

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 20__ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСА МПО 10.00.02
ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ
СВЕРДЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РОЗТОЧУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ**

Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність *131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)*

Студент

А. І. Гончаренко

Керівник

В. О. Колесник

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

Суми – 2019

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

Форма № Н-9.02

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

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(освітній рівень)

на тему **Удосконалення технологічного процесу виготовлення
корпуса МПО 10.00.02 шляхом оптимізації структури
свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій**

Виконав: студент II курсу, групи ТМмз-81с
напряму підготовки (спеціальності)

131 Прикладна механіка

(Технології машинобудування)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Гончаренко А. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Колесник В. О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Суми – 2019

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет ЦЗДВН
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній рівень другий (магістерський)
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології ма-
шинобудування, верстатів та ін-
струментів

_____ Залога В. О.
« » _____ 2019 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Гончаренко Артем Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення технологічного процесу
виготовлення корпусу МПО 10.00.02 шляхом оптимізації структури
свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій
керівник проєкту Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» листопада 2019 року №2239-III

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) «17» грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Креслення деталі «Корпус».

Типовий технологічний процес виготовлення деталі корпус.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Виконати аналіз службового призначення деталі корпус та

технології її оброблення. 2. Удосконалити технологічний процес
виготовлення деталі корпус. 3. Розглянути типові схеми технологічних процесів,
свердлильно-фрезерно-розточувальні операції та їх структуру.

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2019	Виконано
2	1. Виконати аналіз службового призначення деталі корпус та технології її оброблення.	10.09.2019	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі корпус.	15.10.2019	Виконано
4	3. Розглянути типові схеми технологічних процесів, свердлильно-фрезерно-розточувальні операції та їх структуру. .	27.11.2019	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях (в додаток).	03.12.2019	Виконано
6	Висновки.	11.12.2019	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2019	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2019	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Гончаренко А.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Колесник В.О.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 99 сторінках, включає 24 рисунки, 18 таблиць, бібліографії із 24 джерел.

У роботі розглянуто аналіз службового призначення виробу, машини, вузла та деталі корпус. Виконано аналіз технічних вимог до деталі, аналіз її технологічності за кількісними та якісними показниками, а також визначено тип виробництва з короткою характеристикою. Також виконано аналіз схем базування деталі на механічних операціях згідно маршрутного технологічного процесу, підібрані верстати, верстатні пристрої, різальні та вимірювальні інструменти. Розраховані режими різання, виконані карти налагодження та розроблено верстатний пристрій для комплексної з ЧПК операції.

Метою цієї роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу за рахунок оптимізації структури свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій.

Об'єкт дослідження: технологічних процес оброблення деталі корпус.

Предмет дослідження: верстатний пристрій для комплексної з ЧПК операції.

Наукова новизна: доведено, що зміна структури технологічного процесу, а саме концентрація свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій за рахунок розробленої конструкції верстатного пристрою, що забезпечує високу інструментальну доступність, дозволяє скоротити допоміжний та підготовчо-заклучний час у технологічному процесі, а значить удосконалити його.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОРПУС, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ,
СТРУКТУРА, РЕЖИМ РІЗАННЯ

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выполнена на 99 страницах, включает 24 рисунков, 18 таблиц, библиографии из 24 источников.

В работе рассмотрен анализ служебного назначения изделия, машины, узла и детали корпус. Выполнен анализ технических требований к детали, анализ ее технологичности по количественным и качественным показателям, а также определен тип производства с краткой характеристикой. Также выполнен анализ схем базирования детали на механических операциях по маршрутного технологического процесса, подобранные верстатты, станочные приспособления, режущие и измерительные инструменты. Рассчитаны режимы резания, выполненные карты наладки и разработаны станочный устройство для комплексной с ЧПУ операции.

Целью этой работы является совершенствование процесса плоского торцевого шлифования за счет управления параметрами зоны контакта режущей поверхности круга с деталью.

Объект исследования: технологических процесс обработки детали корпус.

Предмет исследования: станочный устройство для комплексной с ЧПУ операции.

Научная новизна: доказано, что изменение структуры технологического процесса, а именно концентрация сверлильно-фрезерно-расточных операций за счет разработанной конструкции станочного устройства, обеспечивающего высокую инструментальную доступность, позволяет сократить вспомогательный и подготовительно-заключительное время в технологическом процессе, а значит усовершенствовать его.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, КОРПУС, СТАНОЧНОЕ
ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, СТРУКТУРА, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

ABSTRACT

The explanatory note was made on 99 pages, includes 24 figures, 18 tables, bibliographies from 24 sources.

The paper considers the analysis of the service purpose of a product, machine, assembly, and body part. The analysis of the technical requirements for the part, the analysis of its manufacturability by quantitative and qualitative indicators, and also determined the type of production with a brief description. Also, an analysis was made of the patterns for basing the part on mechanical operations along the route technological process, selected verstats, machine tools, cutting and measuring tools. The cutting modes are calculated, the set-up cards are made, and the machine tool is developed for complex CNC operations.

The aim of this work is to improve the process of flat face milling by controlling the parameters of the contact zone of the cutting surface of the wheel with the part.

Object of study: technological process of processing a part body.

Subject of research: machine tool for complex CNC operations.

Scientific novelty: it is proved that a change in the structure of the technological process, namely the concentration of drilling, milling and boring operations due to the developed design of the machine tool, providing high tool availability, allows to reduce the auxiliary and preparatory-final time in the technological process, and therefore improve it.

TECHNOLOGICAL PROCESS, BODY, FIXTURE, STRUCTURE, CUTTING
CONDITIONS

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	6
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов експлуатації	6
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	9
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва	11
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	14
1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу.....	16
1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	18
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	20
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	20
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки	24
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання	28
2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів	32
2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення	47
2.6 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	52
2.7 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	57
2.8 Розрахунок режимів різання	60

	3
2.9 Технічне нормування операцій.....	67
2.10 Проектування верстатного пристрою	70
2.11 Висновки	81
РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	82
3.1 Розроблення нової структури для свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій.....	82
3.4 Дослідження напружено-деформованого стану верстатного пристрою для комплексної з ЧПК операції.....	85
3.3 Модальний аналіз верстатного пристрою для комплексної з ЧПК операції.....	91
3.4 Висновки	93
Висновки	95
Список джерел посилань.....	97
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ КОРПУС	100
ДОДАТОК Б ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	101
Б.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Корпус».....	101
Б.2 Розрахунок повітря робочої зони, розрахунок загальнообмінної вентиляції.....	107
Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	112
Б.4 Висновки.....	116

ВСТУП

Актуальність теми. Машинобудування, що поставляє нову техніку у всі галузі народного господарства, визначає технічний прогрес країни і робить вирішальний вплив на створення матеріальної бази нового суспільства.

У сучасному машинобудуванні основним викликом є суперечність між необхідністю зменшення витрат часу на проектування та виготовлення виробів, конструкції яких постійно ускладнюються, за істотного збільшення їх номенклатури, оскільки сьогодні ринок потребує все більше й більше різновидів однотипної продукції при одночасному збільшенні коефіцієнта серійності до 10–40 і вище. За останні 15 років номенклатура машинобудівних виробів збільшилася майже у 2,5 рази, при одночасному підвищенні їх складності та зростанні вимог до їх точності й якості, що вимагає того, щоб металообробне обладнання та процеси були більш гнучкими з метою забезпечення конкурентоспроможності виробів, потреб ринку та скорочення витрат часу виходу продукції на ринок. У зв'язку з цим на сьогодні при виготовленні машинобудівної продукції істотно зросла питома вага багатоцільових верстатів у вигляді багатокоординатних обробних центрів із ЧПК, спрямованих на інтенсифікацію та автоматизацію виробництва, яка може значною мірою стримуватися при використанні на них конструктивно застарілих (негнучких) верстатних пристроїв, що потребує значно більшого допоміжного часу у разі зміни координат оброблюваних поверхонь. Саме це обумовлює необхідність розроблення та впровадження в машинобудівній галузі принципово нових конструкторсько-технологічних рішень щодо можливості використання на багатокоординатних обробних центрах та інших верстатах із ЧПК автоматизованого технологічного оснащення для базування, закріплення й орієнтації заготовок у зоні оброблення, забезпечуючи високу якість виробів.

Інтенсифікація технологічних процесів і підвищення ефективності.

Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу шляхом оптимізації структури свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі корпус.

Предмет дослідження – свердлильно-фрезерно-розточувальні операції виготовлення деталі корпус.

Методи дослідження. Робота виконана з використанням сучасних положень теорії обробки матеріалів різанням. Технології проектування виготовлення деталей типу корпусів циліндричного типу. Також застосовувалися методи розмірного аналізу та проектування заготовок.

Наукова новизна: розроблено науково обґрунтовані рекомендації з удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі корпус, де в основу покладено принцип оптимального проектування верстатного пристрою для багатогоординатної обробки.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудівної галузі полягає в обґрунтуванні та практичному застосуванні запропонованого технологічного процесу з застосуванням прогресивного верстатного пристрою, обладнання та інструментів.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Не має.

Публікації. Не має.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, трьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 99 сторінок, у тому числі 24 рисунки, 18 таблиць, бібліографії із 24 джерел на трьох сторінках.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Деталь «Корпус» МПО 10.00.02, входить у вузол «Редуктор планетарний».

Мотор-редуктори планетарні одноступінчасті МПО1М призначені для приводів перемішують, застосовуваних у хімічній, медичній, мікробіологічній та інших галузях промисловості. Вони можуть використовуватися так само для приводів машин загального призначення. Навантаження постійна і змінна одного напрямку і реверсивна. Детальна технічна характеристика моторредуктори приведена в рекламному буклеті виробника.

Умови застосування мотор-редукторів МПО1М:

- робота з періодичними зупинками і тривала до 24 год. на добу;
- обертання валів в будь-яку сторону;
- частота обертання вхідного вала не більше 1500об / хв;
- атмосфера з підвищеною запиленістю, середа неагресивна;
- кліматичне виконання У категорії розміщення 2 і 3, кліматичне виконання Т категорія розміщення 2;
- температура навколишнього середовища від -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Мотор-редуктори призначені для режиму роботи S1 по ГОСТ 183-74 від мережі змінного струму з частотою 50 Гц і номінальними напругами по ГОСТ 21128-83.

Технічні характеристики мотор-редукторів МПО1М:

- типорозмір - МПО1М-10-7,34-3,0 / 130;
- передавальне число - 7,34;
- частота обертання вихідного вала, про хв - 130;

- крутний момент на вихідному валу, Нм - 210;
- електродвигун: марка - АІР112М6;
потужність, кВт - 3,0;
- маса, кг - 125.

Зовнішній вигляд редуктора МПО1М показаний на рис. 1.1.

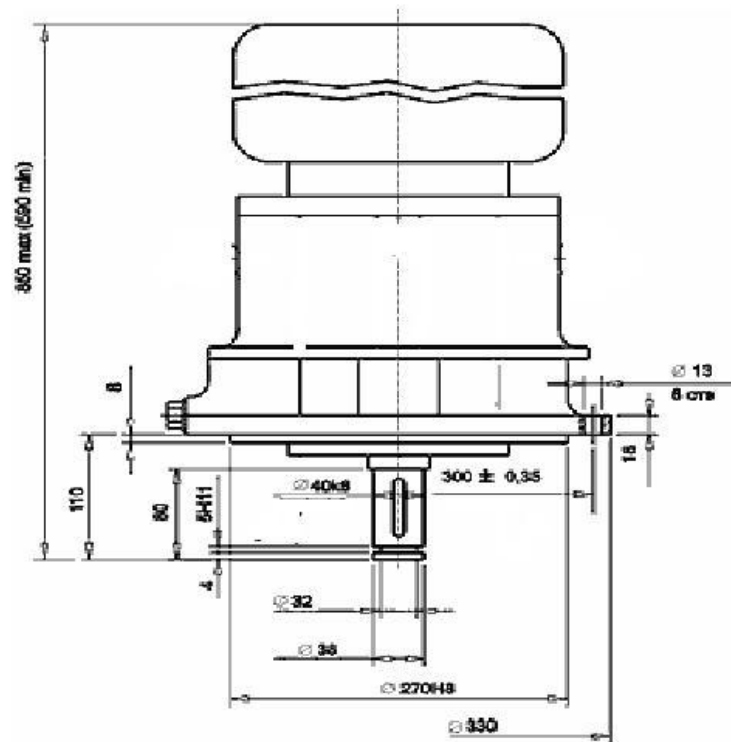


Рисунок - 1.1 Зовнішній вигляд і габаритні розміри редуктора МПО1М

Корпус є основною деталлю редуктора і призначений для розміщення і базування в ньому сателітів а також виконує роль сонячної шестерні.

Принцип роботи планетарного редуктора полягає в наступному - механічна система, що складається з декількох планетарних зубчастих коліс (шестерень), обертаються навколо центральної, сонячної, шестерні. Зазвичай, планетарні шестерні фіксуються разом з допомогою водила. Планетарна передача може також включати додаткову зовнішню кільцеву шестерню, роль якої в нашому випадку виконує корпус редуктора, що має внутрішнє зачеплення з планетарними шестернями.

Основними елементами планетарної передачі є:

- Водило: жорстко фіксує один щодо одного осі декількох планетарних шес-

терень (сателітів) однакового розміру, що знаходяться в зачепленні з сонячною шестірнею;

- Кільцева шестерня (епіцикл): зовнішнє зубчасте колесо, що має внутрішній зачеплення з планетарними шестернями.

Однією з найбільш навантажених деталей, які піддаються інтенсивному зносу, є корпус редуктора. Корпус планетарного редуктора показаний на рис. 1.2.

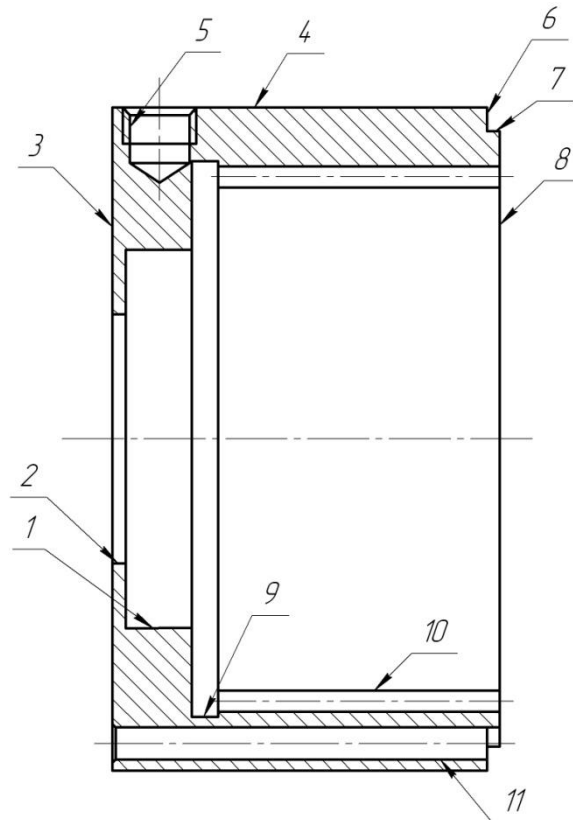


Рисунок 1.2 - Корпус планетарного редуктора

Дана деталь має наступні поверхні:

10 - виконавча поверхню - зубчастий вінець, необхідний для передачі обертального моменту на сателіти;

1, 2, 3, 11 - основні базові поверхні, визначають положення корпусу в вузлі;

1, 5, 6, 7, 8 - допоміжні базові поверхні визначають положення деталей і вузлів, що приєднуються до корпусу;

4, 9 - вільні поверхні - дані поверхні не контактують з іншими вузлами і деталями.

Розглядаючи деталь у прийнятій загальній системі координат XYZ можна

виділити основні конструкторські бази: торець (установча база), циліндрична поверхня (подвійна опорна база), отвір (опорна база).

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

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

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

$\begin{matrix} x,y,z \\ l,\alpha \end{matrix}$	X	Y	Z	База
l	0	0	1	Установча
α	1	1	0	
l	1	1	0	Подвійна опорна
α	0	0	0	
l	0	0	0	Опорна
α	0	0	1	
Σ	2	2	2	6 степенів

Умови експлуатації.

Деталь «Корпус» при роботі в вузлі не відчуває ударні навантаження, які виникають у момент роботи. Навантаження сприймають усі поверхні висячі із зовні деталі.

Деталь при роботі знаходиться у корпусі.

Деталь і виріб, також як вагон в цілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -25 до + 35 ° С.

Сама деталь і виріб при роботі створюють шум на рівні 80-100 Дб.

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

Технічні вимоги (умови) на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна зробити висновок, що наявних проєкцій і перетинів досить, вони правильно розміщені згідно існую-

чих стандартів, на всіх поверхнях вказані вихідні дані: розміри, їх точність і шорсткість, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі.

Дана деталь виконана з матеріалу сталь 45Л ГОСТ 1050-74. Хімічний склад сталі 45Л представлений в таблиці 1.3. Механічні та фізичні властивості матеріалу представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 45Л ГОСТ 1050-74

Склад елементів, %				
вуглець	марганець	кремній	сіра	фосфор
			не більше	
1	2	3	4	5
0,15...0,25	0,15...0,30	0,15...0,30	0,020	0,030

Таблиця 1.4 - Механічні і фізичні властивості сталі 45Л ГОСТ 1050-74

Механічні властивості				Фізичні властивості			
σ_T	σ_B	$\delta_5, \%$	$a_n,$	НВ	$\gamma, \text{г/см}^3$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{°C)}$	$\alpha \cdot 10^6, 1/\cdot\text{°C}$
МПа			кДж/м ²				
1	2	3	4	5	6	7	8
245	412	25	520	163	7,82	78,5	11,1

До деталі пред'явлені наступні вимоги:

1. Точність відносного повороту плоских базуючих поверхонь. Відхилення від паралельності і перпендикулярності складають в цілому по деталі від 0,005 ... 0,02 мм.

2. Точність лінійних розмірів. Найбільш точний квалітет лінійних розмірів - 7.

3. Точність діаметральні розмірів і геометричної форми отворів. Найбільш точні отвори виконані по 7 квалітету.

4. Параметр шорсткості плоских базуючих поверхонь $Ra = 2,5$ мкм, параметр шорсткості поверхонь отворів $Ra = 1,25 \dots 2,5$ мкм.

5. Граничні відхилення кутів між осями отворів лежать в межах $20' \dots 45'$.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора необхідно врахувати ті моменти в базовому технологічному процесі, які можна змінити під малосерійний тип виробництва.

Таким чином, при виготовленні деталі впровадження верстатів з ЧПУ дозволить зменшити допоміжний час на кожну операцію, зменшити розряд робочого-верстатника.

Використання інструменту, виготовленого з твердого сплаву, дозволить збільшити режими різання, а отже зменшити машинний час. Застосування інструменту з твёрдосплавними пластинами збільшить термін його використання.

Застосування спеціальних пристосувань на операціях зменшить час на базування і закріплення деталі, виключить похибка базування (при збігу вимірювальної і технологічних баз).

Можна зробити висновок, що застосування перерахованих вище введень приведе до зменшення собівартості деталі за рахунок зменшення витрат на заробітну плату робітників, на покупку інструменту, зменшення машинного і допоміжного часу.

Висновок: робота корпусу здійснюється в статичних умовах навантажень при перепадах температури без впливу робочого середовища. При роботі корпус зазнає навантаження, що розтягують. Дана деталь передбачена для роботи в вертикальному положенні.

1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Для розрахунку необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучному часу виготовлення деталі «Корпус» на механічні операції візьмемо з базового технологічного процесу.

Розрахунок виконаний у програмному комплексі кафедри ТМВІ наведемо нижче.

 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ** **

'tip.exe'

центр МШ-факультета СумГУ

** ** Имя программы –

** ** Вычислительный

23.10.2019 **

Расчет выполнен для тов. Гончаренко., ТМмз-81с

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Годовая программа – 2000 шт.
 Режим работы предприятия – 2 смен
 Действительный годовой фонд работы – 4015 час. по [3, с.334]
 Нормы времени операций по базовому техпроцессу приведены в таблице

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:

Номер и наименование операции, содержание переходов и выдерживаемые размеры (d/b; l/dm/m; i/z)	Штучное время, мин.	Число станков, шт.	Коэффициент загрузки оборудования
5 Токарная	36.46	1	0.336
10 Плоскошлифовальная	1.78	1	0.01
15 Сверлильная	21.23	1	0.196
20 Координатно-расточная	13.60	1	0.08
25 Токарная с ЧПУ	8.70	1	0.032
30 Зубодолбежная	13.44		

Коэффициент закрепления операций – 23.97
 Тип производства по [2] – мелкосерийный
 Форма организации производства – групповая
 Периодичность запуска – 21 дней
 Размер производственной партии – 150 шт.
 Такт выпуска – 120.450 мин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по ТМС. – Минск: Вышэйшая школа. 1983. – 256 с.
2. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий
3. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник. Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1975. – 432 с.

Тип виробництва за ГОСТ 3.1108 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій,

що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Так як у завданні вказано тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт – групову.

Ця форма організації робіт характерна для дрібносерійного і среднесерійного типів виробництва. Заготовки обробляються невеликими партіями, час обробки не погодили.

Дрібносерійне типу виробництво, яке є підвидом (нижчою формою) серійного виробництва, яке в свою чергу є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, а і підприємства цього а типу випускають в даний час 70% всієї продукції машинобудування країни. Це виробництво характеризується такими показниками, а саме, заготовки, що застосовуються в дрібносерійному виробництві в основному кування і лиття в піщано-глинисті форми (рідко точне лиття і штампування). Устаткування типу використовується універсальне і спеціалізоване. В основному використовують універсальні верстати, також широко використовуються верстати з ЧПК. У дрібносерійному виробництві типу застосовується групова форма організації виробництва. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням положення України типу цеху. Ріжучий інструмент застосовують як стандартний, так і спеціальний, який використовується в разі неможливості обробки стандартним інструментом різних поверхонь великої номенклатури типу та різної конструкції деталей. Міряльний типу інструмент також застосовують як стандартний, так і спеціально виготовлений на замовлення в інструментальному цеху підприємства. Переважно типу застосовують шкальний інструмент в деяких випадках шаблони і калібри.

Середня кваліфікація робітників типу вище, ніж в масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з типовими робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, а також налагоджують використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних типу верстатах.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Відпрацювання конструкції на технологічність – це комплекс заходів щодо забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції виробу за встановленим показником. Вона спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на виготовлення при забезпеченні необхідного нею якості.

Технологічний аналіз конструкції забезпечує поліпшення техніко-економічних показників розробляється технологічного процесу. Тому технологічний аналіз - один з найважливіших етапів технологічної розробки, в тому числі і курсового проектування.

Основні завдання, які вирішуються при аналізі технологічності конструкції оброблюваної деталі, зводяться до можливого зменшення трудомісткості і металлоємності, можливості обробки деталі високопродуктивними методами. Таким чином, поліпшення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без шкоди для службового призначення.

Оцінюючи жорсткість деталі приходимо до висновку, що вона досить жорстка (відношення довжини деталі до її діаметру менше 1).

Розглянувши конструкцію деталі можна сказати, що деякі конструктивно елементи корпусу не технологічні. Це полягає в:

Обробка поверхні 214 по квалітету h12. Дану поверхню не рекомендується виготовляти з такою точністю, тому що ця поверхня є вільною і Не треба такої точності, а обробка по 12 квалітету збільшує час обробки і витрата інструменту.

Обробка канавки під вихід довбняка викликає труднощі в зв'язку з тим, що дана канавка розточується на глибині 83 мм і одночасно підрізає торець, що вимагає застосування спеціального інструменту;

Аналізуючи форму поверхонь деталі з точки зору високопродуктивного обладнання можна виділити, що основна маса оброблюваних поверхонь є простими (плоскими, циліндричними), що полегшує обробку деталі, так як так як точність і стабільність обробки значною мірою визначається простотою і доступністю конс-

труктивних форм. Оцінюючи відкритість поверхонь точки зору зручності базування і закріплення можна сказати, що поверхні в цілому добре розвинені, доступ ріжучого інструменту незатруднений.

Шорсткість деяких поверхонь деталі становить 1,6 мкм за критерієм Ra, що вимагає застосування ріжучого інструменту, до якого пред'являється високі точності вимоги. У конструкції деталі є глухі отвори, що також є нетехнологічним елементом, так як для їх отримання необхідно витримувати глибину обробки.

Висока точність отворів 1 і 2 (рис. 1.2) також є нетехнологічною, так як для отримання такої точності необхідно використовувати кілька ріжучих інструментів, а це призводить до підвищення трудомісткості виготовлення і, відповідно, до збільшення собівартості деталі.

Вимоги до допускам паралельності, радіального і торцевого биття досить великі, що веде до необхідності виконання плоскошліфувальної операції, що в свою чергу, призводить до збільшення витрат на обслуговування, підналадку, ремонт дорогого обладнання, підвищення собівартості деталі.

Коефіцієнт точності і коефіцієнт шорсткості:

Наведемо якісну оцінку технологічності деталі за коефіцієнтом технологічності КТЧ; коефіцієнту використання заготовки Кз; коефіцієнту використання матеріалу Км і зіставимо з нормами ГОСТ 14202-75.

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (1.4)$$

де $\sum n_i$ – число розмірів відповідного класу точності;

T – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 1 + 1 + 5 + 1 = 9.$$

$$\sum T \cdot n_i = 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 5 + 16 \cdot 1 = 110.$$

$$K_m = 1 - \frac{9}{110} = 0,91 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш \cdot n_{im}}, \quad (1.5)$$

де $\sum n_{im}$ – число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$Ш_{cp} = \frac{2,5 \cdot 11 + 0,63 \cdot 5 + 6,3 \cdot 1}{27} = 3,7.$$

$$K_u = \frac{1}{3,7} = 0,27.$$

Провівши аналіз технологічності можна зробити висновок, що деталь в цілому технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій і досить проста по конструкції. Розташування отворів для кріплення як різьбових, так і гладких допускає багато інструментальну обробку.

1.5 Аналіз базового або типового технологічного процесу

Аналіз будемо типу проводити на підставі наче базового технологічного процесу якось. У цьому технологічному процесі типу послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим типу етапам побудови технологічного процесу.

На першій технологічній операції проводиться обробка поверхонь, які на подальших операціях будуть прийняті за базові (чистові).

Маршрутний технологічний процес типу виготовлення і оброблення деталі наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «Корпус»

Номер операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	Пароповітряний кувальний молот М 132
010	Термічна обробка	Термічна піч
015	Технічний контроль	Стіл ОТК
020	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК верстат моделі 16К30Ф3
025	Технічний контроль	Стіл ОТК
030	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний 6Р13Ф3
035	Технічний контроль	Стіл ОТК
040	Зубодовбальна	5140
045	Технічний контроль	Стіл ОТК
050	Плоскошліфувальна	Плоскошлифовальний станок модели 3Д741А
055	Слюсарна	Слесарний верстак
060	Технічний контроль	Стіл ОТК

Порівнявши маршрутний технологічний процес з типовим технологічним-ським процесом на однотипні деталі ми не знаходимо істотних різниць. Тому зміна порядку технологічних операцій можна вважати недоцільним. Але, розглядаючи рівень прогресивності методів обробки, ми бачимо, що вони не досить продуктивні.

Аналізуючи технологічний процес можна рекомендувати використовувати на свердлильній операції верстатів з ЧПУ, що дозволить значно скоротити час на обробку (за рахунок скорочення допоміжного і підготовчо-заключного часу) і збільшити точність обробки.

Аналіз вимірювального інструмента, яким проводиться контроль точності обробки, показав, що деякі параметри, такі як радіальне биття отворів, в базовому технологічному процесі не контролюються. Виходячи з цього необхідно розробити контрольно-вимірювальне пристосування для контролю радіального биття отворів.

Проводячи аналіз рівня механізації і автоматизації технологічного процесу можна зробити висновок, що в ньому практично не використовується при-

пристосувань.

Виходячи з цього, рекомендується типу розробити кілька пристосувань. Зокрема можна розробити пристосування для кріплення деталі координатно-розточувальні операцію з пневматичним затискачем, також можна розробити пневматична пристосування для затиску деталі на Зубодовбальний операцію. Обидва ці пристосування дозволять скоротити допоміжний і підготовчо-заключний час.

1.6 Висновки та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Якість виготовлення типу деталі у великій мірі належить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установлення складається з базування типу, тобто орієнтації типу наче якось заготовки щодо виконавчих органних верстата, інструментарію або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто прикладання супер сил до заготовки для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

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

- великі типу розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів типу напливів, буртів, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередній типу розмірний зв'язок з оброблюваної наче поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність наче значущих деформацій і низької жорсткості типук базових поверхонь;
- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки;
- можливості інструментального доступу;
- можливості раціонального застосування цехових площ;
- реалізація методів активного контролю;
- реалізація систем автоматизованої підготовки керуючих програм для ве-

рстатів з ЧПК та роботизованих верстатних комплексів.

У технології існує безліч технологічних способів обробки, які забезпечують приблизно однакові параметри одержуваних поверхонь, але відрізняються за собівартістю реалізації і тому раціональні у різних типах виробництва.

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Вихідними даними для виконання даного цього етапу є знання про типові маршрути обробки поверхонь або груп типових поверхонь.

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

Виходячи з цього, одну й ту ж саму поверхню деталі можна обробити НЕ-скількима послідовно виконаними технологічними методами, ко-торие складають різні маршрути обробки поверхонь (МОП).

При аналізі конструкції деталі було встановлено, що всі поверхні деталі можна розділити на кілька груп по їх конструктивному подобою:

1. Зовнішні циліндричні поверхні;
2. Зовнішні циліндричні поверхні підвищеної точності, з по-щення вимог до чистоти поверхні;
3. Торцеві поверхні, що обмежують розміри циліндричної поверхні;
4. Внутрішні циліндричні поверхні звичайної точності;

Так як в межах виділених груп поверхні мають приблизно однакові геометричні, точності і якісні характеристики, то маршрути їх обробки будуть однаковими. Тому, методи обробки визначаємо одночасно для всіх поверхонь груп.

- зовнішні циліндричні поверхні:

до цієї групи належать поверхні виступу корпусу, точність виконання IT12, шорсткість 6,3 мкм за критерієм Ra. Єдиний прийнятний спосіб обробки - чорнове точіння.

- зовнішні циліндричні поверхні підвищеної точності з підвищеними-

шенними вимогами до чистоти поверхні. До цієї групи належать зовнішні циліндричні поверхні, виконані по IT7, з чистотою поверхні 1,6 Ra. Для досягнення заданої конструктором точності і шорсткості цієї поверхні можуть бути запропоновані два маршрути обробки.

При проектуванні маршрутного типу технологічного процесу необхідно врахувати:

- технологічні процеси та типові рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів обробки;

- в першу чергу типу обробляють бази для наступних операцій;

- потім обробляють поверхні з найбільшими наче припуском і напуском, так як вони типу використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;

- обробка типових поверхонь, в яких можуть бути виявлені наче дефекти заготовки;

- найбільш точні суцільні поверхні обробляються в останню типову чергу.

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

Так як в межах виділених груп поверхні мають приблизно однакові геометричні, точності і якісні характеристики, то маршрути їх обробки будуть однаковими. Тому, методи обробки визначаємо одночасно для всіх поверхонь груп.

- зовнішні циліндричні поверхні:

- до цієї групи належать поверхні виступу корпусу, точність виконання IT12, шорсткість 6,3 мкм за критерієм Ra. Єдиний прийнятний спосіб обробки - чорнове точіння.

- зовнішні циліндричні поверхні підвищеної точності з підвищеними вимогами до чистоти поверхні. До цієї групи належать зовнішні циліндричні поверхні, виконані по IT7, з чистотою поверхні 1,6 Ra. Для досягнення заданої конструктором точності і шорсткості цієї поверхні можуть бути запропоновані два маршрути

обробки.

Маршрут №1.

Чорнове точіння - по 14 квалітету, Ra12,5 мкм;

1. Получістовое точіння - по 11 квалітету, Ra 6,3 мкм;

2. Чистове точіння - по 7 квалітету R a 3,2 мкм;

Маршрут №2.

1. Черновое точіння - по 14 квалітету, Ra12,5 мкм;

2. Получістовое точіння - по 11 квалітету, Ra 6,3 мкм;

3. Шліфування чистове по 7 квалітету R a 1,6 мкм.

Реалізації обох пропонованих маршрутів обробки можна використовувати звичайне, широко-распространенное металорізальне обладнання, стандартні типи верстатних пристосувань, ріжучого і вимірювального інструмента, що відповідає дрібносерійного типу виробництва.

- торцеві поверхні, що обмежують розміри циліндричних поверхонь. У цю групу ми включаємо все торцеві поверхні деталі. Невисокі вимоги до якості і точності цих поверхонь дозволяють обмежитися одноразовою токарної обробкою.

- внутрішні циліндричні поверхні звичайної точності.

Внутрішні циліндричні поверхні ми можемо отримати декількома технологічними методами: розточування і свердлінням. У зв'язку з тим, що розглянута поверхня має великий діаметр, свердління, як метод остаточної обробки, застосувати неможливо. Таким чином, для обробки внутрішньої циліндричної поверхні в умовах дрібносерійного виробництва доцільно застосовувати растачивание.

- внутрішні циліндричні поверхні підвищеної точності.

До цієї групи належать поверхні виконані по 7 квалітету точності з шорсткістю поверхні 1,6 мкм.

Наведемо два маршрути обробки:

Маршрут №1:

1. Черновое растачивание IT12, Ra 6,3 мкм;
2. Чистове розточування IT9, Ra 3,2 мкм;
3. Тонке розточування IT7, Ra 1,6 мкм.

Маршрут №2.

1. Черновое растачивание IT12, Ra 6,3 мкм;
2. Чистове розточування IT9, Ra 3,2 мкм;
3. Чистове шліфування IT7, Ra 1,6 мкм.

- Отвори на торцях звичайної точності.

Отвори на торцях отримують свердлінням.

- Внутрішні різьбові отвори.

Маршрут №1.

1. Свердління отворів під різьбу;
2. Зенкування фаски;
3. Нарізання різьби.

Маршрут №2.

1. Свердління отворів під різьбу з отриманням фаски;
2. Нарізування різьби.

Маршрут №2 є типу більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в типових маршрутах № 1 на подальшій токарній чистовій та шліфувальній буде відбуватись оброблення з супер великими ударами, що призведе до поломки дорого вартісного інструменту та небажаним дефектам поверхонь.

2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки

Основною умовою раціональної технології виготовлення правильної заготівлі є максимальне наближення типу форми і розмірів заготівлі до форми готової деталі. Через це тому проектування заготівлі є одним з найважливіших етапів побудови типового технологічного процесу. Заводський метод отримання заготівлі, що береться на заводі використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ($K_3=0,3$), адже заводська заготівля не передбачує наявності центрального отвору.

Основною умовою раціональної технології є максимальне при-наближенні форми заготовок до форм готових деталей. Вибір заготовки в багатьох випадках визначає технологію виготовлення деталі.

Заводський метод отримання заготовки визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, технологічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

У базовому технологічному процесі заготовка виходить литтям в піщано-глинистий форму. Можуть бути різні способи лиття сталі 45Л, наприклад лиття в піщано-глинисті форми і лиття в кокіль.

Лиття в піщано-глинисті форми найбільш універсальний і поширений спосіб виготовлення заготовок. Він використовується в серійному, одиничному і навіть в масовому виробництвах. Литтям в піщані форми зазвичай виготовляють великі і середні заготовки простої та складної форми.

Механізована і автоматизована машинна формування опок, вибивка моделей з форм, фарбування, сушка і транспортування робить можливим використання даного методу лиття в великосерійному і масовому виробництвах.

Використання роботизованих і автоматизованих ліній з програмним управлінням забезпечує високу якість заготовок, поліпшення умов роботи і високу продуктивність праці.

Для підвищення якості виливків формотворчих суміші в формах пресують на гідравлічних пресах або на машинах з гумовою діафрагмою під тиском

2-4 МПа.

Лиття в кокіль має наступні переваги: можливістю багаторазового використання ливарної форми; висока точність форми і розмірів; якісна поверхня заготовки; дрібнозерниста структура матеріалу; висока продуктивність; низькі трудомісткість і вартість заготовок; хороші умови праці; відсутність необхідності в модельному і Опочня обладнанні і формотворчих сумішах; економічність в серійному виробництві; низька кваліфікація робітників; відсутні операції очищення виливків від сумішей і ливникової системи; можливість механізації і автоматизації виробництва.

До недоліків цього способу можна віднести: високу вартість про-ладнання; утворення тріщин у виливках; неможливість виготовлення тонкостінних виливків. У зв'язку з цим лиття в кокіль використовують, як правило, для виготовлення нескладних за формою виливків з чавуну, сталі і кольорових металів в серійному і масовому виробництвах. Кокілі дають можливість одержувати виливки з точними розмірами поверхонь (12 квалітет) і шорсткістю їх до 4 мкм по параметру Ra.

Матеріал для виготовлення металевих форм вибирають в залежності від матеріалу вилівка, умов його якості, програми випуску заготовок. Скрін з програми вибору заготовок наведено далі по тексту.

Выбор способа получения исходной заготовки.

Расчет произвел 18.11.19 студент группы ТМЗ-81с Гончаренко А.

Исходные данные

Масса детали - 16,5 кг

Производственная программа - 2000 деталей

Форма детали - Тело вращения

Материал - Сталь углеродистые

Форма детали – Корпус редуктора

Максимальный размер - 214 мм
 Минимальная толщина стенки - 3 мм
 Группа сложности - 1
 Диаметр, ширина - 214 мм
 Профиль сечения - Круглое

Доступные методы получения и их стоимость

- Литье:

Кокильное литье – 144,69 грн.

Песчано-глинистые формы – 156,75 грн.

Выводы:

Наилучший метод литья : Кокильное литье – 144,69 грн.

Собівартість заготовки отриманої куванням на молоті визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_t \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_s \cdot \text{ж}_{\%} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \quad (2.1)$$

де $C_i = 18000$ грн – базова вартість однієї тонни матеріалу, грн.,

$Q = 60,5$ кг – маса заготовки;

$q = 45,5$ кг – маса готової деталі;

$K_t = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує точність поковки;

$K_m = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу;

$K_{II} = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує групу серійності;

$K_H = 1,1$ – коефіцієнт що враховує групу складності;

$K_B = 0,98$ – коефіцієнт, що враховує масу штамповки;

$S_{\text{отх}} = 2$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{18000}{1000} \cdot 60,5 \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,98 \right) - (60,5 - 45,5) \cdot \frac{2000}{1000} = 2048 - 30 = 2018 \text{ грн.}$$

Розрахунки показують, що в даних умовах дрібносерійного виробництва найбільш вигідним буде використання виливки в піщано-глинисті форми в якості вихідної заготовки.

Таблиця 6.1 - Порівняльна оцінка показників двох способів лиття

№	Показник	Лиття в кокіль	Лиття в піщано-глинисті форми
1	Точність форми і розмірів	4	5
2	Складність конфігурації	5	2
3	Тонкостінність	5	4
4	Універсальність за матеріалом виливки	5	1
5	Час на освоєння випуска	2	1
6	Вартість обладнання	4	1
7	Випуск якісної продукції	5	3
8	Економічність в серійному виробництві	2	3
9	Продуктивність праці	2	4

У таблиці цифрами показана умовна оцінка деяких показників технологічного процесу виготовлення заготовок і їх якості.

Найвища оцінка - 1, найнижча - 5.

Визначення розмірів литої заготовки:

1. Спосіб лиття - лиття в піщано-глинисті форми, [1] прил.1, табл. 9.

2. Клас розмірної точності виливка - 8 - 13 Т. Приймаємо 11.

3. Ступінь викривлення елементів виливки - 7 - 10. Приймаємо 9

4. Ступінь точності поверхонь - 11 - 18. Приймаємо 15

5. Шорсткість поверхонь виливків за критерієм Ra або Rz, мкм: Ra = 50 мкм;

6. Клас точності мас залежно від способу отримання виливки - 7Т - 14.

Приймаємо 10.

7. Допуск зміщення виливки по площині роз'єму виливки - 6,4 мм.

8. Ряд припусків 6 - 9. Приймаємо - 8.

Умовне позначення точності виливки:

11-9-15-10см 6,4 ГОСТ 26645-85

де: 11 - клас розмірної точності; 9 - ступінь викривлення;

15 - ступінь точності поверхні; 10 - клас точності мас;
 см 6,4 - допуск зміщення виливки по площині роз'єму.

Технічні вимоги до креслення заготовки:

1. Точність виливка 11-9-15-10см 6,4 ГОСТ 26645-85
2. Невказані лінійні радіуси 2...4 мм; лінійні ухили 2...3°
3. Невказані граничні відхилення розмірів: лінійних ± 1 мм, кутових $\pm 2^\circ$
4. На оброблювальні поверхні допускаються наявні лінійні дефекти в межах 2/3 припуску на механічну обробку.
5. Шорсткість поверхонь виливка Rz80.

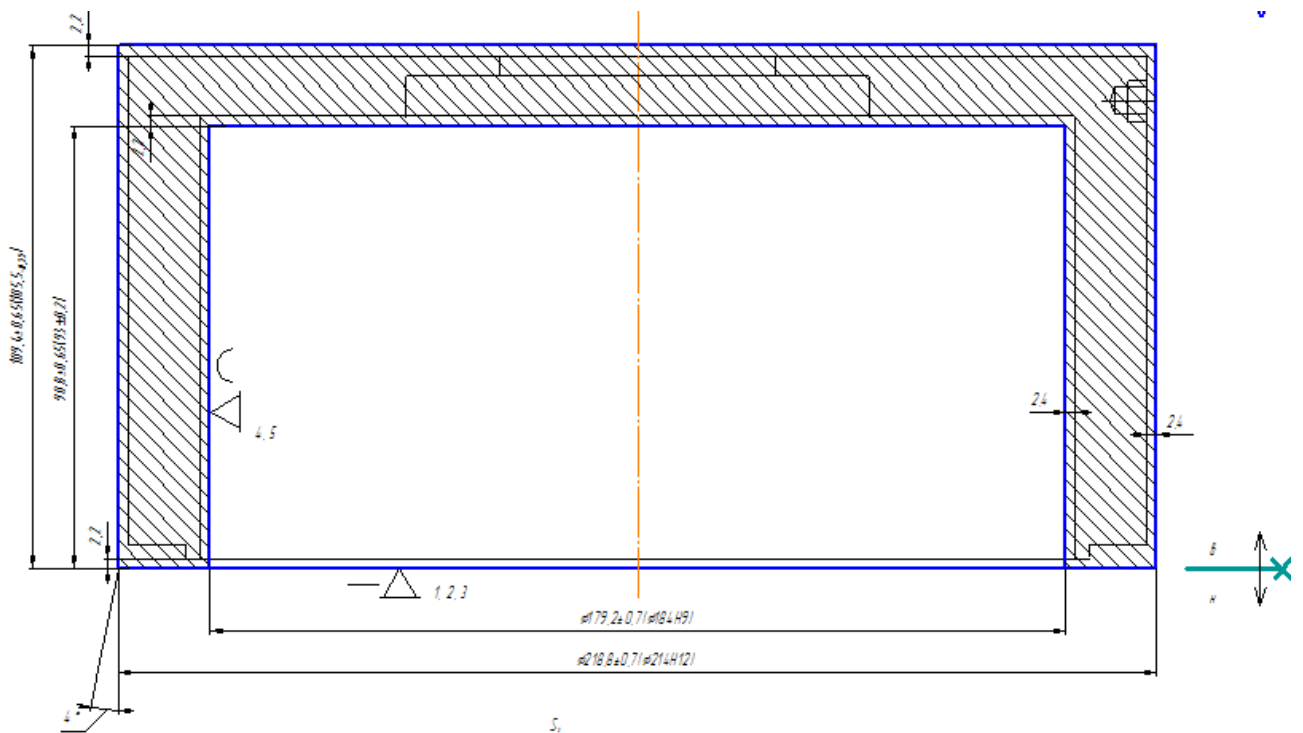


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 76H7$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ далі.

РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Имя программы – 'grip'

Вычислительный центр инженерного факультета СумГУ

23.10.2019

Расчет выполнен для Гончаренко, группа – ТМЗ-81с

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Обрабатываемая поверхность – отверстие в сплошном металле $\varnothing 76+0.030$

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Предельные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz(i-1)	дефектный слой h(i-1)	простр. отклон. $\rho(i-1)$	погрешность базир Eб(i)	закр Eз(i)
заготовительная	квалитет 14	+0.740 0	-	-	-	-	-
сверление	квалитет 11	+0.190 0	63	80	0.5	0	160
черновое растачивание	Квалите 9	+0.074 0	40	50	0.25	0	160
чистовое растачивание	Квалитет 7 +0.030 0	+0.030 0	20	20	0.01	0	160

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:

Расчетные значения			Принятые значения, мм							
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
мини	расч.				минимальный	максимальный	миним	расч.	макс	
-	-	73.483	73.48	73.48	+0.740 0	73.48	74.22	-	-	-
607	1347	74.835	74.83	74.83	+0.190 0	74.83	75.02	61 0	1350	1540
501	691	75.526	75.526	75.526	+0.074 0	75.526	75.6	50 6	696	770
400	474	76	76	76	+0.030 0	76	76.03	40 0	474	504
					0					

КОНЕЦ РАСЧЕТА

Розрахункова формула типового для знаходження базового припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.2)$$

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

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

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

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

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

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{\text{екс}}^2 + \rho_{\text{см}}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 2,119 \text{ мкм},$$

ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від

$$\rho_{заг} \text{ тоді } \rho_{\text{черн}} = \rho_{заг} k_y,$$

де $k_y = 0,04 \div 0,06$, в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чер}} = 1520 \cdot 0,06 = 94 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{n/ч} = 1520 \cdot 0,05 = 71 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 1520 \cdot 0,04 = 57 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Вихідні данні

Найменування переходу	Познач. точності	Гранич відхил.	Елементи припуску, мкм				
			Rz	T	ρ	ϵ_6	ϵ_3
Поковка	T3	+1.8 -1.0	250	250	1520	-	-
Точ. чорнове	кв. 12	-0,4	120	120	87	45	110
Точ. п/ч	кв. 10	-0,16	40	40	62	20	30
Точ. чистове	кв. 9	-0.05 -0.165	20	20	61	0	0

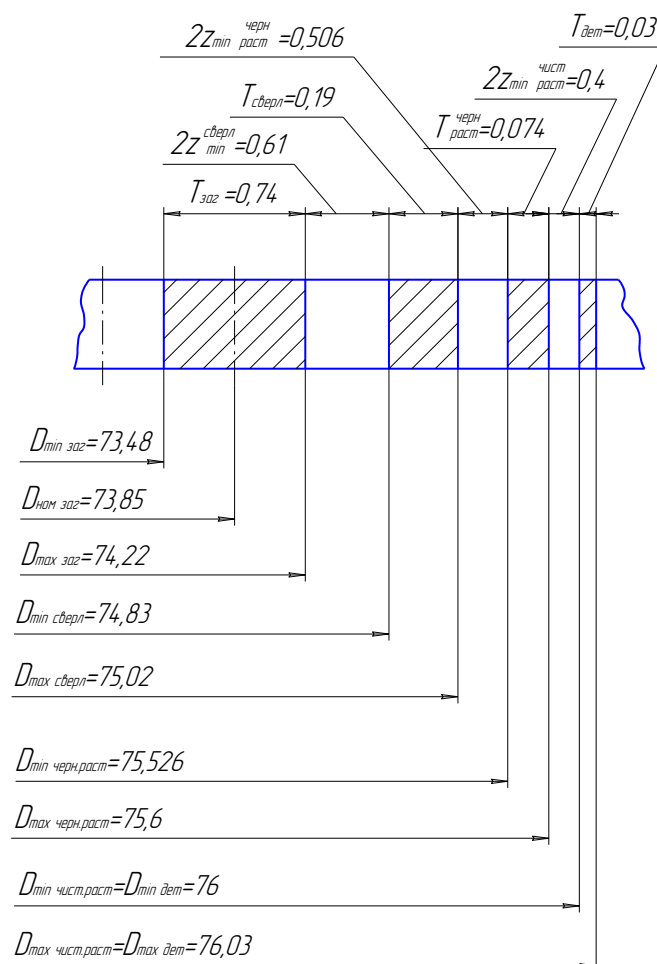


Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку

діаметрального розміру $\varnothing 76H7$ мм

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів

Вихідні дані для розрахунку технологічних розмірів і допусків (ескіз деталі, ескіз заготовки, ескізи маршрутного технологічного процесу (ТП)) зображені на рисунку 2.3.

Складність виконання цих вимог полягає в тому, що здебільшого ні припуски, ні конструкторські розміри не задаються в технологічних картах безпосередньо. Вони, як правило, залежать від декількох технологічних розмірів, тому що принцип єдності баз рідко вдається здійснити на всіх без винятку операціях технологічного процесу. Хоча, в моєму випадку, при виготовленні корінного вала принцип єдності баз вдається дотримати, тому що обробка вала буде вестися в центрах.

Технологічні розміри A_i повинні бути розраховані так, щоб очікувана (розрахункова) похибка конструкторських розмірів ρ_{si} не перевищувало їх допуску, а розрахункові розміри S_{max} і S_{min} не виходили б за межі заданих. Крім того технологічні розміри повинні бути такими, щоб гарантувати зняття з оброблюваної поверхні всіх микронеровностей (Rz_{max}) і дефектного шару (h), що залишилися після попередньої обробки. Таким чином, повинен бути знятий припуск, мінімальна величина якого:

$$Z_{mini} = Rz_{maxi-1} + T_{i-1}$$

де i - індекс поточного переходу.

Для виконання розмірних ланцюгів складемо схему обробки (рис. 2.3):

а) малюємо контур деталі і на торцевій поверхні її приєднуємо стільки припусків, скільки разів обробляється дана поверхню. Так як вал симетричний, то зображуємо тільки верхню половину вала до осьової лінії;

б) вказуємо номери поверхонь зліва направо;

в) знаходимо на заготовці поверхню, яка на першій операції є технологічною базою (поверхня 25);

г) починаючи від цієї поверхні (корінь) проводимо односторонні стрілки розмірів заготовки так, щоб до кожної її поверхні підходила тільки одна стрілка, а до кореневої не однієї, причому, всі розміри схеми відповідають тим, які вказані на ескізі заготовки;

д) наносимо на схему всі розміри механічної обробки односторонніми стрілками в порядку виконання операцій і переходів в напрямку від вимірювальних баз до оброблюваних поверхонь і одночасно відзначаємо на контурі заготовки знімаються припуски і технологічні бази; технологічні розміри індексуємо номером операції і переходу; припуски отримують індекси розмірів, при формуванні яких зрізається даний припуск;

е) наносимо на схему всі конструкторські розміри.

Перевіряємо правильність побудови схеми обробки:

а) кількість технологічних розмірів A_i має дорівнювати загальній кількості конструкторських розмірів S_i і припусків Z_i ;

б) до кожної поверхні, крім кореневої повинна підходити тільки одна стрілка.

Побудова дерева технологічних розмірів.

а) Малюємо вершину - корінь дерева, від неї проводимо ребра- розміри заготовки. Продовжувати побудова, поки на дерево не будуть нанесені всі поверхні (вершини) і ребра (розміри) заготовки відповідно до схеми обробки;

б) продовжуємо побудову дерева, наносимо на нього розміри хутро. обробки так, як вони вказані на схемі обробки.

Побудова графа розмірних ланцюгів ТП (див. Малюнок 8.3.2):

а) між відповідними вершинами дерева проводимо потовщеними лініями ребра - конструкторські розміри і звивистими - припуски;

- б) на всіх ребрах проставляем индекс розмірів і припусків, на ребрах - конструкторських розмірів - величини їх допусків;
в) перевіряємо граф.

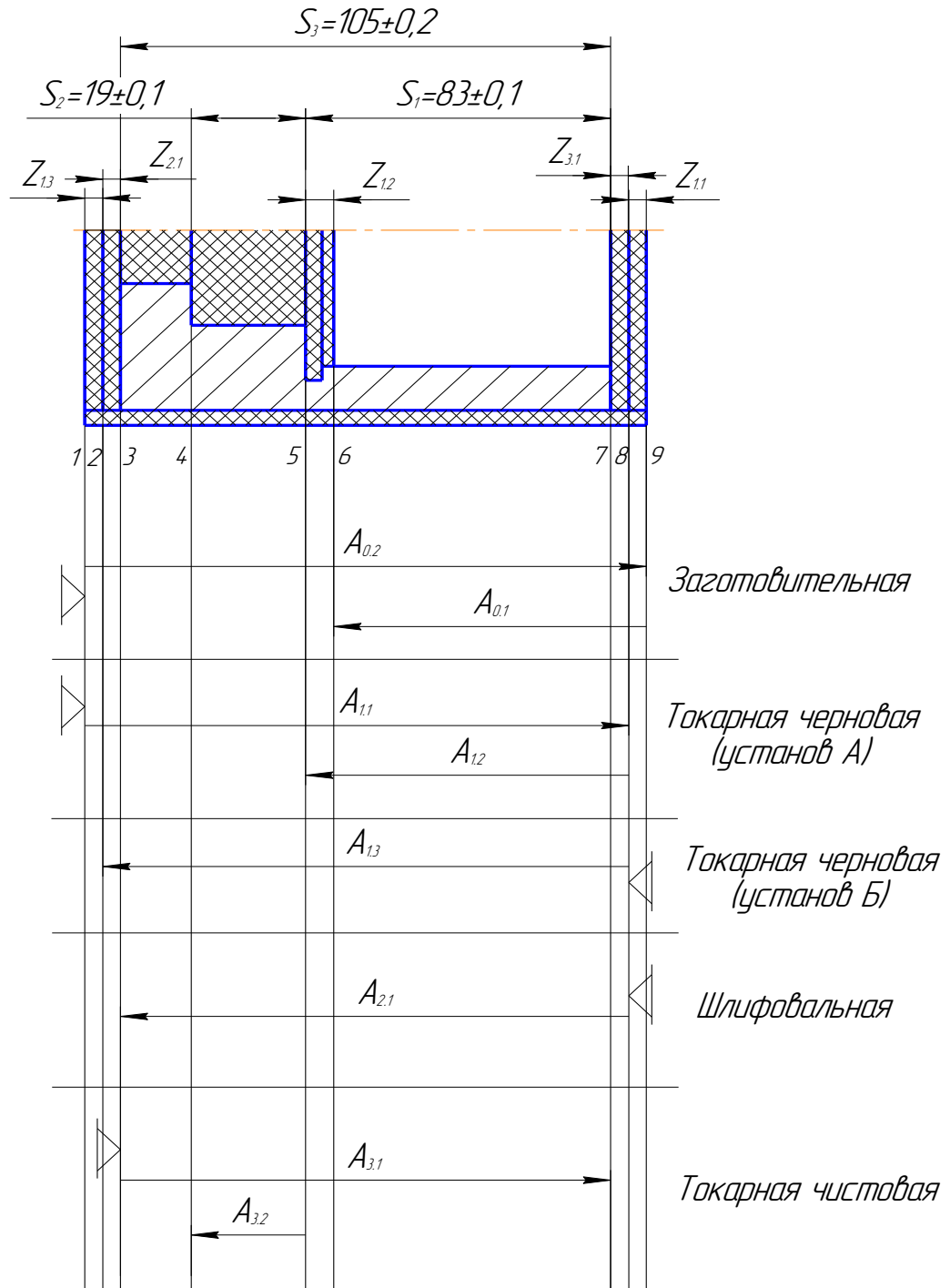


Рисунок 2.3 - Розмірна схема технологічного процесу

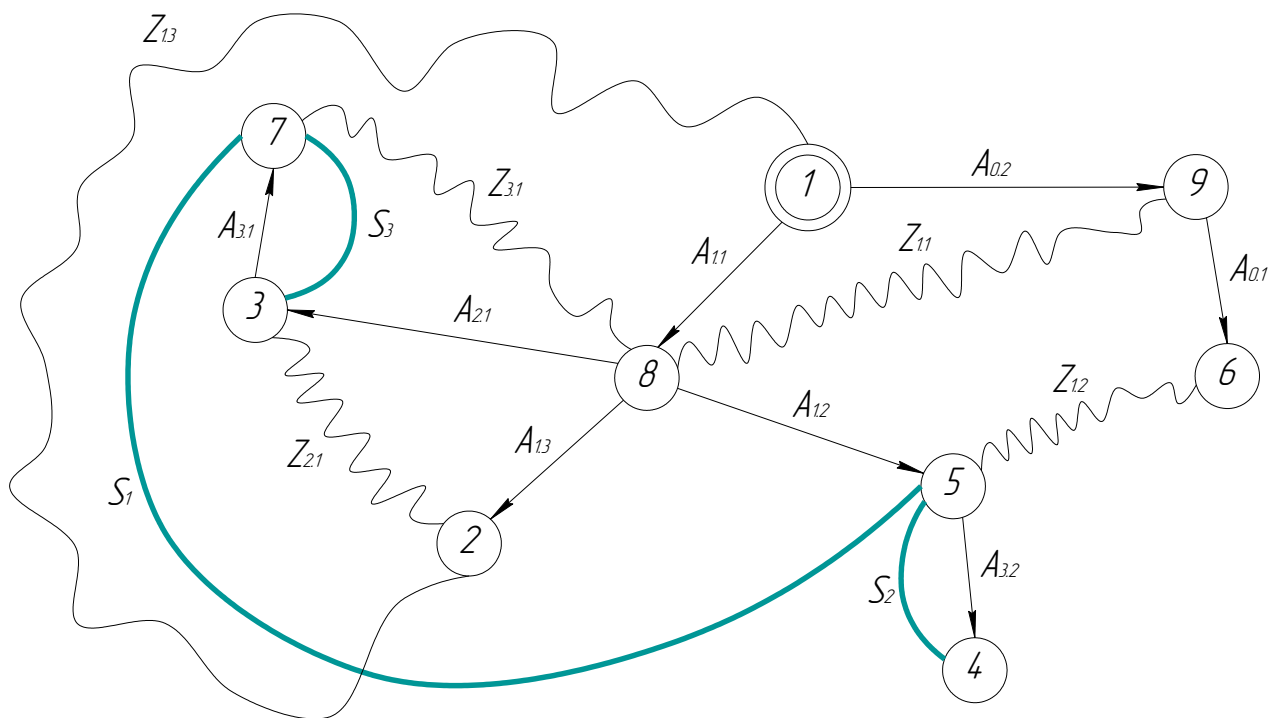


Рисунок 2.4 - Граф технологічних розмірних ланцюгів типового техпроцесу

Визначаємо величину допусків на технологічні розміри:

а) за таблицями середньої (економічної) точності вибираємо для кожного виконуваного розміру квалітет, за таблицями допусків відповідає цьому квалітету допуск;

б) з'ясуємо, на яких операціях виникають домінуючі похибки і на цю величину розширюємо відповідні допуски, наприклад розмір A_{11} заданий від "чорновий" поверхні, що має викривлення 3 мм;

в) наносимо отримані величини допусків на ребра дерева A_i і арифметичним підсумовуванням визначаємо не перевищує очікувана (розрахункова) похибка допуски конструкторських розмірів;

г) заповнюємо таблицю розрахунків допусків (2.3).

Таблиця 2.3 – Розрахунок допусків на технологічні розміри

Індекс розміру	Спосіб обробки	Точність розміру	Шорсткість, мкм	Дефектний шар, мкм	Величина розміру, мм	Величина допуску, мм	Домінуюча похибка	Розрахунковий допуск
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A _{0.1}	Поковка на пресі	T4 по ГОСТ 8479-70	200	250	до 200	$8\begin{smallmatrix} +4 \\ -4 \end{smallmatrix}$	-	$8\begin{smallmatrix} +4 \\ -4 \end{smallmatrix}$
A _{1.1}	Чорнове підрізання	14	50	50	До 160	1	$\rho_{кор}=1$	2
A _{1.2}	Чорнове підрізання	14	50	50	До 160	1	-	1
A _{1.3}	Чорнове підрізання	12	50	50	До 32	0,21	-	0,21
A _{2.1}	Чистове підрізання	12	25	25	До 160	0,4	-	0,4
A _{2.2}	Чистове підрізання	8	25	25	До 32	0,033	-	0,033
A _{2.3}	Чистове підрізання	12	25	25	До 160	0,4	-	0,4

Визначення величини очікуваної похибки:

$$S_1: \Delta = T_{A12} = 0,15 \text{ мм}$$

$$S_2: \Delta = T_{A32} = 0,052 \text{ мм}$$

$$S_3: \Delta = T_{A31} = 0,087 \text{ мм}$$

$$Z_{11}: \Delta = T_{A11} + T_{A02} = 0,35 + 1,3 = 1,65 \text{ мм}$$

$$Z_{12}: \Delta = T_{A12} + T_{A11} + T_{A02} + T_{A01} = 0,35 + 0,35 + 1,3 + 1,3 = 3,3 \text{ мм}$$

$$Z_{13}: \Delta = T_{A11} + T_{A13} = 0,35 + 0,35 = 0,7 \text{ мм}$$

$$Z_{21}: \Delta = T_{A21} + T_{A13} = 0,14 + 0,35 = 0,49 \text{ мм}$$

$$Z_{31}: \Delta = T_{A31} + T_{A21} = 0,087 + 0,14 = 0,227 \text{ мм.}$$

Розрахунок технологічних розмірів, використовуючи таблицю 2.3

а) Підготуємо таблицю до розрахунку:

У графі 1 записуємо всі конструкторські розміри в порядку збільшення, починаючи з S1, потім всі припуски, починаючи з Z1.1. У графі 2 записуємо величину і допуски конструкторських розмірів відповідно до креслення, а величину мінімальних припусків за даними [1]. За дереву визначаємо очікувану величину похибок замикаючих ланок і вписуємо її в графу 3. Визначаємо середню величину

конструкторського розміру і припусків - записуємо в графу 4. Визначаємо допустиму величину коригування розмірів (графу 5). Середній прийнятий розмір - графа 6. У відповідності зі схемою обробки в графу 7 записуємо індекси технологічних розмірів в порядку зворотному послідовності обробки. У графу 8 записуємо раніше розраховані допуски на технологічні розміри з таблиці 1 або графа. Допуски проставляємо з їх знаком; для мех. обробки - "в тіло", для заготівлі - за таблицями залежно від способу отримання. У графу 9 записуємо рівняння контурів по графу для розрахунків технологічних розмірів, при цьому користуємося правилами знаків яке не залежить від напрямку обходу контуру (по або проти годинникової стрілки). Правило говорить: якщо розмір йде з вершини з меншим номером в вершину з великим номером, то цей розмір беремо зі знаком "+", а якщо з вершини з більшим номером у вершину з меншим, то зі знаком "-";

б) Розрахунок технологічних розмірів.

Поза таблиці підставляємо в рівняння середні величини розмірів з графи 4 і вирішуємо рівняння щодо невідомого члена, результати записуємо в графу 9.

Приписуємо до отриманого середнього розміру його допуск в симетричній формі і переводимо середній розмір в номінальний (орієнтуючись на знак допуску в графі 7), результати заносимо в графу 10.

При необхідності скорегуємо номінальний розмір в межах величини коригування останнього у ланки, який бере участь в рівнянні і записуємо результати в графу 11. Номінальні скориговані розміри заносимо в графу 12. Визначаємо нове (скориговане) значення середнього розміру і записуємо в графу 13.

Примітка:

а) коригувати технічні розміри за рахунок будь-якого останнього у ланки можна тільки один раз, не можна використовувати для коригування замикають вже брали участь в попередніх розрахунках;

б) в рівнянні контуру при однакових знаках шуканого розміру і замикаючої ланки, за рахунок якого проводиться коригування, збільшення шуканого розміру

викликає зменшення останнього у ланки і навпаки. При різних знаках збільшуються (або зменшуються) обидва розміру.

в) при складанні рівнянь контурів і розмірних ланцюгів може бути використаний тільки один припуск.

Проводимо перевірочний розрахунок технологічних розмірів по рівняннях розмірних ланцюгів.

$$A_{3,1} - S_3 = 0$$

$$A_{3,2} - S_2 = 0$$

$$A_{2,1} - Z_{3,1} - A_{3,1} = 0$$

$$A_{1,3} - A_{2,1} - Z_{2,1} = 0$$

$$A_{1,2} - A_{2,1} + A_{3,1} - S_1 = 0$$

$$A_{1,1} - A_{1,3} - Z_{1,3} = 0$$

$$A_{0,2} - Z_{1,1} - A_{1,1} = 0$$

$$A_{0,1} - A_{0,2} + A_{1,1} - A_{1,2} - Z_{1,2} = 0$$

S₁: $S_1 = A_{2,1} + A_{3,1} - A_{1,2} = 83.05_{-0,15}^{+0,5}$ - вірно, так як розмір входить в межі задані конструктором $S_1 = 83 \pm 0,1$;

S₂: $S_2 = A_{3,2} = 19_{-0,087}^{+0,052}$ - вірно, так як розмір входить в межі задані конструктором $S_2 = 19 \pm 0,1$;

S₃: $S_3 = A_{3,1} = 105_{-0,087}^{+0,087}$ - вірно, так як розмір входить в межі задані конструктором $S_3 = 105 \pm 0,2$.

Висновок: перевірка забезпечення мінімальних припусків і конструкторських допусків показала позитивний результат.

Таблиця 2.4 – Розрахунок технологічних розмірів

Відомі (задані) розміри						Невідомі (шукані) розміри						
Розміри	Величина та допуск	Очікувана похибка	Середній розрахунковий	Допустима корекція	Середній скоректований розмір	Розмір	Допуск	Рівняння контура	Середній розрахунковий розмір	Номінальний розрахунковий розмір	Номінальний скоректований розмір	Середній скоректований розмір
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S ₃	105±0.2	0.087	105	±0.1565	104.9565	A _{3,1}	-0.087	A _{3,1} - S ₃ = 0	105	105.0435	105	104.9565
S ₂	19±0.1	0.052	19	±0.074	19.026	A _{3,2}	+0.052	A _{3,2} - S ₂ = 0	19	18.974	19	19.026
Z _{3,1}	0.1	0.227	0.2135	+∞	0.2735	A _{2,1}	-0.14	A _{2,1} - Z _{3,1} - A _{3,1} = 0	105.17	105.24	105.3	105.23
Z _{2,1}	0.1	0.49	0.345	+∞	0.395	A _{1,3}	-0.35	A _{1,3} - A _{2,1} - Z _{2,1} = 0	105.57 5	105.75	105.8	105.625
S ₁	83±0.1	0.15	83	±0.025	83.0065	A _{1,2}	+0.15	A _{1,2} - A _{2,1} + A _{3,1} - S ₁ = 0	83.273 5	83.1935	83.2	83.275
Z _{1,3}	0.28	0.7	0.63	+∞	0.7	A _{1,1}	-0.35	A _{1,1} - A _{1,3} - Z _{1,3} = 0	106.25 5	106.43	106.5	106.325
Z _{1,1}	0.28	1.65	1.105	+∞	1.675	A _{0,2}	±0.65	A _{0,2} - Z _{1,1} - A _{1,1} = 0	107.43	107.43	108	108

2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення

Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано 3 операції:

- токарна з ЧПК 015;
- комплексна на обробному центрі з ЧПК 040;
- плоскошліфувальна 030.

При обробці деталей на верстатах заготовки повинні бути правильно орієнтовані-вани щодо механізмів та вузлів верстатів, що визначають траєкторії руху подачі обробних інструментів (напрямних супортів, фрезерних і рез-цових головок, упорів, копіювальних пристроїв і ін.). Завдання взаємної орієнтування деталей і складальних одиниць в машинах при їх складанні і заготовок на верстатах при виготовленні деталей вирішуються їх базуванням. Для виконання технологічної операції потрібно не тільки здійснити базування оброблюваної заготовки, але також необхідно забезпечити її нерухомість щодо пристосування на весь період обробки, що гарантує збереження незмінною орієнтування заготовки і нормального протікання процесу обробки [5].

Токарная операція з ЧПУ:

Заготівлю базують і закріплюють в 3-ех кулачковому патроні з упором в торець. Упор в торець позбавляє заготовку трьох ступенів свободи (одного переміщення і двох обертань) - реалізує установчу базу. Закріплення заготовки по діаметру 214 Н12 позбавляє двох ступенів свободи (двох переміщень). Для даної операції доста-точно позбавити заготовку п'яти ступенів свободи.

Дана схема базування і закріплення є найбільш прийнятною, тому що інші схеми базування не дають можливість доступу ріжучого інструменту до вказанної оброблюваної поверхні. Похибки обробки при різних схемах базування будуть однаковими, тому вибираємо описаний спосіб.

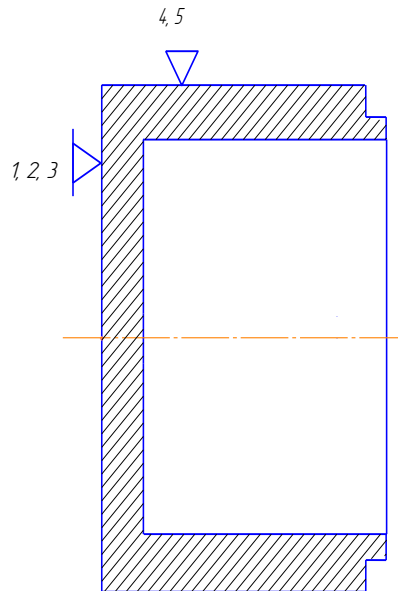


Рисунок 2.5 - Схема базування на токарній операції

Таблиця 2.4 - Таблиця відповідності базування на токарній операції

Зв'язок	Ступінь вільності	Найменування бази
1,2,3	I, V, VI	УТБ
4,5	II, III	ПОТБ
6	IV	Вакантна

Таблиця 2.5 - Таблиця-матриця базування на токарній операції

	X	Y	Z	Найменування бази
<i>l</i>	0	0	1	УТБ
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	ПОТБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	Вакантна
<i>α</i>	0	0	0	

Плоско-шліфувальна операція:

Для базування і закріплення заготовки на даній операції застосовується магнітний стіл, який позбавляє заготовку шести ступенів свободи (трьох переміщень і трьох обертань).

Схема базування, зображена на малюнку 2.6 дає можливість доступу ріжучого інструменту до оброблюваної поверхні і задовольняє точносних вимогам. Похибка базування дорівнює 0, так як вимірювальна база збігається з технологічної

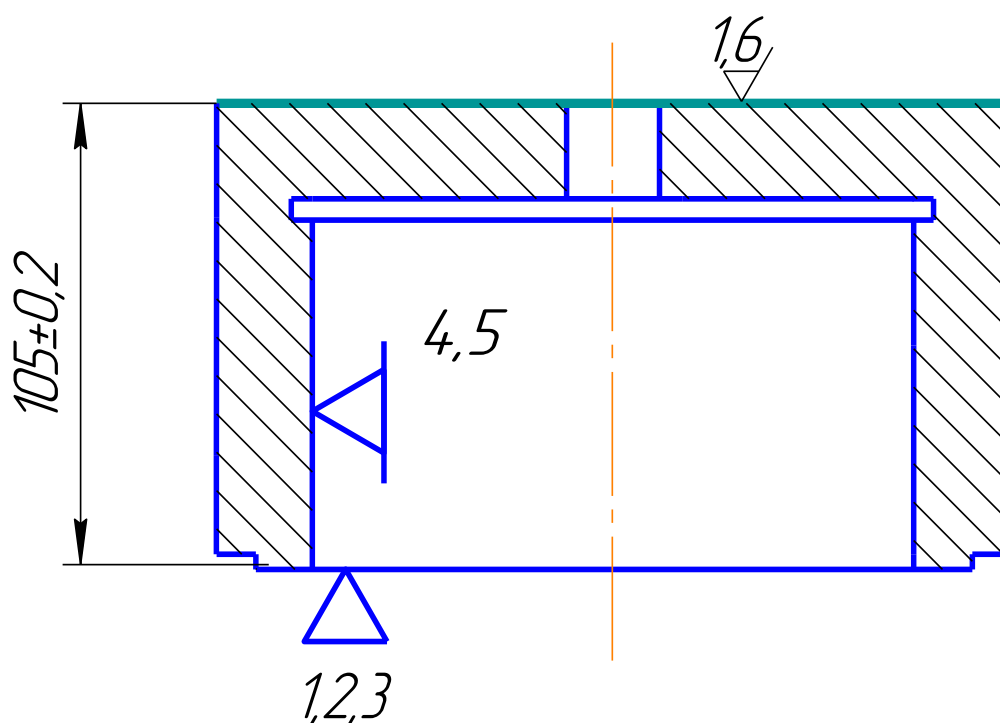


Рисунок 2.6 – Схема базування на плоскошліфувальній операції 025

Таблиця 2.7 – Таблиця відповідності

Зв'язок	Ступінь вільності	Найменування бази
1,2,3	I, V, VI	УТБ
4,5	II, III	ПОТБ
6	IV	Вакантна

Таблиця 2.8 – Таблиця-матриця базування на шліфувальній операції

	X	Y	Z	Найменування бази
<i>l</i>	0	0	1	УТБ
<i>α</i>	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	ПОТБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	Вакантна
<i>α</i>	0	0	0	

Координатно-розточна операція:

Для базування і закріплення заготовки застосовується спеціальне пристосування, яке встановлюється на столі верстата. На даному малюнку представлена принципова схема пристосування. Більш детально пристосування розглянуто в пункті 9.

Установка плоскою поверхнею заготовки в пристосуванні позбавляє заготовку трьох ступенів свободи (одного переміщення і двох обертань) - реалізує установчу базу. Центрування заготовки на пристосуванні по діаметру 182 реалізує подвійну опорну базу (позбавляє двох переміщень).

Дана схема базування дозволяє провести обробку заготовки на одному установі, на відміну від базування в трикулачні патроні, де обробка проводиться на декількох установках, що дозволяє знизити похибка установки заготовки або пристосування на столі верстата. Дана схема не забезпечує принцип суміщення баз, тобто є в наявності похибка базування. Тому для зменшення похибки обробки на деякі розміри посилюємо допуск: $93+0,05$ замість $93+0,2$, $105\ h11\ (-0,22)$ замість $105\ h12\ (-0,35)$. Це доцільно, так як ці розміри пов'язують технологічну і вимірювальні бази (похибка базування дорівнює допуску на розмір, який з'єднує технологічну і вимірювальну бази).

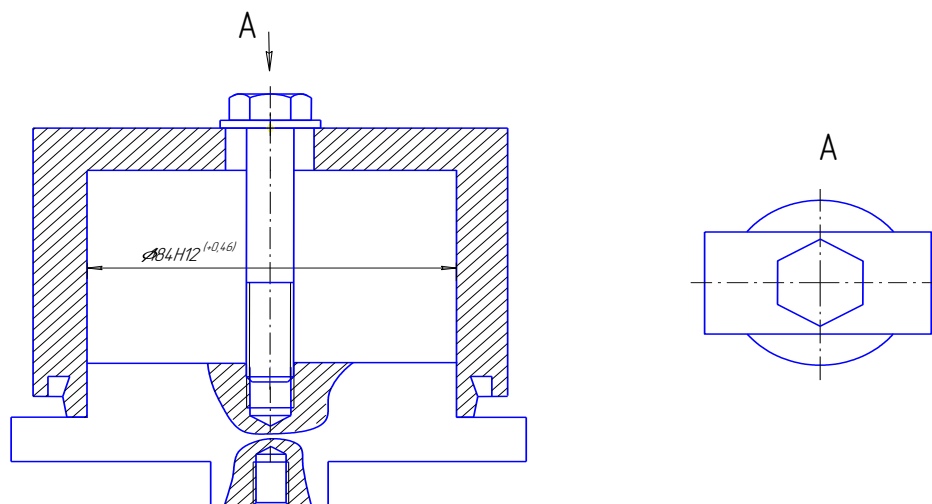


Рисунок 2.7 – Пристосування для базування і закріплення заготовки для координатно-розточний операції

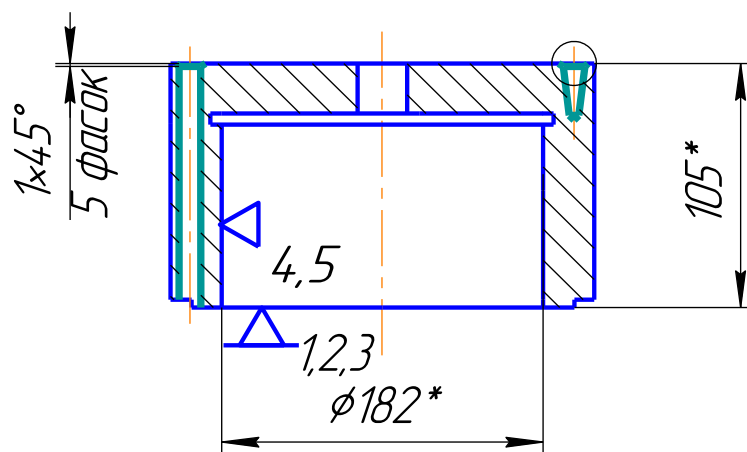


Рисунок 2.8 – Схема базування на координатно-розточний операції

– Токарна операція з ЧПК.

На даній операції необхідно і досить позбавити заготовку 5 ступенів свободи. Заготівлю закріплюємо в 3-ехкулачковом патроні з упором в торець. Упор в торець позбавляє заготовку трьох ступенів свободи (одного переміщення і двох обертань) - реалізує установчу базу. Закріплення заготовки по попередньо обробленому діаметру 214 позбавляє двох ступенів свободи (двох переміщень).

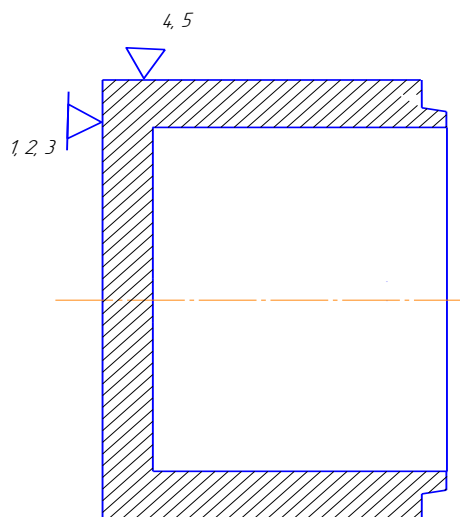


Рисунок 2.9 – Схема базіровання на токарній операції

2.6 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Вибір типу верстата визначається перш за все його можливістю забезпечити виконання технічних вимог, що пред'являються до обробленої деталі щодо точності її розмірів, форми і класу шорсткості поверхонь.

В економіці технологічного процесу дуже важливе значення має продуктивність верстата, так як верстат повинен повністю використовуватися за часом. Однак іноді представляється не вигідним застосувати верстат більш високої продуктивності і в тому випадку, коли завантаження його за часом неповна, якщо при цьому собівартість обробки виходить нижче, ніж на іншому верстаті, хоча б і повністю завантаженому. У зв'язку з цим слід пам'ятати, що застосування спеціальних, агрегатних та інших високопродуктивних верстатів повинно бути економічно обґрунтовано.

Головною і основним завданням сучасного верстатобудування є досягнення найменшого часу обробки, найбільшої точності і найменшим-шей собівартості обробки із забезпеченням по можливості найбільшою автоматизації.[6, с.127].

Для механічної обробки заготовки застосовуються такі верстати: на токарній операції - токарний верстат 16К20Т1, на шліфувальну операцію - плоскошліфувальний верстат 3Б722, на координатно-розточний операції - координатно-

розточний верстат 2Д450АФ2, на свердлильну операцію - вертикально-свердлильний верстат 2Р53, на зубодовбальний операцію – зубодобежний верстат 5А122.

Токарний патрно-центровий верстат 16К20Т1 призначений для виконання різних токарних робіт в напівавтоматичному циклі. Верстат оснащений системою ЧПУ, яка забезпечує управління по двох координатах, зміна частот обертання (10-2000 об / хв) і величин подач (0,01-2,8 мм / хв), індексацію револьверної головки і нарізування різьблення по програмі. Технічні характеристики верстата, такі як габарити робочого простору і потужність електродвигуна (11 кВт), дозволяють обробити цю заготовку на необхідних режимах різання.

Таблица 2.8 – Технічні характеристики 16К20Т1

Параметри	Значення
1	2
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
– над станиной	500
– над суппортом	215
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	900
Наибольшее перемещение суппорта, мм:	
– продольное	900
– поперечное	250
Габаритные размеры, мм:	
– длина	3700
– ширина	1770
– высота	1700

Плоскошліфувальний верстат 3Б722 - верстат загального призначення з прямокульним столом (1600x320) і горизонтальним шпинделем, призначений для шліфування площин різних деталей периферією круга. Габарити робочого столу (1600x320) і потужність електродвигуна (15 кВт) дозволяють обробити цю заготовку. Частота обертання шпинделя шліфувального круга 1500 об / хв.

Таблица 2.9 – Технічні характеристики 3Б722

Параметри	Значення
Наибольший размеры обрабатываемых заготовок, мм:	1600×320×400
Наибольшее перемещение стола и шлиф. бабки, мм:	
– продольное	1900
– поперечное	–
– вертикальное	–
Размеры шлифовального круга (наружный диаметр×высота×внутренний диаметр), мм	450×80×203
Габаритные размеры, мм:	
– длина	4780
– ширина	2130
– высота	2360

Координатно-розточний верстат 2Д450АФ2 призначений для обробки отворів з точним міжосьовим відстанню без застосування розмітки і кондукторів, для чистового фрезерування, а також для точного вимірювання відстаней між отворами готових виробів. Габарити робочого столу (630×1120) дозволяють обробити заготовку на даному верстаті. Можлива зміна частоти обертання шпинделя в діапазоні 32-2000 об / хв і подачі (шпинделя) - 2-250 мм / об, (стола) - 20-400 об / хв. Він забезпечений універсальним поворотним столом, що дозволяє здійснювати обробку отворів в полярній системі координат з відліком кутів по лімбах, розподіл кола на рівні частини за допомогою ділільних дисків, а також обробку похилих отворів. Раціональне розташування всіх органів управління забезпечує зручність роботи на верстаті.

Свердлильний верстат 2Н150 з призначений для обробки отворів осьовим інструментом. Верстат забезпечений конусом морзе 3, в який можуть бути встановлені свердла, зенкери, розгортки. Даний верстат дозволяє за своїми параметрами (розміри робочої поверхні столу 500×560, діапазон частот обертання шпинделя 22-1600 об / хв, подача шпинделя вертикальна відповідно 0,05-2,24 мм / об, потужність електродвигуна 7,5 кВт) обробити заготовку на необхідних режимах різання.

Таблица 2.10 – Технічні характеристики 2Д450АФ2

Параметри	Значення
1	2
Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм:	200-750
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	600
Наибольшее перемещение стола, мм:	
– продольное	1000
– поперечное	630
– гильзы шпинделя	260
Наибольший диаметр, мм:	
сверления в стали	30
расточивания (или шлифования)	250
Габаритные размеры, мм:	
– длина	5490
– ширина	4430
– высота	2800

Зубодовбальний верстат 5А122 призначений для нарізування циліндричних зубчастих коліс методом обкатки заготовок долбяком. За допомогою спеціальних пристосувань можлива обробка деталей типу: вал-шестерня, рейок, секторів, куркулів, зубчастих муфт, косозубих коліс. При використанні точного інструменту на відповідних режимах різання верстат дозволяє проводити обробку коліс 6-7 ступеня точності.

Діаметр встановлюваного виробу, мм 250

Ширина нарізається вінця, мм 50

Модуль зубчастих коліс, мм:

в масовому виробництві 5

в одиничному виробництві 6

Діаметр робочої поверхні стола, мм 320

Отвір столу, мм:

діаметр циліндрової виточки 65

глибина виточки 10

Номинальний ділильний діаметр долбяка, мм 100

Кінець шпинделя Морзе 5

Відстань від нижньої площини підстави

до робочої поверхні стола, мм 895

Довжина переміщення шпинделя інструменту, мм 90

Хід шпинделя, мм 60

Хід столу при зовнішньому / внутрішньому долбленні, мм 260-350

Відстань від площини стола до торця

шпинделя інструменту, мм 160-250

Частота подвійних ходів долбяка в хв. 195-1200

Подача, мм / дв.хід.

кругова 0,03-1,75

радіальна 0,001-1,17

Потужність, кВт 4,5

Габарити, мм 2035x2230x2280

Маса, кг 500

Верстати з програмним управлінням поєднують точність спеціалізованих-ванних верстатів і мають більш високу продуктивність, ніж верстати про-ного призначення (в 2 ... 5 разів). Область застосування верстатів з програмним керуванням досить широка як за характером технологічних операцій, так і за типами виробництв, для яких вони призначаються. За останньою ознакою створені й успішно використовуються верстати з програмним управлінням як для одиничного і дрібносерійного, так і для великосерійного і масового виробництва

До основних умов доцільності застосування верстатів з програмним керуванням можна віднести наступне:

1) обробку отворів складної геометричної форми, що вимагають застосування декількох послідовно працюючих інструментів, а також обробку груп отворів на свердлильних і розточувальних верстатах. Ці види обробки можуть бути виконані на верстатах з програмним керуванням без виготовлення спеціального оснащення (кондукторів, копирів і ін.). Яка зазвичай застосовується на універса-

льних верстатах;

2) необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження можливо більшої кількості однотипних видів обробки на одному місці;

3) необхідність зменшення частки допоміжного часу, який витрачається в розглянутій операції на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною ріжучого інструменту та іншого, що зазвичай має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах;

4) обробку кількох аналогічних деталей на одному верстаті, що має місце в умовах серійного виробництва. В цьому випадку застосуванням верстатів з ЧПУ можна скоротити час на переналагодження обладнання;

5) можливість скорочення числа операторів впровадженням багатOVERSTAT-ногообслуговування [4, с.56].

2.7 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Для дрібносерійного виробництва застосовують універсальні верстатних пристосування, ріжучий і вимірювальний інструменти. Застосування спеціального оснащення обґрунтовано тоді, коли обробка без неї неможлива або вона дає виґраш за часом на наладку і обробку.

Як верстатних пристосовань вибираємо патрони саме центри-рующие трьох кулачкові по ГОСТ 2675-80, лещата поворотні Складальні, плити магнітні ГОСТ 16528-81, столи поворотні по ГОСТ 16936-71. Також на операції координатно-розточний і вертикально-свердлильний застосовуються спеціальні пристосування, які закріплюються на поворотному столі (переваги його застосування описані в пункті 9.).

Для вимірювання застосовуються такі засоби технічного контролю: штангенциркулі ГОСТ 166-89, Штангенглибиноміри ГОСТ 162-90, глибиноміри мікрометричні ГОСТ 7470-78, нутроміри мікрометричні ГОСТ10-88, спеціальне при-

стосування описане в п. 10.

На токарній з ЧПК операції 020 використовується наступне оснащення:

– патрон 7102-0002 ГОСТ 24351, для закріплення використовується трьохкулачковий самоцентруючий патрон;

– різець PERBR2525L12 T5K10 ГОСТ 9795 (чорнові ходи, правий):

P – тип механічного кріплення пластини – підтиск важелем через отвір для пластинок з отвором;

E – форма пластини ромбічна з кутом при вершині 75°;

R – головний кут в плані 75°,

B – задній кут 5°;

R – виконання - праве,

2525 – переріз державки 25x25 мм,

L – довжина різця - 140 мм,

12 – довжина ріжучої кромки - 12 мм.

Контурний правий різець з пластиною з твердого сплаву T5K10 – для чорнового точіння;

– різець 2141-0008 T5K10 ГОСТ 18883 (розточний різець для глухих отворів з пластиною з твердого сплаву T5K10 - для чорнового точіння);

– для вимірювання розмірів обираємо штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-II-500-0,1 ГОСТ 166.

На комплексній з ЧПК операції 045 використовується наступне оснащення:

– пристрій спеціальний – дозволить реалізувати схему базування;

– свердло 2301-0371 P6M5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 6$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 1, застосовується для центрування отворів;

– свердло 2301-0398 P6M5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 10$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;

– свердло 2301-0400 P6M5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 10,2$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору під нарізання різьби M12-7H;

– свердло 2301-0423 P6M5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 15$ з конічним

хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;

– свердло 2301-0427 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 17$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;

– свердло 2301-0431 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 18$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;

– свердло 2301-0446 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 22$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;

– зенковки 2353-0142 Р6М5 ГОСТ 14953 – зенковки конічна 90° , обробляється фаска $1,6 \times 45^\circ$;

– циковка спеціальна Р6М5, застосовується для отримання $\varnothing 32$ мм;

– мітчик 2620-3735 Р6М5 ГОСТ 3266 – мітчик М12-7Н, застосовується для нарізання різьби;

– втулка 6100-0315 ГОСТ 13598 – перехідна втулка з конуса Морзе 2 на 4;

– втулка 6100-0258 ГОСТ 13598 – перехідна втулка з конуса Морзе 1 на 4;

– вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1, ШЦ-І-500-0,1 ГОСТ 166;

– зразки шорсткості ГОСТ 5378;

– пробка 8221-30537Н ГОСТ 17758, пробка ПР/НЕ М12-7Н, застосовується для контролю отвору.

На плоскошліфувальній операції 060 використовується оснащення:

– магнітна плита ГОСТ 17519;

– універсально-складальний пристрій ГОСТ 14364, за допомогою якого реалізується схема базування;

– ріжучий інструмент – шліфувальний круг ПП500x100x100 24А М50 см2 Зкл 40м/с 2кла ГОСТ 2424.

– вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-І-125-0,05 ГОСТ 166;

– зразки шорсткості ГОСТ 5378.

2.8 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо аналітичним методом точіння циліндричної ступені Ø237 мм начорно на операції 020.

Вихідні дані:

Рекомендації для обробки поверхні Ø2: оброблюваний матеріал сталь 30ХА ГОСТ 4243, матеріал робочої частини РІ Т5К10, ЗОР – емульсія.

Глибина різання:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{256 - 253}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

подача $S_{\text{доп}} = 0,35$ мм/об – допустима подача з урахуванням таких поправочних коефіцієнтів;

$K_{Sd} = 0,9$ – переріз державки;

$K_{SN} = 0,9$ – міцність ріжучої частини;

$K_{SM} = 1,0$ – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY} = 0,9$ – схема установки;

$K_{SP} = 1,0$ – стан поверхні;

$K_{S\phi} = 1,0$ – геометрія різця;

$S_{\text{таб}} = 0,5$ мм/об – таблична подача.

$$S_{\text{доп}} = S_{\text{таб}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\phi} = 0,5 (0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0) = 0,35 \text{ мм/об}$$

Стійкість ріжучого інструмента $T = 60$ хв;

Кількість проходів $i = 1$.

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V$$

Вибираємо значення коефіцієнтів і показників ступенів: $C_V = 340$, $x = 0,15$,

$$y = 0,45, m = 0,2;$$

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv},$$

$K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{pv} = 0,8$ – коефіцієнт враховує стан поверхні;

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт що враховує матеріал інструменту, тоді

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

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,35^{0,45}} \cdot 0,8 = 111,3 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 111,3}{3,14 \cdot 253} = 140 \frac{\text{об}}{\text{хв}},$$

приймаємо частоту обертання за паспортом $n_{\text{пр}} = 150 \text{ об/хв,м}$ тоді

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 253}{1000} = 119,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

Вибираємо значення коефіцієнтів і показників ступенів у формулі сили різання при точінні (для конкретних умов обробки) по таблиці 22, с. 273 [4]:

$C_p = 300, x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15;$

$K_p = 1$ – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,35^{0,75} \cdot 119,2^{-0,15} \cdot 1,0 = 966,8 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{966,8 \cdot 119,2}{1020 \cdot 60} = 1,8 \text{ кВт.}$$

Паспортна потужність становить 3,1 кВт, відповідно обробка буде здійснена ($\eta N_{\text{ст}} > N_{\text{рез}}$, $0,8 \cdot 22 \text{ кВт} > 2,3 \text{ кВт}$, $17,6 > 2,3 \text{ кВт}$).

Визначаємо основний час обробки поверхні Ø253, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{60}{150 \cdot 0,35} = 1,1 \text{ хв}$$

де $L = 60 \text{ мм}$ – робочий хід різця.

Режими на інші переходи зводимо в таблицю 2.5.

Розрахуємо аналітичним методом свердління отвору Ø22 на прохід на операції 045. Глибина різання $t=11 \text{ мм}$.

Подача $S = 0,18 \text{ мм/об}$ (з урахуванням поправочних коефіцієнтів) [4, с. 277].

Стійкість різального інструменту $T = 40 \text{ хв}$.

Визначаємо швидкість різання за формулою [4, с. 276]:

$$V = \frac{C_V \cdot D^g}{T^m \cdot S^y} K_V$$

де $C_V = 7,0$, $g = 0,4$, $y = 0,7$, $m = 0,2$ – коефіцієнти і показники у формулі швидкості різання [4, табл. 28, с. 278];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання і визначається за формулою [4, с.282]:

$$K_V = K_{mv} K_{pv} K_{nv},$$

де K_{mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$K_{pv} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки на швидкість

різання [4, табл. 5];

$K_{MV} = 0,8$ – коефіцієнт що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [4, табл. 6].

Коефіцієнт K_{MV} розраховуємо за формулою [4, табл. 1]:

$$K_{MV} = K_r (750/\sigma_B)^{n_v},$$

де $K_r = 1,0$ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі оброблюваності [7];

$n_v = 1,0$ – показник [7, табл. 2].

Тоді: $K_{MV} = 1,0 \cdot (750/930)^{1,0} = 0,8$.

Тоді:

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,64.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{7,0 \cdot 22^{0,4}}{40^{0,2} \cdot 0,18^{0,7}} 0,64 = 24,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 24,4}{3,14 \cdot 22} = 353 \frac{\text{об}}{\text{хв.}}$$

Визначаємо крутний момент за формулою [4]:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p,$$

де $C_m = 0,0345$, $q = 2,0$, $y = 0,7$ – коефіцієнти у формулі сили різання [4];

K_p – поправочний коефіцієнт що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності, розраховується за формулою [4];

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n,$$

де $n = 0,3$ – показник [7].

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n = (930 / 750)^{0,3} = 1,1.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів крутний момент буде дорівнювати, Н·м:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 22^{2,0} \cdot 0,18^{0,7} \cdot 1,1 = 56,1 \text{ Н·м.}$$

Визначаємо осьову силу за формулою:

$$P_o = C_p D^q S^y K_p,$$

де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$ – коефіцієнти і показники у формулі сили різання [4].

З урахуванням поправочних коефіцієнтів осьова сила буде дорівнює, Н:

$$P_o = 68 \cdot 22^1 \cdot 0,18^{0,7} \cdot 1,1 = 45 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за формулою, кВт:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{56,1 \cdot 353}{9750} = 2,0 \text{ кВт.}$$

Так як потужність різання менше потужності верстата ($2,0 < 6,3 \cdot 0,8$), то обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n},$$

де $L = 45+7=52$ мм – робочий хід свердла,

$$T_o = 52/0,18 \cdot 353 = 0,8 \text{ хв.}$$

Розрахунки режимів на інші переходи зводимо в табл. 2.5.

Розрахуємо аналітичним методом шліфування торця заготовки на операції 060. Шліфування проводиться периферією круга.

Вихідні дані: на даній операції шліфується площина корпусу. Пристрій закріплюється на магнітній плиті. ЗОР – емульсія. Опрацьований матеріал – сталь 30ХА.

Глибина різання не повинна перевищувати половину зерна шліфувального круга, так як обраний круг має зернистість 50, то приймаємо глибину $t = 0,2$ мм.

Приймаємо швидкість кола $V_k = 38$ м/с.

Визначимо поперечну подачу, яка становить $S_{\text{поп}} = (0,2 \div 0,3)$.

Визначимо подовжню подачу або швидкість деталі по формулі:

$$V_d = \frac{C}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

де $C=25$ – коефіцієнт;

$T = 25$ хв – економічна стійкість круга;

$t=0,2$ мм – глибина шліфування;

$S=20$ мм/хід – поперечна подача;

$x = 0,8$ – показатель ступеня;

$y = 0,8$ – показатель ступеня, тоді

$$V_d = \frac{0,52}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 20^{0,2}} = 26,1 \text{ м/хв.}$$

Дану швидкість не коригуємо, так як верстат оснащений безступінчатою коробкою швидкостей. Визначаємо тангенціальну силу при периферійному шліфуванні за формулою:

$$P_z = 25 \frac{V_d}{V_k} t^{0,53} S^{0,53} = 25 \frac{26,1}{38} 0,2^{0,53} 20^{0,53} = 35,8 \text{ кгс.}$$

Визначаємо потужність, затрачену безпосередньо на процес шліфування за формулою:

$$N = \frac{P_z V_k}{102} = \frac{35,8 \cdot 38}{102} = 13,3 \text{ кВт.}$$

Визначимо основний час необхідне для шліфування площини за формулою:

$$T_o = \frac{(L + y) B_p h K}{1000 V_d S S_{tz}}$$

- де $L = 220$ мм довжина шліфування;
 $y = 20$ мм – перебіг столу в обидві сторони;
 $B_p = 20$ мм – розрахункова ширина шліфування;
 $h = 0,6$ мм – припуск на сторону;
 $V_d = 26,1$ м/хв – швидкість столу;
 $S = 20$ мм/хід – подача на ширину шліфування;
 $S_t = 0,2$ мм/хід – подача на глибину шліфування;
 $z = 1$ – кількість одночасно оброблюваних деталей;
 $K = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує виходжування та знос круга, тоді:

$$T_o = \frac{(420 + 20) 20 \cdot 0,6 \cdot 1,0}{1000 \cdot 26,1 \cdot 20 \cdot 0,2 \cdot 1,0} = 1,1 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.11 – Загальна таблиця режимів різання

Поверхня	t, мм	i	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	T ₀ , хв
020 Токарна з ЧПК						
Точити ø253	1,5	1	0,35	119,2	150	3,3
Торець 117	1,5	1	0,35	119,2	150	2,2
Точити ø323	1,5	2	0,35	131,8	100	3,5
Торець 52	1	1	0,35	121,7	120	1,1
Разточити ø208	1	2	0,35	130,6	200	2,4

$\sum T_0$						12,5
045 Комплексна з ЧПК						
Центрувати $\phi 6$	3	1	0,14	15,1	800	0,05x22
Свердлити $\phi 10$	5	1	0,15	18,8	600	0,2
Свердлити $\phi 10,2$	5,1	1	0,15	19,2	600	0,6x2
Розсвердлити $\phi 17$	3,4	1	0,15	16,0	300	0,7x2
Нарізати M12-7H	0,5	2	1,75	11,3	300	0,1x2
Свердлити $\phi 18$	9	1	0,18	19,7	350	0,9x7
Свердлити $\phi 22$	11	1	0,18	24,4	350	0,8x12
Свердлити $\phi 15$	7,5	1	0,15	16,4	350	0,9x2
Цекувати $\phi 32$	8,5	1	0,2	20,1	200	0,5x2
$\sum T_0$						22,8
060 Плоскошліфувальна						
Шліфувати торець на прохід	0,03	10	3,5	2400	1000	5,8

2.9 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу. Метою даного нормування є визначення норми штучно-калькуляційного часу на операції. Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

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

Токарна з ЧПК операція – 020.

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_B = T_{уст} + T_{уп} + T_{изм}, \quad (2.6)$$

де $T_{уст} = 8$ хв – час на установку і зняття заготовки вручну;

$T_{уп} = 12$ хв – допоміжний час на управлінням верстатом;

$T_{изм} = 2,5$ хв – час на вимірювання карта.

$$T_B = 8+12+2,5=22,5 \text{ хв.}$$

Визначимо оперативний час.

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_v. \quad (2.7)$$

$$T_{\text{оп}} = 22,5 + 12,5 = 35 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування і часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного.

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} 15\% = 35 \cdot 0,15 = 5,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_v. \quad (2.8)$$

$$T_{\text{шт}} = 35 + 5,3 = 40,3 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{п.з}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{N}, \quad (2.9)$$

$T_{\text{п.з}} = 20$ хв – підготовчо-заключний час;

$N = 25$ шт. – число деталей в партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 40,3 + 20/25 = 40,5 \text{ хв.}$$

Комплексна з ЧПК операція – 045.

Визначаємо допоміжний час за формулою (2.6),

$T_{\text{уст}} = 4,5$ хв – час на установку і зняття заготовки вручну;

$T_{\text{уп}} = 9,3$ хв – допоміжний час на управлінні верстатом;

$T_{\text{изм}} = 2,2$ хв – час на вимірювання карта.

$$T_B = 4,5 + 9,3 + 2,2 = 16 \text{ хв.}$$

Визначимо оперативний час за формулою (2.7):

$$T_{оп} = 16 + 22,8 = 38,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування і часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного карта.

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot 9\% = 38,8 \cdot 0,09 = 3,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (2.8):

$$T_{шт} = 38,8 + 3,4 = 42,2 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (2.9):

$T_{п.з} = 25 \text{ хв}$ – підготовчо-заключний час;

$N = 25 \text{ шт.}$ – число деталей в партії.

$$T_{шт-к} = 42,2 + 25/25 = 43,2 \text{ хв.}$$

Плоскошліфувальна операція – 060.

Визначаємо допоміжний час за формулою (2.6)

$T_{уст} = 3 \text{ хв}$ – час на установку і зняття заготовки вручну;

$T_{уп} = 8 \text{ хв}$ – допоміжний час на управлінням верстатом;

$T_{изм} = 1,5 \text{ хв}$ – час на вимірювання карта.

$$T_B = 3 + 8 + 1,5 = 12,5 \text{ хв.}$$

Визначимо оперативний час за формулою (2.7):

$$T_{\text{оп}} = 12,5 + 1,8 = 14,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування і часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного карта.

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} 10\% = 14,3 \cdot 0,1 = 1,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (2.8)

$$T_{\text{шт}} = 14,3 + 1,5 = 15,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (2.9):

$T_{\text{п.з}} = 18 \text{ хв}$ – підготовчо-заключний час;

$N = 25 \text{ шт.}$ – число деталей в партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 15,8 + 18/25 = 16,2 \text{ хв.}$$

2.10 Проектування верстатного пристрою

Обґрунтування мети технологічної операції і завдання Проектування

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в пристосуванні з ручним приводом. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань.

Розробка і обґрунтування схеми базування, вибір головної базової поверхні:

З усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на головну базову поверхню може претендувати торець деталі (214 h12). На її користь говорять такі аргументи:

найбільш розвинена;

шорсткість її поверхні $Ra = 2,5$ мкм;

Дана поверхня, будучи прийнятої в якості головної базової, позбавляє заготовку трьох ступенів свободи, тобто є настановної базою.

Вибір направляючої бази.

В якості направляючої бази можна вибрати як зовнішню циліндричну (214 h12), так і внутрішню циліндричну (182).

Вона буде позбавляти двох ступенів свободи.

Схема базування буде виглядати наступним чином (рис. 2.12).

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

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 12,5 мкм за критерієм Ra , окрім різі 3,2 мкм, що також забезпечується нарізанням мітчиком.

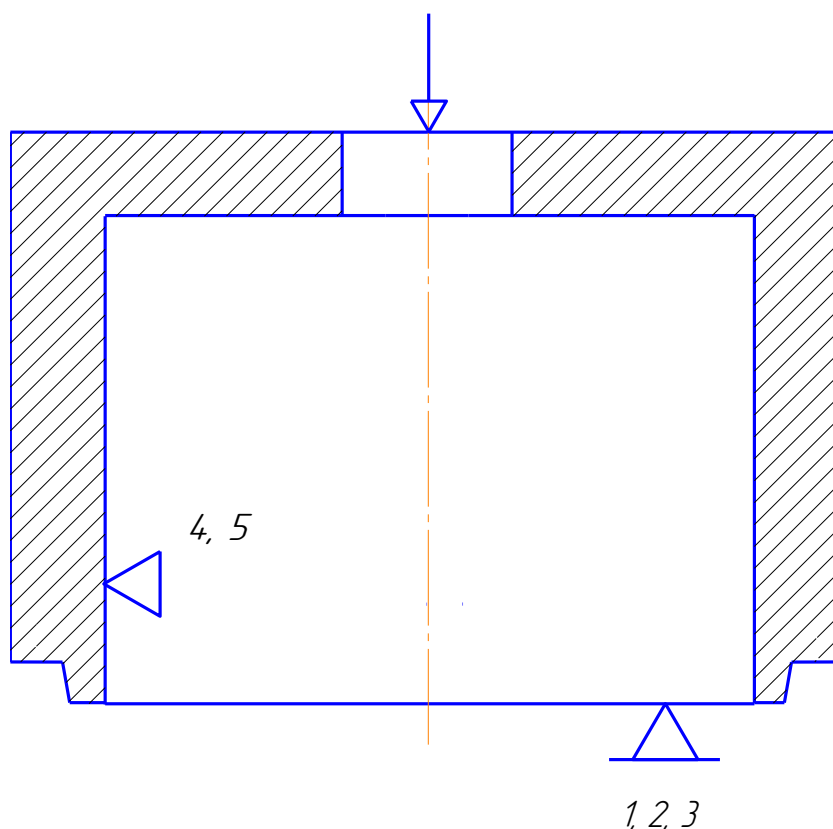


Рисунок 2.12 - Схема базування на комплексній з ЧПК операції

Аналіз базових поверхонь.

Конструкція пристосування буде припускати базування заготовки по торця і по внутрішній циліндричній поверхні $\text{Ø}255\text{H}7$.

Згідно креслення отвір $\text{Ø}255$ обробляється по IT7.Согласно [10] знаходимо значення допуску: $T_{\text{Ø}255} = 63$ мкм.

Це означає, що діаметр отвору виконаний з параметрами $\text{Ø}255\text{H}7 (+0,063; 0)$. Довжина отвору 32 мм. Ставлення $l / d \ll 1$, що свідчить про можливість використання отвори як подвійної опорної бази.

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні для діаметра $\text{Ø}225\text{H}7$ та торцю відповідає за критерієм $R_a 1,6$ мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

У проектованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 10 мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектоване пристосування.

Річна програма випуску визначена в 150 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівля буде оброблятися на багатоцільовому верстаті з системою ЧПУ WL4M. Верстат призначений для обробки деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. Поряд з фрезерними операціями на верстаті можна робити точне свердління, розточування, зенкування і розгортання отворів. Паспортні дані верстата наведені в пункті.

Обробка на даній операції здійснюється свердлами, цековками і зенківками, а також мітчиком. Пристосування має обслуговуватися верстатником 4-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

Аналіз схем базування та закріплення був виконаний раніше.

Розрахунок сил закріплення.

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [2, с.85]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (2.7)$$

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

k_1 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові неровності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

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

k_3 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому репізнанні ($k_3 = 1$);

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;

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

Виходячи з того, що найбільша сила та крутний момент будуть виникати при свердлінні отвору $\varnothing 14$ мм у сполошному металі розрахунок сили затиску будемо проводити саме по критерію величини сил та моментів, що виникають при обробці даної поверхні. Осьова сила P_z при цьому буде діяти радіально на центральну оправку, на якій базується деталь, тому в розрахунках її можна не враховувати.

З попередніх розрахунків $M_{кр} = 8,7 \text{ Нм}$, тобто визначимо силу P_z , що буде намагатися опрокинути заготовку.

$$P_z = 2M_{кр}/D_{св} \quad (2.8)$$

де $D_{св} = 14$ мм - діаметр свердла.

$$P_z = 2 \cdot 8,7 / 0,014 = 1242 \text{ Н}$$

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

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

Запишемо умову $M_{тр} > M$

Представимо $M_{тр} = K \cdot l \cdot P_z$

$$F_{mp_1} \times \left(\frac{R_1}{2}\right) + F_{mp_2} \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times P_z$$

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

$$R_1 = \frac{D_{ш} + D_o}{2} = \frac{360 + 255}{2} = 307,5 \text{ мм}$$

де $D_{ш}$ - зовнішній діаметр шайби

$R_2 = (449 + 366) / 2 = 407,5$ мм, де 449 і 366 – розміри, що характеризують опорний торець деталі.

$$l = 560 / 2 = 280 \text{ мм}$$

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

Виразимо силу закріплення W

$$W = \frac{K \times l \times Pz}{f \times ((R_1 + R_2)/2)} = \frac{3,366 \times 280 \times 1242}{0,25 \times (307,5 + 407,5)/2} = 16152H$$

Обґрунтування вибору приводу.

Для розкріплення досить ходу 5-10 мм, отже, раціонально вибрати тарілчасту гумовотканинну пневмокамеру однобічної дії з діаметром діафрагми визначається за формулою [2]:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{16152}{0,4}} = 296,3 \text{ мм} \quad (2.9)$$

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

Приймаємо по ГОСТ найближчий більший діаметр $D = 320$ мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмокамери 320 мм по ГОСТ.

$$W_\phi = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{320^2 \times 0,4}{1,13^2} = 18020H$$

Розробка і обґрунтування схеми закріплення.

Аналіз структури полів обурюють сили.

Для визначення взаємного впливу поля сил, що обурюють і поля призначені врівноважити сил побудуємо графічну модель сил, що обурюють у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

Аналіз структури полів врівноважені сил.

З рис. 2.8 видно, що складові сил не врівноважені і вимагають додаткових сил закріплення. Величину сумарного зусилля закріплення необхідно вважати з умови не провороту від сили P , яка створить момент, схема зображена на рис. 2.9.

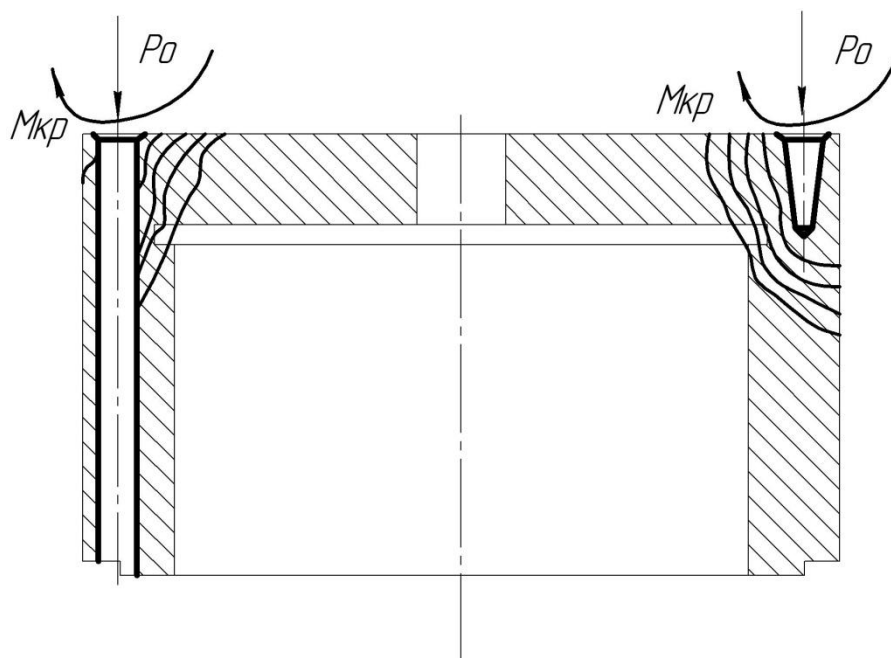


Рисунок 2.8 – Структура поля збудюючих сил по складовим

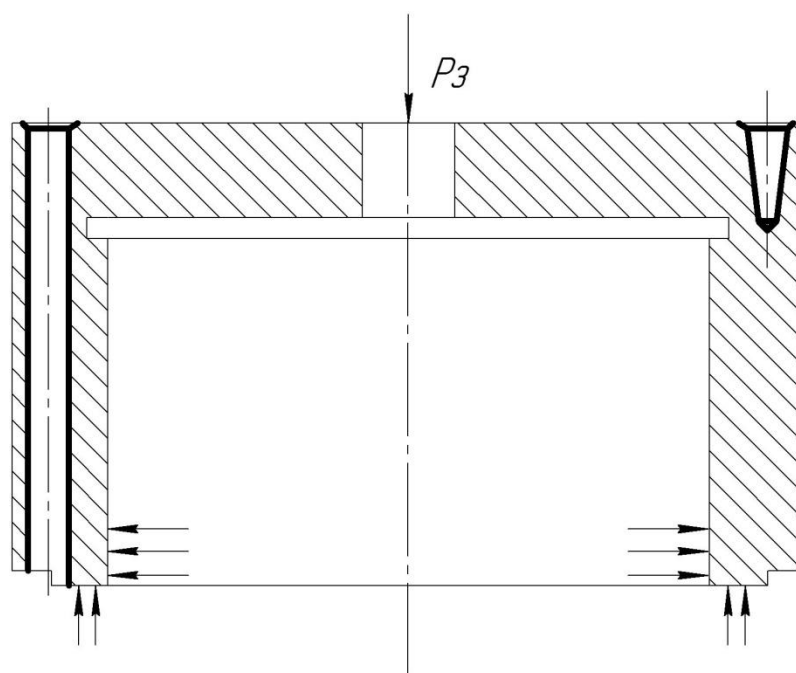


Рисунок 2.9 – Схема дії сил, прикладених до деталі

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісні до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків обробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш жостким допуском на кресленні $\epsilon 45 \pm 0,31$ мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні Ø255H7 *тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність верхнього торця склянки до настановної поверхні плити за формулою [19]:

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

де T - допуск розміру $T = 0,62\text{мм} = 620\text{ мкм}$;

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

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

ε_{δ} - похибка базування заготовки, яка в даному випадку буде дорівнює максимальному зазору між оправленням і отвором деталі.

$$\varepsilon_{\delta} = S_{\max} = 225,052 - 224,968 = 0,085\text{ мм} = 85\text{ мкм}.$$

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

ε_y - похибка установки пристосування на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Пристосування встановлюється на стіл за двома шпонками по посадці 32H9 / h9. Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

ε_n - похибка перекоосу інструменту. Обробка вестиметься спіральними свердлами відповідного діаметру, але перед цим отвори необхідно зацентрувати центрувальним свердлом, щоб виключити (або принаймні мінімізувати відведення свердла). Тобто похибка перекоосу $= 0$.

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

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою :

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N, \quad (2.10)$$

де $\beta_2 = 0,001$ - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [19];

N - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 150 шт. Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_r \cdot n = 150 \cdot 2 = 300 \text{ штук.}$$

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 300 = 0,3_{\text{мм}} = 300_{\text{мкм}}.$$

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [19] $K_{T2} = 0,6$;

w - середня економічна точність обробки, по [19] при свердлінні отворів середня економічна точність - 12 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск на найбільший діаметр оброблюваного отвору по 12-му квалітету тобто для отвори $\varnothing 42H12$ $w = 250$ мкм;

$\varepsilon_{\text{поз}}$ - Похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата IP500ПМФ4, на якому буде проводиться обробка = 20 мкм.

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

$$\varepsilon_{\text{нр}} = 620 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 65)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 300^2 + (0,6 \cdot 250)^2 + 20^2} = 620 - 546,3 = 73,7_{\text{мкм}}$$

За ГОСТ 24643-81 приймаємо найближче менше значення допуску паралельною торцевої поверхні деталі опора до підстави плити. Дана вимога, а саме паралельність двох поверхонь прийнято тому, що саме ця похибка буде надавати найбільший вплив на точність обробки, а саме витримування в заданих межах допуску.

Найближче стандартне значення допуску паралельності по [18] 60 мкм для діапазону розмірів 250-300 мм, в який входить розмір $\varnothing 255$ - плоскості торця, відповідає 9-й ступені точності.

Отже, на кресленні пристосування пропонуємо допуск паралельності торця стакану до основи плити рівний 0,06мм.

Опис пристрою і принципу дії пристосування.

Пристосування у збірці має задовольняти технічним вимогам-ям 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).

Розрахунок на міцність.

Розраховуємо на міцність різьби штока. З конструктивних міркувань і попереднього компонування пристрою приймемо різьбу на штоку М12х1,75-6g. Сила на штоку $W = 7618$ Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_b = d_n - (0,541 \cdot P) \cdot 2 \quad (2.10)$$

де d_n – зовнішній діаметр різьби;

P – шаг різьби.

Отже, за формулою 2.10 знаходимо внутрішній діаметр різьби:

$$d_b = 24 - 0,541 \cdot 3 \cdot 2 = 20,9065 \text{ мм.}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\text{min піз}} = \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \quad (2.11)$$

де d_b – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\text{min піз}} = \frac{\pi \cdot 20,9065^2}{4} = 180,22 \text{ мм}^2.$$

Границя текучості для сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруження розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_P] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (2.12)$$

Тобто:

$$\sigma_P = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа.}$$

Запишемо умову міцності на розтягнення:

$$\sigma_P = \frac{W}{S_{\text{min піз}}} \leq \sigma_P \quad (2.13)$$

Отже, за формулою 2.13 знаходимо напруження розтягування:

$$\sigma_P = \frac{18020}{180,22} = 100 < 150 \text{ МПа.}$$

Отже міцність штока забезпечується, так як міцність забезпечується навіть в його мінімальному перерізі (на різьбовій ділянці).

2.11 Висновки

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі корпус у якості заготовки було прийнято вилівок у пісчано-глинисті форми.

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

Виконано аналіз типових схем базування та закріплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски типовим аналітичним способом на найбільш точну поверхню, призначенні типові верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

Спроектований верстатний пристрій для типу комплексної із ЧПК операції з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу. Також на основі типових розрахунків виконано комплект типової технологічної документації.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Тема: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу МПО 10.00.02 шляхом оптимізації структури свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій».

3.1 Розроблення нової структури для свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій

Якість роботи будь-якого виробу значно залежить від технології виготовлення його складових елементів. Більшість деталей типу корпусів мають складну геометричну форму, що викликає певні труднощі при базуванні та закріпленні заготовок на операціях механічної обробки. Традиційно для установаження заготовок застосовуються спеціальні верстатні пристрої ВП (як правило, універсально-збірні пристрої) [22], що забезпечує задану точність обробки поверхонь, але збільшує трудомісткість і вартість виготовлення. Таким чином актуальним є аналіз типового технологічного процесу техпроцесів виготовлення корпусу та виявлення можливості для оптимізації техпроцесів з урахуванням сучасних тенденцій у механічній обробці, а також функціонально-технологічних можливостей сучасного обладнання.

Типовий техпроцес обробки корпусу згідно базового типового маршрутного техпроцесу складається, як правило, з 10 операцій, з яких 7 – операції механічної обробки.

На всіх операціях механічної обробки, а особливо на свердлильних, фрезерних та розточувальних здійснюється переустановка заготовки зі зміною схеми базування, як між операціями, так і на різних установах у межах конкретної операції, що призводить до накопичення типових похибок установаження в цілому, та як наслідок зниження точності взаємного розташування поверхонь деталі.

При обробці на кожній операції проводиться обов'язкова вивірка положення деталі при аналогічній схемі базування, що призводить до суттєвого збільшення допоміжного часу, а, отже, збільшенню собівартості деталі, що в умовах сучасного типового виробництва неприпустимо.

Застарілі методи проектування техпроцесів, засновані в більшості на можливостях металорізального типового обладнання 60–70-х років ХХ ст., яке не дозволяло оброблювати декілька поверхонь, розташованих у різних площинах багатьма інструментами, змушувало технологів розробляти ТП із великою кількістю операцій (принцип диференціації операцій). Підтвердженням типового цього є оброблення отворів, що виконують функції допоміжних конструкторських баз.

Враховуючи багатомініклатурне виробництво, а також можливості сучасного типового металорізального обладнання, що дозволяє виконувати комплексну обробку деталей, необхідно змінювати типові підходи до проектування техпроцесів обробки деталей, прагнучи до інтенсифікації процесів механічної обробки, а основним резервом є розроблення та впровадження гнучких ВП, які характеризуються високим ступенем гнучкості та дозволяють реалізувати принципово нові схеми устанавлення корпусу, забезпечуючи максимальну інструментальну доступність. Для досягнення цієї мети, враховуючи можливості сучасного металорізального обладнання, запропоновано інтенсифікувати типовий ТП (принцип концентрації операцій) шляхом об'єднання типових свердлильних, координатно-розточувальних, фрезерних та слюсарних (нарізання різі) в операцій в одну – комплексну на оброблювальному центрі із ЧПК (рис. 3.1), а отже, скоротити технологічний процес на 3 операції. Обробка корпусу на комплексній із ЧПК операції виконується в типових трьох позиціях.

Таким чином оптимізація структури свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій полягає у технологічному забезпеченні оброблення поверхонь згідно ескіза (рис. 3.1). Для цього необхідно мати гарну інструментальну доступність, щоб обробний центр шляхом повороту свого стола та робочої головки зміг обробити усі поверхні на операції.

Таким чином необхідно розробляти верстатний пристрій та моделювати його. Розроблена конструкція верстатного пристрою була виконана у попередньому пункті, проте для забезпечення його працездатності його необхідно дослідити, адже верстатні пристрої відіграють важливу роль у виробництві якісної та конкурентоспроможної продукції, особливо в типових умовах багатомініклатурного

виробництва, яке вимагає швидкого переоснащення при переході до обробки деталей іншої номенклатури.

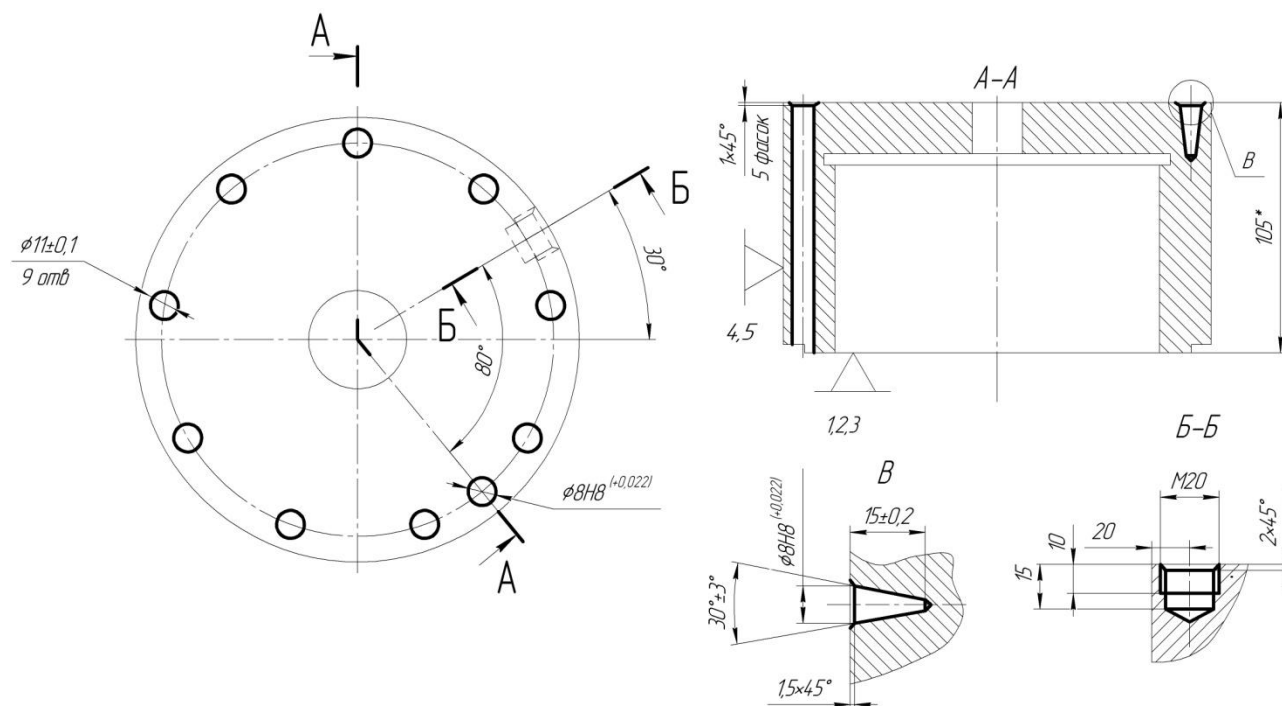


Рисунок 3.1 – Ескіз комплексної операції

Сучасне машинобудівне виробництво характеризується типовою багатонomenclатурністю виробів і нестабільністю типових обсягів випуску продукції. Зі збільшенням номенклатури виробів при використанні спеціальних верстатних пристроїв зростає час проектування та виготовлення технологічної оснастки, що призводить до збільшення собівартості готової продукції. Переналагодження збірних верстатів, до яких належать універсально-збірні пристрої, передбачає їх часткове або повне перекомпонування при переході до обробки деталей іншого типорозміру, що також потребує витрат часу. До того ж жорсткість збірних верстатних пристроїв через велику кількість з'єднань та наявність Т-подібних пазів часто є недостатньою для продуктивної обробки з режимами різання, що рекомендують світові виробники різального інструменту. Проблемою також є надмірна металоємність зазначених вище верстатів. Тому в останній час сучасні виробництва впроваджують гнучкі верстатних пристроїв, які забезпечують переналагодження

на інший типорозмір деталей і мають достатню жорсткість при мінімально можливій масі. Разом із тим впровадження гнучких верстатів типових повинно бути обґрунтовано за критеріями досягнення необхідної точності та якості поверхонь, заданих конструктором на кресленнях деталей, що можуть бути оброблені у верстатних пристосуваннях даного типу.

Варто відмітити, що враховуючи розширення технологічних можливостей сучасних верстатів, їх високу вартість та необхідність здійснення великої кількості переналагоджень при переході до обробки деталей іншого типорозміру, стрімкого розвитку набуває інтенсифікація виробництва. Інтенсифікація передбачає підвищення гнучкості верстатів типових, скорочення підготовчо-заключного та допоміжного часу, а також можливості багатокординатну обробку деталей за один установ, що повинно забезпечуватись саме конструкцією, що повинні давати максимальну інструментальну доступність до усіх оброблюваних поверхонь.

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

- збільшення номенклатури виробів;
- зменшення непродуктивних витрат часу (допоміжного та підготовчо-заключного);
- поширення багатокординатних верстатів із ЧПК;
- скорочення кількості технологічної оснастки.

3.4 Дослідження напружено-деформованого стану верстатного пристрою для комплексної з ЧПК операції

Дослідження напружено-деформованого стану (НДС) виконувалось типу для визначення розмірів ВП, які будуть задовольняти всім точнісним параметрам для обробки деталі. При цьому визначались похибки при типовій обробці, що виникають у результаті деформацій елементів ВП, та виконувалось типово для порівняння їх з допустимими значеннями на відповідній операції механічної обробки

для деталі шестерня. Допустимі значення похибок обмежуються допусками згідно з кресленням деталі «Корпус». Також дослідження НДС верстатного пристрою передбачає перевірку на міцність, виявлення концентраторів напружень та елементів, де напруження більші, ніж допустимі для конкретного матеріалу, та при їх наявності удосконалення конструкції. На даному етапі досліджень виконувалась перевірка еквівалентних напружень, які виникають у місцях контакту між установлювально-затискними елементами та заготовкою у результаті дії сил закріплення та силових факторів процесу різання (сили різання та моменти), а також умови за допустимими напруженнями для деталей із конкретних матеріалів. Для цього поряд з вирішенням задачі з визначення НДС вирішувалась типова контактна задача. Механічні властивості матеріалів, які використовуються у моделі, наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалів заготовки та елементів ВП

Матеріал	Модуль пружності E , ГПа	Коефіцієнт Пуассона μ	Густина ρ , кг/м ³	Границя міцності при розтягуванні [$\sigma_{\text{раст}}$], ГПа	Границя міцності при стисненні [$\sigma_{\text{ск}}$], ГПа	Границя текучості σ_T , ГПа
Сталь 45Л ГОСТ 4543-71	200	0,3	7850	0,980	0,980	0,785
Сталь 45 ГОСТ 1050-88 (термооброблена)	200	0,3	7850	0,950	0,950	0,726

Першим етапом при вирішенні вищевказаних задач згідно оптимізаційного алгоритму було розроблення скінченноелементної розрахункової моделі верстатів. Кінематичні та силові граничні умови моделі верстатів типових відповідають реальним схемам закріплення із зовнішнім навантаженням та задавалися жорстким закріпленням по нижній поверхні основи верстатів типових, що еквівалентно встановленню верстатів типових на стіл верстата. Усі елементи верстатів типових жорстко зв'язані між собою шляхом об'єднання вузлів, а на поверхнях, які зв'язані одна з одною за рахунок дії сил тертя, встановлена можливість перемі-

щення з відповідним коефіцієнтом тертя між цими поверхнями. Можливі переміщення елементів верстатів типових із зазначенням типу контактів і характеристик контактних пар, а також коефіцієнтів тертя [4] між елементами.

За допомогою розрахункового комплексу ANSYS [21, 22] отримані результати переміщень та напружень, що виникають у конкретних деталях та в місцях їх контакту. Значення максимальних еквівалентних напружень, визначених за IV гіпотезою міцності Мізеса [23, 24], та максимальних переміщень, що виникли при моделюванні процесу механічної обробки зі сталі 45Л наведені у табл. 3.2. Як приклад, ілюстрації зі скінчено елементною сіткою, розрахунковими схемами навантажень, переміщеннями та напруженнями при обробці наведені на рис. 3.3 – 3.9. Для більш повного аналізу величини переміщень представлені ілюстрації переміщень за осями координат, де діють максимальні навантаження під час оброблення, що дає більш повне уявлення про характер зміни положення елементів ВП та впливу на точність. Як приклад, ілюстрації з розрахунковими схемами навантажень, переміщеннями та напруженнями.

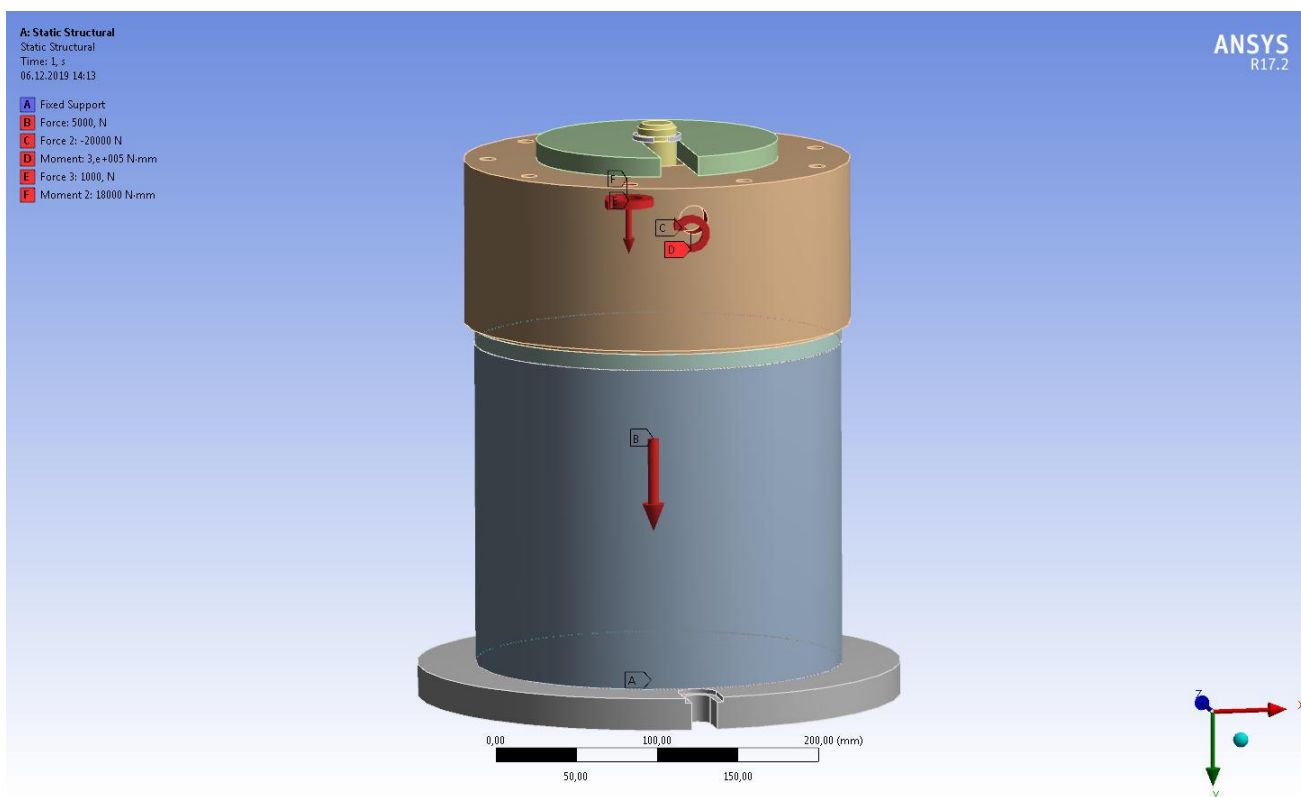


Рисунок 3.3 – Верстатний пристрій та деталь зі скінчено елементною сіткою

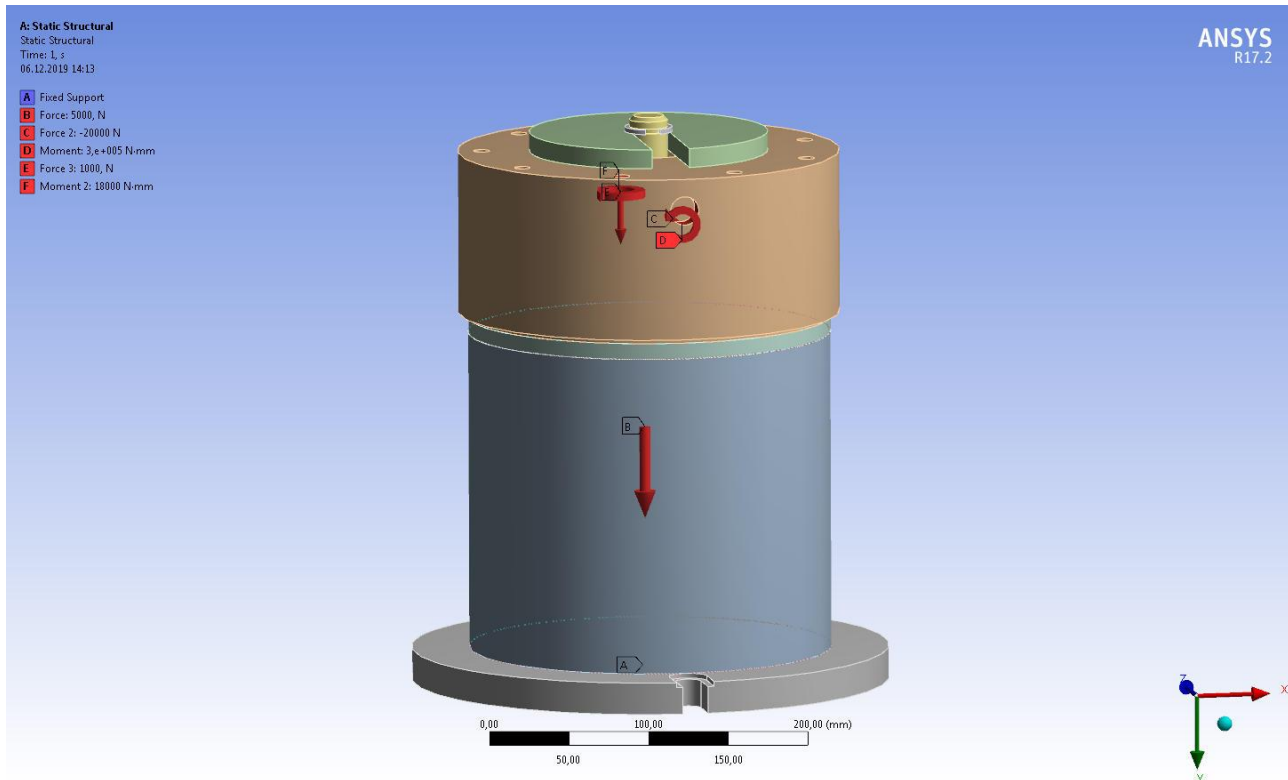


Рисунок 3.4 – Схема прикладення навантажень від сил закріплення та сил різання

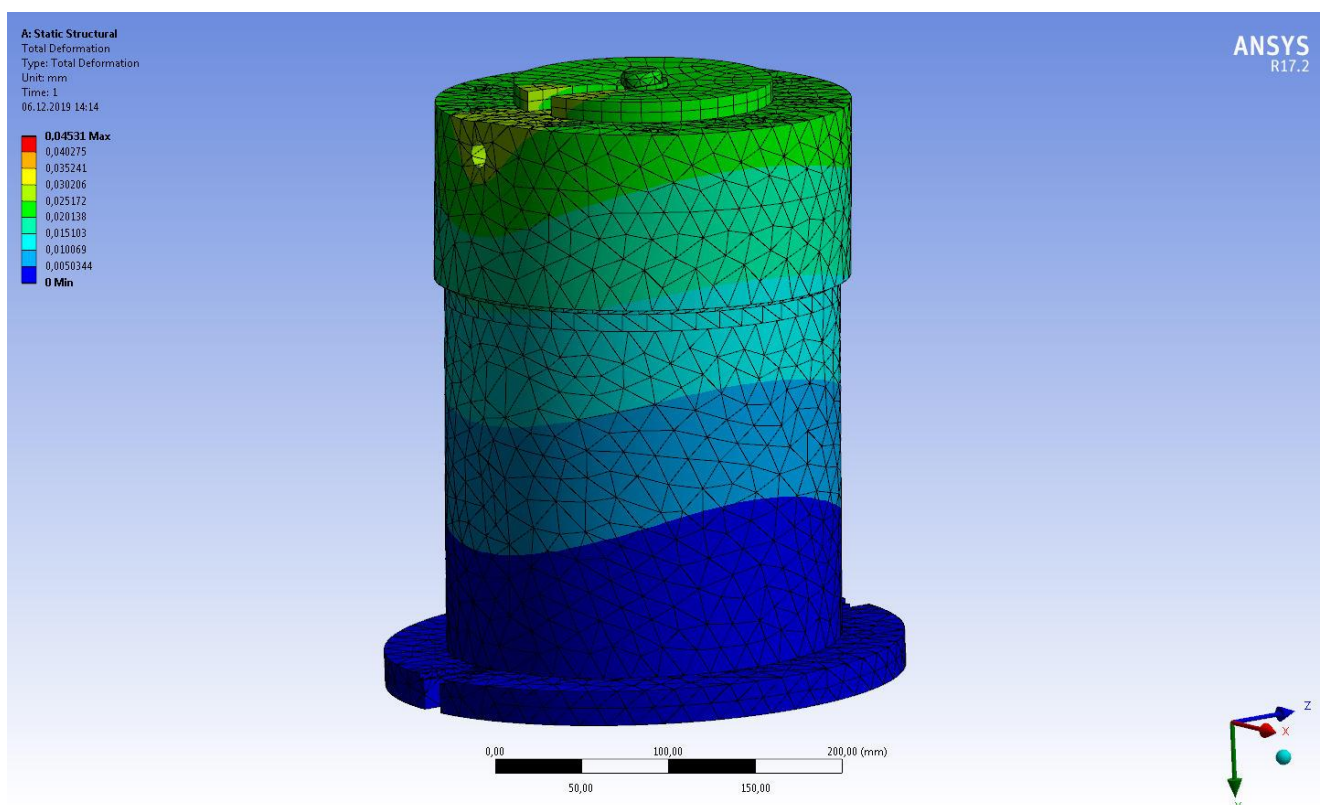


Рисунок 3.5 – Переміщення елементів системи «ВП-заготовка»

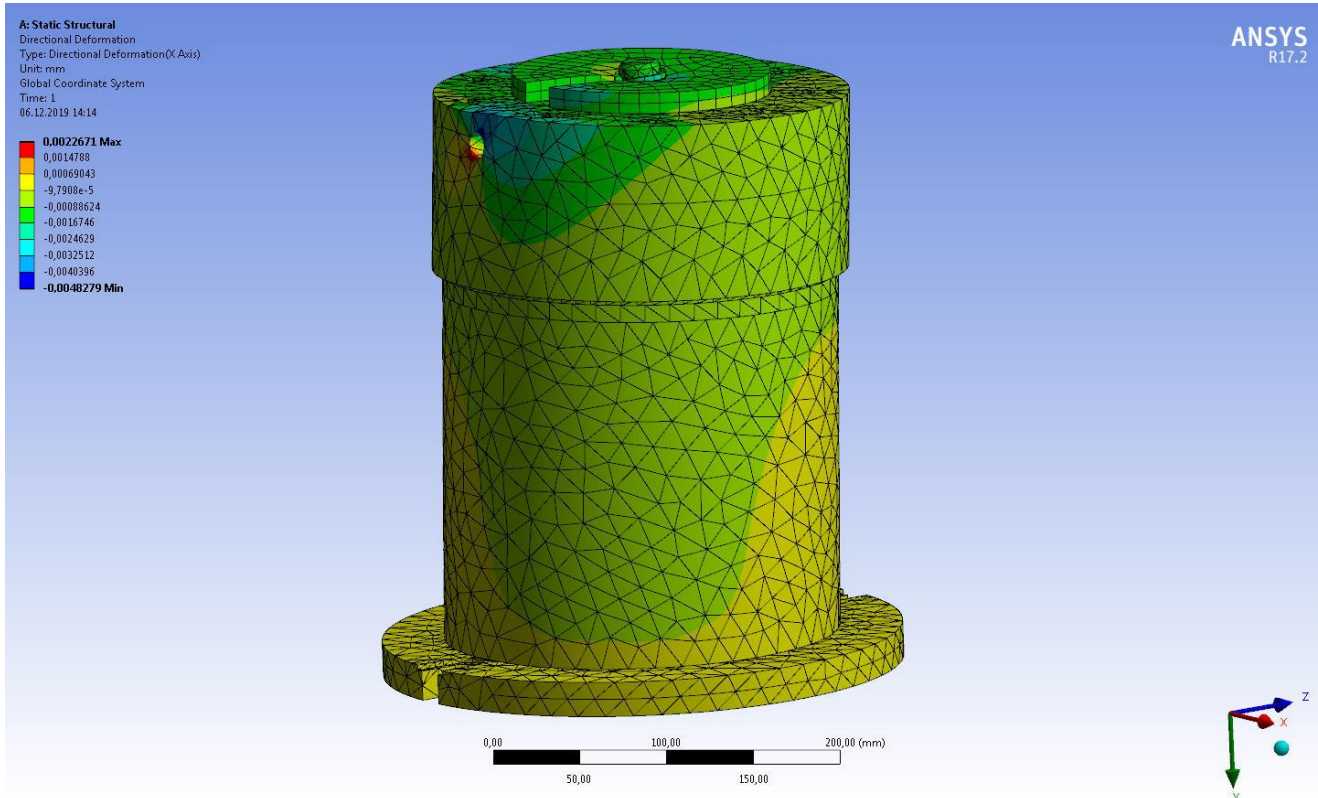


Рисунок 3.6 – Переміщення елементів системи «ВП-заготовка» по осі X

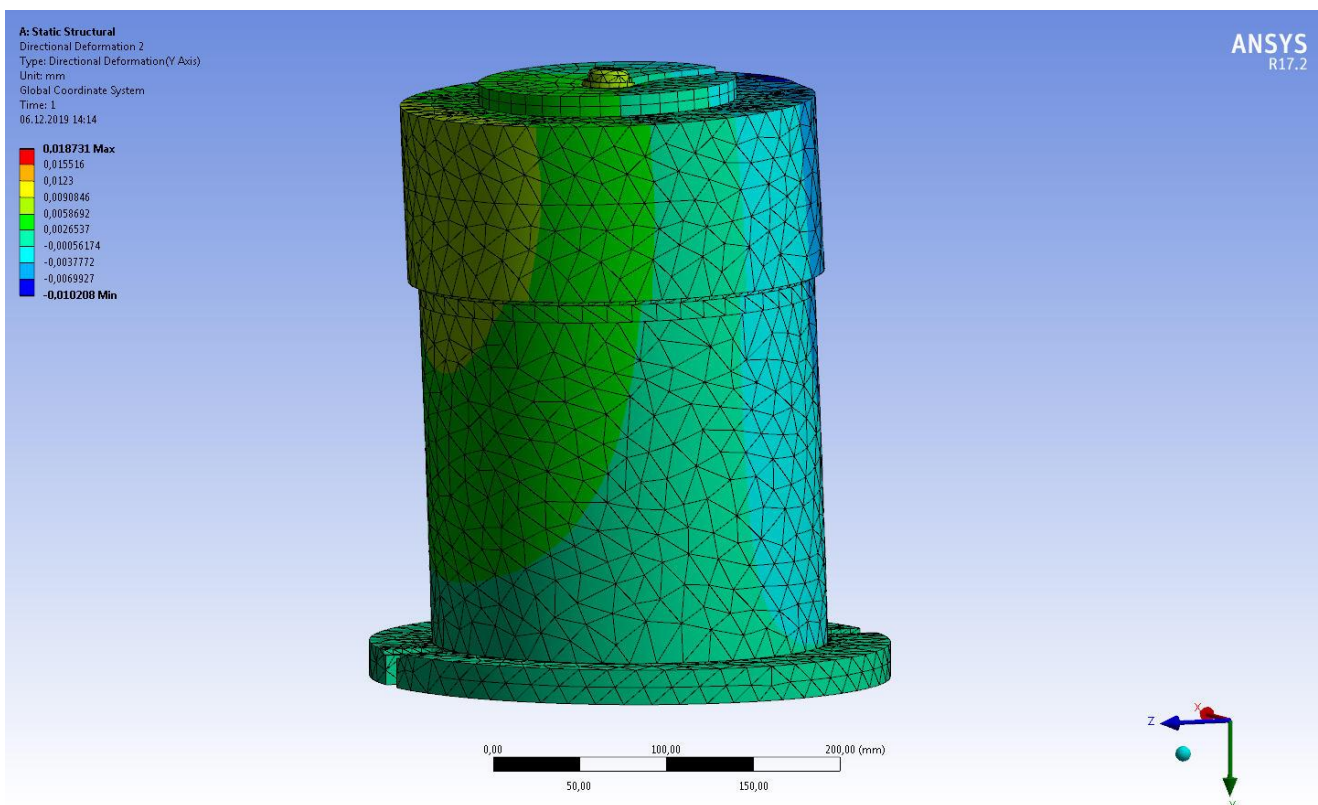


Рисунок 3.7 – Переміщення елементів системи «ВП-заготовка» по осі Y

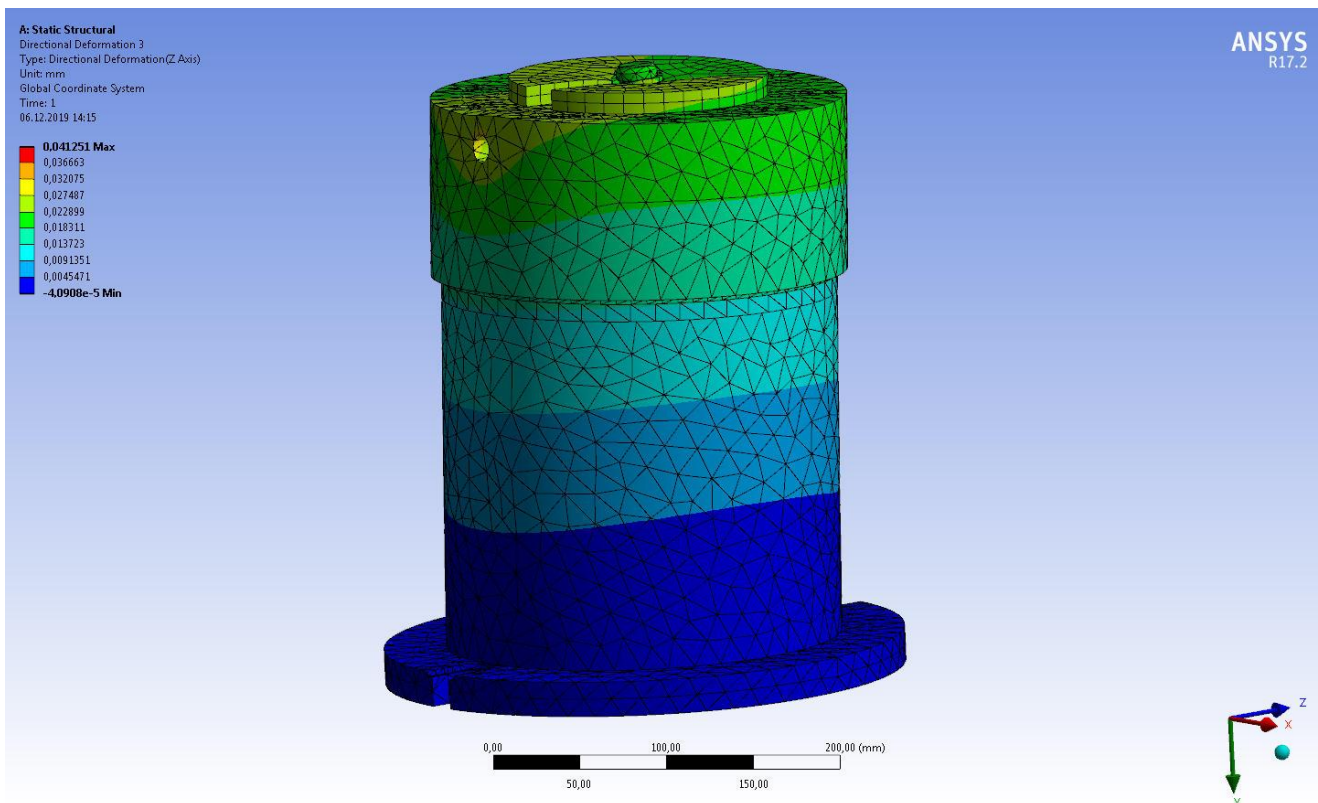


Рисунок 3.8 – Переміщення елементів системи «ВП-заготовка» по осі Z

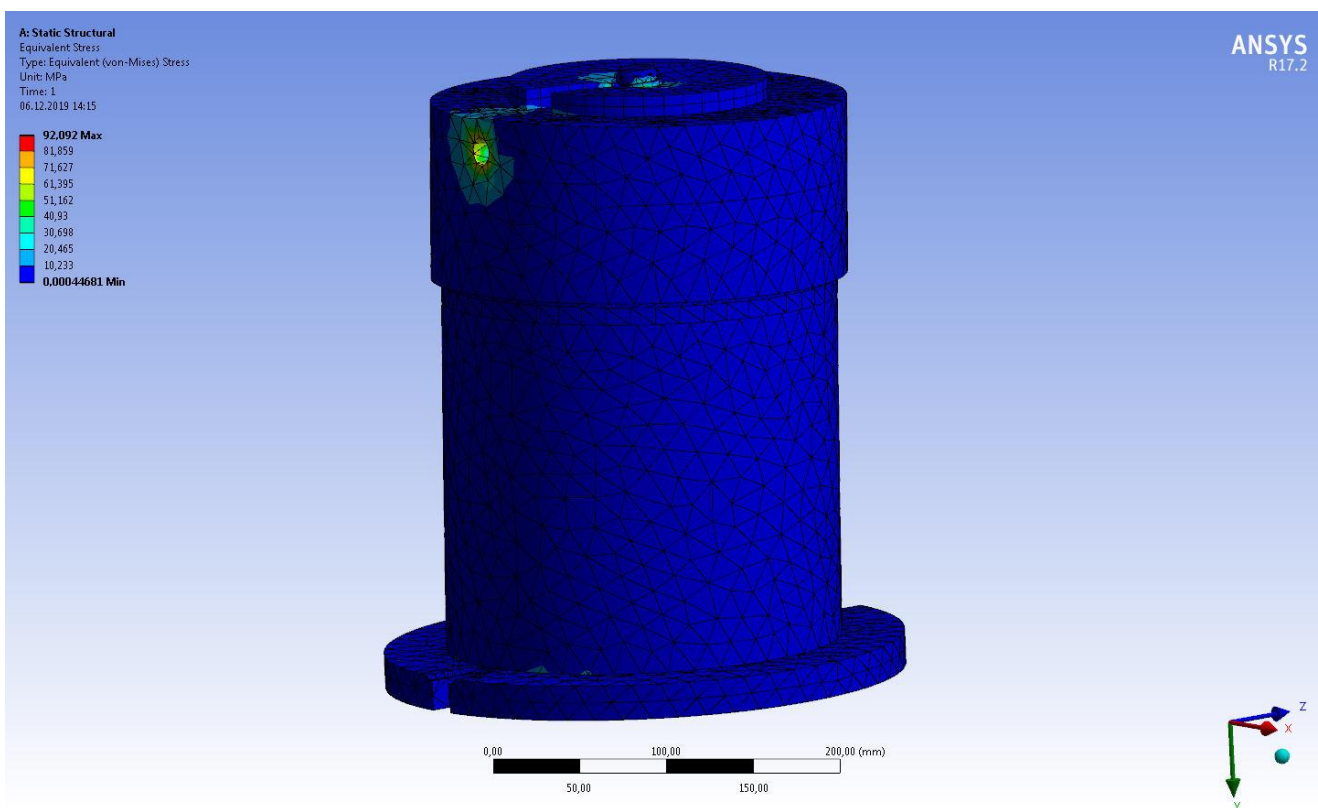


Рисунок 3.9 – Напруження елементів системи «ВП-заготовка»

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

Технологічний перехід	Максимальні переміщення, мм	Допустимі переміщення, мм	Максимальні напруження, МПа	Допустимі напруження, МПа
Свердління отвору Ø17,5мм	0,09	0,15	412	600
Свердління отвору Ø 7,8 мм	0,01	0,1	311	600
Нарізання різі M20	0,08	0,1	245	600

3.3 Модальний аналіз верстатного пристрою для комплексної з ЧПК операції

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

Результати аналізу дозволяють за необхідності відлаштуватися від резонансу (табл. 3.3). При розрахунках усі елементи верстатного пристрою зв'язувались між собою шляхом об'єднання вузлів. Для деяких поверхонь елементів верстатного пристрою передбачено можливість відносного переміщення аналогічно із дослідженнями НДС.

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

1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота, Гц	Частота процесу різання (при свердлінні отвору 7,8 мм), Гц
438	465	969	200

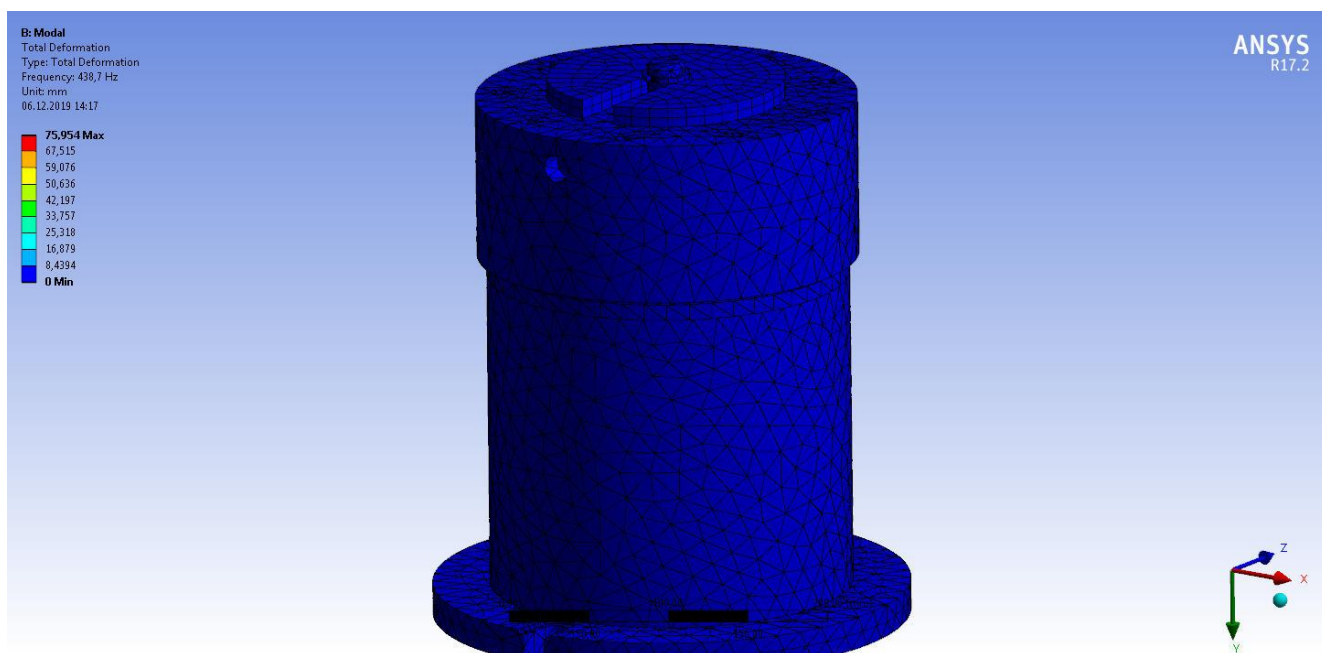


Рисунок 3.10 – Ілюстрація 1-шої частоти

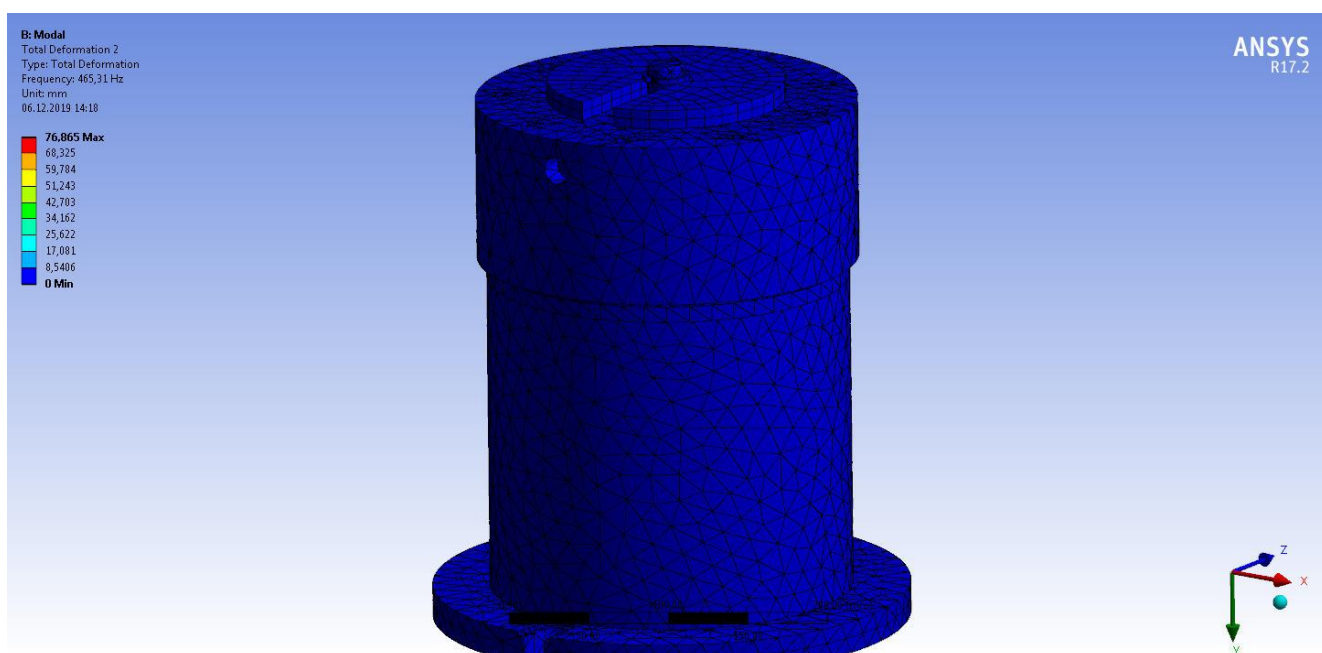


Рисунок 3.11 – Ілюстрація 2-ї частоти

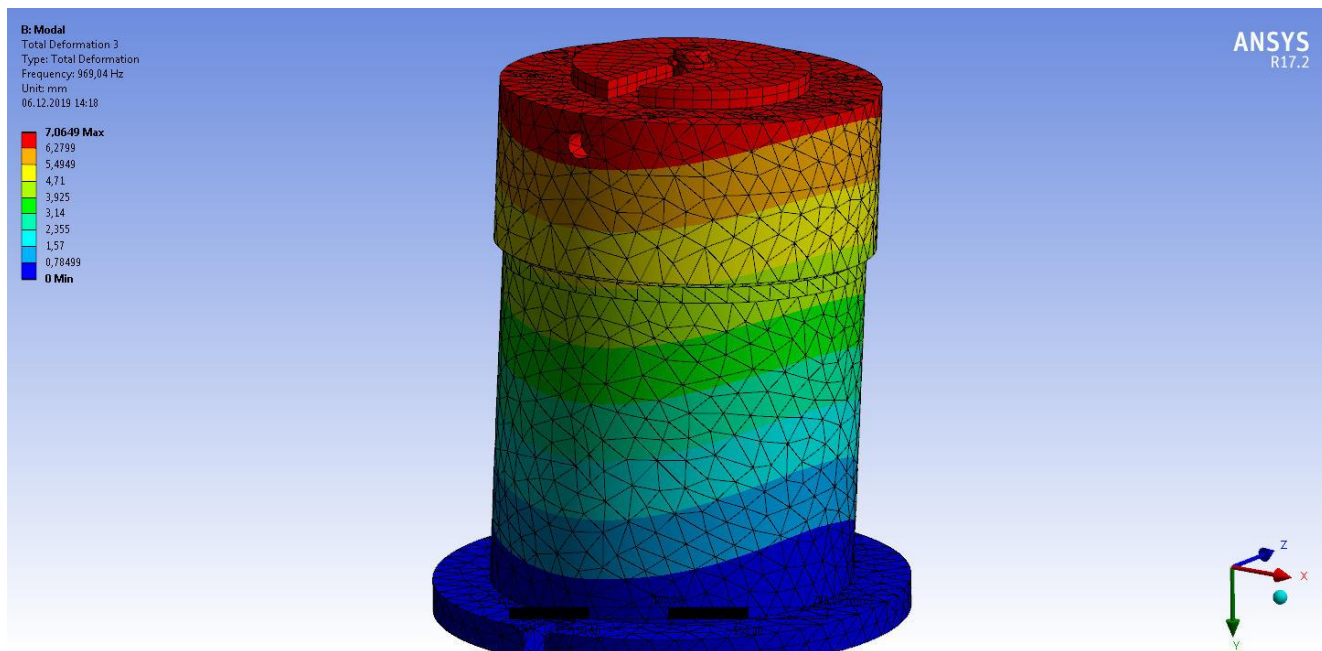


Рисунок 3.12 – Ілюстрація 3-ї частоти

Із табл. 3.3 видно, що для розробленого пристосування резонансу не виникає, оскільки перша критична частота власних коливань 438 в двічі з лишнім вища за максимальну частоту процесу різання.

Також із отриманих значень форм коливань 1-ї та 2-ї частоти (рис. 3.10 – 3.11) та їх величини та картини коливань, а також переміщень при цьому 438 Гц та 465 Гц відповідно дуже близькі за значеннями, отже це є доказом того, що розрахунки вірні та модель адекватна. Результати модального аналізу дозволяють висунути гіпотезу, що динамічна жорсткість розробленог опристосування є буде достатньою для проведення механічного оброблення без виникнення резонансних режимів.

3.4 Висновки

1. Запропоновано нову структуру комплексної з ЧПК операції, що включила в себе всі свердлильно-фрезерно-розточувальні операції на деталі та дозволила скоротити допоміжний, підготовчо-заклучний та штучний час, а також зменшити кількість обладнання та підвищити точність за рахунок зменшення кількості переустановлень.

2. Визначено максимальні величини переміщень та напружень у розробленій конструкції верстатного пристосування, та за порівняними результатами доведено можливість оброблення деталі корпус із досягненням точності за конструктором.

3. Виконаний модальний аналіз розробленого верстатного пристрою та визначені критичні частоти коливань, які порівняні із частотою процесу різання та встановлено, що при даних режимах оброблення резонанс не виникне.

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу МПО 10.00.02 шляхом оптимізації структури свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій.

У ході виконання дипломного проекту було виконано наступний обсяг роботи.

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

Виконано аналіз технологічності конструкції згідно єдиної системи технологічної підготовки виробництв.

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

Був визначений тип виробництва – дрібносерійний, зроблена його характеристика і визначена партія запуску штук.

В якості заготовки була прийнята лиття в кокіль, так як вона більш економічно-вигідна.

Розраховані припуски аналітичним способом розрахунково-аналітичним методом на внутрішню циліндричну поверхню.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК, а також об'єднані свердлильно-фрезерно-розточувальні операції в одну комплексну на оброблювальному центрі з ЧПК.

Спроектований верстатний пристрій для комплексної на оброблювальному центрі з ЧПК операції, який досліджений за параметрами напружено-

деформованого стану та виконано аналіз часто власних коливань.

У розділі «науково-дослідна частина» обґрунтовано досягнення точності, зменшення допоміжного та підготовчо-заключного часу на операціях механічного оброблення у розробленому верстатному пристрої.

До операцій 010 токарна з ЧПК та 045 зубодовбальна розроблені карти операційного налагодження.

У додатку «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок загально обмінної вентиляції, який дозволяє підібрати вентилятор для цеху.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Захаркин А.У. Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.
2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. — 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст]: в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. Колев Н. С. Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500.
9. Кушніров П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.

11. Дунаев И. М. Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.
12. Штейнберг Б. И. Справочник молодого инженера конструктора [Текст] Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.
13. Цейтлин Я. М. Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст] Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
14. Євтухов В. Г. Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст] В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.
15. Чумаков Г. С. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков.– Харьков, ХПИ , 1990. – 56 с.
16. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.
17. Юдин Е. Я. Охрана в машиностроении [Текст] : Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К.— М: Машиностроение, 1983. - 432 с.
18. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.
19. Бабаков А. А. Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.
20. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. –44 с.

21. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя : справочник : в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.

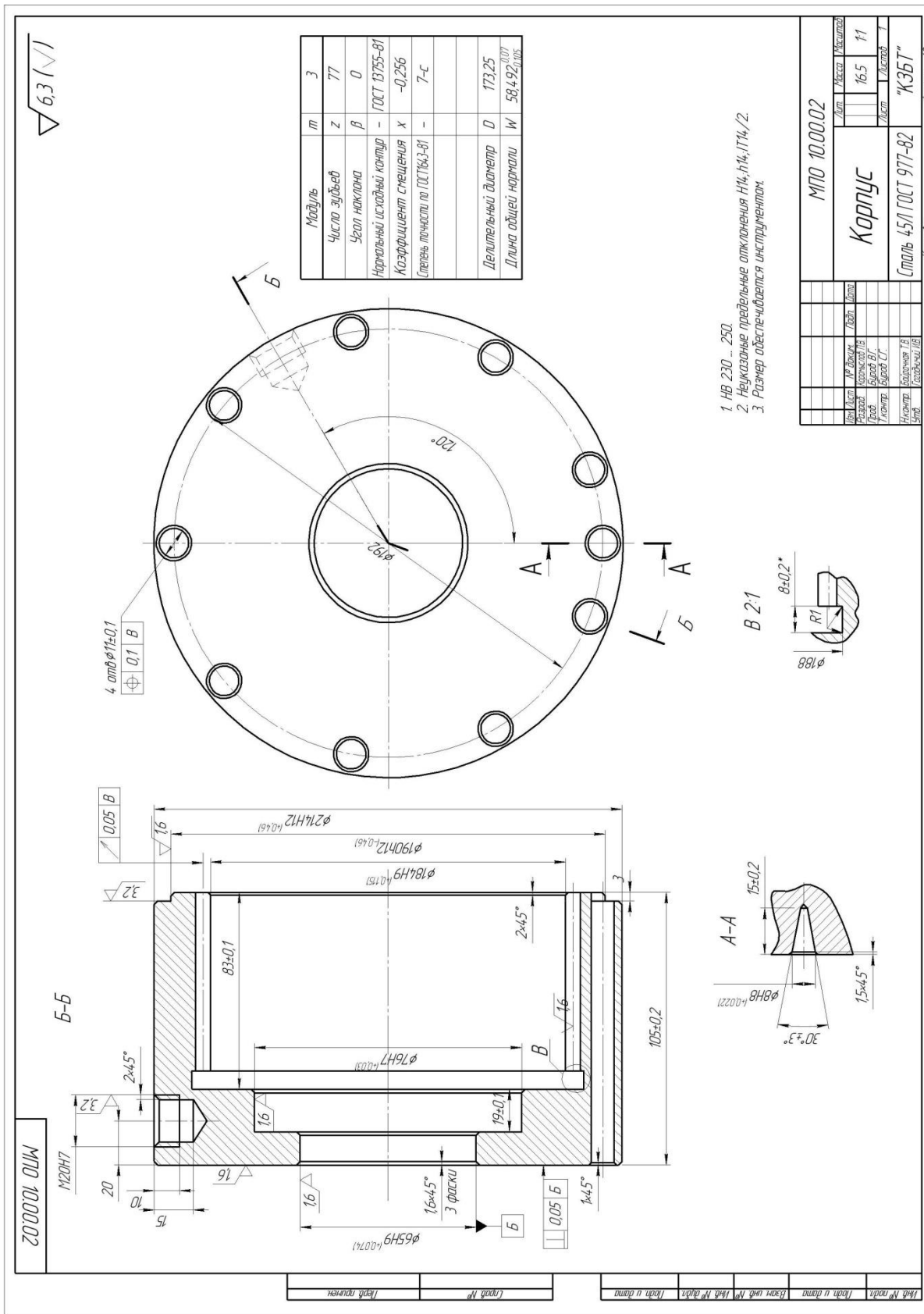
22. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. – М. : Мир, 1981. – 304 с.

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

24. Ильицкий В. Б. Станочные приспособления. Конструкторско–технологическое обеспечение эксплуатационных свойств / В. Б. Ильицкий, В. В. Микитянский, и др. М. : Машиностроение, 1989. – 208 с.

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ КОРПУС



ДОДАТОК Б

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Б.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Корпус»

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

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

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

Технологічний процес обробки деталі «Корпус» здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

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

Тип виробництва – багатомноменклатурний. Обладнання розставлено за групою ознакою.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва

використовується тара-контейнери, виготовлені відповідно до ГОСТ 14861. Згідно ГОСТу контейнери використовуються для заготовок і деталей: Тара 1-1-100-80.

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

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

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертювим інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
- можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;
- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантажень гранично допустимих значень;
- розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її об-

слуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).

– замикання електричного ланцюга на металеві нетоковедущі частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежної 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 ЗОР.

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 ЗОР має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. ЗОР 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 корпус виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях 4.1 та 4.2.

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:

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

- для забезпечення безпечного руху наземного транспорту транспортні шляхи встановлюються відповідно до СНиП 2.05.02 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 оброблюва-

них деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати МОР;

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

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

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

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

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

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

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робочих місцях	Швидкість руху (м/сек.) робочих місцях -
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		

						постійних і непостійних	постійних і непостійних
Холодний період руху	Середньої важкості Пб	20	19	18	14	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості Пб	22	25	20	20	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

Б.2 Розрахунок повітря робочої зони, розрахунок загальнообмінної вентиляції

Вихідні дані:

Розміри цеху 24 x12 x5 м.

Стіни цеху цегляні, перекриття – залізобетонне.

У цеху 24 вікон розміром 1x1 м з подвійним склом та двоє воріт розмірами 3,5x3 м, аераційні ліхтарі площею 245 м².

У цеху встановлено 4 шліфувальних, 3 токарних, 1 зубодовбальний та 5 фрезерних верстатів загальною потужністю 120 кВт/год.

Потужність світильників загального освітлення 15 кВт/год.

У цеху одночасно працює 5 чол.

У цех надходить ззовні 2400 кг/год.

Температура зовнішнього повітря для холодного періоду

$t_3 = -14$ °С; для теплого періоду $t_3 = + 25$ °С.

Розрахунок за надлишковим тепловиділенням.

Повітрообмін для видалення надлишкового тепла визначається за формулою:

$$L = \frac{Q_{\text{надл}}}{c \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}})} \quad (\text{Б.1})$$

Визначення надлишкового тепловиділення $Q_{\text{надл}}$:

$$Q_{\text{надл}} = Q - Q_{\text{вих}}, \quad (\text{Б.2})$$

де Q – загальна кількість тепла, що надходить до приміщення;
 $Q_{\text{вих}}$ – загальна кількість тепла, що відводиться з приміщення.

$$Q = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{сон}} + Q_{\text{л}} \quad (\text{Б.3})$$

де $Q_{\text{дв}}$ – виділення тепла від електродвигунів верстатів;
 $Q_{\text{осв}}$ – виділення тепла від освітлюваних приладів;
 $Q_{\text{сон}}$ – виділення тепла від сонячної радіації;
 $Q_{\text{л}}$ – виділення тепла від працюючих людей.

$$Q_{\text{вих}} = Q_{\text{дод}} + Q_{\text{втр}} \quad (\text{Б.4})$$

де $Q_{\text{дод}}$ – втрати тепла на нагрів повітря, яке надходить у приміщенні;
 $Q_{\text{втр}}$ – втрати тепла через конструкції цеху.

$$Q_{\text{дв}} = N \cdot 860 \cdot \Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4, \text{ кКал/год} \quad (\text{Б.5})$$

де ΣN – сумарна потужність двигунів;
860 – теплоелектричний еквівалент,
 Ψ_1 – середній ККД електродвигунів;
 Ψ_2 – коефіцієнт використання двигунів;
 Ψ_3 – коефіцієнт одночасності роботи двигунів;
 Ψ_4 – коефіцієнт, який характеризує перехід механічної енергії в теплову.
При роботі обладнання без спеціального охолодження:

$$\Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4 = 0,25 \quad (\text{Б.6})$$

При роботі обладнання з охолодженням:

$$\Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4 = 0,1. \quad (\text{Б.7})$$

Тоді за формулою 4.5:

$$Q_{\text{дв}} = 120 \cdot 860 \cdot 0,1 = 10320 \left(\frac{\text{кКал}}{\text{год}} \right)$$

$$Q_{\text{осв}} = N \cdot 860 = 15 \cdot 860 = 12900 \left(\frac{\text{кКал}}{\text{год}} \right)$$

$$Q_{\text{сон}} = Q_o + Q_n \quad (\text{Б.8})$$

де $Q_o = q_o \cdot A_o \cdot F_o$ – надходження тепла через засклені отвори;
 $Q_n = q_n \cdot K_n \cdot F_n$ – надходження тепла через перекриття цеху;
 q_o, q_n – величини радіації;
 F_o, F_n – площі засклених поверхонь та перекриття відповідно, (м^2);
 A_o - коефіцієнт, який враховує вид заскленних отворів,
 A_o для вікон = 1,15;
 A_o для ліхтарів = 0,8;
 K_n – коефіцієнт теплопередачі перекриття.

Тоді за формулою 4.8:

$$Q_o = 12 \cdot 24 \cdot 6 \cdot 1,15 + 160 \cdot 245 \cdot 0,8 = 50335 \text{ (кКал/год)}.$$

$$Q_n = 18 \cdot 0,75 \cdot (24 \cdot 12 - 245) = 580,5 \text{ (кКал/год)}.$$

$$Q_{\text{сон}} = 50335 + 580,5 = 50915,5 \text{ (кКал/год)}.$$

Виділення тепла від працюючих людей :

$$Q_{\text{л}} = 5 \cdot 225 = 1125 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.9})$$

Сумарне надходження тепла:

– для холодного періоду $Q = 10320 + 12900 + 1125 = 24345 \text{ (кКал/год)}$;

– для теплого періоду $Q = 24345 + 50915,5 = 75260,5$ (кКал/год).

Втрати тепла на нагрів повітря, яке надходить у приміщення.

$$Q_{\text{доо}} = 0,24 \cdot G (t_6 - t_3) = 0,24 \cdot 2400 \cdot (25 + 14) = 22464 \text{ (кКал/год)} \quad (\text{Б.10})$$

Втрати тепла через конструкції цеху.

$$Q_{\text{втр}} = F \cdot n \cdot K_n \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \quad (\text{Б.11})$$

де F – площа поверхні конструкцій цеху, (м^2);

$n = 0,6$ – коефіцієнт;

K_n – коефіцієнт тепловіддачі конструкцій.

Втрати тепла через конструкції цеху розраховуємо тільки для холодного періоду року.

Для засклених отворів:

$$Q_{\text{втр}} = (120 + 245) \cdot 0,6 \cdot 2,5 \cdot (25 + 14) = 21352 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.12})$$

Для воріт:

$$Q_{\text{втр}} = 21 \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot (25 + 14) = 2456 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.13})$$

Для підлоги:

$$Q_{\text{втр}} = 3500 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot (25 + 14) = 15561 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.14})$$

Для стін:

$$Q_{\text{втр}} = 1540 \cdot 0,6 \cdot 0,67 \cdot (25 + 14) = 24144 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.15})$$

Для стелі:

$$Q_{втр} = 3255 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot (25 + 14) = 57124 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.16})$$

Сумарні втрати:

$$Q_{втр} = 21352 + 15561 + 24144 + 57124 = 120639 \text{ (кКал/год)}. \quad (\text{Б.17})$$

Розрахунок надлишкової кількості тепла визначаємо за формулою Б.2:

- для холодного періоду року

$$Q_{надл} = 24345 - 75260,5 - 22464 = -733579,5 \text{ (кКал/год)}$$

- для теплого періоду

$$Q_{надл} = 77141,5 \text{ (кКал/год)}.$$

Визначення необхідного повітрообміну при виділенні тепла:

$$L = \frac{Q_{надл}}{c \cdot \rho_{пр} \cdot (t_{вид} - t_{пр})} = \frac{77141,5}{0,24 \cdot 1,18 \cdot (12 - 6)} = 45539 \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (\text{Б.18})$$

де $\rho_{пр} = 1,18 \text{ (кг/м}^3\text{)}$;

$$t_{вид} = t_{р.з.} + \Delta t \cdot (H - 2) = 12 + 2 \cdot (5 - 2) = 18 \text{ (}^\circ\text{C)}; \quad (\text{Б.19})$$

де $t_{р.з.}$ – температура повітря в робочій зоні, С;

$\Delta t = (1 \div 5)^\circ\text{C/м}$ – температурний градієнт;

H – висота приміщення, м.

Розрахунок за забруднюючими речовинами

Розрахунок необхідного повітрообміну для видалення забруднюючих речовин проводиться за формулами [44]

Знайдемо об'єм приміщення, який припадає на одного працюючого:

$$V^1 = \frac{24 \cdot 12 \cdot 5}{5} = 29 \text{ (м}^3\text{/люд).} \quad (\text{Б.20})$$

Таким чином, розрахунок за формулою [44] $L_H = N \cdot L_1$ не проводимо.

Розрахунок по пилу чавуну проводимо за формулою:

$$L_H = \frac{G}{C_{\text{вид}} - C_{\text{спр}}} = \frac{3 \cdot 2 + 5 \cdot 12}{0,006 - 0} = (11000 \text{ м}^3\text{/год).} \quad (\text{Б.21})$$

Дані по виділенню пилу беремо з [44]. При наявності місцевих пиловідсмоктувачів у розрахунку візьмемо 10% від табличних даних.

Розрахунок по аерозолі емульсола:

$$L_H = \frac{G}{C_{\text{вид}} - C_{\text{спр}}}. \quad (\text{Б.22})$$

$$L_H = \frac{3 \cdot 20 + 5 \cdot 100}{5 - 0} = (11200 \text{ м}^3\text{/год}).$$

Сумарний повітрообмін по забруднюючим речовинам

$$L_H = 11200 \text{ (м}^3\text{/год).}$$

Таким чином, вибір вентилятора для механічної вентиляції виконуємо з розрахунку видалення надлишкового тепла $L = 45539 \text{ м}^3\text{/год.}$

Б.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

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

Основними, найбільш частими причинами виникнення пожеж і вибухів є:

- необережне поводження з відкритим вогнем при палінні, користуванні палаючими сірниками, при роботі з ковальськими горнами, зварювальними апаратами та паяльними лампами, при розведенні багать і т.д.;
- несправність або перевантаження електрообладнання або електричної мережі;
- несправність виробничого обладнання та порушення технологічного процесу;
- вибухи газоповітряних, пароповітряних сумішей пилю і т.д.;
- самозаймання горючих або хімічних речовин;
- загоряння матеріалів внаслідок грозових розрядів, розрядів статичної електрики.

У разі виникнення пожежі потрібно знати план евакуації показаний на рисунку 4.1. Який відповідно до Правил пожежної безпеки ППБ 01-2003, в кожному приміщенні, де одноразово перебувають понад 10 осіб, на видному місці повинен бути вивішений схематичний план евакуації людей при пожежі.

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



Рисунок Б.1 – План евакуації

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

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

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

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

Евакуація в надзвичайних ситуаціях.

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

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень інших поверхів в сходову клітку (безпосередньо, зокрема через хол або через коридор), яка має мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від примикаючих коридорів перегородками з дверима;
- з приміщень в сусіднє приміщення в тому ж поверсі, забезпечене вказаними вище виходами.

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

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

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

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

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

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

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

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

Б.4 Висновки

- Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Корпус» та визначені шляхи щодо їх усунення.
- Виконаний розрахунок загально обмінної вентиляції, який дозволяє підібрати вентилятор для цеху, де виготовляється деталь «Корпус», що буде забезпечувати достатній рух повітря у цеху.
- Проведений аналіз безпеки у надзвичайних ситуаціях та розроблений план евакуації приміщення.