

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі " Плита 47.04.05"

Назва теми

з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Назва

Освітня програма «технології машинобудування»

Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.26.25.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-22-1

Шифр

Підпис

Людмила КЛЬОЦ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент

Науковий ступінь, звання

Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування

Назва

Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «23» серпня 2025

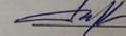
Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

7 . 02 . 2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Кльоц Людмила Володимирівна

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Плита 47.04.05" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Ткачук Віталій Павлович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленник деталі плита 47.04.05 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5 тис.

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

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленник деталі із 3D моделлю (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); кресленник карти наладки (1 лист А2); кресленник верстатного пристрою (1 лист А1); кресленник контрольного калібру (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент


Підпис

Людмила КЛЬОЦ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Кльоц Людмила Володимирівна на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі «Плита 47.04.05» з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проект (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК
(ім'я, прізвище)



ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кльоц Л.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: Відмінно 7,69 %, добре 35,90 %, задовільно 56,41 %. Шкалою ЄКТС: А 7,27 %, В 9,09 %, С 40,00 %, D 9,09 %, E / 34,55 %.

Методист факультету

[Signature]
(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Лізу ган работи зробила себе як професіонал з усіх сфер механіки. Її проект можна зважити розумовим і творчим виконанням до високого рівня.

Оцінка дипломного проекту (роботи) задовільно оцінка «Відмінно»
Керівник дипломного проекту [Signature] Віталій Гринчук
(підпис) (ім'я, прізвище)

" 23 " 06 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Кльоц Л.В. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри технології машинобудування
[Signature] Віталій Гринчук
(підпис, ім'я, прізвище) (назва)

" 23 " червень 2025

Завідувачу кафедри

Технології Механізмів
Високої Технології
здобувача вищої освіти (студента)
ПІБ, факультет, «курс», «група»
ГМБ-22-2 Л. Клоуц

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповішений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

20.06.25
дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проєкт бакалавра

студента Людмили Кльоц
на тему: Технологія виготовлення деталі «Плита 47.04.05» з
використанням верстатів з ЧПК

У дипломному проєкті Людмили Кльоц виконано вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі «Плита 47.04.05».

У загальному розділі обґрунтовано тип виробництва та форму організації робіт, виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними та кількісними показниками.

У технологічному розділі проведено вибір отримання заготовки більш економічним методом, спроектовано технологічний маршрут та процес виготовлення деталі «Плита 47.04.05». Розраховано припуски та режими різання, виконано технічне нормування операцій.

Розроблені технологічні операції для верстатів з ЧПК з використанням у створенні програм керування САМ – пакету ESPRIT.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для оброблення отворів на верстаті з ЧПК та контрольно-вимірювальний інструмент.

Загальний висновок та оцінка

Дипломний проєкт виконано на високому професійному рівні з дотриманням усіх вимог. Усі інженерні рішення, розрахунки, креслення та пояснювальна записка оформлені згідно ЕСКД, ЄСТД та ДСТУ на високому рівні. Це демонструє студента, як сформованого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломній роботі не виявлено.

Студентка Людмила Кльоц заслуговує «відмінної» оцінки.

Рецензент доц. каф. ТАМ Сергій ПОСОНЬКИЙ

«10» червня 2025 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТХ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Роль відео в роботі на 4704.01 '2
 Автор Белок Л.
 Освітня програма Технології машинобудування
 Рівень вищої освіти бакалавр
 Спеціальність Інженерство механік
 Науковий керівник: Ткачук Л.П.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укряття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

Anti-Plagiarism - 11.0

10.09.2016

Дата

Завідувач кафедри

Л.П. Ткачук
Підпис

Л.П. Ткачук
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Л.П. Ткачук
Підпис

Л.П. Ткачук
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Л.П. Ткачук
Підпис

Л.П. Ткачук
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Реферат
Дипломного проєкту на тему

Технологія виготовлення деталі "Плита 47.04.05" з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Людмила КЛЬОЦ

Керівник: к.т.н., доцент Віталій ТКАЧУК

Дипломний проєкт присвячено розробленню технологічного процесу виготовлення деталі «Плита 47.04.05» з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Основною метою проєкту є підвищення точності, якості та продуктивності механічної обробки шляхом впровадження сучасних високоточних технологій та інструментального оснащення.

У процесі проєктування виконано аналіз конструкції деталі, визначено функціональне призначення та технічні вимоги до оброблюваних поверхонь. Обґрунтовано вибір заготовки, встановлено припуски на обробку, обрано раціональні бази для забезпечення стабільної точності. Розроблено повний маршрут механічної обробки із зазначенням типів устаткування, оснащення, інструментів та режимів різання.

В технологічному процесі використано сучасні вертикально-фрезерні обробні центри HAAS VF-1 з системою ЧПК Fanuc, що забезпечує виконання фрезерних, свердлильних та розточувальних операцій з високою точністю. Для контролю геометричних параметрів деталі передбачено застосування індикаторних та координатно-вимірювальних пристроїв. Розроблено схему контрольного пристрою для перевірки відхилення від паралельності базових площин.

Також проведено техніко-економічне обґрунтування обраної технології та оцінено її ефективність у серійному виробництві. Результати проєкту можуть бути впроваджені у промислових умовах при виготовленні аналогічних деталей.

Ключові слова: верстати з ЧПК, фрезерування, плита, технологічний процес, контроль, HAAS VF-1, точність, базування, маршрутна карта, інструмент.

Автор:

Людмила КЛЬОЦ

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Задачі дипломного проектування	8
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	8
1.3 Вибір форми організації робіт типу і виробництва	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Вибір методу отримання заготовки	13
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	14
2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	14
2.2.2 Вибір технологічних баз	16
2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі	17
2.3 Розрахунок припусків на обробку	23
2.4 Розрахунок режимів різання	24
2.5 Нормування технологічного процесу механічної обробки	28
2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	30
2.7 Оформлення технологічної документації	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Проектування пристосування свердлильного	36
3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою	38
3.3 Розрахунок пристосування на точність	36

ДП.ПМ.ФІТА.26.25.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		Л.Кльоц		
Перев.		В. Ткачук		
Н. контр.		С. Бись		
Затв.		В. Ткачук		
Технологія виготовлення деталі "Плита 47.04.05" з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		н	5	
ХНУ гр. ПМТс-22-1				

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів. Техніка безпеки	42
4.2 Виробнича санітарія та гігієна праці	45
4.3 Виробниче освітлення	47
4.4 Протипожежні заходи та засоби пожежогасіння	47
4.5 Техніка безпеки під час роботи на зубофрезерних верстатах (Операція 040, деталь «шестерня ведуча», верстат зубофрезерний 5Д312)	48
4.6 Заходи щодо раціонального використання природних ресурсів	49
ВИСНОВКИ	50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	51
ДОДАТКИ	54

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Науково-технічний прогрес у машинобудуванні значною мірою визначає розвиток та вдосконалення всього народного господарства країни. Найважливішими умовами прискорення науково-технічного прогресу є: зростання продуктивності праці, підвищення ефективності громадського виробництва та поліпшення якості продукції.

Застосування прогресивних, високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталей та машини в цілому, ефективне використання сучасних автоматичних та поточкових ліній, верстатів з ЧПУ, ЕОМ та іншої нової техніки, прогресивних форм організації та економіки виробничих процесів – все це спрямоване на вирішення основних завдань, підвищення ефективності виробництва. Якість машини, надійність, довговічність та економічність в експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, а й від технології виробництва.

На підприємстві послідовно впроваджувалися система бездефектної праці, комплексна система управління якістю, інші розробки системи якості. На зарубіжних ринках становище заводу зараз цілком стійке, обсяг продажу порівняно з аналогічним періодом минулого року збільшився майже на третину.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Задачі дипломного проектування

У процесі дипломного проектування необхідно:

- обґрунтувати вибір заготовки для деталі "Плита 47.04.05" з урахуванням економічності та придатності до механічної обробки;
- здійснити аналіз конструкції деталі, визначити її службове призначення, функціональні та технологічні вимоги;
- розробити оптимальну технологічну послідовність виготовлення деталі на основі сучасних методів обробки, переважно з використанням верстатів з числовим програмним керуванням;
- провести розрахунки режимів різання, часу обробки та налагодження, встановити розряд роботи;
- створити маршрутну та операційну технологічну документацію (в тому числі карти наладки, ескізи операцій);
- змодельовати або частково реалізувати керуючу програму для ЧПК-обладнання (САМ-система або вручну G-кодом);
- передбачити заходи з охорони праці, пожежної та екологічної безпеки при виконанні технологічного процесу;

1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Плита верхня є складовою пристосування фрезерного.

Деталь є квадратною призмою, що має три групи кріпильних отворів.

Виготовлена із сталі Ст.3, яка задовільно обробляється різанням.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу, що використовується, наведені у таблицях 1.1 та 1.2.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст.3, % (ДСТУ 7806:2015)

S	P	C
не більше		
0,06	0,07	0,23

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі Ст.3 ДСТУ 7806:2015

Межа міцності σ_B , МПа	Умовна межа плинності $\sigma_{0,2}$, МПа	Умовне подовження (пластичність) δ , %	Твердість, НВ
300	167	23	150

1.3 Вибір форми організації робіт типу і виробництва

Відповідно до методичних вказівок ДСТУ 3.1128:2014, коефіцієнт закріплення операцій для всіх різновидів (підтипів) серійного виробництва, що характеризує тип виробництва [1] визначається за формулою 1.1:

$$K_{3,0} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_i} \quad (1.1)$$

де $\sum P_{oi}$ – сумарна кількість різних операцій за місяць по ділянці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_i$ – явочне число робочих ділянки, що виконують різні операції під час роботи у дві зміни.

Умовна кількість однотипних операцій, що виконуються на одному верстаті протягом одного місяця при роботі в дві зміни, визначається за формулою 1.2:

$$P_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шк} \cdot N_M} \quad (1.2)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

де η_i – планований нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипними операціями, $\eta_i = 0,8$;

$T_{\text{оп}}$ – штучний час на виконання проектованої операції, хв;

N_M – місячна програма випуску заданої деталі під час роботи на одну зміну, шт.;

Визначаємо місячну програму випуску деталі у дві зміни.

$$N_M = \frac{N_{\Gamma}}{2 \cdot 12};$$

де N_{Γ} – річний обсяг випуску заданої деталі, шт.;

$N_{\Gamma} = 100000$ шт.

$$N_M = \frac{100000}{2 \cdot 12} = 4167 \text{ шт.}$$

Розраховуємо необхідну кількість робітників для обслуговування протягом однієї зміни одного верстата:

Результати розрахунків зведемо до таблиці 2.1.

Таблиця 1.3 – Результати розрахунку за операціями

№ операції	Найменування операції	$T_{\text{ш-к}}$, хв	P_{oi}	P_i
003	Вертикально-фрезерна	2,4	1,054	0,77
005	Вертикально-свердлильна	1,31	1,932	0,77
010	Вертикально-фрезерна	6,5	0,389	0,77
015	Вертикально-свердлильна	0,31	8,164	0,77
020	Вертикально-свердлильна	0,56	4,519	0,77
	Всього	11,08	16,058	3,85

$$K_{3,0} = \frac{11,08}{3,85} = 2,88$$

Оскільки $K_{3,0} = 1 < 2,88 < 10$, то тип виробництва – багатосерійний.

Такт виробництва (шт/хв) розраховується за формулою 1.3:

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

$$T_B = \frac{60F_e}{N}, \quad (1.3)$$

де F_e – ефективний фонд часу роботи обладнання, $F_e = 3950 \text{ год}$

N – обсяг випуску виробу у запланований період, шт.

$$T_B = \frac{60F_e}{N} = \frac{60 \cdot 3950}{100000} = 2.37 \text{ хв / шт.}$$

Форма організації технологічних процесів вибирається виходячи із зіставлення заданого добового випуску виробів і розрахункової добової продуктивності потокової лінії при двозмінному режимі роботи та її завантаженні не нижче 60%.

Заданий добовий випуск виробів $N_c = N_r / 253 = 100000 / 253 = 395$ прим;

де 253 – кількість робочих днів на рік; N_r - річна програма деталей,

$N = 100\,000$ шт.

Добова продуктивність визначаємо за формулою 1.4:

$$Q_d = F_d \cdot \eta_z / T_{\text{сер}}, \quad (1.4)$$

F_d – добовий фонд часу обладнання при двозмінному режимі роботи

$F_d = 952$ хв;

$T_{\text{сер}}$ – середня трудомісткість основних операцій $T_{\text{сер}} = \sum T_{\text{шт}} / n = 11,08 / 5 = 2,21$ хв;

η_z - коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_z = 0,75$;

$$Q_c = (952 / 2,21) \cdot 0,6 = 258 \text{ шт.}$$

Оскільки заданий добовий випуск виробів (N_d) менший за добову продуктивність потокової лінії (Q_d) за умови завантаження останньої на 60% застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Отже, треба організацію техпроцесу здійснювати за груповою формою.

При груповій формі організації запуск виробів у виробництво здійснюється партіями, що є ознакою серійного виробництва.

1. Розраховують гранично допустимі параметри партії формули (1.5) та (1.6):

$$n_{\max} = F_{\text{э.м}} \cdot n_0 \cdot k_B / K_{\text{з.о}} \cdot \sum T_i, \quad (1.5)$$

$$n_{\min} = F_{\text{э.м}} \cdot k_B / K_{\text{м.о}} \cdot \sum T_i, \quad (1.6)$$

де $F_{\text{э.м}}$ – ефективний місячний фонд часу ділянки, $F_{\text{э.м}} = 10560$ хв;

n_0 - число операцій механічної обробки з технологічного процесу;

k_B - середній коефіцієнт виконання норм, $k_B = 1,3$;

$\sum T_i$ – сумарна трудомісткість технологічного процесу, хв;

$K_{\text{м.о}}$ - коефіцієнт, що враховує витрати міжопераційного часу, $K_{\text{м.о}} = 1,5$

$$n_{\max} = 10560 \cdot 6 \cdot 1,3 / 1,87 \cdot 11,08 = 3975 \text{ шт}$$

$$n_{\min} = 10560 \cdot 1,3 / 1,5 \cdot 11,08 = 826 \text{ шт}$$

2. Визначаємо розрахункову періодичність повторень партії деталей

$$I_p = 22 \cdot n_{\min} / N_m = 22 \cdot 826 / 4167 = 4,36$$

- 3 Узгоджуємо розрахункову періодичність повторень партій деталей із її нормативними значеннями I_n . Приймаємо 11 днів.

- 4 Розраховуємо розмір партії

$$n = I_n \cdot N_m / 22 = 5,454167 / 22 = 1032 \text{ шт}$$

5. Перевіряємо умову $n_{\min} < n < n_{\max}$ $826 < 1032 < 3975$.

Значить, розмір партії визначено правильно.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір методу отримання заготовки

У існуючому технологічному процесі заготовки для цієї деталі отримують з листового гарячекатаного прокату. На вибір методу отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення та технічні вимоги на виготовлення, обсяг та серійність випуску, форма поверхонь та розміри деталі.

Лист з розмірами 2500x1250 мм надходить на обладнання лазерного різання, на якому лист ріжуть на заготовки з розмірами 250x250 мм.

Найбільш вигідним є базовий метод одержання заготовки – листовий гарячекатаний прокат.

Коефіцієнт вагової точності характеризує трудомісткість подальшої обробки різанням, а коефіцієнт використання матеріалу – рівень економічності прийнятої технології.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунків вартості заготівлі за варіантами.

Показники	1-ий варіант
Вид заготовки	поковка
Клас розмірної точності	T5
Маса заготовки Q, кг	1,4
Вартість 1-їєї тонни заготовок, прийнятих за базу Сі, грн.	980000
Вартість 1-їєї тонни стружки, Свідх, грн.	87000

Розрахунок ведеться за цінами 2024 року.

Вартість заготовки визначається за такою формулою 2.1:

$$S_{\text{заг}} = (S_i/1000 \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_P) - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}}/1000, \quad (2.1)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

де Si-базова вартість 1-ої тонни заготовок, руб; K_T , K_C , K_B , K_M , K_P - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, обсягу виробництва заготовок.

$$K_T = 1,06 [11]; K_C = 0,9 [1]; K_B = 1,0 [11]; K_M = 1,79 [11]; K_P = 1,0 [11].$$

Вартість заготовки за базовим варіантом:

$$S_{\text{заг.б.}} = ((980000/1000) \cdot 17,06 \cdot 1,06 \cdot 1,79 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1) - (17,06 - 15,47) \cdot 87000/1000 = 28\,412 \text{ грн.}$$

2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Деталь «Плита верхня» виготовляється з сортового прокату зі сталі марки Ст.3.

Параметри шорсткості, способи обробки відповідають застосованості для обробки на верстатах.

Деталь не містить глибоких отворів, різьбових отворів діаметром менше 5 мм.

Всі поверхні легко доступні для механічної обробки.

Аналізуючи простановку розмірів на кресленні, слід зазначити, що граничні відхилення розмірів, які визначають неробочі поверхні, мають ширші поля допусків і більшу шорсткість, ніж розміри робочих поверхонь, що вимагає збільшення трудомісткості під час виготовлення деталі.

З урахуванням перерахованого вище технологічність даної деталі можна оцінити як «добре».

Кількісна оцінка технологічності

1) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі формула 2.2:

$$K_{y.e.} = Q_{y.e.}/Q_e; \quad (2.2)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де $Q_{y.e.}$, Q_e - відповідно число уніфікованих конструктивних елементів деталі та загальна кількість поверхонь.

Усього деталей містить: отворів – 18, шліців – 10, площин – 12, Всього елементів 40 із них уніфікованих 18.

$$K_{y.e.} = 18/40 = 0,45$$

2) Коефіцієнт застосування стандартизованих оброблюваних поверхонь формула 2.3:

$$K_{п.ст} = D_{o.c}/D_{m.o.}; \quad (2.3)$$

де $D_{o.c}$ і $D_{m.o.}$ – відповідно кількість поверхонь деталі, оброблюваних стандартним інструментом, і всіх, що піддаються механічній обробці поверхонь.

$$K_{п.ст} = 28/40 = 0,7$$

3) Коефіцієнт обробки поверхонь формула 2.4:

$$K_{п.} = 1 - D_{m.o.} / D_{e.}; \quad (2.4)$$

де $D_{m.o.}$, $D_{e.}$ – відповідно кількість оброблюваних і кількість всіх поверхонь деталі.

$$K_{o.п.} = 1 - 38/40 = 0,05$$

4) $K_{iM} = q/Q; [3]$

де q , Q . – відповідно маса деталі та заготовки, кг.

$$K_{iM} = 15,47/17,06 = 0,91$$

5) Максимальне значення якості обробки ІТ – 14;

6) Максимальне значення параметра шорсткості оброблюваних поверхонь R_a – 6,3 мкм;

Висновок: конструкція деталі досить технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій та досить проста по конструкції.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.2.2 Вибір технологічних баз

Для оцінки схем базування деталі під час технологічного процесу зобразимо ескіз деталі рис.2.1. та складемо таблицю 2.5.

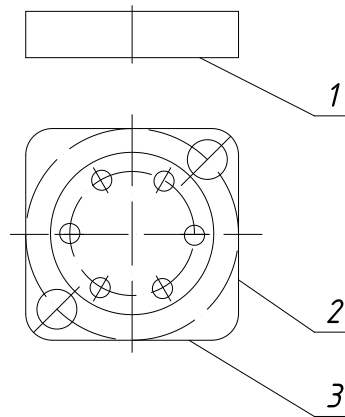


Рисунок 2.1 – Технологічні бази

На першій операції фрезерування заготовка встановлюється в лещата по площині 1, яка використовується як чорнова технологічна база. Це дозволяє сформувати чистову поверхню, що надалі буде слугувати базовою при подальших операціях обробки. Такий підхід забезпечує дотримання принципу постійності баз, що, у свою чергу, сприяє підвищенню точності оброблення інших поверхонь деталі.

Під час обробки торцевих поверхонь заготовка базується на протилежну сторону матриці. Ця поверхня, яка спочатку була чорною базою, після обробки стає чистовою технологічною базою для наступних операцій.

При виконанні операцій свердління отворів заготовка встановлюється у спеціальний пристрій на попередньо оброблену (чистову) плоску поверхню, яка виконує функцію технологічної бази.

Обробку ливникової системи здійснюють також у спеціальному пристрої, базуючи заготовку на чистовій поверхні, отриманій на попередніх переходах.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Базування заготовок для обробки

№ приз нач ення опера ції	Витримувані розміри		Номера поверхонь – баз					Похибк а установ ки, мкм
	Номінал	Допуск	Устано вочна 3	Направляюч а 2	Подвій на направ ляюча 4	Опор на 1	Подв ійна опор на 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Ø234 R10	1,15 0,36	1	3		2		-
010	Ø38	0,62	1	3		2		-
015	Ø190 7	1,15 0,36	1	3		2		-
020	Ø16 Ø10 5	0,43 0,36 0.30	1	3		2		-
025	Ø13	0,43	1	3		2		-

Технологічний процес обробки деталей передбачає використання великої кількості спеціальних пристроїв. Це обумовлено тим, що велике значення набуває швидкість, зручність та точність встановлення деталі в процесі обробки. При цьому необхідно дотримуватись принципів єдності та поєднання баз. При цьому пристосування, що застосовуються, дозволяють проводити кутову орієнтацію заготовок, що виключає вивірку деталі перед обробкою.

2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі

Креслення деталі плита 47.04.05 наведено на рисунку 2.2.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

розточування двох отворів до діаметра 38 мм. Заготовка встановлюється в лещатах на площину роз'єму матриці (чорнова база). Операція виконується на обробному центрі HAAS VF-1 з ЧПК Fanuc.

1. Фрезерування площини 243×243 мм

Інструмент: торцева фреза Ø63 мм з твёрдосплавними пластинами SPKN1203EDR (Kennametal KCPM40)

Ø63 mm



Режими різання:

$V_c = 180$ м/хв, $n \approx 910$ об/хв, $f_z = 0.10$ мм/зуб, $a_p = 1.5$ мм, $a_c = 50$ мм

2. Свердління отворів Ø20 мм (попереднє свердління для розточування)

Інструмент: твёрдосплавне свердло Sandvik CoroDrill 860 Ø20 мм з внутрішнім охолодженням



Режими різання:

$V_c = 100$ м/хв, $n \approx 1590$ об/хв, $f = 0.22$ мм/об, Глибина свердління = 20 мм

3. Розточування отворів до Ø38 мм

Інструмент: Sandvik CoroBore 825 з пластиною RCMX1207 (марка GC4325)



Режими різання:

$V_c = 140$ м/хв, $n \approx 1170$ об/хв, $f = 0.20$ мм/об, $a_p = 1.0$ мм

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

Операція 015 – Чистове фрезерування зовнішнього контуру передбачає чистове фрезерування зовнішнього прямокутного контуру деталі з розмірами 243×243 мм з радіусами кутів R10 мм. Заготовка встановлюється на плоску оброблену базову поверхню, сформовану під час попередньої операції. Обробка виконується у замкненому контурі з урахуванням припуску, залишеного після чорнової обробки.

Інструмент:

Кінцева твердосплавна фреза Ø20 мм, 4-зуба, типу Kennametal HARVI II

Оправка: Weldon або Coromant Capto C6



Тип фрезерування: контурне (профільне) фрезерування з плавними входами/виходами по дотичній

Режими різання:

Швидкість різання $V_c = 160$ м/хв

Частота обертання $n \approx 2548$ об/хв

Подача на зуб $f_z = 0.06$ мм/зуб

Загальна подача $f = 0.24$ мм/об

Глибина різання $a_p = 0.5$ мм (чистова)

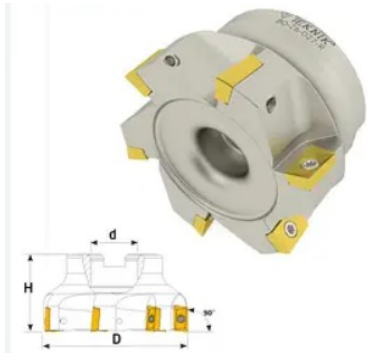
Ширина різання $a_e = 2$ мм

Операція 020 – передбачає чистове фрезерування верхньої площини деталі розміром 243×243 мм, з метою формування чистової технологічної бази. Після цього виконуються наступні обробки: розфрезерування круглої кишені діаметром 190 мм на глибину 7 мм, свердління 4 отворів діаметром 10 мм, свердління 6 отворів діаметром 13 мм, та зенкування цих шести отворів з діаметром зенкування 16 мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

Чистове фрезерування верхньої площини 243×243 мм

Інструмент: торцева фреза Ø63 мм, пластини SPKN1203EDR (Kennametal KCPM40)



Режими: $V_c = 180$ м/хв, $n \approx 910$ об/хв, $f_z = 0.10$ мм/зуб, $a_p = 0.5$ мм

Розфрезерування кишені Ø190 мм на глибину 7 мм

Інструмент: кінцева фреза Ø20 мм, 4-зуба, типу HARVI II (Kennametal)



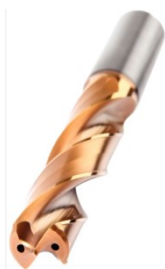
Стратегія: спіральна інтерполяція з переходами по глибині

Режими: $V_c = 160$ м/хв, $n \approx 2548$ об/хв, $f_z = 0.06$ мм/зуб, $a_p = 1$ мм

Свердління 4 отворів Ø10 мм

Інструмент: свердло Ø10 мм з внутрішнім охолодженням (Kennametal HPR)

Режими: $V_c = 90$ м/хв, $n \approx 2865$ об/хв, $f = 0.15$ мм/об



Свердління 6 отворів Ø13 мм

Інструмент: свердло Ø13 мм (Sandvik CoroDrill 860)

Режими: $V_c = 80$ м/хв, $n \approx 1960$ об/хв, $f = 0.18$ мм/об

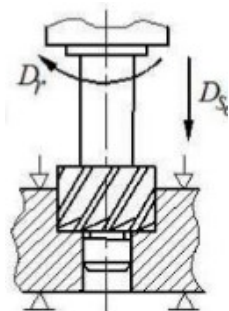
Зенкування 6 отворів Ø16 мм

Інструмент: зенкер Ø16 мм з кутом фаски 90°

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

Режими: $V_c = 60$ м/хв, $n \approx 1195$ об/хв, $f = 0.10$ мм/об

Глибина зенкування – 1.5–2.0 мм



Інструмент: кінцева твердосплавна фреза Ø20 мм (Kennametal HARVI II)

Фреза для фасок: 45° Chamfer Mill

Операція 25 – чистове фрезерування нижньої площини та круглої кишені діаметром 190 мм

– Торцева фреза Ø63 мм з твердосплавними пластинами SPKN1203EDR (Kennametal, марка КСРМ40)

– Посадка: Weldon або ВТ40

Режими різання:

– $V_c = 180$ м/хв.

– $n \approx 910$ об/хв.

– $f_z = 0.1$ мм/зуб

– $a_p = 0.5$ мм (чистове проходження)

3. Інструмент для круглої кишені Ø190 мм

– Кінцева фреза Ø20 мм, 4-зуба, з прямим торцем

– Тип: Kennametal HARVI II або Sandvik CoroMill 316

– Стратегія: спіральне фрезерування з нарощуванням глибини (helix)

Режими різання:

– $V_c = 160$ м/хв.

– $n \approx 2548$ об/хв.

– $f_z = 0.06$ мм/зуб

– $a_p = 0.5$ –1 мм

– $a_e = 40$ –50% діаметра

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

4. Якість та контроль: Шорсткість $Ra \leq 3.2$, Точність $\varnothing 190 \pm 0.1$ мм

– Контроль перпендикулярності дна кишені до базової площини: ≤ 0.05 мм

Засоби контролю:

– Штангенциркуль, штангенглибиномір

2.3 Розрахунок припусків на обробку

Призначимо припуски на механічну обробку поверхонь, використовуючи довідкові дані [1].

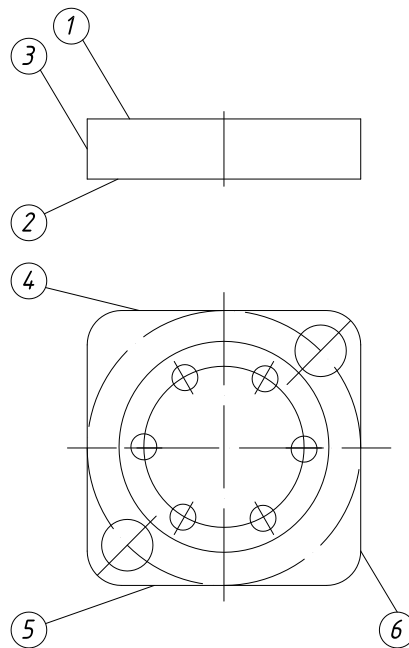


Рисунок 2.4 – Оброблювані поверхні деталі

Таблиця 2.3 – Припуски на механічну обробку

Поверхня (рис. 2.2)	Розмір на деталі	Припуск	Допуск
	мм	мм	мм
1	35	0	$\pm 0,31$
2	35	0	$\pm 0,31$
3	243	2*3,5	$\pm 0,575$

4	243	2*3,5	±0,575
5	243	2*3,5	±0,575
6	243	2*3,5	±0,575

2.4 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання ведемо по [7]

Вид обробки – свердління; діаметр свердла 13 мм; довжина обробки 35 мм; параметр шорсткості Ra12,5 мкм; тип заготовки – прокат; марка оброблюваного матеріалу - Ст.3; 148... 185 НВ; $\sigma_b = 300$ МПа

Визначаємо глибину різання.

$$t = 6,5 \text{ мм}$$

Призначаємо подачу.

$$S = 0,38 \text{ мм/про}$$

Визначаємо швидкість різання.

Швидкість при свердлінні розраховується за такою формулою 2.5:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (2.5)$$

де C_v - коефіцієнт;

T - період стійкості інструмента, хв;

t – глибина різання, мм;

s – подача, мм/об;

m, q, y – показники степені;

K_v - поправочний коефіцієнт, що знаходиться за формулою 2.6:

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{пV} \cdot K_{иV} \cdot K_{\phi} \cdot K_{r} \cdot K_{кр}; \quad (2.6)$$

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу формула 2.7;

$K_{пV}$ - коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки;

$K_{иV}$ - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту;

K_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує кут у плані різця;

K_r - коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця;

K_{KP} - коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (2.7)$$

де K_{Γ} - коефіцієнт, що враховує групу сталі за оборотністю.

$$K_{\Gamma}=0,7$$

$$n_V=1,25.$$

$$K_{MV} = 0,7 \cdot \left(\frac{750}{300} \right)^{1,25} = 2,2$$

$$K_{пV}=0,8; K_{иV}=1,25; K_{\phi}=0,7; K_r=0,94; K_{KP}=1,2.$$

$$K_V=2,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,94 \cdot 1,2=2,4816$$

$$C_V=9,8; q=0,4; y=0,5; m=0,2.$$

При одноінструментальній обробці значення стійкості інструменту

$$T = 45 \text{ хв.}$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 13^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,38^{0,5}} \cdot 2,4816 = 51,4 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 51,4}{\pi \cdot 13} = 1259,2 \text{ і єі}^{-1}$$

Приймаємо $n=1250 \text{ хв}^{-1}$.

$$\text{Швидкість різання} \quad V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13 \cdot 1250}{1000} = 51 \text{ і /і єі}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

5. Визначаємо силу різання.

Сила різання визначається за формулою 2.8:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (2.8)$$

$C_p=68$, $q=1,0$, $y=0,70$.

K_p – поправочний коефіцієнт, визначається за формулою 2.9:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (2.9)$$

де K_{mp} – поправочний коефіцієнт для сталі, що враховує вплив якості матеріалу, що обробляється на силові залежності;

$K_{\phi p}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут у плані;

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, що враховує передній кут;

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу ріжучої кромки;

K_{rp} – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

$n=0,75$

$$K_{mp} = \left(\frac{300}{750} \right)^{0,75} = 0,74$$

$K_{\phi p}=0,89$; $K_{\gamma p}=1,1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=1$.

$$K_p = 0,74 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,72$$

Сила різання буде дорівнювати:

$$P_z = 10 \cdot 68 \cdot 13^{1,0} \cdot 0,38^{0,70} \cdot 0,72 = 3233,2 \text{ Н.}$$

Момент різання :

$$\dot{I} = 10 \tilde{N}_i D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 13^2 \cdot 0,38^{0,8} \cdot 0,72 = 19,36 \dot{I} \text{ і}$$

6. Перевірка вибраних режимів потужності.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Умови перевірки:

$$N_{PI3} \leq N_{ДВ} \cdot \eta;$$

З паспорта верстата визначаємо: $N_{ДВ} = 8$ кВт, $\eta = 0,75$

$$N_{ДВ} \cdot \eta = 8 \cdot 0,75 = 6 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на різання, визначається за такою формулою 2.10:

$$N_{PI3} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \quad (2.10)$$

$$N_{PI3} = \frac{3233,2 \cdot 51}{60 \cdot 1020} = 2,69 \text{ кВт} < 6 \text{ кВт}$$

Умова виконується, отже, режими різання розраховані правильно.

7. Визначаємо машинний час за формулою 2.11:

$$\dot{\alpha} = \frac{z \cdot i}{n \cdot S} \quad (2.11)$$

де i - число проходів;

z - довжина обробки з урахуванням підведення і перебігу.

$$z=40 \text{ мм} \quad i=1 \quad T_o = \frac{40 \cdot 6}{1250 \cdot 0,38} = 0,5 \text{ мин}$$

Для решти операцій призначаємо режими різання згідно стандартів, а результати зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця режимів різання за операціями

Найменування операції, перехід, позиція	t, мм	L _{рез} /l _{р.х.} , мм	λ	T _м /T _р , хв	S _р , мм/зуб	n _р , хв ⁻¹	v _р , м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N _р , кВт
003Вертикально-фрезерна	3,5	1000/1020	0,98	60/60	2	315	39,6	3780	0,27	11
005Вертикально-свердлильна	19	70/80	0,875	45/45	0,2	350	44	70	0,57	8
010Вертикально-фрезерна	2	950/955	0,99	60/60	2	140	80	360	2,03	11

015 Вертикально-свердлильна	8	140/160	0,875	45/45	0,38	315	125	119,7	0,07	17
020 Вертикально-свердлильна	0,6	210/240	0,875	45/45	0,38	1250	51	475	0,5	17

2.5 Нормування технологічного процесу механічної обробки

Під технічно обгрунтованою нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого обсягу робіт за певних організаційно-технічних умов і при найефективнішому використанні всіх засобів виробництва та передового досвіду новаторів.

Визначаємо розрахунковим способом технічні норми часу для операції 020 – вертикально-свердлильна, а для інших операцій за нормативними даними [8].

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу формула 2.12:

$$T_{\text{шк}} = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{відр}} + T_{\text{вд}}/n \quad (2.12)$$

де T_o - основний час, $T_o = 0,5$ хв;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час;

$T_{\text{об}}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{\text{відр}}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби.

$$T_{\text{доп}} = (T_{\text{ус}} + T_{\text{зв}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вд}}) \cdot k;$$

де $T_{\text{ус}}$ – час на встановлення та зняття деталі;

$T_{\text{зв}}$ - час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{\text{уп}}$ – час прийоми управління верстатом;

$T_{\text{вд}}$ – час на вимірювання деталі;

k – коефіцієнт, що враховує збільшення норм часу у серійному виробництві, у порівнянні з масовим, $k = 1,5$;

$$T_{\text{ус}} = 0,12 \text{ хв [2];}$$

$$T_{\text{зв}} = 0,024 \text{ хв [2];}$$

$$T_{\text{уп}} = 0,01 + 0,015 + 0,015 + 0,015 + 0,025 \cdot 3 = 0,13 \text{ хв;}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

$$T_{вд} = 0,21 \text{ хв [2].}$$

$$T_{доп} = (0,12 + 0,024 + 0,13 + 0,21) \cdot 1,5 = 0,726 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = T_о + T_{доп};$$

$T_{оп}$ – оперативний час, хв;

$$T_{оп} = 0,5 + 0,726 = 1,226 \text{ хв.};$$

$$T_{об} = \Pi_{об} \cdot T_{оп} / 100\%.$$

де $\Pi_{об.от.}$ – витрати часу на обслуговування робочого місця у відсотках до оперативного, $\Pi_{об.от.} = 7\%$;

$$T_{об.} = \frac{7 \cdot 1,226}{100} = 0,086 \text{ хв};$$

$$T_{от.} = \Pi_{от.} \cdot T_{оп} / 100\%;$$

$$T_{от.} = \frac{1,226 \cdot 7}{100} = 0,086 \text{ хв};$$

$$T_{шт.} = 1,226 + 0,086 + 0,086 + 15/1032 = 1,413 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на інші операції проводиться за аналогічною методикою і результати розрахунків зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця технічних норм часу за операціями

Номер і найменування операції	$T_о$	$T_в$			$T_{оп}$	$T_{орг}$		$T_{отд}$	$T_{ш-к}$
		$T_{ус+T_{зо}}$	$T_{уп}$	$T_{из}^*$		$T_{тех}$	$T_{об}$		
003 Вертикально-фрезерна	0,27	0,15	0,13	0,21	0,76	0,046	0,046	0,046	0,802
005 Вертикально-свердлильна	0,57	0,144	0,13	0,21	1,06	0,074	0,074	0,074	1,31
010 Вертикально-фрезерна	2,03	0,15	0,13	0,21	2,52	0,176	0,176	0,176	6,5
015 Вертикально-свердлильна	0,47	0,144	0,13	0,21	0,96	0,067	0,067	0,067	1,17
020 Вертикально-свердлильна	0,5	0,144	0,12	0,22	0,99	0,069	0,069	0,069	1,413

2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

На наступному етапі дипломного проєкту була виконана розробка управляючої програми для оброблення деталі «Плита 47.04.05» на фрезерному обробному центрі з ЧПК HAAS VF-1. Для створення програми використовувався САМ-продукт Esprit, який дозволяє інтерактивно формувати траєкторії руху інструмента та генерувати NC-код (G-коди) відповідно до заданих умов обробки.

У САМ-середовищі було змодельовано технологічні операції фрезерування, свердління та розточування, з урахуванням геометрії деталі, заданих баз, обраного інструменту та режимів різання.

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit

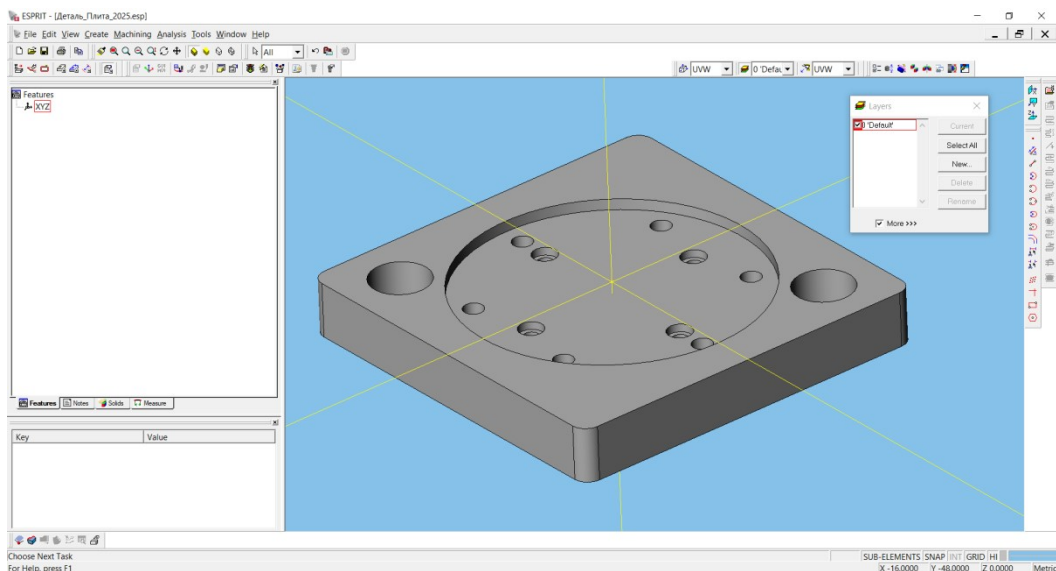


Рисунок 2.5 – 3D модель плити 47.04.05 у середовищі Esprit

2. Створено заготовку деталі плита

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

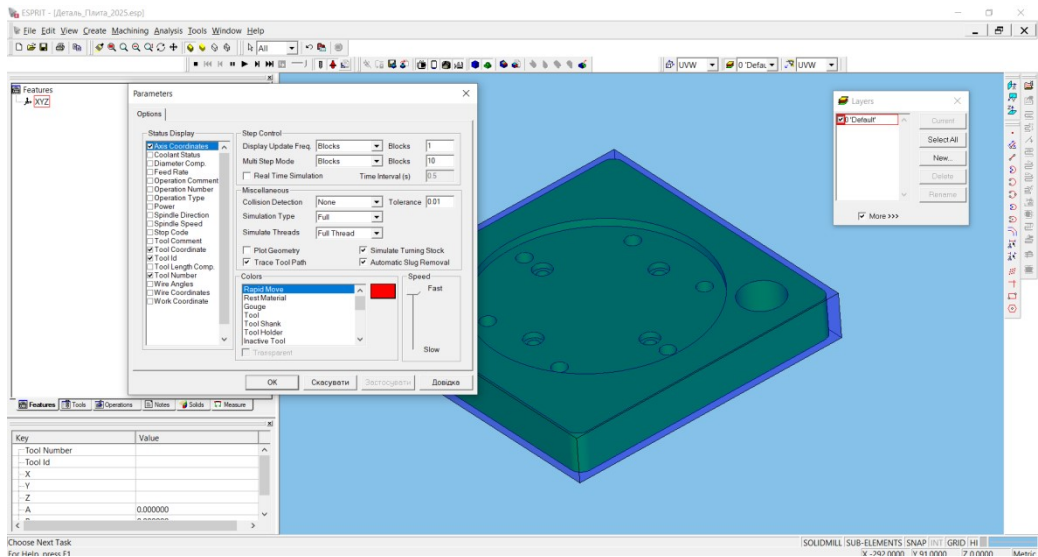


Рисунок 2.6 – Створення заготовки деталі плита 47.04.05 у САМ Esprit

3. Виконано розпізнання елементів профілю деталі пластина рис 2.7.

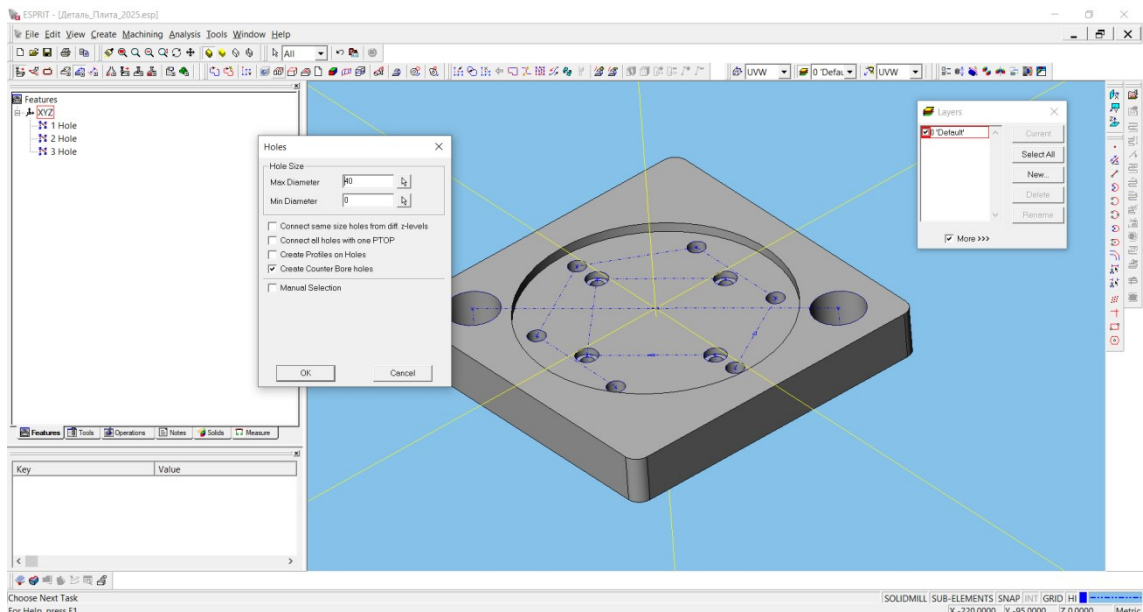


Рисунок 2.7 – Розпізнання у САМ Esprit елементів деталі плита

4. Вибрано вид оброблення – «оброблення отворів» (рис. 2.8).

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

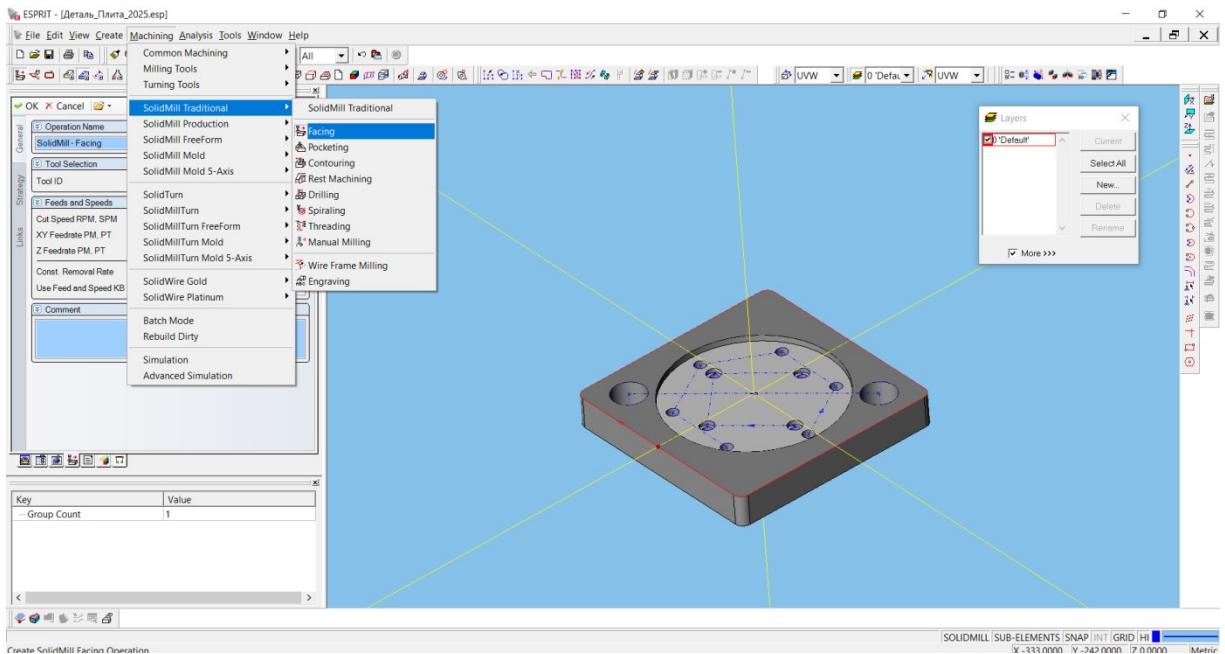


Рисунок 2.8 – Вибір виду оброблення деталі плита

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 29).

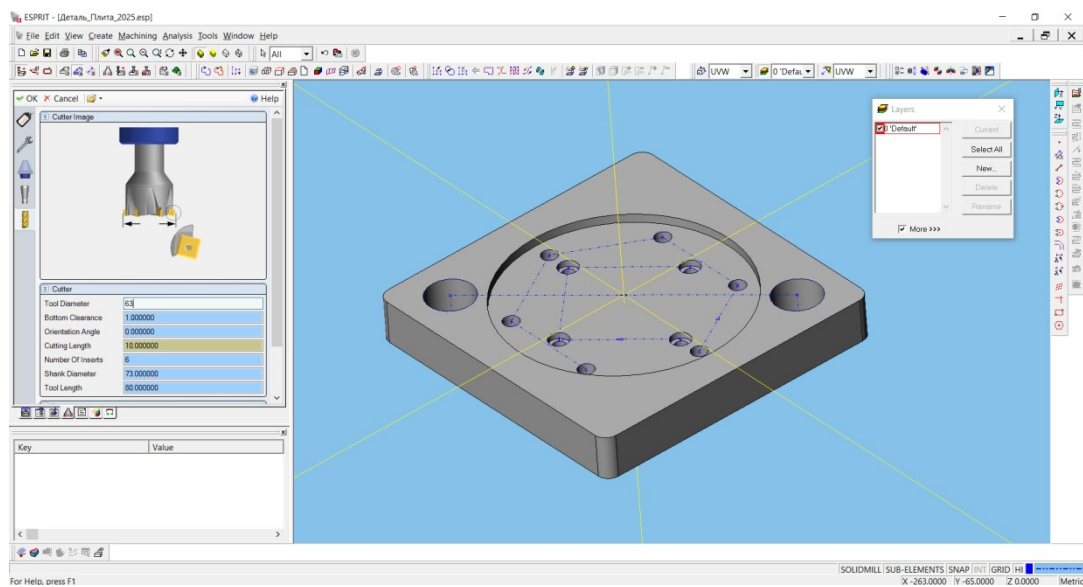


Рисунок 2.9 – Вибір ріжучого інструменту

6. Вибрано режими різання.

7. Згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні корпусу (рис. 2.10).

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

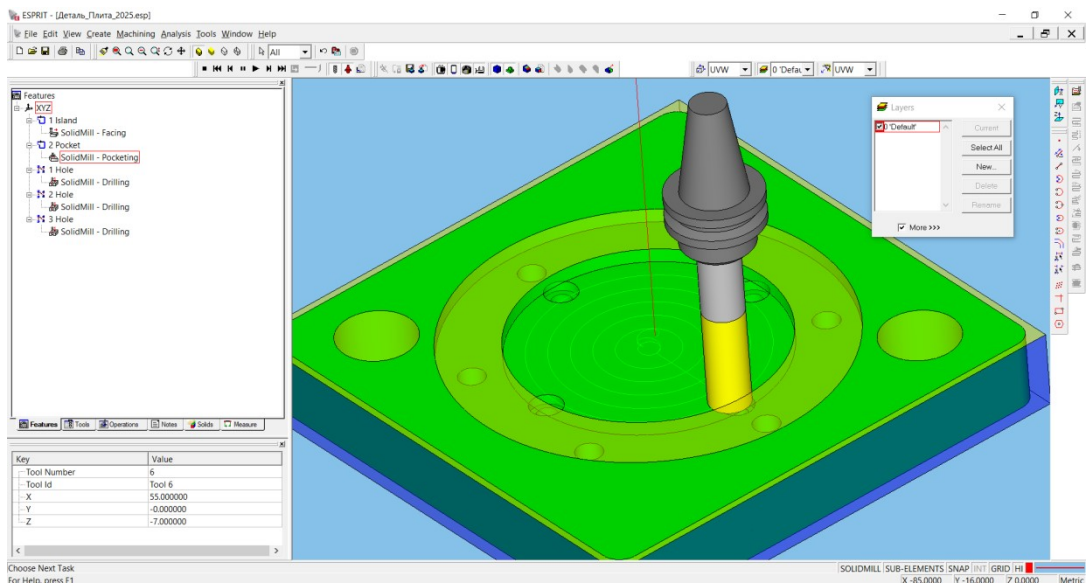


Рисунок 210– Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні кришки

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї для оброблення на фрезерному верстатї з ЧПК HAAS VF-1 за допомогою постпроцесора (рис 2.11).

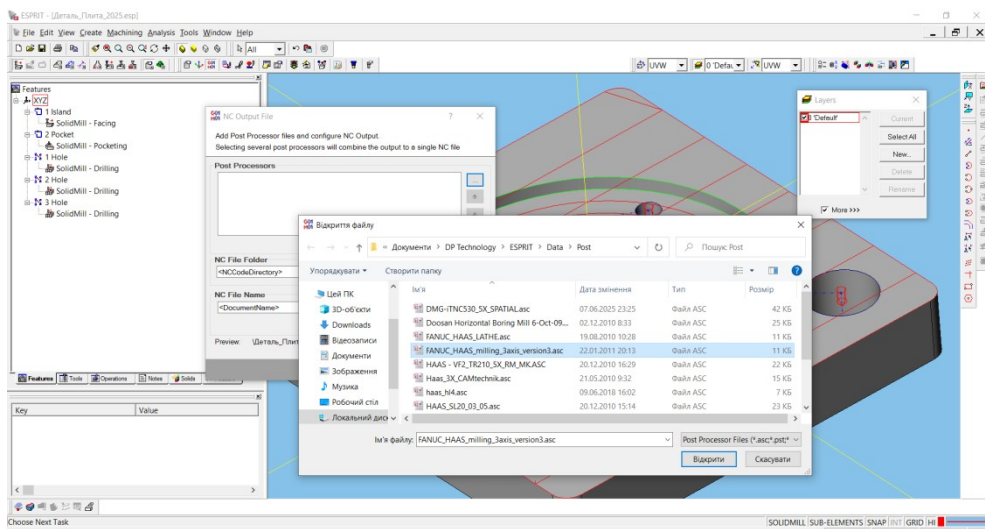


Рисунок 2.11 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

```

O0001 ( )
( <<< COMPANY_TWIST >>> )
( <<< ESPRIT_VERSION >>> )
( <<< DATA_YEAR_TIME >>> )
(17.06.2025 23:26:52)
( <<< POSTPROCESSOR_FANUC_MARS_MILLING_SAKIS >>> )
M0002 G00
M0004 G00 G28 G91 Z0
M0006 G0 G28 G91 X0
M0008 G17 G40 G80 G90 G21
M0010 T01 M06
( TOOL_DIA = D63 T01 )
M0012 S606 M03
M0014 G00 G84 X-121.5 Y-128.821
M0016 G43 H01 Z0 M08 T06
M0018 Z2.
M0020 X-121.5 Y-128.821
M0022 G01 Z0 F909.
M0024 Y111.5 F1212.
M0026 X-90. Y121.5
M0028 Y-121.5
M0030 X-60.5
M0032 Y121.5
M0034 X-27.
M0036 Y-121.5
M0038 X4.5
M0040 Y121.5
M0042 X36.
M0044 Y-121.5
M0046 X67.5
M0048 Y121.5
M0050 X39.
M0052 Y-121.5
M0054 G00 Z2.
M0056 M09
M0058 G0 G28 G91 Z0.
M0060 G0 G28 G91 Y0.
M0062 M01
M0064 G17 G40 G80 G90 G21

```

Рисунок 2.12 – Скрін програми

Код керуючої програми наведено у додатках.

2.7 Оформлення технологічної документації

Після розроблення технологічного процесу механічної обробки оформлюється відповідна технологічна документація згідно з вимогами стандартів:

ДСТУ 3.1105:2014 «Єдина система технологічної документації»,

ДСТУ-Н 7914:2015 «Система технологічної документації. Загальні вимоги до оформлення».

До складу технологічної документації входять наступні основні документи:

1. Маршрутна карта (МК)
2. Містить послідовний опис усіх операцій виготовлення деталі та пов'язаних із ними технологічних процесів. У маршрутній карті зазначається вид обробки, найменування верстатів, оснащення, інструментів та переліку переходів.
3. Операційна карта (ОК)
4. Докладно характеризує кожну окрему операцію, зокрема наводяться: налаштування обладнання, встановлення заготовки, послідовність переходів, інструменти, режими різання та контроль.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Карта типового (групового) технологічного процесу (КТТП)

3. Відображає загальний технологічний процес для типових або однотипних деталей. Застосовується для уніфікації процесів і скорочення часу на проектування технологій.

4. Карта ескізів (КЕ)

5. Використовується для подання графічної інформації, що ілюструє технологічні переходи або допоміжні схеми (базування, наладка, траєкторія інструменту тощо). Формат і зміст КЕ визначається розробником документації відповідно до специфіки виробництва.

Повний комплект оформлених документів представлено у додатку Б.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування пристосування свердлильного

На операції 015 – вертикально-фрезерній, для встановлення та закріплення оброблюваної деталі використовується спеціальний пристрій.

Креслення пристрою представлено рисунку 3.1.

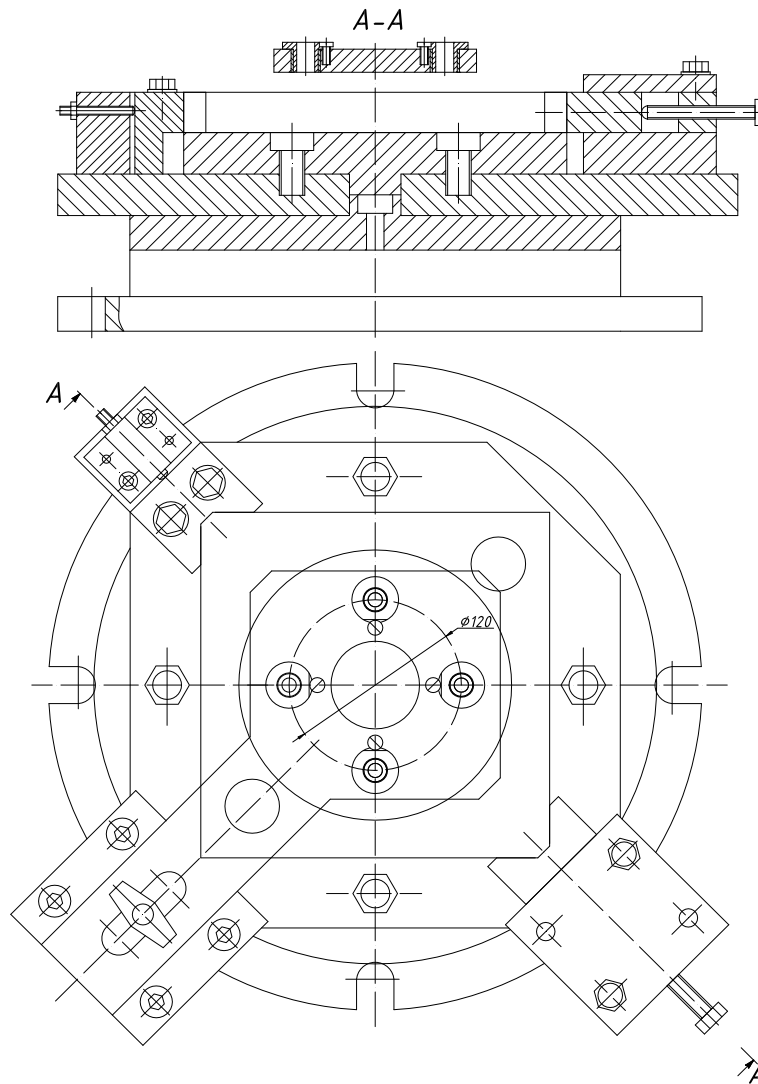


Рисунок 3.1- Креслення пристосування свердлильного

Основними елементами пристрою є:

- базова плита,
- направляючі штифти,

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ

Арк.

40

– притискні елементи (гвинтові або ексцентрикові),

– упори.

Встановлення деталі здійснюється за трьома опорними точками, що забезпечує визначене базування без перенавантаження. Закріплення виконується легкими затискачами, аби уникнути деформацій.

2. Розрахунок сили затиску

Необхідна сила затиску визначається за умовою забезпечення сталого положення деталі при діях сили різання.

Загальна сила різання при фрезеруванні:

$$F_p \approx 500 \text{ Н (для сталі Ст.3, фреза } \varnothing 20, \text{ режим } V_c=160 \text{ м/хв, } a_p=0.5 \text{ мм).}$$

Допустима сила затиску розраховується з коефіцієнтом запасу:

$$F_z \geq k * F_p, \text{ де } k = 2 \dots 2.5$$

$$F_z \geq 2 * 500 = 1000 \text{ Н}$$

Отже, пристрій повинен забезпечувати притискну силу не менше ніж 1000 Н. Це досягається за допомогою двох гвинтових затискачів, кожен з яких створює зусилля $\approx 500\text{--}600$ Н.

3. Аналіз точності та жорсткості

Контактні поверхні пристрою виготовляються з класом точності не нижче IT7. Відхилення площинності опорної плити не повинно перевищувати 10 мкм, що забезпечує паралельність установки з допустимим відхиленням. Жорсткість вузлів затиску повинна забезпечити мінімальні переміщення (< 2 мкм) під дією навантаження.

Пристрій складається з корпусу, що закріплюється на столі верстата болтами. Для правильної орієнтації ріжучого інструменту при свердлінні на корпус пристрою встановлюється прихват зі змінними втулками кондукторними. Для закріплення кондукторних втулок використовуються гвинти. Як установча база застосовується опорна плита, на яку встановлюється заготовка. Бічні поверхні заготовки спираються на призму, яка регулює положення заготовки, переміщуючись по пазу, виконаному в корпусі. Для затискання заготовки

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

використовується призма, що переміщується до заготовки за допомогою гвинта затискного.

3.2 Проектування контрольно – вимірювального пристрою

Згідно із завданням необхідно спроектувати контрольний пристрій, призначений для вимірювання відхилення від паралельності опорних площин плити.

Згідно з технічними умовами, допустиме відхилення від паралельності не повинно перевищувати 20 мкм (0,02 мм). Така точність вимагає застосування високоточних засобів вимірювання та стабільного базування.

Контроль проводиться відносно базової (нижньої) площини, яка встановлюється на площинну опору контрольного пристрою, що має високу геометричну точність ($Ra \leq 0.8$, відхилення площинності ≤ 5 мкм).

Вимірювання виконується по верхній площині в декількох точках за допомогою індикаторної головки (ІГ) або електронного індикатора з ціною поділки 1 мкм.

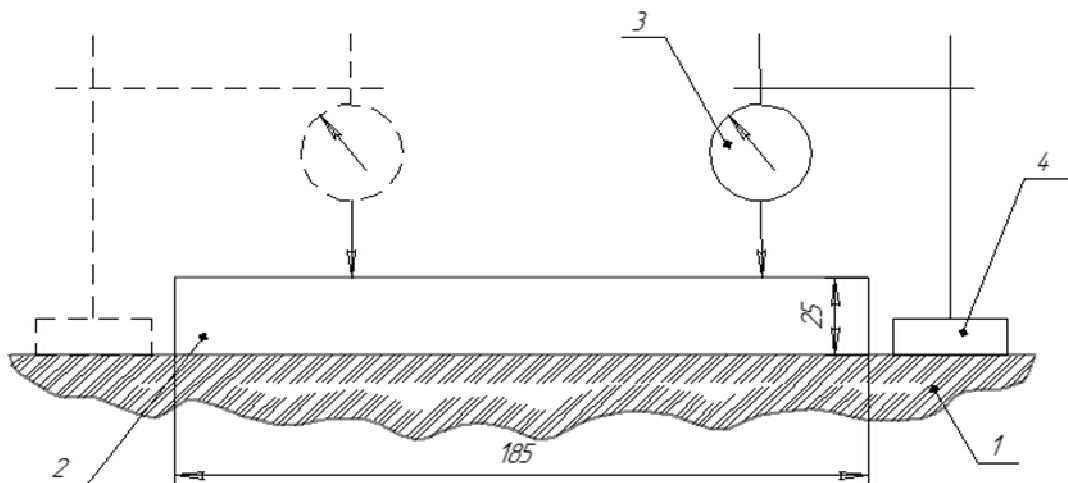


Рисунок 3.2 – Схема контрольна – вимірювального пристрою

Контрольний пристрій складається з таких основних елементів:

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

Контрольна плита – базова опорна поверхня, виготовлена з граніту або високоточних сталей, клас точності – не гірше 1.

Деталь, що контролюється – встановлюється на плиту опорною (нижньою) базовою площиною.

Індикатор годинникового типу (ІЧ або електронний) – фіксує різницю у висоті верхньої площини.

Стійка або штатив – забезпечує стабільне кріплення індикатора та переміщення щупа по контрольним точкам.

Після розрахунку конструктивних параметрів пристрою (висота стійки, маса елементів, жорсткість опор), визначаємо допустиму похибку вимірювання за формулою:

Допустима похибка вимірювання визначається за формулою 3.1:

$$\Delta_{\text{вим}} \leq \Delta_{\text{доп}} / k \quad (3.1)$$

де:

$\Delta_{\text{вим}}$ — допустима похибка вимірювання, мкм

$\Delta_{\text{доп}}$ — допустиме відхилення від паралельності (20 мкм)

k — коефіцієнт запасу точності (приймаємо $k = 3$)

Підставимо значення:

$$\Delta_{\text{вим}} \leq 20 / 3 \approx 6.7 \text{ мкм}$$

Отже, засоби контролю (індикатор, плита) повинні забезпечити загальну похибку не більше ніж 6 мкм.

Фактичну похибку вимірювання буде визначено за формулою 3.2:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} + \varepsilon_{\text{інд}}, \quad (3.2)$$

де ε_6 - похибка базування деталі;

ε_3 - це похибка закріплення деталі;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - похибка виготовлення пристрою;

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$\varepsilon_{\text{інд}}$ - це похибки контрольного приладу.

У даному випадку похибка базування дорівнює нулю, оскільки заготовка встановлюється на контрольну плиту площиною, протилежною до тієї, що контролюється. Така схема базування реалізує принцип самоустановлення за трьома точками, без введення додаткових похибок від перекосу або нерівностей.

Похибка від сили закріплення відсутня, оскільки деталь не фіксується жорстко, а лише спирається на площину під дією власної ваги. Таким чином виключається деформація деталі в зоні контакту або вплив сили затиску на результати вимірювання.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1T, \quad (3.3)$$

де T - допуск, який контролюється пристроєм $T = 20$ мкм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ мкм.}$$

Для контролю встановленого відхилення буде використано індикатор багатообертового типу із ціною поділки 2 мкм [19]. Тоді, за формулою (3.8), допустима похибка контролю становить відповідне значення в мкм. Умова точності виконується, отже пристосування є придатним для використання.

$$\varepsilon_{\text{ф}} = 2 + 2 = 4 \text{ мкм.} \quad (3.4)$$

Умова $\varepsilon_{\text{доп}} \geq \varepsilon_{\text{ф}}$ ($6 > 4$) виконується, тобто засіб є придатним.

Контрольний пристрій складається з контрольної плити та штативу з індикатором багатообертового типу.

Принцип роботи полягає у наступному. Деталь, що підлягає контролю, укладається на контрольну плиту тією площиною, яка є протилежною до контрольованої. Таким чином забезпечується базування за опорною поверхнею без впливу зовнішніх сил.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Штатив з індикатором розміщується поруч. Індикатор налаштовується так, щоб його щуп торкнувся верхньої площини деталі в початковій контрольній точці. Далі деталь плавно переміщується під щупом індикатора, або ж індикатор пересувається уздовж площини деталі.

Покази індикатора фіксують максимальне та мінімальне відхилення висоти площини. Різниця цих значень відображає відхилення від паралельності контрольованої поверхні.

Після завершення вимірювання деталь знімається, і процедура повторюється для наступної.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів. Техніка безпеки.

У спроектованих технологічних процесах обробки деталі «Плита 47.04.05» використовуються токарні, фрезерні, зубофрезерні, шліфувальні та свердлильні верстати.

Проаналізуємо обробку на перерахованому вище обладнанні на наявність небезпечних та шкідливих факторів та зведемо отримані дані до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори

Найменування обладнання	Небезпечні та шкідливі фактори
1	2
Токарні верстати (16К20, 16К20Ф3.)	<p>Основною небезпекою є металева стружка, для захисту від якої верстати оснащені захисними екранами.</p> <p>Під час обробки може виникнути зливна стружка. Для дроблення зливної стружки використовується різальний інструмент із стружколомаючими канавками.</p> <ul style="list-style-type: none">- електричний струм;- аерозолі технологічного середовища;- підвищений рівень вібрації;- рухомі машини та механізми, пересувні вироби, заготовлі, матеріали;- наявність прямої та відбитої блискості; <p>Процес різання повинен проходити із застосуванням технологічного середовища (МОР). Токар, перебуваючи поруч у момент різання, повинен уникати потрапляння технологічного середовища в дихальні шляхи.</p>

Токарні верстати	<p>Оскільки на чорновій операції обробка здійснюється з великою глибиною різання, виникають такі шкідливі фактори, як вібрація та шум.</p> <p>Щоб уникнути виникнення небезпечних наслідків від дії вібрації та шуму, необхідно виключити або мінімізувати причини (наявність реакції в механізмі, відсутність змащення в рухомих частинах тощо).</p> <p>Під час обробки на машинах з ЧПУ може виникнути поломка інструменту, виривання заготовки, через помилки на етапі підготовки програми та похибками при налаштуванні та експлуатації машини. Для виявлення основних помилок виконують відпрацювання програми на верстаті, не встановлюючи ріжучий інструмент, обладнання та заготовки.</p>
Фрезерні верстати (6Т82)	<p>Під час роботи на фрезерних верстатах особливо виділяється небезпека травмування внаслідок потрапляння стружки як на працівника, який виконує обробку, так і на інших працівників дільниці. Щоб уникнути цього небезпечного фактора, необхідно під час планування дільниці враховувати цей фактор, а також захищати місце роботи захисними екранами.</p>
Свердлильні верстати (2Н118)	<p>Необхідно дотримуватися призначених режимів різання, і навіть під час обробки деталей невеликих розмірів і маси надійно закріплювати їх у пристосуваннях.</p>
Свердлильні верстати	<p>Зона обробки на свердлильних верстатах з ЧПК повинна огорожуватися захисним пристроєм (екраном). При цьому екранується зона обробки не тільки з боку робочого місця, але також і з боку, протилежного робочому, щоб уникнути розлітання стружки під час обробки, поломки інструменту і виривання заготовки, зумовленими помилками на стадії підготовки програми та похибками під час налаштування і роботи верстата.</p>
Шліфувальні	<p>Абразивний інструмент, що обертається з великою шви-</p>

верстати (ЗМ150)	дкістю, становить серйозну небезпеку травмування працюючих і має бути огорожений. Абразивний інструмент має велику чутливість до ударних навантажень і струсів, на міцність його впливають вплив температури і вологість. Усе це створює небезпеку розриву абразивного круга під час роботи. Крім того, під час шліфування без охолодження від круга відділяється велика кількість пилу.
---------------------	--

Виробниче обладнання, що використовується на спроектованій ділянці, відповідає вимогам ДСТУ 7234:2011.

Наведемо основні вимоги, що використовуються під час проектування:

- виробниче обладнання має бути безпечним під час монтажу, експлуатації, ремонту та транспортування. Воно повинно бути пожежобезпечним;

- усі види виробничого устаткування повинні захищати навколишнє середовище від забруднень, викидів шкідливих речовин;

- матеріали, які застосовують у конструкції виробничого устаткування, не повинні бути небезпечними та шкідливими;

- усі рухомі частини устаткування, які рухаються та обертаються (ходові гвинти, кліноремінні та зубчасті передачі), мають бути закриті стаціонарними огороженнями. Внутрішні поверхні огорожень пофарбовані в червоний колір.

Устаткування має блокування, що перешкоджають його включенню в роботу при знятих огороженнях. Зовнішні поверхні верстатів не мають гострих кутів і пофарбовані у світлі тони. Кнопки управління обладнання втоплені, за винятком кнопки «СТОП», яка виконана у вигляді грибка і пофарбована в червоний колір.

Для дроблення зливної стружки на токарних операціях використовується ріжучий інструмент зі стружколомаючими канавками або застосовуються накладні стружколоми.

Для захисту верстатників від ураження електричним струмом усе електрообладнання верстатів виконано в захищеному виконанні. Для перетворення замикання фази на корпус на однофазове коротке замикання обладнання занулено (на ділянці застосовується чотирипровідна трифазна мережа

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

із заземленою нейтраллю). У сукупності з використанням автоматів захисту від струмів короткого замикання це забезпечує швидке спрацьовування останніх. Нульовий захисний провід має в межах проєктованої ділянки контурне заземлення з опором не більш ніж 100 м.

З'єднання обладнання із заземленням перевіряється один раз на рік заводською лабораторією і один раз на місяць відповідальним за заземлення в цеху.

На всіх дверцятах електрошаф застосовуються попереджувальні знаки відповідно до вимог ДСТУ ISO 4015:2007. Роботи з ремонту устаткування і механізмів проводять тільки після повного відключення від мережі електроживлення з обов'язковим вивішуванням у місцях відключення попереджувальних табличок.

4.2 Виробнича санітарія та гігієна праці

Однією з необхідних умов здоров'я і високопродуктивної праці робітників є забезпечення нормальних умов праці та чистого повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

Категорія важкості праці на проєктованій ділянці 11а (енерговитрати 150...200 ккал/год). Параметри мікроклімату за ДСТУ EN 482:2022 наведено в таблиці 4.2 .

Таблиця 4.2 - Параметри мікроклімату за ДСТУ EN 482:2022

Період року	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима		Оптимальна	Допустима	Оптимальна, не більше	Допустима
		Для постійних робочих місць	Для непостійних робочих місць				
Холодний	18 – 20	17 – 23	15 – 24	40 - 60	75	0,2	<0,3

Теплий	21 – 23	18 – 27	17 – 29	40 - 60	55 при 28°C 75 при <24°C	0,3	0,2 – 0,4
--------	---------	---------	---------	---------	-----------------------------	-----	-----------

Підтримка параметрів мікроклімату в заданих межах забезпечується, головним чином, завдяки загальнообмінній припливно-витяжній вентиляції, а також природній вентиляції, яку здійснюють за допомогою аерації. У холодну пору року використовується водна система опалення (температура води не перевищує 100°C). У теплий період року має здійснюватися охолодження повітря, що передається в цех (переважно в охолоджувачах повітря випарного типу).

Відповідно до вимог СНіП 11-38-95 двері та технічні прорізи механічних цехів обладнані повітряними завісами. З метою ефективнішого уловлювання пилу, дрібної стружки застосовується місцевий витяжний пристрій типу парасольок. Для розведення шкідливих речовин до їх ГДК використовується загальнообмінна витяжна вентиляція.

Відділення заточування інструменту розташовується в окремому приміщенні.

Допустимі рівні звукового тиску за октавними смугами, а також допустимий рівень звуку та еквівалентний рівень звуку для спроектованої дільниці наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Робочі місця	Рівні звукового тиску в ДБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Робочі місця верстатників	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Приміщення майстрів, диспетчерські пульти	103	91	85	77	73	70	68	66	64	75

Для зниження шуму у виробничому приміщенні проводяться такі заходи:

- загальне збільшення площі, більш вільне розміщення устаткування;

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						50

- підвищення жорсткості пристосувань;
- своєчасне змащування і технічне обслуговування устаткування;
- своєчасне заточування ріжучого інструменту;
- використання глушників у системі загальнообмінної вентиляції.

З метою запобігання впливу на працюючих вібрацій передбачається періодичне регулювання зазору в підшипниках обладнання. Пристосування спроектовані так, щоб сили різання притискали заготовку до нерухомих опор.

4.3 Виробниче освітлення

На ділянці, що проектується, використовуємо природне і штучне освітлення.

Ці види освітлення повинні задовольняти санітарно-гігієнічні вимоги та умови безпеки під час обслуговування обладнання.

У світлий час доби на ділянці використовуємо природне освітлення – більш економічне і досконале з медико-санітарної точки зору.

Система природного освітлення – комбінована. Нормований коефіцієнт природної освітленості > 7%. У темний час доби застосовуємо штучне освітлення. Система комбінована. Норма освітленості на робочих місцях – 2000 лк. Із них 200 лк припадає на загальне рівномірне освітлення, решта освітленості створюється місцевими світильниками.

В якості світильників загального освітлення використовуються газорозрядні лампи ДРЛ. Для місцевого освітлення застосовуються лампи розжарювання.

4.4 Протипожежні заходи та засоби пожежогасіння

Згідно з чинною класифікацією, виробниче приміщення технологічного процесу, що проектується, належить до категорії Д, тобто до виробництва, в якому обробляються і використовуються у виробництві негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Причиною пожежі можуть бути іскри, що виникають під час фрезерування та обточування матеріалів на високих швидкостях твердими сплавами.

Заходи запобігання пожежам такі:

- цех оснащений двома евакуаційними виходами, відстань між якими не перевищує 60 м;
- видалення диму під час пожежі передбачається через аераційні ліхтарі;
- у повітропроводах вентиляційної системи встановлюються вогнезахисні перегородки та швидкодіючі заслінки;
- використовуються димові пожежні сповіщувачі ДПП-1, дія яких ґрунтується на фотоелектричному принципі;
- будівля цеху має 2 категорію вогнестійкості;
- для зберігання промасленого ганчір'я передбачаються металеві ящики, що закриваються кришкою;
- для гасіння пожежі використовуємо ручні вуглекислотні вогнегасники ОУ-5;
- на ділянці розташовано два пожежних гідранти;
- з робітниками регулярно проводяться заняття з протипожежної безпеки.

4.5 Техніка безпеки під час роботи на зубофрезерних верстатах (Операція 040, деталь «шестерня ведуча», верстат зубофрезерний 5Д312)

Під час роботи на зубообробних верстатах поряд із загальними правилами техніки безпеки для металообробного устаткування висуваються свої специфічні вимоги.

Як правило, зуборізний інструмент багатозубий, з гострими різальними кромками, тому під час використання його необхідно дотримуватися спеціальних запобіжних заходів: установлення та зняття інструмента з верстата проводити в рукавицях, а для очищення інструмента від стружки мати металеві щітки. Зберігати дорогий різальний інструмент необхідно в спеціальній тарі. Знімання та встановлення заготовок на верстат не слід робити при обертovому інструменті. Оброблювану деталь встановлюють на оправку – за такої схеми базування важливо

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

не травмувати руки об фрезу під час знімання деталі з оправки. Вага деталі 2,1 кг - деталь встановлюється вручну, без використання вантажопідйомних механізмів. Під час зміни оброблюваної деталі необхідно відвести фрезу на безпечну відстань, щоб запобігти травмуванню рук робітника інструментом.

Обробка проводиться черв'ячною фрезою $\varnothing 70$ мм, матеріал Р6М5. Перед її встановленням необхідно перевірити: надійність і міцність кріплення зубів у корпусі фрези, цілісність і правильність заточування зубів, які не повинні мати тріщин, припикання, викришених місць.

Приміщення, де розташована дільниця зубообробки, є пожежонебезпечним - В, тому що як МОР використовується масло.

4.6 Заходи щодо раціонального використання природних ресурсів

Під час аналізу технологічних процесів було намічено заходи щодо раціонального використання природних ресурсів. До них можна віднести:

- поєднання технологічних операцій і переходів на одному верстаті, що веде до економії електричної енергії (у проєктованих технологічних процесах широко використовуються верстати з ЧПК);

- виконувати розрахунок припусків під механічну обробку, що веде до зниження металоємності деталей, що виготовляються.

- збір і транспортування стружки на центральний вузол цеху, очищення від мастил та брикетування перед відправленням на переплавлення;

- очищення повітря від дисперсійних домішок відбувається у циклонах, а потім в електрофільтрах;

- передбачено використання системи оборотного водопостачання;

- очищення води від твердих домішок відбувається у відстійниках та на флотаційних установках;

- для нейтралізації стоків МОР у неї додають технічну сірчану кислоту.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті ми розробили технологічний процес механічного оброблення деталі Плита нижня з техніко-економічним обґрунтуванням обраного варіанту. Заготовку деталі отримуємо з листового гарячекатаного прокату, тому що цей метод більш економічний, продуктивний.

У проекті зроблено такі зміни: на операції 005 замінити універсальний вертикально-фрезерний верстат моделі 6P131 на верстат з ЧПУ моделі 6M82Ф3.

Середній коефіцієнт завантаження устаткування обробку цієї деталі дільниці становив 53%.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
6. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
7. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови
8. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. Наказ від 18.12.2015 № 197
9. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови.
10. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT)
11. ДСТУ ISO 866:2018 Свердла центрувальні для свердління центрових отворів без запобіжних фасок. Тип А (ISO 866:2016, IDT)

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

- 12.ДСТУ ISO 603-4:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 4. Шліфувальні круги для плоского шліфування, шліфування периферією круга (ISO 603-4:1999, IDT)
- 13.ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.
- 14.ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
- 15.ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Наказ від 27.02.2019 № 38
- 16.Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
- 17.Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
- 18.Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
- 19.Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
- 20.Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 21.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
- 22.Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

23. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
24. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
25. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
26. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		