

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: «Проект механообробної дільниці по виготовленню деталі
«Корпус» з детальною розробкою технології, інструменту та пристосувань»

Пояснювальна записка

Виконав: студент 2 курсу, групи 2ІМс
Спеціальності 131-Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Гончар В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Сімінченко І.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Селівертов І.А.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2024

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						1
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Херсонський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

- Інститут, факультет, відділення інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
- Освітньо-кваліфікаційний рівень
- Напрямок підготовки
- Спеціальність 131- Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової
комісії

Д.О. Дмитрієв

« » 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Гончару Віктору Вікторовичу

1. Тема проекту «Проект механообробної ділянки з виготовлення деталі опора з детальною розробкою технології, інструменту і пристосувань».

Керівник проекту (роботи) Сімінченко Ігор Павлович

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

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від 15 січня 2024 року № 17-с.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.06.2024 р.

2. Вихідні дані по проекту (роботи) робоче креслення деталі опора, технічні вимоги до конструкції деталі опора, річна програма випуску 2000 шт., типовий технологічний процес, спосіб отримання заготовки, вимоги до матеріалу деталі, наявний верстатний парк механообробного підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз технологічності конструкції деталі, проектування конструкції заготовки, проектування технологічного процесу виготовлення

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		2

деталі, визначення припусків для технологічних переходів, призначення режимів різання, нормування технологічних операцій, проектування верстатного пристрою та нестандартного металорізального інструменту, компоновка механообробної ділянки цеху

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Аналіз сучасного стану по темі роботи	Сімінченко І.П.	28.02.24	28.02.24
Технологічне забезпечення	Сімінченко І.П.	15.02.24	15.02.24
Конструкторське забезпечення	Сімінченко І.П.	01.04.24	01.04.24
Проектування механообробної ділянки	Сімінченко І.П.	30.04.24	30.04.24
Охорона праці	Кузнєцов С.І	05.04.24	05.04.24

Дата видачі завдання 28.02.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної Роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір і огляд літератури	15.02.24	
2	Технологічний розділ (проектування конструкції заготовки, проектування операційного технологічного процесу, визначення припусків та режимів різання)	01.04.24	
3	Конструкторський розділ (проектування верстатних пристосувань та інструменту)	30.04.24	
4	Розділ організації виробництва та проектування дільниці механообробного цеху	05.06.24	
5	Розділ з охорони праці та безпеки життєдіяльності	05.6.24	
6	Оформлення ПЗ і плакатів	09.06.24	
7	Завершення оформлення проекту	10.06.24	

Студент _____ Гончар В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Сімінченко І.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						4
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційну випускную роботу бакалавра присвячено проектуванню механообробної дільниці з виготовлення деталі «Корпус» в умовах машинобудівного виробництва із застосуванням верстатів з ЧПК та імітаційного моделювання сучасними засобами САПР. Проаналізовано стан технічних задач щодо корпусних деталей, які вимагають застосування програмно-керованої обробки верстатними комплексами. Здійснено технологічно-конструкторську підготовку виробництва деталі «Корпус» для середньо серійного типу виробництва. Розроблено робочі креслення та твердотільні моделі верстатного пристосування та металорізального інструменту для фрезерних операцій. Спроековано механообробну дільницю з застосуванням прикладного середовища імітаційного моделювання Siemens TECNOMATIX Plant Simulation.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра складається з вступу, 6 розділів, висновків та додатків, Містить 97 сторінок тексту, 53 рисунків, 11 таблиць та 21 використаних джерел інформації.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						5
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
РОЗДІЛ 1. Опис, призначення, застосування та аналіз торцевої фрези в операціях фрезерування	9
1.1. Визначення та основні характеристики торцевої фрези	9
1.2. Види, призначення та основні області застосування торцевих фрез в процесах фрезерування	11
РОЗДІЛ 2. Технологічний розділ	20
2.1. Опис конструкції, службового призначення і умови роботи деталі «Корпус»	20
2.2. Визначення типу виробництва і його характеристика	22
2.3. Аналіз технологічності конструкції деталі	24
2.4. Вибір виду і методу отримання заготовки	25
2.5. Розробка маршрутного технологічного процесу механічної обробки деталі	31
2.6 Детальна розробка операцій	34
РОЗДІЛ 3. Конструкторський розділ	44
3.1. Опис, призначення конструкції та моделювання різального інструменту	44
3.2. Аналіз інноваційних можливостей для удосконалення торцевої фрези	46
3.3. Розрахунок на міцність торцевої фрези в САЕ системах (SolidWorks)	48
РОЗДІЛ 4. Проект і аналіз віртуальної ділянки виготовлення деталі «Корпус»	51
4.1. Загальний огляд сучасних технологій роботизації в машинобудуванні.	51
4.2. Визначення площі ділянки	56
4.3. Огляд проекту віртуальної ділянки в Siemens Tecnomatix Plant Simulation	57

4.4. Визначення продуктивності праці	59
РОЗДІЛ 5. Програмування однієї операції в САМ системі по деталі «Корпус»	65
5.1. Застосування САМ системи в процесі виробництва.	65
5.2. Програмування окремих операцій для обробки деталі «Корпус».	71
РОЗДІЛ 6. Охорона праці	76
6.1 Організація охорони праці на підприємстві	76
6.2 Значення виробничого освітлення для забезпечення продуктивності і безпеки праці. Існуючі види та системи освітлення	78
6.3 Вібрації як негативний чинник виробничого процесу. Класифікація вібрацій	79
6.4 Інфра- та ультразвук. Параметри інфра- та ультразвукових коливань. Джерела ультра- та інфразвукових коливань	81
Висновки	84
Список використаних джерел	85
Додатки	88

ВСТУП

У будь-якій розвиненій країні машинобудування - це одна з провідних галузей промисловості. Рівень його розвитку є одним з основних показників економічного розвитку країни. Створюючи знаряддя праці для різних галузей господарства і предмети споживання для населення, машинобудування реалізує досягнення науково-технічного прогресу і забезпечує комфортні умови життя людей.

Машинобудування є надзвичайно складною галуззю, до якої входять декілька десятків спеціалізованих галузей. Залежно від продукції, що випускається, вони об'єднуються у групи: важке, транспортне, сільськогосподарське, точне машинобудування, верстатобудування.

Спеціалізація у машинобудуванні визначається профілем машинобудівних підприємств та характером продукції: масовим, велико-, дрібносерійним, індивідуальним. Спеціалізація є предметна (випуск продуктів), технологічна (спеціалізація на випуску напівфабрикатів), подетальна (випуск деталей, вузлів, агрегатів для комплектування).

У дипломному проекті передбачаємо розробку технологічного процесу механічної обробки деталі «Корпус» з урахуванням сучасних вимог виробництва.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						8
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОПИС, ПРИЗНАЧЕННЯ, ЗАСТОСУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ В ОПЕРАЦІЯХ ФРЕЗЕРУВАННЯ

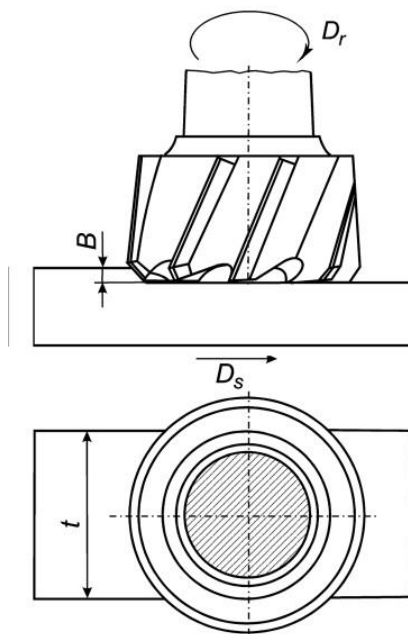
1.1. Визначення та основні характеристики торцевої фрези

Торцева фреза - це ріжучий інструмент, призначений для обробки торцевих поверхонь матеріалів шляхом видалення частини матеріалу за допомогою обертання фрези. На відміну від циліндричної фрези, яка використовується переважно на горизонтально-фрезерному верстаті, торцева фреза використовується на пристрої з вертикальним фрезеруванням. У торцевої фрези вісь обертання ставиться під кутом в 90 градусів щодо площини заготовки, що розточується в даний момент (рис.1.1).



Рисинок 1.1 – Різноманітність фрез

Порівняно з циліндричними фрезами, у яких всі робочі точки граней, що розрізають, беруть участь безпосередньо в шліфуванні і пропилюванні оброблюваної поверхні, торцева фреза працює в основному лише верхівками розрізаючих кромки. Торцеві розрізні грані виконують завершальну стадію обробки. Основна стадія торцювального фрезерування - завдання бічних кромки, що розрізають, наявних із зовнішніх сторін (рис. 1.2).



Рисинок 1.2 – Принцип роботи фрези

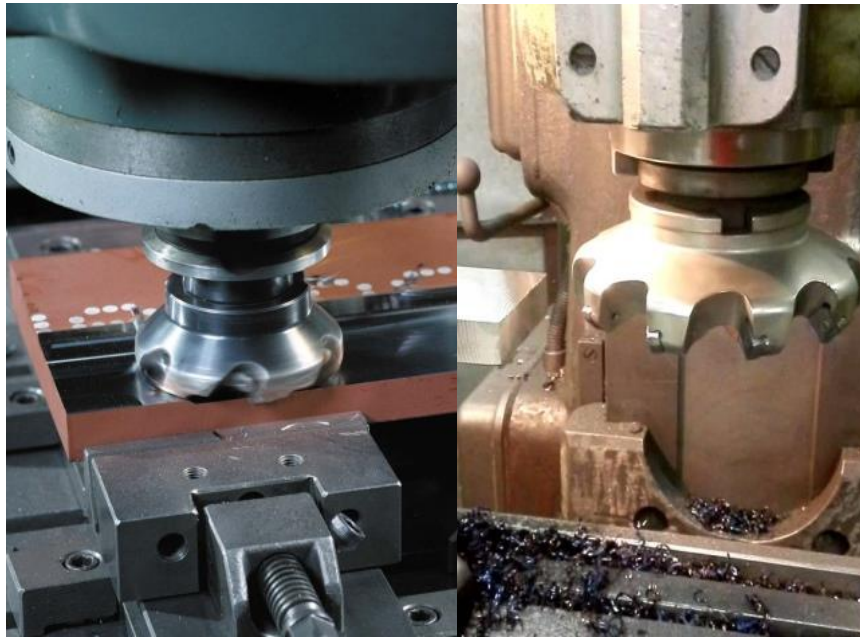
На кожному із зубів торцевої фрези верхівки кромки, що розрізають – профілеутворюючі. Форма цих крайок приймає різні контури, задані виробником (рис. 1.3) [13]. Реально у справі використовуються торцеві фрези, що мають ріжучі кромки у вигляді ламаного або рівного кола. Кут на торцевій фрезі дорівнює 45-90 градусів. Найбільш поширені ріжучі кромки з Φ -кутом 45-60 градусів. Чим менший цей кут, тим більш стійкою та довговічною є фреза.



Рисинок 1.3 – Види фрез

Торцева фреза дає можливість працювати чітко та акуратно навіть при незначній ширині відбортуння. Справа в тому, що ширина цього припуску не впливає на кут зіткнення, а залежить від ширини зони обточування і діаметра робочої частини інструменту. Торцювальна фреза має підвищену

вагу і жорсткість, чого не скажеш про циліндричні інструменти (рис. 1.4). Висока масивність і міцність дає додаткові можливості для нанесення на фрезу більш твердих покриттів (або припаювання більш твердих зубців) - наприклад, алмазного напилення



Рисинок 1.4 – Види фрез

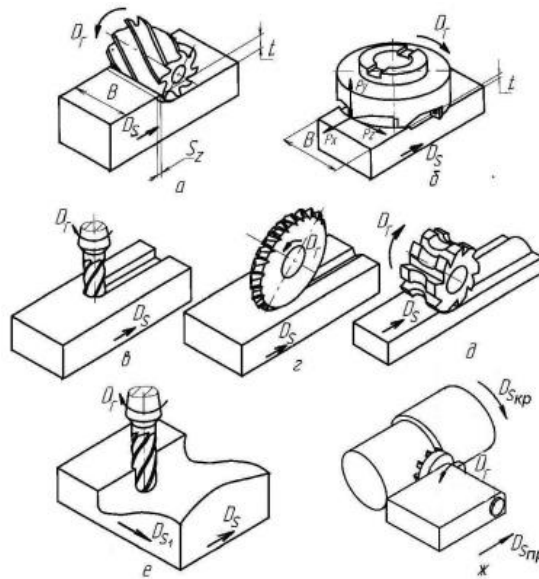
Закріплюється така фреза в патроні приводу надійніше, ніж розхідники, які не мають збільшеної ваги. У порівнянні з циліндричними фрезами, торцеві дозволяють обробити більше деталей. На поверхні такі фрези працюють довше. Вони збільшують кількість оброблених деталей, у тому числі і в одиницю часу, що позитивно впливає на виробничі процеси та ефективність відділу підприємства, функції яких – фрезерування[13].

1.2 Види, призначення та основні області застосування торцевих фрез в процесах фрезерування

Торцева фреза – інструмент, що класифікується по виконанню конструкції та типу кріплення, за матеріалом частини, що розрізає, і методом закріплення в патроні фрезерувального верстата.

Конструкція різних торцевих фрез відрізняється:

- напрямом зубців, що розрізають, – за годинниковою або проти годинникової стрілки (рис. 1.5)



Рисинок 1.5 – Види фрез

- їх взаємним розташуванням – на основному шипі розташовується інший, менший за товщиною та/або у напрямку зуб(рис. 1.6)



Рисинок 1.6 – Види фрез

- кількістю зубів – їхня кількість залежить від діаметра (рис. 1.7)



Рисинок 1.7 – Види фрез

- периметр зуба в поздовжньому (перпендикулярному осі хвостовика фрези) є рівнобедреним, близьким до правильного багатокутника(рис. 1.8)



Рисинок 1.8 – Види фрез

Плоскаторцеві фрези застосовуються у вибірці, розкроюванні та чорновому обточуванні деталей. Кінець фрези в поздовжньому розрізі є П-подібною конструкцією. Хвостовик має діаметр близько декількох міліметрів – товщина «хвоста» достатня, щоб розхідник в цілому витримав поздовжньо-поперечні, динамічні навантаження, що виникають на початку і по закінченні обточування(рис. 1.9)



Рисинок 1.9 – Види фрез

За матеріалом різальної частини:

Матеріал для різальних кромek фрези вибирається виходячи з матеріалу оброблюваних деталей та швидкості обертання розхідника. Робота на невеликій швидкості та уповільненій подачі заготовок вимагає легованої та швидкорізальної сталі марок P18, ХГ, ХВ9, 9ХС, ХВГ, ХВ5. Фрезерування

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		13

жаростійких і жароміцних сталей, нержавіючої сталі (остання дуже в'язка і ускладнена в обточуванні) вимагає інші швидкорізальні (інструментальні) марки сталей Р9К5, Р9К10, Р18Ф2, Р18К5Ф2[14].

Підвищення ударності при фрезеруванні вимагатиме сталі марки Р10К5Ф5. Фреза, що обробляє скло, кераміку, загартовану сталь та інші особливо тверді матеріали має алмазне напилення. Заводам промислові алмази якраз по кишені – їхнє придбання швидко окупається значними партіями виробів (рис. 1.10)



Рисинок 1.10 – Фреза з алмазним напиленням

Чистова обробка вимагатиме кобальтовмісну сталь з підвищеним відсотком карбідів і зниженою кількістю самого кобальту (як для свердлів). Марки цих сталей – ВК2, ВК3 Т15К6 та кілька схожих. Чорнова і напівчистова обробка тягне за собою використання фрези, чия сталь краще збагачена кобальтом. Справа в тому, що кобальт підвищує пластичність (і зменшує ламкість) сталі, дозволяючи робочому застосувати режим підвищеної ударності на верстаті, не втрачаючи як обточування. Ці марки - ВК8, ВК10, Т5К10 і т.д (рис. 1.11)

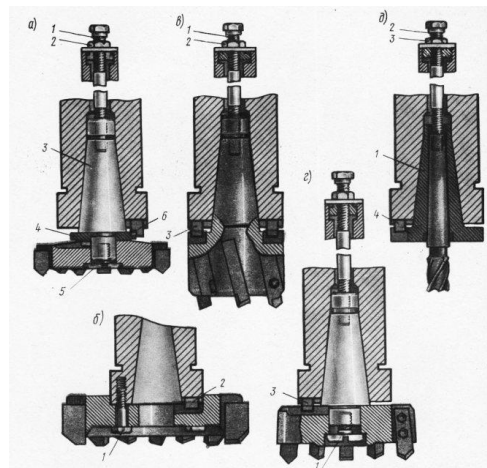


Рисинок 1.11 – Фрези з кобальтовими сплавами

За способом кріплення:

Насадкова фреза з механічним утриманням пластин на торці осі, що крутить, передбачає розташування технологічних шипів і пазів - рівномірне, по ходу кільцевої канавки, що йде між зовнішнім і внутрішнім периметрами самого розхідника. Конструкція тут змінна: хвостовик може опрацювати з декількома насадками, або одна й та сама насадка — з декількома хвостовиками. Зазвичай те й інше змінюють, коли технологічні зубці-зачеми хвостовика (або фрезерної коронки) починають стиратися.

Торцево-кінцеві фрези, на відміну від насадних, будучи своєрідним гібридом кінцевого і торцевого типів, мають власний незнімний хвостовик. Вони вставляються в патрон або подовжувач-перехідник і призначені для більш важких робіт (рис. 1.12)



Рисинок 1.12 – Способи кріплення фрез

Сфера використання:

Торцева фреза – головний інструмент (після приводу) у верстатах вертикального фрезерування, де виконують переважно чистову обробку

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		15

площин, пазів та шипів, фасонних площин ускладненого рельєфу. Головною сферою використання виступають технологічні операції на машинобудівних заводах виконуючи розточування валів та осей, шестерень тощо.

Оброблювані поверхні в даному випадку розташовані під кутом 90 градусів - кромки, що розрізають, розташовуються на торці і на поверхні циліндра інструменту. Щоб підвищити якість і швидкість обточування, майстер оптимально підбирає кожух, обороти двигуна, виставляє потрібні для роботи змінні комплектуючі відповідного призначення, використовує мастило і рідини-теплоносії, що знімають надлишок тепла, що виділяється.

Для робіт по дереву застосовується проста швидкорізальна сталь поширених марок(рис. 1.13) [14]. Справа в тому, що дерево навіть таких твердих порід, як самшит, легко просвердлюється і вибирається простими свердлами та фрезами. Те саме справедливо і для висвердлювання заготовок з кольорових металів (алюміній, магній, мідь, цинк, свинець, олово, нікель) та їх сплавів (бронза, латунь, дюраль, алюмінієво-магнієві сплави, мельхіор, припій і т. д.) .



Рисинок 1.13 – Фреза по дереву

1.2. Аналіз сучасних конструкцій торцевих фрез провідних виробників

Торцеві фрези є важливими різальними інструментами у сучасному верстатному виробництві, здатними забезпечити високу точність та продуктивність обробки матеріалів різної природи. У міру того, як обробна

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		16

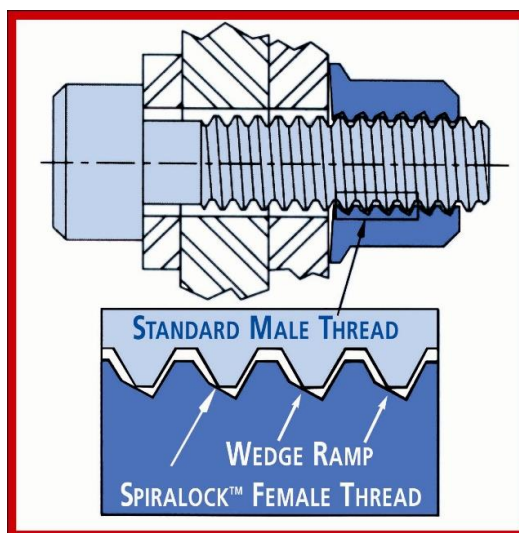
промисловість стає все більш складною, попит на більш досконалі та ефективні кінцеві фрези посилюється. Провідні виробники постійно впроваджують інновації у свої конструкції, вирішуючи постійні потреби, такі як кращий контроль над стружкою, покращена обробка поверхні, подовжений термін служби інструменту та швидша обробка.

1. Матеріали та покриття

Провідні виробники, такі як Sandvik Coromant та Kennametal, активно використовують високоякісні матеріали, такі як карбід вольфраму та алмазні покриття. Це дозволяє підвищити твердість різців та забезпечити їхню стійкість до зносу під час роботи у важких умовах.

2. Геометрія різців та геометричні рішення

Iscar та Walter Tools впроваджують спеціальні геометрії ріжучих кромки, такі як Spiralock(рис. 1.14), та зворотно-косий край, що сприяють ефективній вивільненню стружки та покращенню стійкості різця. Також виробники пропонують фрези зі змінною конструкцією спіралі або кроку, що зменшує шум і гармоніки під час різання. Наприклад фрези CoroMill Plura від Sandvik Coromant(рис. 1.15) використовують оптимізовану форму та геометрію для різання різних матеріалів, покращуючи продуктивність і довговічність.



Рисинок 1.14 – Spiralock технологія



Рисунок 1.15 - CoroMill Plura

3. Технології охолодження та вбудовані системи IoT

Сучасні конструкції передбачають системи охолодження з внутрішніми каналами для підведення охолоджуючого середовища, що дозволяє ефективно відведення тепла та підвищення продуктивності. Деякі виробники, такі як Seco Tools(рис. 1.16), використовують вбудовані сенсори для моніторингу стану інструменту та передбачення його роботи.



Рисинок 1.16 – Інструменти Seco Tools

4. Екологічна устійчивість

Питання екологічної устійчивості також стає важливим аспектом у розробці конструкцій. Застосування матеріалів та технологій, безпечних для навколишнього середовища, стає важливою тенденцією. Використання перероблених матеріалів у виробництві фрез, впровадження методів виробництва, які мінімізують відходи та споживання енергії, а також розробка конструкцій, які полегшують переробку після закінчення терміну служби інструменту.

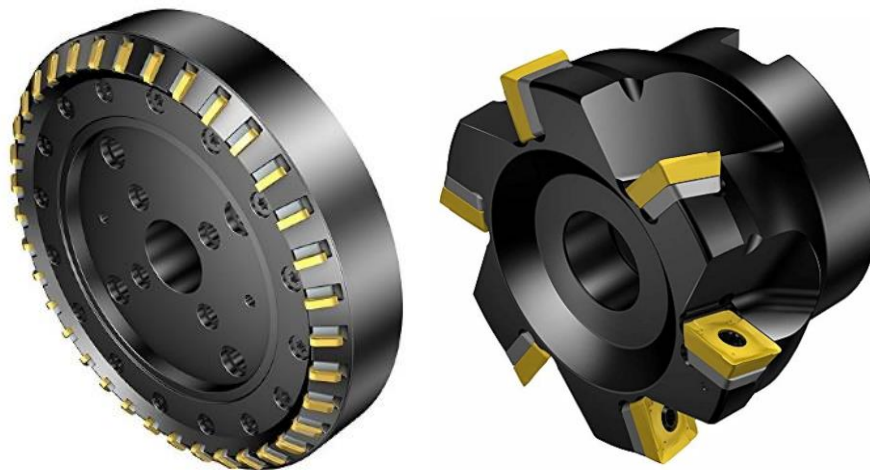
5. Методи виготовлення:

Оскільки такі досягнення, як 3D-друк, проникають у обробну промисловість, провідні виробники кінцевих фрез впроваджують ці технології для виробництва кінцевих фрез, відкриваючи безпрецедентні можливості

дизайну. Такі компанії, як Fraunhofer, почали досліджувати використання технології 3D-друку для виробництва полікристалічних алмазних інструментів, які задовольняють дуже специфічні індивідуальні вимоги.

6. Розумні кінцеві фрези та ІоТ:

Відповідно до промислового Інтернету речей (ІоТ) і зростаючої цифровізації промислових процесів, виробники незабаром можуть включити датчики та підключення до своїх конструкцій кінцевих фрез [15]. Ці розумні інструменти зможуть надавати дані в режимі реального часу про термін служби інструменту, сили різання та температуру, серед інших параметрів. Ця інформація може сприяти різноманітній ефективності, як-от прогнозоване технічне обслуговування, оптимізована продуктивність і покращений контроль якості. Провідні виробники інструментів, такі як Sandvik Coromant (рис. 1.17), уже інвестували в цифрову обробку та підключені інструменти, що свідчить про новий тренд у розробці ріжучого інструменту.



Рисинок 1.17 – Фрези Sandvik Coromant

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Опис конструкції, службового призначення і умови роботи деталі «Корпус»

При розробці конструкції деталі необхідно добре представляти її службове призначення, поверхні якими деталь базується у вузлі і її робочі поверхні, призначені для передачі зусиль чи руху.

Призначення поверхонь деталі наведене на рисунку 2.1 та в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Призначення поверхонь деталі

№ повер	Найменування поверхні	Розмір, мм	Поле допуску	Шорсткість Ra, мкм	Призначення поверхні	Взаємодія з іншими деталями
1	Внутрішня циліндрична поверхня	Ø80	H7	1,6	Виконавча	Сполучається з поверхнею підшипника
2	Різьбові отвори	M6	H7	6,3	Виконавча	З'єднується з гвинтами
3	Різьбовий отвір	M14	H7	6,3	Виконавча	З'єднується з кришкою
4	Різьбові отвори	M12	H7	6,3	Виконавча	З'єднується з гвинтами
5	Площина	100x170	h14	1,6	Виконавча	З'єднується з прокладкою

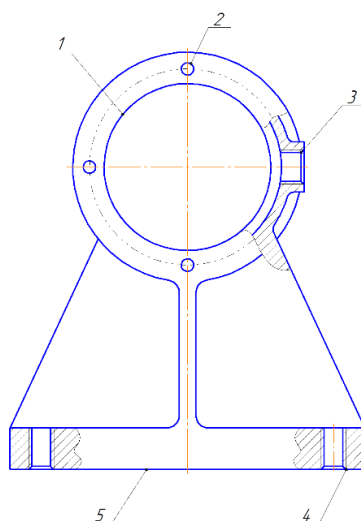


Рисунок 2.1 – Поверхні деталі «Корпус»

Деталь «Корпус» відноситься до деталей класу «Корпус». Вона містить опорну площину в якій є чотири кріпильні отвори діаметром 12 мм, які призначені для закріплення деталі у вузлі. Зовнішня поверхня деталі двоступінчата, одна ступінь діаметром 110 мм, інша – діаметром 100 мм. Деталь містить основний отвір діаметром 80 мм. З обох сторін торців діаметром 94 мм виконані 8 глухих різьбових отворів діаметром 6 мм.

По центральній осі на однієї із сторони деталі розташована бабишка із наскрізним різьбовим отвором діаметром 14 мм. Зовнішні та кромки деталі обмежені фасками.

Габаритні розміри 100×170 мм. Деталь виготовляється з сірого чавуну марки СЧ 18 ДСТУ 8833:2019. Вага деталі 5,8 кг.

При конструюванні деталі необхідно досягти задоволення не тільки експлуатаційних вимог, але також і вимог найбільш раціонального і економічного її виготовлення.

Необхідно розробити оптимальний варіант конструкції і виконати наступні рекомендації по проектуванню деталі:

- деталь, по можливості, повинна містити якнайменше оригінальних не уніфікованих поверхонь;
- деталь повинна мати найбільше раціональну форму з легкодоступними для обробки поверхнями і достатню твердість з метою зменшення трудомісткості і собівартості механічної обробки;
- конструкція деталі повинна містити зручні поверхні для базування і при необхідності, припускати можливість створення допоміжних технологічних баз;

Деталь «Корпус» призначена для роботи в тяжких умовах, під час її роботи у вузлі діють великі сили тертя, вигинання, вібрації, поштовхи, удари.

Корпус є базовою опорою вузла і також призначений для запобігання деталей вузла від сторонніх предметів, пилу і бруду, та для розміщення складальних одиниць і деталей [1].

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						21
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Деталь «Корпус» виготовляється з сірого чавуну марки СЧ 18 ДСТУ 8833:2019. Дана марка чавуну володіє середню міцністю, хорошою зносостійкістю, хорошою оброблюваністю і застосовується в основному для виготовлення деталей, які мають складну форму і працюють при помірних навантаженнях, в основному це корпусні деталі. Матеріал є поширеним у промисловості Хімічний склад матеріалу, механічні та технологічні властивості наведено відповідно у таблицях 1.2, 1.3, і 1.4.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад матеріалу

Найменування	Зміст елементів, у відсотках				
	C	Si	Mn	Cr	Ni
Чавун СЧ 18	3,1...3,6	1,4...2,4	0,5...1,1	≤0,35	≤0,35

Таблиця 1.3 - Механічні властивості матеріалу

Найменування	Не менше					
	бв, МПа	бт, МПа	δ, ‰	ψ, ‰	G, кДж/м ²	НВ
Чавун СЧ 18	180	320	1	40	44	165

Таблиця 1.4 - Технологічні властивості матеріалу

Марка матеріалі	Коефіцієнт оброблюваності різанням Кум	Зварюваність	Оброблюваність тиском
Чавун СЧ 18	1,2	низька	обмежена

Термообробка заготовок - нормалізація

2.2. Визначення типу виробництва і його характеристика

Кожному типу виробництва змінюється номенклатура і обсяг випуску продукції, склад і розташування обладнання, певне технологічне оснащення, кваліфікація робітників, форма організації виробництва. Виходячи із заданої

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						22
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

програми випуску деталі річній програмі $N_{\text{вип.}}=3000$ шт при масі деталі $m = 5,8$ кг та двозмінного режиму роботи визначимо тип виробництва.

Таблиця 2.2 - Тип виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску виробів $N(\text{шт/р.})$		
	Важкі $m > 100$ (кг)	Середні $10 < m < 100$ (кг)	Легкі $M < 10$ (кг)
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 - 100	10 – 200	100 -500
Середньо-серійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Великосерійне	300 – 1000	500 - 5000	5000 – 50000
Масове	Понад 1000	Понад 5000	Понад 50000

За масою деталі 5,8 кг та програмою запуску 3000 шт визначаємо тип виробництва по таблиці 1.2, як середньо-серійне.

Середньо-серійне виробництво визначається як виробничий процес, характеризуючийся середньою кількістю однакових або схожих виробів, які виготовляються або ремонтуються протягом певного періоду часу. Такий вид виробництва передбачає застосування коефіцієнта закріплення операцій у межах заздалегідь визначених значень, зазвичай від 10 до 20, що вказує на обмежену варіативність технологічних операцій.

У середньо-серійному виробництві типовою практикою є використання універсальних верстатів, які оснащені як спеціальними, так і універсально-налагоджувальними (УНП) та універсально-збірними (УСП) пристроями. Це сприяє зниженню трудомісткості та оптимізації виробництва.

Додатково, може використовуватися послідовна обробка партій, де заготовки кожної партії обробляються послідовно на різних верстатах з дотриманням

принципів взаємозамінності при обробці. Це дозволяє ефективно управляти процесом та забезпечити стабільність виробничого потоку.

У контексті середньо-серійного виробництва, де характерною є середня кількість однакових виробів, ефективна організація процесу включає в себе можливість розташування обладнання в послідовності технологічного процесу для обробки декількох деталей, які можуть відрізнятися розмірами чи конфігурацією, але допускають обробку на тому самому обладнанні.

Також важливою характеристикою даного типу виробництва є узгоджений час обробки на суміжних верстатах, що дозволяє безперервно рухати заготовки партії через послідовні етапи технологічного процесу. Це сприяє підтриманню стійкості та ефективності виробничого процесу, зменшуючи час простою обладнання [2].

При переході до обробки партії інших деталей здійснюється переналагодження обладнання та технологічне оснащення (пристосування та інструмент), щоб забезпечити виробничу гнучкість та відповідати різноманітності виробничих завдань. Такий підхід дозволяє оптимізувати виробництво та швидко адаптуватися до змін в запитаннях ринку.

2.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус» передбачає оцінку його придатності для виготовлення та подальшої експлуатації з точки зору виготовлювальних процесів, зручності монтажу, довговічності та інших факторів. В цілому деталь «Корпус» технологічна. Вона має просту форму. Допуски призначені тільки на поверхні сполучення. Простановка розмірів забезпечує зручність вимірювань. Конструкція деталі забезпечує можливість застосування простих контрольно-вимірювальних інструментів та пристосувань. Простановка розмірів забезпечує можливість обробки деталі при витримуванні принципів єдності та постійності баз. Можливий контроль кількох поверхонь деталі з одної установи. Шорсткість поверхонь деталі відповідає квалітетам точності розмірів цих поверхонь. Базові поверхні є

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		24

зручними і надійними для установки заготовки в процесі її обробки. Немає необхідності введення додаткових баз. Конструкція деталі дозволяє обробку з найменшою кількістю установів. Поверхні деталі можуть бути оброблені при простих рухах верстата і заготовки. Заготовка є достатньо жорсткою і допускає обробку на багатоінструментальних напівавтоматах. Є можливість зручного підведення ріжучого інструмента до оброблюваних поверхонь.

Деталь достатньо проста тому немає необхідності у її спрощенні та заміні на зварену, оскільки це знизить міцність, надійність та підвищить собівартість.

2.4. Вибір виду і методу отримання заготовки

Оскільки деталь «Корпус» виготовляється з сірого чавуну, пропонуємо вид заготовки – виливок. Виготовлення деталі передбачене в умовах середньосерійного виробництва, і деталь має відносно невеликі розміри, тому пропонуємо два методи отримання заготовки характерні для даного типу виробництва [3] с. 41 - 42:

а) лиття в піщані форми з машинним формуванням по металевим моделям; б) лиття в металеві форми (кокілі). Лиття в піщані форми з машинним формуванням – один з найбільш простих і дешевих способів одержання виливків з чавуну.

При машинному формуванні (ущільненні пресуванням) механізується ущільнення формувальної суміші в опоці і виїмка моделі. Обраний спосіб формування забезпечує просту конструкцію формувальної машини і модельної плити, високу продуктивність. Однак при цьому відбувається нерівномірне ущільнення форм по висоті. Цей спосіб формування застосовують для відносно простих виливків у формах невеликої висоти (150...251) дрібно- та середньосерійному виробництві. До недоліків належить те, що заготовка – виливок, отриманий литтям у піщані форми з машинним формуванням має середню точність форми, відносно великі значення припусків на механічну обробку, невисокий коефіцієнт використання матеріалу. Форма заготовки наближена до форми деталі. Має

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						25
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

місце пригорання формувальної суміші до виливка, що викликає необхідність його очистки та додаткових витрат матеріалу на дану операцію. Можливість автоматизації цього методу отримання заготовки – обмежена. Стійкість форми обмежена одним виливком. Формування супроводжується запиленістю, що шкідливо впливає на здоров'я робітників [5].

Кокільне лиття, як правило, використовують для виготовлення нескладних за конструкцією виливків із чавуну, сталі та кольорових металів у серійному та масовому виробництві. Стійкість металевих форм при дотриманні правильного режиму їхньої експлуатації при литті з чавуну не великих по масі і простих по конфігурації заготовок складає 500...5000 шт. При цьому способі литті заготовка має невеликі припуски на механічну обробку і максимально наближена до готової деталі.

Основні переваги цього методу виготовлення виливка:

- можливість багаторазового використання ливарної форми;
- висока точність форми та розмірів, якісна поверхня заготовки;
- дрібнозерниста структура матеріалу;
- порівняно висока продуктивність;
- низька трудомісткість виготовлення заготовок;
- відсутність необхідності в модельному опорному спорядженні та формувальних сумішах;
- економічність в середньо
- та багатосерійному виробництві;
- не вимагає високої кваліфікації працівників;
- потрібні порівняно менші виробничі площі;
- відсутні операції очищення виливків від суміші та ливникової системи;
- придатність до механізації та автоматизації
- Вища екологічність, ніж у попереднього методу.

До недоліків цього методу виготовлення виливків належать:

- висока вартість спорядження, можливість утворення тріщин у виливках;
- чавунні виливки відбілюються;

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		26

- неможливість виготовлення тонкостінних виливків через підвищену швидкість їх охолодження та виливків зі значною масою;
- складність виготовлення та висока вартість кокілю.

Для визначення економічної доцільності виготовлення заготовки одним з обраних методів виконуємо конструювання заготовок по [6].

Визначаємо клас точності розмірів і мас та ряд припусків в залежності від матеріалу заготовки та методу її отримання за таблицею 1, /13/ с. 581.

Для лиття в піщані форми сірого чавуну при максимальному розмірі заготовки до 630 мм (в нашому випадку 200мм), приймаємо ступінь точності розмірів 9, ступінь точності мас 9, ряд припусків 2.

Для лиття в кокіль сірого чавуну при максимальному розмірі заготовки від 100 до 630 мм, приймаємо ступінь точності розмірів 7, ступінь точності мас 7, ряд припусків 2. Визначаємо ступінь жолоблення виливка. Розраховуємо відношення:

$$\frac{\gamma}{\Gamma}, \quad (2.1)$$

де γ – найменший габаритний розмір деталі;

Γ – найбільший габаритний розмір деталі.

В нашому випадку $\Gamma = 200$ мм, $\gamma = 100$, тоді:

$$\frac{\gamma}{\Gamma} = \frac{100}{200} = 0,50$$

Оскільки відношення більше 0,20 ($0,5 > 0,2$), приймаємо ступінь жолоблення 5 для обох заготовок.

Визначаємо допуски на розміри виливка за таблицею 2, [2] с. 582 для 9 і 7 класів точності розмірів. Загальні припуски визначаємо за таблицею 3, [2] с. 583 в залежності від обраних допусків для 3 і 2 рядів припусків. Розраховуємо розміри виливка. Для розмірів оброблюваних поверхонь призначаємо симетричні відхилення, що дорівнюють половині допусків, для необроблюваних поверхонь – відхилення «в тіло» заготовки. Всі розрахунки допусків, загальних припусків, розмірів та відхилення розмірів виливка заносимо в таблицю 2.1.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						27
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Розташування виливка у формі приймаємо вертикальне, лінія розніму проходить через діаметральну площину виливка.

Визначаємо ливарні радіуси за [6] таблицею 2.27. При найбільшому розмірі виливка від 101 до 250 мм (в нашому випадку 197,5) внутрішні радіуси 3 мм, зовнішні радіуси 2 мм. Ливарні нахили призначаємо по [1] таблиці 2.28 при використанні піщаних форм і металевих моделей ливарний нахил $0^{\circ}46'$, металевих форм $0^{\circ}38'$. Граничне відхилення зміщення елементів виливка по площині роз'єму за [4] таблицею 2.29 при 9 класі точності розмірів виливка і відстані між центруючими пристроями форми до 630 мм становить 0,8 мм, при 7 ступені точності – 0,5 мм. Граничне відхилення відхилення жолоблення елементів виливка за [1] таблицею 2.30 при 5 ступені жолоблення і найбільшому габаритному розмірі виливка від 160 до 240 мм становить 0,16 мм.

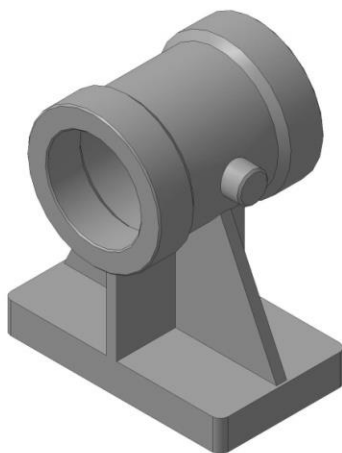
Всі розрахунки загальних припусків, розрахунки розмірів та відхилення розмірів кованки заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. - Припуски на заготовку

Найменування оброблюваної поверхні	Розмір деталі, мм.	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
1	2	3	4	5
Виливок в піщаній формі				
Внутрішня циліндрична	Ø80H7	$3,2 \times 2 = 6,4$	2,2	$\text{Ø}73,6 \pm 1,1$
Торці	122h14	$3,2 \times 2 = 6,4$	2,4	$\text{Ø}128,4 \pm 1,2$
Торець	56h14	2,8	2	$58,8 \pm 2$
Площина	20h14	2	1,6	$22 \pm 1,6$
Виливок в кокіль				
Внутрішня циліндрична	Ø80H7	$2 \times 2 = 4$	1,1	$\text{Ø}76 \pm 0,55$
Торці	122h14	$1,8 \times 2 = 3,6$	1,2	$\text{Ø}125,6 \pm 0,6$

Торець	56h14	1,5	1,0	57,5±0,5
Площина	20h14	1,5	0,8	21,5±0,4

Визначаємо маси заготовок отриманих литтям у піщаній формі рисунок 2.2

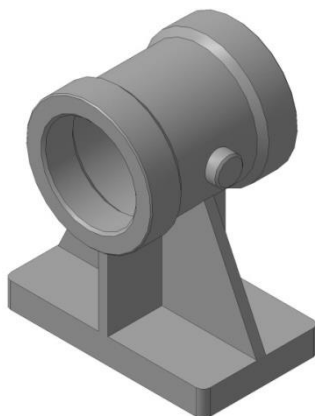


Густина $\rho_0 = 0.007200 \text{ г/мм}^3$;
Площа $S = 162730.269263 \text{ мм}^2$;
Маса $m = 6532.172701 \text{ кг}$;
Об'єм $V = 907246.208448 \text{ мм}^3$;

Рисунок 2.2 – Виливок в піщаній формі

Приймаємо масу заготовки – кованки у закритих штампах $m = 6,5 \text{ кг}$

Визначаємо масу заготовки отриманих литтям в кокілі. На рисунку 2.3 зображено ескіз виливку:



Густина $\rho_0 = 0.007200 \text{ г/мм}^3$;
Маса $m = 6102.269664 \text{ г}$;
Площа $S = 161826.754091 \text{ мм}^2$;
Об'єм $V = 847676.342220 \text{ мм}^3$;

Рисунок 2.3 – Виливок в кокіль

Приймаємо масу заготовки – виливку в кокілі $m = 6,1 \text{ кг}$

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{m_d}{m_{\text{ЗВ}}}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{ВМ}}$ – коефіцієнт використання матеріалу;

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		29

m_d – маса деталі за креслеником , кг;

$m_{зв}$ – маса заготовки з урахуванням витрат, кг.

$$m_{зв} = m_3 \left(1 + \frac{Пв}{100\%}\right), \quad (2.3)$$

де m_3 – «чиста» маса заготовки, кг;

$Пв$ - процент технологічних витрат;

$П_{в1} = 10\%$ для кованки, отриманої у закритих штампах;

$П_{в2} = 10\%$ для кованки, отриманої у відкритих штампах.

Тоді:

- Маса заготовки виливку в піщаній формі:

$$m_{зв1} = 6,5 \left(1 + \frac{10}{100\%}\right) = 7,15 \text{ кг}$$

- Маса заготовки виливку в кокілі:

$$m_{зв2} = 6,1 \left(1 + \frac{10}{100\%}\right) = 6,71 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу виливку в піщаній формі:

$$K_{вм1} = \frac{5,8}{6,5} = 0,89$$

Коефіцієнт використання матеріалу виливку в кокілі:

$$K_{вм2} = \frac{5,8}{6,1} = 0,95$$

Коефіцієнт використання матеріалу у кокілі вище. Тому остаточно приймемо спосіб одержання заготовки – виливок у кокілі. Оформлюємо кресленик виливка отриманого литтям в кокіль (наведено на рисунку 2.4).

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						30
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

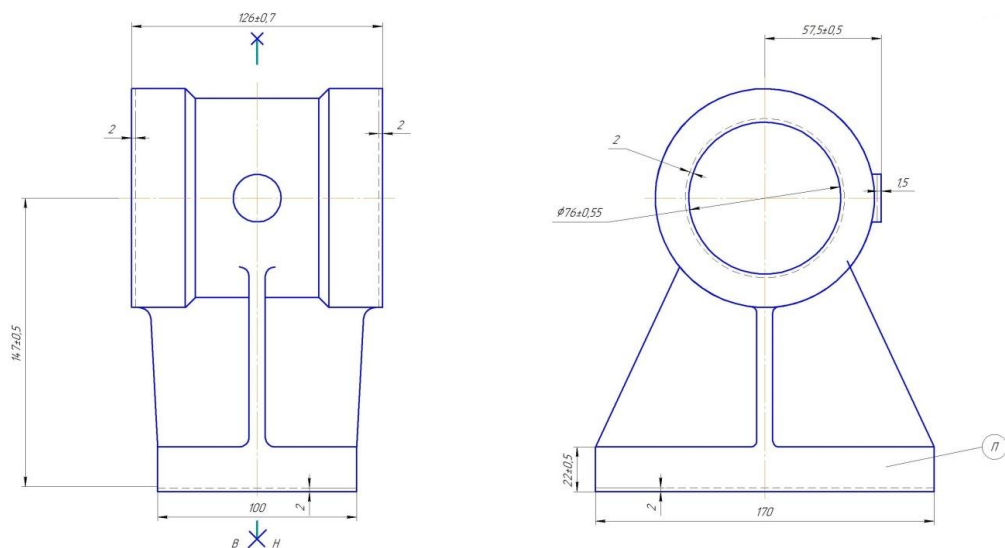


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки для деталі «Корпус»

2.5. Розробка маршрутного технологічного процесу механічної обробки деталі

Деталь «Корпус» відноситься до типу деталей «Корпус». При обробці на більшості операцій такі деталі позбавляються 6 ступенів вільності. Теоретична схема базування зображена на рисунку 2.4.

Перш за все обираємо чистові установочні бази. Згідно принципу суміщення баз, в якості чистових технологічних баз обираємо основні конструкторські бази. В деталі «Корпус» основними конструкторськими базами є кріпильні отвори діаметром 12-7Н (два з чотирьох кріпильних отворів з технологічних міркувань для забезпечення мінімальної похибки базування виконуємо за сьомим квалітетом точності) і площина розміром 100х170 мм.

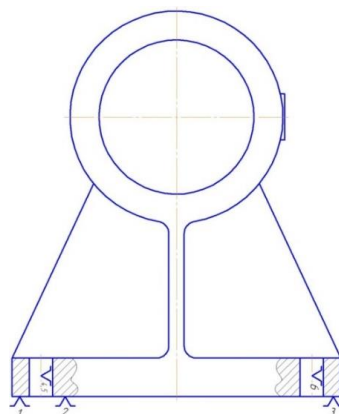


Рисунок 2.5– Теоретична схема базування деталі

1,2,3 – установочна база (позбавляє деталь 3 ступенів вільності);

4,5 – подвійна опорна база (позбавляє деталь 2 ступенів вільності);

6 – опорна база (позбавляє деталь 1 ступеня вільності).

Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата
--------	-------	-----------	----------	------

ХНТУ 13303 ПЗ

Арк.

31

Для розробки технологічного маршруту вибираємо технологічні бази деталі. За чистові технологічні бази деталі «Корпус» приймаємо кріпильні отвори 12-7Н. Установка на чистові базові поверхні забезпечує надійне базування деталі при її обробці. Схема установки деталі на чистові бази показана на рисунку 2.6

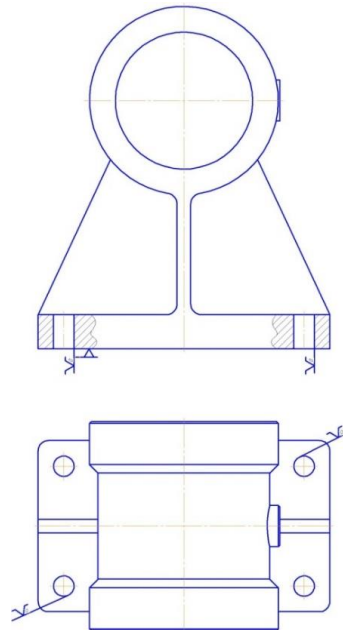


Рисунок 2.6 - Схема установки деталі на чистові бази.

В якості чорнових баз обираємо поверхні, які не оброблюються. В даній деталі такими поверхнями є одна з бічних поверхонь і площина. Схема установки деталі на чорнові бази показана на рисунку 2.7.

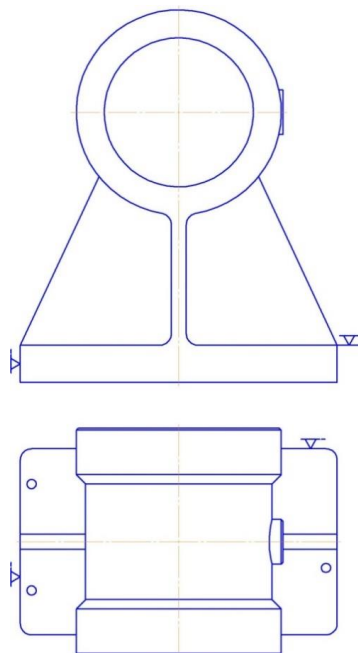


Рисунок 2.7 – Схема установки деталі на чорнові бази

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		32

Від маршрутів обробки поверхонь деталі залежить принцип побудови технологічного процесу, кількість операцій та їх послідовність. Необхідно встановити маршрути обробки всіх поверхонь деталі, виключаючи фаски та галтелі.

Для поверхонь, які обробляються в суцільному металі (пази, зубці, різьби і т. і.) призначення маршрутів обробки необхідно виконувати за таблицями економічної точності обробки [7].

Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки.

Технологічний маршрут обробки деталі «Корпус» розробляємо на підставі прийнятих планів обробки поверхонь деталі, типового техпроцесу обробки корпусів та особливостей деталі і технічних вимог.

У першу чергу обробляємо чистові технологічні бази. На наступних операціях здійснюємо токарну обробку поверхонь деталі. Далі обробляємо отвори і шліфуємо площину 20h14.

005 Вертикально-фрезерна

На верстаті моделі 6P12 обробляються чистові технологічні бази деталі. Заготовка встановлюється на чорнові технологічні бази.

010 Радіально-свердлильна

На верстаті моделі 2Л53 виконується обробка 4-х наскрізних отворів Ø12-7Н.

015 Горизонтально-розточувальна

На верстаті моделі 2А622 виконується обробка торців та отвору Ø80Н7 з двох сторін.

020 Вертикально-свердлильна з ЧПК

На верстаті моделі 2Р135Ф2 виконується обробка торця 56мм та 4-х отворів М6-7Н на глибину 20мм з двох сторін

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		33

025 Вертикально-свердлильна з ЧПК

На верстаті моделі 2P135Ф2 виконується обробка отвору M14-7H

030 Радіально-свердлильна

На верстаті моделі 2Л53 виконується нарізання різі M12-7H

2.6 Детальна розробка операцій

У дипломному проекті виконуємо детальну розробку на наступні операції:

- 005 Вертикально-фрезерна на верстаті моделі 6P12
- 020 Вертикально-свердлильна з ЧПК на верстаті 2P135Ф2
- 030 Радіально-свердлильна на верстаті 2Л53

Детальна розробка 005 операції Вертикально-фрезерна

Для виконання операції необхідний токарний верстат 6P12, призначений для чорнової і чистової фрезерної обробки різних деталей. Верстат дозволяє одержати точні лінійні розміри.

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика верстата 6P12

Технічна характеристика	Параметри
1	2
Розмір робочого столу, мм	1250/320
Кількість подач	22
Діапазон зміни положення пінолі, мм	70
Число швидкостей	18
Швидкість обертання головки шпинделя, об/хв	40-2000
Вертикальне зміщення основи – до, мм	420
Хід основної поверхні поперечно/подовжньо – до, мм	800/250
Число координат	2
Максимальна вага оброблюваної деталі, кг	250
Вага, т	3,2
Потужність приводу головного руху, кВт	7,5
Габаритні розміри верстата, мм	2280/1965/2265

Вихідні данні:

- Вертикально фрезерний верстат 6P12,
- Пристосування – спеціальне;
- Інструмент – Фреза торцева ВК8 Ø125 мм;
- Глибина фрезерування $t = 1,5$ мм;
- Ширина фрезерування $B = 125$ мм;
- Подача:

$$S_M = S_n = S_z z n, \quad (2.4)$$

Де n – частота обертів фрези, об/хв;

Z – к-сть зуб'їв фрези;

S_z – подача на один зуб;

$S_z = 0,25$ мм/об табл. 33 с.283 [3];

Швидкість різання:

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

Значення коефіцієнта C_V та показників степені наведені в табл. 39 [3], а період стійкості T в табл. 40 [3].

$C_V = 442$; $q = 0.2$; $x = 0.15$; $y = 0.35$; $u = 0.2$; $p = 0$; $m = 0.32$; $T = 180$ хв;

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні вимоги до різання,

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv}; \quad (2.6)$$

Де:

$K_{mv} = (150/200)^{1.25} = 0,7$; коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу(табл. 1-4 [3]);

$K_{nv} = 0,85$; коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (табл. 5 [3]);

$K_{iv} = 2,5$; коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (табл. 6 [3]);

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} = 0,7 * 0,85 * 2,5 = 1,5; \quad (2.7)$$

$$V = (442 \times 125^{0.2} \div 180^{0.32} \times 1,5^{0.15} \times 0,25^{0.35} \times 125^{0.2} \times 14^0) \times 1,5 = 198,1 \text{ м/хв}$$

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						35
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_p t^x B^1 S_z^y}{D^q n^w} K_{mp}; \quad (2.8)$$

Де z – число зуб'їв фрези;

n – частота обертів фрези

об/хв;

Значення коефіцієнта C_p та показників степені наведені в табл. 41[3], поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу для чавуну – табл. 9 [3]. Величина інших сил різання (P_h, P_u, P_y, P_x) встановлюють по табл. 42 [3].

$$C_p = 54,5; x = 0.9; y = 0.74; u = 1; q = 1; w = 0; K_{mp} = 0,75; \quad (2.9)$$

$$n = (1000 \cdot 198,1) / 2.14 \cdot 125 = 504,7 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n = 500$ об/хв

$$P_z = ((10 \cdot 54,5 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 125^1 \cdot 0,25^{0,74} \cdot 14) / (125^1 \cdot 500^0)) \cdot 0,75 = 3665,2 \text{ Н} \quad (2.10)$$

Крутний момент:

$$M_{kp} = (3665,2 \cdot 100) / 2 \cdot 100 = 1832,6 \text{ Н*м} \quad (2.11)$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{1266 \cdot 71.52}{1000 \cdot 60} = 1.5 \text{ кВт} \quad (2.12)$$
$$N_e = (3665,2 \cdot 198,1) / 1020 \cdot 60 = 11,8 \text{ кВт}$$

Детальна розробка операції 025 Вертикально-свердлильна з ЧПК

Обробка отвору в даній деталі потребує від верстата наявність револьверної голівки або інструментального магазину, автоматичну зміну інструмента, а також безступінчасте регулювання швидкості різання й подачі.

На підставі даних креслення деталі, а також про характер робіт для виконання даної операції приймаємо верстат свердлильний з ЧПК моделі 2Р135Ф2, який має шестипозиційну револьверну голівку, автоматичну зміну інструмента, високу швидкість холостих ходів, зручність в експлуатації.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						36
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

На верстаті можна проводити свердління, розсвердлення, зенкерування, розгорткування, нарізання різьби мітчиками.

Верстат оснащений пристроєм ЧПУ типу 2П32 – 2.

Таблиця 2.5 - Технічна характеристика верстата 2Р135Ф2

Технічна характеристика	Параметри
Найбільший діаметр свердління, мм	35
Найбільший діаметр нарізаємої різьби, мм	24
Найбільший діаметр фрези, мм	100
Найбільша ширина фрезерування, мм	60
Найбільша глибина фрезерування, мм	2
Кінець шпинделя для свердління	Конус Морзе 4
Кінець шпинделя для фрезерування	Конус 7:24
Кількість шпинделів револьверної голівки	6
Відстань від осі шпинделя до направляючих колони, мм	450
Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні стола, мм	600
Найбільше переміщення супорту по осі Z, мм	560
Найбільше переміщення стола по осі X, мм	630
Найбільше переміщення стола по осі Y, мм	360
Відстань між пазами по ГОСТ 6569-75, мм	100
Число пазів	3
Довжина робочої поверхні стола, мм	710
Ширина робочої поверхні стола, мм	400
Ширина Т-образного середнього пазу, мм	14Н8
Точність позиціювання, мм	0,01
Число одночасно керованих координат	2
Час зміни інструменту, с: повний оборот на одну позицію	8,55 3,75
Габаритні розміри верстата, мм	1860x2400x2700

Розрахунок глибини різання.

$$t = \frac{D}{2}, \quad (2.13)$$

де D=12 мм - діаметр свердла.

$$t = 12/2 = 6 \text{ мм}$$

Вибір подачі для свердління робимо по /5/, с 277, табл.25, залежно від розміру свердла:

$$S_0 = 0,25 \text{ мм/об.}$$

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		37

Розрахункове значення подачі:

$$S_p = S_o K_s, \quad (2.14)$$

де K_s - уточнюючий коефіцієнт на подачу;

$$K_s = 0,85.$$

$$S_p = 0,25 \cdot 0,85 = 0,2 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання розраховуємо по емпіричній залежності /5/, с 276:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}}, \quad (2.15)$$

де $T=35$ хв - період стійкості /5/, с.279;

C_v - постійна для даних табличних умов різання;

m, x_v, y_v - показники ступеня.

Постійну C_v для даних табличних умов різання і показники ступеня q_v, m, x_v і y_v - знаходимо в /5/, с. 278, табл.28:

$$C_v = 14,7; q_v = 0,25; m = 0,125; x_v = 0; y_v = 0,55.$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.16)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, який характеризує якість оброблюваного матеріалу /5/, с. 261, табл. 1;

K_{uv} - коефіцієнт, який характеризує стан поверхні заготовки;

K_{lv} - коефіцієнт, який характеризує довжину свердлення.

$$K_{mv} = K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}, \quad (2.17)$$

де $n_v = 1,3$ – показник ступеня;

$$HB = 165.$$

$$K_{mv} = K_{mv} = \left(\frac{190}{165} \right)^{1,3} = 1,2$$

$$K_{uv} = 1 \text{ /5/, с 263;}$$

$$K_{lv} = 1 \text{ /5/, с 279, табл.31.}$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

Всі знайдені і розраховані величини підставляємо у вихідну формулу (2.18)

$$V = \frac{14,7 \times 12^{0,25} \times 1,2}{35^{0,125} \times 6 \times 0,2^{0,55}} = 8,5 \text{ м/хв}$$

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		38

Число обертів шпинделя визначається по формулі (2.19)

$$n = \frac{1000 \cdot 8,5}{3,14 \cdot 12} = 225,5 \text{ хв}^{-1}$$

Найближче число обертів , відповідно до кінематики верстата
 $n = 250 \text{ хв}^{-1}$.

$$V = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 250}{1000} = 9,5 \text{ м/ хв}$$

Знаходимо хвилинну подачу згідно обертів верстата:

$$S_{\text{хв}} = S_0 \cdot n , \quad (2.20)$$

де $S_0 = 0,25$ – розраховали раніше;

$n = 250 \text{ хв}^{-1}$ – підібрали раніше.

$$S_{\text{хв}} = 0,25 \cdot 250 = 62,5 \text{ мм/хв}$$

По паспорту станка приймаємо $S_{\text{хв}} = 62,5 \text{ мм/хв}$.

Визначення потужності різання по формулі (2.13), /5/, с.280:

$$N_p = M_{\text{кр}} \cdot n / 9750 , \quad (2.21)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 C_m \cdot D^g \cdot \left(\frac{S_{\text{хв}}}{n} \right)^y \cdot K_p ,$$

де C_m – постійна для даних табличних умов різання, /6/, с. 279, табл. 32;

y, g - показники ступеня, /5/, с. 279, табл.32;

$$C_m = 0,0345; \quad y = 0,5; \quad g = 2;$$

$S_{\text{хв}} = 62,5 \text{ мм/хв}$ – подача;

$D = 12 \text{ мм}$ – діаметр інструмента;

$K_p = 1$ - поправочний коефіцієнт, що залежить від матеріалу обробки.

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 23^2 \cdot \left(\frac{62,5}{250} \right)^{0,5} \cdot 1 = 91,2 \text{ Нм},$$

$$N_p = 91,2 \cdot 250 / 9750 = 2,3 \text{ кВт}$$

Потужність верстата визначається по формулі:

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{эд}} \cdot \lambda , \quad (2.22)$$

де $N_{\text{эд}} = 4,5 \text{ кВт}$ – потужність електродвигуна головного руху;

$\lambda = 0,8$ – ККД верстата.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						39
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

$$N_{\text{ст}} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт}$$

$$3,6 \text{ кВт} > 2,3 \text{ кВт}$$

Потужність різання менше потужності верстата – обробка можлива.

Визначення основного машинного часу по формулі(2.52):

$$t_m = \frac{(12 + 10) \cdot 1}{62,5} = 0,35 \text{ хв}$$

де $L_p = 12$ - довжина різання, мм.

$$L_p = L + l_1, \quad (2.23)$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_1 = 10$ мм – величина врізання та перебігу інструмента, мм, /5/, с. 196, 197;

i - кількість проходів.

Таблиця 2.6 - Режими різання

Перехід	D, мм	Lp.x, мм	i	S _{хв} , мм/хв	V, м/хв	N, хв ⁻¹	T _о , хв	Nріз, кВт
Позиція 1 1. Центрувати отвір	20	12	1	60	25	400	0,2	1,29
Позиція 2 2. Свердлити отвір Ø12H14	12	22	1	62,5	30	250	0,14	2,3
Позиція 3 2. Підрізати торець	26	3	1	40	32,6	400	0,08	1,01
Позиція 4 4. Нарізати різь М14-7Н	14	22	2	315	8,7	200	0,08	1,05

Детальна розробка операції 030 Радіально-свердлильна

Вибираємо вертикально - свердлильний верстат моделі 2Л53, який має достатні технічні характеристики для виконання операції.

На верстаті може виконуватися свердлення, зенкерування і нарізка різьби.

Таблиця 2.7 - Технічна характеристика верстата 2Л53

Технічна характеристика	Параметри
Найбільший діаметр свердління, мм	35
Розміри робочої поверхні столу, мм.	450x500
Найбільше переміщення столу, мм.	400
Частота обертання шпинделя, хв-1	31,5...1400
Робоча подача шпинделя, мм/хв	0,1...1,4
Найбільше зусилля подачі Н	15000
Найбільший крутячий момент, на шпинделі, Н·м	600
Потужність приводу головного руху, кВт.	4,5
Ремонтна складність верстата механічної/електричної	12/8
Габаритні розміри, мм	1,3x 1,0

Вихідні данні:

- $D = 12$;
- Різьба для нарізання: М12-7Н
- Радіально свердлильний верстат 2Л53
- Пристосування – самоцентрівні лещата;
- Інструмент – Мітчик Р6М5 $\varnothing 12$ мм;
- Глибина різання $t = 20$ мм;
- Подача $S = 0,06$ мм/об табл. 26 с.277 [3];
- Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S y t^x} K_v ; \quad (2.24)$$

Значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо по табл. 49 с.296 [3], а період стійкості T по табл. 49 с.296[3];

$$C_V = 140; q = 0,4; y = 0,3; m = 0,33; T = 70 \text{ хв};$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{pv} \quad (2.25)$$

Де:

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		41

$K_{mv} = (190/200)^1 = 0,95$; – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (табл. 1-4 [3]);

$K_{iv} = 0,83$; – коефіцієнт на інструментальний матеріал (табл. 6 [3]);

$K_{lv} = 1,0$; – коефіцієнт, що враховує глибину різання (табл. 31 [3]);

$K_{pv} = 0,8$; – додатковий поправочний коефіцієнт (табл. 5 [3]);

$$K_v = K_{mv}K_{iv}K_{lv}K_{pv} = 0,95 * 0,83 * 1 * 0,8 = 0,6; \quad (2.26)$$

$$V = (140 * 12^{0,4}) / (70^{0,33} * 20) * 0,6 = 2,8 \text{ м/хв.} \quad (2.27)$$

Крутний момент, Н*м та осьову силу, Н, розраховуємо за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p; \quad (2.28)$$

$$P_O = 10 C_p t^x S^y K_p; \quad (2.29)$$

Значення коефіцієнтів C_M та C_p та показників степені наведені в табл. 32 с.281[3];

$$C_M = 0.021; q = 2; y = 0,8;$$

$$C_p = 42,7; y = 0,8;$$

Коефіцієнт, що враховує фактичні вимоги оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної деталі та визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp};$$

Значення K_{mp} наведені для чавуну в табл. 9 [3];

$$K_p = K_{mp} = 1,0;$$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p = 10 * 0.021 * 12^2 * 0,06^{0,8} * 20 * 1 = 60,4 \text{ Н*м}; \quad (2.30)$$

$$P_O = 10 C_p t^x S^y K_p = 10 * 42,7 * 20 * 0.06^{0,8} * 1 = 854 \text{ Н}; \quad (2.31)$$

Потужність різання, кВт, визначається за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} \quad (2.32)$$

Де частота обертів інструмента чи заготовки, об/хв,

$$n = (1000 * 2.8) / 2.14 * 12 = 74.3 \quad (2.33)$$

Приймаємо $n = 80$ об/хв;

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						42
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Потужність різання:

$$N_e = (60,4 \cdot 80) / 9750 = 0,49 \text{ кВт} \quad (2.34)$$

Таблиця 2.8 - Режими різання

Перехід	D, мм	Lp.х, мм	i	S _o , мм/об	V, м/хв	п, хв ⁻¹	T _o , хв	N різ, кВт
Нарізати різь М12-7Н	12	20	4	0,06	2,8	80	70	0,49

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Опис, призначення конструкції, моделювання різального інструменту

У зв'язку зі створенням фрез, що містять ріжучі пластини, що механічно закріплюються, виникають труднощі досягнення необхідної точності установки ріжучих пластин з метою забезпечення чистоти поверхні оброблюваної деталі протягом всього терміну служби ріжучого інструменту. Для досягнення необхідної чистоти поверхні потрібно, щоб ріжучі пластини розташовувалися з високою точністю, особливо в осьовому напрямку. Якщо осьове положення недостатньо точне, це призводить до утворення осьового люфту (зазору), що, своєю чергою, викликає погіршення чистоти поверхні.

Відомий ряд конструктивних рішень для точного осьового позиціонування ріжучих пластин та їх ріжучих кромek. Однак усі ці рішення мають один або декілька недоліків, такі як використання ускладненої конструкції з безліччю окремих деталей або незадовільна точність.

Основним завданням винаходу є досягнення абсолютно позбавленого люфту кріплення несучих ріжучі пластини касет у виїмках для касет як в радіальному, так і в осьовому та тангенційному напрямках.

Іншим завданням винаходу є створення багатозубчастої фрези, що містить можливе менше окремих вузлів.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій містить вставні ріжучі елементи - ножі, з багатограними ріжучими непереточувальними пластинами з механічним кріпленням, що розміщені у корпусі на повздовжніх пазах, які зафіксовані механічно за допомогою двох гвинтів, які кріпляться у торець корпусу[8].

Таке кріплення ріжучих елементів дозволяє досягнути абсолютного позбавлення люфту кріплення несучих ріжучих пластин касет у виїмках корпусу як у радіальному, так і в осьовому напрямку.

Зазначені вище та інші особливості винаходу будуть більш зрозумілі з наступного опису, даного як ілюстрацію і не має обмежувального характеру, наведеного з посиланням на супровідні креслення.

Фреза торцева у розібраному стані (рис. 3.1), містить корпус 1 з базуючої поверхні для ріжучих пластин, в якому розташовані ріжучі елементи - ножі 2. Фіксація ріжучих елементів - ножів 2 здійснюється за допомогою гвинтів 2. Ріжучі елементи - ножі 2 виконані призматичними та оснащені змінними багатогранними непереточуваними ріжучими пластинами 4 з механічним кріпленням за допомогою штифта 5. На (рис. 3.2) показана фреза торцева у зібраному стані.

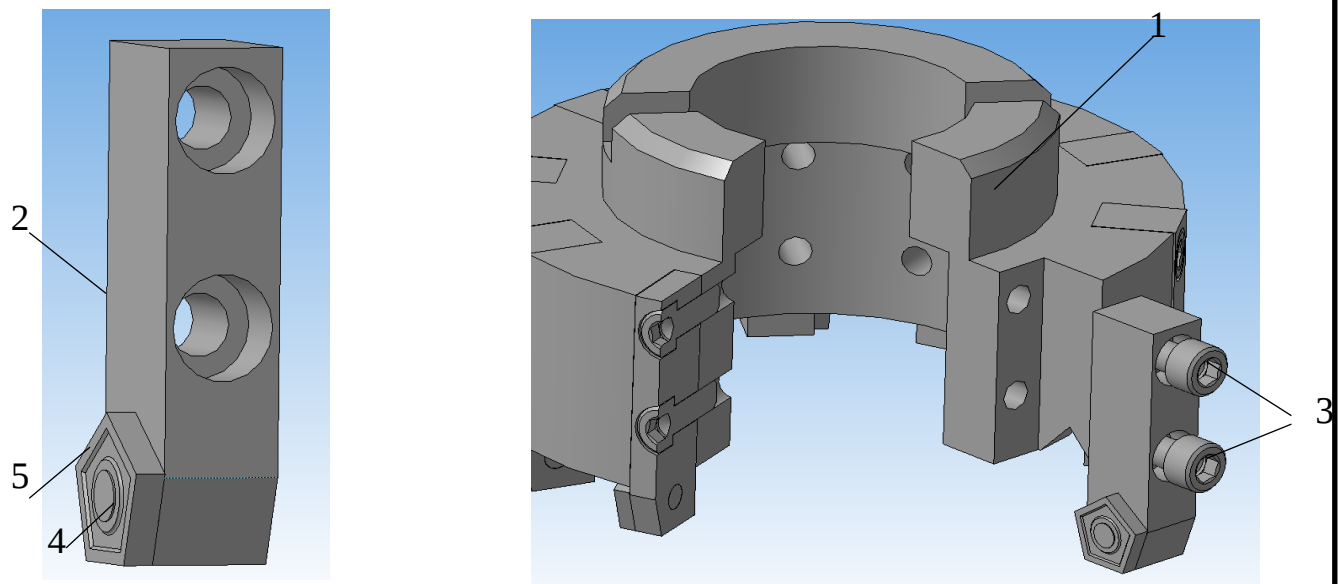


Рисунок 3.1 – Фреза торцева

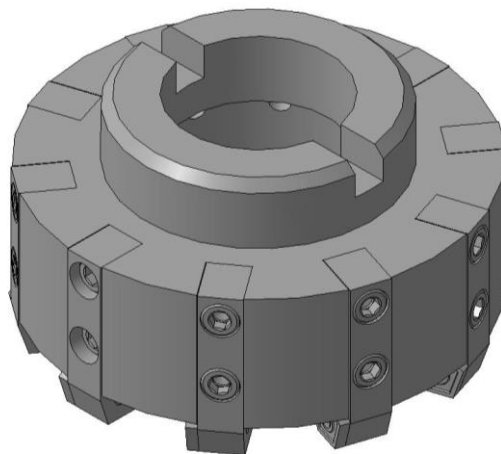


Рисунок 3.2 – Фреза торцева

Фреза торцева працює наступним чином, у корпус 1 встановлюється ріжучий елемент - ніж 2, на якому попередньо встановлено багатогранну непереточувану ріжучу пластину 4 зафіксована штифтом 5. Фіксація ріжучих елементів - ножів 2 - здійснюється за рахунок затягуванні фіксуючих гвинтів 3 заданим зусиллям.

Радіальний кут ріжучої кромки може варіювати від позитивного до негативного, проте переважно негативним. При негативних радіальних кутах стружка відводиться простіше, оскільки вона викидається назовні. При позитивних радіальних кутах стружка може виштовхуватися всередину, і це може призводити до її накопичення і, в результаті, порушення процесу різання, що може призводити до погіршення чистоти поверхні оброблюваної деталі.

З урахуванням викладеного, даний винахід дозволяє забезпечити надійність кріплення в осьового положення ріжучих кромок з дуже високою точністю при мінімальному числі окремих конструктивних елементів. Якщо не брати до уваги необхідні гвинти та ріжучі пластини, без яких не обійтися у всіх відомих конструкціях, то єдиним необхідним елементом є сам ніж. Незважаючи на подібне спрощення можна отримати чистоту поверхні з Ra-величиною 0,6 мкм, при хорошій відтворюваності результатів, причому можна досягти навіть Ra-величини 0,3 мкм.

Таким чином у даної конструкції зменшена металоємність та вага корпусу інструмента, що дозволяє зменшити затрати, також збільшена точність регулювання ріжучих елементів без втрати точності та технологічної характеристики.

3.2. Аналіз інноваційних можливостей для удосконалення торцевої фрези

Промисловий сектор завжди був основою економічного зростання в усьому світі. Одним з ключових компонентів, який відіграє важливу роль у різних галузях промисловості, є фреза, життєво важливий інструмент у металообробці, який використовується для формування заготовок. Однак із

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						46
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

вимогами до підвищення ефективності та продуктивності постійна еволюція та вдосконалення цього інструменту стають обов'язковими.

Одним із найважливіших аспектів, який може значно покращити фрези, є інноваційні матеріали. Останні досягнення в матеріалознавстві відкривають нові можливості для розробки кінцевих фрез із найкращих матеріалів або гібридних речовин. Металокераміка, поєднання керамічних і металевих матеріалів, може прокласти шлях до більш міцних і ефективних фрез. Твердість кераміки та в'язкість металів можуть забезпечити кінцеві фрези підвищеною здатністю різання та подовженим терміном служби інструменту [10].

Технологічний прорив у геометричному дизайні може суттєво вплинути на функціональність фрез. Завдяки вдосконаленим принципам конструкції, таким як оптимізація конструкції канавок або зміна передніх і спіральних кутів, кінцеві фрези можуть стати більш ефективними та виробляти продукцію вищої якості. Потенціал обчислювальної гідродинаміки заслуговує на увагу, оскільки вона може оптимізувати виходу стружки, що запобігає повторному різанню стружки, що призводить до кращої обробки поверхні та збільшення терміну служби інструменту.

В епоху нанотехнологій інноваційне покриття може підвищити продуктивність фрез. Завдяки розробці нових покриттів можна підвищити довговічність інструментів і покращити їхню продуктивність різання. Примітно, що багат шарові покриття можуть поєднувати переваги різних матеріалів, оптимізуючи ефективність різання та забезпечуючи надійну зносостійкість

Програмні інновації, такі як сучасне програмне забезпечення CAD/CAM, пропонують високу точність у проектуванні фрез і моделюванні процесів різання для досягнення максимальної ефективності перед виробництвом. Крім того, такі футуристичні технології, як машинне навчання, можуть потенційно оптимізувати траєкторію руху інструментів і

скоротити час обробки, відкриваючи нову еру технологічного вдосконалення фрез.

Поява адитивного виробництва або 3D-друку революціонізувала процес виробництва фрез. Ця революційна технологія дозволяє створювати складні геометрії, які раніше були немислимі. Цікаво, що за допомогою 3D-друку фрези можуть мати внутрішні канали охолодження, які значно зменшать накопичення тепла, що призведе до збільшення терміну служби інструменту.

Остання інноваційна можливість полягає в інтеграції мікродатчиків. Механізми зворотного зв'язку в режимі реального часу щодо стану інструменту, наприклад температури та швидкості зношування, можуть надавати дані для профілактичного обслуговування. Це технологічне втручання надзвичайно допоможе зменшити поломку інструменту та простої виробництва.

Якщо дивитися на довгострокове застосування передових технологій, такі футуристичні концепції, як нанотехнології, квантові обчислення та нові інновації в матеріалознавстві, можуть зіграти вирішальну роль у виведенні дизайну та експлуатації кінцевих фрез на новий рівень. Незважаючи на те, що вони перебувають на стадії зародження з точки зору практичного застосування до кінцевих фрез, моніторинг цих напрямків розвитку може дати цінне прогнозування потенційного майбутнього технології фрез.

3.3. Розрахунок на міцність торцевої фрези в САЕ системах (SolidWorks)

Розробивши 3D модель інструменту можна перевірити стійкість та жорсткість його конструкції під час обробки заданої поверхні внаслідок виникнення сил різання. Дана перевірка може виконуватися кількома способами в різних комп'ютерних середовищах, проте на результати це ніякого впливу не має. Для виконання такої перевірки було вирішено обрати середовище Solid Works 2021.

Хід роботи під час виконання аналізу наступний:

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						48
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

1. Завантажити 3D модель в середовище програми. Обрати відповідні матеріали різальної частини та корпусу.
2. Прикласти розраховані попередньо сили різання.
2. Визначити опори інструменту.
4. Виконати розрахунок та провести аналіз отриманих значень.

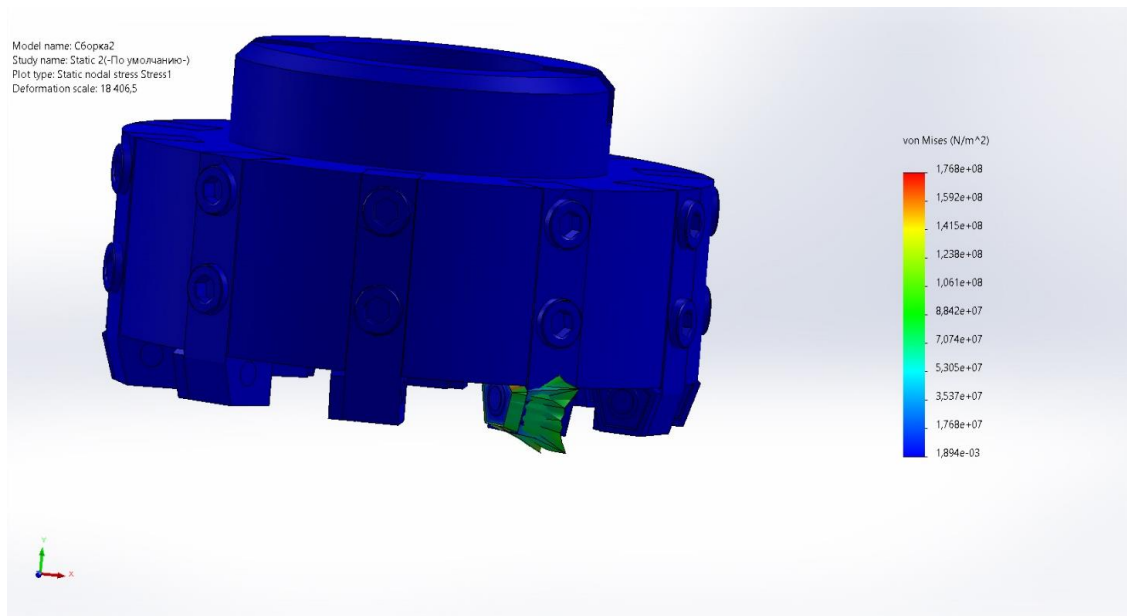


Рисунок 3.3 - Реакція за Фон Мізом. Перевірка на розтягнення або перелом

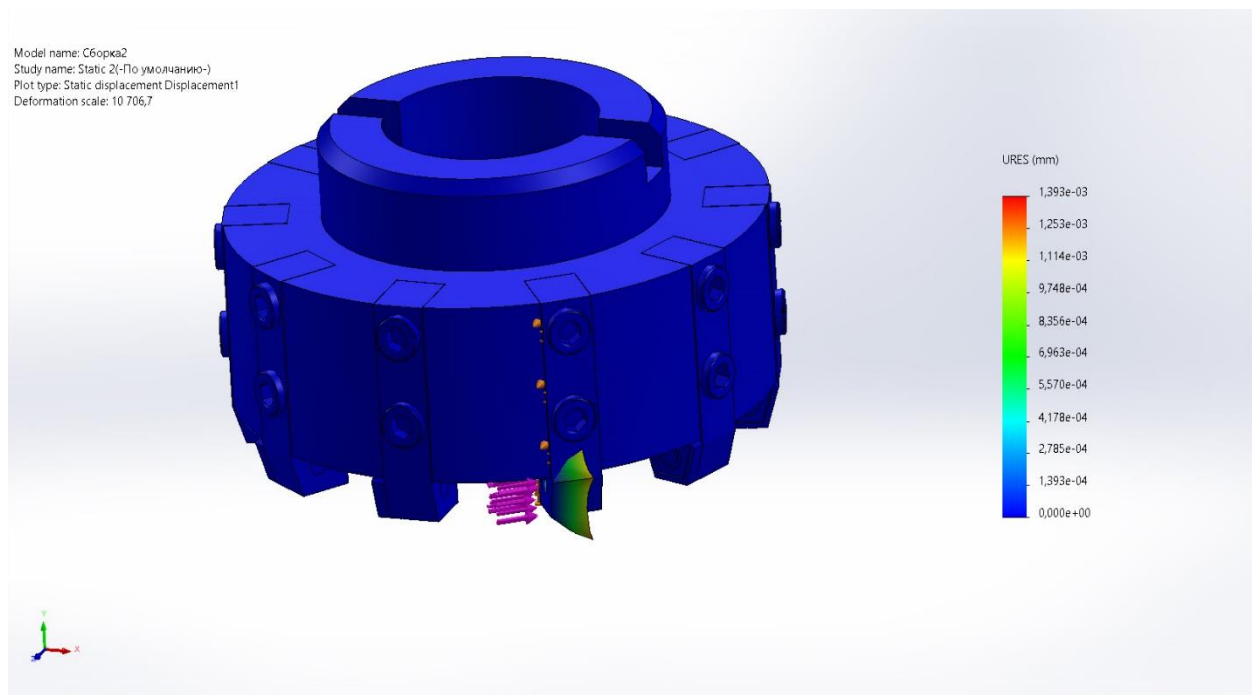


Рисунок 3.4 - Максимальні деформації

Розрахунок показує максимальну деформацію в 0.001 міліметра при максимальній контактній міцності, МПа за Фон Мізом $1 \text{ e}+08 \text{ Н/мм}^2$.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		49

Таким чином, провівши аналізи можемо бачити, що зважаючи на умови роботи розробленого інструменту його матеріали та конструкція обрані вірно. Одним із найважливіших показників стійкості для осьового інструменту є величина зсуву, що виникає внаслідок дії крутного моменту. Як можемо бачити, зсув інструменту набагато менше допуску на обробку, для яких цей інструмент призначений, отже, його конструкція володіє достатньою жорсткістю в даних умовах. Зсув матеріалу різальної пластини дорівнює 1 мкм, але на зображенні, для наглядності, він був значно розтягнутий, тому слід звертати увагу на діаграму. Також, варто звернути увагу на те, що всі інші отримані значення не перевищують гранично допустимих для даних матеріалів, проте, за можливості, їх варто зменшувати шляхом вибору інших матеріалів. зміни форми поперечного перерізу, способу та типу пластини аби продовжити експлуатаційний термін інструменту.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						50
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТ І АНАЛІЗ ВІРТУАЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ КОРПУС

4.1. Загальний огляд сучасних технологій роботизації в машинобудуванні.

Машинобудівна галузь постійно еволюціонує, пристосовуючись до вимог часу та використовуючи передові технології для оптимізації виробничих процесів. Одним із ключових напрямків розвитку стає роботизація. Сучасні тренди роботизації в машинобудуванні визначаються використанням автоматизованих систем у виробництві.

Комп'ютерні технології у виробництві почали застосовуватися порівняно недавно, але вже змогли помітно полегшити працю працівників і поліпшити якість виробництва.

Однак, не дивлячись на загальноприйняту думку, застосування комп'ютерних технологій спрямоване не стільки на автоматизацію виробництва, скільки на зміну самої технології проектування і виробництва, що само по собі істотно скорочує терміни створення продукції, дозволяє знизити витрати на весь життєвий цикл виробу, а також підвищити його якість. Комп'ютерні технології застосовуються не тільки для автоматизації верстатів і устаткування, але і для проектування макету виробу. Це перш за все стосується для складних машинобудівних деталей [16].

Від комп'ютерних технологій потрібне створення точного і докладного макета виготовленої деталі, в першу чергу це дає величезні можливості для створення більш якісної продукції в більш стислі терміни.

В процесі проектування за часту бере участь кілька людей, і для більш точної і швидкої роботи вони повинні дивитися за роботою один одного, і одночасно створювати на комп'ютерах моделі деталі, вузлів, агрегатів і т.п.

В процесі так само має вирішуватися ряд непрямих питань, таких як:

- види інженерного аналізу;
- моделювання всіляких ситуацій;

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		51

- компоновка виробів і т.д.

Одночасно зі створенням проекту вся можлива інформація передається на виробництво для налагодження його процесу ще до створення готового макету.

Комп'ютерні програми на виробництві:

Для комп'ютерного проєктування на виробництві застосовуються системи автоматизованого проєктування інженерного аналізу, а також технології підготовки виробництва (CAD / CAE/CAM).

Найбільш значущі комп'ютерні технології застосовані в компаніях з масовим і крупносерійним виробництвом [16]

Досвід впровадження комп'ютерних технологій вплинув на продуктивність. У плані економіки галузі, які застосовують комп'ютерні технології, розвиваються на 1,5 разів швидше.

Однак не багато підприємств готові до переходу на комп'ютерне виробництво повністю – найчастіше на них замінюється 30-40% устаткування, з огляду на це мало хто з них можуть досягти хоча б 50% очікуваного зростання.

Більшість комп'ютерних програм зроблені на основі європейських стандартів, що значно гальмує процес їх впровадження, оскільки управлінські та виробничі процеси не відповідають закордонним стандартам.

На дрібносерійного виробництва комп'ютерні технології практично не застосовуються, зокрема це належить до суднобудування. Оскільки все судно збирається поетапно, а підгонка і перевірка проводиться на місці, що робить кожне судно унікальним. А це означає, що для кожного судна виготовляється свій проєкт і своя документація.

Найчастіше в суднобудуванні відсутній випуск однакових деталей. При цьому важливим моментом вважається при впровадженні те, що досить складно налагодити роботу з документацією, а будь-яка комп'ютерна система не здатна працювати справно при нестачі інформації.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						52
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Так само комп'ютери широко застосовуються безпосередньо на виробництві. Кожен диспетчер на заводі в своєму розпорядженні має автоматизовану систему, яка відповідає за роботу декількох верстатів, програм, технологій. Так само комп'ютери застосовуються при контролі тиску і температур, подаючи сигнал про їх повного вичерпання або підвищенні.

Роботи в машинобудуванні:

Впровадження промислових роботів в сучасному машинобудівному виробництві дозволяє здійснити повну комплексну автоматизацію, підвищити ефективність використання трудових ресурсів, забезпечити послідовне скорочення застосування та навіть виключення ручного, важкого і некваліфікованої праці. За своїми функціонально-структурним можливостям і цільовим призначенням промислові роботи діляться на автоматичні, біотехнічні та інтерактивні маніпуляційні.

- Перший великий клас роботів - це автоматичні роботи. Вони характеризуються тим, що процес управління їх діями відбувається без безпосередньої участі людини, роль якого обмежується налагодженням, пуском і контролем роботи системи. Автоматичні роботи можуть бути програмними, адаптивними і інтелектуальними.

- Програмні роботи(рис. 4.1) працюють за заздалегідь спроектованої програми, що вводиться в пристрій пам'яті і позначеною жорсткої автоматичної послідовністю дій. Більшість роботів першого покоління мало у своєму складі системи ЧПУ. Вони запам'ятовують і відтворюють в автоматичному циклі задану керуючу програму будь-яке число разів. Наявність жорстких програм в пам'яті робота спрощує його конструкцію і полегшує переналагодження в конкретних виробничих умовах, проте ряд операцій (складання, монтаж) через їхню складність не можна передбачити. Для цих процесів необхідні системи іншого класу - адаптивні роботи.

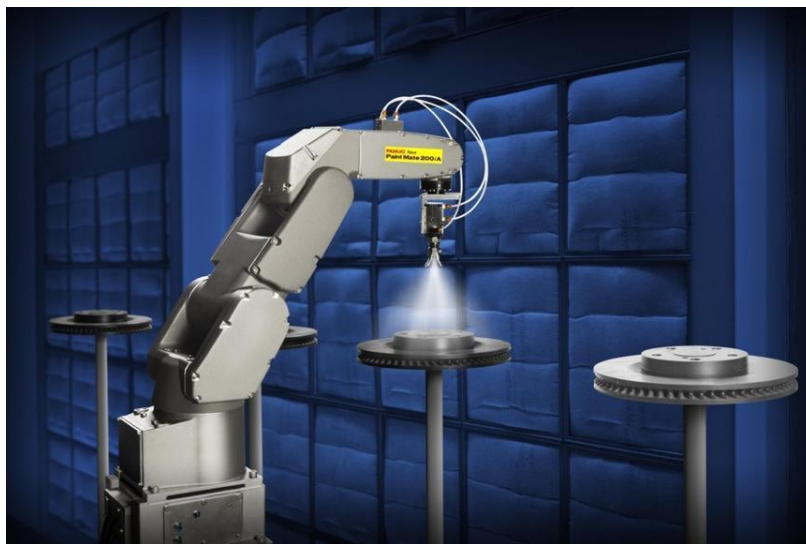


Рисунок 4.1 - Програмні роботи

- Адаптивні роботи(рис. 4.2) володіють інформаційною ємністю. Їх виконавчі органи забезпечені сенсорними датчиками. Ними можуть бути контактні датчики сигналізації від дотику до деталей, локаційні, що визначають швидкість руху і відстань до предмета, зусиль, моментів, кольору, температури, телевізійні та оптичні системи штучного зору і т.д. Сукупність цих датчиків дозволяє роботам виконувати різні цикли операцій у неповністю визначеною і частково мінливій обстановці з адаптацією до неї, працювати в пошукових режимах, з автоматичним наведенням. Датчики очувствлення подають сигнали в ЕОМ, де відбувається обробка інформації, що надійшла про умови середовища (фактичної обстановки) і виробляються сигнали управління, що подаються на приводи виконавчих рук робота.

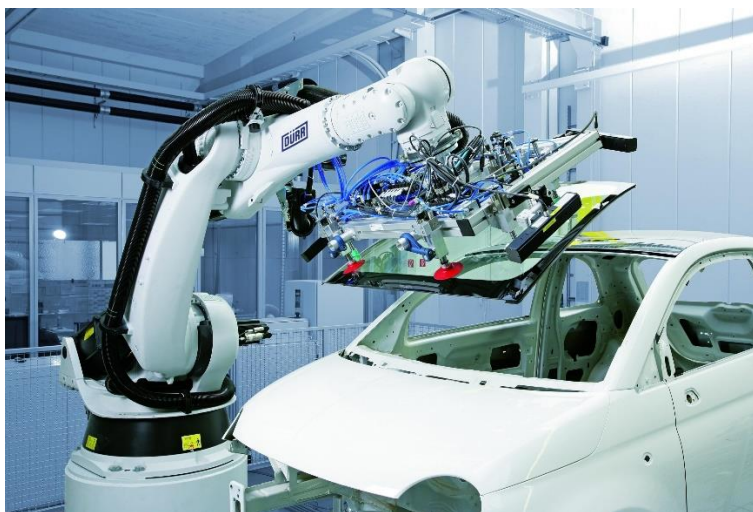


Рисунок 4.2 – Адаптивні роботи

- Інтелектуальні роботи (рис. 4.3), часто звані інтегральними, володіють елементами штучного інтелекту. За допомогою сенсорних пристроїв (датчиків зору, тиску, температури і т.д.) вони здатні розпізнавати предмети в просторі, будувати модель середовища, виробляти плани вирішення поставлених завдань і своїх подальших дій, виконувати операції в розпізнаній обстановці, змінювати свої дії при зміні ситуації, самооплачуватися в міру нагромадження виробничого досвіду.



Рисунок 4.3 – Інтелектуальні роботи

- Другим великим класом роботів є біотехнічні маніпуляційні роботи (рис. 4.4). У процесі управління ними бере участь людина-оператор. Біотехнічні роботи мають три різновиди, що необхідно враховувати при технологічній підготовці виробництва. В основу поділу покладено різні методи управління [16].



Рисунок 4.4 – Біотехнічні маніпуляційні роботи

Вся сукупність робіт, використовуваних в машинобудівному виробництві, за цільовим призначенням поділяється на наступні групи:

- універсальні, призначені для виконання декількох операцій на різному за технологічним призначенням обладнанні;
- цільові, виконують одну або декілька операцій при обслуговуванні основного технологічного обладнання різноманітних моделей, об'єднаних спільністю маніпуляційних дій при здійсненні зазначених операцій;
- спеціальні, призначені для виконання строго певної операції одного виду.

У будь-якій інженерній діяльності використовуються комп'ютерні технології. Вони супроводжують деталь на всіх її життєвому циклі, від планування до випуску. На багатьох заводах стали застосовувати технології просторового проектування, а для деяких вона стала головним інструментом конструкторської документації і технологічного процесу.

4.2. Визначення площі ділянки

Загальна площа ділянки визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{об}} + S_{\text{м}} + S_{\text{к}} + S_{\text{д}}, \quad (4.1)$$

де $S_{\text{об}}$ – середня величина нормативної питомої площі ділянки, м^2 .

$S_{\text{м}}$ – майданчик майстра, м^2 (2x2 або 2,5x2,5);

$S_{\text{к}}$ – майданчик контролера, м^2 (3-5% від виробничої);

$S_{\text{д}}$ – допоміжна площа для транспортних засобів, м^2 (приймаємо в середньому 10% від виробничої площі).

Результати розрахункових даних зводимо до таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Відомість площ ділянки

Найменування операцій	габаритні розміри,м	кількість верстатів	питома площа, м ²	
			одного	усіх
Вертикально-фрезерна	2,305x1,95x2,02	1	20	20
Радіально-свердлильна	2x0,8x2,39	2	20	40
Горизонтально-розточувальна	6,07x3,95x3,2	1	35	35
Вертикально-свердлильна з ЧПК	1,8x2,17x2,7	1	20	20
Всього Соб	х	5	95	95
Майданчики: -майстра	2x2	х	х	4
-контролера	4%	х	х	4
-допоміжний	10%	х	х	10
Всього:	х	5	115	133

4.3. Огляд проекту віртуальної ділянки в Siemens Tecnomatix Plant Simulation

Для проектування ділянки цеху було застосовано програму Tecnomatix Plant Simulation 16, яка відноситься до PLM-систем. За допомогою цієї системи можна створити 3D-модель цеху, цехів заводу або ділянки цеху для виготовлення деталі. В моделі можна представити розташування верстатів, робочих місць, складів, маршрути руху працівників, конвеєри і навіть транспортувальні вантажівки. В програмі можна задавати виробничий час технологічних переходів при обробці деталі, налагоджувальний час верстату, продуктивність верстату і працівника, місткість буфера і складу. Потім із застосуванням діаграми система визначатиме робочий час кожного верстату, час їх зупинки або очікування, або блокування. Всі ці показники залежать від параметрів, які ми можемо задавати, тобто місткість буфера, характеристики верстату і технологічного процесу. Змінюючи ці параметри система автоматично визначає найкращий режим роботи цеху.

Ділянка цеху для виготовлення деталі повинна містити п'ять станків, буфер між ними, і місце для складання деталей. На першому верстаті

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		57

проводиться фрезерна обробка поверхні, на другому свердлильна, на третьому розточувальна, на четвертому свердлильна та різьбонарізна та на п'ятому різьбонарізна.

Обробка заготовки проводиться п'ятьма спеціалістами. Після проведення кожної з цих операцій: фрезерна, свердлильна, розточувальна, різьбонарізна, деталь складається у буфер для передачі подальшої обробки. Прийнято місткість для буфера 100 деталей, але для проектування і перевірки системи виробництва далі представлено буфери різної вмістимості. Загальний вид моделі представлений на рис.4.5.-4.7.

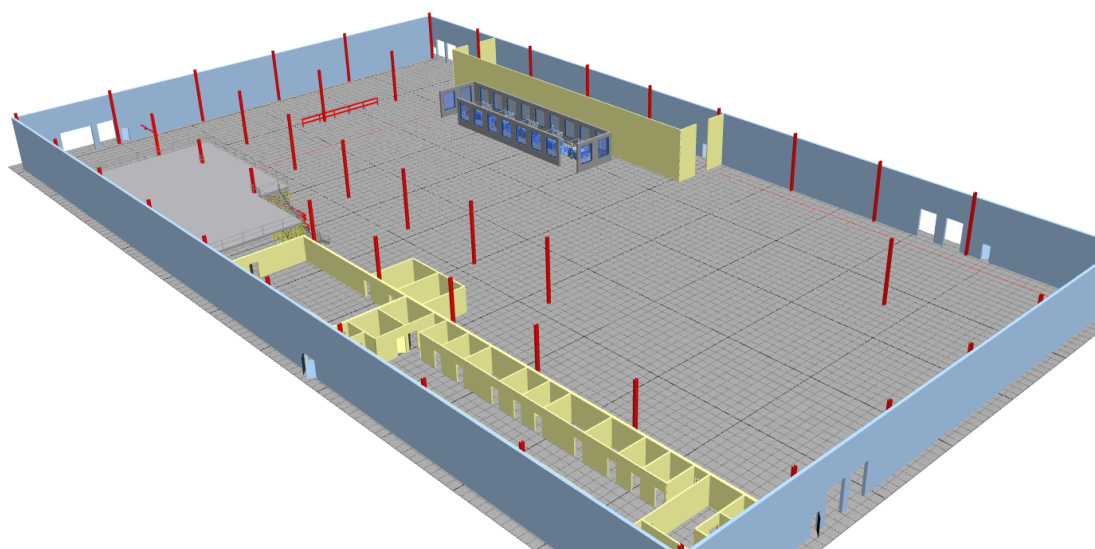


Рисунок 4.5 – Загальний вид цеху

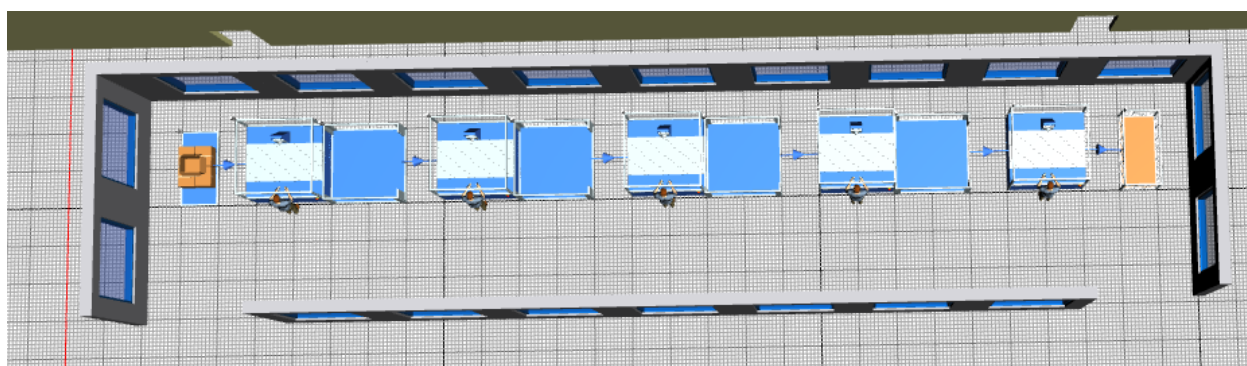


Рисунок 4.6 – Вид ділянки зверху

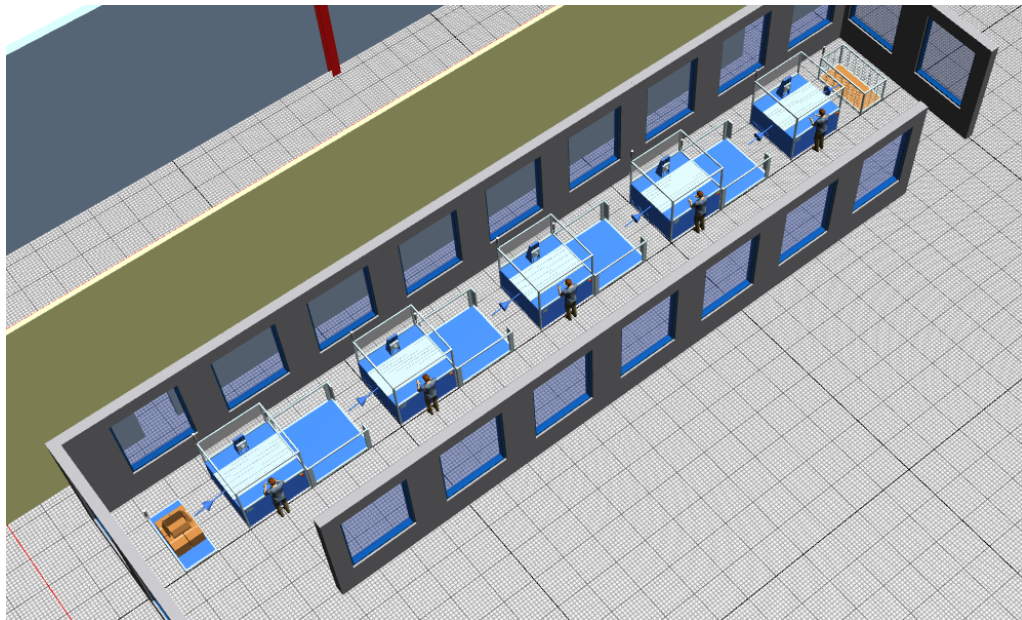


Рисунок 4.7 – Загальний вид робочого простору

4.4. Визначення продуктивності праці

Створена модель частини цеху складається з джерела , першого верстату, буферу, другого верстату, буферу, третього верстату, буферу, четвертого верстату, буферу і п'ятого верстату, буферу та виходу. Вставлені діаграми мають показники з п'ятих верстатів і чотирьох буферів(рис. 4.8). Перша діаграма показує продуктивність п'ятих верстатів , які працюють одночасно, показуючи час роботи, очікування, помилки і закриття. Всі верстати мають 90% виробничого часу, але при наявності буфера і відповідно часу очікування відсоток виробничого часу верстатів складає 87%. Перший верстат перебуває у стані закриття 5% виробничого часу, другий верстат перебуває 2% у стані очікування, третій верстат перебуває 4% у стані очікування, четвертий – 5%, п'ятий – 7% у стані очікування. Інший відсоток виробничого часу для кожного верстату відходить на стан помилки.



Рисунок 4.8 – Діаграма використання верстатів з місткістю буфера 5 одиниць

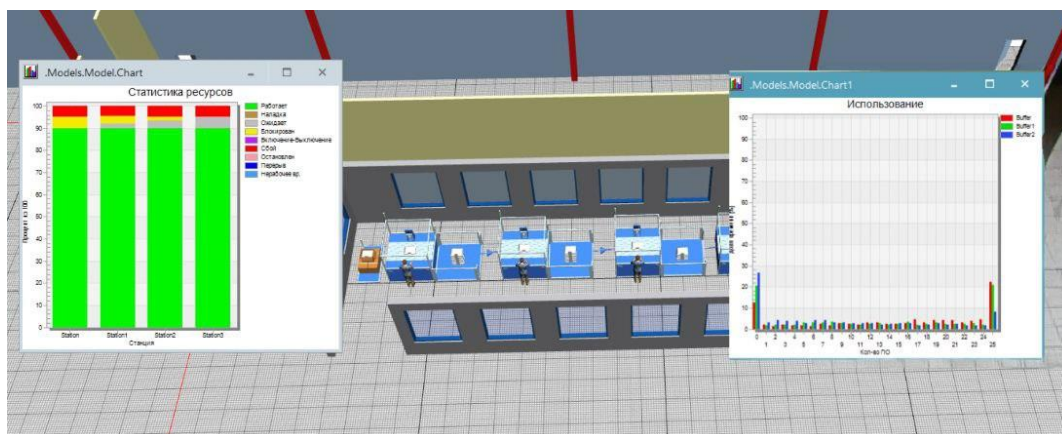


Рисунок 4.9 – Діаграма використання верстатів з місткістю буфера 25 одиниць

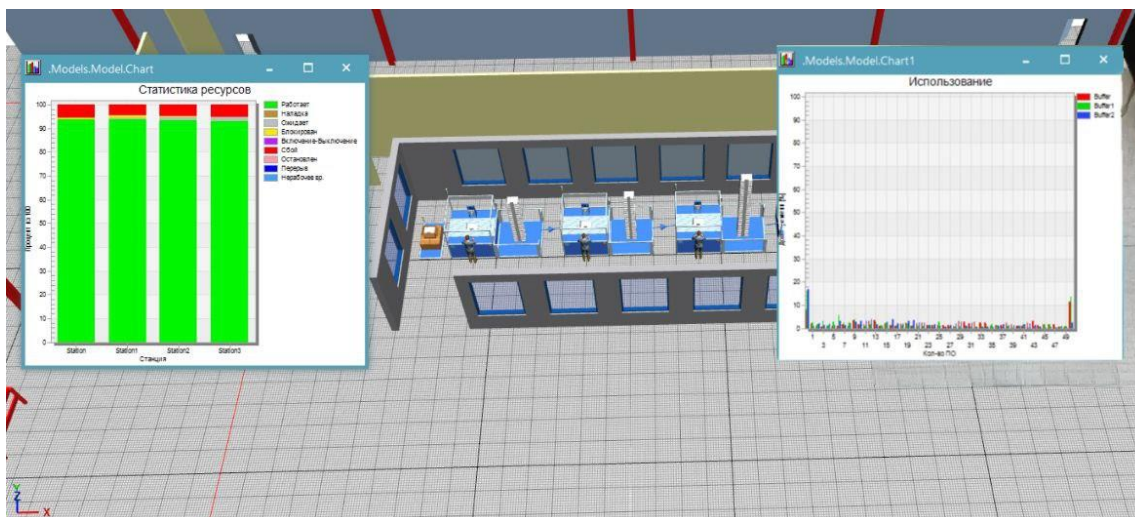


Рисунок 4.10 – Діаграма використання верстатів з місткістю буфера 50 одиниць



Рисунок 4.11 – Діаграма використання верстатів з місткістю буфера 100 одиниць

З даних діаграм можна зробити висновок, що час закриття у першого верстата зменшується із збільшенням місткості буфера. Також залишається незмінним час помилки і відповідно збільшується виробничий час. Чим більше місткість буфера – тим більше виробничий час верстата. Час очікування зникає майже повністю, збільшуючи виробничий час верстата до 95%. Час помилки залишається незмінним у всіх верстатів.

Все це показують діаграми вище. Параметри, які використані в діаграмах незмінні за винятком місткості буфера між верстатами. Із зміною зайнятості верстату, змінюється кількість деталей, які проходять за певну кількість часу, що представлено в характеристиках виходу після кожної зміни місткості буфера (рис. 4.8-4.11). Збільшуючи місткість буфера ми збільшуємо кількість деталей, які проходять через вихід за годину або за день. При менших значеннях місткості буфера, кількість деталей які проходять через вихід зменшується.

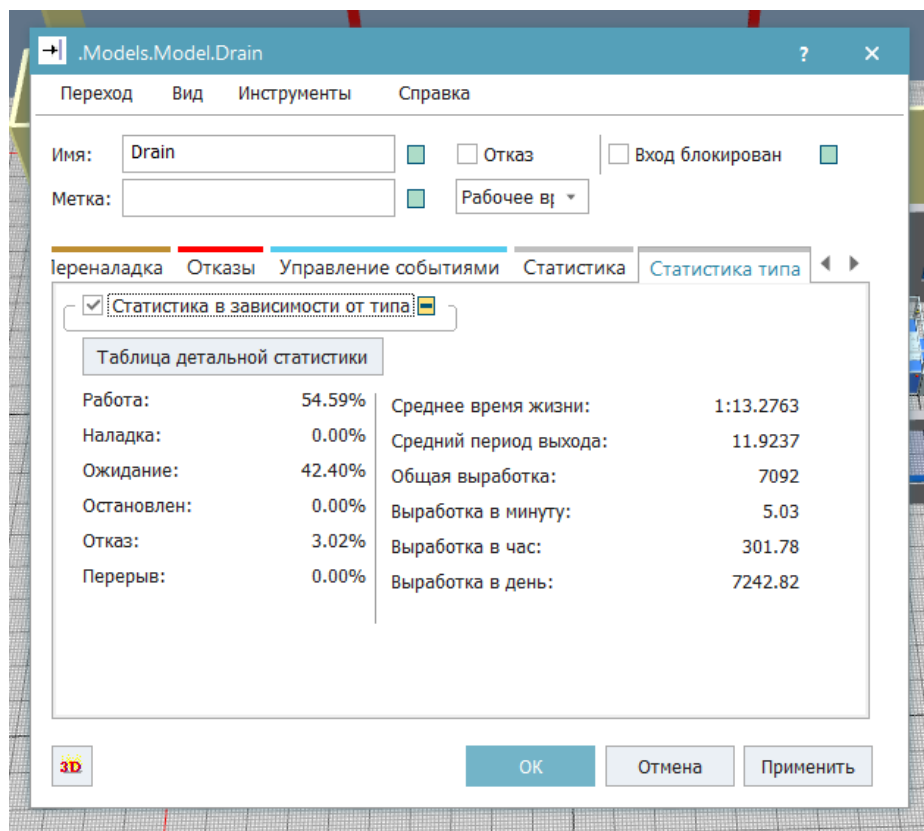


Рисунок 4.12 – Кількість деталей при місткості буфера 1

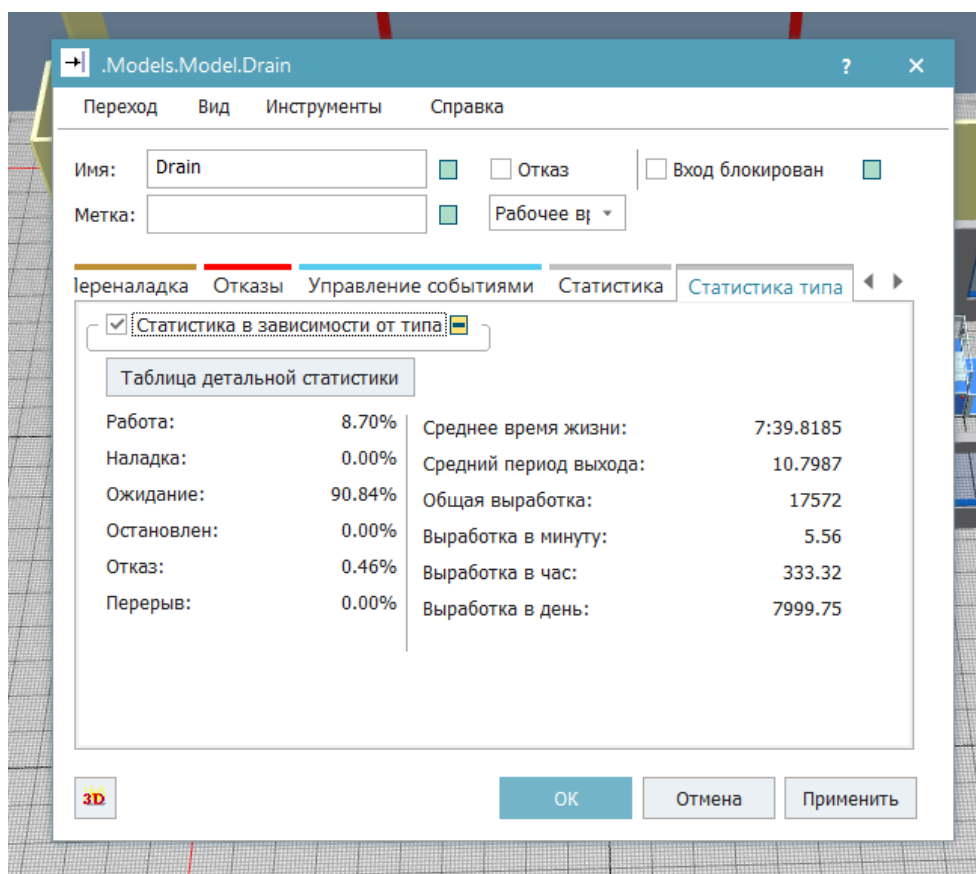


Рисунок 4.12 – Кількість деталей при місткості буфера 25

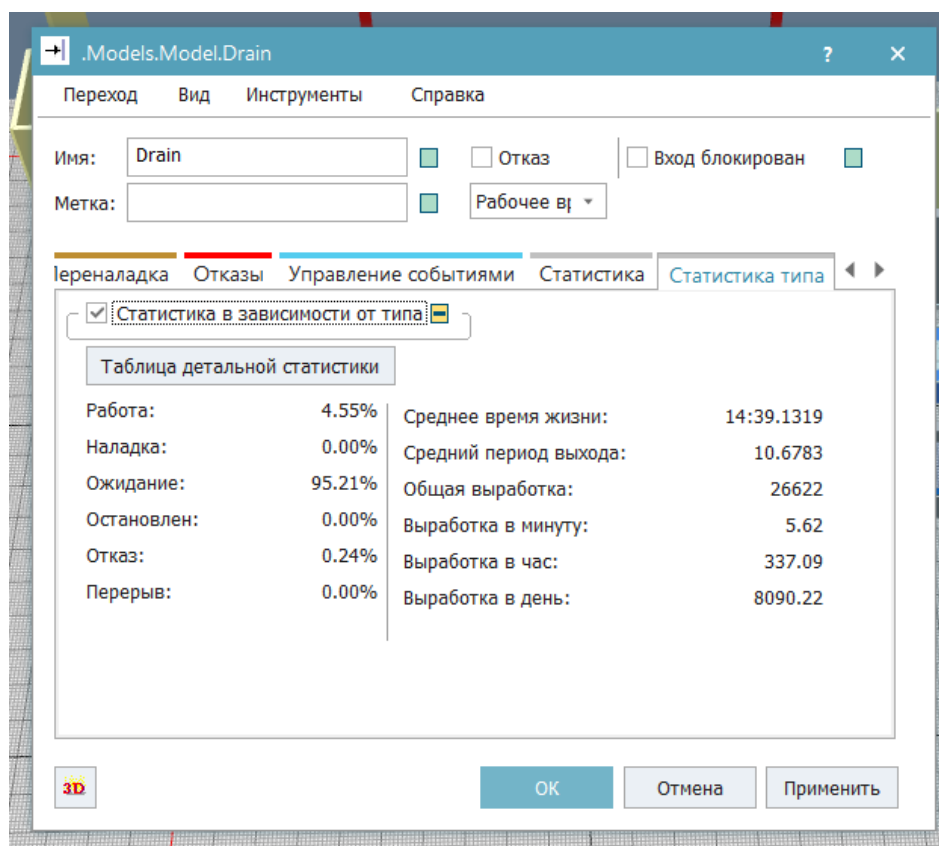


Рисунок 4.14 – Кількість деталей при місткості буфера 50

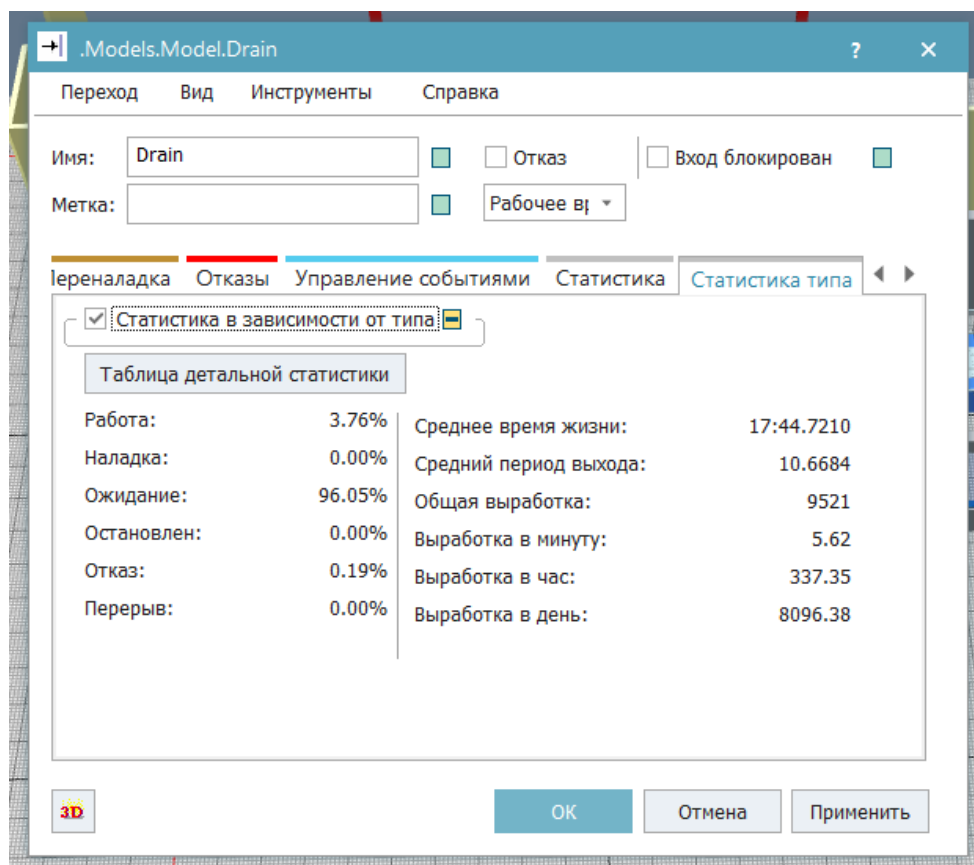


Рисунок 4.15 – Кількість деталей при місткості буфера 100

На рисунках можна побачити зміну кількості деталей за певний час. З побаченого можна зробити висновок про те, що продуктивність праці збільшується зі збільшенням деталей, які відкладаються між верстатами.

Номінальною місткістю буфера визначаємо 100 штук деталей, але очевидно, що збільшення місткості збільшує продуктивність, тому на практиці це значення можна буде збільшувати залежно від інвентарю.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						64
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМУВАННЯ ОДНІЄЇ ОПЕРАЦІЇ В САМ СИСТЕМІ ПО ДЕТАЛІ КОРПУС

5.1. Застосування САМ системи в процесі виробництва.

САМ-системи (computer-aided manufacturing комп'ютерна підтримка виготовлення) - виконують підготовку технологічного процесу виробництва виробів, орієнтована використання ЕОМ.

Ці системи призначені для проектування обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ) та видачі програм для цих верстатів (фрезерних, свердлильних, ерозійних, пробивних, токарних, шліфувальних та ін.). Російським аналогом терміна є АСТПП - автоматизована система технологічної підготовки виробництва.

САМ-системи називають системами технологічної підготовки виробництва. Під терміном розуміються як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, і програмно-обчислювальні комплекси, використовувані інженерами-технологами. В даний час вони є практично єдиним способом виготовлення складнопрофільних деталей та скорочення циклу їх виробництва. У САМ-системах використовується тривимірна модель деталі, створена САД-системою.

Основна мета створення САМ систем – підвищення ефективності праці інженерів, включаючи:

- скорочення трудомісткості проектування та планування;
- скорочення термінів проектування;
- скорочення собівартості проектування та виготовлення, зменшення витрат на експлуатацію;
- підвищення якості та техніко-економічного рівня результатів проектування;
- скорочення витрат за натурне моделювання і випробувань.

Структура сам систем

Будь-яка САМ-система включає до свого складу три основні модулі:

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						65
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

1. Предробочник – забезпечує формування геометричної інформації про оброблювану деталь. Така інформація може бути задана двома основними способами: ручне завдання за допомогою графічних засобів САМ-системи та передача геометричної інформації із САД-системи;

2. Процесор – забезпечує автоматично або з взаємодією з технологом-програмістом розробку послідовності обробки, вибір різального інструмента, розрахунок режимів різання, розробку траєкторії переміщень інструменту та розрахунок координат опорних точок. Результатом є формування УП проміжною мовою званою CLDATA;

2. Постпроцесор – забезпечує переклад програми з проміжної мови CLDATA на мову, зрозумілу конкретному верстату з ЧПУ з урахуванням усіх його особливостей, у тому числі й технічних характеристик (облік діапазону подач, діапазонів швидкостей, допустимої кількості інструменту та особливостей його зміни) [17].

Постпроцесор одна із істотних елементів системи, визначальним її успішне використання у виробництві

Приклади практичного застосування

- Ринок САМ-систем

У травні 2001 р. консалтингова компанія CIMdata опублікувала звіт за підсумками 2000 р. зі списком десяти найкращих виробників САМ-систем. При оцінці ринку враховувалася загальна сума доходів фірм-виробників та їх бізнес-партнерів, отримана від продажу програмного забезпечення та відповідних послуг.

Слід зазначити, що ринок САМ-систем, будучи частиною світового ринку САД/САМ/САЕ-систем, відчував жорсткий негативний вплив від суттєвого уповільнення темпів розвитку світової економіки і, як наслідок, завершив 2000 р. з приростом всього в 4,4%, досягнувши позначки \$1,27 млрд (замість прогнозованих раніше \$1,42 млрд). Частка виробників САМ-систем оцінюється в \$806 млн. Інші \$464 млн припадають на рахунок їхніх реселерів. Аналітики CIMdata пояснюють низьке зростання доходів

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						66
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

компаній-розробників САМ-систем у 2000 р. скороченням інвестицій промислових підприємств у виробниче обладнання насамперед у верстати з ЧПК та інше обладнання для виробництва прес-форм. Попри це, 2000 р. обсяг ринку САМ-систем подвоївся проти 1993 р.

Аналітики CIMdata прогнозують у 2001 р. зростання ринку САМ-систем на 9,3%, що дозволить йому досягти позначки \$1,4 млрд. Вони вважають, що, незважаючи на значне падіння обсягів продажів промислового обладнання, скромне, але стійке зростання обсягів продажів САМ-систем та надання супутніх послуг виразно демонструє, що підприємства все більше покладаються на САМ-системи, що сприяють підвищенню ефективності виробництва, скорочення виробничого циклу, а також дозволяють програмувати обробку деталей із дуже складною геометрією.

Лідером ринку є компанія IBM/Dassault Systemes (16,2%). Друге місце посіла компанія PTC (14,7%), яка змогла суттєво розширити спектр своїх САМ-орієнтованих продуктів та стала одним із основних учасників ринку систем технологічної підготовки виробництва. Далі йдуть компанії UGS (8,6%), Delcam (5,0%), Hitachi Zosen (4,0%), CNC Software (3,1%), Cimatron (2,9%), Graphic Products (2, 3%), Pathtrace (2,1%), DT Technology (2,1%). Першій десятці припало понад 60% всіх продажів САМ-систем і супутніх сервісів.

У той же час, за даними IDC (звіт Ranks Vendors Revenue for CAD/CAM/CAE та Product Information Management), лідером усього світового ринку CAD/CAM/CAE-систем у 2000 р. стала компанія PTC, досягнувши обсягу продажу близько \$220 млн. (5,5% обсягу всього ринку).

Приклади застосування самих систем

Як правило, більшість програмно-обчислювальних комплексів поєднують у собі рішення задач CAD/CAM, CAE/CAM, CAD/CAE/CAM.

• SprutCAM

SprutCAM єдина російська САМ-система, і одна з небагатьох серед зарубіжних, що підтримує розробку УП для багатокоординатного,

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						67
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

електроерозійного та токарно-фрезерного обладнання з урахуванням повної кінематичної 3D моделі всіх вузлів у тому числі. SprutCAM дозволяє створювати 3D-схеми верстатів та всіх його вузлів та проводити попередню віртуальну обробку з контролем кінематики та 100% достовірністю, що дозволяє наочно програмувати складне багатокординатне обладнання. Зараз для вільного використання доступно понад 45 схем різних типів верстатів.

SprutCAM використовується в метало-, дерево-, обробній промисловості; для електроерозійної, фрезерної, токарної, токарно-фрезерної, лазерної, плазмової та газової обробки; при виробництві оригінальних виробів, штамів, прес-форм, прототипів виробів, деталей машин, шаблонів, а також гравіювання написів та зображень. SprutCAM успішно впроваджувався з різним обладнанням будь-якої складності (AGIE, MoriSeiki, PolyGim, Deckel, Homag, Hermle, HAAS, Okuma та ін.). Широкий набір операцій 2, 2.5, 3 та 5 координатної обробки

- Операції електроерозійної, токарної, фрезерної та токарно-фрезерної обробки
- Мінімальна трудомісткість розробки УП
- Оптиміальні траєкторії інструменту
- Вбудований генератор постпроцесорів, що дозволяє зробити налаштування на будь-яку систему ЧПУ
- Розрахунок траєкторії практично з будь-якою точністю
- Автоматичний контроль оправлення інструменту
- Дружній інтерфейс
- Велика бібліотека готових постпроцесорів
- Реалістична симуляція процесу обробки
- Легкість у використанні
- Отримання результату відразу після встановлення системи
- Невисокі вимоги до конфігурації комп'ютера
- Навчання, сервіс, документація, підтримка, гаряча лінія

- Безкоштовне оновлення в межах версії
- Швидка окупність капіталовкладень

Незалежно від типу вашого виробництва та галузі, SprutCAM забезпечує цілу низку автоматичних функцій, що дозволяють швидко та ефективно використовувати сучасну технологію розробки УП.

- **ADEM**

ADEM (англ. Automated Design Engineering Manufacturing) - російська інтегрована CAD/CAM/CAPP система, призначена для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПП).

Розробку системи було розпочато у 90-х роках двома основними групами розробників із Москви (конструкторський САПР «CherryCAD» — лауреат премії Ради Міністрів СРСР 1990 року) та Іжевська (технологічний САПР «Катран»).

ADEM був створений як єдиний продукт, що включає інструментарій для проєктантів і конструкторів (CAD), технологів (CAPP) і програмістів ЧПУ (CAM). Тому він містить декілька різних предметно-орієнтованих САПР під єдиною логікою управління та на єдиній інформаційній базі.

ADEM дозволяє автоматизувати такі види робіт:

- об'ємне та плоске моделювання та проєктування
- оформлення проєктно-конструкторської та технологічної документації
- проєктування технологічних процесів
- аналіз технологічності та нормування проєкту
- програмування обладнання з ЧПУ (фрезерне, токарне, електроерозійне, лазерне та ін.)
- ведення архівів документів
- реновацію знань (робота зі сканованими кресленнями та старими програмами ЧПУ)
- підготовку актуальних даних для MES та ERP систем.

ADEM застосовується у різних галузях: авіаційної, атомної, аерокосмічної, машинобудівної, металургійної, верстатобудівної та інших.

- **NX CAM**

NX CAM — система автоматизованої розробки програм для верстатів з ЧПУ (числовим програмним управлінням) від компанії Siemens PLM Software. NX CAM — ключовий компонент системи технологічного проектування, яка також включає засоби передачі інформації у виробництво і багато інших функцій. Набір засобів для програмування верстатів з ЧПУ дозволяє застосовувати NX CAM у найрізноманітніших галузях. NX CAM впроваджено та використовується в авіаційно-космічній та оборонній промисловості, автомобілебудуванні, машинобудуванні, виробництві споживчих товарів, медичного обладнання та багатьох інших галузях. NX CAM поставляється як окреме робоче місце для програмування обробки, і як CAD/CAM система, а також може включати систему управління технологічними даними і бібліотеками інструментів. NX CAM підтримує спільну роботу з програмами конструкторського проектування NX, утворюючи єдине рішення. NX CAM поставляється з трансляторами, вбудованими засобами візуалізації обробки, редактором постпроцесорів.

Виготовлення виробів зі складною геометрією зовнішніх обводів потребує відповідного програмного забезпечення для розрахунку керуючої програми для верстата з ЧПУ. Залежно від складності деталі застосовується токарна обробка, фрезерна обробка на верстатах з трьома-п'ятьма керованими осями, токарно-фрезерна, електро ерозійна обробка дротом. Система NX CAM має всі можливості для формування траєкторій інструменту для відповідних типів обробки.

NX CAM має широкий набір вбудованих засобів автоматизації – від майстрів та шаблонів до можливостей програмування обробки типових конструктивних елементів.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		70

Генератор програм ЧПУ включає стратегії обробки, призначені для створення програм з мінімальною участю інженера.

Концепція майстер-моделі є базою, де будується розподіл даних між модулем проектування та іншими модулями NX, зокрема і модулями CAM. Асоціативний зв'язок між вихідною параметричною моделлю та сформованою траєкторією інструменту робить процес оновлення траєкторії швидким та легким [17].

Щоб програму можна було запустити на певному верстаті, необхідно її перетворити на машинні коди даного верстата. Це робиться за допомогою постпроцесора. У системі NX існує спеціальний модуль для налаштування постпроцесора будь-яких керуючих стояків і верстатів з ЧПУ.

5.2. Програмування окремих операцій для обробки деталі "Корпус".

Програмування фрезерної операції в програмі SolidWorks

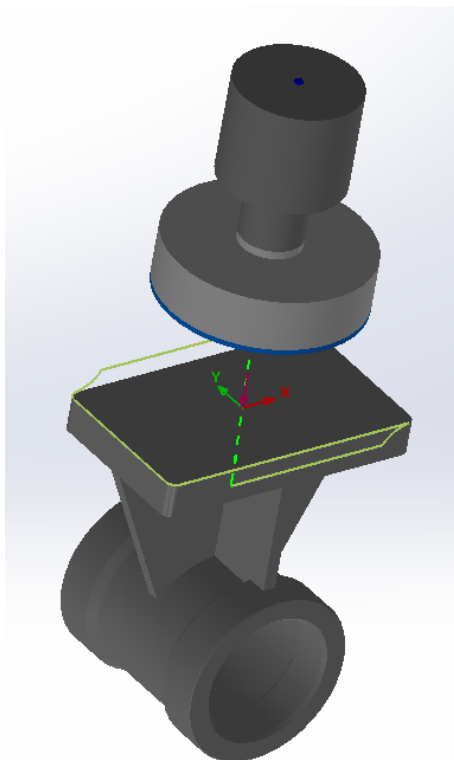


Рисунок 5.1 – Початкова точка шпінделя

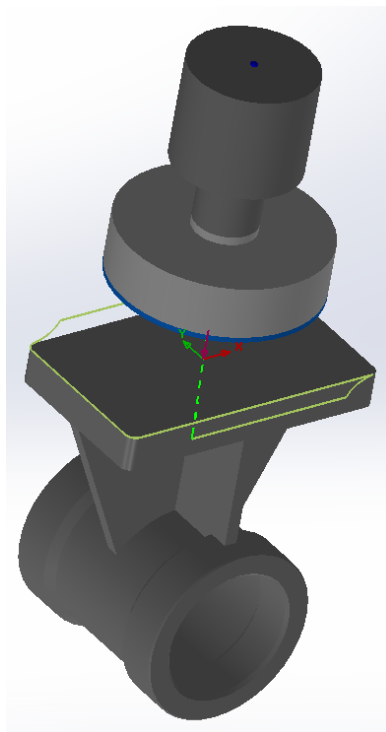


Рисунок 5.2 – Врізання в деталь

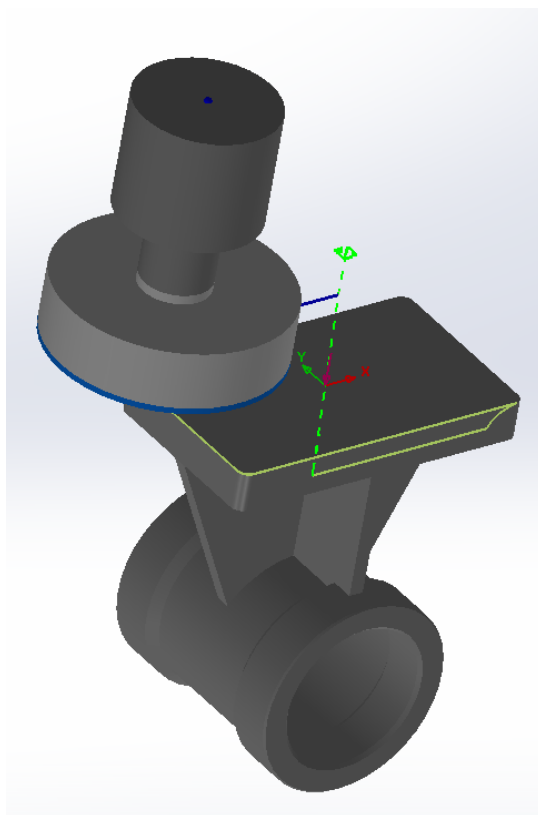


Рисунок 5.3 – Обробка деталі

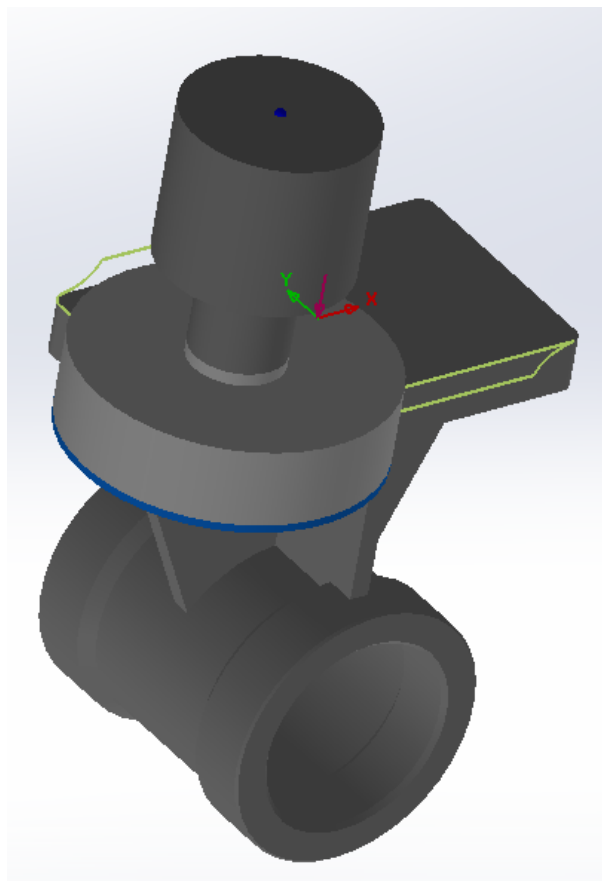


Рисунок 5.4 – Обробка деталі

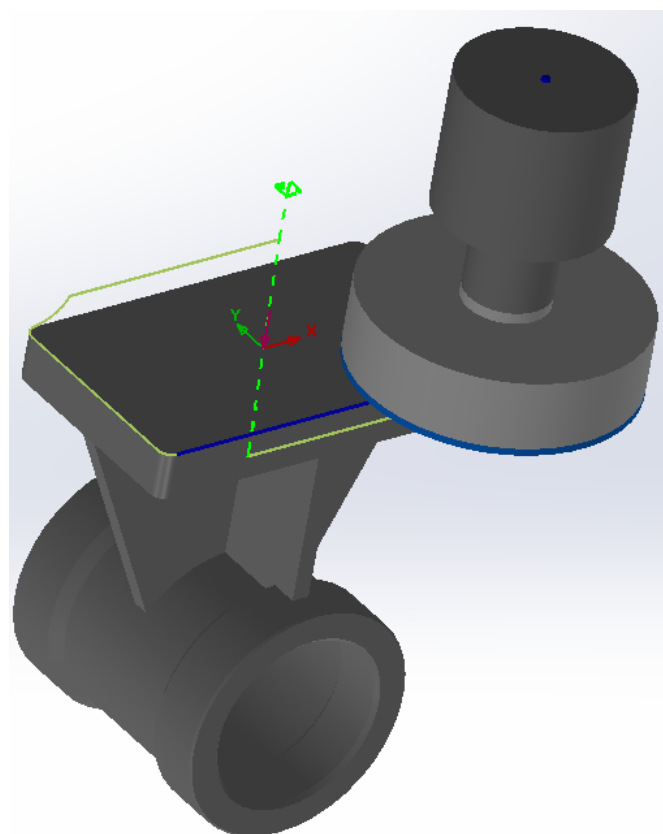


Рисунок 5.5 – Обробка деталі

Програмний код для фрезерної операції

O0001
 N1 G21
 N2 (50MM 5FL FACE MILL)
 N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
 N4 T12 M06
 N5 S500 M03
 N6 ('5@=>20O1)
 N7 G90 G54 G00 X52.8 Y62.5
 N8 G43 Z2.5 H12 M08
 N9 G01 Z.25 F437.5
 N10 G17 X-52.799 F1750.
 N11 G02 X-80.133 Y49.892 I-39.182 J49.013
 N12 G03 X-85. Y44. I1.133 J-5.892
 N13 G01 Y-44.
 N14 G03 X-80.133 Y-49.892 I6. J0
 N15 G02 X-79.585 Y-50. I-11.85 J-61.621
 N16 G01 X79.585
 N17 G03 X52.799 Y-62.5 I12.396 J-61.513
 N18 G01 X-52.8
 N19 G00 Z2.5
 N20 X52.8 Y62.5
 N21 G01 Z0 F437.5
 N22 X-52.799 F1750.
 N23 G02 X-80.133 Y49.892 I-39.182 J49.013
 N24 G03 X-85. Y44. I1.133 J-5.892
 N25 G01 Y-44.
 N26 G03 X-80.133 Y-49.892 I6. J0
 N27 G02 X-79.585 Y-50. I-11.85 J-61.621
 N28 G01 X79.585

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						74
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

N29 G03 X52.799 Y-62.5 I12.396 J-61.513
N30 G01 X-52.8
N31 G00 Z2.5
N32 Z25. M09
N33 G91 G28 Z0
N34 G28 X0 Y0
N35 M30

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Організація охорони праці на підприємстві

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Із цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їхні обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;
- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;
- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;
- забезпечує належне утримання будівель та споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;
- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						76
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

законодавством, та за їх підсумками вживає заходів з усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами підприємства з охорони праці;
- здійснює контроль за дотриманням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;
- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці.

Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення нормативно-правових актів з охорони праці. Служба охорони праці створюється роботодавцем на підприємстві з кількістю працівників 50 і більше. На підприємстві з кількістю працівників менше 50 осіб функції цієї служби можуть виконувати у порядку сумісництва особи, що пройшли перевірку знань з охорони праці відповідними державними службами. Якщо кількість працівників менше 20 осіб, для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю і прирівнюється до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб [18].

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						77
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

6.2 Значення виробничого освітлення для забезпечення продуктивності і безпеки праці. Існуючі види та системи освітлення

Стан освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль і для попередження виробничого травматизму. Багато негасних випадків на виробництві стається через погане освітлення. Втрати від цього становлять досить значні суми, а, головне, людина може загинути або стати інвалідом. Рациональне освітлення повинно відповідати таким умовам: бути достатнім (відповідним нормі); рівномірним; не утворювати тіней на робочій поверхні; не засліплювати працюючого; напрямок світлового потоку повинен відповідати зручному виконанню роботи. Це сприяє підтримці високого рівня працездатності, зберігає здоров'я людини та зменшує травматизм.

За своєю природою світло - це видиме випромінювання електромагнітних хвиль довжиною від 380 до 780 нм (1 нм дорівнює 10^{-9} м). Видиме світло (біле) є складовою цілого ряду кольорів, які залежать від довжини електромагнітних хвиль: фіолетовий 380...450 нм; синій 450...510 нм; зелений 510...575 нм; жовтий 575...620 нм; червоний 620...750 нм. Випромінювання вище 780 нм називають інфрачервоним, нижче 380 нм - ультрафіолетовим.

Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути трьох видів:

1. Природне - це пряме або відбите світло сонця (небосхилу), що освітлює приміщення через світлові прорізи в зовнішніх огоро-джувальних конструкціях.
2. Штучне - здійснюється штучними джерелами світла (лампами розжарювання або газорозрядними) і призначене для освітлення приміщень у темні години доби, або таких приміщень, які не мають природного освітлення.
2. Сполучене (суміщене) - одночасне поєднання природного і штучного освітлення.

Освітлення характеризується кількісними та якісними показниками, при цьому застосовують поняття системи світлотехнічних одиниць і величин.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		78

Основними поняттями цієї системи є світловий потік, сила світла, освітленість та яскравість.

6.3 Вібрації як негативний чинник виробничого процесу. Класифікація вібрацій

Вібрація характеризується частотою коливань/(Гц), амплітудою L зміщення точки коливання від положення рівноваги (мм), коливальною або віброшвидкістю V (м/с) та віброприскоренням a (м/с²).

Залежно від способу передачі вібрації тілу людини розрізняють:

- локальну (місцеву), що передається людині переважно через кінцівки;
- загальну, що передається на тіло людини через опорні поверхні тіла.

Загальна вібрація поділяється на:

- транспортну, що передається людині, яка знаходиться на транспортному засобі, що рухається;
- транспортно-технологічну, яка передається оператору машини з обмеженим переміщенням, яке здійснюється по спеціально підготовлених поверхнях виробничих приміщень або промислових площадок;
- технологічну, яка передається від стаціонарних машин на робочі місця, що не мають джерела вібрації, через підлогу, фундаменти або робочі площадки, де працює оператор.

Довготривалий вплив на людину загальної вібрації призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та вегетативної нервових систем, захворювання органів травлення, а також серцево-судинної системи.

Місцева вібрація викликає порушення периферійного кровообігу і нервової системи та м'язово-суглобного апарату. Тривала дія локальних вібрацій часто призводить до вібраційної хвороби з незворотними змінами в цих системах. Одночасна дія підвищеного шуму та вібрації, охолодження всього організму або кінцівок поглиблюють захворювання. Профілактика впливу вібрацій на організм людини включає ряд заходів технічного, санітарно-гігієнічного та

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		79

лікувального характеру. Найкращим захистом є дотримання нормативних параметрів інтенсивності вібрації.

Середньогометричні частоти октавних смуг вібрацій стандартизовані і становлять: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

39. Визначення поняття „виробничий шум”, його основні параметри.
Класифікація шумів

Шум - це звук, який неблагоприємно впливає на здоров'я і працездатність людини та заважає сприйняттю корисного сигналу.

На виробництві джерелами шуму можуть бути:

- машини та механізми - механічний шум;
- електромагнітні пристрої - електромагнітний шум;
- закінчення рідин та газів - аерогідродинамічний шум.

Внаслідок неперервного впливу на слух людей інтенсивного шуму на виробництві може виникнути професійна глухота або різка втрата слуху - туговухість. Шум руйнує нервову систему, послаблює увагу, пам'яті.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях встановлюють санітарні норми СН 3223-85.

В залежності від часових характеристик, шум підрозділяється на постійний та непостійний. Постійним вважається шум, рівень звуку якого за 8-годинний робочий день змінюється у часі не більше ніж на 5 дБ.

Непостійний - більше ніж на 5 дБ.

Допустимі рівні постійного шуму на робочих місцях нормуються у октавних смугах з середньогометричними частотами. Еквівалентним рівнем звука називається значення рівня звуку тривалого постійного шуму, який у межах регламентуемого інтервалу часу $T = t_2 - t_1$, має теж саме середньоквадратичне значення рівня, що і шум, рівень якого міняється у часі.

Нормування постійного широкосмугового шуму на робочих місцях проводиться по шкалі шумоміра А, яка відповідна середньої чутливості вуха людини [19].

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						80
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

6.4 Інфра- та ультразвук. Параметри інфра- та ультразвукових коливань. Джерела ультра- та інфразвукових коливань

Інфразвук - це механічні коливання пружного середовища, що мають однакову із шумом фізичну природу, але різняться частотою коливань, яка не перевищує 20 Гц. У повітрі інфразвук поглинається незначно. У зв'язку з цим він здатний поширюватися на великі відстані.

Інфразвук характеризується інфразвуковим тиском (Па), інтенсивністю (Вт/м²), частотою коливань (Гц). Рівні інтенсивності інфразвуку та інфразвукового тиску визначаються в дБ.

У виробничих умовах інфразвук утворюється при роботі тихохідних великогабаритних машин та механізмів (компресорів, металообробного обладнання, електричних та механічних приводів машин та ін.), що здійснюють обертальні або зворотно-поступальні рухи з повторним циклом до 20 разів за секунду. Інфразвук аеродинамічного походження виникає при турбулентних процесах, в потоках газів та рідин.

Багато природних явищ - землетруси, виверження вулканів, морські бурі і т. п. - супроводжуються випромінюванням інфразвукових коливань.

Інфразвук несприятливо впливає на весь організм людини, в т. ч. і на органи слуху, знижуючи слухову чутність на всіх частотах. Інфразвукові коливання сприймаються як фізичне навантаження, в результаті якого виникає втома, головний біль, запаморочення, порушується діяльність вестибулярного апарату, знижується гострота зору та слуху, порушується периферійний кровообіг, виникає відчуття страху і т. ін. Важкість впливу залежить від діапазону частот, рівня звукового тиску та тривалості.

Низькочастотні коливання з рівнем інфразвукового тиску, що перевищує 150 дБ, людина не в змозі перенести. Особливо несприятливі наслідки викликають інфразвукові коливання з частотою 2... 15 Гц у зв'язку з виникненням резонансних явищ в організмі людини. Особливо небезпечною є частота 7 Гц, тому що вона може збігатися з ос-ритмом біотоків мозку.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		81

У відповідності до санітарних норм рівні звукового тиску інфразвуку в октавних смугах із середньгеометричними частотами 2; 4; 8 та 16 Гц не повинні перевищувати 105 дБ, а в діапазоні частот 32 Гц - 102 дБ. Боротьба з несприятливим впливом інфразвуку ведеться в тих самих напрямках, що і боротьба з шумом. Найдоцільніше зменшувати інтенсивність інфразвукових коливань на стадії проектування машин та агрегатів.

Ультразвук - це коливання пружного середовища з частотою понад 20 000 Гц. Ультразвуковий діапазон частот поділяється на изькочастотні коливання (від 1,12104 до 10й Гц), що розповсюджуються повітряним і контактним шляхом, та високочастотні коливання (від 103 до 109 Гц), що розповсюджуються тільки контактним шляхом. Ультразвук, як і звук, характеризується ультразвуковим тиском (Па), рівнем звукового тиску (дБ), інтенсивністю (Вт/м²) та частотою коливань (Гц). При розповсюдженні в різних середовищах ультразвукові хвилі поглинаються тим швидше, чим вища їх частота. Поглинання ультразвуку супроводжується нагріванням середовища. Ступінь його біологічного впливу (в основному контактного) при контакті з рідким середовищем, в якому поширюються ультразвукові коливання, залежить від часу контакту, інтенсивності, частоти і характеру ультразвукових коливань. У людей, що працюють з ультразвуковими установками нерідко спостерігаються функціональні порушення нервової, серцево-судинної систем, зміна кров'яного тиску, складу і властивостей крові, головний біль, швидка втомлюваність.

Джерелами ультразвуку можуть бути різні акустичні перетворювачі, найпоширеніший з них - магнітострикційний перетворювач, що працює від змінного струму і генерує механічні коливання з частотою понад 20 кГц.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях звукових та ультразвукових коливань, що поширюються повітряним шляхом, не повинні перевищувати таких значень:

Середньгеометричні частоти 1/3 октавних смуг, кГц Рівень звукового тиску, дБ

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						82
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

12,5 80

16,0 90

20,0 100

25,0 105

31,5. .. 100 ПО

З метою підвищення безпеки людини слід застосовувати ультразвук більш високих частот, які більш безпечні, передбачати дистанційне управління і системи блокування. Ультразвукові установки повинні мати кожухи або екрани із органічного скла або сталевих листів, що оброблені протишумною мастикою, гумовим покриттям.

При обслуговуванні установок, що випромінюють ультразвук, слід застосовувати спеціальні рукавички з багатошарового матеріалу (гума, тканина) та захоплювачі-маніпулятори, що виключають безпосередній контакт людини з вібруючим обладнанням [20].

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						83
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

ВИСНОВОК

Під час проектування кваліфікаційної роботи, в першому розділі було зроблено опис, призначення, застосування та аналіз торцевих фрез в операціях фрезерування В другому розділі я описав конструкцію та службове призначення, умови роботи деталі «Корпус». Також визначив тип виробництва, вибрав метод отримання заготовки, розробив маршрут технологічного процесу механічної обробки деталі, та детально розглянув кожну операцію. В третьому розділі було розглянуто призначення конструкції та моделювання різального інструменту, а також аналіз інноваційних можливостей для удосконалення торцевої фрези, та був проведений розрахунок на міцність торцевої фрези в САЕ системах (SolidWorks). В четвертому розділі було розроблено проект та зроблений аналіз віртуальної ділянки виготовлення деталі «Корпус» та визначення її площі. В п'ятому розділі було спрограмовано одну операцію в САМ системі по деталі «Корпус». В шостому розділі розглянули визначення виробничого освітлення для забезпечення продуктивності і безпеки праці. Існуючі види та системи освітлення. А також як вібрації на виробничий процес. Класифікація вібрацій. Та параметри інфра- та ультразвукових коливань. Джерела ультра- та інфразвукових коливань.

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						84
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Родін П.Р. Різальний інструмент у прикладах і задачах / [П.Р. Родін, Н.С. Равська, Л.І. Ковальова, Р.П. Родін]. – Київ, “Вища школа”, 1994, 294 с. Довідник технолога-машинобудівника, Том 2, Косілова А.Г., Мещеряков Р.К., 1986.
2. Bethune, J. D. (2019). Engineering Design Graphics with Autodesk Inventor. Pearson Education.
3. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно заключительного для технического нормирования работ на металлорежущих станках [Текст] .- М.: Машиностроение, 1984, 396 с.
4. Справочник технолога - машиностроителя. В 2х томах. Т.1. [Текст] / Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. -М.: Машиностроение, 1985. 655 с.
5. Справочник технолога - машиностроителя. В 2х томах. Т.2. [Текст] / Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. -М.: Машиностроение, 1986. 495 с.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога [Текст] / Под общ. ред. А.А. Панова. — М.: Машиностроение. 2004. — 784с
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.1. [Текст] –М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
8. Ванин В.А. Приспособления для металлорежущих станков : учеб. пособие/ В.А.Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х.Фидаров. [Електронний ресурс] – Тамбов : Изд-во Тамб.гос.техн.ун-та. 2008.- 316 с.
9. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки [Текст] : ГОСТ 25347-82. – [Срок введения 01.07.1983]. —М.: Национальные стандарты, 2007. — 54 с. — (Межгосударственный стандарт).

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		85

10. Підвищення ефективності обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням / П.П. Мельничук, Г.М. Виговський, О.А. Громовий, В.М. Бушля, В.Ю. Лосєв
11. Довідникові пристрої: Довідник. У 2-х томах. Т1/Б. Н. Вардашкін, 1984.
12. Табличні дані для режимів різання: Режимы резания метчиками, плашками, фрезами, развертками [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://chipgu.ru/viewtopic.php?t=1075>.
13. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stroy-podskazka.ru/freza/torcevye/?ysclid=lowqzyji4u175586178>
14. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.inventa.ua/ua/nashi-poslugi/patentnij-poshuk/>
15. Основи формоутворення поверхонь різанням [Електронний ресурс]: підручник для студентів технічних спеціальностей / В.І. Солодкий, Д.О. Красновид, О.А. Плівак. – Електронні текстові дані (1 файл 14,3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 440 с.
16. "Розрахунок нових конструкторських торцевих фрез в системах автоматизованого проектування" "Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої Дню ракетно-космічної галузі України : Збірник наукових праць / Під редакцією Г.В. Рудакової та ін. - Херсон-Хмельницький : Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2024. - 154 с." 5 Гончар В.В., Дмитрієв Д.О., Сімінченко І.П., Осадчук В.С. 2024
17. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://moyaosvita.com.ua/mashinobuduvannia/kompyuterni-texnologii-v-mashinobuduvanni/>
18. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ukr.vipreshebnik.ru/entsiklopediya/19-a/744-avtomatizatsiya-virobnitstva.html>

19. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://pidru4niki.com/12920522/bzhd/organizatsiya_ohoroni_pratsi_pidpriyemstva?ysclid=lwhn6b2y1d572179369
20. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://otherreferats.allbest.ru/life/00070713_2.html?ysclid=lwhnjwrzc2265538913
21. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://pidru4niki.com/92788/bzhd/osvitlennya_virobnichih_primisichen?ysclid=lwhndtug7i44063009

ДОДАТКИ

Додаток А.

УДК 621

Автори В.В. Гончар, Дмитрієв Д.О, Сімінченко І.П.

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

РОЗРАХУНОК НОВИХ КОНСРУКЦІЙ ТОРЦОВИХ ФРЕЗ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Промисловий сектор завжди був основою економічного зростання в усьому світі. Одним з ключових компонентів, який відіграє важливу роль у різних галузях промисловості, є фреза, життєво важливий інструмент у металообробці, який використовується для формування заготовок. Однак із вимогами до підвищення ефективності та продуктивності постійна еволюція та вдосконалення цього інструменту стають обов'язковими.

В роботі розглянуто удосконалення конструкції фрези торцевої для обробки плоских поверхонь, яка оснащена вставними ріжучими елементами - ножами, з багатограними ріжучими непереточувальними пластинами з механічним кріпленням, що розміщені у корпусі на повздовжніх пазах, що зафіксовані механічно за допомогою гвинтів. Додатково пристрій містить загальну опорну пластину - шайбу, яка розташована жорстко на поверхні корпусу (рис. 1) [1].

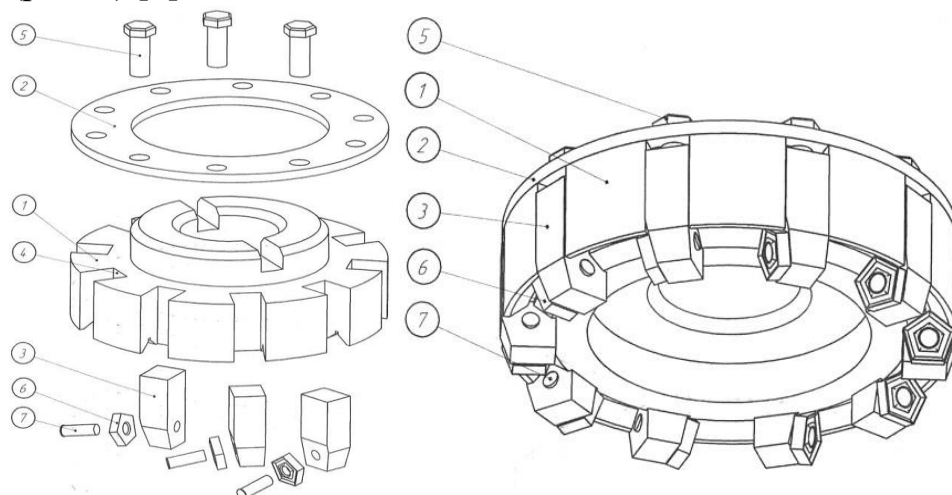


Рис. 1. Аналог фрези

Недоліками фрези є велика кількість складових елементів, що обумовлена необхідністю виготовлення опорної шайби, а також не достатньо надійне кріплення ножів.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій містить вставні ріжучі елементи - ножі, з багатограними ріжучими непереточувальними

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
Ізм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		88

пластинами з механічним кріпленням, що розміщені у корпусі на повздовжніх пазах, які зафіксовані механічно за допомогою двох гвинтів, які кріпляться у торець корпусу [1].

Таке кріплення ріжучих елементів дозволяє досягнути позбавлення люфту кріплення несучих ріжучих пластин касет у виїмках корпусу як у радіальному, так і в осьовому напрямку.

Програмні інновації, такі як сучасне програмне забезпечення CAD/CAM, пропонують високу точність у проектуванні фрез і моделюванні процесів різання для досягнення максимальної ефективності перед виробництвом. Крім того, такі футуристичні технології, як машинне навчання, можуть потенційно оптимізувати траєкторію руху інструментів і скоротити час обробки, відкриваючи нову еру технологічного вдосконалення фрез.

Фреза торцева у розібраному стані (рис. 2), містить корпус 1 з базуючої поверхні для ріжучих пластин, в якому розташовані ріжучі елементи - ножі 2. Фіксація ріжучих елементів - ножів 2 здійснюється за допомогою гвинтів 3. Ріжучі елементи - ножі 2 виконані призматичними та оснащені змінними багатограними непереточуваними ріжучими пластинами 4 з механічним кріпленням за допомогою штифта 5. На (рис. 3) показана фреза торцева у зібраному стані.

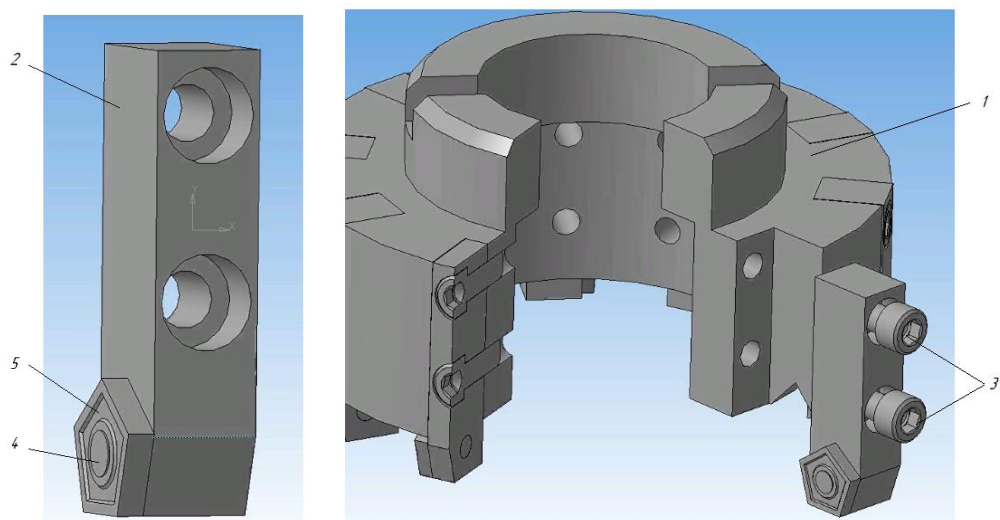


Рис. 2. Фреза торцева

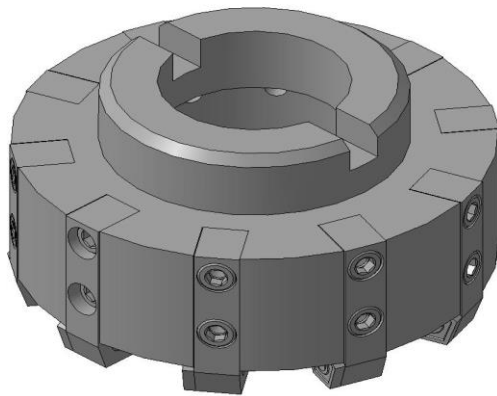


Рис. 3. Фреза торцева

Радіальний кут ріжучої кромки може варіювати від позитивного до негативного, проте переважно негативним. При негативних радіальних кутах стружка відводиться простіше, оскільки вона викидається назовні. При позитивних радіальних кутах стружка може виштовхуватися всередину, і це може призводити до її накопичення і, в результаті, порушення процесу різання, що може призводити до погіршення чистоти поверхні оброблюваної деталі.

Дане рішення дозволяє забезпечити надійність кріплення в осьового положення ріжучих кромки з високою точністю при мінімальному числі окремих конструктивних елементів, в конструкції зменшена металоємність, збільшено точність регулювання ріжучих елементів [2].

Розробивши 3D модель інструменту можна перевірити стійкість та жорсткість його конструкції під час обробки заданої поверхні внаслідок виникнення сил різання. Для виконання такої перевірки було вирішено обрати середовище Solid Works 2021 (рис. 4,5).

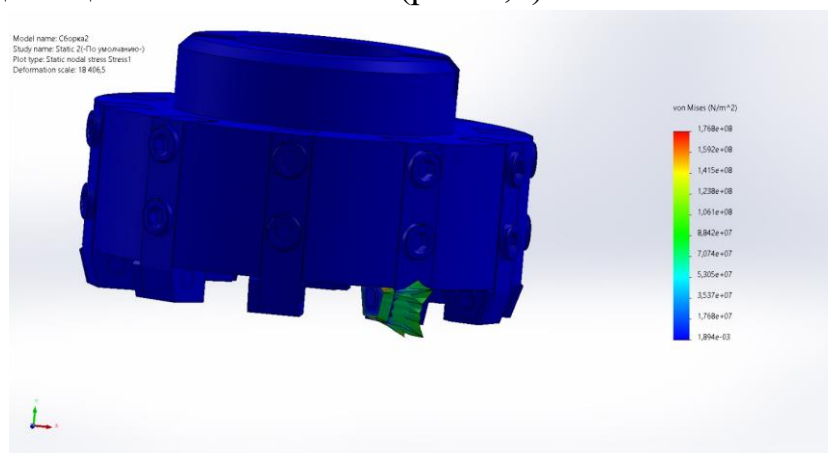


Рис. 4. Реакція за Фон Мізом. Перевірка на розтягнення або перелом

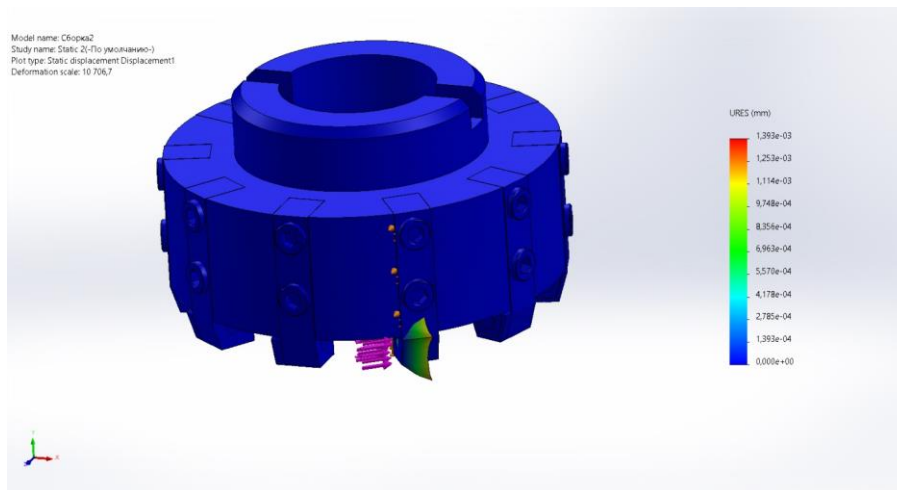


Рис. 5. Максимальні деформації

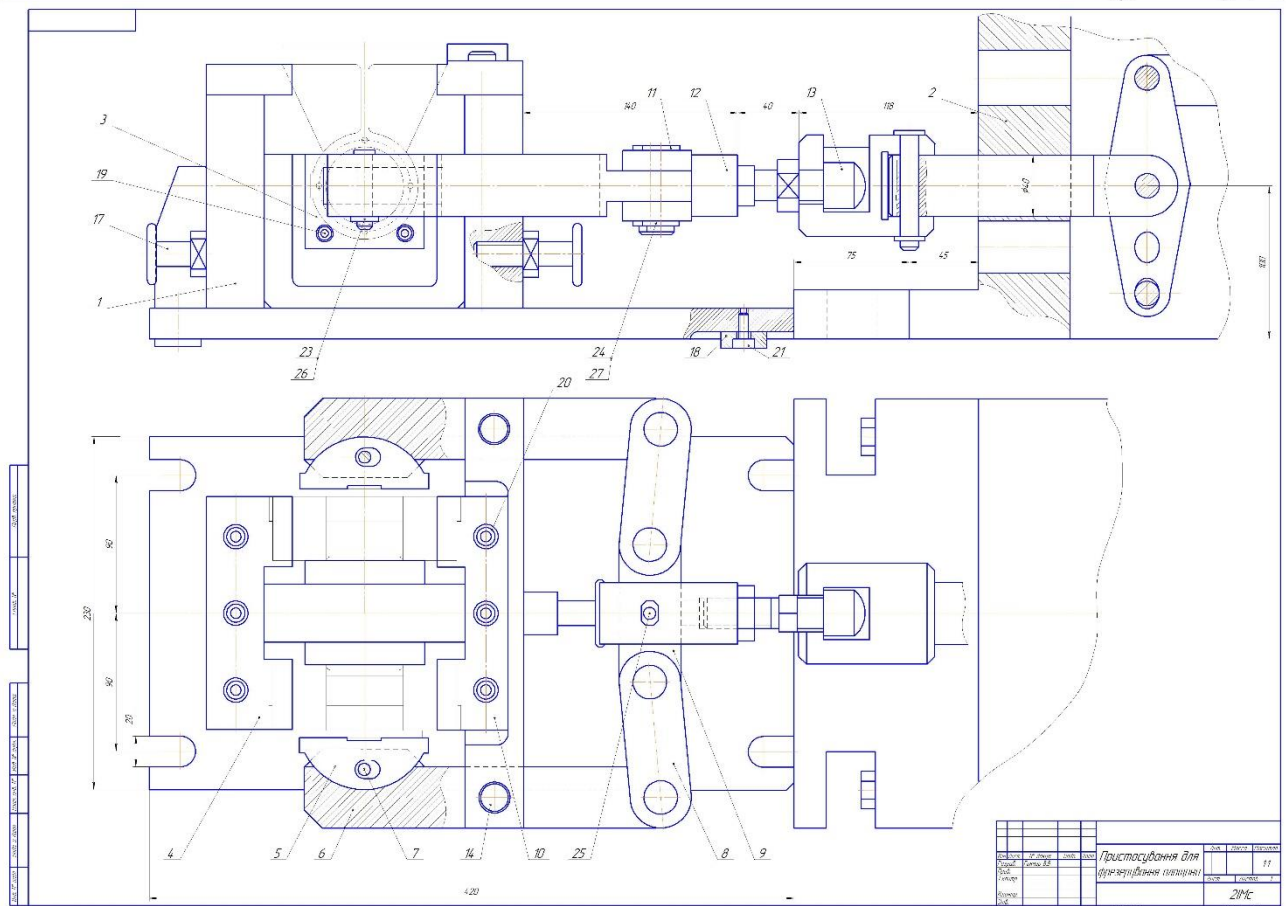
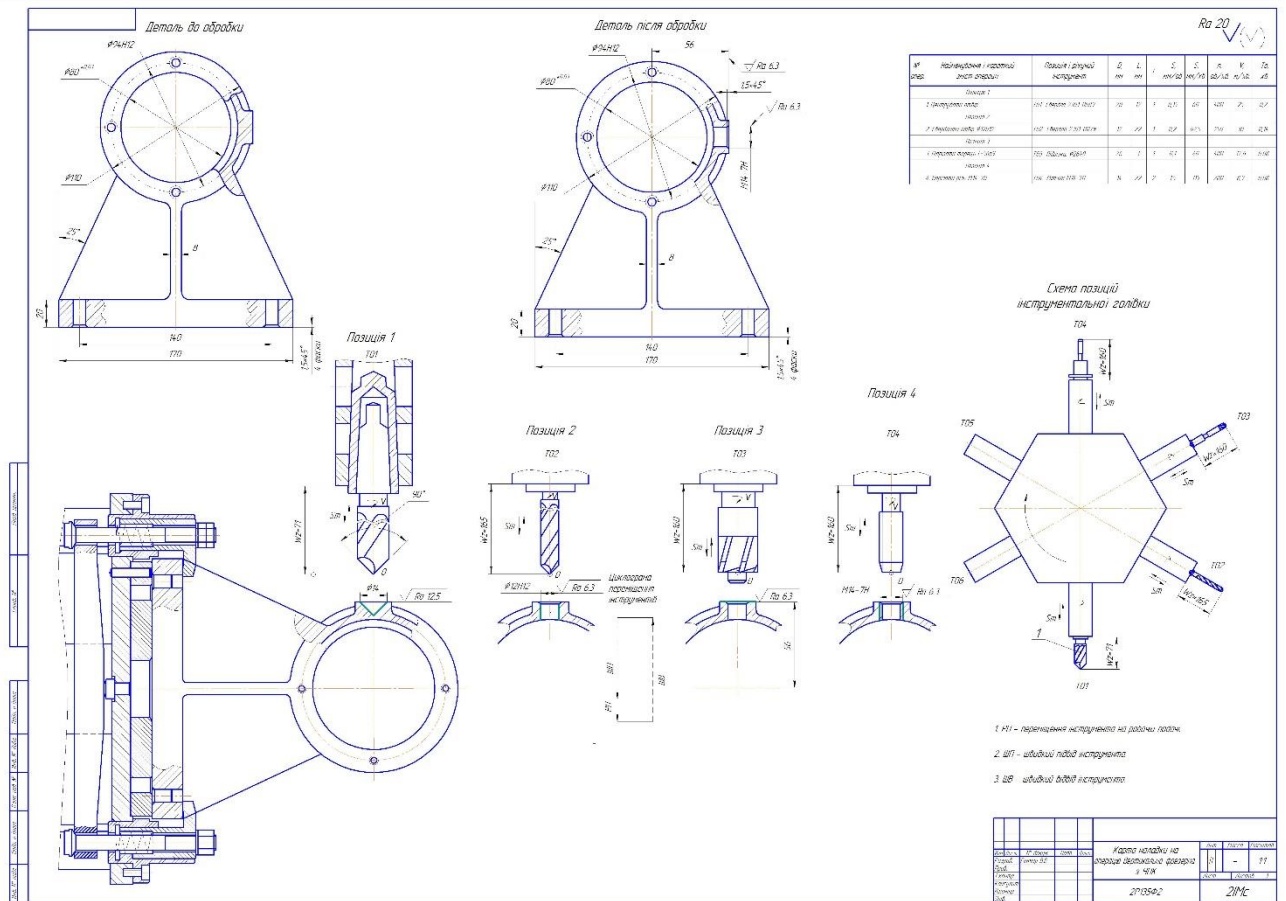
Розрахунок показує максимальну деформацію в 0.001 міліметра при максимальній контактній міцності, МПа за Фон Мізом $1 \text{ e}+08 \text{ Н/мм}^2$.

Таким чином, провівши аналізи можемо бачити, що зважаючи на умови роботи розробленого інструменту його матеріали та конструкція обрані вірно. [3]

Отримані значення не перевищують гранично допустимих для даних матеріалів, проте, за можливості, їх варто зменшувати шляхом вибору інших матеріалів. зміни форми поперечного перерізу, способу та типу пластини аби продовжити експлатаційний термін інструменту.

Висновки

У ході роботи був проведений аналіз сучасних конструкцій торцевих фрез провідних виробників, також провели патентний пошук конструкцій торцевих врез. Оцінивши всі переваги та недоліки переглянутих конструкцій, сконструювали нову. Зробили складальне креслення збірного різця, склали 3D модель різця.

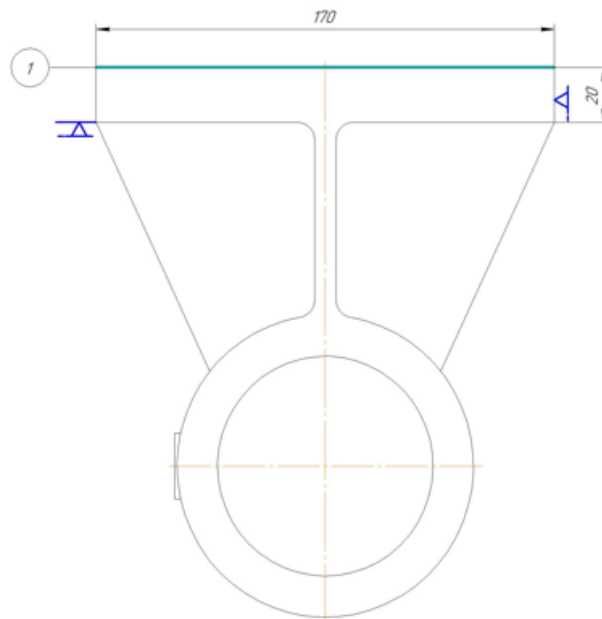


Додаток В.

										2	1						
Разраб.	Гончар В.В.					ХНТУ											
Н.контр.						Корпус											
M01	СТУ 8833:2019																
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ							
		кг	5,80				Виливок	100x170x200									
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа									
B	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
A03	005 Вертикально-фрезерная																
B04	6P12														20	1,96	
05																	
A06	010 Радиально-свердильная																
B07	2Л53														15	4,42	
08																	
A09	015 Горизонтально-розточувальна																
B10	2A622														25	6,09	
11																	
A12	020 Вертикально-свердильная з ЧПК																
B13	2P135Ф2														25	6,09	
14																	
A15	025 Вертикально-свердильная з ЧПК																
B16	2P135Ф2														25	1,83	
МК		Маршрутная карта															

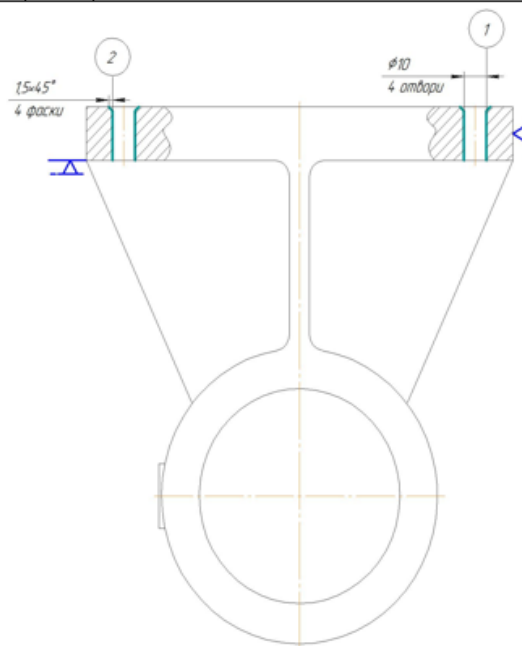
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			Обозначение документа									
B	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						Обозначение, код						ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
01																	
A02	030 Радиально-свердильная																
B03	2Л53														10	1,48	
04																	
A05																	
B06																	
07																	
A08																	
B09																	
10																	
A11																	
B12																	
13																	
A14																	
B15																	
16																	
17																	
МК		Маршрутная карта															

				ГОСТ 3.1105-84 , форма 7			
Дубл.							
Взам.							
Подл.							
				7.090202 ДП.ТМБ.127-С.13 1 1			
Разраб.	Гончар В.В.			ХНТУ			
Н.контр.				Корпус		005	



КЭ Карта эскизов

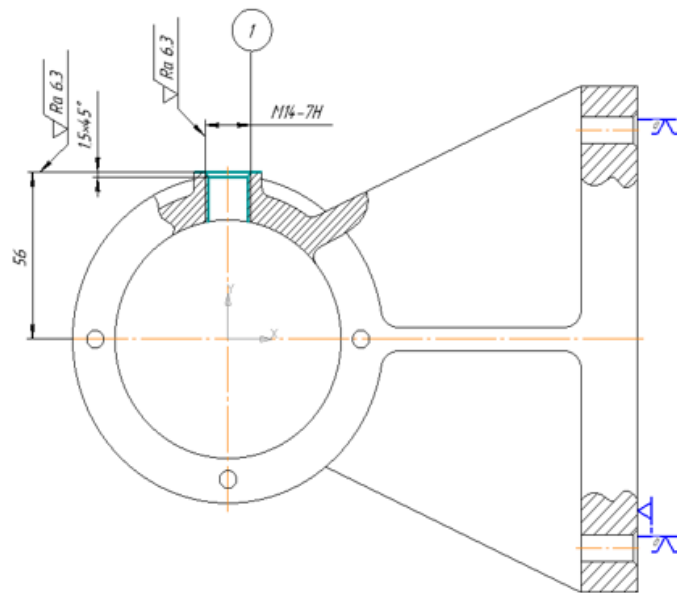
				ГОСТ 3.1105-84 , форма 7			
Дубл.							
Взам.							
Подл.							
				7.090202 ДП.ТМБ.127-С.13 1 1			
Разраб.	Гончар В.В.			ХНТУ			
Н.контр.				Корпус		010	



КЭ Карта эскизов

					ХНТУ 13303 ПЗ	Арк.
						97
Ізм..І	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

Разраб.	Гончар В.В			ХНТУ					
Н.контр.				Корпус					025



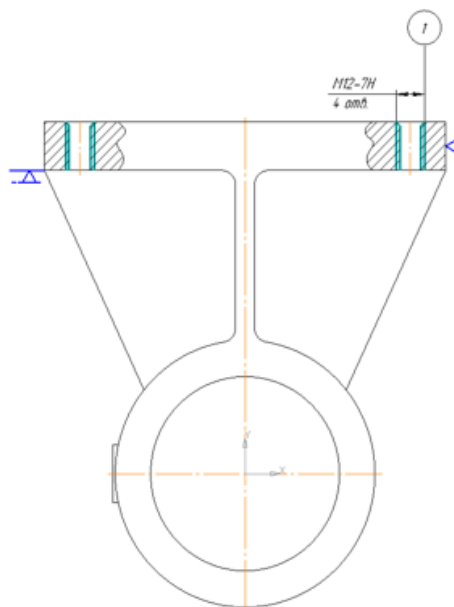
КЭ	Карта эскизов	
----	---------------	--

Дубл.									
Взам.									
Подп.									

7.090202 ДП.ТМБ.127-С.13

1 1

Разраб.	Гончар В.В			ХНТУ					
Н.контр.				Корпус					030



КЭ	Карта эскизов	
----	---------------	--

Изм..I	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата
--------	-------	-----------	----------	------

ХНТУ 13303 ПЗ

Арк.

98

Ізм./	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата

[illegible]

										1		1			
Разраб.		Гончар В.В.						ХНТУ							
Н.контр.								Крышка стартера						020	
Наименование операции				Материал				Твердость		ЕВ		МД		Профиль и размеры	
Вертикально-свердлильна з ЧПК				СЧ18 ДСТУ 8833:2019						кз		0		МЗ 0	
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы				То		Тв		Тпз.		Тшт.	
2Р135Ф2												25		6.09	
Р				ПИ		D или B		L		t		l		S	
001		1. Свердлийти 4 отвори Ø5мм, витримуючи розмір 20мм, та нарізати різьбу М6-7Н													
T02		Свердло 2301-0453 ВК8													
03		Мітчик 2640-3022													
04															
05															
06															
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
OK		Операционная карта													

Разраб.	Гончар В.В.									1	1
				ХНТУ							
				Крышка стартера						025	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Вертикально-свердлильна з ЧПК		СЧ18 ДСТУ 8833:2019			к2	0			0		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
2Р135Ф2						25	1,83				
Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	1. Обробка торця 56мм та свердлимо отвір Ø12мм										
T02	Комбіноване свердло Ø12/20мм										
03	2. Нарізаємо різьбу М14-7Н										
04	Мітчик 2640-3022										
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
OK		Операционная карта									

Разраб.	Гончар В.В.										
				ХНТУ							
				Крышка стартера						030	
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Радіоально-свердлильна		СЧ18 ДСТУ 8833:2019			к2	0			0		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тпз.	Тшт.	СОЖ			
2Л53						10	1,48				
Р				ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V
001	1. Нарізаємо 4 різьби М12-7Н										
T02	Мітчик 2640-3022										
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
OK		Операционная карта									