комплексному обробному центрі з ЧПК.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення шнека, що подає.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для установа шнека, що подає на комплексній з ЧПК операції.

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

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ШНЕК, ЩО ПОДАЄ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, КАНАВКИ.

ABSTRACT

The explanatory note is made on 55 pages, includes 21 drawings, 11 tables, bibliography from 29 sources.

When performing mechanical processing of auger-type parts, processing grooves on the outer cylindrical surface is labor-intensive. On lathes, productivity is limited by the speed of mutually coordinating movements of rotation and axial movement, therefore, these groove surfaces are often processed on milling machines in the dividing head for a large number of passes due to the insufficient rigidity of the latter. An increase in productivity is possible due to a reduction in the number of passes, which in turn leads to the need to increase the depth of cutting. Therefore, the cutting forces increase, which is often accompanied by the possible appearance of vibrations. The special profile of the grooves of such parts ensures that they fulfill their service purpose, but this profile is the most time-consuming element to process.

The purpose of this work is an improvement of the process of processing grooves on the feeding screw due to the development of a progressive machine tool during milling at a complex machining center with CNC.

The object of research: technological process of processing the feeding screw.

The subject of the study: a machine tool for setting up a feeding screw in a complex operation with a CNC machine tool.

Scientific novelty: with the help of methods of engineering analysis and research, the design of a special machine tool for processing grooves with a large step with an end mill on a complex CNC machining center 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, FEEDING SCREW, PRODUCTIVITY,
MACHINE DEVICE, GROOVES.

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.....	12
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	13
Розділ 2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	14
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	14
2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	15
2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	18
2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	20
2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	21
2.6 Розрахунок режимів різання	22
2.7 Проектування засобів технологічного оснащення	27
Розділ 3 Наукове дослідження	38
3.1. Аналіз стану досліджень у галузі розроблення верстатних пристроїв.....	38
3.2 Розроблення 3d – моделі конструкції верстатного пристрою та його інженерне дослідження методом скінчено-елементного аналізу	41
3.3 Висновок	49
Висновки	50
Список джерел посилань	52
Додаток А Креслення деталі	56

Додаток Б Результати розрахунку типу виробництва	57
Додаток В Розрахунок розмірів заготовки	58
Додаток Г Специфікація на верстатний пристрій.....	61
Додаток Д Креслення заготовки	63
Додаток Е Креслення маршрутного технологічного процесу	64
Додаток Ж Креслення операційного налагодження.....	65
Додаток К Креслення верстатного пристрою	66
Додаток Л Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	67
Л.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Шнек, що подає»	67
Л.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення.....	73
Л.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	77
Л.4 Висновки.....	78

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудівна галузь постачає нову техніку у всі галузі народного господарства та визначає технічний прогрес країни і суспільства.

Зараз на виробничих підприємствах проводиться постійний пошук шляхів підвищення продуктивності праці, що виражається у впровадженні нових та більш ефективних технологічних процесів. Тому важливим є підвищення продуктивності виробництва в цілому є мінімізація основного та допоміжного норм часу на кожному з переходів у всьому технологічному процесі.

Мінімізація часу оброблення передбачає усунення так званих «вузьких місць», тобто переходів на яких витрачається часу в декілька разів більше, ніж на інших переходах тієї ж операції.

При виконанні механічної обробки деталей типу шнек, що подає трудомістким є оброблення канавок на зовнішній циліндричній поверхні. На токарних верстатах продуктивність обмежується швидкістю взаємоузгоджуваних рухів обертання і осевого переміщення, тому дані поверхні канавок обробляють часто на фрезерних верстатах у ділильній голівці за велику кількість проходів через недостатню жорсткість останньої. Підвищення продуктивності можливо за рахунок зменшення кількості проходів, що у свою чергу призводить до необхідності збільшення глибини різання. Тому сили різання зростають, що часто супроводжується можливою появою вібрацій. Спеціальний профіль канавок таких деталей забезпечує виконання ними службового призначення, проте даний профіль є найбільш трудомістким елементом для обробки.

Тому для підвищення конкурентоздатності продукції, що випускається на підприємствах України актуальним завданням є зниження собівартості та підвищення продуктивності оброблення деталей типу шнек, що подає, що містять канавки із великим кроком.

Одним зі шляхів підвищення продуктивності та зниження собівартості обробки є впровадження нових підходів у обробленні, а саме забезпечення максимальної жорсткості за рахунок верстатного пристрою і застосування прогресивних

верстатів з ЧПК. Пристрій має забезпечувати надійність і жорсткість, а верстат має виконувати складні кінематичні рухи. При цьому злом метала має бути максимальним за одиницю часу. Тому розроблення та дослідження на точність, міцність і жорсткість верстатного пристрою для оброблення канавок являє собою актуальну наукову й практичну задачу.

Метою дослідження є удосконалення процесу оброблення канавок на шнеку, що подає за рахунок розроблення прогресивного верстатного пристрою при фрезеруванні на комплексному обробному центрі з ЧПК.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення шнека, що подає.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для установа шнека, що подає на комплексній з ЧПК операції.

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

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Виконана онлайн доповідь на Міжнародній науково-технічній конференції «Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні» м. Одеса, Україна.

Публікації. Турченко Д. А. Удосконалення технологічного процесу виготовлення шнека, що подає шляхом інтенсифікації оброблення канавок на комплексній з чпк операції. Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні : матеріали міжнародної науково-технічної конференції, м. Одеса, 6-7 грудня 2023 р. – Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2023. – 333 с.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 55 сторінок, у тому числі 21 рисунок, 11 таблиць, бібліографії із 29 джерел на трьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Деталь «Шнек, що подає» 1.9000.300-008, креслення якої наведено в додатку А, що запропонована для кваліфікаційної роботи є однією з найважливіших деталей насоса ЦБН 600-200-400 і входить у вузол змащення підшипників, що називається «Нагнітач».

Насос типу ЦБН 600-200-400 – вихровий, вертикальний секційний, призначений для закачування в нафтоносні пласти рідин і нафтопромислових вод без вмісту сірководню. Принцип дії насоса полягає в перетворенні одержуваної від приводу динамічної енергії в потенційну енергію тиску, кінетичну енергію потоку рідини, що перекачується за рахунок взаємодії з рідиною робочих коліс ротора і напрямних апаратів статора насоса. При цьому швидкості обертання ротора досить високі, а для несучої здатності застосовують підшипники ковзання.

Складальна одиниця «Нагнітач» призначена для подавання на робочі поверхні підшипників мастила під тиском для того щоб масляна плівка знаходилась постійно між поверхнями що взаємодіють із тертям.

Деталь «Шнек, що подає подаючий» призначений для можливості зміни швидкості переміщення аксіально-рухомої обойми, яка приводить в рух поршні, що і створюють достатній тиск в масляній гідравлічній системі. При цьому початковий забір мастила з дна баку відбувається лопатями (канавками) шнека.

Конструктивними особливостями деталі можна вважати три канавки, (дві внутрішніх і одна торцева) та паз під штифт, який має радіусний профіль.

Деталь при роботі в вузлі і в самому насосі не зазнає ударних і циклічних навантажень та безпосередньо контактує з мастилом.

Деталь і виріб, як і насос експлуатується в приміщеннях з помірними умовами в діапазоні температур від +5 до + 35 °С.

Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 30-40 Дб.

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

Дана деталь «Шнек, що подає» 1.9000.300-008 відноситься до деталей типу дисків, так як відношення $l/d < 1$ ($40/164 < 1$). Деталь сама по собі є достатньо жорсткою, так як має досить велику товщину стінок в районі поверхонь закріплення, тобто не буде деформуватися під дією сил закріплення (наприклад, в трикулачковому патроні). Внаслідок того, що деталь жорстка можна використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Матеріал деталі – корозионностійка сталь 20X13 ДСТУ 5632-2016, що є важкооброблюваним матеріалом та відповідно вимагає застосування інструментів з високим періодом стійкості при забезпеченні швидкостей різання на прийнятному продуктивному рівні. Також матеріал досить пластичний і в'язкий, тому необхідно застосовувати різальні інструменти з великими передніми кутами і малим радіусом при вершині.

Для аналізу в цьому пункті розглянемо поверхню $\varnothing 164f9$ з шорсткістю за критерієм Ra 1,6 мкм призначена для приведення в рух аксіально-поршневої обойми та забору мастила, що здійснюється наявністю дванадцяти заходів (гвинтових ліній) на ній і для необхідного гарантованого зазору між деталями вимоги до поверхні обґрунтовані.

До цієї поверхні не застосовується особливих вимог щодо точності форми і розташування, але велике биття тут неприпустимо, так як це може привести до неспіввідності деталей у вузлі, заклинюванні і виході його з ладу.

Враховуючи складність профілю канавок, їх розміри і крок доцільно виконувати їх оброблення саме фрезеруванням на верстаті з ЧПК, але при цьому необхідно виконати раціональне установлення заготовки, щоб забезпечити точність, економічність і продуктивність.

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.

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. 1.1). В таблиці час вказано лише на механічні операції. Річний обсяг випуку – 300 штук.

Таблиця 1.1 – Технологічний процес виготовлення деталі

Номер операції	Найменування операції	Штучно-калькуляційний час, хв
015	Токарно-гвинторізна	20
025	Токарно-гвинторізна	35
040	Вертикально-свердлильна	15
050	Вертикально-свердлильна	25
060	Вертикально-фрезерна	140

За результатами розрахунку, які наведені в додатку Б, $K_{з.о.} = 28$, 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 «Шнек, що подає» 1.9000.300-008 саме в контексті майбутнього наукового дослідження, а саме оброблення дванадцятьох зовнішніх канавок, тому розглянемо стандартні пункти аналізу технологічності які стосуються саме цього питання:

– за матеріалом деталі. Дана деталь виготовлена з корозійностійкої сталі марки 20X13 ДСТУ 5632-2016, що нетехнологічно, оскільки матеріал легований великою кількістю хрому, тому є важкооброблюваним, тому необхідно застосовувати інструменти із покриттям, а також знижувати режими оброблення. Силкові фактори під час оброблення також будуть мати превалюючий характер, тому необхідно застосовувати верстат великої потужності;

– за технологічністю геометричних форм поверхонь. Оброблення дванадцятьох зовнішніх канавок можливо здійснити стандартними кінцевими фрезами, що є технологічним, проте для реалізації цього необхідно застосувати трьохкоординатний верстат із ЧПК досить великої потужності, щоб забезпечити зняття припусків за мінімальну кількість проходів. Також є складність у написанні керуючої програми, адже не можливо застосувати стандартні цикли, тому за цим показником деталь є нетехнологічною;

– за проставленням розмірів. Щодо розмірів канавок, то доцільніше було б поставити розмір саме ширини канавки і кроку, а не товщини виступу і кроку, як є зараз, адже так одразу можна обрати кінцеву фрезу необхідного діаметра без додаткових розрахунків. Або ж поставити розмір ширини канавки як довідковий. В даному випадку необхідно віднімати від величини кроку розмір уступу, що нетехнологічно. Також ширина канавки при цьому 9 мм, що вимагає обробки фрезою 8 мм за два проходи, що теж нетехнологічно;

– за правильністю обґрунтування прийнятих значень граничних відхилень. На поверхні канавок не проставлені граничні відхилення, що означає, що допуски на ці поверхні за 14-м квалітетом, що передбачає одну стадію обробки, а це характеризує технологічність деталі за даним показником.

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 гвинтових канавок на деталі.

В базовому технологічному процесі оброблення канавок 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 установа 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 компоновання 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 стійкості 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 дванадцяти зовнішніх канавок 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 – корозійностійка важкооброблювана сталь, що накладає обмеження по режимам оброблення;
- застосована схема устанавлення у базовому технологічному процесі є нерациональною, адже не забезпечує достатню жорсткість.

Враховуючи це, а також дрібносерійний тип виробництва пропонується:

- застосувати трьох координатний обробний центр з ЧПК горизонтального компоновання 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 канавок.

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 обробки 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 Токарна чорнова. Чорнове точіння

020 Вертикально-фрезерна

025 Радіально- свердлильна

030 Слюсарна

035 Токарна чистова. Чистове точіння.

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штампування заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова. Чорнове точіння

020 Токарна чистова. Чистове точіння

025 Вертикально-фрезерна

030 Радіально- свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №3:

005 Заготівельна. Штампування заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова. Чорнове точіння

020 Токарна чистова. Чистове точіння

025 Вертикально-фрезерна з ЧПК. Фрезерування паза.

030 Комплексна на обробному центрі. Фрезерування канавок і свердління отворів.

035 Слюсарна.

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. Так до даної деталі пред'являються вимоги, що вона має бути виготовлена з поковки II групи, то багато способів відпадають і залишаються лише методи поверхнево-пластичного деформування, а саме кування і штампування.

Першим варіантом є отримання заготовки вільним куванням на молотах, так як це робиться в базовому технологічному процесі (при одиничному виробництві). Заготівля представляла собою кільце без успів масою 15 кг. Таку заготовку попередньо обточують начорно з припуском 3÷4 мм на першій токарній операції.

Другим варіантом розглянемо спосіб отримання заготовки штампуванням на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП). Це більш точний метод, при якому припуски мінімальні, витрата матеріалу менше.

Розрахуємо розміри заготовки і її масу за другим варіантом за відомою методикою і визначимо її масу. Процес розрахунків наведено у додатку В.

Визначимо собівартості заготовок за обома варіантами.

Розрахунок вартості заготовки, одержуваної вільним куванням на молотах
Вартість кованої заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{зар1}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн. [2]} \quad (2.1)$$

де $C_i = 100000$ грн. – ціна 1т заготовок;

$Q_2 = 13$ кг – маса заготовки за базовим технологічним процесом;

$k_T = 1$ – коефіцієнт, що залежить від точності заготовки;

$k_M = 1,79$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу (для сталі 20X13);

$k_C = 0,9$ – коефіцієнт що залежить від групи складності (для другої групи складності);

$k_B = 0,75$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки (для сталі 20X13);

$k_{\Pi} = 1$ – коефіцієнт що залежить від обсягу виробництва заготовок;

$q = 1,6$ кг – маса готової деталі;

$S_{\text{відх}} = 4000$ грн. – ціна 1т відходів.

$$S_{\text{зар1}} = \left(\frac{100000}{1000} \cdot 13 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,79 \cdot 1 \right) - (13 - 1,6) \cdot \frac{4000}{1000} = 1278,5 \approx 1279 \text{ грн.}$$

$$K_{M1} = \frac{1,6}{13} = 0,12.$$

Розрахунок вартості заготовки, одержуваної штампуванням на КГШП.

Вартість штампованої заготовки визначаємо за формулою 2.3:

де $C_i = 200000$ грн. – ціна 1т заготовок;

$Q_2 = 3,95$ кг – маса штампованої заготовки;

$k_T = 1$ – коефіцієнт що залежить від точності штампованої заготовки;

$k_M = 1,79$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу (для сталі 20X13);

$k_C = 0,9$ – коефіцієнт що залежить від групи складності (для другої групи складності);

$k_B = 0,8$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки (для сталі 20X13);

$k_{II} = 1$ – коефіцієнт що залежить від обсягу виробництва заготовок.

$$S_{\text{зар1}} = \left(\frac{200000}{1000} \cdot 3,93 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,79 \cdot 1 \right) - (3,93 - 1,6) \cdot \frac{4000}{1000} = 1145,4 \approx 1146 \text{ грн.}$$

$$K_{M2} = \frac{1,6}{3,95} = 0,406.$$

Порівнюючи два варіанти видно, що маса штампованої заготовки менше, а коефіцієнт використання матеріалу більше, ніж кованої заготовки. І кінцева собівартість штампованої заготовки менша, навіть при вартості штампованого матеріалу більшій ніж ковки.

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

Отже в якості вихідної заготовки для деталі «Шнек, що подає» 1.9000.300-008 приймаємо поковку на КГШП.

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

Технічні вимоги:

1. Гр. II 20X13 197-248 НВ ГОСТ 25054-81.
2. Поковка штампована на КГШП ГОСТ 7505-89.
3. Клас точності – Т4, група сталі – М3, ступінь складності – С2, вихідний індекс – 16.
4. Незазначені радіуси заокруглень – R 4 ... 5 мм.
5. Штампувальні ухили – 5-7°.
6. Допустима величина зсуву по поверхні рознімання штампа – 1 мм.
7. Допустимі відхилення по зігнутості від площинності і прямолінійності не більше 1,2 мм.

8. Маркірувати номер замовлення, номер позиції ударним способом шрифтом 3...5 ГОСТ 2930-62.

9. Шорсткість поверхонь поковки Ra 50 мкм.

Ескіз заготовки наведено на рисунку 2.1.

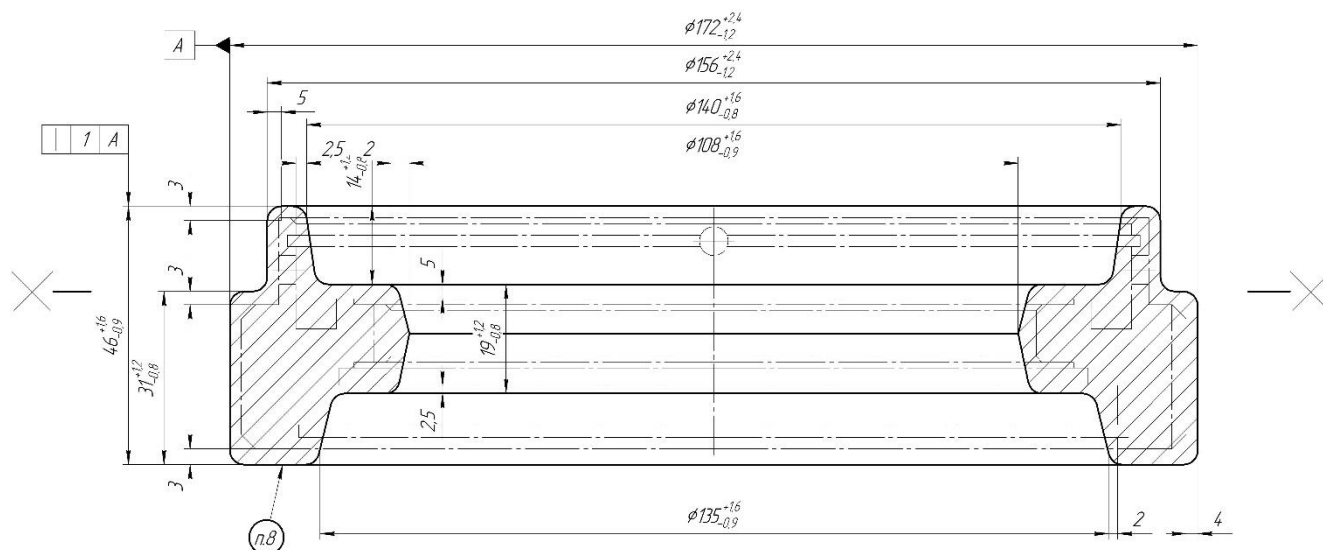


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Для розгляду в цьому пункті магістерської роботи було прийнято 030 комплексу на обробному центрі з ЧПК операцію технологічного процесу, так як далі на дану операцію буде проектуватися верстатний пристрій, який буде підданий інженерному дослідженню.

Розглянемо та призначимо схему базування на основі аналізу двох схем і їх порівняння з точки зору похибки базування, жорсткості при обробленні. Перший варіант операційного ескізу даної операції наведено на рисунку 2.2.

На даній операції заготовка встановлюється на нижній торець – установча база (3 ступені волі), та отвір діаметром 150 мм – подвійна опорна база (2 ступені волі), а ще одна ступінь полишається упором в шпонковий паз – опорна база.

Закріплення відбувається по верхньому торцю заготовки за допомогою швидкозмінної шайби у спеціальному пристрої, що розроблятиметься далі.

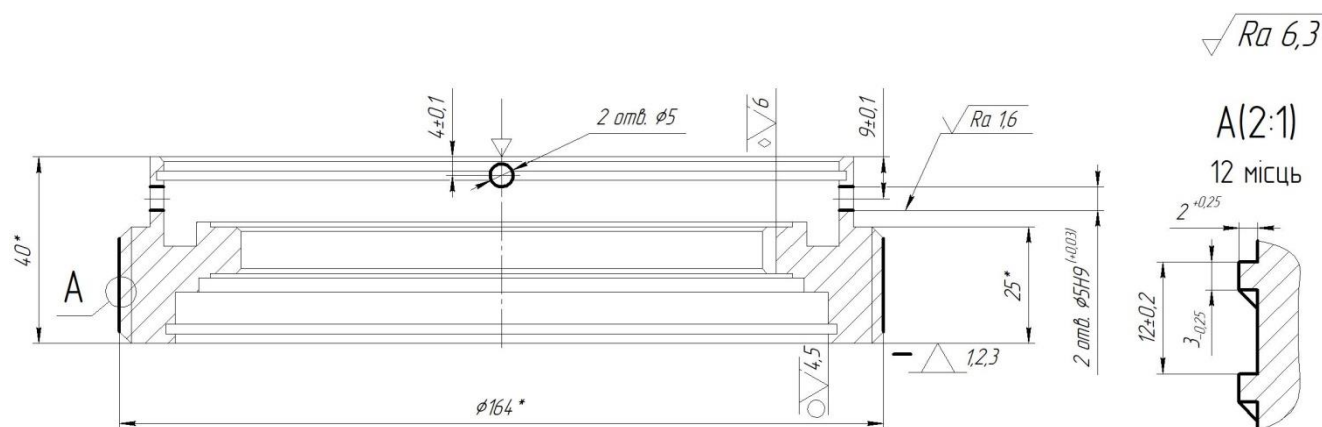


Рисунок 2.2 – Операційний ескіз комплексної з ЧПК операції (варіант 1)

Другим варіантом схеми базування розглядаємо базування деталі по також по внутрішній циліндричній поверхні $\text{Ø}150$, але з упором у внутрішній торець, що характеризується розміром 16. Бази і закріплення буде теж саме. При такому базування і закріпленні необхідно буде врахувати безпечну можливість підходу до зони обробки. Операційний ескіз за другим варіантом на дану операцію наведено на рисунку 2.3.

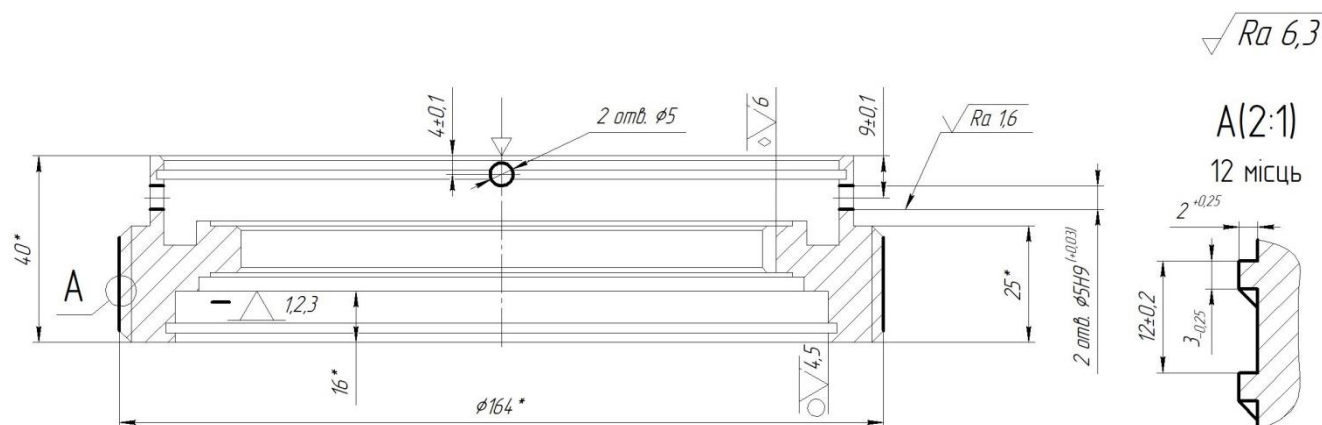


Рисунок 2.3 – Операційний ескіз комплексної з ЧПК операції (варіант 2)

Аналізуючи дві схеми базування деталі за критерієм зручності і надійності установки приймаємо варіант установки на рис. 2.2, але необхідно визначити похибку базування для двох варіантів. У якості розміру, на який буде впливати похибка базування розглянемо розміри $4\pm 0,1$ та $9\pm 0,1$. Так як допуски рівні, то розглядатимемо один розмір - $4\pm 0,1$.

– за першим варіантом $\varepsilon_{64} = T_{40} = 0,2 > T_{40} = 0,15$ мм – тому в цьому варіанті браку немає;

– за другим варіантом $\varepsilon_{64} = T_{40} + T_{16} = 0,2 < 0,15 + 0,1 = 0,25$ мм – тому в цьому варіанті брак буде.

Тому остаточно приймаємо перший варіант схеми базування з точки зору досягнення точності розмірів.

2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Для операції 030 – комплексна на оброблюваному центрі з ЧПК пропонуємо використовувати металорізальний верстат моделі HAAS EC-400, 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 заходів та свердління отворів прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Потужність даного обладнання становить 10,5 кВт, що достатньо для операції.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика верстата моделі HAAS EC-400

Параметри	Значення параметрів
Розміри робочої поверхні стола, мм: - ширина - довжина	520 600
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	750
Найбільше переміщення столу, мм: - поздовжнє - поперечне - вертикальне - кутовий (головки шпинделя), °	600 550 580 360
Частота обертання шпинделя, об/хв	0 – 8000
Подача столу, мм/хв: - поздовжня і поперечна - вертикальна	1-20000 1-20000
Відстань від осі шпинделя до робочої поверхні стола, мм	35-435
Внутрішній конус шпинделя	50
Габаритні розміри, мм: - довжина	2205

- ширина	2120
- висота	2020
- маса, кг	4230
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	10,5
Коефіцієнт корисної дії	0,9

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

2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

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

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

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі ріжучі інструменти:

- фреза кінцева 2223-3385 BK8 ДСТУ 23248-2008 – для обробки заходів;
- свердло центрувальне 2317-0006 P6M5 ДСТУ 14952-2015;
- свердло 2300-6958 ДСТУ 866-2019.

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.

При обробці застосовуємо мастильно-охолоджуючу рідину 7-10% Укрінол-1 ТУ38-101197-2011 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання при обробці корозійностійкої сталі 20X13 ДСТУ 5632-2016.

Для даної операції також передбачаємо допоміжні інструменти (оправку цапгову для кріплення ріжучих інструментів в шпинделі верстата), а саме патрон 191113050 ТУ2-035-986-2005.

Для контролю розмірів на операції 030 використовуємо універсальний шкальний вимірювальний інструмент, а саме штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009, шаблон спеціальний для контролю заходів.

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 заходів, по [4], а на інші поверхні табличним методом і зводимо в таблицю 2.2 за рис. 2.2.

Вихідні дані: на вертикально-фрезерному верстаті проводиться фрезерування заходів на циліндричній поверхні деталі. Оброблюваний матеріал – сталь 20Х13 з границею міцності $\sigma_B = 520$ МПа.

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні паза аналітичним методом.

Геометричні параметри фрези:

- головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$;
- число зубів фрези $z = 4$;
- матеріал фрези – твердий сплав ВК8;
- діаметр фрези $d = 10$ мм.

Глибина різання $t = 10$ мм.

Ширина фрезерування $B = 14$ мм.

Подача при фрезеруванні:

$S_z = 0,02$ мм/зуб – таблична подача на зуб при чорновій стадії обробки, що залежить від групи матеріалу, діаметра фрези і глибини різання [4];

Оборотна подача:

$$S_o = S_z \cdot z, \quad (2.2)$$

Отже,

$$S_o = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (2.3)$$

де $C_V = 108$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$q = 0,2$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$y = 0,3$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$x = 0,06$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$u = 0,3$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$p = 0,1$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$m = 0,27$ – коефіцієнт у формулі швидкості різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$T = 180$ хв – період стійкості фрези при обробці корозійностійкої сталі 20X13 ГОСТ 5632-88 [4];

K_V – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \quad (2.4)$$

де K_{MV} – поправочний коефіцієнт на оброблюваний матеріал [4];

$K_{ИV} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт на інструментальний матеріал [4];

$K_{ПV} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки.

Коефіцієнт K_{MV} визначаємо за формулою:

де $n_V = 1,0$ – показник ступеня, що враховує групу сталі по оброблюваності для фрезерування [4];

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{520}\right)^{1,0} = 1,16.$$

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт K_v за формулою 2.4:
 $K_v = 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 1,16.$

Визначаємо швидкість різання за формулою 2.3:

$$V = \frac{108 \cdot 10^{0,2}}{180^{0,27} \cdot 10^{0,06} \cdot 0,02^{0,3} \cdot 14^{0,3} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,16 = 52,64 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя для забезпечення допустимої швидкості різання за формулою 2.9:

$$n = \frac{1000 \cdot 52,64}{3,14 \cdot 10} = 1630 \text{ об/хв.}$$

Подачу $S = 0,08$ мм/об і частоту обертання шпинделя $n = 1630$ об/хв не округляем до паспортних даних.

Визначаємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{u \cdot z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (2.5)$$

де $K_p = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_\epsilon}{750}\right)^n = 0,792$ – коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [4];

$C_p = 82$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4, с. 273];

$q = 0,86$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$u = 0,6$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$x = 0,75$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$u = 1$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

$w = 0,1$ – коефіцієнт у формулі сили різання, що залежить від оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [4];

Визначаємо силу різання за формулою 2.5:

$$P_z = \frac{10 \cdot 80 \cdot 10^{0,75} \cdot 0,02^{0,6} \cdot 14^{1,4}}{10^{0,86} \cdot 1600^{0,1}} \cdot 0,792 = 573 \text{ Н.}$$

Найбільша сила подачі столу верстата 20000 Н, отже сили, що виникають при обробці, привід подач витримає.

Потужність різання при фрезеруванні визначаємо за формулою 2.6:

$$N = \frac{573 \cdot 50,2}{1020 \cdot 60} = 1,61 \text{ кВт.}$$

Потужність різання при фрезеруванні не перевищує потужності верстата кВт, $N = 1,61 < N_B \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,9 = 6,75$ кВт, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час T_o за формулою 2.7:

$$T_o = \frac{35 \cdot 3}{1630 \cdot 0,08} = 0,81 \text{ хв.}$$

Довжина робочого ходу інструмента: $L = 30 + 2 + 3 = 35$ мм.

Розрахунок режимів різання на інші переходи на даній операції здійснюємо табличним методом по [5].

Таблиця 2.2 – Таблиця режимів різання

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , мин	Вид режима
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Операція 030 – комплексна на обробному центрі з ЧПК								
Сверлити 2 отвори Ø5	2,5	0,05	2000	44,7	2	8	0,16	Аналітичний
Свердлити 2 отвори Ø4,8	2,4	0,05	2000	44,2	2	8	0,16	Табличний
Розвернути 2 отвори Ø5H9	0,1	0,5	200	4,4	2	8	0,16	Табличний
Фрезерувати 12 пазів	10	0,08	1600	50	24	35	17,8	Табличний

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

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

Визначаємо допоміжний час T_g на 030 операції за формулою:

$$T_B = T_{B.уст} + T_{B.оп} + T_{B.вим}, \text{ хв} \quad (2.9)$$

де $T_{B.уст} = 0,65$ хв – допоміжний час на установку і зняття заготовки [6 с.53];

$T_{B.оп} = 1,2$ хв – допоміжний час для здійснення операції;

$T_{B.вим} = 0,7$ хв – допоміжний час на вимірювання.

Тоді допоміжний час T_g за формулою 2.9:

$$T_B = 0,65 + 1,2 + 0,7 = 2,55 \text{ хв.}$$

Визначення штучного часу $T_{шт}$:

$$T_{шт} = (\sum T_o + T_B \cdot K_{ТВ}) \cdot (1 + a_{огр.} + a_{тех.} + a_{отл.}/100), \text{ хв} \quad (2.10)$$

де $a_{огр.} + a_{тех.} + a_{отл.}$ – час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби, що дорівнює 8% [6];

$K_{те} = 1,23$ – поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від розміру партії оброблюваних деталей і серійності виробництва.

Тоді штучний час $T_{шт}$:

$$T_{шт} = (18,28 + 2,55 \cdot 1,23) \cdot \left(1 + \frac{14}{100}\right) = 24,31 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = \left(T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{N}\right), \text{ хв} \quad (2.11)$$

де $N = 35$ шт. – кількість деталей в партії;

$T_{пз} = 25,4$ хв – підготовчо-заклучний час, хв.

Тоді штучно-калькуляційний $T_{шт-к}$ час за формулою 2.11:

$$T_{шт-к} = \left(24,31 + \frac{25,4}{35} \right) = 25,21 \text{ хв.}$$

2.7 Проектування засобів технологічного оснащення

В магістерській роботі розробляється пристрій для обробки деталі – «Шнек, що подає» на операції 030 комплексна на оброблюваному центрі з ЧПК.

Уточнення мети технологічної операції. На даній операції будуть фрезеруватися 12 заходів та свердлитимуться отвори діаметром 5 мм. Під час аналізу розмірної точності поверхонь будемо розглядати поверхню з найменшим допуском – товщина заходу – 3 мм.

Розмірна точність. Номінальний розмір поверхні – 3 мм поле допуску - Н, квалітет розмірної точності – 14

Верхнє відхилення E_s : 0,3 мм

Нижня відхилення E_i : 0 мм

Допуск $T_{ЗН14}=0,3$ мм

Точність форми та розташування оброблюваних поверхонь

Точність форми. Точність форми оброблюваної поверхні на даному етапі обробці не регламентується. При цьому характерними відхиленнями форми для циліндричної поверхні слід вважати відхилення від круглоти і циліндричної.

Визначаємо їх значення для рівня нормальної відносної точки А (30% від допуску на розмір поверхні.

$$T = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ мм}$$

Найбільш близьким стандартним значенням допуском форми поверхні (круглоті циліндричної) в даному випадку є 0,08 мм, що відповідає 11-й ступені точності.

Шорсткість оброблюваних поверхонь

Шорсткість поверхності після обробки на даній операції відповідає 6,3 мкм за критерієм R_a .

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектований пристрій

Для дрібносерійного типу виробництва рекомендовано застосовувати пристрої з механічним приводом.

Застосування даного пристрою з механічним приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, збільшити точність виготовлення, продуктивність праці, час виготовлення та дозволить зменшити кваліфікацію працівника, що виконує обробку.

Впровадження розроблюваного пристрою дасть можливість встановлювати деталі на операції без попередньої вивірки, за рахунок використання спеціального установчого елемента – оправки-стакану Ø140,2Н9. Торець оправки дозволить при базуванні деталі на ньому отримувати однакові лінійні розміри на усіх деталях партії без здійснення операції прив'язки інструментів для кожної деталі.

Розробка і обґрунтування схеми базування

Вибір встановлюючої базової поверхні

На даній операції здійснюється фрезерування та свердління деталі і похибки базування розраховувались в пункті 2.3, і була прийнята схема базування за варіантом 1 (рис. 2.5).

Вибір подвійної опорної базової поверхні

Розглянемо можливість забезпечення точності розмірів з точки зору наявності похибок базування у радіальному напрямку.

Розрахунок похибок

Для цього необхідно розрахувати похибку базування заготовки з урахуванням наявності зазору між базовою поверхнею заготовки Ø140,2Н9 та оправкою в базовому елементі пристрою Ø140h8.

Допустима похибка $\varepsilon_{\text{доп}}=0,1$

$\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{б}}, 0,1 \geq 0$ - умова виконується, звідси виходить, що при обробці заходів при даному базуванні буде досягнута необхідна точність.

Вибір опорної базової поверхні

У якості опорної бази, що позбавляє деталь повороту навколо своєї осі обираємо єдино можливу поверхню – шпонкового пазу.

Тому ця схема базування заготовки є прийнятною для забезпечення всіх розмірів, що зображені на ескізі.

При базуванні деталі в пристрої на комплексній з ЧПК операції (рис. 2.5) деталь позбавляється 6 ступенів волі. мають місце три технологічні бази: установка, подвійна опорна та опорна бази.

Зв'язки, забезпечувані базами, та позбавлені ступені волі наведені в таблиці.

Таблиця 2.3 – Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	III, IV, V
ПОБ	4,5	I, II
ОБ	6	VI

Таблиця 2.4 – Матриця зв'язків.

	X	Y	Z	
УБ	0	0	1	↔
	1	1	0	○
ПОБ	1	1	0	↔
	0	0	0	○
ОБ	0	0	0	↔
	0	0	1	○

Побудова функціональної структури пристрій.

З набору функцій наведених в попередньому пункті, виділимо ті які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0, 1, 2, 5, 6, 7, 10. Функції 3, 4, 8 впливають на підготовчо-заклучний час; функції 8, 11 прямого впливу на штучний час не роблять.

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації. Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість

обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

Функціональна структура проектування пристрою представлена на рис. 2.6.

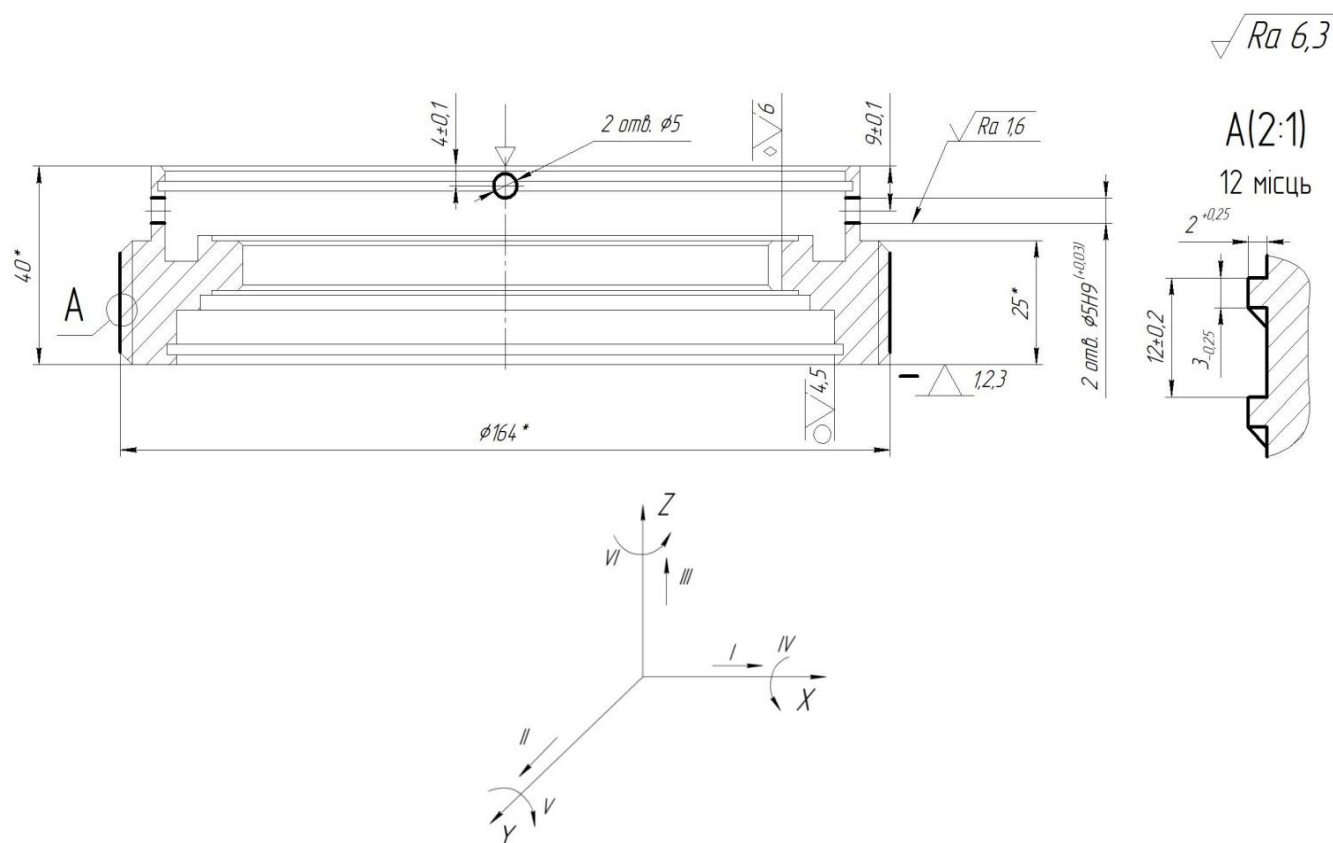


Рисунок 2.5 – Схема базування заготовки в пристрої

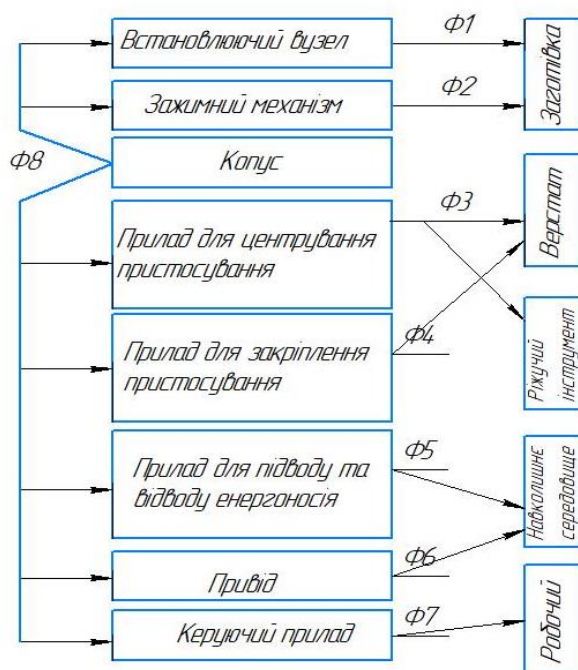


Рисунок 2.6 – Функціональна структура проектувального пристрою

Розробка і обґрунтування схеми закріплення

Аналіз структури полів збурюючих і зрівноважуючих сил наведені на рис. 2.7-2.8.

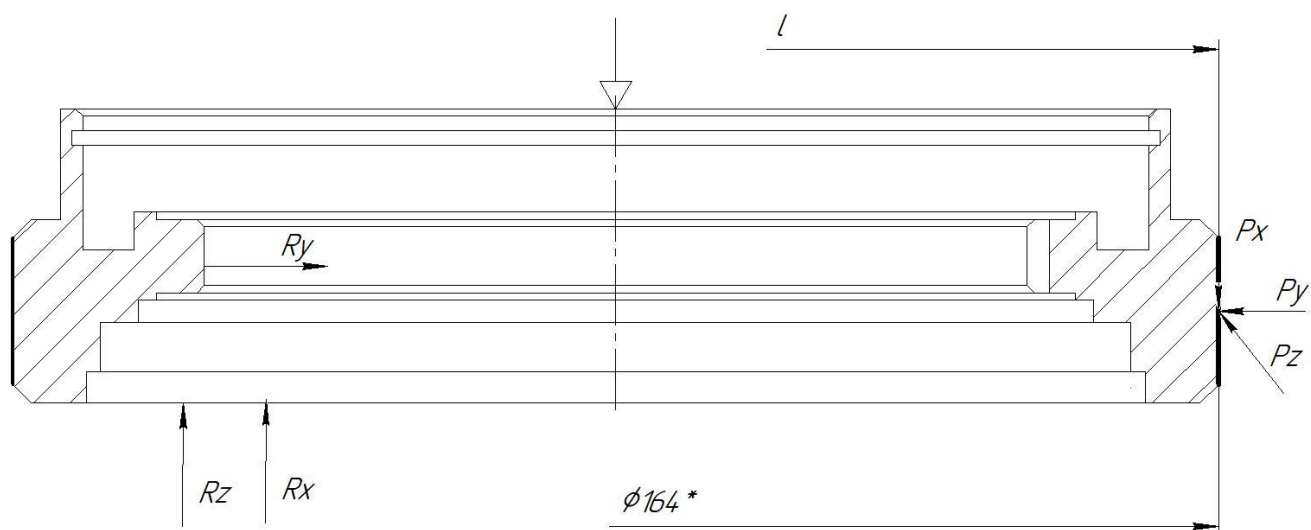


Рисунок 2.7 – Схема поля збурюючих сил

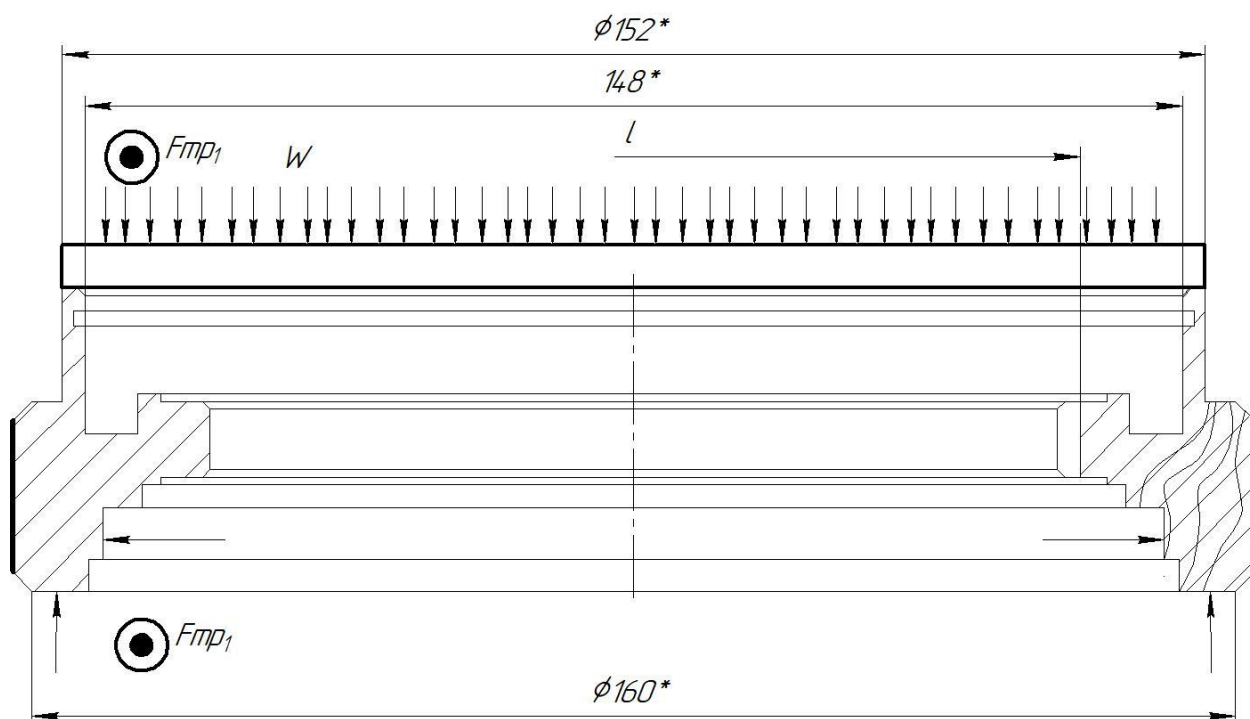


Рисунок 2.8 – Схема поля зрівноважуючих сил

Розрахунок сил закріплення

З умови непервороту заготовки для циліндричної заготовки діаметром бази D (80 мм) встановленої на оправку та навантаженої крутним моментом сила закріплення P_3 визначається за формулою:

Визначаємо коефіцієнт запасу K :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.12)$$

де $K_0=1,5$ - постійний коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки;

$K_1=1,0$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки-оброблене або не-оброблене;

$K_2=1,3$ - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні різального інструменту;

$K_3=1,0$ -коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при обробці переривистих поверхонь на деталі;

$K_4=1,0$ -коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвивається приводом пристрою;

$K_5=1,0$ -коефіцієнт,що враховує зручне розташування рукоятки для ручних пристроїв затискних;

$K_6 =1,5$ - коефіцієнт, який враховується при наявності моментів, які прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі.

За формулою 2.12:

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

З рисунку 2.9 складемо рівняння сил і моментів і визначимо силу W .

Сили тертя $F_{тр1}$ и $F_{тр2}$ будуть діяти на середньому діаметрі опорних площин.

Запишемо умову $M_{тр} > M$

Перетворимо $M_{тр} = K \cdot l \cdot P_y$ (з рис. 2.9).

$$F_{mp1} \times \left(\frac{R_1 + \frac{152}{2}}{2} \right) + F_{mp2} \times \left(\frac{R_2 + \frac{160}{2}}{2} \right) = K \times l \times P_y$$

$$W \times f_1 \left(\frac{R_1 + \frac{152}{2}}{2} \right) + W \times f_2 \times \left(\frac{R_2 + \frac{160}{2}}{2} \right) = K \times l \times P_y$$

$$R_1 = \frac{Dm}{2} = \frac{152}{2} = 76 \text{ мм},$$

де Dm - зовнішній діаметр швидкозмінної шайби.

$$R_2 = 146/2 = 73 \text{ мм}$$

$$l = 160/2 = 80 \text{ мм}$$

$f_1 = f_2 = 0,25$ – коефіцієнти тертя по площинах шайби – деталь та деталь-торець стакана відповідно.

Виразимо силу закріплення W

$$W = \frac{K \times l \times P_y}{f \times \left(\left(\frac{R_1 + \frac{152}{2}}{2} \right) + \left(\frac{R_2 + \frac{160}{2}}{2} \right) \right)} = \frac{2 \times 3,1 \times 80 \times 229}{0,25 \times ((80 + 76) + (73 + 80))} = 3091 \text{ Н}.$$

Вибір і розрахунок силового приводу.

В нашому випадку у якості пневмоприводу обираємо пневмокамеру в учбових цілях і через її дешевизну.

Дійсна сила на поршні розраховується за формулою:

$$W = \frac{\pi(D+d)^2}{16} \cdot p \quad (2.13)$$

де: p – розрахунковий тиск, $p=0,4$ МПа;

D – діаметр пневмокамери;

d – діаметр штока, 10 мм;

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{16Q}{\pi \cdot p}} \quad (2.14)$$

$$D = \sqrt{16^2 + \frac{16 \cdot 3089}{3,14 \cdot 0,4}} = 154(\text{мм})$$

Приймаємо $D=160$ мм по стандарту.

Товщину діафрагми h_D вибирають залежно від її діаметра $D_D: h_D = 4 \dots 8$ мм, приймаю товщину 4 мм.

Дійсна сила на штоку розраховується за формулою:

$$W = \frac{3,14}{16} (160^2 + 10^2) \cdot 0,4 \cdot = 3184(H)$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

В даному пристрої використана стандартна пневмокамера, в якій діаметр дорівнює 160 мм, діаметр штока - 10 мм.

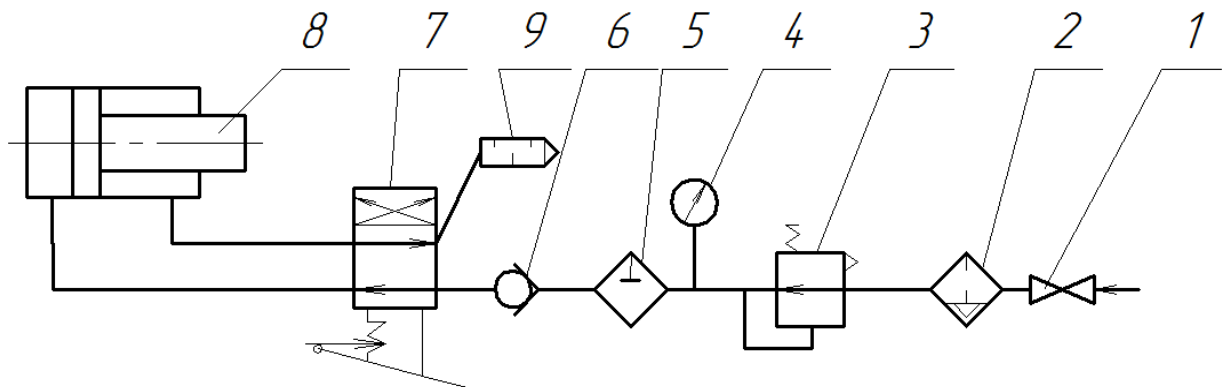


Рисунок 2.10 – Схема підключення до пневмомережі

Розрахункову похибку пристрою знаходять за формулою. Більшість складових, що входять у дану формулу, являють собою поля розсіювання випадкових величин, тому їх підсумовують у загальному випадку за правилом геометричного додавання.

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2} \quad (2.12)$$

Розглянемо більш докладно складові, що входять у дану формулу.

$T = 0,3$ мкм – найбільш жорсткий допуск розташування до розміру (з тих, які одержують наданій операції).

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

$K_{T1} = 0$ – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування. (Якщо похибка базування дорівнює нулю, той $K_{T1} = 0$. У протилежному випадку $K_{T1} = 0,8 - 0,85$);

$\varepsilon_6 = 0$ мкм – приймаємо рівну нулю оскільки використовується принцип сумісництва баз;

$\varepsilon_3 = 0$ мкм – оскільки при закріпленні деталі в конусну оправку не існує ймовірність перекосу в осьовому напрямі під дією сил закріплення, приймаємо похибку закріплення рівну 0 мкм.;

$\varepsilon_y = 0$ мкм – приймаємо рівну 0, оскільки похибка установки не вплине на технологічні вимоги на даній операції;

$\varepsilon_n = 10$ мкм – похибка перекосу інструменту приймаємо 0 оскільки використовується достатньо жорсткий інструмент;

$\varepsilon_u = 0$ мкм – похибка зношування рівна нулю оскільки ми приймаємо умові рівномірного зношування інструменту. [4];

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

$\omega = 50$ мкм – економічно досягаємо точність обробки;

$\varepsilon_{noz} = 0$ мкм - приймаємо рівну 0, оскільки дана похибка не вплине на технологічні вимоги на даній операції;

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{np} = 0,3 - 1,2 \sqrt{(0 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0,010^2 + (0,6 \cdot 0,05)^2 + 0^2} = 0,142 \text{ мм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо $\varepsilon_{np} = 0,12$ мм.

Складання та експлуатація пристрою.

Пристрій в зборі має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Складання пристрою. Всі деталі та вузли пристрою піддають візуальному контролю, виявлені дефекти усунути.

1. До столу верстата по шпонкам 19 встановлюється корпус 2 з пневмокамерою та штоком 6.

2. До корпусу пригвинчується стакан 3.

3. Після цього встановлюється швидкозмінна шайба 7.

4. Шайба пригвинчується гайкою 8.

5. Після цього приєднуються метало рукави 12 за допомогою хомутів 11.

Експлуатація пристрою.

1. Встановити і закріпити пристрій на верстаті.

2. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.

3. Встановити заготовку на стакан до упора в торець.

4. Встановити швидкозмінну шайбу.

5. Повернути рукоятку пневморозподільника у положення «Відкрито».

6. Виконати обробку деталі.

7. В процесі експлуатації пристрою виконувати пункти 1 - 7 технічних вимог.

Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо).

2.8 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Шнек, що подає» у якості заготовки була прийнята поковка на КГШП, 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 комплексна на оброблюваному центрі з ЧПК операція, а саме детально розглянуто схеми базування та закріплення заготовки на операції комплексна на обробному центрі з ЧПК 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

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

Авторами статті [15] проведені дослідження в галузі проектування затискних елементів ВП та запропоновано використовувати принцип «форми затискних елементів» та величини сил закріплення, для визначення їх оптимального місця положення на заготовці та залежно від цього оптимальну величину сили. При цьому застосовувався алгоритм, аналогічний алгоритму за яким працюють елементи захвату у роботів. Результатом є розроблення програмних додатків, що дозволяють з'єднувати даний алгоритм із бібліотеками затискних елементів та проводити підбір або автоматизоване проектування затискних елементів з параметрами під конкретну деталь.

Дослідження [16–18] презентують скінченноелементну модель системи «затискні елементи ВП – заготовка», що дозволяє визначати деформації поверхонь заготовки залежно від сили закріплення та проводити їх автоматизовану оптимізацію. При цьому модель враховує зміну коефіцієнта тертя між затискними елементами ВП та заготовкою у результаті змінання мікронерівностей на контактуючих поверхнях. 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. Але ще у [18] представлено методику та алгоритм виконання прискорених розрахунків, що знижує вимоги до оперативної пам'яті комп'ютера.

Робота Т. Giang та ін. [19] присвячена виконанню дослідження максимальної величини пружної деформації заготовки при її закріпленні у різних ВП за до-

помогою використання комплексу методів: скінченноелементного аналізу, штучних нейронних мереж та методології поверхні відгуку. Таким чином, виконувався підбір оптимальної конструкції ВП, де перевага надавалась тій конструкції ВП, де деформації найменші за інших рівних умов. Штучні нейронні мережі дозволяли суттєво прискорити розрахунки.

R. Alma у дослідженні [20] представили метод багатократної (повторної) оптимізації визначення місця розташування затискних елементів ВП при розрахунках динамічних параметрів ВП. 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.

Z. Zheng у роботі [23] вказує на важливість впровадження переналагоджуваних ВП, але і увагу на складності вибору оптимальної конструкції ВП для обробки маложорстких деталей. При цьому підіймається питання щодо регулювання величини сили закріплення залежно від величини сили різання.

Дослідження у роботі [24] присвячене використанню методу компенсації змінних сил та законів тертя для визначення оптимальної величини сили закріплення, щоб зменшити деформації заготовки. За допомогою гармонічного аналізу

та застосування методики поділу шляху інструмента на кроки навантаження визначається оптимальне значення величини сили закріплення.

Дослідження науковців, що описані у роботі [25] спрямовані на підвищення точності шляхом зменшення пружних деформацій і вібрацій, використовуючи для цього скінчено елементний аналіз та прогнозування положення точок закріплення за допомогою нейронних мереж ANN та поверхні відгуку RSN.

У роботі вчених Steffen Sunde та ін. [26] у якості кріпильних частин основи ВП розглядалася можливість застосування «ластівчиного хвоста». Випробування під час чисельного моделювання та експериментів показали, що втомна міцність при циклічних навантаженнях силами змінного напрямку і величини при даному типі з'єднань відповідає терміну безвідмовної роботи ВП з існуючими типами з'єднань.

Hans-Christian Möhring та Petra Wiederkehr у роботі [27] представили два інтелектуальних ВП для оброблення заготовок низької жорсткості. Перший ВП ідентифікує місце де виникають вібрації та зменшує їх керуванням режимів, а другий ВП компенсує деформації заготовки. Ці два інтелектуальних ВП були досліджені теоретично та експериментально.

У дослідженні [28] авторами представлено гнучкий ВП для можливості установа заготовок тонкостінних та тих, що мають недостатню жорсткість. У цій статті представлено новий метод оптимального позиціонування заготовки в гнучких ВП, де спочатку геометрія заготовки витягується з її CAD-моделі, а також пропонується метод, заснований на геометричних параметрах об'єкта оброблення, щоб знайти оптимальне розташування відносно системи ВП.

Дослідження, що представлені у роботі Corrado і Polini [29] направлені на визначення точності ВП шляхом використання виробничої сигнатурної моделі для створення елементів із геометричними відхиленнями та застосуванням скінченоелементного аналізу (FEA).

Аналіз літературних джерел показав, що у даний час науковці займаються розрахунками та розробкою моделей ВП та досліджують точність механічної обробки при зміні параметрів пристрою та режимів різання. Також застосовуються

системи впливу на коливання і вібрації в процесі контакту інструменту із заготовкою, а також різні генетичні алгоритми. Проте недостатньо уваги приділяється підвищенню жорсткості спеціальних ВП та зниженню їх металомісткості при забезпеченні достатньої точності для деталей типу шнек подаючий, який представляє собою тонкостінний диск, 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).

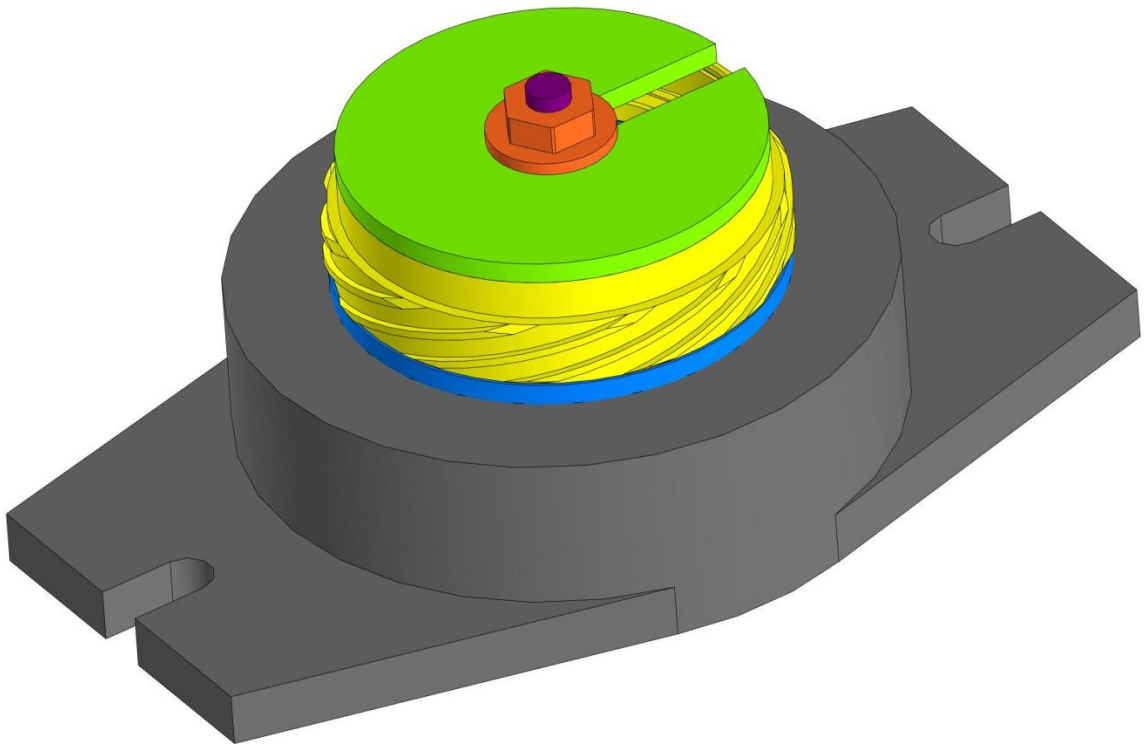


Рисунок 3.1 – Спроектований верстатний пристрій та закріплена деталь

Модель у розрізі для кращого розуміння представлена на рис. 3.2. Модель будувалась з максимальним спрощенням усіх елементів з метою забезпечення більш швидких розрахунків, але при цьому не щоб не втрачалась їх точність.

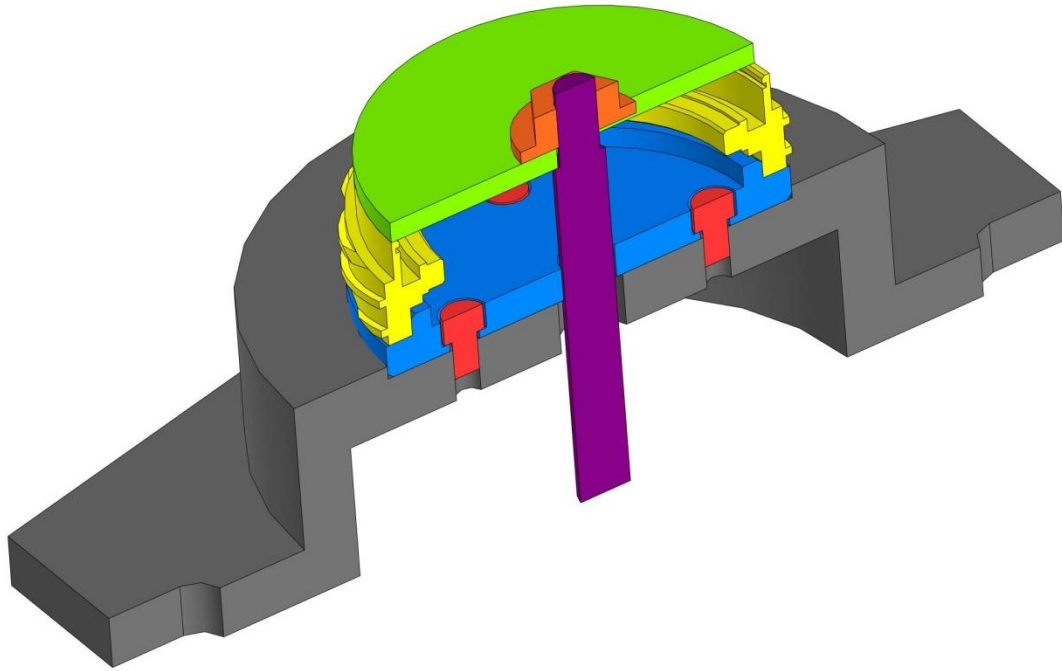


Рисунок 3.2 – Спроектований верстатний пристрій (у розрізі)

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 [$\sigma_{\text{розт}}$], МПа – 950;
- границя міцності при стисненні [$\sigma_{\text{ст}}$], 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 виступу витка шнеку 3 (0; -0,3) мм, а деформації загальні не перевищують 0,028 мм. Максимальні напруження під час чисельного моделювання показали 182 МПа, що менше ніж допустимі для матеріалів пристрою.

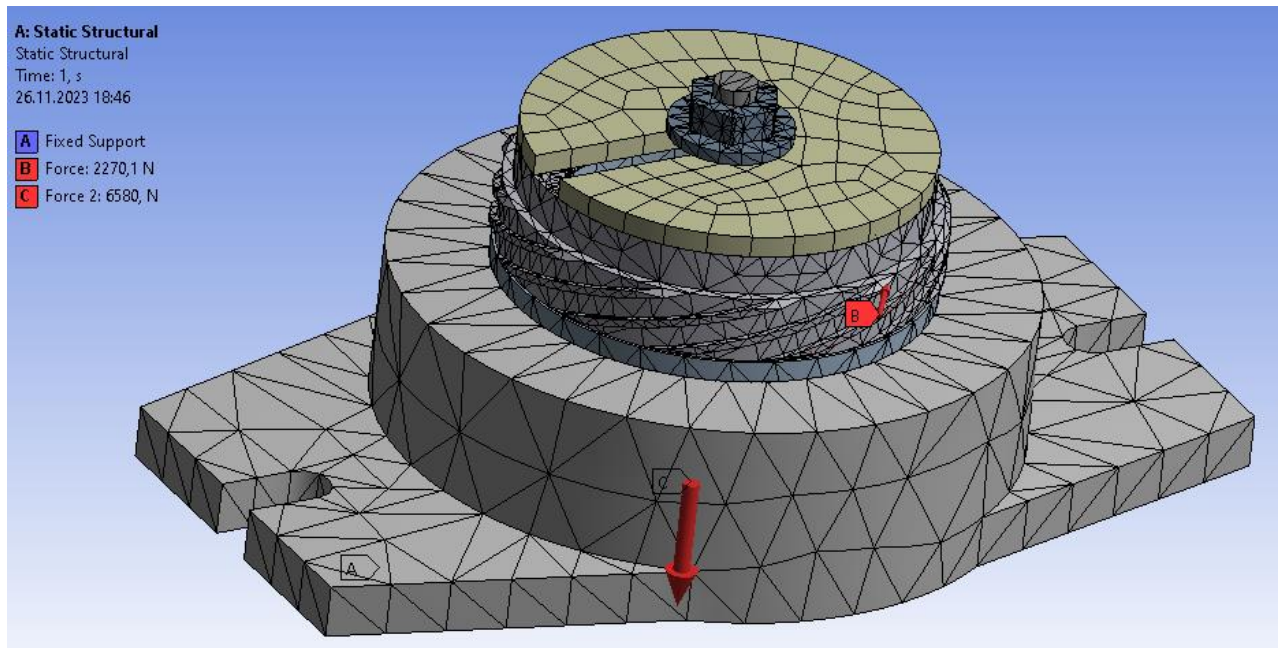


Рисунок 3.3 – Верстатний пристрій із скінчено-елементною сіткою та навантаженнями

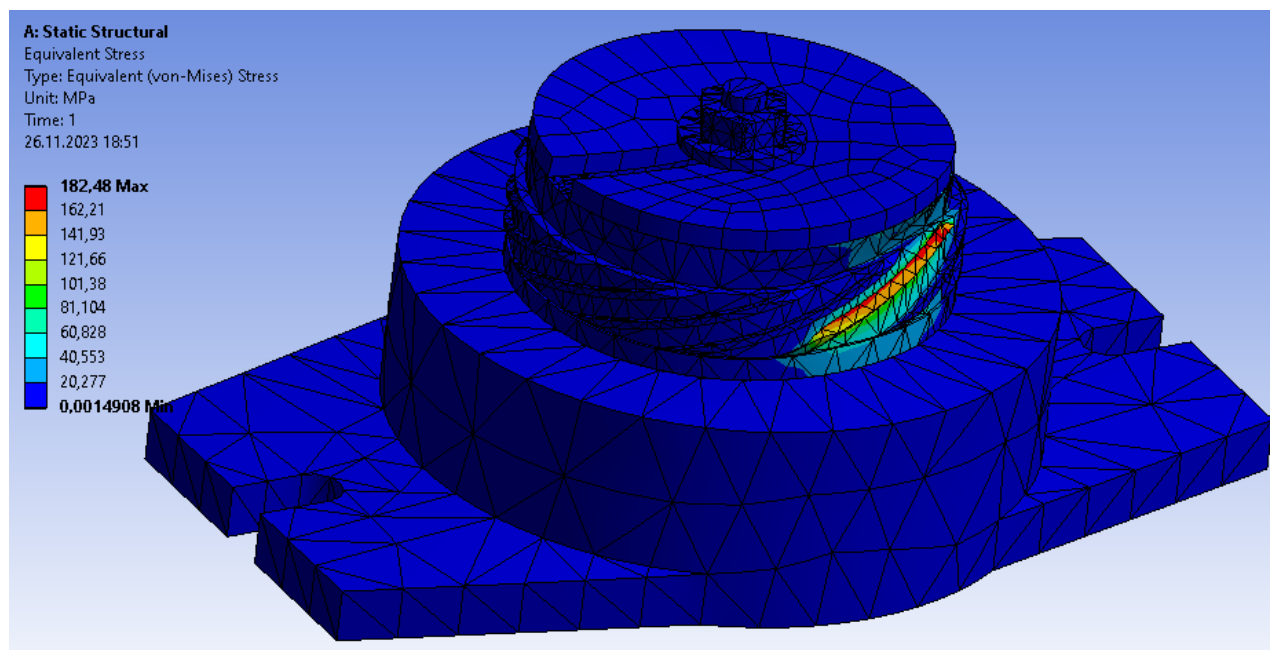


Рисунок 3.4 – Ілюстрація максимальних напружень при фрезеруванні

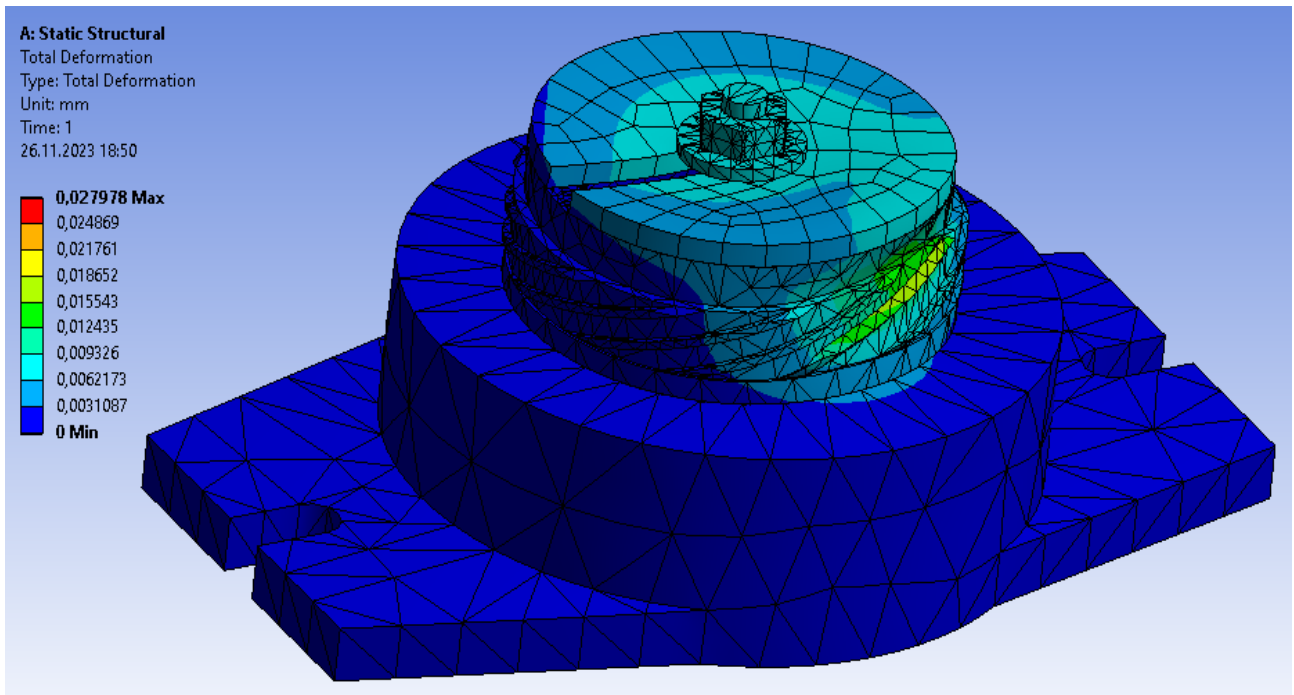


Рисунок 3.5 – Ілюстрація максимальних загальних переміщень при фрезеруванні

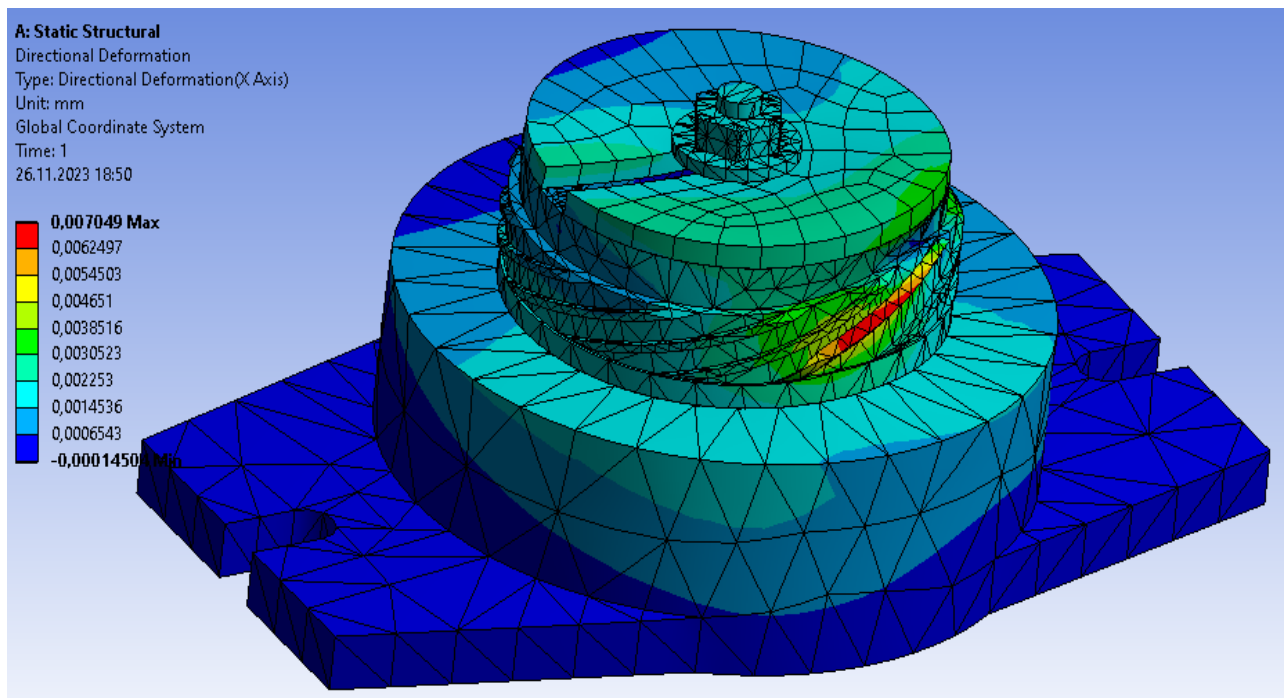


Рисунок 3.6 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі X при фрезеруванні

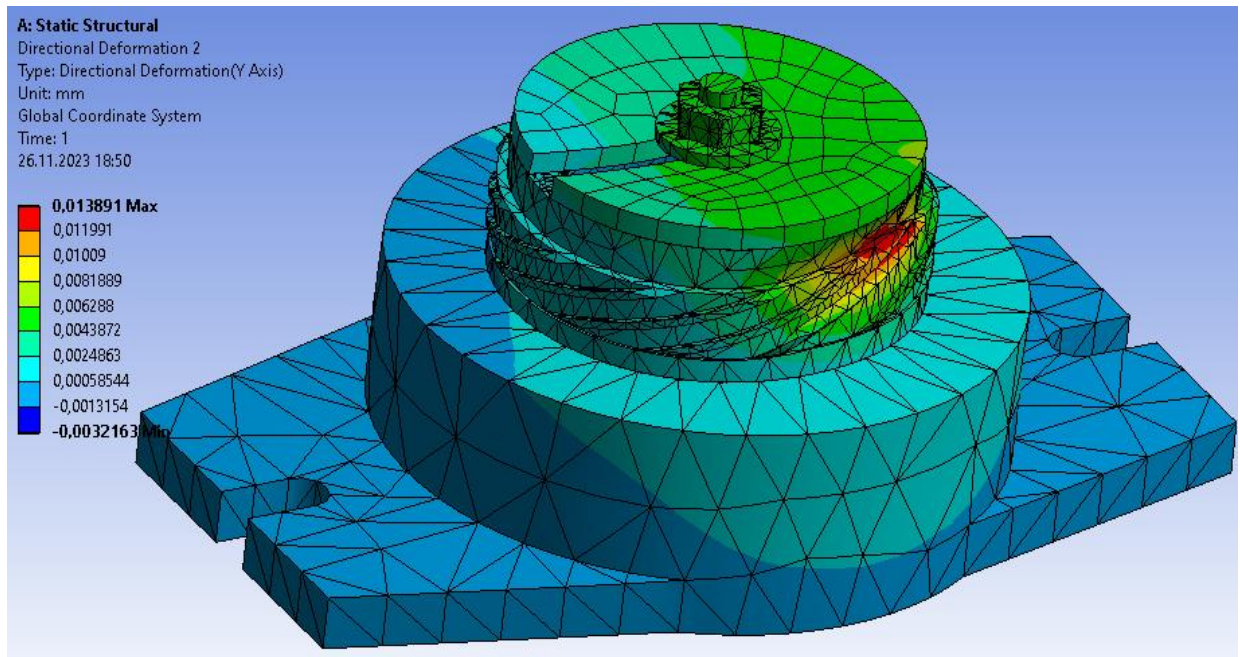


Рисунок 3.7 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі Y при фрезеруванні

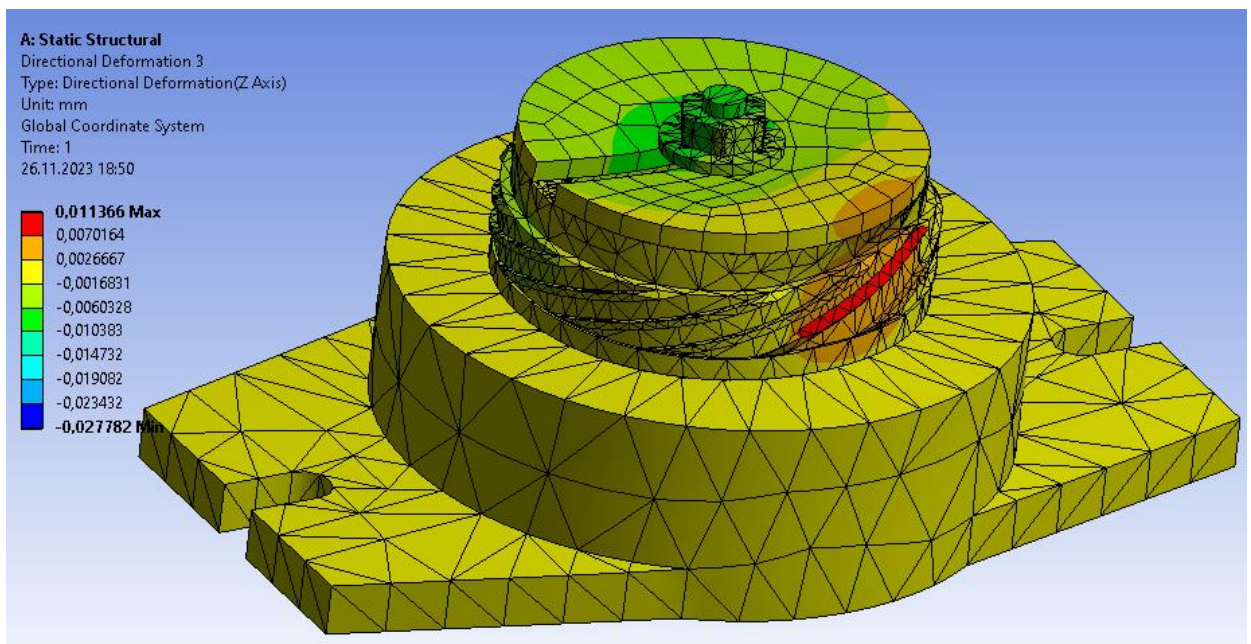


Рисунок 3.8 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі Z при фрезеруванні

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 призна-

чення інших режимів різання. Для цього за допомогою вбудованого модуля у програмному комплексі ANSYS і функції Modal Analysis 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 – 1905;
- 2-га критична частота, Гц – 1924;
- 3-я критична частота, Гц – 3666.

Максимальна частота процесу різання на операції не перевищує 96 Гц, що менше ніж значення моди №1, тому обробка буде без виникнення резонансу.

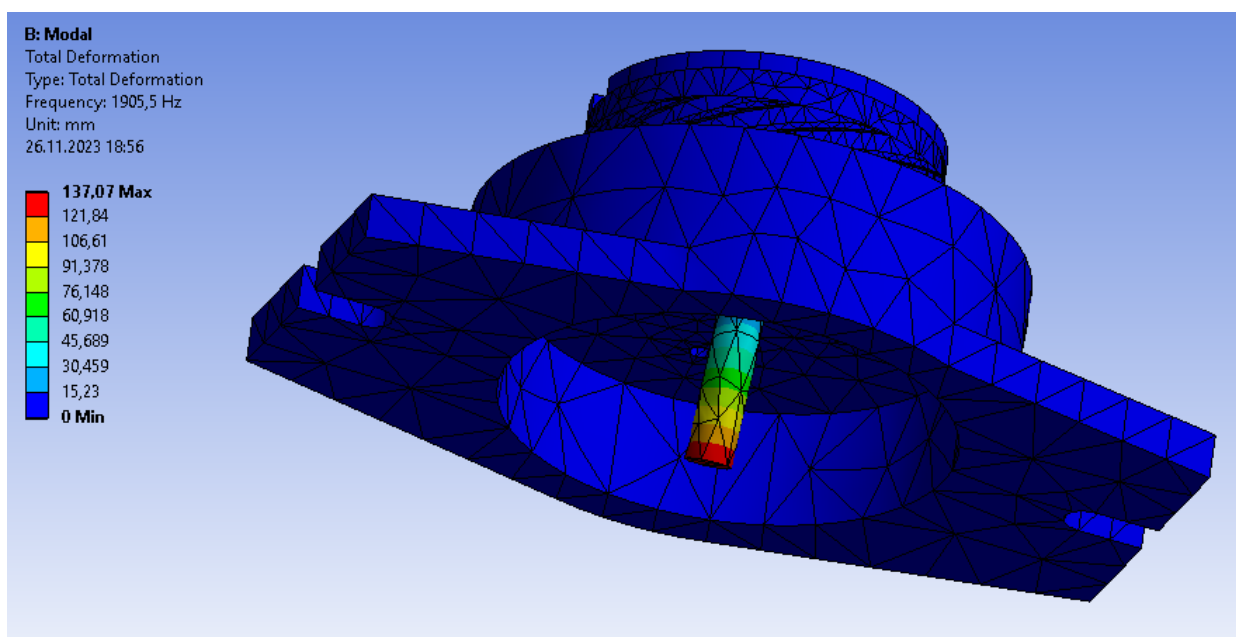


Рисунок 3.9 – Ілюстрація 1-шої критичної частоти ВП

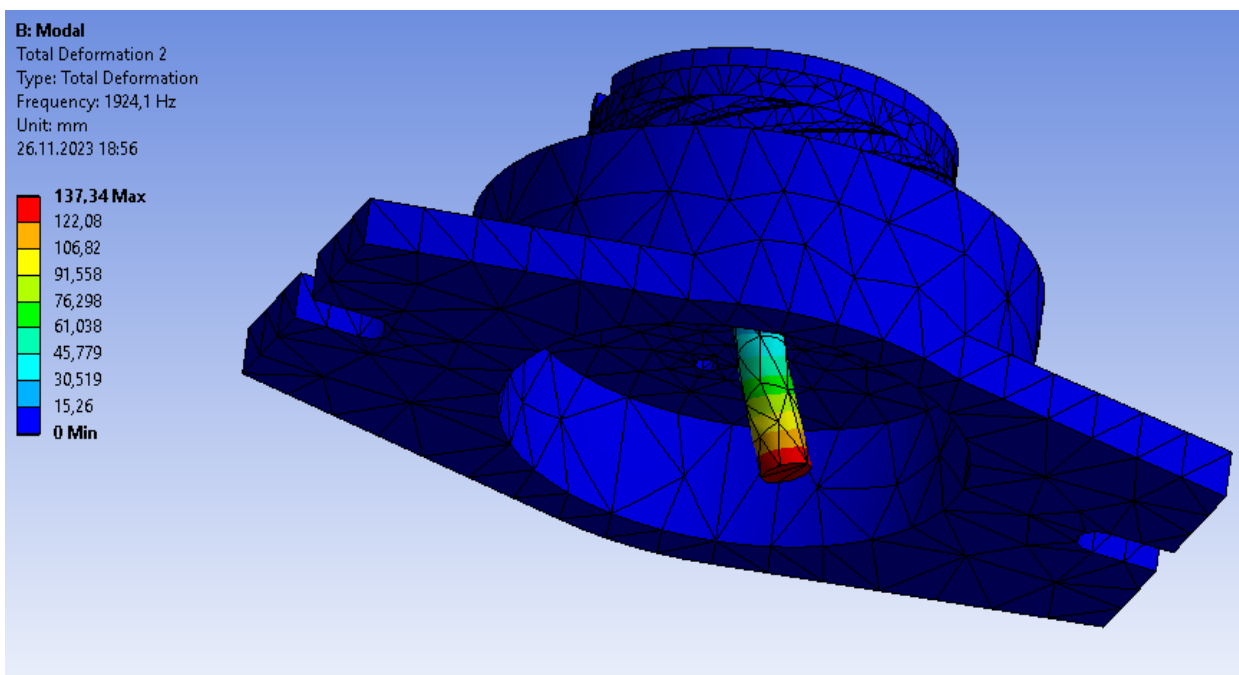


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 2-ї критичної частоти ВП

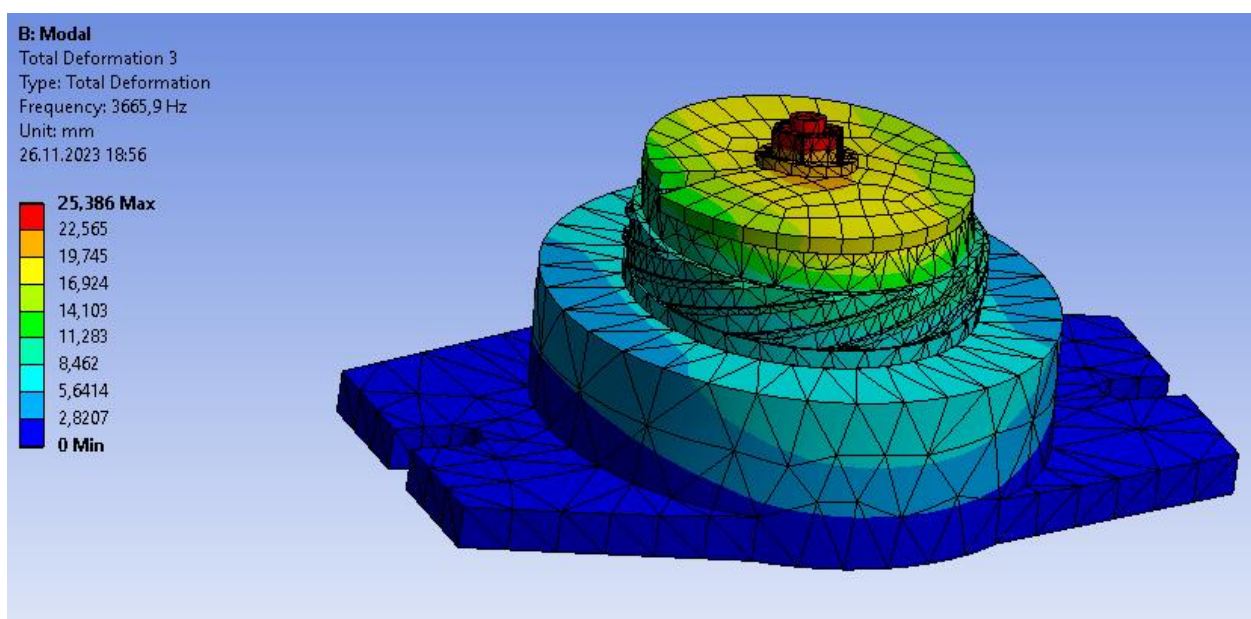


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 3-ї критичної частоти ВП

Із результатів частот коливано 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 1905 Гц та 1924 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 лише коливання штоку, який винесений для зручності прикладання тягового зусилля. В реальних умовах шток буде з'єднаний із пневмокамерою, тому його коливання будуть відсутні. А отже реальні коливання будуть лише на третій критичній частоті, яка не досяжна при обробленні. Результати модального аналізу дозволяють висунути гіпотезу, що і в реальних умовах динамічна жорсткість спроектованого ВП 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 фрезерної операції, що дозволило перейти до проєктування удосконаленого ВП пневматичної дії.

2. Базуючись на алгоритмах та рекомендаціях, щодо проєктування ВП сконструйовано пристрій для фрезерування канавок шнеку, 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 ВП можна використовувати для отримання необхідної точності і продуктивності, чого не вистачало в базовому технологічному процесі.

ВИСНОВКИ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу виготовлення шнека подаючого 1.9000.300-008 шляхом інтенсифікації оброблення канавок на комплексній з ЧПК 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 розрахунок спроектовано верстаний пристрій для досліджуваної операції технологічного процесу.

У результаті в існуючий технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК. В якості заготовки було прийнято поковка на КГШП 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 канавок шнека подаючого. 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 ре-

зонанс не виникне, а максимальні переміщення, не перевищують допустимих значень.

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 «Шнек, що подає».

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

16. Clamping force optimization for minimum deformation of workpiece by dynamic analysis of workpiece-fixture system / S.Selvakumar, K. P. Arulshri, K. P. Padmanaban, K. S. Sasikumar // *World Applied Sciences Journal*. – 2017. – Vol. 7. – P. 840–846.
17. Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning / S.Nelaturi, A. Rangarajan, C. Fritz, T. Kurtoglu // *Computer-Aided Design*. – 2014. – Vol. 46. – P. 160–169.
18. 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.
19. Multi-objective optimization design of a fixture layout considering locator displacement and force–deformation / T.Giang, R. Yi, M. Peng, Y. Xu // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2020. – Vol. 34. – P. 1210–1219.
20. Alma R. Optimal Fixture Design Accounting for the Effect of Workpiece Dynamics / R. Alma, S. Ziaga // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2017. – Vol. 28. – P. 501–507.
21. 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.
22. Amaral N. Finite Element Analysis Study on Fixtured Workpiece Deformation : Bachelor of Science Thesis – Worcester, USA, 2000. – 109 p.
23. Zheng Z. Modelling and Design Methodology for Fully-Active Fixtures : PhD Thesis. – The University of Nottingham, Great Britain, 2018.
24. Clamping force optimization for minimum deformation of workpiece by dynamic analysis of workpiece-fixture system / S.Selvakumar, K. P. Arulshri, K. P. Padmanaban, K. S. Sasikumar // *World Applied Sciences Journal*. – 2019. – Vol. 9. – P. 614–626.
25. 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.

26. Experimental and numerical fretting fatigue using a new test fixture / S. L. Sunde, B. Haugen, F. Berto // *International Journal of Fatigue*. – 2021, Vol. 143. P. 106011–106025.
27. Intelligent fixtures for high performance machining / H. C. Möhring, P. Wiederkehr // *Procedia CIRP*. – 2016, Vol. 46. P. 383–390.
28. 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.
29. FEA integration in the tolerance analysis using skin model shapes / A. Corrado, W. Polini // *Procedia CIRP*. – 2018, Vol. 75. P. 285–290.

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	Токарна-гвинторізна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
2	Токарна-гвинторізна	35,00	0,04	1	0,04	19,36
3	Токарна з ЧПК	15,00	0,02	1	0,02	45,17
4	Вертикально-свердлильна	25,00	0,03	1	0,03	27,10
5	Вертикально-фрезерна	140,00	0,15	1	0,15	4,84
Сума:				5		130,34

$T_{шт.}$ - 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 200 шт.
 Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_{д.о}$ 4015 годин
 Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{з.н}$ 0,75

Коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$ 26,07

ТИП ВИРОБНИЦТВА Дрібносерійний

Визначення розміру партії запуску n

Кількість робочих днів на рік k 254 дн.
 Період запуску a 24 дн.

Партія запуску n 19 шт.

Визначення такту випуску t_e (для поточкових ліній)

Такт випуску t_e 1204,50 хв.

ДОДАТОК В

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ

Орієнтовну розрахункову масу поковки визначаємо за формулою:

$$G_{\Pi} = m_d \cdot K_p, \quad (\text{B.1})$$

де $K_p = 1,6$ – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки [3], визначений в залежності від конфігурації деталі (деталь типу фланця, шестерні);

$$G_{\Pi} = 1,6 \cdot 1,6 = 2,56 \text{ кг.}$$

Клас точності – визначаємо по [3,] приймаємо Т4.

Група сталі – визначаємо по [3] приймаємо М3 (в залежності від хімічного складу).

Визначаємо розрахункову масу описує фігури за формулою:

$$G_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot \rho, \quad (\text{B.2})$$

де $D = 164 \text{ мм}$ – діаметр фігури;

$H = 40 \text{ мм}$ – висота фігури;

$\rho = 0,00785 \text{ г/мм}^3$ – густина сталі.

$$G_{\Phi} = \frac{\pi \cdot 164^2}{4} \cdot 40 \cdot 0,00785 = 6632 \text{ г} = 6,63 \text{ кг.}$$

Визначаємо ступінь складності з відношення $2,56/6,63 = 0,38$, що по [3] відповідає ступеню складності С2.

Конфігурація поверхні рознімання штампа – П (плоска).

Вихідний індекс [3] – 16.

Основні припуски на сторону визначаємо по [3]:

– на діаметр d 164 та шорсткість R_a 6,3 мкм припуск 2,2 мм;

- на діаметр D 112 та шорсткість Ra 1,6 мкм припуск 2,0 мм;
- на діаметр d 151 та шорсткість Ra 6,3 мкм припуск 2,2 мм;
- на діаметр D 145 та шорсткість Ra 1,6 мкм припуск 2,2 мм;
- на діаметр D 140 та шорсткість Ra 1,6 мкм припуск 2,2 мм;
- на лінійний розмір B 12 та шорсткість Ra 1,6 мкм припуск 2 мм;
- на лінійний розмір H 14 та шорсткість Ra 1,6 мкм припуск 2 мм;
- на лінійний розмір L 40 та шорсткість Ra 6,3 мкм припуск 2 мм.

Вибираємо додаткові припуски, що враховують:

- зміщення по поверхні рознімання штампа – 0,3 мм [3];
- зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності – 0,6 мм [3];
- допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору щодо зовнішнього контуру поковки – 2 мм [3].

Штампувальні ухили вибираємо по [3]:

- на зовнішніх поверхнях – 5°;
- на внутрішніх поверхнях – 7°.

Визначаємо розміри поковки:

$$d_{164} + 2,2 \cdot 2 = 168,4 \text{ мм};$$

$$D_{112} - 2,0 \cdot 2 = 108 \text{ мм};$$

$$d_{151} + (2,2 + 0,3) \cdot 2 = 156 \text{ мм};$$

$$D_{145} - (2,2 + 0,3) \cdot 2 = 140 \text{ мм};$$

$$D_{140} - (2,2 + 0,3) \cdot 2 = 135 \text{ мм};$$

$$B_{12} + (2 + 0,6 + 0,3) \cdot 2 = 18,8 \text{ мм};$$

$$L_{40} + (2 + 0,6 + 0,3) \cdot 2 = 45,8 \text{ мм}.$$

Маса заготовки була визначена на ЕОМ за допомогою програми Solid Works, для чого була побудована тривимірна модель заготовки і обраний матеріал. Маса заготовки склала 3,95 кг.

Таблиця В.1 – Результати розрахунку припусків і допусків заготовки

Розмір деталі	Шорсткість поверхні за критерієм Ra, мкм	Основний припуск	Додатковий припуск	Загальний припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Розмір заготовки, що приймається	Припуск фактичний
Ø164	6,3	2,2	-	2,2	Ø168,4	Ø169	2,5
Ø112	1,6	2,0	-	2,0	Ø108	Ø108	2,0
Ø151	6,3	2,2	0,3	2,5	Ø156	Ø156	2,5
Ø145	1,6	2,2	0,3	2,5	Ø140	Ø140	2,5
Ø140	1,6	2,2	0,3	2,5	Ø135	Ø135	2,5
B12	1,6	2,0	0,9	2,9	18,8	19	3,5
L40	6,3	2,0	0,9	2,9	45,8	46	3,0

Визначаємо допуски на розміри поковки по [3]:

$$d169^{+2,4}_{-1,2}$$

$$D108^{+1,6}_{-0,9}$$

$$d156^{+2,4}_{-1,2}$$

$$D140^{+1,6}_{-0,9}$$

$$D135^{+1,6}_{-0,9}$$

$$B19^{+1,2}_{-0,8}$$

$$L46^{+1,6}_{-0,9}$$

ДОДАТОК Е

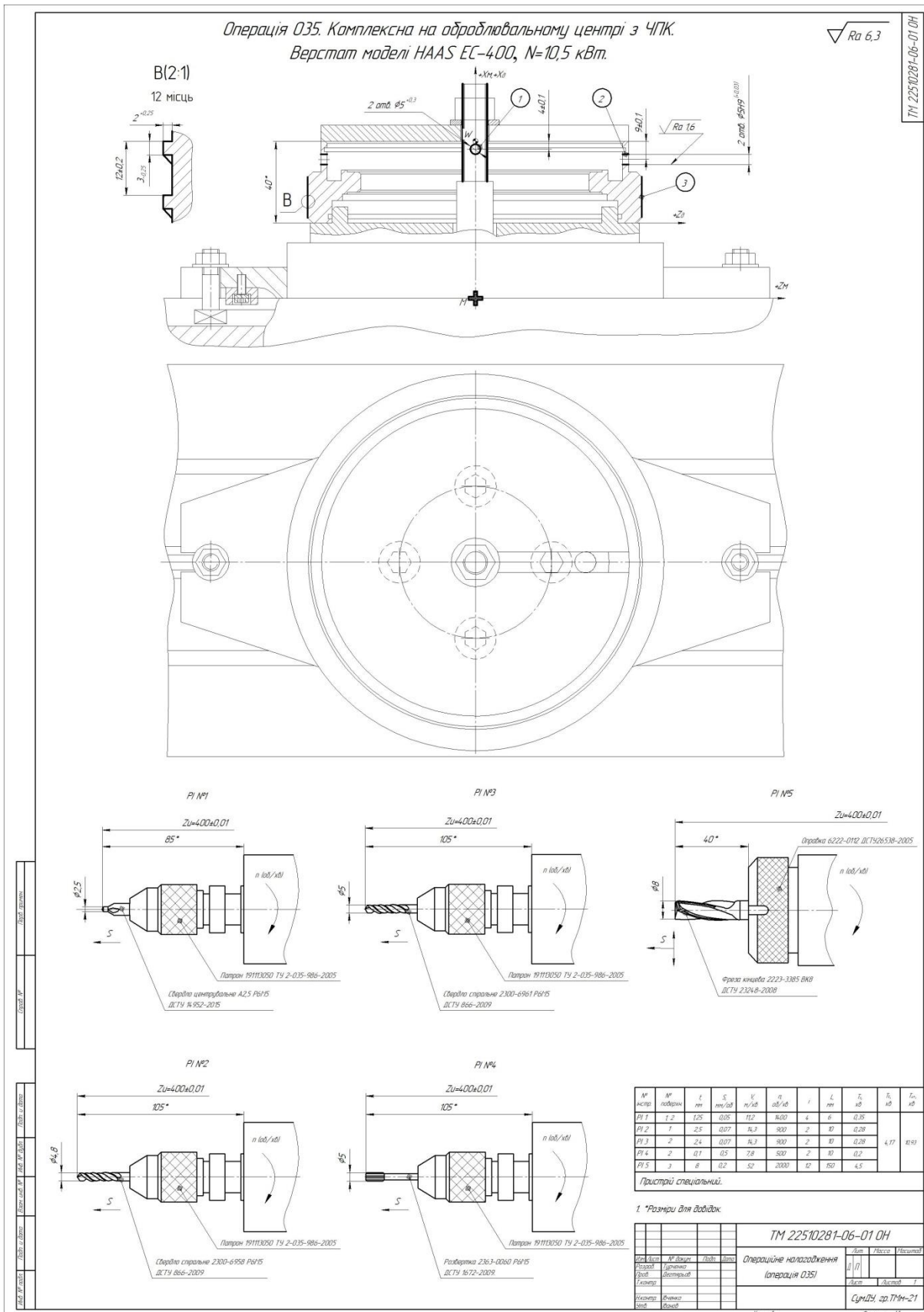
КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

<p>ТМ 22510281-02MT</p>		<p>Назви операцій. Операційний ескіз</p>		<p>Пристрої та оснащення</p>	
№ операції	500	Заготівельна	Прес КБ 80x0		
	010	Термічна обробка	Печь газова Г - 134		
	010	Токарна з ЧПК	Leademay 650		
	020	Токарна з ЧПК	Leademay 650		
	020	Технічний контроль	Стил ВПК		
	030	Вертикально-фрезерна	FADAL 22167X		
	040	Комплексна на обробляльному центрі з ЧПК	HAAS EC-400		<p>Пристрої спеціальний Патрон 19113050 T9 2-035-986-2005 Оправка 6222-012 ДСТУ 26538-2015 орезка кінцевої 2223-385 ВМ8 ДСТУ 2324Ф-2008 Свердло центральне 2317-0006 Р6М5 ДСТУ 4:952-2015 Свердло 2300-6958 ДСТУ 866-2019 Штангенциркуль ШН-1-Е25-01 ДСТУ 166-2009 Шаблон спеціальний для контролю проріза</p>
	040	Слесарна	Верстак слесарний		
	040	Технічний контроль	Стил ВПК		

<p>1* Розміри для дробіток</p> <p>2** Розміри забезпечуються інструментом.</p>																																	
<p>ТМ 22510281-02MT</p>	<p>Маршрутний технологічний процес обробки деталі</p>																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Діагност</td> <td>№ докум</td> <td>Підп</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Рисув</td> <td>Деталь</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Головн</td> <td>Головн</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Інженер</td> <td>Інженер</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Стил</td> <td>Стил</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Діагност	№ докум	Підп	Дата	Рисув	Деталь			Головн	Головн			Інженер	Інженер			Стил	Стил			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Діагност</td> <td>Рисув</td> <td>Головн</td> <td>Інженер</td> </tr> <tr> <td>Інженер</td> <td>Стил</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Суму за ТМ-21</td> </tr> </table>	Діагност	Рисув	Головн	Інженер	Інженер	Стил			Суму за ТМ-21			
Діагност	№ докум	Підп	Дата																														
Рисув	Деталь																																
Головн	Головн																																
Інженер	Інженер																																
Стил	Стил																																
Діагност	Рисув	Головн	Інженер																														
Інженер	Стил																																
Суму за ТМ-21																																	

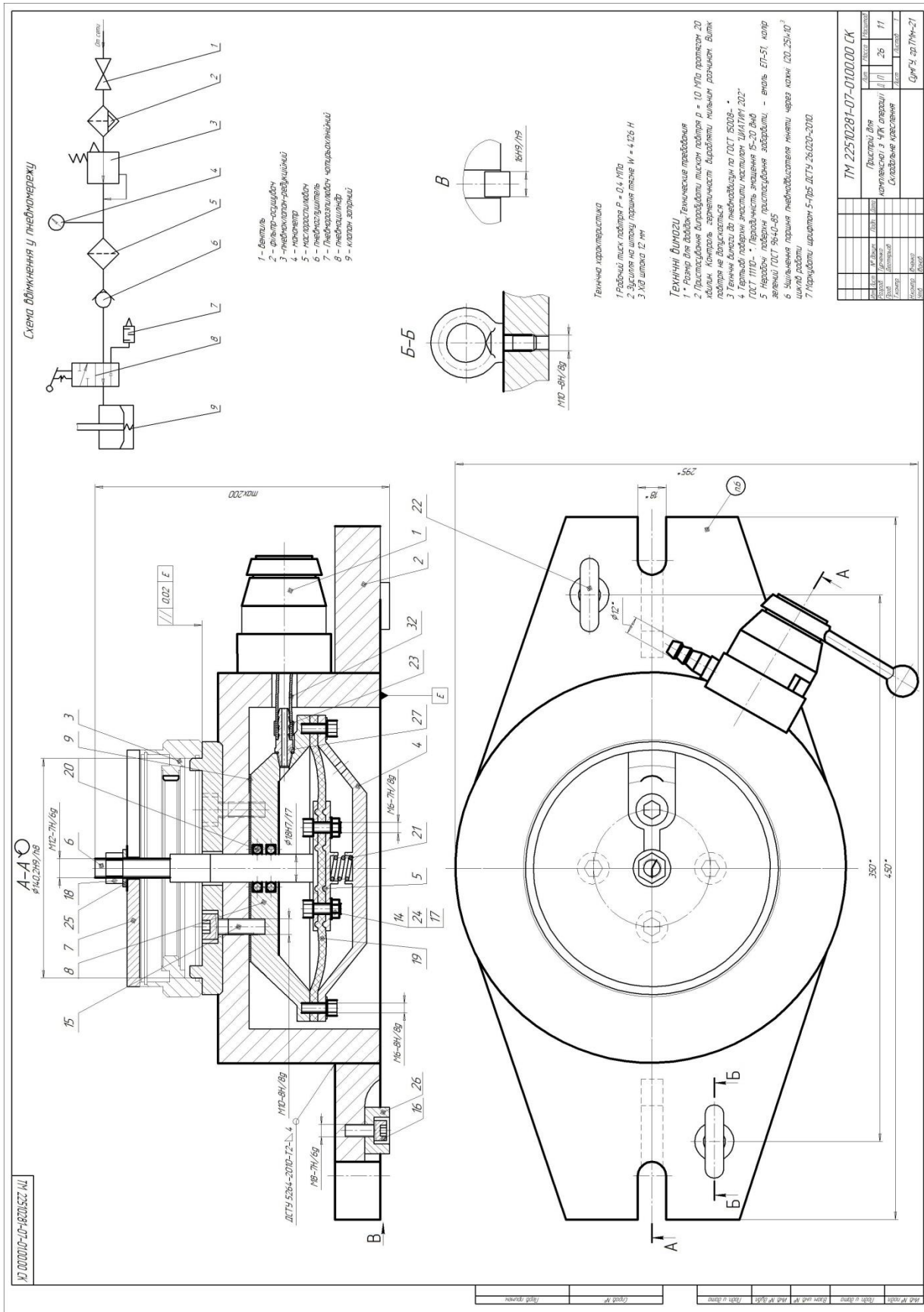
ДОДАТОК Ж

КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ



ДОДАТОК К

КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ



ДОДАТОК Л

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Л.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Шнек, що подає»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Шнек, що подає».

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

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

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

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;
- фрезерні верстати;
- сведильні верстати;

- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомноменклатурний. Обладнання розставлено за груповою ознакою.

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

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, 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.

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

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;

- можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;
- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантаженнями 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 нетоковедущі частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежної безпеки приміщення проектного ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.
- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці;
- контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;
- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;
- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок, інструментів, що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;
- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;

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

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

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

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

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

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу кільце сепараторне виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях Л.1 та Л.2.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вихідні дані:

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

Кількість вікон – 10 шт.

Висота від підлоги до вікна – 2,0 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

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

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

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

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

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

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

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

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

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

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

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

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

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

S_n - площа підлоги в приміщенні, м^2 ;

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

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

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

n_o - світлова характеристика вікна.

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

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

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

Прийmemo середє $K_3 = 1,4$.

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

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

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 10.

Кількість ламп у світильнику – 1.

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

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

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

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

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

N – кількість світильників, шт.;

n – число ламп у світильнику, шт.;

S – площа приміщення, m^2 . $S = 320 m^2$;

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

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

Фактична освітленість визначається за формулою:

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

За нормативами обираємо найближче більше значення $F_{л} = 2000$ лм при потужності 150 Вт для ламп розжарювання.

$$E_{\phi} = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1}{320 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 64,95(лк)$$

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

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (Л.5)$$

де H_p – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(м);$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(м);$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

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

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(м)$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення $E_{\phi} = 64,95$ лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006 $E_H = 50$ лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

Л.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) – стан, при якому в результаті виникнення джерела надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза життю і здоров'ю, завдається шкода населенню, народному господарству, навколишньому природному середовищу.

За характером джерел виникнення НС діляться на:

- а) природні явища і процеси;
- б) техногенні промислові аварії і катастрофи (радіаційні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні пригоди на транспорті або транспортні аварії;
- г) інфекційні хвороби людей (епідемії);
- д) криміногенні.

Осередком ураження - називається територія з розташованими на ній будівлями, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які постраждали від руйнування або зараження в результаті виникнення НС.

Безпека в НС - стан захищеності населення.

Захищеність в НС - стан, при якому запобігають, долають або гранично знижують негативні наслідки виникнення потенційних небезпек при НС для людей.

Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз людей з небезпечної зони, тобто евакуація.

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, вказуються дії по евакуації, як при загрозі так і при виникненні НС.

Питання евакуації для вивчення включаються в тематику занять робітниками і службовцями в системі цивільної оборони.

З урахуванням аналізу визначається вид евакуації, проводиться розрахунок службовців і робітників, встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва, намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення.

Керівник об'єктової комісії з НС приймає одне з рішень:

- а) провести евакуацію всередині цеху;
- б) вивести персонал за межі об'єкта;
- в) застосувати комбінований метод.

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газомісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На проектованій ділянці повинен бути передбачений план евакуації.

У цеху повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння:

- а) ящики з піском;
- б) пожежні відра;
- в) лопати;
- г) пожежний інструмент (лом, сокира);
- д) вогнегасники.

Л.4 Висновки

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі «Шнек, що подає» та визначені шляхи щодо їх усунення.

2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Шнек, що подає», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях.

3. Визначено заходи в разі виникнення НС.