

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)

2024 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 робочого

колеса НЦ112.36.30.03 шляхом оптимізації верстатного пристрою

для довбальної операції

Здобувача групи

ТМ.м-31

(шифр групи)

Полуди Михайла Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Михайло ПОЛУДА

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

ст. викладач, канд. техн. наук, доцент Анна НЕШТА

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

(підпис)

Нормоконтролер

ст. викладач, канд. техн. наук, доцент Анна НЕШТА

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

(підпис)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«__» _____ 2024 року

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

Полуда Михайло Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)	«Удосконалення технологічного процесу робочого колеса НЦ1 12.36.30.03 шляхом оптимізації верстатного пристрою для довбальної операції»
керівник проекту	Нешта Анна Олександрівна канд. техн. наук, доцент <small>(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)</small>
затверджені наказом вищого навчального закладу від «12» листопада 2024 року за №1176-VI	
2. Строк подання студентом роботи (проекту)	«15» грудня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи (проекту)	Креслення деталі «Робоче колесо НЦ1 12.36.30.03».
Типовий технологічний процес виготовлення деталі робоче колесо.	
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)	1. Виконати аналіз первинної інформації про деталь.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.
3. Проєктування верстатного пристрою для довбальної операції.
4. Розглянути питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Аналіз первинної інформації про деталь	01.10.2024	
2	Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	15.10.2024	
3	Розроблення верстатного пристрою	01.11.2024	
4	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.12.2024	
5	Формулювання загальних висновків	10.12.2024	
6	Підготовка доповіді	12.12.2024	
7	Підготовка презентації	12.12.2024	
8	Оформлення роботи	14.12.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Михайло ПОЛУДА

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Анна НЕШТА

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 71 сторінці, включає 21 рисунок, 6 таблиць, бібліографії із 15 джерел.

В роботі виконано аналіз службового призначення насоса, вузла та деталі «Колесо робоче». Також проаналізовано технічні вимоги, що пред'являються до деталі та виконано аналіз технологічності її конструкції. За допомогою техніко-економічного обґрунтування був обраний раціональний метод отримання заготовки для даних умов виробництва.

На прикладі двох механічних операцій: токарної з ЧПК та горизонтально протяжної було проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі. Також виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування досліджуваних операцій.

Метою дослідження є удосконалення процесу виготовлення колеса шляхом оптимізації верстатного пристрою для довбальної операції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення робочого колеса НЦ112.36.30.03.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для установлення робочого колеса на довбальній операції.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 71 сторінка, у тому числі 21 рисунок, 6 таблиць, бібліографії із 15 джерел на двох сторінках.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РОБОЧЕ КОЛЕСО, РЕЖИМ РІЗАННЯ,
ДОВБАННЯ

ABSTRACT

Explanatory note consists of 71 pages, includes 21 figures, 6 tables, and a bibliography of 15 sources.

The study analyzes the service purpose of the pump, the assembly, and the "Work Wheel" part. Technical requirements for the part are reviewed, and an analysis of its structural manufacturability is performed. Using a techno-economic justification, a rational method for obtaining the blank under the given production conditions was chosen.

Two mechanical operations, CNC turning and horizontal broaching, were used as examples to analyze the existing technological process for manufacturing the part. The study also substantiates the choice of the base and clamping scheme for the blank, the selection of metal-cutting equipment, machine fixtures, cutting, and measuring tools. Machining modes are determined, and technical norms for the studied operations are established.

The purpose of the research is to improve the process of manufacturing the wheel by optimizing the machine fixture for the shaping operation.

Object of study: the technological process of machining the work wheel HIQ112.36.30.03.

Subject of study: the machine fixture for mounting the work wheel during the shaping operation.

Structure and volume of the master's qualification work: The work consists of an introduction, three chapters, a list of references, and appendices. The total volume of the master's qualification work is 71 pages, including 18 figures, 12 tables, and a bibliography of 15 sources spanning two pages.

TECHNOLOGICAL PROCESS, WORK WHEEL, CUTTING MODE,
SLOTING OPERATION

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	9
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	9
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. визначення технологічних завдань щодо її виготовлення.....	11
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва.....	13
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу	15
1.6 Висновки	16
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	17
2.1 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	17
2.2 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	22
2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	23
2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів.....	25
2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	27
2.6 Розрахунок режимів різання	28
2.7 Проєктування засобів технологічного оснащення.....	32
2.8 Висновки	39
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	40
3.1. Розроблення 3D-моделі конструкції верстатного пристрою та його інженерний аналіз.....	40
3.2 Модальний аналіз верстатного пристрою.....	44
3.3 Висновок.....	48
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	51
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	55

	7
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	55
ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	55
ДОДАТОК Г КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	56
ДОДАТОК Д КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ.....	57
ДОДАТОК Ж КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ	58
ДОДАТОК К ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	59
К.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Робочого колеса».....	59
К.2. Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення.....	65
К.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	69
К.4 Висновки.....	71

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час помічається швидке і багаторазове ускладнення машин, об'єднання їх у великі комплекси, зменшення їх металоємності і підвищенням їх силової та електричної напруженості. З підвищенням зносостійкості деталей машин зменшуються витрати матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працівників і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Розробляються способи оптимізації технологічних процесів, спрямованих на досягнення необхідної точності, продуктивності та економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей та надійності роботи машини. Деталь «Робоче колесо», застосовується у виробках, які призначені для перекачування в пароводяних мережах теплових і енергетичних блоків ТЕС, а також чистої води з температурою до 140°C в системах тепло- та водопостачання. Таким чином, розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення «Колеса робочого» є актуальним завданням.

Метою дослідження є удосконалення процесу виготовлення колеса шляхом оптимізації верстатного пристрою для довбальної операції.

Об'єкт дослідження: технологічний процес оброблення робочого колеса НЦ112.36.30.03.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для установаження робочого колеса на довбальній операції.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Немає.

Публікації. Немає.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 72 сторінки, у тому числі 21 рисунок, 6 таблиць, бібліографії із 15 джерел на двох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Деталь «Робоче колесо» НЦ112.36.30.03, креслення якого наведено в додатку А, що запропоновано для дипломної роботи є основною деталлю відцентрових насосів ЦН 1000-180.

Насос ЦН 1000-180 являє собою двоступінчастий відцентровий насос зі спіральним горизонтальним з'єднувачем корпусу, що складається з робочих коліс з одностороннім вхідним отвором, симетрично розташованим на валу. Обладнання для перекачування чистої води з вмістом твердих частинок не більше 0,05% по масі і розміром до 0,2 мм при температурі 105°C (373 К). Кавітаційний запас до 8 м.

Насосна установка ЦН 1000-180 оснащена загальнопромисловими електродвигунами потужністю від 630 кВт до 500 кВт. Опори ротора насоса – це круглі підшипники з пластиковою мастилом. Як ущільнення валу використовуються торцеві ущільнення, заповнені сальником (прокладкою).

Вузол «Робоче колесо НЦ112.36.30.03» є однією з головних деталей насоса. Воно служить для перекачування та напрямлення робочої рідини в процесі роботи.

Умови експлуатації. Насоси повинні працювати надійно і тривало (не менше 10 тис. ч) без помітного зниження параметрів і заміни основних деталей і вузлів.

Для запобігання зворотного обертання і недопустимого нагріву води при малих подачах насоси повинні забезпечуватися зворотними клапанами з лінією рециркуляції.

Деталь «Колесо робоче» при роботі в вузлі відчуває крутильні і циклічні навантаження. Навантаження сприймають поверхні шпонкових пазів, що працюють на зминання та зріз.

Деталь і виріб, також як верстат в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -10 до + 40 °С.

Шум на рівні 23÷75 Дб.

Класифікація поверхонь колеса робочого (рис. 1.1):

Поверхні 1, 21, 22 – є основними конструкторськими базами, так як визначають положення робочого колеса у вузлі.

Поверхні 13, 21, 22 – є виконавчими, так як саме вона виконує безпосередню функцію самої деталі у виробі.

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

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

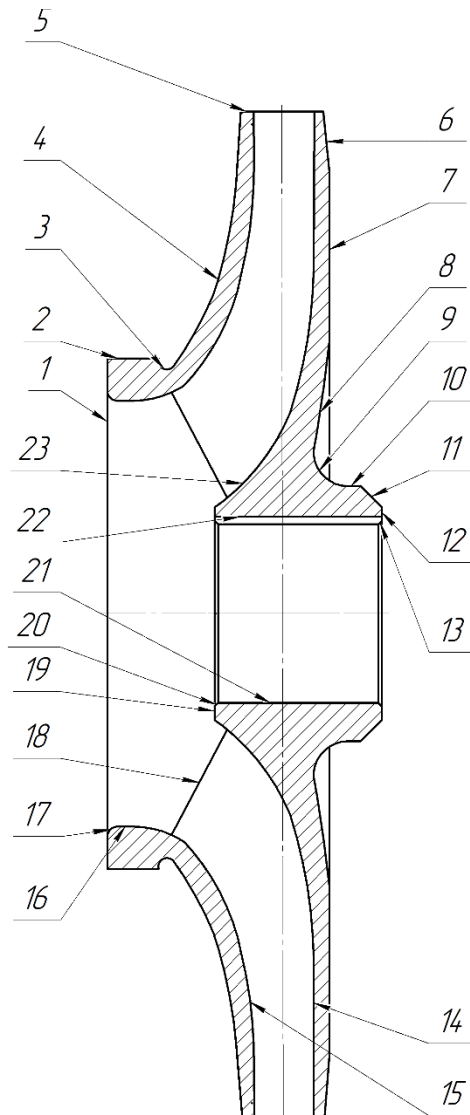


Рисунок 1.1 – Ескіз класифікації поверхонь робочого колеса

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

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

Вихідними даними для розробки технології виробництва деталі втулка є:

- креслення деталі (додаток А);
- програма випуску 500 штук на рік.

Матеріал деталі – СЧ 21, позначеним стандартом ГОСТ 1412-85 згідно з даним кресленням. Сірий чавун насичений вкрапленнями графіту, що дало назву колірній характеристиці пов'язаної з ним розривності. Хороші ливарні властивості забезпечили широке застосування сплаву в машинобудуванні. З нього отримують виливки, що вимагають високої міцності і зносостійкості.

Основні властивості та хімічний склад поставленого мені сірого чавуну регламентуються стандартом ГОСТ 1412-85. Оптимальна кількість вуглецю 2,4-3,7%. При малій концентрації він повністю розчиняється в залізі, крім того, його надлишок призводить до втрати твердості і еластичності.

Вміст кремнію – 1,2÷2,5%. Він бере участь в процесі графітизації, а також підвищує твердість металу і знижує його в'язкість. Вплив вуглецю та кремнію розглядають разом, враховуючи їх загальну концентрацію. Сірка з'єднується із залізом, утворюючи сульфід FeS. Властивості міцності і гнучкості такого сплаву знижуються. Кількість сірки не повинна перевищувати 0,12-0,15%. Марганець знижує шкідливий вплив сірки і сприяє утворенню вільних карбідів заліза. Його кількість безпосередньо залежить від вмісту сірки, тому кількість марганцю становить 0,5-1,1%. Концентрація фосфору не перевищує 0,2-0,3%. Елемент утворює фосфідні евтектичні сполуки, підвищуючи твердість і зносостійкість.

Фізичні властивості сірого чавуну СЧ 21:

Щільність: $\rho = 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$

Лінійна усадка: $\varepsilon = 1,2 \%$

Модуль пружності: $E = (850 \dots 1100) * 10^{-2} \text{ МПа}$

Міцність на розрив: $\sigma_{\text{п}} = 240 \dots 400$ МПа

Що стосується механічних властивостей сірого чавуну СЧ 21, то відзначимо основні характеристики, які забезпечують використання сплаву в ливарному виробництві:

- низька температура твердіння;
- висока рідина в рідкому стані;
- відсутність схильності до утворення кірки;
- невелика усадка;
- механічні властивості цього сірого чавуну залежать від наступних

показників:

- довговічність сірого чавуну;
- зносостійкість при терті;
- герметизація, тобто стійкість до утворення тріщин і раковин;
- тимчасова стійкість до розтягування: $\sigma_{\text{в}} = 210$ МПа;
- твердість: $\text{HB} = 170$.

Проведемо короткий аналіз поверхонь деталі:

- отвір $\text{Ø}250$, торець $\text{Ø}300,5_{-0,035} / \text{Ø}250$ з шорсткістю $R_a 1,6$ мкм. Жорсткі вимоги до цих поверхонь обумовлені тим, що за ними деталь базується в насосі;
- зовнішній торець $\text{Ø}125_{-0,35} / \text{Ø}105^{+0,035}$ з шорсткістю $R_a 1,6$ мкм. Точність даної поверхні аргументована аналогічно попередній;
- отвір $\text{Ø}105^{+0,035} \times 98$, внутрішній торець $\text{Ø}125_{-0,35} / \text{Ø}105^{+0,035}$ з шорсткістю $R_a 1,6$ мкм і допуском базування $0,0025$ мм;
- шпонковий паз $28_{-0,26}^{+0,26} \times 98$ мм, що призначений для закріплення робочого колеса на валу, що потребує точності обробки також на рівні $R_a 1,6$ мкм.

Маємо, що креслення в цілому відповідає вимогам, має достатню кількість видів та розрізів для повного формування уяви щодо геометричної форми і точності при виготовленні. Недостачі вказаних розмірів також не помічено.

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 $K_{з.о.}$ аналітичним методом, 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 випуску – 500 штук.

Таблиця 1.1 – Технологічний процес виготовлення

Номер операції	Найменування операції	Штучно-калькуляційний час, хв
005	Токарно-карусельна	25
010	Токарно-карусельна з ЧПК	10
015	Комплексна на обробному центрі з ЧПК	35
020	Вертикально-свердлильна з ЧПК	140

За результатами розрахунку, які наведені в додатку Б, $K_{з.о.} = 26$.

Цей показник вказує на дрібносерійний тип виробництва. Форма організації робіт – групова.

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

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

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Для детального аналізу звернемося до креслення деталі (додаток А). Розглядаємо стандартні пункти аналізу технологічності згідно огляду обробки внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Відносно матеріалу деталі: тут відзначимо, що матеріал сірий чавун СЧ 21 замінний в тому числі й західними аналогами згідно BS 1452 (Великобританія), DIN 1691 (Німеччина), ASTM A 48 (США), а також чавунами за ГОСТ 1412-85, тобто у випадку будь-яких питань є відповідники для заміни і продовження виробництва. Відзначаємо, що матеріал в цілому актуальний та технологічний.

Відносно технологічності геометричних форм поверхонь: відзначаємо, що форми відносно прості (частина їх виражена циліндричними формами), що в цілому полегшує обробку. Єдиною складністю стане обробка лопатей через складну геометричну конфігурацію. В цілому ж за цим показником деталь технологічна.

Нетехнологічні елементи:

1. Наявність значної кількості зовнішніх і внутрішніх поверхонь з різними діаметрами, а також конічної поверхні, оскільки їх обробка збільшує трудомісткість виготовлення.

2. Обробка центрального отвору $\varnothing 105 (+0,0035; 0)$ мм, яка вимагає спеціального різального інструмента.

3. Обробка численних поверхонь, до яких важко отримати доступ.

4. Фаски на внутрішніх поверхнях втулки, які складно обробляти та контролювати.

5. Високі вимоги до точності поверхонь ($\varnothing 287 (+0,195; +0,160)$, $\varnothing 300,5 (0; -0,035)$), оскільки досягнення такої точності потребує багаторазової обробки.

6. Висока шорсткість ($Ra 0,63$ мкм, $Ra 1,6$ мкм), яка потребує чистового точіння або шліфування для досягнення заданої якості поверхні.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Аналіз здійснюється на основі базового технологічного процесу. У даному технологічному процесі послідовність механічної обробки узгоджується із загальноприйнятими етапами розробки технологічного процесу.

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі представлений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Маршрутний технологічний процес

Номер операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	Ливарна машина
010	Термічна	Піч газова
015	Токарно-гвинторізна	CU580
020	Контрольна	Стіл ВТК
025	Токарна з ЧПК	DOOSAN PUMA 400MB
030	Контрольна	Піч термічна
035	Довбальна	7Б420
040	Слюсарна	Верстак слюсарний
045	Контрольна	Стіл ВТК

Проаналізуємо кожну операцію окремо:

005 Заготівельна. На цьому етапі розміри заготовки не відповідають габаритам деталі, через що під час обробки доводиться видаляти значний обсяг матеріалу. Це свідчить про невдалий вибір заготовки, який є неекономічним. Надалі слід обирати заготовку, максимально наближену до форми готової деталі.

015 Токарно-гвинторізна. Ця операція передбачає підрізання торців, обточування й підрізання поверхонь. Базування та закріплення виконані правильно. Проте вибір верстата є невідповідним, оскільки чорнова операція не потребує високої точності й великих потужностей. Доцільно використовувати менш габаритний і потужний верстат. Замість різців із напаяними пластинами зі швидкорізальної сталі, що застаріли, слід застосовувати різці з механічно

закріпленими багатограними пластинами. Це дозволить впровадити прогресивні режими різання.

025 Токарна з ЧПК. Базування виконано правильно. Використання верстата DOOSAN PUMA обґрунтоване, оскільки операція є багатоцільовою. Однак відсутність спеціального пристрою ускладнює закріплення деталі.

035 Довбальна. Базування вибрано правильно. Використання верстата 7Б420 і різального інструменту виправдане.

1.6 Висновки

Як висновки та пропозиції доцільно зазначити необхідність розроблення технологічного процесу, заснованого на принципах машинобудівної технології із застосуванням сучасних верстатів та обробних центрів з числовим програмним керуванням. Крім того, для таких верстатів слід створити прогресивну заготовку з мінімальними припусками, провести розрахунок припусків для точної поверхні та визначити послідовність розташування баз на етапах механічного оброблення.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

На робочому кресленні деталі вказано матеріал – сірий чавун СЧ 21 ГОСТ 1412-85. Відрізняється цей матеріал своїми ливарними властивостями, ця властивість металу вказує на спосіб отримання заготовки.

Складна конструктивна форма деталі (формована, тонкостінна) також говорить про те, що спосіб формування заготовки більш ефективний, а розміри деталі не настільки великі, що вартість пристрою не робить цей спосіб економічним.

При виборі лиття заготовки ми розбираємо всі 5 способів лиття:

1. Лиття з відпалених (розплавлених) моделей зазвичай використовують для виготовлення дрібних деталей, такий спосіб займає багато часу і є непродуктивним;

2. Лиття під тиском використовується для лиття точно забарвлених сплавів. Оскільки сірий чавун має низьку текучість для перенесення в прес-форми (12 МПа), цей метод також виключається;

3. Лиття в пісок зазвичай використовується для заготовок простих геометричних форм, а так як наша заготовка має складну форму і до того ж має тонку стінку, то цей спосіб також не дає бажаного результату. Навіть при використанні в машинному формуванні це є контрпродуктивним.

4. Лиття в металеві форми застосовують для тонкостінних дрібних деталей розміром 500x700 мм і масою ≤ 50 кг. Точність розмірів даного способу лиття IT12..15, шорсткість поверхні $R_a = 10...2,5$.

5. Спосіб заливки у форму (металеву форму) економічний при великосерійному та масовому виробництві. Відливають складні вироби загальним розміром до 1,5 м і вагою до кількох тонн. Точність розмірів цього методу лиття становить IT11..12, а шорсткість поверхні $R_a = 15..10$.

З усіх розглянутих способів лиття обираємо лиття по виплавлюваними моделями, що дозволить отримати заготовку необхідної конфігурації, з мінімальними припусками та мінімальною кількістю пор або взагалі з їх відсутністю.

Лиття по виплавлюваним моделям – спосіб отримання виливків в багат шарових оболонкових нероз'ємних разових формах, виготовлених з використанням виплавлюваних, а також випалюваних і розчиняються моделей одноразового використання.

Застосування лиття по виплавлюваних моделях дозволяє проектувати складні тонкостінні деталі (з товщиною стінки 1 мм і менше), об'єднувати окремі деталі в компактні суцільнолиті вузли, зменшуючи масу і габаритні розміри виробів, створювати конструкції (наприклад, охолоджувані лопатки гідротурбін зі складними лабіринтовими порожнинами), що неможливо виготовити іншими методами обробки.

Для техніко-економічного порівняння візьмемо заготовку за формою наближеною до готової деталі з зовнішніми та внутрішніми ступенями.

Визначаємо собівартість заготовки, що виготовляється по виплавлюваним моделям за формулою:

$$S_{\text{заг}} = (S_M * M_3 * K_c * K_B * K_M * K_{\Pi}) - (M_3 - M_D) * S_{\text{відх}}$$

де S_M – базова вартість 1 кг заготовки, $S_M = 300$ грн./кг;

$S_{\text{відх}}$ – вартість відходів, $S_{\text{відх}} = 8$ грн./кг;

K_T – коефіцієнт, що залежить від точності; $K_T = 1,0$;

K_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності $K_c = 0,8$;

K_B – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу $K_B = 1,1$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від маси заготівки, $K_M = 0,85$;

K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготівки, $K_{\Pi} = 1,0$;

Таким чином,

$$S_{\text{заг}} = (300 * 16,5 * 1 * 0,8 * 1,1 * 0,85 * 1) - (16,5 - 10,5) * 8 = 1274 \text{ грн.}$$

І для порівняння порахуємо собівартість заготовки, що виготовляється литтям у піщаній формі.

Визначаємо собівартість заготовки за формулою, де:

де S_m – базова вартість 1 кг заготовки, $S_m = 240$ грн./кг;

$S_{відх}$ – вартість відходів, $S_{відх} = 8$ грн/кг;

K_T – коефіцієнт, що залежить від точності; $K_T = 1,0$;

K_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності $K_c = 0,8$;

K_v – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу $K_v = 1,1$;

K_m – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, $K_m = 0,85$;

K_p – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки, $K_p = 1,0$;

$$S_{заг} = (240 * 22,5 * 1 * 0,8 * 1,1 * 0,85 * 1) - (22,5 - 10,5) * 8 = 1411 \text{ грн.}$$

Отже отримавши значення собівартостей виготовлення заготовок двома способами остаточно приймаємо для подальшого розрахунку спосіб лиття за виплавлюваними моделями.

Так як у технічних вимогах до деталі вказані дані про заготовку, то за цими даними будемо вибирати припуски та вести подальші розрахунки заготовки:

- розмірна точність вилівка – 9;
- ступінь короблення – 0 (ненормована, тобто короблення знаходиться в межах точності розмірів);
- ступінь точності поверхонь – 0 (ненормована, тобто короблення знаходиться в межах точності розмірів);
- клас точності маси – 9.

Мінімальний припуск на сторону для оброблюваних поверхонь вилівка призначаємо виходячи з класу розмірної точності 9.

Мінімальний припуск на сторону складає 1,2 мм.

Загальний припуск на сторону визначаємо в залежності від допуску на оброблювану поверхню деталі та заносимо дані до таблиці 2.1.

Допуск маси виливка – 12%, що відповідає класу 9 та номінальній масі виливка в діапазоні від 1 до 4 кг.

Додаткові припуски визначаємо по табл. 2.1 [2]:

- допуск форми і розташування в залежності від ступеня короблення виливка -0,8 (мм).

Допустимі відхилення розмірів заготовки [2]:

- допуск форми і розташування в залежності від ступеня короблення виливка -0,8 (мм).

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку припусків і допусків заготовки

Розрахунковий розмір	Допуск форми	Допуск розміру	Загальний допуск	Половина загального допуску	Вид мех. обробки	Величина загального припуску	Розмір відливки
Ø382	1	2.4	4.0	2.0	Чистова	4.0	Ø390.8
Ø144	0.5	2.2	4.0	2.0	Чистова	3.6	Ø148.8
Ø85	0.32	2.2	2.4	1.2	Чистова	3.3	Ø79.4
Ø225	0.5	2.2	4.0	2.0	Чистова	4.4	Ø233.8
L=60	0.32	1.6	2.4	1.2	Чистова	3.6	L=67.8
L=105	0.32	2.8	3.2	1.6	Чистова	3.6	L=110.4
L=35	0.32	1.6	2.4	1.2	Чистова	2.9	L37.9=
L=3	0.32	1.0	1.6	0.8	Чистова	1.6	L=4.6

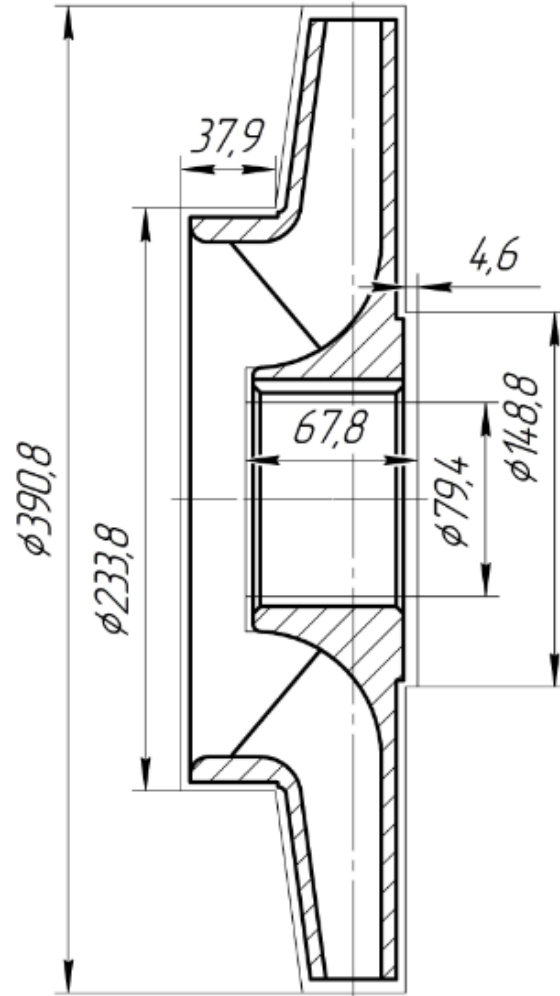


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки.

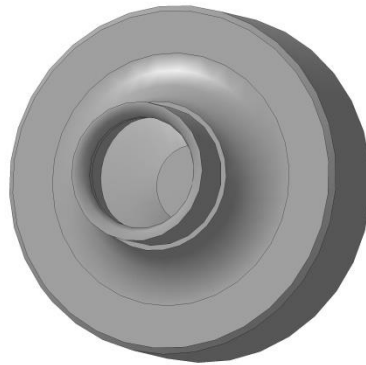


Рисунок 2.2 – 3D-модель заготовки, для приблизного визначення маси.

2.2 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 85H7$ мм по методу професора Кована В.М.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

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

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

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

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

ε_i – похибка на операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як $\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2} = 1200$ мкм, а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від $\rho_{заг}$ тоді $\rho_{черн} = \rho_{заг} k_y$, де $k_y = 0,04-0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чер} = 1200 \cdot 0,06 = 72 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{н/ч} = 1200 \cdot 0,05 = 60 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Т, мм	Елементи припуску, мкм				
				$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_y , мкм	
							ε_6 мкм	ε_3 , мкм
Заготовка	T4 ГОСТ 7505-89	+2,7 -1,3	4	200	250	1200	1000	800
Розточування чорнове	H14	+0,74	0,74	40	50	72	100	200

Розточування напівчистове	H9	+0,074	0,074	20	20	60	0	0
Розточування чистове	H7	+0,03	0,03	-	-	-	-	-

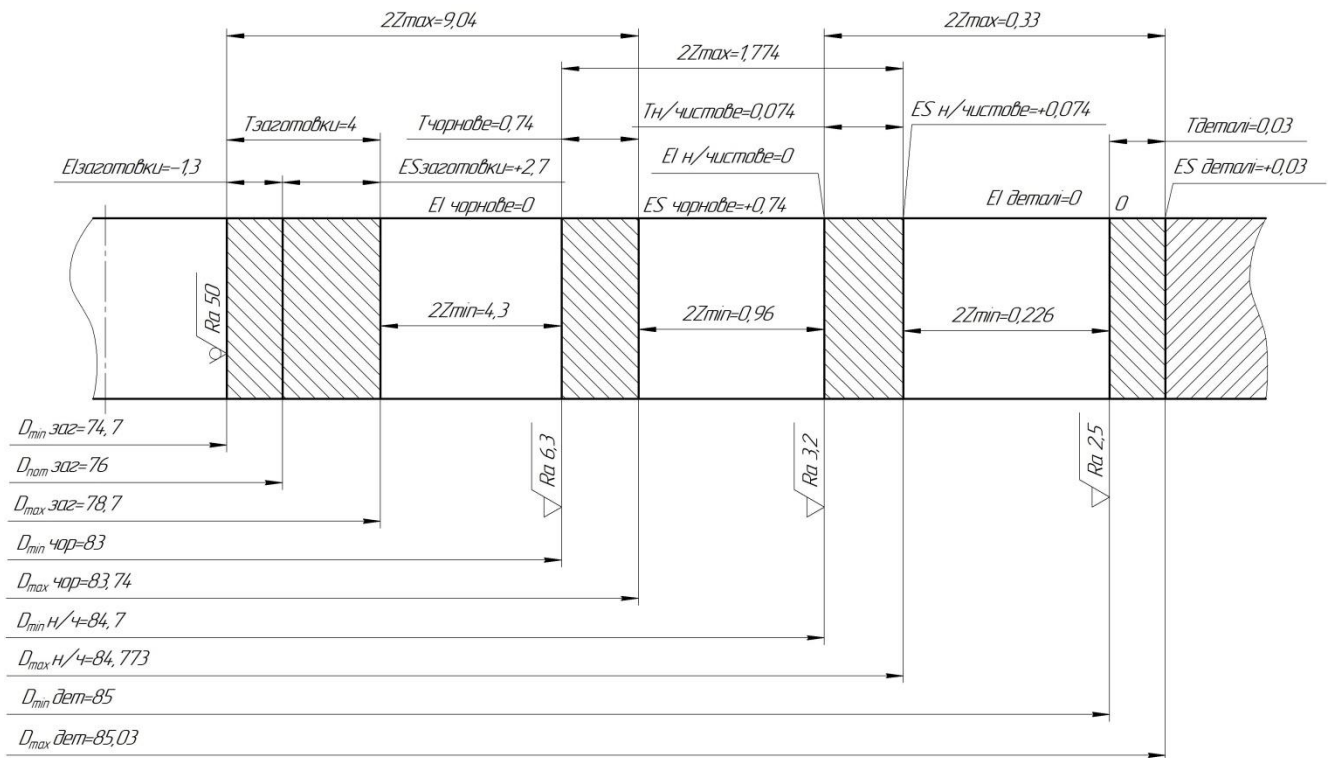


Рисунок 2.3 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 85H7$ мм

2.3 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції була прийнята операція – токарна з ЧПК.

Для двох аналізованих операцій розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата.

Схеми базування заготовки на токарній з ЧПК операції приведені на рис. 1.3-1.4. В обох аналізованих випадках використовуємо трьохкулачковий патрон для базування, адже деталь типу втулки так і базуються. Але для базування будемо обирати різні поверхні на другому установі, так як на першому не маємо

можливості закріпити заготовку інакше. При цьому виникають установча база на торці та подвійна опорна на циліндричній поверхні, проте похибка базування буде різною.

Для визначення, який варіант з точки зору досягнення точності краще розрахуємо похибку базування тільки на установі Б.

На даній операції виконується обробка деталі з двох установів, де відбувається чистове точіння поверхонь колеса робочого.

Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції на установі Б:

- для розміру $85(-0,2;0)$ (варіант 1 по рис.2.4) $\varepsilon_{\delta 85} = T_{35} = 0,4 > T_{85} = 0,2$ мм – брак може виникнути;
- для розміру $14 \pm 0,2$ (варіант 2 по рис. 2.5) похибка базування буде відсутня, адже вимірювальна і технологічна бази співпадають тобто $\varepsilon_{\delta 85} = 0$ мм. Теж саме стосується і розміру $3 \pm 0,15$ мм.

Отже проаналізувавши дві схеми виберемо схему базування на установі Б за варіантом 2 (рис. 2.5), тобто за зовнішню циліндричну поверхню та лівий торець.

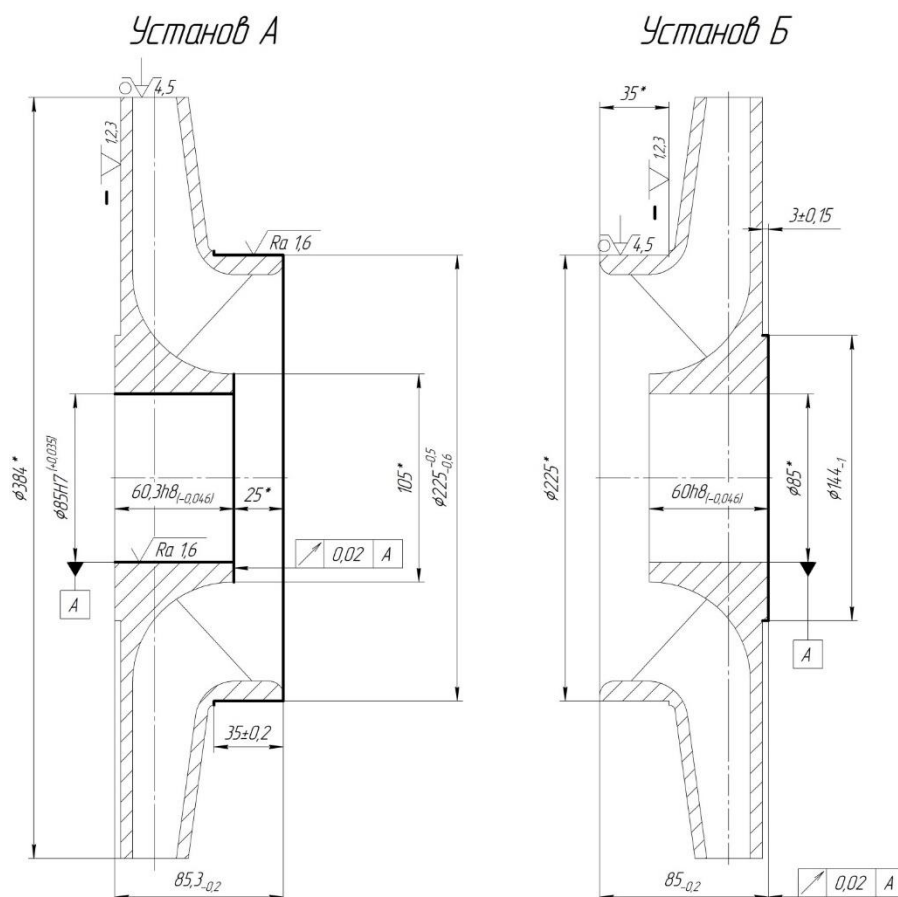


Рисунок 2.4 – Схема установки заготовки на токарній операції (варіант 1)

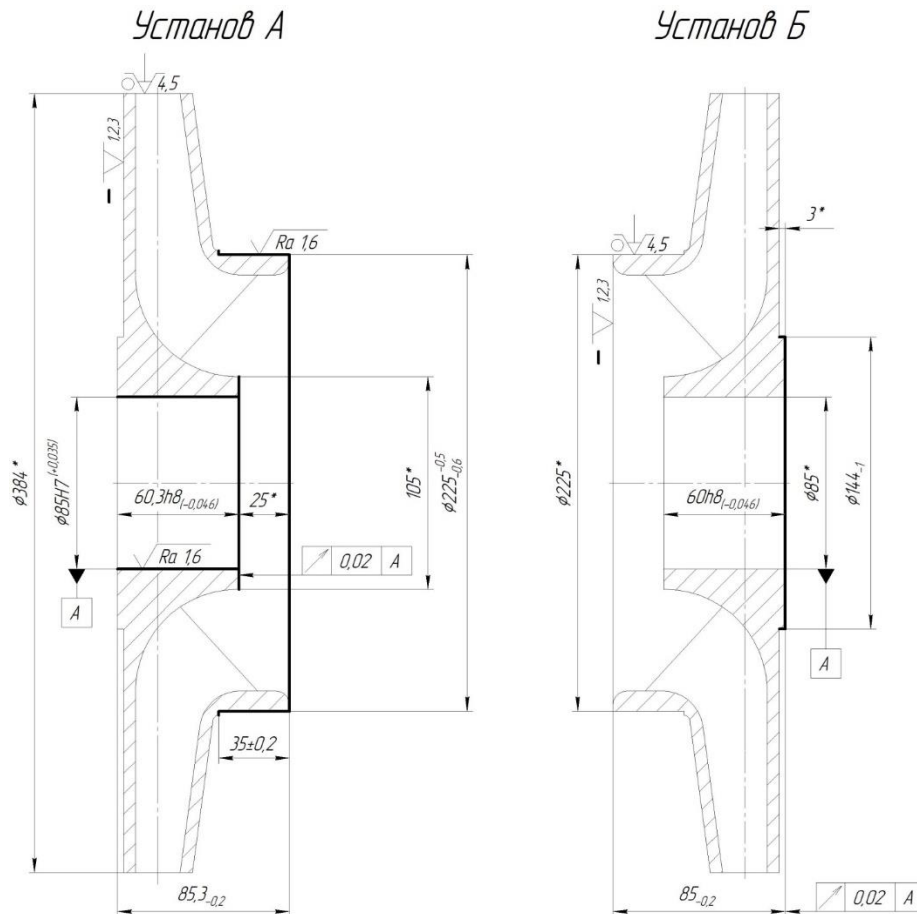


Рисунок 2.5— Схема установки заготовки на токарній операції (варіант 2)

2.4 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

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

Токарна з ЧПК операція

У базовому технологічному процесі для токарної операції використовують універсальний токарний верстат 1К62. Пропонуємо токарний верстат з ЧПК DOOSAN PUMA 400MB, який має переваги: дозволяє зменшити час виготовлення деталі, орієнтований на використання в умовах одиничного типу виробництва, габарити верстата дозволяють обробку даної деталі.

Технічна характеристика верстата:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом – 250 мм;
- найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною – 420 мм;

- в) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 1000мм;
- г) частота обертання шпинделя – $1 \dots 6000 \text{хв}^{-1}$;
- д) система ЧПК – FANUC;
- е) межі робочих подач (поздовжніх та поперечних): 0,001-30 мм/об;
- ж) потужність електродвигуна головного привода, кВт – 22;
- з) найбільша допустима сила приводу подач верстата по осям X,Z – 50000 Н;
- і) точність позиціонування по осям X, Z – 0,001 мм;
- к) маса з шафою ЧПК, кг: 4580.

Проаналізувавши технічні характеристики верстата на операції токарна з ЧПК, будемо використовувати верстат моделі DOOSAN PUMA 400MB, тому що його технічні характеристики та технологічні можливості повністю забезпечують безперешкодну обробку деталі.

Для операції 035 – довбальна. У базовому технологічному процесі для довбальної операції використовують верстат 7Б420.

Найбільший хід довб'яка, мм 20...200

Межі подвійних ходів за хвилину 40...163

Діаметр столу, мм 500

Відстань від площини столу до напрямних довбака, мм 320

Відстань від довбання до станини (виліт), мм 480

Установче регулювання ходу довбака, мм 264

Найбільше зусилля різання, кг 1500

Найбільші переміщення столу поздовжні, мм 500

Найбільші переміщення столу поперечні, мм 400

Найбільші переміщення столу кругові, град 360

Межі подач за подвійний хід подовжні, мм 0,1...1,2

Межі подач за один подвійний перебіг поперечні, мм 0,1...1,2

Межі подач за один подвійний круговий хід, град 0,064...0,81

Швидкість швидкого переміщення столу поздовжня, мм/хв 1,8

Швидкість швидкого переміщення стола поперечна, мм/хв 1,8

Швидкість швидкого переміщення стола кругова, град/сек 3,4

Електроустаткування. Привід

Кількість електродвигунів на верстаті 2

Електродвигун приводу головного руху, кВт 2,8

Електродвигун прискореного переміщення столу, кВт 1,1

Габарити та маса верстата

Габарити верстата (довжина ширина висота), мм 2300x1270x2175

Маса верстата, кг 2240

2.5 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

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

Для установки і закріплення деталі на операції токарній чистовій в якості пристроїв використовуємо трьохкулачковий патрон спеціальний з пневмоприводом для обробки заготовки та в учбових цілях. Трьохкулачковий патрон був обраний, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналагодження можуть оброблятися деталі подібні заданої (диски, фланці з $l / d < 1$).

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з BK8 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців;
- різець розточний прохідний упорний S25PCLNR з BK8 - для розточування внутрішніх поверхонь і підрізання торців.

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в різцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент, а саме штангенциркулі ШЦ-I-125-0,1 та ШЦ-II-250-0,1

ДСТУ 166-2009, а також нутромір індикаторний НІ 50-100, застосування якого обумовлено дрібносерійним типом виробництва. Даними інструментами можна проконтролювати всі розміри.

Для установки і закріплення деталі на операції 035 доцільно буде використати спеціальний пристрій, так як він буде пневматичним та давати постійні зусилля закріплення та зменшить допоміжний час на закріплення. Також даний пристрій буде жорсткішим за універсальний патрон, що дозволить підвищити режими різання.

Аналіз геометричної форми оброблювальних поверхонь дає підставу застосувати на операції довбальний різець 25x25x12x350 ГОСТ 10046-72.

Враховуючи матеріал заготовки – СЧ21, для обробки її поверхонь вибираємо твердий сплав ВК8.

Вимірювальний інструмент вибирається з урахуванням розмірів, їх точності та трудомісткості вимірювання заготовки, типу виробництва. Враховуючи необхідну точність вимірювань та тип виробництва, як вимірювальний інструмент для контролю лінійних розмірів паза та допусків розташування його поверхонь приймається комплексний спеціальний калібр 12JS9. Для контролю висоти паза приймається штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ166-2009. Контроль шорсткості поверхонь можна виконати за допомогою зразків шорсткості згідно з ДСТУ 9378-93.

Застосування даних інструментів економічно обґрунтовано в дрібносерійному виробництві.

2.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій токарна з ЧПК та довбальна. Розрахунок режимів різання виконуємо для одного переходу на кожній з досліджуваних операцій.

Режими різання аналітичним способом для операції токарна з ЧПК.

Дано: $D = 226$ мм, $d = 225$ мм, $L = 22$ мм, матеріал – СЧ21, різальний інструмент із матеріалу ВК8.

Глибина різання, мм:

$$t = \frac{D-d}{2},$$

де D – діаметр заготовки до обробки, $D = 226$ мм;

d – діаметр деталі після обробки, $d = 225$ мм.

Тоді $t = \frac{226-225}{2} = 0,5$ мм, що можна зняти за один прохід.

Вибираємо подачу по [5]: $S_m = S_o = 0,1$ мм/об.

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

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} K_V,$$

де T – стійкість інструменту, хв; згідно [5]: $T = 60$ хв;

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]: $C_V = 180$, $x = 0,17$, $y = 0,25$,
 $m = 0,12$;

K_V – загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV},$$

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

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_V},$$

де $\sigma_b = 650$ МПа – межа міцності оброблюваного матеріалу, чавун СЧ21;

K_{Γ} – характеризує групу матеріалу за оброблюваністю, $K_{\Gamma} = 0,9$, сірий чавун;

n_V – показник ступеня, $n_V = 1$.

Отже:

$$K_{MV} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{1,0} = 1,12;$$

K_{IV} – враховує стан поверхні заготовки, $K_{IV} = 1,0$, без кірки [5];

$K_{\text{ив}}$ – враховує матеріал інструменту, $K_{\text{ив}} = 1,0$, ВК8 [5].

Таким чином:

$$K_V = 1,12 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{180}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 1,12 = 82,5 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D}.$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 82,5}{\pi \cdot 225} = 127,96 \text{ об/хв.}$$

Тому приймаємо $n = 128$ об/хв.

Так як верстат на якому ведеться обробка має безступінчасте регулювання, то можемо не корегувати оберти і відповідно фактична швидкість різання буде дорівнювати розрахунковій.

Визначимо хвилину подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_O n.$$

$$S_M = 0,1 \cdot 128 = 12,8 \text{ мм/хв.}$$

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

$$P_z = 10 C_P t^x S^y V^n K_P.$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]: $C_P = 450$, $x = 1$, $y = 0,45$, $n = -0,1$.

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

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n,$$

$$K_{MP} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,9.$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = 10 \cdot 450 \cdot 2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 97,6^{-0,1} \cdot 0,9 = 417 \text{ Н.}$$

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

$$N = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}.$$

$$N = \frac{417 \cdot 82,5}{60 \cdot 1020} = 3,1 \text{ кВт.}$$

Для можливості реалізації різання на верстаті повинно виконуватися умова:

$$N_p < N_d \cdot \eta,$$

де N_d – потужність двигунів верстата, 22 кВт;

η – коефіцієнт корисної дії верстата, 0,8.

Перевіряємо умову:

$$N_d \cdot \eta = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт.}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режимів обробки на токарну з ЧПК операцію

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Підрізання торця Ø225/Ø180	0,5	0,1	128	82,5	1	25	0,8
Точіння Ø225 на довжину 15	0,5	0,1	128	82,5	1	38	1,1
Підрізання торця Ø105/Ø85	1	0,1	202	83,7	1	14	0,5
Розточити Ø85H7 на довжину 60	2	0,07	317	96,1	2	65	4,5
Установ Б							
Підрізання торця Ø144/Ø85	1	0,1	185	87,7	1	38	0,78
Точіння Ø144 на довжину 3	1	0,1	185	87,7	1	5	0,05
Всього							7,82

Операція 035 – Довбальна

Відповідно до [2] глибина різання при обробці зазвичай дорівнює припускам на обробку.

$$t = 5 \text{ мм}$$

Обробка здійснюється за 25 проходів. Приймаються режими різання при обробці площин на чавунних частинках твердосплавними різцями ВК8:

$$S = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{подв. хід}}$$

Швидкість різання:

$$v = 14 \text{ м/хв}$$

2.7 Проектування засобів технологічного оснащення

Проектування верстатного пристрою на токарну з ЧПК операцію. Обґрунтування необхідності створення пристрою.

Уточнення мети технологічної операції. Точність розмірів.

На даній операції обробляються циліндричні поверхні зовнішні і внутрішні, підрізають торці. Точність і якість одержуваних поверхонь, їх взаємне розташування буде залежати від точності верстата, режимів обробки, а так само від точності безпосередньо самого пристрою. Основне завдання зводиться до точності базування заготовки щодо осі шпинделя верстата.

Згідно вищесказаного розглянемо такі поверхні $\varnothing 144_{-0,1}$ мм, $85_{-0,2}$ мм.

Точність форми. Конструктором не обумовлена точність форми одержуваних поверхонь. Отже призначимо їх в процентній частки від допуску на розмір. Допуск циліндричної (ограновування, еліптичність) і профілю повздовжнього перетину (бочко-, сідло-, конусоподібність) отвори $\varnothing 144_{-0,1}$ мм приймемо як 30% від допуску на розмір $T=0,3T=0,3 \cdot 0,52=0,156$ мм, приймемо 120 мкм, що відповідає 11 ступеня точності. Допуск площинності торця складе 60% від допуску на розмір $85_{-0,2}$ мм, тоді $T=0,6 \cdot 0,74=0,444$ мм, приймемо 0,4 мм – 13 ступеня точності.

Точність розташування поверхонь.

Оскільки розглянута операція є проміжною, то допуск розташування не заданий конструктором, отже призначимо самостійно в процентному співвідношенні від допуску на виконуваний розмір.

Допуск радіального биття складе 60% від допуску на розмір $\varnothing 144_{-1}$ мм, $T=0,6 \cdot 0,52=0,312$, приймаємо 0,25 мм – 10 ступінь точності.

Допуск торцевого биття торця складе 60% від допуску на розмір $85_{-0,2}$ мм, тоді $T=0,6 \cdot 0,74=0,44$ мм, приймаємо 400 мкм – 14 ступінь точності.

Шорсткість поверхонь становить 12,5 мкм за критерієм Ra.

На операцію заготовка надходить після заготівельної операції – вільна кування на молотах.

Базують поверхні: - діаметральна (подвійна опорна база) виконано в розмір $\varnothing 225_{-1,0}^{+1,8}$ мм, $es=1,8$ мм, $ei=-1,0$ мм, допуск складе $T=2,8$ мм; торець викував в розмір $35_{-0,9}^{+1,6}$ мм, $es=1,6$, $ei=-0,9$ мм, $T=2,5$ мм – 3 група точності, згідно.

Точність форми.

Оскільки допуск форми не обговорений, проміжна операція, це означає що допуск входить до складу допуску на розмір. Для діаметральні поверхні розглянемо допуски профілю поздовжнього перерізу і циліндричної, і визначимо як $T=0,3T_{225}=0,3 \cdot 2,8=0,84$ мм, приймаємо 0,8 – 15 ступінь точності.

Для торця розглянемо допуск плоскості. Допуск площинності торця прийmemo як 60% від допуску на розмір 35 (+1,6;-0,9) мм, тоді $T_{пл} = 0,6 \cdot T_{118} = 0,6 \cdot 2,5 = 1,5$ мм, приймамо 1 мм – 16 ступінь точності.

Допуск торцевого биття становить $T=0,6 \cdot T_{35}=0,6 \cdot 2,5=1,5$ мм, приймаємо 1 мм – 15 ступінь точності.

Допуск радіального биття центрального отвору визначаємо як $T=0,6 \cdot 2,8=1,68$ мм, приймаємо 1,2 мм – 14 ступінь точності. Базові поверхні виконані з шорсткістю $Ra=25 \div 50$ мкм.

Заготівля буде оброблятися на токарному верстаті DOOSAN PUMA 400MR з системою ЧПК.

Обробка на даній операції здійснюється різцем. Пристрій має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.
1. Базування заготовки.
2. Закріплення заготовки.
3. Базування пристрою на верстаті.
4. Закріплення пристрою на верстаті.
5. Підведення і відведення енергоносія.
6. Освіта вихідної сили для закріплення.
7. Управління енергоносієм.
8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).
9. Обробка поверхонь згідно ескізу.
10. Створення безпечних умов праці.

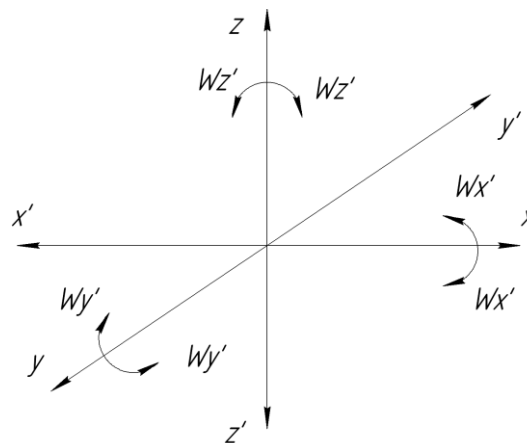


Рисунок 2.6 – Система координат

З таблиці 2.6 видно, що на заготовку накладено 11 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.

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

Побудова функціональної структури і загальної компоновки пристрою.

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

Таблиця 2.4 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації. Функціональна структура проектованого пристосування представлена на рис. 2.7.

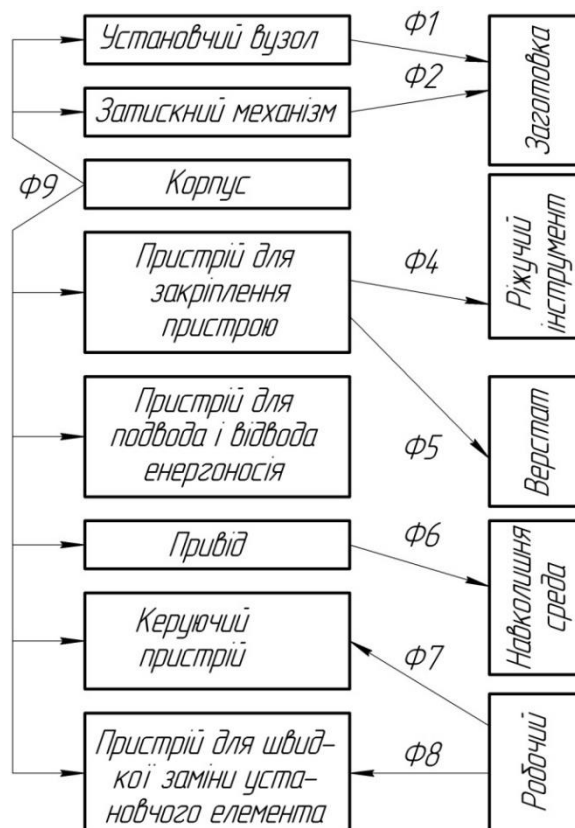


Рисунок 2.7 – Функціональна структура проектованого пристосування

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

Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 ,$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу ($k_0 = 1,5$);

K_1 – коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

K_2 – коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2 = 1,7$);

K_3 – коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ($k_3 = 1$);

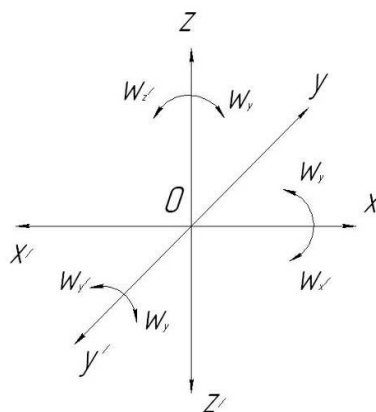
K_4 – коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ($k_4 = 1,2$);

K_5 – коефіцієнт що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5 = 1$);

K_6 – коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку;

Тоді:

$$K = 1,5 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,1 = 3,366.$$



Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спосіб	Реакція			R	R		R	R	R	R	R	R	R

Реаліза- ції	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)										

Розрахуємо аналітичним методом точіння циліндричної ступені $\varnothing 237$ мм начорно, згідно якого $P_z = 966,8$ Н.

Силу закріплення в трикулачковому патроні розраховуємо за формулою:

$$P_z = \frac{1,33 \cdot K \cdot L \cdot P_z}{D \cdot f}$$

Виразимо силу закріплення W

$f_1 = 0,2$ – коефіцієнт тертя між деталлю і установочними затискними елементами пристосування;

$L=85$ мм – довжина оброблюваної заготовки;

$D=144$ мм – діаметр оброблюваної заготовки;

$P_z= 966,8$ Н – сила різання.

Тоді сила закріплення заготовки буде дорівнює:

$$P_z = \frac{1,33 \cdot 2,8 \cdot 0,085 \cdot 966,8}{0,144 \cdot 0,2} = 8434 \text{ Н.}$$

Обґрунтування вибору приводу.

Для розкріплення досить ходу 5-10 мм, отже, раціонально вибрати тарілчасту гумовотканинну пневмокамеру однобічної дії з діаметром діафрагми визначається за формулою [12]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{3024}{0,4}} = 148,3 \text{ мм} \quad (7.6)$$

де $p = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі.

Приймаємо по ДСТУ найближчий більший діаметр $D = 160$ мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмокамери 160 мм по ДСТУ.

$$W_{\phi} = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{160^2 \times 0,4}{1,13^2} = 9074H$$

Точнісі розрахунки пристрою.

Розглянемо допуск биття деталі в патроні, який не повинен перевищувати 250 мкм. Похибка виготовлення за цим параметром визначається за такою формулою:

$$E_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_{\phi})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{\Pi}^2 + E_{И5}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{\text{поз}}}$$

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

$K_{T1} = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілу допусків базових поверхонь;

$E_{\phi} = 0$ мкм – похибка базування (розглянута раніше);

$E_3 = 100$ мкм – похибка закріплення при установці на опорні пластини з пневматичним зажимом [3, с. 82, таблиця 40];

$E_y = 0$ мкм – похибка установки пристрою на верстаті, що базується по конічному фланцю верстата;

$E_{\Pi} = 0$ мкм – похибка перекосу інструменту (відсутні направляючі елементи пристосування для ріжучого інструменту);

$E_{И} = 1$ мкм – похибка, що виникає внаслідок зносу встановлювальних елементів і визначається за формулою:

$$E_{И} = \omega \cdot N = 0,002 \cdot 500 = 1 \text{ мкм};$$

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

$\omega = 80$ мкм – середня економічна точність обробки [6];

$E_{\text{поз}} = 0$ мкм – похибка позиціонування інструменту [5].

Тоді похибка пристосування складе:

$$E_{\text{пр}} = 250 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 100^2 + 0^2 + 0^2 + 1^2 + (0,6 \cdot 80)^2 + 0} = 250 - 133 = 116 \text{ мкм}.$$

З урахуванням отриманих даних приймається допуск перпендикулярності установчої поверхні до базуючої поверхні пристрою 116 мкм, $T = 0,1$ мм. Похибка в даних межах виникає як результат складання похибок взаємного розташування окремих елементів пристрою.

Опис пристрою і принципу дії пристрою.

Пристосування у збірці має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з плити під якою змонтована пневмокамера і на якій встановлено стакан. При подачі стисненого повітря в і верхню порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При відключенні подачі повітря по-засобом перемикачання триходового крана відбувається процес розкріплення заготовки за допомогою пружини (камера односторонньої дії).

2.8 Висновки

З метою підвищення ефективності виробництва деталі «Робоче колесо» було проведено комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію технологічного процесу. Для зниження собівартості було прийнято рішення про використання вилівка з використанням виплавлюваних моделей.

Був проведений ретельний аналіз існуючих технологічних операцій та розроблено нові, більш ефективні рішення. Зокрема, було змінено послідовність операцій, модернізовано обладнання та розроблено спеціальний верстатний пристрій для довбання шпоночного паза.

Для забезпечення високої точності обробки було виконано детальний аналіз схем базування та закріплення заготовки, а також розраховано оптимальні режими різання.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

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

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 зубчате колесо, який представляє собою тонкостінний диск, що є актуальною задачею.

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

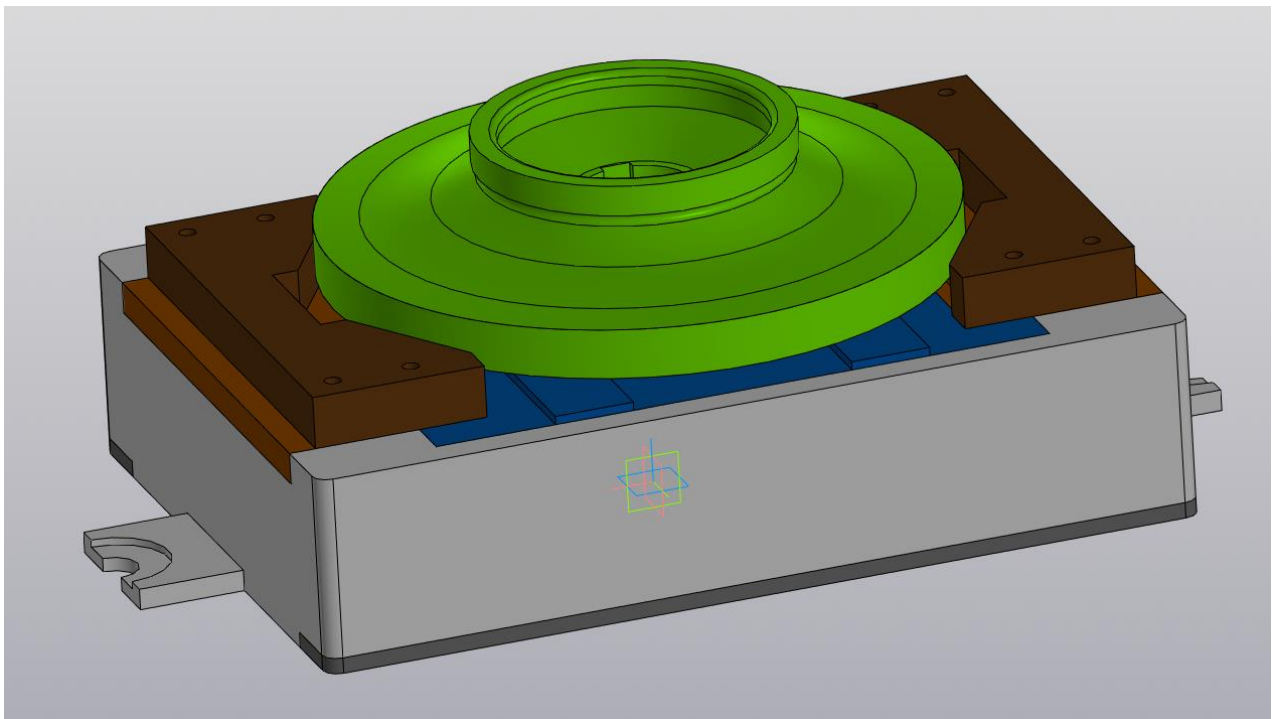


Рисунок 3.1 – Спроектований верстатний пристрій та закріплена деталь

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) виконувалось для деталей ВП, які безпосередньо будуть впливати на показники точності та міцності

та задовольняти всім точним 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 [$\sigma_{розт}$], МПа – 950;
- границя міцності при стисненні [$\sigma_{ст}$], МПа – 950;
- границя текучості σ_T , МПа – 726.

Граничними умовами під час моделювання було закріплення верстатного пристрою за нижньою поверхнею основи, що імітує встановлення на стіл верстата, а також всі поверхні об'єднані між собою шляхом об'єднання вузлів з типом контакту «Bonded», що виключає можливі переміщення. Типи контактів «Frictional» задані в місцях посадок з вказанням параметрів тертя за технічними характеристиками кожної з них. Ілюстрації скінчено-елементної сітки ВП представлені на рис. 3.2. Це робиться для отримання більш точних результатів, та більш якісного відображення можливих деформацій. На рис. 3.3 зображено ілюстрації напружень, що виникають при закріпленні та довбанні шпоночного паза

в деталі, а на рис. 3.4 – 3.7 зображені деформації загальні та по осям X, Y, Z відповідно. На рис. 3.8 – 3.10 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 шпоночного паза $12 (\pm 0,0215)$ мм, а деформації загальні не перевищують 0,062 мм. Максимальні напруження під час чисельного моделювання показали 182 МПа, що менше ніж допустимі для матеріалів пристрою.

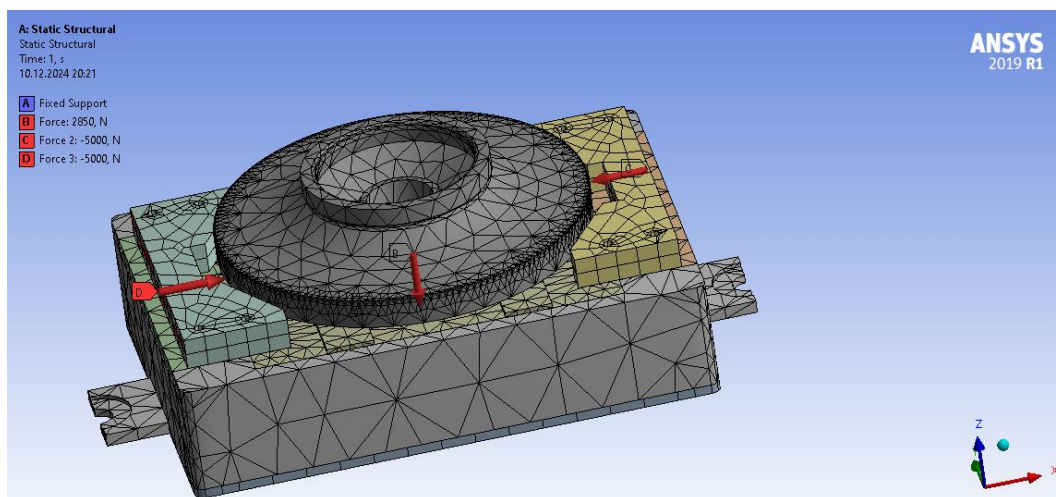


Рисунок 3.2 – Верстатний пристрій із скінчено-елементною сіткою та навантаженнями

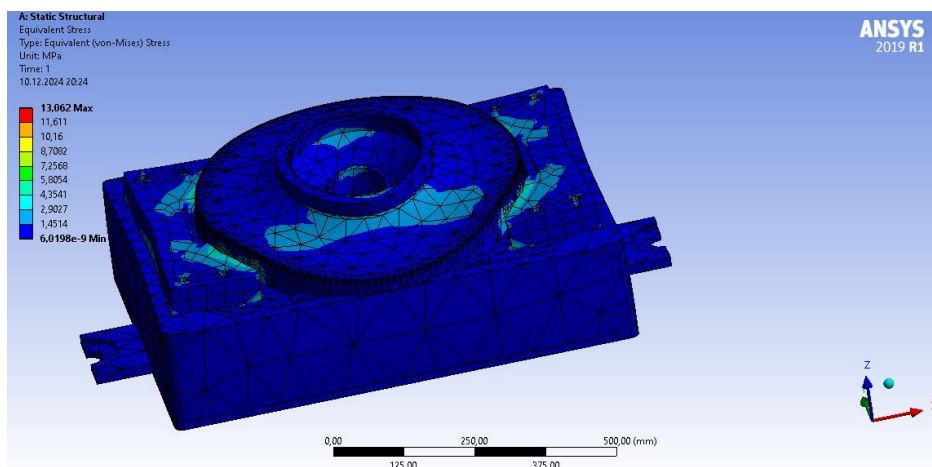


Рисунок 3.3 – Ілюстрація максимальних напружень при довбанні

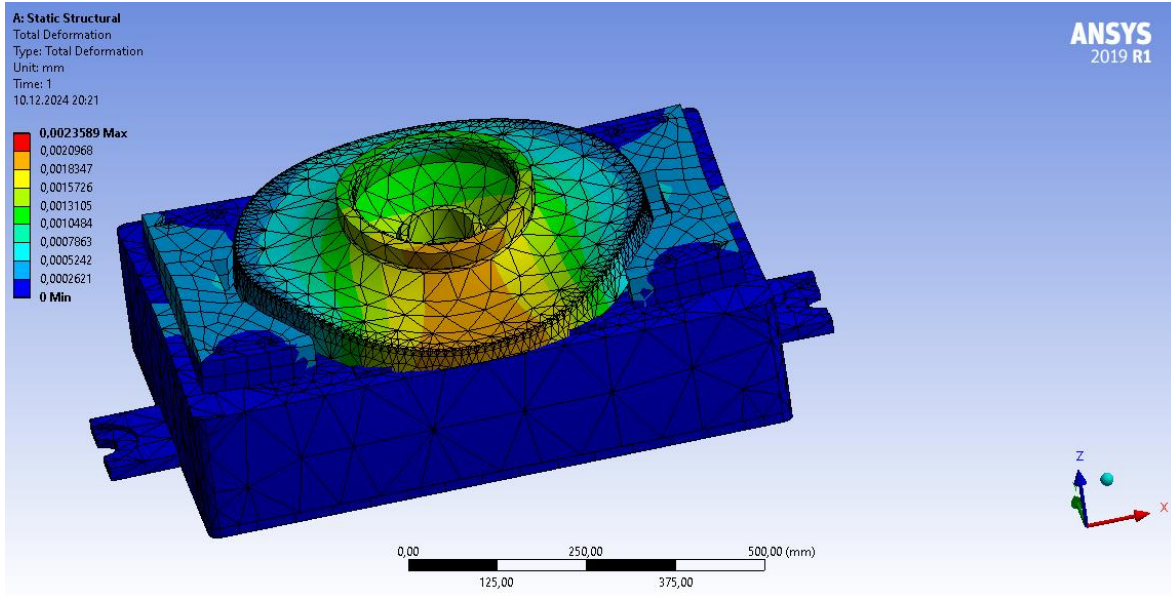


Рисунок 3.4 – Ілюстрація максимальних загальних переміщень при довбанні шпоночного пазу

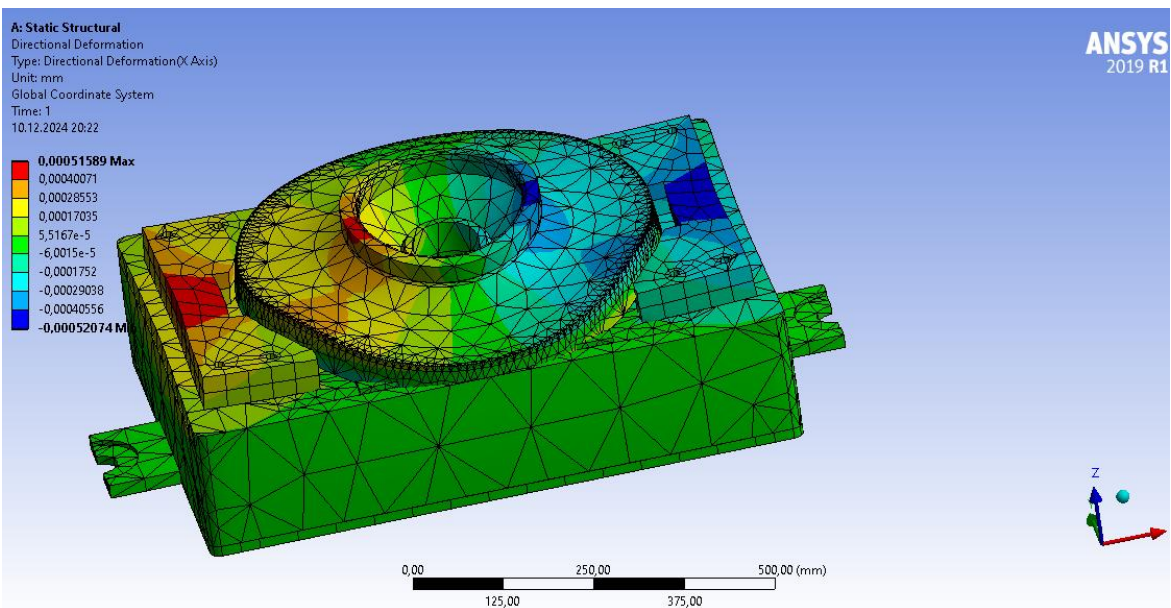


Рисунок 3.5 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі X при довбанні

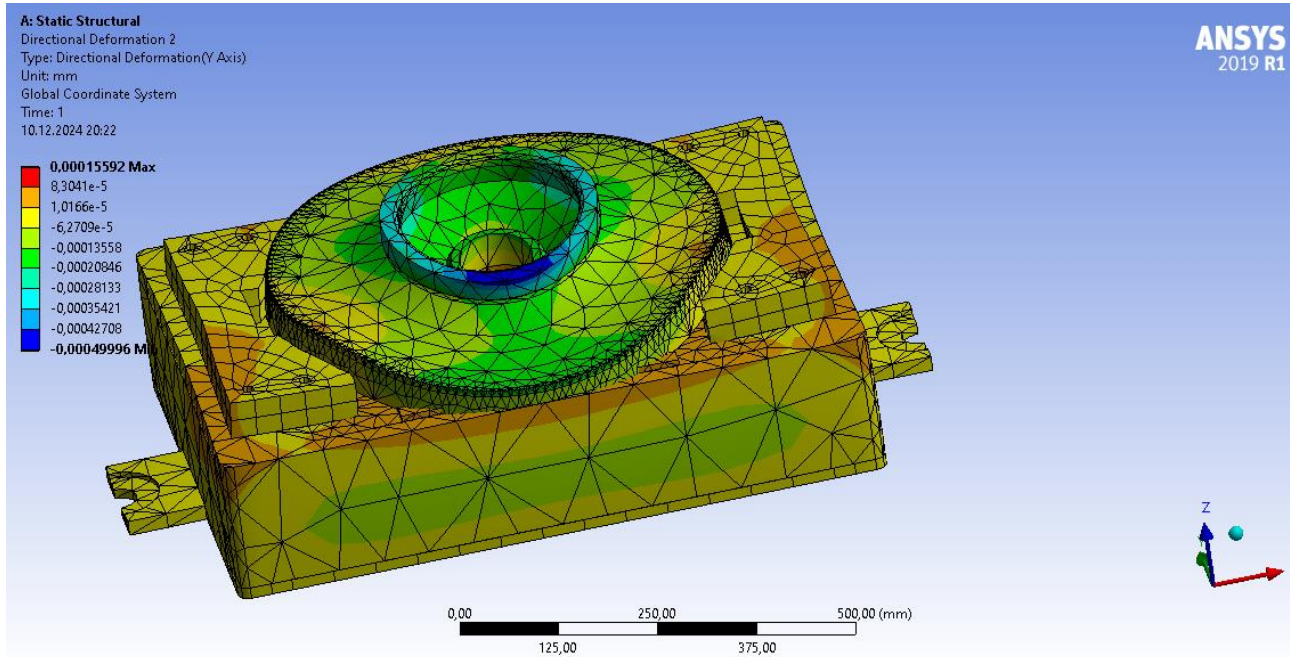


Рисунок 3.6 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі Y при довбанні

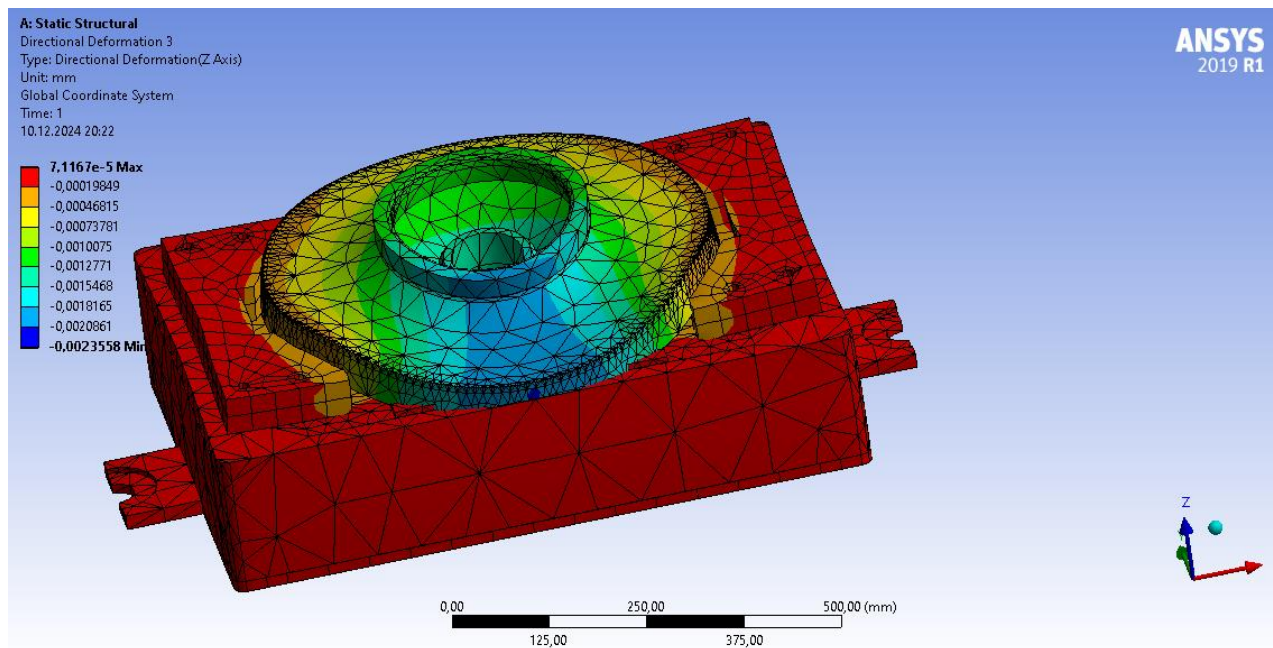


Рисунок 3.7 – Ілюстрація максимальних переміщень за напрямком осі Z при фрезеруванні

3.2 Модальний аналіз верстатного пристрою

Для запобігання виникнення явища резонансу в процесі механічної обробки робочого колеса необхідно, щоб частота власних коливань елементів ВП не співпадала з частотою процесу різання. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми

є призначення інших режимів різання. Для цього за допомогою вбудованого модуля у програмному комплексі ANSYS і функції Modal Analysis визначаються частоти власних коливань запропонованого ВП та порівнюються з частотами, що виникають у процесі механічної обробки. Результати цього аналізу за необхідності дозволяють вилаштуватися від резонансу. Рисунки з виглядом форм власних коливань для досліджуваної системи «ВП – заготовка» наведені на рис. 3.5 – 3.7.

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

- 1-ша критична частота, Гц – 648;
- 2-га критична частота, Гц – 765;
- 3-я критична частота, Гц – 845;
- 4-та критична частота, Гц – 985.
- 5-та критична частота, Гц – 1186.
- 6-та критична частота, Гц – 1382.

Максимальна частота процесу різання на операції не перевищує 17 Гц, що менше ніж значення моди №1, тому обробка буде без виникнення резонансу.

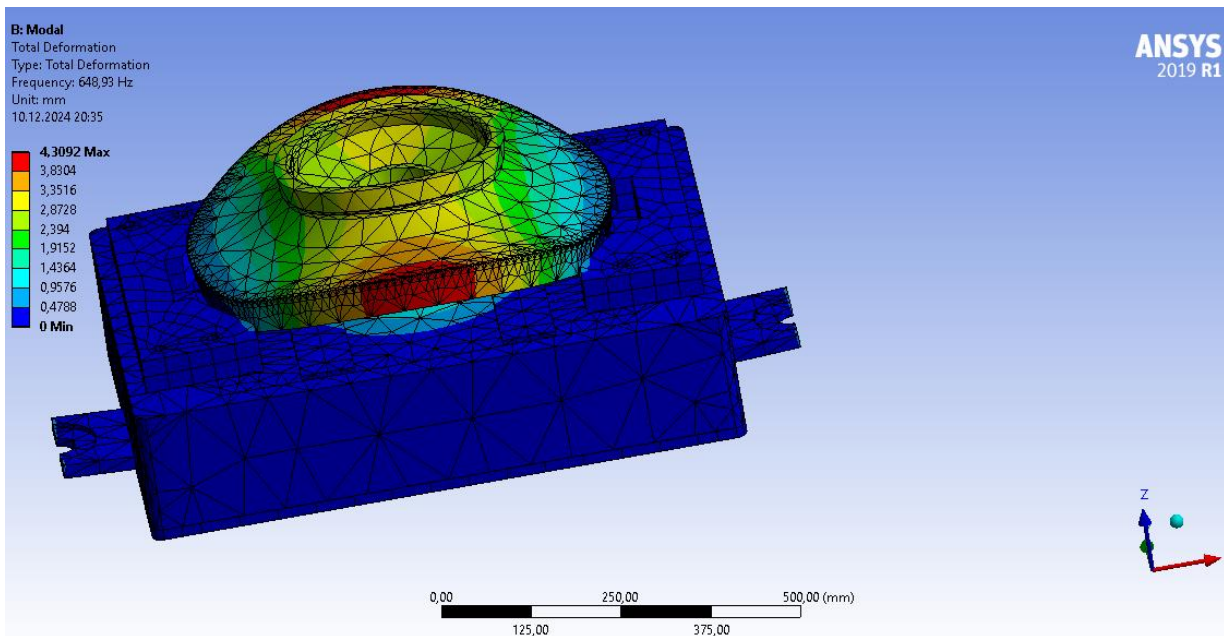


Рисунок 3.8 – Ілюстрація 1-шої критичної частоти ВП

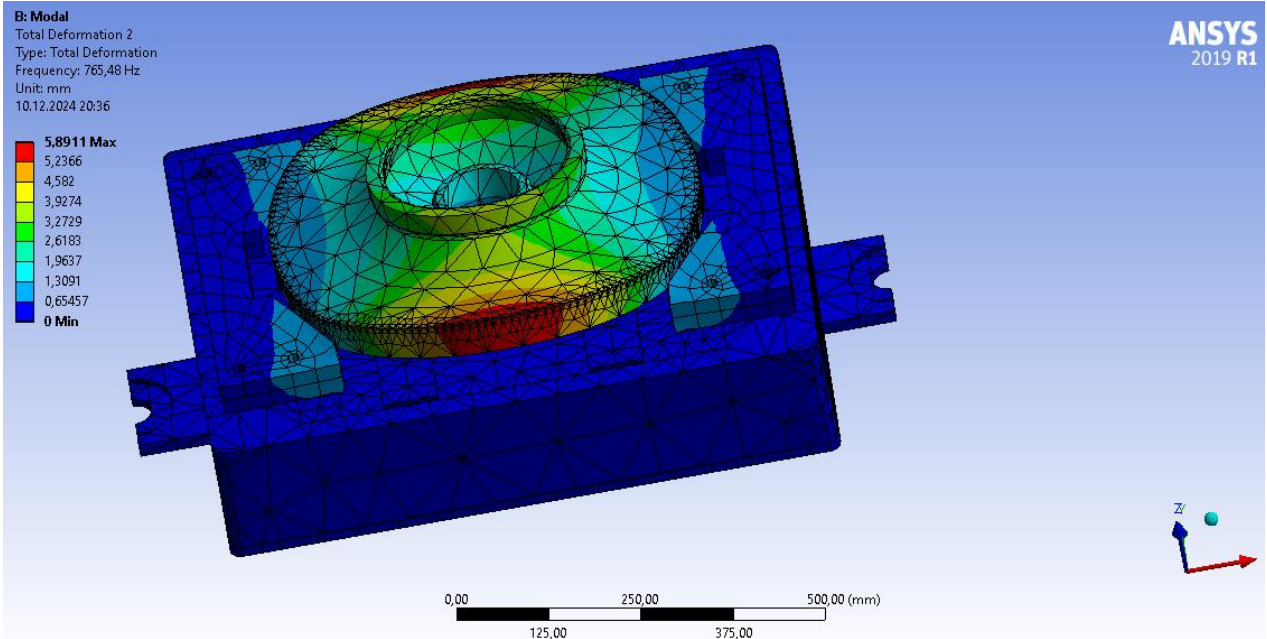


Рисунок 3.9 – Ілюстрація 2-ї критичної частоти ВП

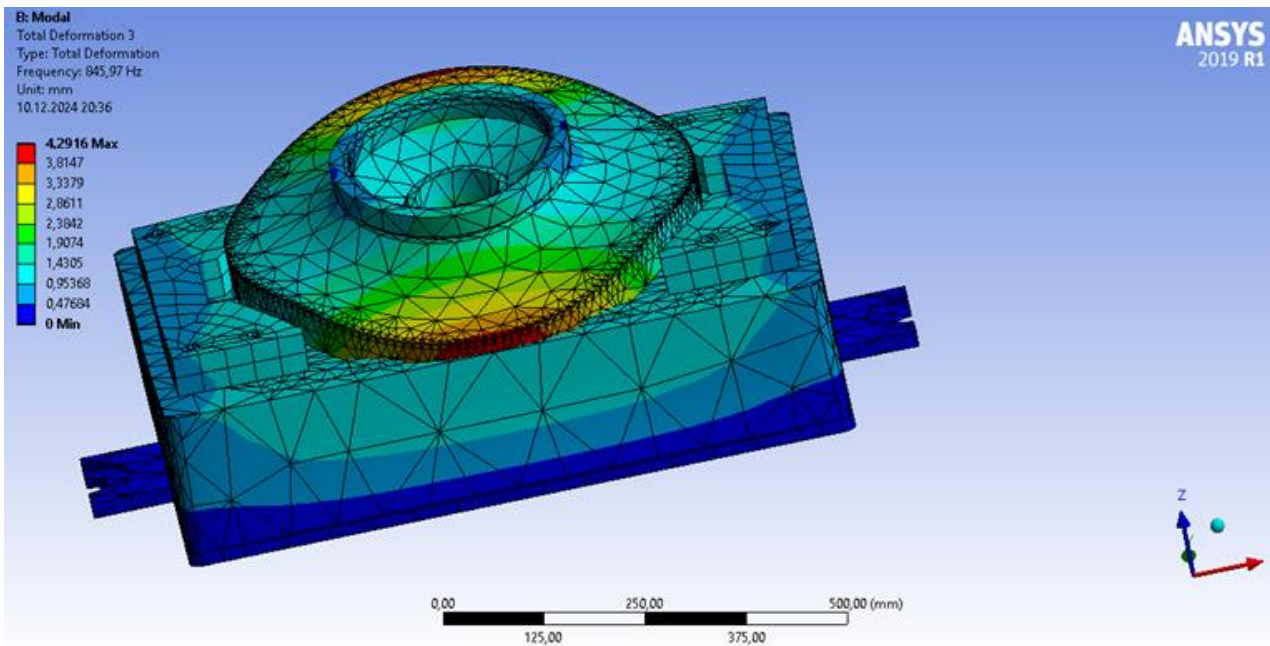


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 3-ї критичної частоти ВП

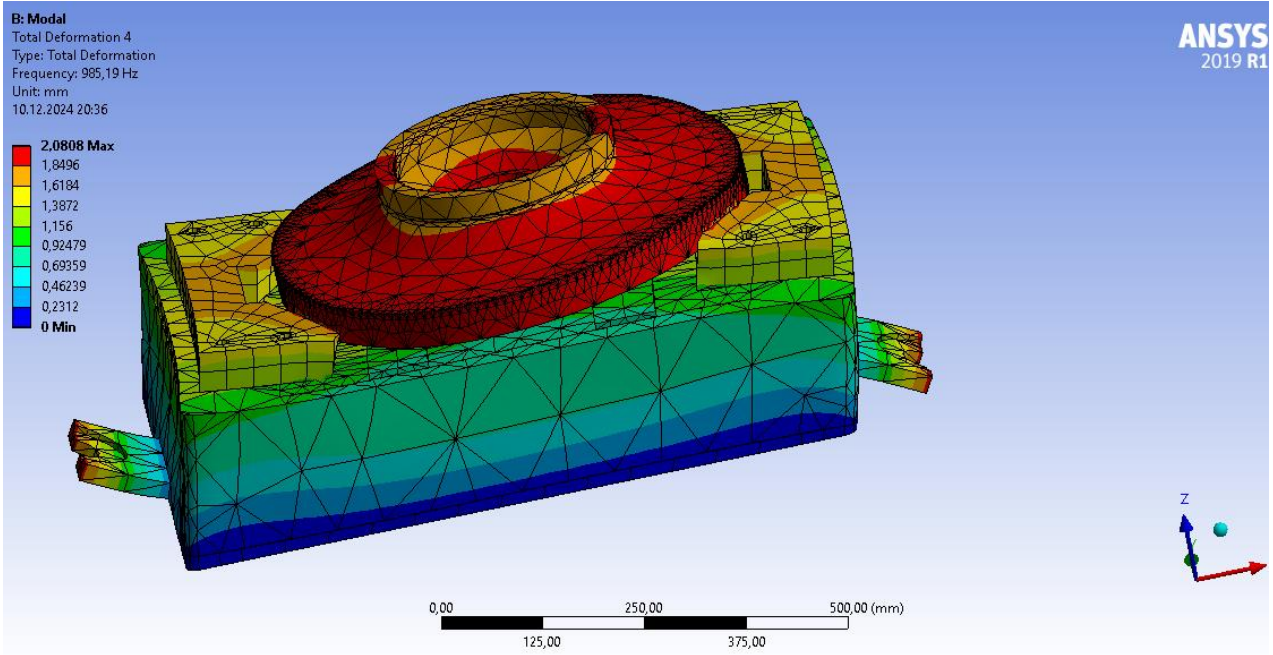


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 4-ої критичної частоти ВП

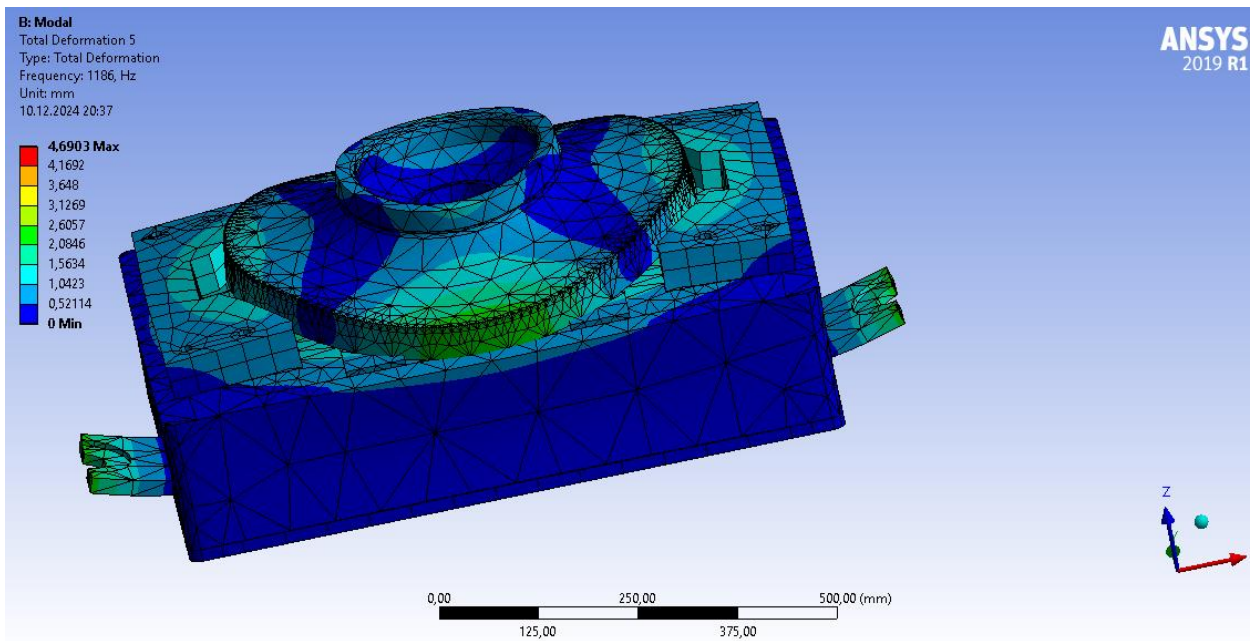


Рисунок 3.12 – Ілюстрація 5-ої критичної частоти ВП

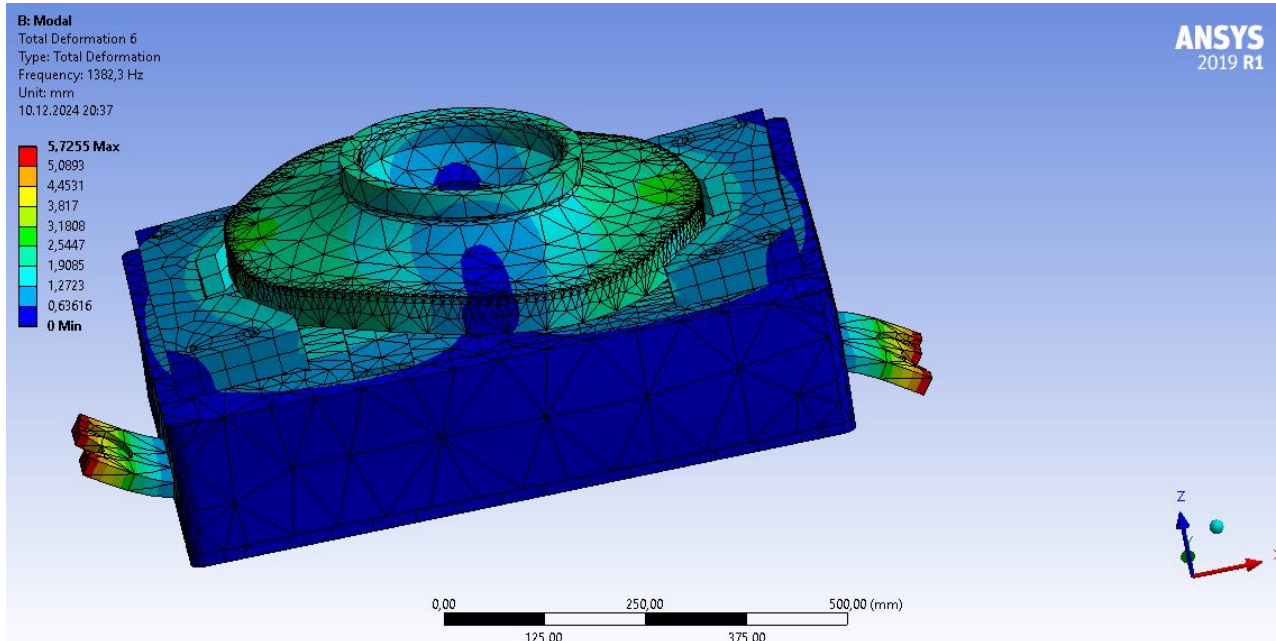


Рисунок 3.13 – Ілюстрація 6-ої критичної частоти ВП

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

Також із отриманих значень форм коливань 1-ї та 2-ї частот (рис. 3.9 – 3.10) та їх величини 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 робочого колеса, яке винесене для зручності прикладання тягового зусилля. В реальних умовах деталь буде з'єднана із пневмокамерою, тому її коливання будуть відсутні. 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 довбальної операції, що дозволило перейти до проєктування удосконаленого ВП пневматичної дії.

2. Базуючись на алгоритмах та рекомендаціях, щодо проєктування ВП сконструйовано пристрій для довбання шпоночного паза робочого колеса, 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 робочого колеса НЦ112.36.30.03 шляхом оптимізації верстатного пристрою для довбальної операції.

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

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

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

- для аналізованої операції за класичними методиками розрахунку спроектовано верстаний пристрій для довбальної 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 була прийнята відливка та спроектований верстатний пристрій гідравлічної дії і до цієї ж операції розроблена карта операційного налагодження.

У науковому дослідженні розглянуті питання проектування верстатного пристрою для ефективного обробки шпоночних пазів в робочих колесах. Визначені максимальні напруження, переміщення, та частоти коливань запропонованого верстатного пристрою та встановлено, що резонанс не виникне.

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

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв; 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.

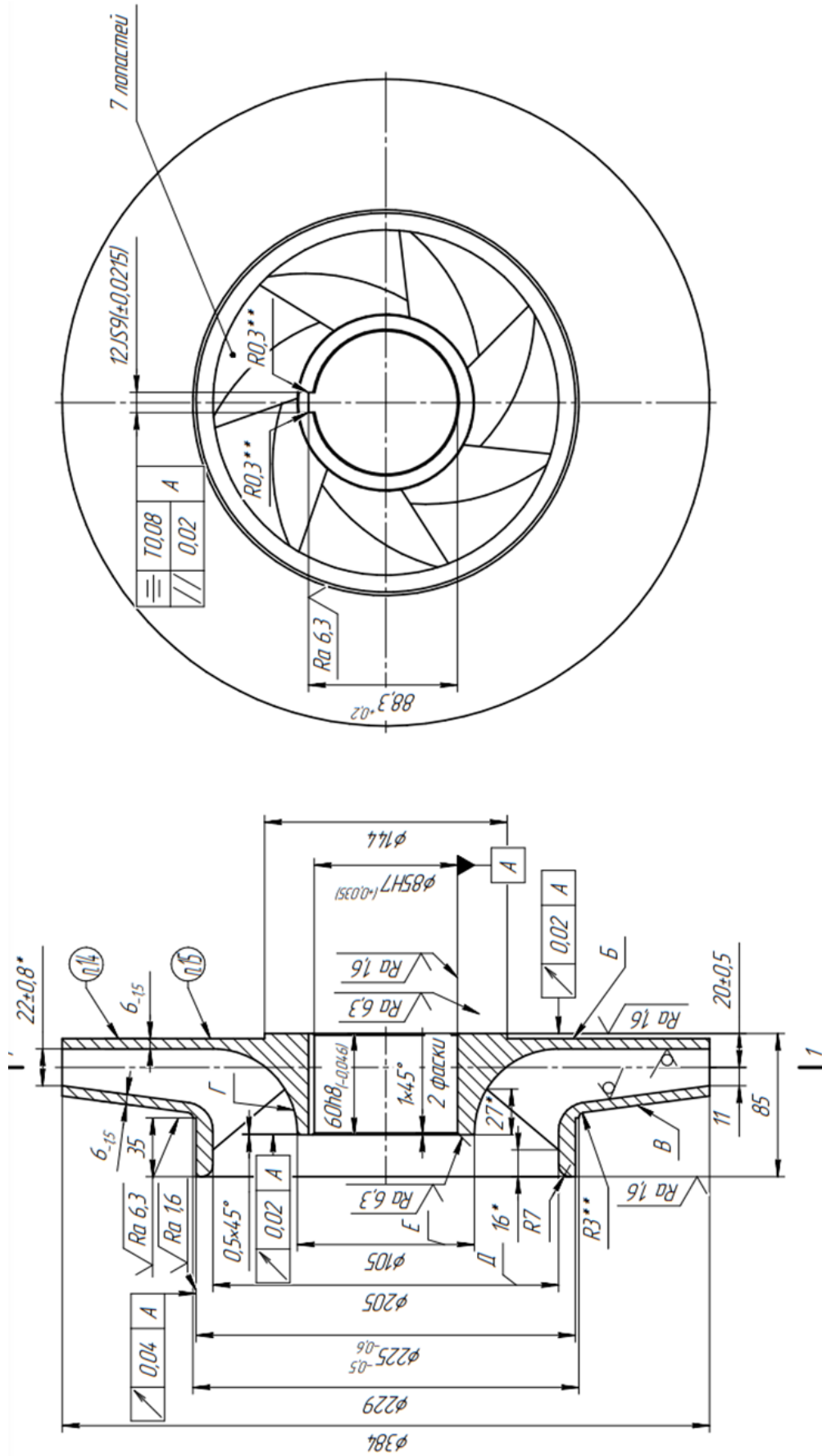
12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

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.

ДОДАТОК А
КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ



ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

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

№ операції	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Токарно-гвинторізна	20,00	0,02	1	0,02	33,88
2	Токарна з ЧПК	35,00	0,04	1	0,04	19,36
3	Довбальна	15,00	0,02	1	0,02	45,17
4	Слюсарна	25,00	0,03	1	0,03	27,10
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 500 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

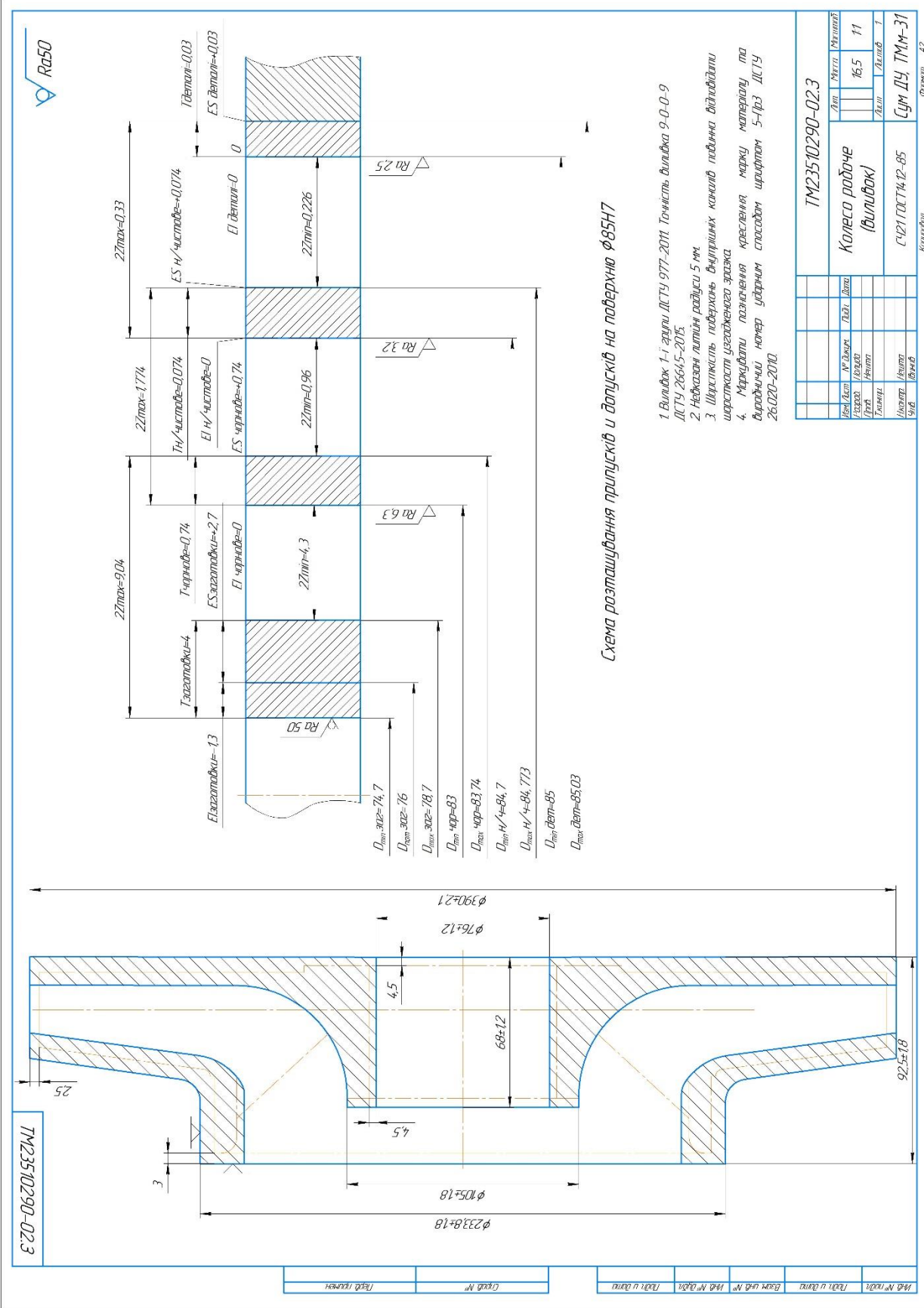
Кількість робочих днів на рік k 254 дн.
 Період запуску a 24 дн.

Партія запуску n 19 шт.

Визначення такту випуску t_v (для потокових ліній)

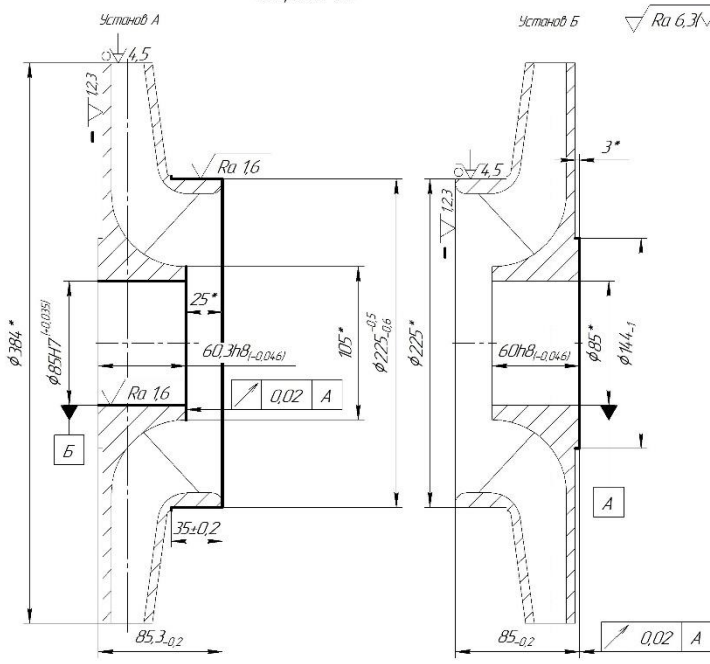
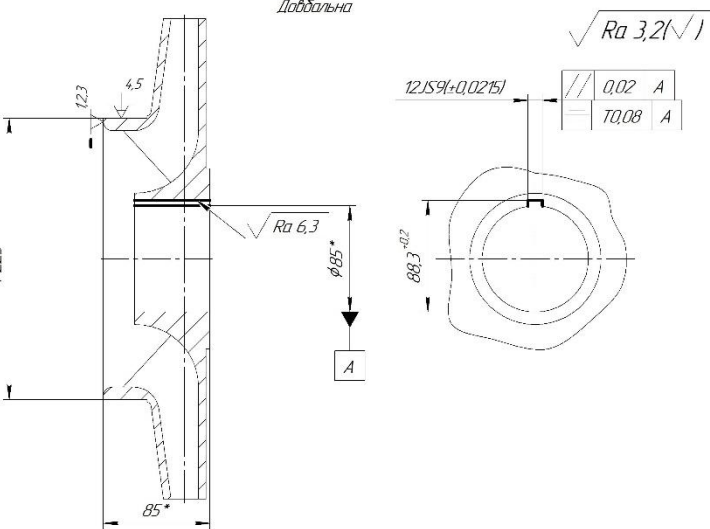
Такт випуску t_v 1204,50 хв.

ДОДАТОК В КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ



ДОДАТОК Г

КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

№ операції	Найменування операції. Операційний ескіз.	Обладнання	Пристрої та інструменти	ТМ23510290-02.МТ																									
005	Лиття металів і сплавів	Литтєва машина																											
010	Термічна	Пінь газова																											
015	Токарно-звентарізна	СУ 580																											
020	Контрольна	Стіл ВТК																											
025	<p>Токарна з ЧПК</p> 	<p>ООО SAN PUMA 400MB</p>	<p>Патрон спеціальний з пневмоприводом. Різець PCLNR2525N10 BK8 Різець S25PCLNR BK8 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009 Штангенциркуль ШЦ-II-500-0,1 ДСТУ 166-2009 Нутромір НІ 50-100 ДСТУ 10-50-2012</p>																										
030	Контрольна	Стіл ВТК																											
035	<p>Довбальна</p> 	76420	<p>Пристрій спеціальний Різець довбальний 25x25x12x350 BK8 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ 166-2009 Калібр комплексний спеціальний 12,1S9</p>																										
040	Слюсарна	Верстак слюсарний																											
045	Контрольна	Стіл ВТК																											
<p>*Разміри для довідок.</p>		<p>ТМ23510290-02.МТ</p> <table border="1" data-bbox="837 1870 1037 2027"> <tr> <td>Зробити</td> <td>№ документа</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Розробити</td> <td>Прийнято</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Перевірено</td> <td>Начальник</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Технічний</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Начальник цеху</td> <td>Начальник цеху</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Маршрутний технологічний процес</p> <table border="1" data-bbox="1244 1915 1396 1993"> <tr> <td>Лист</td> <td>Менші</td> <td>Міжцехові</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Листів</td> <td>?</td> </tr> </table> <p>Сум ДУ, ТММ-31</p>		Зробити	№ документа	Підпис	Дата	Розробити	Прийнято			Перевірено	Начальник			Технічний				Начальник цеху	Начальник цеху			Лист	Менші	Міжцехові	Лист	Листів	?
Зробити	№ документа	Підпис	Дата																										
Розробити	Прийнято																												
Перевірено	Начальник																												
Технічний																													
Начальник цеху	Начальник цеху																												
Лист	Менші	Міжцехові																											
Лист	Листів	?																											

ДОДАТОК Д

КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ

TM23510290-03.0H

Операция 035 Довдальна. Верстат моделі 7Б420

Ra 3,2

Найменування інстр.	Матеріал деталей інструменту	l, мм	t, мм	S, мм/похідж	i	V, м/хв	T ₀ , хв
Різець додальний ГОСТ 10046-72	ВК8	60	5	0,2	25	14	2,63

1 *Розміри для довідок

Різець додальний 25x25x12x350
ГОСТ 10046-72

TM23510290-03.0H

Операційна наладка (операція 035)

СумДУ зр. ТММ-31

Лист	Маса	Масштаб
		1:2
Лист	Листов	1

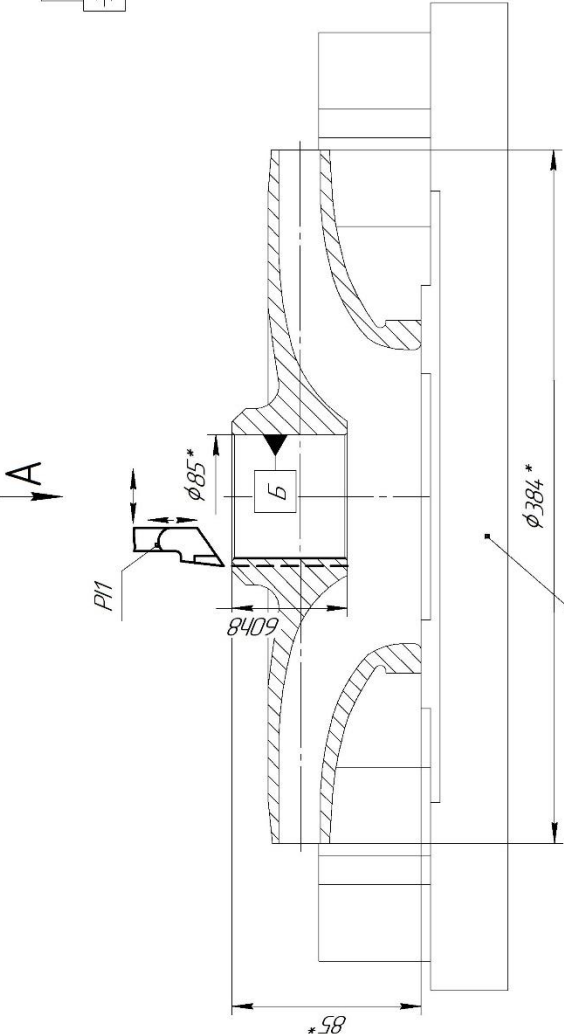
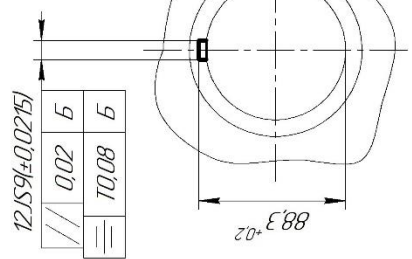
№ зв'язки	№ докум	Дата
Лист	Листов	
Лист	Листов	
Лист	Листов	
Лист	Листов	

Копія АЗ

TM23510290-03.0H

Операция 035 Довдальна. Верстат моделі 7Б420

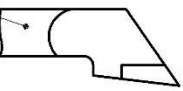
Ra 3,2



Пристрій верстатний спеціальний

R11

Різець додальний 25x25x12x350
ГОСТ 10046-72



TM23510290-03.0H

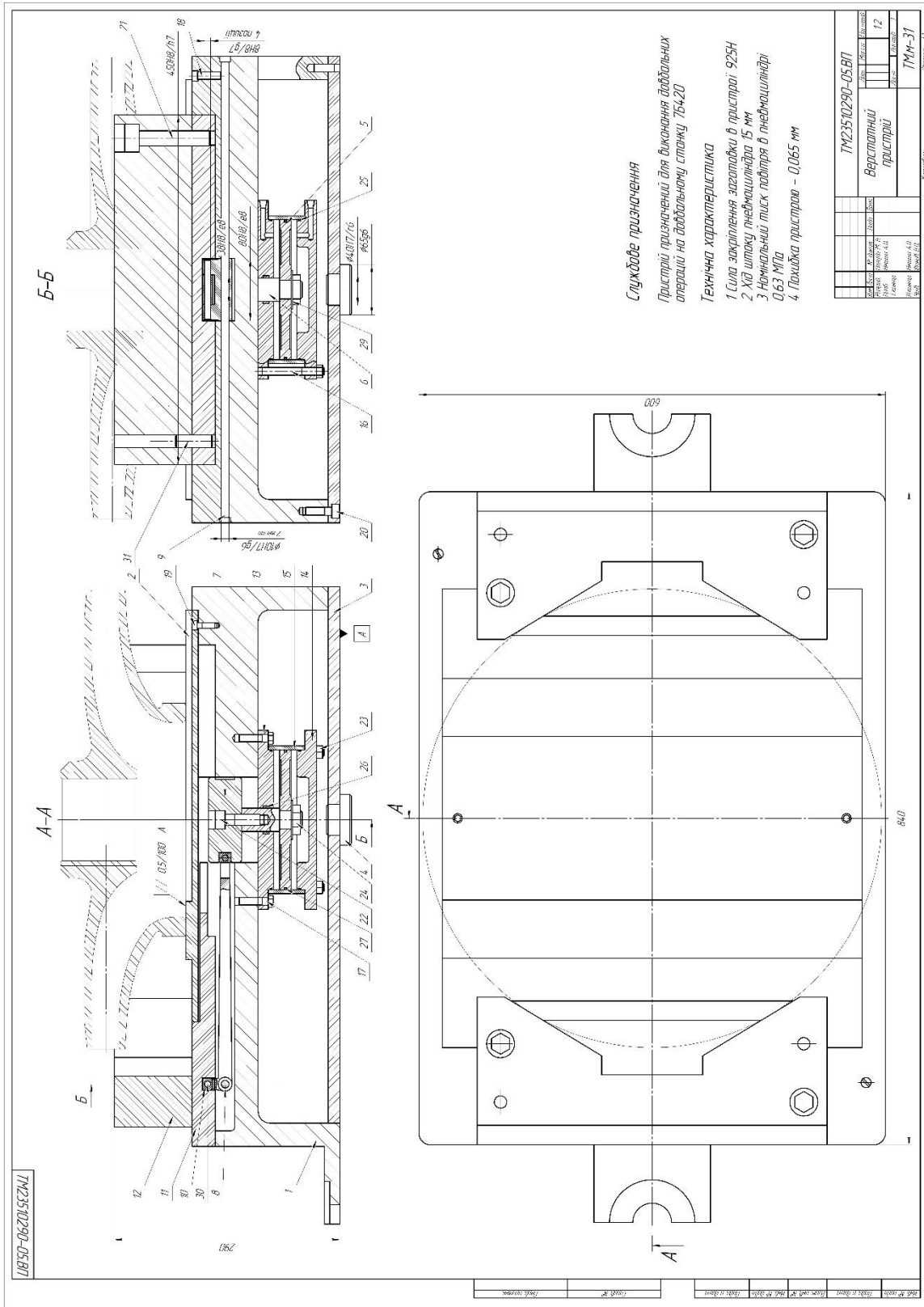
Операційна наладка (операція 035)

СумДУ зр. ТММ-31

Копія АЗ

№ зр. докум.	Лист	Листов	Взам. № зр. докум.	№ зр. докум.	№ зр. докум.	Лист	Листов
--------------	------	--------	--------------------	--------------	--------------	------	--------

ДОДАТОК Ж
КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ



ДОДАТОК К

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

К.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Робочого колеса»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Робоче колесо».

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 «Робоче колесо» 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;
- токарно-карусельні верстати;
- сведлильні верстати;

- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

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

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

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

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

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

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

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

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої важкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на 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 К.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, ° С				Відносність (%) 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 К.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, ° С				Відносність (%) 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	Середньої важкості ПБ	22	25	20	20	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

період							
року							

- 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 вібраційної безпеки. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;
- для недопущення перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря.
-

К.2. 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 природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України, e_H^{IV} , визначаємо за формулою:

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

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:

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

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_0 - загальний коефіцієнт світлопропускання віконного проєма; для заданих умов $t_0 = 0,5$;

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

n_0 - світлова характеристика вікна.

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

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

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

Прийmemo середнє $K_3 = 1,4$.

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

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

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 10.

Кількість ламп у світильнику – 1.

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

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

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

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

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

N – кількість світильників, шт.;

n – число ламп у світильнику, шт.;

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

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

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

Фактична освітленість визначається за формулою:

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

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

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

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

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p$$

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

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

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(м)$$

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.

К.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

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

За характером джерел виникнення НС діляться на:

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

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

Безпека в НС - стан захищеності населення.

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

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

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

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

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

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

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

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

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газовмісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На 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.

К.4 Висновки

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на дільниці з виготовлення деталі «Корпус секції» та визначені шляхи щодо їх усунення.
2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Корпус секції», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях. Визначено заходи в разі виникнення НС.