

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОСЬКТ

Технологія виготовлення деталі «Технологія виготовлення деталі "Повзушка 5218-34-401" 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.ФГТА.25.15.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТ-21-1
Шифр  Ярослав ШЕВЧУК
Ім'я Ім'я, прізвище

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання  Катерина СОКОЛАН
Ім'я Ім'я, прізвище

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання  Сергій БИСЬ
Ім'я Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва  Віталій ТКАЧУК
Ім'я Ім'я, прізвище

Дата «16» 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 1301
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр 130101
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК
2.02.2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Шевчуку Ярославу Леонідовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Повзушка 5218-34-401" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Соколан Катерина Станіславівна, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учасник

Затверджено наказом ректора університету від 07 лютого 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі "Повзушка 5218-34-401" та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг 2000 шт.

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: креслення деталі з 3D моделлю (1 лист А2); креслення заготовки (1 лист А2); графотехнологія (1 лист А1); карта наладки (1 лист А1); креслення верстатного пристрою (1 лист А1); креслення контрольного пристрою (1 лист А1)

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Шевчук Ярослав Леонідович на захист дипломного проєкту (роботи)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка
На тему: Технологія виготовлення деталі «Повзушка 5218-34-401» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

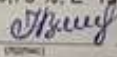


ОЛЕГ ПОЛЩУК
(підпис, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Шевчук Я. Л. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 7,14 %, добре 53,57 %, задовільно 39,29 %
шкалою ЄКТС: А 11,32 %, В 22,64 %, С 32,08 %, D 20,75 %, E 13,21 %.

Методист факультету



ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Шевчук Ярослав працював над дипломним проєктом самостійно та згідно графіка. Над час роботи над проєктом Шевчук Я. Л. виконав гарні теоретичні завдання та гарне влітання в технічні умови інженерні задачі.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Відмінно

Керівник дипломного проєкту

доф. Соколан К.С.
(підпис, прізвище)

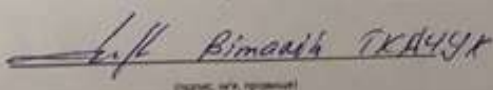
10. червня 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Шевчук Я. Л. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(підпис)



11. 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ Технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи «Технологія виготовлення деталі «повзушка 5218-34-401» з використанням верстатів з ЧПК»

Автор Я.Л. Шевчук

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Науковий керівник: К.С. Соколан

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Робота приймається до захисту
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не отримують безпосередньо авторське дослідження, але кількість шtat перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість шtat перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укривити запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

...StrikePlagiat – 20,1%.....

...Anti-Plagiarism v-15.274 – 19,0 %.....

Дата


Завідувач кафедри



Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми



Володимир МИЛЬКО

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи



Катерина СОКОЛАН

Ім'я, прізвище

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента Шевчука Я.Л.

Тема роботи: «Технологія виготовлення деталі «Повзушка 5218-34-401» з використанням верстатів з ЧПК»

Тема кваліфікаційної роботи та її зміст відповідають вимогам до кваліфікаційних робіт бакалаврів.

Шевчук Я.Л. розробив технологічний процес механічного оброблення деталі, обґрунтував метод виготовлення заготовки, спроектував верстатний та контрольний пристрої.

При розробленні технологічного процесу механічного оброблення деталі Шевчук Ярослав застосував сучасне обладнання з ЧПК та сучасні різальні інструменти провідної фірми Sandvik.

В розділі «Охорона праці» Шевчук Я.Л. провів аналіз сучасних інструментів оцінювання ризиків на виробництві у відповідності до вимог Директив ЄС та стандарту ISO 12100:2010.

В якості зауважень, можна вказати на те, що в технологічній документації присутні маршрутно-операційні карти, але відсутні ескізи карти.

В цілому кваліфікаційна робота бакалавра Шевчука Я.Л. виконана на хорошому інженерному рівні. Кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «Добре».

РЕЦЕНЗЕНТ

Рудик О.В., доц. к.т.н. ТАМ

(прізвище, ім'я по батькові, посада, місце роботи)

..28... травня..... 2025 р.

..... (підпис)

Завідувачу кафедри ТМ
Канд. техн. наук, доц. Ткачуку В.П.

Шевчука Я.Л.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТА, 4 курс, група ПМТ-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та 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 Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення 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 для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

09.06.2025

дата



підпис

РЕФЕРАТ

Темою дипломного проекту є проектування сучасного технологічного процесу оброблення деталі „Повзушка 5218-34-401”, що виготовляється із легованої сталі 38Х2МЮА, ДСТУ ГОСТ 12344:2005.

Розрахунково-пояснювальна записка містить в собі 4 розділи: загальний, технологічний, конструкторський та розділ охорони праці.

В першому розділі проекту проведено аналіз деталі та матеріалу, з якого її виготовлено, а також визначено (попередньо) тип виробництва.

В другому розділі проекту наведено метод отримання заготовки, розроблений технологічний процес механічного оброблення деталі „Повзушка 5218-34-401”, обрано металорізальне обладнання та інструмент, в тому числі і від провідних фірм (на операції, що виконуються на універсальному обладнанні – інструмент вітчизняного виробництва), розраховані припуски.

На операцію 060 згенеровано керуючу програму для фрезерування паза.

В третьому розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі при обробленні отвору $\varnothing 26$ мм та контрольний пристрій для контролювання відхилення від площинності.

В четвертому розділі наведено аналіз сучасних інструментів оцінювання ризиків на виробництві згідно до вимог стандарту ISO 12100.

Дипломний проєкт містить розрахунково-пояснювальну записку із 78 сторінок друкованого тексту та із графічної частини на 4-х листах формату А1 та на 2-х листах формату А2.

Ключові слова: *деталь повзушка, верстат з ЧПК, інструмент різальний, вимірjuвальний, верстатний пристрій, контрольний пристрій, технологічний процес.*

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ		
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата			
Розроб.	Шевчук Я.Л.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	Соколан К.С.				н		
Н. контр.	Бись С.С.				ХНУ гр. ПМТ-21-1		
Затв.	Ткачук В.П.						

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Аналіз об'єкта виробництва	8
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	13
1.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Вибір виду і обґрунтування методу отримання заготовки	18
2.2 Вибір технологічних баз	23
2.3 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі	24
2.4 Розроблення технологічних операцій	25
2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку	34
2.6 Вибір режимів різання	38
2.7 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	51
2.8 Визначення рівня механізації технологічного процесу	52
2.9 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК	53
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	54
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при обробленні отвору $\varnothing 26$ мм	54
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	68
ОХОРОНА ПРАЦІ	72
4.1. Аналіз сучасних інструментів оцінювання ризиків на виробництві	72
4.2 Аналіз ризиків машинобудування згідно до вимог стандарту ISO 12100	74
ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	77
ДОДАТКИ	

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудівний комплекс є однією з ведучих галузей промисловості. Ефективність функціонування машинобудівних підприємств визначає продуктивність праці в інших галузях економіки держави. Останнє десятиліття в Україні не можна характеризувати як час сталого розвитку машинобудування. Внаслідок багатьох об'єктивних причин підприємствам стало важко забезпечувати випуск конкурентної продукції. Але сучасні вимоги до якості продукції машинобудівного виробництва призвели до того, що в технологіях використовується, в основному, тільки нове, сучасне обладнання.

Внаслідок використання нового обладнання на підприємствах машинобудівного комплексу спостерігається надлишок основних фондів, що морально застаріли та не використовуються в технологічних процесах. Спостерігається наступна закономірність; чим більш сучасний технологічний процес, тим більше основних фондів не використовується. Негативним підсумком цієї тенденції є наднизький рівень завантаження обладнання. В деяких галузях відсоток завантаження обладнання досягає 45-50%, а в деяких взагалі до 15%.

Вирішення цих питань – це є виклик для підприємств на сьогоднішній день.

Подальший розвиток підприємств машинобудівного комплексу залежить також і від ряду зовнішніх факторів: забезпеченість кваліфікованими кадрами, доступність фінансування та кредитування для подальшої модернізації виробництва, наявність доступних та якісних матеріалів та комплектуючих.

Практика показує, що проблеми такого масштабу не можуть бути вирішені лише за рахунок бізнесу. Потрібні спільні зусилля бізнес – структур та держави. Є необхідність стимулювання підприємств в пріоритетних галузях, необхідні витрати на науково-дослідницькі роботи.

Розвиток економіки в сучасному світі базується на знаннях та нових технологіях. Рівень розвитку промисловості з високою часткою оброблення (машинобудування відноситься саме до такої галузі) – це індикатор рівня розвитку країни в цілому. В нових економічних умовах забезпечення сталого розвитку

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

машинобудівного комплексу вимагає ефективного використання адміністративних та ринкових інструментів для узгодженого вирішення задач по формуванню таких технологічних, інституціональних та організаційних структур, які будуть здатні об'єднати всі необхідні елементи в загальний контур нової технологічної структури зі сприятливими умовами для модернізації та росту продуктивності праці реального сектора економіки.

Машинобудування – комплекс галузей промисловості. Відповідно до класифікатора видів економічної діяльності (КВЕД) підприємства машинобудівного комплексу містять в собі і підприємства по виробництву машин та обладнання, електрообладнання, електронне, оптичне обладнання, сільгоспмашинобудування тощо. В склад машинобудівного комплексу входять як галузі, які забезпечують зростання самого машинобудування (приладобудування, електроніка тощо), так і галузі, що дають розвиток іншим секторам економіки (автомобілебудування, сільгоспмашинобудування, лісотехнічне, для легкої промисловості та інші).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз об'єкта виробництва

В запропонованому дипломному проєкті стояла задача по проєктуванню технологічного процесу механічного оброблення деталі „Повзушка 5218-34-401”, розробивши попередньо технологічний процес механічної обробки цієї деталі.

Вихідними даними для проєктування технологічного процесу механічного оброблення є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на виготовлення деталі;
- річна програма випуску деталей.

Головним завданням дипломного проєктування є розроблення сучасного технологічного процесу механічного оброблення деталі „Повзушка 5218-34-401” з виконанням економічних розрахунків, які показують ефективність цього проєкту, проєктуванням спеціальних пристроїв для процесу виготовлення заданої деталі.

1.1.1 Аналіз конструкції деталі

Деталь „Повзушка 5218-34-401” є базовою деталлю у вузлі, який називається „Механізм різь” гвоздильного автомату. Цей гвоздильний автомат призначений для виготовлення цвяхів із дроту круглого та квадратного перерізів довжиною від 13 до 80 мм.

Деталь «повзушка» кріпиться до корпусу автомата, базуючись по розміру 90f9 у пазу. Кріплення та регулювання деталі «повзушка 5218-34-401» відбувається за допомогою паза 50x85 мм, R25 та отвору $\varnothing 26$ в торці деталі. В повзушку встановлюється деталь „ніж”, що виконує зворотно-поступальні рухи в пазу шириною $80_{-0,1}$ і глибиною $20^{+0,035}$ мм. Для закріплення ножа у повзушці застосовується деталь „кришка”, що встановлюється у паз по розміру 160 мм і фіксується за допомогою штифтів по двох отворах $\varnothing 10H7$ та закріплюється

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

гвинтами по 4-х отворах М12-7Н. Для того, щоб деталь якомога менше зношувалась, у місці розташування і руху ножа ця поверхня термічно обробляється. Для цього виконується азотування поверхні на глибину h 0,3...0,5 мм до твердості HV 400...500.

Розглянемо призначення кожної поверхні деталі, зображеної на рис.1.1, 1.2.

Поверхня 1 – паз використовується для встановлення та базування деталі „повзушка” в пазу корпусу автомата АВ 5218. Дана поверхня є базовою.

Поверхня 2 є установчою і призначена для встановлення відповідної деталі, у даному випадку ножа.

Поверхня 3 є напрямною і визначає положення деталі „ніж”.

Поверхня 4 є установчою і призначена для встановлення деталі „кришка”.

Поверхня 5 є напрямною для деталі „кришка”.

Поверхня 6 є установчою і використовується для встановлення деталі „повзушка” в „корпусі”.

Поверхня 7 – вільна поверхня.

Поверхня 8 – фаски – допоміжні поверхня, що використовуються для полегшення процесу складання.

Паз 9 служить для закріплення та регулювання деталі.

Отвір 10 служить для закріплення та регулювання деталі.

Пази і канавки 11, 12, 13 – технологічні поверхні, що служать для виходу різального інструменту в процесі обробки деталі.

Отвори 14 під штифти служать для визначення положення деталі „кришка”.

Різьбові отвори 15, 16 служать для закріплення деталей „кришка” та „скоба” до деталі „повзушка”.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

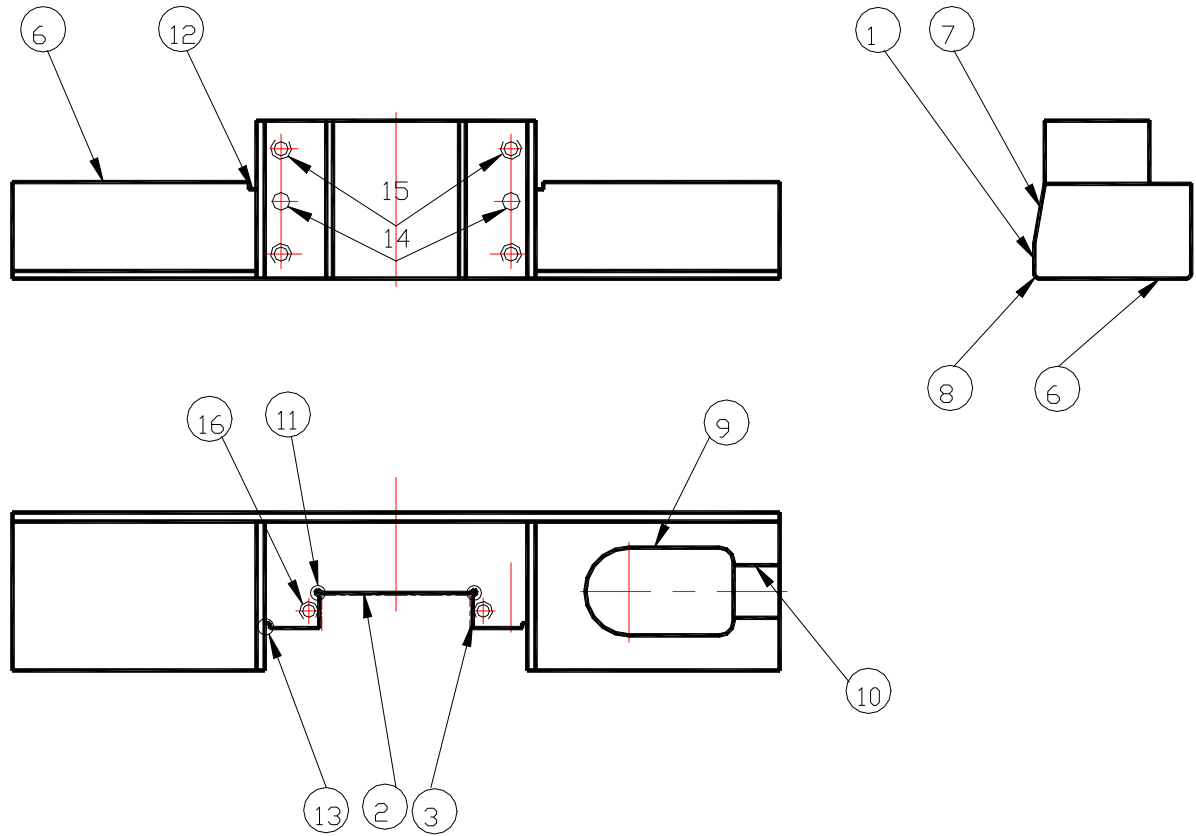


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі

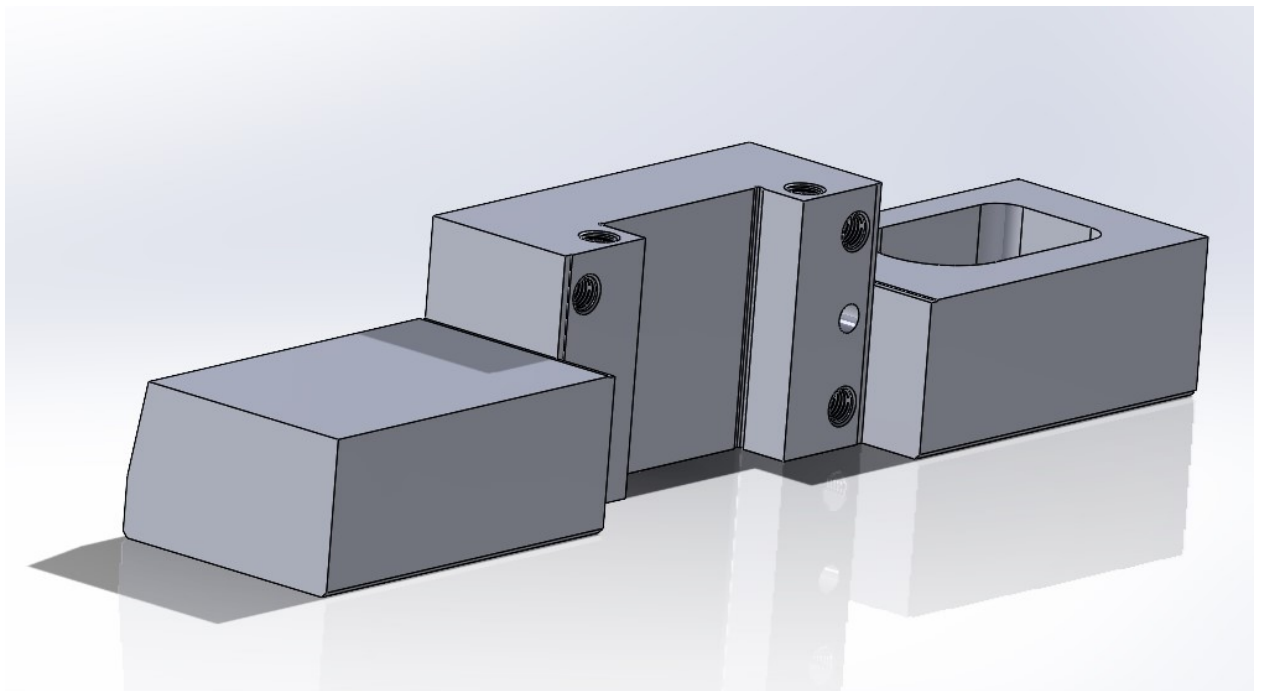


Рисунок 1.2 – Твердотільна модель деталі

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		14

Конфігурація деталі дозволяє застосування високопродуктивних режимів різання, достатньо жорстка поверхня дозволяє одержати високу точність обробки.

Конструкція деталі дозволяє поєднувати технологічні і вимірювальні бази.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів 7, 9, 11, 14 квалітетів точності з параметром шорсткості Ra 0,63; 2,5; 6,3; 10 мкм просторовими відхиленнями геометричних форм паралельності, перпендикулярності, площинності 0,025, 0,03 мм можуть бути отримані на верстатах нормальної точності.

При механічній обробці деталі є можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів.

Конструкція деталі, матеріал та технологія її виготовлення повинні забезпечувати нормальну роботу виробу впродовж тривалого часу.

Деталь „Повзушка 5218-34-401” виготовлена із сталі 38Х2МЮА, ДСТУ ГОСТ 12344:2005 «Сталі леговані та високолеговані». Механічні властивості та хімічний склад використовуваної сталі наведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості сталі 38Х2МЮА ДСТУ ГОСТ 12344:2005

Марка	σ_m	σ_v	δ , %	λ_n , $\frac{кгс}{см^2}$	Відносне звуження, %	Твердість НВ,
	МПа					
38Х2МЮА	835	980	14	88	50	-

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 38Х2МЮА ДСТУ ГОСТ 12344:2005

С	Si	Mn	Mo	Al	Cr	Си	Р	S
						Не більше		
0,35- 0,42	0,2- 0,45	0,3- 0,6	0,15- 0,25	0,7- 1,1	0,35- 1,65	0,3	0,025	0,025

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги на деталь

Технічні вимоги	Методи отримання	Методи контролю
1. Відхилення від площинності поверхні не більше 0,03 мм	Чорнове фрезерування, чистове фрезерування. Чорнове шліфування, чистове шліфування.	Контрольна плита, щуп.
2. Непаралельність поверхні відносно бази <i>A</i> не більше 0,04мм.	Чорнове фрезерування, чистове фрезерування; тонке фрезерування.	Контрольна плита, стійка індикаторна, індикатор годинникового типу.
3. Неперпендикулярність поверхні відносно бази <i>A</i> не більше 0,03 мм.	Чорнове фрезерування, чистове фрезерування; тонке фрезерування.	Контрольна плита, кутник, щуп.
4. Взаємна неперпендикулярність поверхонь не більше 0,03 мм.	Чорнове фрезерування, чистове фрезерування; тонке фрезерування.	Контрольна плита, кутник, щуп.
5. Неперпендикулярність поверхні відносно бази <i>A</i> не більше 0,0025 мм.	Чорнове фрезерування, чистове фрезерування; тонке фрезерування.	Контрольна плита, кутник, щуп.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Результати аналізу технологічності зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати аналізу технологічності деталі „повзушка”

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості Ra
Уступ 55h6	2	2	6	2,5
Отвір Ø10H7	2	2	7	1,25
Паз 20H8	1	1	8	1,25
Отвір різьбовий M12-7H	6	6	7	6,3
Паз 80H9	1	1	9	1,25
Площина 90f9	2	2	9	2,5
Паз 50x85	1	-	14	10
Отвір Ø26	1	1	14	10
Фаска 2x45 ⁰	2	2	14	10
Канавка 0,5x3	4	4	14	10
Канавка 2x3	2	2	14	10
Площина 90	2	2	14	2,5
уступ 84	1	1	14	10
Скіс $\angle 10^0$	1	-	14	2,5

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		17

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості Ra
Уступ 140	2	2	14	10
Торці 440	2	2	14	10
Паз 25	1	1	14	2,5
Паз 160	1	1	14	10

Кількісна оцінка технологічності:

1. Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_e},$$

де Q_y - кількість уніфікованих елементів, $Q_y = 32$;

Q_e - загальна кількість елементів, $Q_e = 34$.

$$K_y = \frac{32}{34} = 0,94.$$

2. Коефіцієнт точності механічного оброблення:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}},$$

де A_{cp} - середня точність оброблення.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 6 + 9 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 14 \cdot 20}{34} = 11,26;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,26} = 0,91.$$

3. Коефіцієнт шорсткості:

$$K_w = \frac{1}{B_{cp}},$$

де B_{cp} - середня шорсткість:

$$B_{cp} = \frac{1,25 \cdot 4 + 2,5 \cdot 8 + 6,3 \cdot 6 + 10 \cdot 16}{34} = 6,55;$$

$$K_w = \frac{1}{6,55} = 0,15.$$

Висновок: деталь «повзушка» технологічна і не викликає труднощів при механічному обробленні.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

1.3 Визначення типу і організаційної форми виробництва

За заданою програмою випуску $N = 2000$ штук та визначеною масою готової деталі $m = 18$ кг встановлюємо тип виробництва – середньосерійне виробництво (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 - Залежність типу виробництва від об'єму виготовлення (шт) і маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	середньосерійне	крупносерійне	масове
<1.0	<10	10–2000	1500–100 000	75 000–	>200 000
1.0–2.5	<10	10–1000	1000–50 000	50 000–100	>100 000
2.5–5.0	<10	10–500	500–35 000	35 000–75 000	>75 000
5.0–10	<10	10–300	300–25 000	25 000–50 000	>50 000
>10	<10	10–200	200–10 000	10 000–25 000	>25 000

Заданий добовий випуск деталей:

$$N_d = \frac{N_p}{253},$$

де N_p - річна програма випуску, $N_p = 2000$ шт.

$$N_d = \frac{2000}{253} \approx 8 \text{ виробів.}$$

Можна зробити висновок про застосування групової форми організації виробництва, головною ознакою якої є те, що запуск деталей у виробництво здійснюється з періодичністю, партіями.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Число деталей в одній партії запуску:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi_{\delta}},$$

де N - кількість деталей в річному об'ємі випуску, шт;

a - періодичність запуску партії. Приймаємо $a = 3$ дні;

Φ_{δ} - кількість робочих днів на рік. Якщо робочий тиждень має тривалість 5 днів та 8 годин, то $\Phi_{\delta} = 253$.

Отже:

$$n = \frac{2000 \cdot 3}{253} \approx 24 \text{ шт.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Проводимо порівняльний аналіз двох варіантів виготовлення заготовки: методом круглого прокату та поковки на пресах.

Собівартість заготовки із прокату.

Діаметр прокату визначаємо за сортаментом прокату. Приймаємо $D_3 = 130$ мм, $L_3 = 450$ мм.

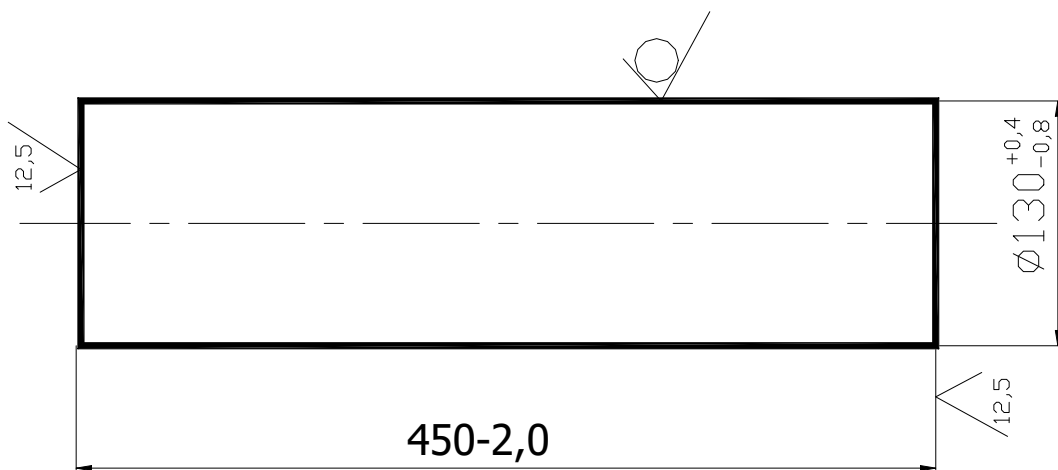


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки із круглого прокату

Собівартість заготовки із круглого прокату розраховується за формулою:

$$S_{заг} = M + \sum C_{o.з.},$$

де M - витрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{o.з.}$ - технологічна собівартість заготівельних операцій:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$C_{o.z.} = \frac{C_{n.z.} \cdot T_{шт(шт.к.)}}{60 \cdot 100},$$

де - приведені витрати на робочому місці, $C_{n.z.} = 121$ грн/год;

$T_{шт(шт.к.)}$ - штучний або штучно – калькуляційний час виконання заготівельної операції, $T_{шт(шт.к.)} = 3,6$ хв.

$$C_{o.z.} = \frac{121 \cdot 3,6}{60 \cdot 100} = 73 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал заготовки:

$$M = \frac{QS}{1000} - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000},$$

де Q - маса заготовки, кг;

S - ціна 1 кг матеріалу заготовки, $S = 28000$ грн за 1 тону;

q - маса готової деталі, $q = 18$ кг;

$S_{відх}$ - ціна 1 т відходів, $S_{відх} = 2500$ грн за 1 тону.

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$Q = V \cdot \rho, \text{ кг};$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

де V - об'єм заготовки, m^3 ;

ρ - густина матеріалу заготовки, $\rho = 7800 \text{ кг}/m^3$.

Об'єм заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3,14 \cdot 13,0^2}{4} \cdot 45 = 5970 \text{ см}^3.$$

Маса заготовки:

$$Q_3 = \rho \cdot V_3 = 7,8 \cdot 5970 = 4686 \text{ г.}$$

Маса деталі $q = 18 \text{ кг}$ (див. кресленик).

Витрати на матеріал:

$$M = \frac{46,86 \cdot 28000}{1000} - (46,86 - 18) \frac{2500}{1000} = 1226,7 \text{ грн.}$$

Отже,

$$S_{\text{заг}} = 1226,7 + 73 = 1299,7 \text{ грн.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Собівартість заготовки – поковки на пресах.

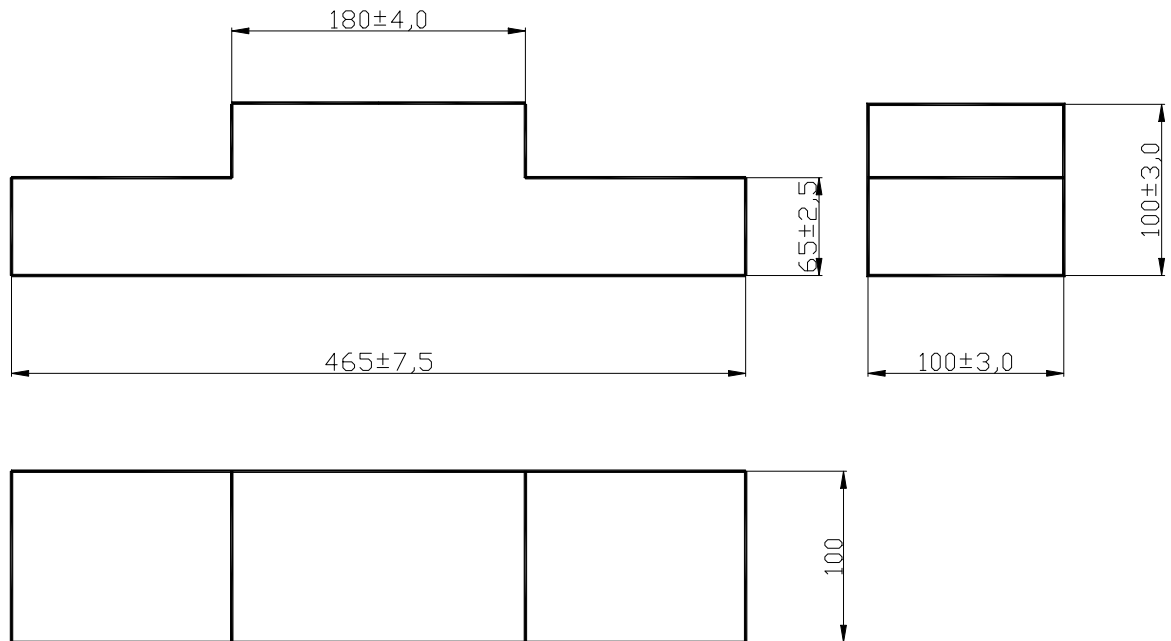


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки - поковки

Вартість заготовки розраховується за формулою:

$$S_{заг.} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх.}}{1000},$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок: $C_i = 38000$ грн.;

k_T – коефіцієнт залежності від класу точності поковки: $k_T = 1,0$ (3-й клас);

k_C – коефіцієнт залежності від групи складності поковки: $k_C = 1,0$ (2 група);

k_B – коефіцієнт залежності від маси поковки: $k_B = 0,8$ (3-5 кг);

k_M – коефіцієнт залежності від марки матеріалу поковки: $k_M = 1,1$;

k_{II} – коефіцієнт залежності від об'єму виготовлення заготовок: $k_{II} = 1$ (3-тя група серійності);

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

q - маса деталі: $q = 18$ кг кг;

Q - маса заготовки;

$S_{відх.}$ – ціна за 1 т відходів.

Для визначення маси заготовки визначаємо об'єм заготовки.

Маса заготовки:

$$Q = [(100 \cdot 100 \cdot 180) + (2 \cdot 100 \cdot 65 \cdot 145)] \cdot 7,85 = 28,9 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{18}{28,9} = 0,51.$$

Ціна заготовки:

$$S_{заг.} = \left(\frac{38000}{1000} \cdot 28,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \right) - (28,9 - 18) \cdot \frac{2500}{1000} = 926,6 \text{ грн.}$$

Отримання заготовки - поковки є більш раціональним методом, ніж отримання заготовки із прокату.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.1.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Співставлення двох методів отримання заготовки

Найменування показників	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Прокат круглий	Поковка
Клас точності	III	II
Вага заготовки, кг	48,86	28,9
Вартість заготовки, грн	122,74	92,66
Коефіцієнт використання матеріалу, $K_{в.м.}$	0,4	0,51

2.2 Вибір технологічних баз

Основні вимоги до чорнових баз:

1. В якості технологічних чорнових баз вибираються поверхні, які не обробляються, або ті, що мають найменший припуск.

2. Чорнова база повинна забезпечувати при закріпленні стійке положення деталі без деформації. В нашому випадку такою є поверхня 760x748 мм.

Основні вимоги до проміжних баз:

3. В якості технологічних баз приймаються ті поверхні, які пов'язані з поверхнею, що обробляється найкоротшою ланкою розмірного ланцюга.

4. В якості технологічних баз приймаються ті поверхні, які дозволяють не змінювати основні бази.

5. При зміні бази необхідно переходити від менш точної до більш точної поверхні, оскільки тоді похибка обробки менша.

Більш детальний опис базових поверхонь та способів встановлення заготовки під час механічної обробки наведемо при розробці маршруту обробки і результати занесемо в таблицю 2.2.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

2.3 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі

Проведемо аналіз оброблення кожної поверхні із визначенням методів оброблення цих поверхонь. Результати аналізу оброблення кожної поверхні деталі „повзушка” наведемо у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати аналізу оброблення кожної поверхні з встановленням методів оброблення

Назва та розмір поверхні деталі	Параметр шорсткості	Квалітет точності	Метод оброблення
Уступ 55h6	6	2,5	Попереднє та чистове фрезерування, попереднє та чистове шліфування.
Отвір Ø10H7	7	1,25	Свердлування; чорнове та чистове розвіртування.
Паз 20H8	8	1,25	Попереднє та чистове фрезерування, шліфування.
Отвір різьбовий M12-7H	7	6,3	Свердлування, нарізання різьби
Паз 80H9	9	1,25	Попереднє та чистове фрезерування
Площина 90f9	9	2,5	Попереднє та чистове фрезерування, шліфування.
Паз 50x85	14	10	Фрезерування одноразове
Отвір Ø26	14	10	Свердлування
Фаска 2x45 ⁰	14	10	Фрезерування
Канавка 0,5x3	14	10	Стругання
Канавка 2x3	14	10	Стругання

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Назва та розмір поверхні деталі	Параметр шорсткості	Квалітет точності	Метод оброблення
Площина 90	14	2,5	Фрезерування
Уступ 84	14	10	Фрезерування
Скіс $\angle 10^0$	14	2,5	Протягування одноразове
Уступ 140	14	10	Фрезерування чорнове, чистове
Торці 440	14	10	Фрезерування
Паз 25	14	2,5	Попереднє та чистове фрезерування, шліфування.
Паз 160	14	10	Фрезерування

2.4 Розроблення технологічних операцій

Технологічний маршрут виготовлення деталі „повзушка” наведемо у вигляді таблиці 2.3.

Детальний технологічний процес механічного оброблення деталі покажемо у вигляді таблиці 2.4.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 - Технологічний маршрут механічного оброблення деталі “повзушка”

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Тип і модель верстата
005	<i>Відрізна</i>		
010	<i>Ковальська</i>		
015	<i>Термічна</i>		
020	<i>Вертикально-фрезерна</i>	1. Фрезерувати поверхні деталі з переустановами, витримуючи розміри 95x95 мм.	Вертикально-фрезерний 6P13
030	<i>Вертикально-фрезерна</i>	1. Фрезерувати уступи попередньо, витримуючи розміри 60, 166, 140 мм.	Вертикально-фрезерний 6P13
035	<i>Термічна</i>	Покращення	Піч
040	<i>Багатоцільова</i>	1. Фрезерувати поверхні деталі з переустановами, витримуючи розміри 91 _{-0,2} ; 91; 58 мм. 2. Фрезерувати торці деталі з переустановом, витримуючи розміри 446; 137 (140). 3. Фрезерувати уступи, витримуючи розміри 56 _{-0,2} (55 _{-0,02}); 140; 160 мм. 4. Фрезерувати 2 канавки $\varphi=3$ мм на глибину 1 мм, витримуючи розмір 140 мм. 5. Фрезерувати 2 фаски 3×45^0 (2×45^0) з переустановом.	Обробний центр AVIA X5

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		30

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Тип і модель верстата
045	<i>Багатоцільова</i>	1. Свердлити отвір Ø30 мм під захід фрези. 2. Фрезерувати паз попередньо. 3. Фрезерувати паз начисто. витримуючи розміри 50x85 мм; R25; 2 R8.	Обробний центр AVIA X5
050	<i>Радіально-свердлувальна</i>	1. Свердлити отвір Ø26 в торці деталі на вихід в паз 50x85 мм.	Радіально-свердлувальний 2K52
055	<i>Плоскошліфувальна</i>	1. Шліфувати поверхні з переустановом, витримуючи розмір 90f9 та площинність поверхні відносно базової поверхні А – 0,03 мм. 2. Шліфувати поверхні, витримуючи розмір 90 мм та взаємну перпендикулярність відносно базової поверхні А - 0,03 мм. 3. Шліфувати поверхні уступів, витримуючи розмір 55 _{-0,02} .	Плоскошліфувальний 3E711B
060	<i>Багатоцільова</i>	1. Фрезерувати паз шириною 160 мм на глибину 24 (25) попередньо. 2. Фрезерувати 2 канавки в пазу 160 мм, витримуючи розміри 3; 1 мм. 3. Фрезерувати паз шириною 80 _{-0,1} мм на глибину 19 (20 ^{+0,035})	Обробний центр AVIA X5

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Тип і модель верстата
		<p>попередньо.</p> <p>4. Фрезерувати 2 канавки в пазу 80_{0,1} мм, витримуючи розміри 3; 2 мм.</p> <p>5. Свердлити 2 отв. Ø9,8 (Ø10H7) на глибину 55 мм.</p> <p>6. Розвертати 2 отв. Ø10H7 попередньо, начисто.</p> <p>7. Фрезерувати уступ, витримуючи розміри 55; 84.</p> <p>8. Фрезерувати скіс в розмір 84 мм $\angle 10^0 \pm 1^0$.</p>	
065	Плоскошліфувальна	<p>1. Шліфувати дно паза р-р 160 мм, витримуючи глибину 25 мм та паралельність дна відносно базової поверхні А – 0,04.</p> <p>2. Шліфувати дно паза р-р 80_{0,1} мм, витримуючи розмір 20^{+0,035} мм та взаємну перпендикулярність бокових поверхонь 0,03.</p>	Плоскошліфувальний 3E711B
070	Свердлильна з ЧПК	<p>1. Центрувати 4 отв. під різьбу M12-7H, 2 отв. Ø10H7.</p> <p>2. Свердлувати 4 отв. Ø10,2 (M12-7H) на глибину 29 мм.</p> <p>3. Нарізати різьбу M12-7H на глибину 22 мм в 4-х отворах.</p>	Свердлильний з ЧПК 2P135Ф2

№ операції	Найменування операції	Зміст технологічного переходу	Тип і модель верстата
		<p>4. Центрувати 2 отвори під різьбу М12-7Н.</p> <p>5. Свердлити 2 отвори Ø10,2 на довжину 47 мм.</p> <p>6. Нарізати різьбу М12-7Н на глибину 36 мм в 2-х отворах.</p>	
075	<i>Термічна</i>	1. Азотувати поверхні деталі на глибину h=0,3-0,5 мм для надання твердості HV400...500.	Піч

Таблиця 2.4 - Технологічний процес механічного оброблення деталі “повзушка”

№ операції	Найменування і зміст операції	Пристрій	Інструмент	
			Різальний	Вимірювальний
020	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхні деталі з переустановами, витримуючи розміри 95x95 мм.	Лещата 7200-00-228	Фреза 2214-0003, T5K10	Штангенциркуль ШЦ 125-0,1; Кутник УП II-160
030	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати уступи попередньо, витримуючи розміри 60, 166, 140 мм.	Лещата 7200-00-228	Фреза 2214-0003, T5K10	Штангенциркуль ШЦ 125-0,1; Штангенглибиномер ШТ 160
040	Багатоцільова 1. Фрезерувати поверхні деталі з переустановами, витримуючи розміри 91 _{0,2} ; 91; 58 мм. 2. Фрезерувати торці деталі з переустановом, витримуючи розміри 446; 137 (140). 3. Фрезерувати уступи, витримуючи розміри 56 _{0,02} (55 _{0,02}); 140; 160 мм. 4. Фрезерувати 2 канавки $\varphi=3$ мм на глибину 1 мм,	Пристрій верстатний	Фреза CoroMill 745 Фреза CoroMill 316 Свердло CoroDrill 880	Штангенциркуль ШЦ 125-0,1; Кутник УП II-160

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		34

	втримуючи розмір 140 мм. 5. Фрезерувати 2 фаски 3x45° (2x45°) з переустановом.			
045	Багатоцільова 1. Свердлити отвір Ø30 мм під захід фрези. 2. Фрезерувати паз попередньо. 3. Фрезерувати паз начисто. втримуючи розміри 50x85 мм; R25; 2 R8.	Пристрій верстатни й	Свердло CoroDrill 880 Фреза CoroMill 745 Фреза CoroMill 316	Штангенциркуль ІІЦ 125-0,1; Кутник УП ІІ-160
050	Радіально-свердлувальна 1. Свердлити отвір Ø26 в торці деталі на вихід в паз 50x85 мм.	Пристрій спеціальний верстатни й	Свердло 2301-0089, Р6М5	Штангенциркуль ІІЦ 125-0,1
055	Плоскошліфувальна 1. Шліфувати поверхні з переустановом, втримуючи розмір 90f9 та площинність поверхні відносно базової поверхні А – 0,03 мм. 2. Шліфувати поверхні, втримуючи розмір 90 мм та взаємну перпендикулярність відносно базової поверхні А - 0,03 мм. 3. Шліфувати поверхні уступів, втримуючи розмір 55 _{-0,02} .	Плита магнітна	Круг ПП 450x63x203, 15A40ПСМ1 5K5A1, 35м/с	Зразки шорсткості поверхонь; Мікрометр МК 100-2; Лінійка ЛД-1; Глибиномір індикаторний ГИ 20-30 Кутник УП ІІ-160

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		35

060	<p>Багатоцільова</p> <p>1. Фрезерувати паз шириною 160 мм на глибину 24 (25) попередньо.</p> <p>2. Фрезерувати 2 канавки в пазу 160 мм, витримуючи розміри 3; 1 мм.</p> <p>3. Фрезерувати паз шириною 80_{-0,1} мм на глибину 19 (20^{+0,035}) попередньо.</p> <p>4. Фрезерувати 2 канавки в пазу 80_{-0,1} мм, витримуючи розміри 3; 2 мм.</p> <p>5. Свердлити 2 отв. Ø9,8 (Ø10H7) на глибину 55 мм.</p> <p>6. Розвертати 2 отв. Ø10H7 попередньо, начисто.</p> <p>7. Фрезерувати уступ, витримуючи розміри 55; 84.</p> <p>8. Фрезерувати скіс в розмір 84 мм $\angle 10^0 \pm 1^0$.</p>	Пристрій верстатни й	<p>Фреза CoroMill Dura;</p> <p>Фреза CoroMill 745</p> <p>Фреза CoroMill 316</p> <p>Свердло CoroDrill 880;</p> <p>Розвертка 2363-3423- 08, ГОСТ 1672-80</p>	<p>Штангенцирк уль ШЦ 125- 0,1;</p> <p>Нутромір 50- 100-1;</p> <p>Калібр-пробка 8133-0922, ПР-НЕ</p>
065	<p>Плоскошліфувальна</p> <p>1. Шліфувати дно паза р-р 160 мм, витримуючи глибину 25 мм та паралельність дна відносно базової поверхні А – 0,04.</p> <p>2. Шліфувати дно паза р-р 80_{-0,1} мм, витримуючи розмір 20^{+0,035}</p>	Пристрій УСП	Круг ПП 450x63x203, 15A40ПСМ1 5K5A1, 35м/с	<p>Зразки шорсткості поверхонь;</p> <p>Індикатор 4402 кл.0;</p> <p>Штатив ШМ – II 118;</p>

	мм та взаємну перпендикулярність бокових поверхонь 0,03.			Глибиномір індикаторний ГИ 20-30 Щуп
070	<p>Свердлильна з ЧПК</p> <p>1. Центрувати 4 отв. під різьбу M12-7H, 2 отв. Ø10H7.</p> <p>2. Свердлувати 4 отв. Ø10,2 (M12-7H) на глибину 29 мм.</p> <p>3. Нарізати різьбу M12-7H на глибину 22 мм в 4-х отворах.</p> <p>4. Центрувати 2 отвори під різьбу M12-7H.</p> <p>5. Свердлити 2 отвори Ø10,2 на довжину 47 мм.</p> <p>6. Нарізати різьбу M12-7H на глибину 36 мм в 2-х отворах.</p>	<p>Лещата 7200-00-228;</p> <p>Патрон M10-M18-3</p>	<p>Свердло CoroDrill Dura 462;</p> <p>Свердло CoroDrill 860;</p> <p>Мітчик 2620-15.15.3</p>	Калібр-пробка 8221-3053-7H

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		37

2.5 Розрахунок припусків на механічне оброблення

2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків

Результати розрахунків надаються для зручності у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Карта розрахунку припусків на обробку та граничних розмірів по технологічних переходах 90f9

Технологічні переходи обробки поверхні 90f9	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір, l_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R _z	T	ρ	ϵ				l_{\min}	l_{\max}	$2z_m^{\text{эф}}$	$2z_m^{\text{эф}}$
Заготовка	1500		1380	-	-	97,108	3500	97,0	100,5	-	-
1. Фрезерування попереднє	250	240	82,8	-	2·2880	91,348	1400	91,0	92,4	6000	8100
2. Фрезерування чистове	40	40	3,3	-	2·572,8	90,202	220	90,2	90,42	800	1980
3. Шліфування	15	15	-	-	2·83,3	90,036	87	90,036	90,123	164	297
Всього:										6964	10377

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		38

Значення просторової похибки:

$$\rho = \Delta_k \cdot l,$$

де Δ_k - питоме короблення заготовки, $\Delta_k = 3$ мкм;

l - довжина заготовки в мм.

$$\rho = 3 \cdot 460 = 1380 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторових відхилень:

Після чорнового фрезерування:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1380 = 82,8 \text{ мкм,}$$

Після чистового фрезерування:

$$\rho_1 = 0,04 \cdot 82,8 = 3,3 \text{ мкм,}$$

Після слідуєчих переходів величина просторових відхилень дуже мала, тому ми нею нехтуємо.

При встановленні заготовки похибка установки $\varepsilon_y = 0$, оскільки є співпадання установчої і вимірювальної бази.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.5.

Визначаємо розрахункові розміри:

$$l_{2\max} = 90,42 + 1,98 = 92,4 \text{ мм;}$$

$$l_{2\min} = 90,2 + 0,8 = 91,0 \text{ мм;}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$l_{1\max} = 92,4 + 8,1 = 100,5 \text{ мм};$$

$$l_{1\min} = 91,0 + 6,0 = 97,0 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків:

$$2z_{\min 4}^{zp} = 90,2 - 90,036 = 0,164 \text{ мм} = 164 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 3}^{zp} = 91,0 - 90,2 = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 2}^{zp} = 97,0 - 91,0 = 6,0 \text{ мм} = 600 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 4}^{zp} = 0,164 + 0,22 - 0,087 = 0,297 \text{ мм} = 297 \text{ мкм},$$

$$2z_{\max 3}^{zp} = 0,8 + 1,4 - 0,22 = 1,98 \text{ мм} = 1980 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{zp} = 6,0 + 3,5 - 1,4 = 8,1 \text{ мм} = 810 \text{ мкм};$$

Перевіримо правильність розрахунків:

$$2z_{i\max} - 2z_{i\min} = \delta_{di-1} - \delta_{di};$$

$$8100 - 6000 = 3500 - 1400,$$

$$2100 = 2100.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Визначимо загальний номінальний припуск:

$$2z_{оном} = 2z_{оmin} + Hl_{заг} - Hl_{дет} = 6,964 + 3,5 - 0,887 = 10,377 \text{ мм.}$$

2.5.2 Визначення припусків табличним методом

На решту оброблюваних поверхонь припуски призначаємо табличним методом, а результати заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір припусків табличним методом

Розмір, мм	Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
				min	max	табличний	розрахунковий
90h14	2 · 5000	89,13	870	99,13	100	9130	10000
440h14	2 · 12500	438,45	1550	463,45	465	25000	26550


2.6 Вибір режимів різання

Результати наведемо у вигляді таблиці 2.7.


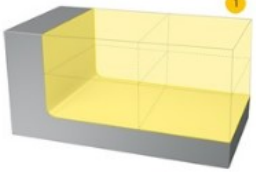
Таблиця 2.7 - Режими різання

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ мм	D мм	i	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	T_o хв
020	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхні деталі з переустановами, витримуючи розміри 95x95 мм.	440	160	4	2,5	0,8	250	140	6,3
030	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати уступи попередньо, витримуючи розміри 60, 166, 140 мм.	150	50	6	2,0	0,8	125	20	5,63
040	Багатоцільова 1. Фрезерувати поверхні деталі з переустановами, витримуючи розміри 91.0,2; 91; 58 мм.	440	160	4	2,0	0,209 мм/зуб	731	187	7,7

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		42

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ мм	D мм	i	$t,$ мм	$S,$ мм/об	$n,$ об/хв	$V,$ м/хв	T_o хв
		 <div data-bbox="746 660 1114 1137"> <p>CoroMill 745</p> <ul style="list-style-type: none"> A745-076R25-21M Инструмент 745R-2109E-M31 4240 Торцевая пластина (6x) <p>Max диаметр резания DCX 91.4 mm Max глубина резания APMX 5.2 mm Стойкость, дет. TLIFEC 57.6 Поверхности Время обработки на элемент TMF 00:31.260 мин.с</p> </div> <div data-bbox="1152 660 1519 1137"> <p>ШАГИ 1</p> <p>ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА</p> <p>Скорость резания VC 187 m/min Подача на зуб FZ 0.209 mm</p> <p>CO₂ EMISSIONS Carbon dioxide emission per component CPC 15.7 g Work per component WPC 0.144 kWh</p> </div>							
	2. Фрезерувати торці деталі з переустановом, витримуючи розміри 446; 137 (140).	440	160	4	2,0	0,209 мм/зуб	731	187	7,7
	3. Фрезерувати уступи, витримуючи розміри 56 _{-0,2} (55 _{-0,02}); 140; 160 мм.	140	160	2	1,0	0,603 мм/зуб	1080	86,4	0,53

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ ММ	D ММ	i	$t,$ ММ	$S,$ ММ/ОБ	$n,$ ОБ/ХВ	$V,$ М/ХВ	T_o ХВ

CoroMill 316

- A316-25FMC50-10015L 1730
Инструмент
- EN-ER32-25-025
Корпус

Диаметр резания DC	25.4 mm
Мак глубина резания APMX	14 mm
Стойкость, дет. TLIFEC	174 Поверхности
Время обработки на элемент TMF	00:52.680 мин:с

ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

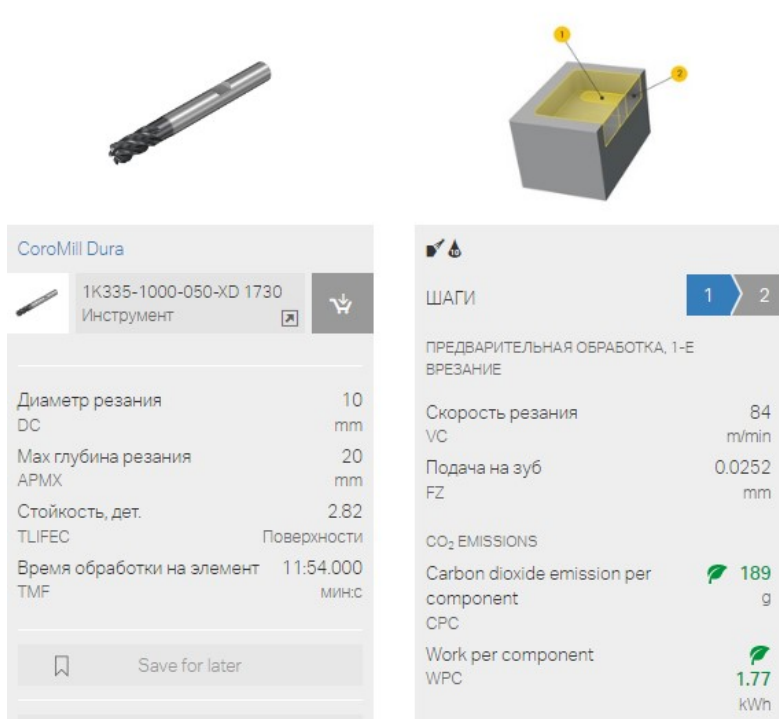
Скорость резания VC	86.4 m/min
Подача на зуб FZ	0.0603 mm

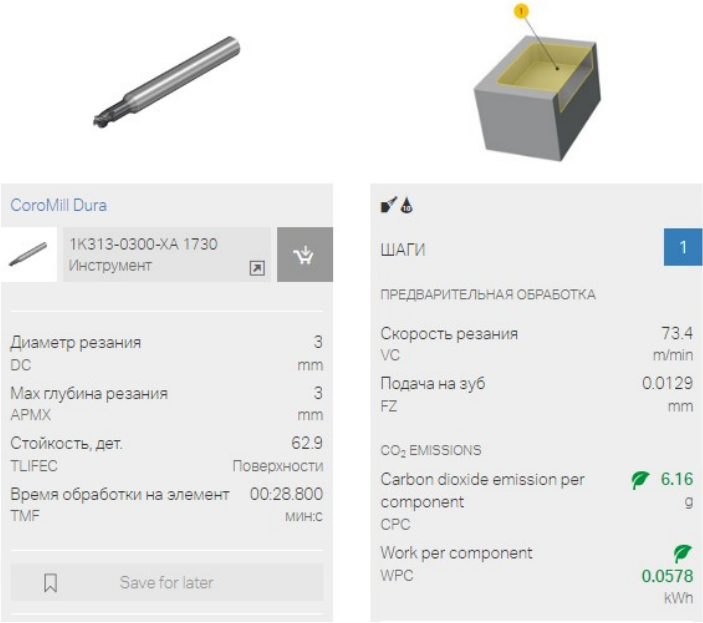
CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC	23.5 g
Work per component WPC	0.215 kWh



4. Фрезерувати 2 канавки $\phi=3$ мм на глибину 1 мм, витримуючи розмір 140 мм.	100	-	2	1	0,25	-	500	1,6
5. Фрезерувати 2 фаски 3×45^0 (2×45^0) з переустановом.	440	160	2	3,0	1,0	500	250	2,43
045 <i>Багатоцільова</i> 1. Свердлити отвір $\phi 30$ мм під захід фрези.	260	160	2	10	0,13	1630	154	3,25

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ мм	D мм	i	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	T_o хв
055	<i>Плоскошліфувальна</i>								
	1. Шліфувати поверхні з переустановом, витримуючи розмір 90f9 та площинність поверхні відносно базової поверхні $A - 0,03$ мм.	440	600	50	0,5	0,02	185	16	2,37
	2. Шліфувати поверхні, витримуючи розмір 90 мм та взаємну перпендикулярність відносно базової поверхні $A - 0,03$ мм.	440	600	50	0,5	0,02	185	16	2,37
	3. Шліфувати поверхні уступів, витримуючи розмір 55 _{-0,02} .	100	600	50	0,5	0,02	185	16	0,68
060	<i>Багатоцільова</i>								
1. Фрезерувати паз шириною 160 мм на глибину 24 (25) попередньо.	144	50	5	24	0,0252 мм/зуб	2680	84	7,2	

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ ММ	D ММ	i	$t,$ ММ	$S,$ ММ/ОБ	$n,$ ОБ/ХВ	$V,$ М/ХВ	T_o ХВ
									
	2. Фрезерувати 2 канавки в пазу 160 мм, витримуючи розміри 3; 1 мм.	144	50	5	24	0,0129 мм/зуб	1790	73,4	5,4

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ ММ	D ММ	i	$t,$ ММ	$S,$ ММ/ОБ	$n,$ ОБ/ХВ	$V,$ М/ХВ	T_o ХВ
		 <p>The screenshot displays the following data:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tool: CoroMill Dura, 1K313-0300-XA 1730 Parameters: <ul style="list-style-type: none"> Диаметр резания DC: 3 mm Мак глубина резания АРМХ: 3 mm Стойкость, дет. TLIFEC: 62.9 Поверхности Время обработки на элемент TMF: 00:28.800 мин.с Cutting Data: <ul style="list-style-type: none"> Скорость резания VC: 73.4 m/min Подача на зуб FZ: 0.0129 mm CO₂ EMISSIONS: <ul style="list-style-type: none"> Carbon dioxide emission per component CPC: 6.16 g Work per component WPC: 0.0578 kWh 							
	3. Фрезерувати паз шириною 80 _{-0,1} мм на глибину 19 (20 ^{+0,035}) попередньо.	7	4,0	4	2,0	0,013 мм/зуб	1990	75,3	0,42

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ ММ	D ММ	i	$t,$ ММ	$S,$ ММ/ОБ	$n,$ ОБ/ХВ	$V,$ М/ХВ	T_o ХВ

CoroMill Dura

1K325-0300-XA 1730
Инструмент

Диаметр резания DC 3 мм

Мак глубина резания АРМХ 4.5 мм

Стойкость, дет. TLIFEC 2040 Поверхности

Время обработки на элемент TMF 00:00.822 мин:с

Save for later

ШАГИ 1

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC 75.3 m/min

Подача на зуб FZ 0.013 mm



CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC 0.176 g

Work per component WPC 0.00165 kWh

4. Фрезерувати 2 канавки в пазу 80 _{-0,1} мм, витримуючи розміри 3; 2 мм.	144	50	5	24	0,0129 мм/зуб	1790	73,4	5,4
--	-----	----	---	----	------------------	------	------	-----

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання						
		$L_{p.x.}$ ММ	D ММ	i	$t,$ ММ	$S,$ ММ/ОБ	$n,$ ОБ/ХВ	$V,$ М/ХВ

CoroMill Dura

1K313-0300-ХА 1730
Инструмент

Диаметр резания DC	3	мм
Мак глубина резания АРМХ	3	мм
Стойкость, дет. TLIFEC	62.9	Поверхности
Время обработки на элемент TMF	00:28.800	мин:с

Save for later

ШАГИ 1



ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Скорость резания VC	73.4	m/min
Подача на зуб FZ	0.0129	mm

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC	6.16	g
Work per component WPC	0.0578	kWh

5. Свердли 2 отв. Ø9,8 (Ø10H7) на глубину 55 ММ.	55	9,8	2	4,9	0,13	1070	154	0,7
--	----	-----	---	-----	------	------	-----	-----

CoroDrill 880

880-D3000L32-02
Инструмент

880-06 04 W08H-P-MS 2044
периферийная пластина

880-06 04 06H-C-LM 1144
Центральная пластина

Стойкость, дет. TLIFEC	3040	Отверстия
Время обработки на элемент TMF	00:01.584	мин:с

Save for later

ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С АСИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИНОЙ

Скорость резания VC	154	m/min
Подача на оборот FN	0.13	mm
Минутная подача у центра инструмента VF	212	mm/min

CO₂ EMISSIONS


Carbon dioxide emission per component CPC	1.07	g
Work per component WPC	0.0101	kWh

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

ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ

Арк.

50

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ мм	D мм	i	t , мм	S , мм/об	n , об/хв	V , м/хв	T_o хв
	6. Розвертати 2 отв. Ø10H7 попередньо, начисто.	29	10,2	4	5,1	0,25	630	20,2	0,84
	7. Фрезерувати уступ, витримуючи розміри 55; 84.	55	10	2	0,1	0,603 мм/зуб	1080	86,4	2,75
		 <div data-bbox="742 1048 1109 1534"> <p>CoroMill 316</p> <ul style="list-style-type: none"> A316-25FMC50-10015L 1730 Інструмент EN-ER32-25-025 Корпус <p>Диаметр резания DC 25.4 мм</p> <p>Мак глубина резания APMX 14 мм</p> <p>Стойкость, дет. TLIFEC 174 Поверхности</p> <p>Время обработки на элемент TMF 00:52.680 мин:с</p> </div> <div data-bbox="1149 1048 1516 1534"> <p>ШАГИ 1</p> <p>ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА</p> <p>Скорость резания VC 86.4 м/мин</p> <p>Подача на зуб FZ 0.0603 мм</p> <p>CO₂ EMISSIONS</p> <p>Carbon dioxide emission per component CPC 23.5 g</p> <p>Work per component WPC 0.215 kWh</p> </div>							
	8. Фрезерувати скіс в розмір 84 мм $\angle 10^0 \pm 1^0$.	55	10	2	0,1	0,5	80	2,51	2,75

Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ


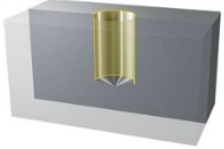
Арк.

51

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ мм	D мм	i	$t,$ мм	$S,$ мм/об	$n,$ об/хв	$V,$ м/хв	T_o хв
065	<i>Плоскошліфувальна</i>								
	1. Шліфувати дно паза р-р 160 мм, витримуючи глибину 25 мм та паралельність дна відносно базової поверхні А – 0,04.	100	600	50	1,0	0,02	185	200	1,36
	2. Шліфувати дно паза р-р 80 _{0,1} мм, витримуючи розмір 20 ^{+0,035} мм та взаємну перпендикулярність бокових поверхонь 0,03.	100	600	50 + 50	1,0	0,02	185	200	2,73
070	<i>Свердлильна з ЧПК</i>								
	1. Центрувати 4 отв. під різьбу М12-7Н, 2 отв. Ø10Н7.	7	4,01	4	2,0	0,11	4890	61,5	0,42

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		52

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ ММ	D ММ	i	$t,$ ММ	$S,$ ММ/ОБ	$n,$ ОБ/ХВ	$V,$ М/ХВ	T_o ХВ

CoroDrill Dura 462

462.1-0400-012A1-ХМ
Х2ВМ
Инструмент

Стойкость, дет. 33800
TLIFEC Отверстия
Время обработки на элемент 00:00.870
TMF минс

Save for later

Создайте инструментальную сборку



ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИНОЙ

Скорость резания VC 61.5 m/min
Подана на оборот FN 0.11 mm
Минутная подача у центра инструмента VF 538 mm/min

CO₂ EMISSIONS
Carbon dioxide emission per component CPC 0.201 g
Work per component WPC 0.00189 kWh

2. Свердлувати 4 отв. Ø10,2 (M12-7H) на глибину 29 мм.	29	10,2	4	5,1	0,165	1930	61,7	0,42
--	----	------	---	-----	-------	------	------	------

CoroDrill 860

860.1-1020-040A1-ММ
M2ВМ
Инструмент

Стойкость, дет. 3830
TLIFEC Отверстия
Время обработки на элемент 00:05.868
TMF минс

Save for later

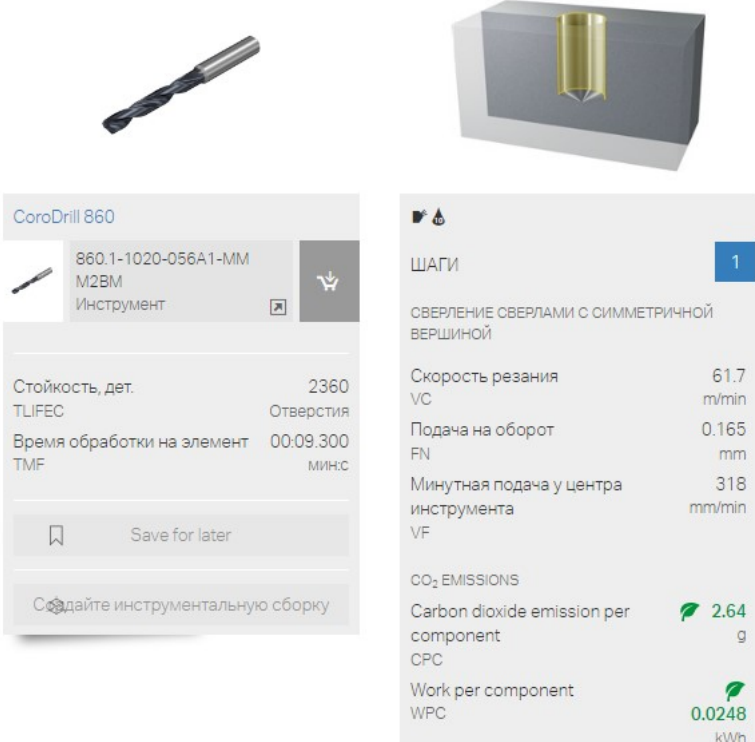
Создайте инструментальную сборку

ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИНОЙ

Скорость резания VC 61.7 m/min
Подана на оборот FN 0.165 mm
Минутная подача у центра инструмента VF 318 mm/min

CO₂ EMISSIONS
Carbon dioxide emission per component CPC 1.67 g
Work per component WPC 0.0157 kWh

Но мер опе раці ї	Назва і зміст операції	Режим різання							
		$L_{p.x.}$ мм	D мм	i	$t,$ мм	$S,$ мм/об	$n,$ об/хв	$V,$ м/хв	T_o хв
	3. Нарізати різьбу M12-7H на глибину 22 мм в 4-х отворах.	22	12	8	1,75	1,75	63	7,7	2,05
	4. Центрувати 2 отвори під різьбу M12-7H.	7	4	2	2,0	0,12	800	18	0,14
	5. Свердлити 2 отвори $\varnothing 10,2$ на довжину 47 мм.	47	10,2	2	5,1	0,165	1930	61,7	0,6
									
	6. Нарізати різьбу M12-7H на глибину 36 мм в 2-х отворах.	36	12	4	1,75	1,75	63	7,7	2,22

2.7 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Норми часу встановимо згідно з відомою методикою для умов серійного виробництва та результати наведемо у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Зведена відомість норм штучно – калькуляційного часу по операціях

Номер операції	Назва операції	T_o , ХВ	$T_{доп}$			$T_{оп}$ ХВ	$T_{об}$		$T_{відп}$ ХВ	$T_{ум}$ ХВ	$T_{н.з.}$ ХВ	$T_{ум.к}$ ХВ
			$t_{в.з}$	$t_{кер}$	$t_{вим}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$				
			ХВ	ХВ	ХВ		ХВ	ХВ				
020	<i>Вертикально-фрезерна</i>	6,3	0,24	0,08	0,19	6,81	0,34	0,191	0,477	7,82	20	8,32
030	<i>Вертикально-фрезерна</i>	5,63	0,24	0,11	0,19	6,165	0,122	0,086	0,43	6,805	20	7,305
040	<i>Багатоцільова</i>	7,7	0,14	0,11	0,19	8,186	0,168	0,115	0,57	9,04	20	9,54
045	<i>Багатоцільова</i>	3,25	0,24	0,11	0,19	3,79	0,076	0,053	0,127	4,18	20	4,68
050	<i>Радіально-свердлувальна</i>	0,6	0,27	0,08	0,11	1,06	0,013	0,015	0,07	1,16	20	1,66
055	<i>Плоскошліфувальна</i>	5,42	0,28	0,08	0,19	5,97	0,21	0,155	0,42	6,75	20	7,25
060	<i>Багатоцільова</i>	17,3 1	0,28	0,08	0,11	17,78	0,20	0,138	0,54	18,66	20	19,16
065	<i>Плоскошліфувальна</i>	4,09	0,26	0,8	0,17	4,6	0,075	0,11	0,32	5,11	20	5,61
070	<i>Свердлильна з ЧПК</i>	4,27	0,26	0,8	0,17	3,032	0,054	0,073	0,212	3,37	20	3,87

2.8 Визначення рівня механізації технологічного процесу

При серійному типові виробництва існує необхідність застосування універсальних верстатів з механізацією та автоматизацією таких робіт, як: завантаження, встановлення, закріплення, розвантаження деталей, робочих та холостих переміщень вузлів верстата з використанням пристроїв з програмним керуванням.

Ступінь механізації визначається за формулою:

$$d_i = \frac{N_i^M}{\sum N_i},$$

де N_i^M - число механізованих i – тих компонентів (верстатів), $N_i^M = 8$ штук;

$\sum N_i$ - загальна кількість i – тих компонентів (верстатів), $\sum N_i = 8$ штук.

Отже, ступінь механізації:

$$d_i = \frac{8}{8} = 1.$$

Можна зробити висновок, що даний технологічний процес механізовано на 100%.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

2.9 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

В наданому технологічному процесі на операції 060 – «Багатоцільова» фрезерується паз шириною 160 мм на глибину 25 мм. Для даної операції було обрано вертикальний обробний центр AVIA серії X-5 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Універсальний 5-ти координатний обробний центр

AVIA X-5 1300/630

В додатку «В» надано керуючу програму для операції 060 «Багатоцільова».

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при обробленні отвору $\varnothing 26$ мм

3.1.1 Принцип роботи пристрою

Установчі елементи та прихвати пристрою кріпляться до плити пристрою та кутника, з яких складається пристрій.

Технічні умови на проектує мий пристрій:

1. Допуск перпендикулярності поверхонь опорних пластин відносно базової поверхні *A* не більше 0,05 мм.
2. Допуск паралельності поверхонь опорних пластин відносно базової поверхні *A* не більше 0,1 мм.
3. Допуск взаємної перпендикулярності поверхонь опорних пластин не більше 0,05 мм.

Схема пристрою зображена на рис. 3.1. Деталь своєю основою встановлюється на опорні поверхні, що закріплені до плити поз.2, а ті, в свою чергу, встановлені на кутнику поз.1.

Після ручного встановлення деталь затискається за допомогою двох прихватів поз.11 гайковим ключем. По закінченні операції гайки відкручуються гайковим ключем, після чого прихвати відсуваються під дією пружини поз.10.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

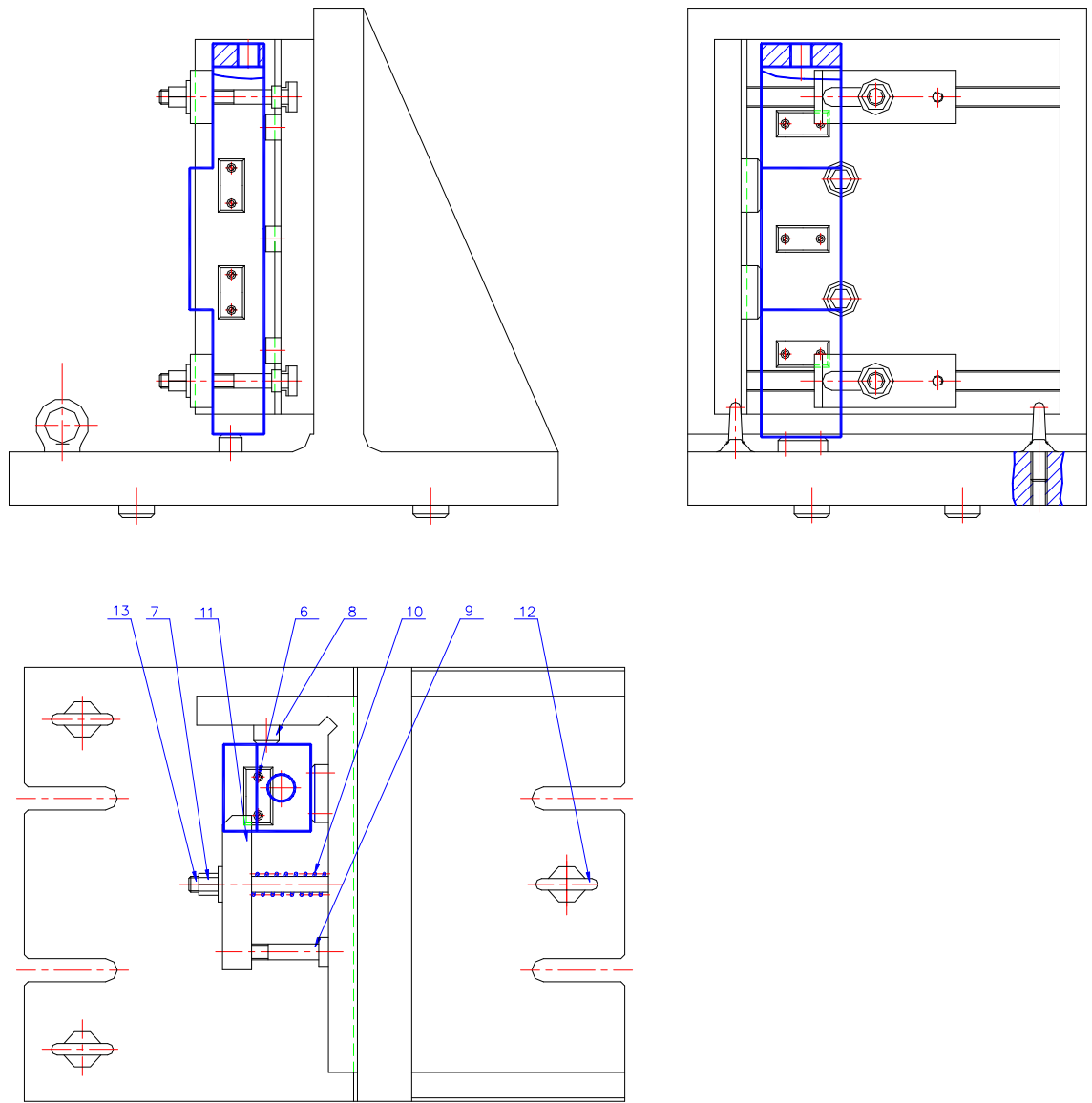


Рисунок 3.1 - Схема пристрою

Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ

Арк.

59

3.1.2 Вибір схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Схема базування заготовки при свердлуванні отвору $\varnothing 26$ мм наведена на рис.

3.2.

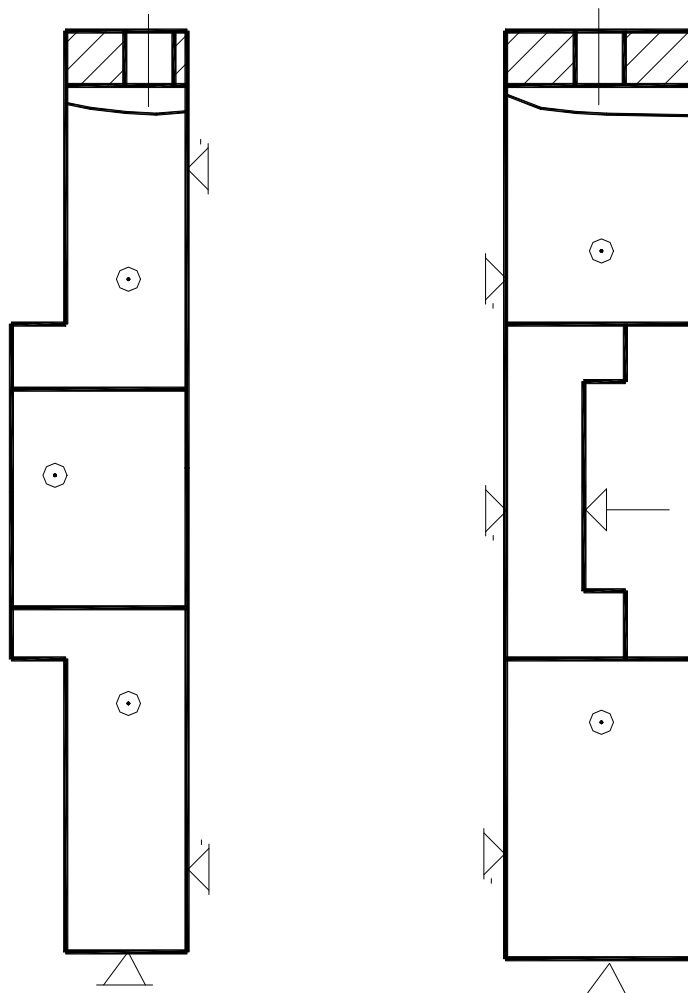


Рис.3.2 Схема базування заготовки в пристрої

3.1.3 Вибір установчих елементів пристрою

В якості установчих елементів пристрою обираємо опорні пластини. Конструкція опорної пластини зображена на рис. 3.3.

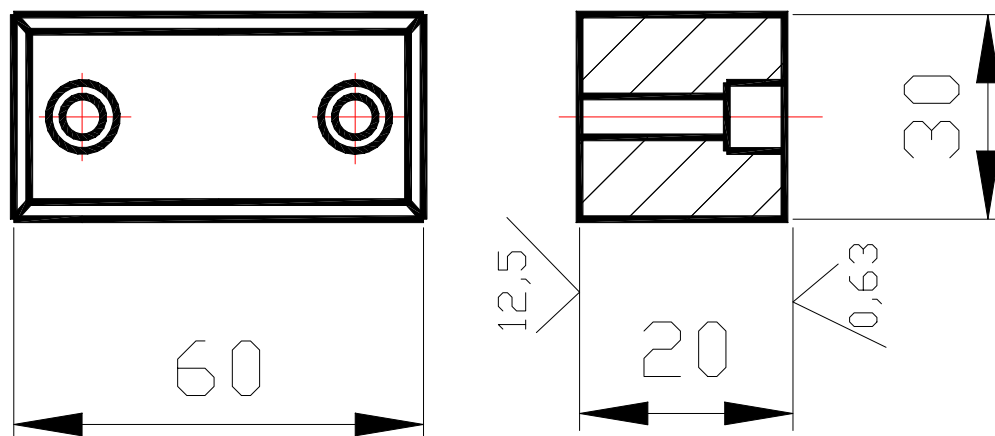


Рисунок 3.3 - Ескіз опорної пластини

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Допустима сумарна похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np}^{\circ} = T - k \omega = 0,26 - 1,0 \cdot 0,06 = 0,18 \text{ мм},$$

де $T=0,2$ мм – допуск на розмір;

$k=1,0$ – коефіцієнт точності оброблення;

$\omega=0,06$ – коефіцієнт економічної точності оброблення.

Похибка встановлення заготовки на проектуваному пристрої:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{\theta}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.z.}^2},$$

де $\varepsilon_{\bar{\theta}}$ – похибка базування. В даному випадку $\varepsilon_{\bar{\theta}} = 0$, це обумовлено конструкцією пристрою і тим, що вимірювальна база співпадає з установчою базою;

ε_3 - похибка закріплення, в даному випадку $\varepsilon_3 = 0$;

$\varepsilon_{n.z.}$ - похибка положення заготовки. Похибка встановлення базових елементів знаходяться в межах 5-10 мкм.

Похибка положення заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_{n.z.} = \sqrt{\varepsilon_{op.e}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{op.np}^2},$$

де $\varepsilon_{op.e} = 0,01 - 0,02$ мм - похибка орієнтації базових елементів;

ε_{zn} - похибка зношування базових елементів;

$\varepsilon_{op.np}$ - похибка орієнтації пристрою на верстаті.

Похибка зношення базових елементів:

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Ra} \cdot Ra + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{Q}{9,8} \right)^n \cdot \frac{1}{F^m},$$

де Ra - шорсткість поверхні, $Ra = 3,2$ мкм;

HB - твердість матеріалу, $HB 240$;

Q - сила, яка діє по нормалі до опори, $Q = 2136$ Н;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

F - площа контакту опори із заготовкою, см^2 ; $F = 36$;

K_{Ra} , K_{HB} , C_1 - коефіцієнти: $K_{Ra} = 0,016$, $K_{HB} = -0,0045$, $C_1 = 0,776 + 0,053 \cdot F$;

m , n - показники степені, $m = 0,6$; $n = 0,6$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,016 \cdot 3,2 + \frac{0,0045}{240} \right) + 0,776 + 0,053 \cdot 36 \right] \cdot \left(\frac{2136}{9,8} \right)^{0,6} \cdot \frac{1}{36^{0,6}} = 5 \text{ мкм.}$$

Похибка орієнтації пристрою на верстаті:

$$\varepsilon_{op.np} = 0,01 \dots 0,02 \text{ мм.}$$

Похибка положення заготовки в пристрої:

$$\varepsilon_{n.z.} = \sqrt{0,01^2 + 0,005^2 + 0,02^2} = 0,023 \text{ мм.}$$

Фактична похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n.z.}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,023^2} = 0,023 \text{ мм}$$

Висновок: з точки зору точності базування дана схема базування є раціональною, оскільки виконується умова:

$$\varepsilon_{np} < \varepsilon_{np}^0 \cdot (0,023 < 0,18).$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3.1.5 Розроблення схеми закріплення деталі

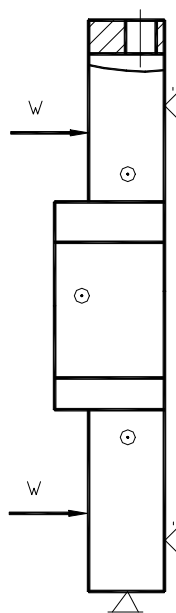


Рисунок 3.4 - Схема закріплення деталі

3.1.6 Розрахунок сил закріплення деталі

Складемо схему прикладання сил закріплення та сил різання (рис. 3.5).

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

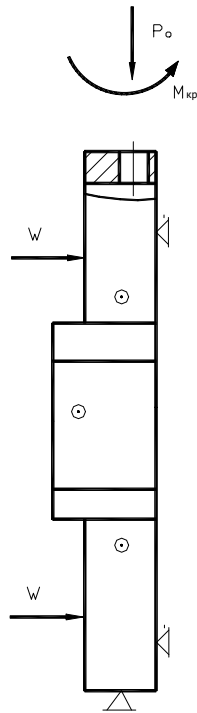


Рисунок 3.5 - Схема дії сил на заготовку

Осьова сила різання P_o , що діє на заготовку, має напрямок в сторону опорної пластини. Осьова сила додатково притискає деталь в пристрої, тому нею можна нехтувати. Крутний момент $M_{кр}$, який діє на заготовку, намагається повернути заготовку у пристрої. Дія крутного моменту $M_{кр}$ має напрямок, протилежному їй силі затискання W .

Сила затискання визначається із умови рівноваги:

$$W = M_{кр} \cdot \frac{K}{f},$$

де f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях, $f = 0,16$;

K - коефіцієнт запасу, який для конкретних умов визначається за формулою:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

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

де $K_0 = 1,5$ - коефіцієнт гарантованого запасу;

K_1 - коефіцієнт стану поверхні заготовки (для необробленої заготовки $K_1 = 1,2$);

K_2 - коефіцієнт збільшення сили різання внаслідок зношування інструменту, приймаємо $K_2 = 1,2$;

K_3 - коефіцієнт збільшення сили різання при перервному різанні, приймаємо $K_3 = 1,2$;

K_4 - коефіцієнт постійності сили затискання, $K_4 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,5.$$

Величина крутного моменту:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p,$$

де $C_m = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$;

k_p - коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки:

$$k_p = k_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n, n = 0,75.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$k_p = k_{mp} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 26^{2,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,22 = 136,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Отже, необхідна сила затиску:

$$W = 136,7 \cdot \frac{2,5}{0,16} = 2136 \text{ Н}.$$

3.1.7 Розрахунок приводу пристрою

Схема механізму затиску наведена на рис. 3.6.

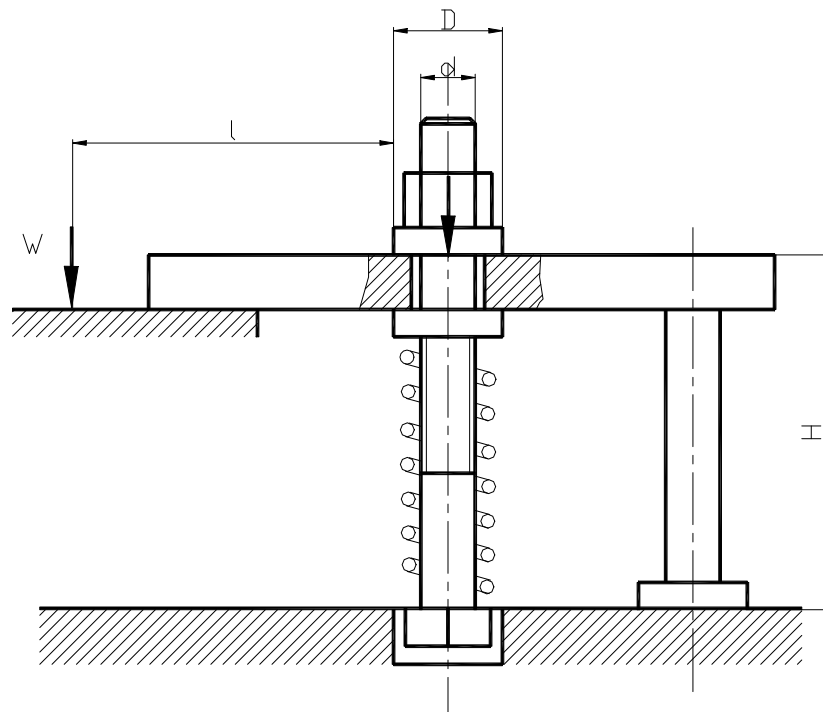


Рисунок 3.6 - Схема механізму затиску

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		67

Силу W привода для затискання заготовки можна визначити із формули:

$$W = (Q - q) \cdot \left(1 - 3 \cdot \frac{l}{H} \cdot f \right),$$

де W - сила затискання, Н;

Q - осьове зусилля, Н

l - довжина плеча $l = 0,05$ м;

H - довжина затискання, $H = 0,06$ м;

f - коефіцієнт тертя на затилюючій поверхні;

q - опір пружини, Н ($q = 15$).

Звідси Q :

$$Q = \frac{W}{1 - 3 \cdot \frac{l}{H} \cdot f} + q,$$

$$Q = \frac{2136}{1 - 3 \cdot \frac{0,05}{0,06} \cdot 0,1} + 15 = 2863 \text{ Н}.$$

Для досягнення даного зусилля затискання необхідний момент, який буде прикладений до гайки:

$$M = \frac{Q + q}{2} \cdot \left[d_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \cdot f \right],$$

де d_{cp} - середній діаметр різьби, м;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

α - кут нахилу різьби, $tg \alpha = \frac{f}{\pi d_{cp}}$;

$tg \varphi$ - коефіцієнт тертя в різьбі;

f - коефіцієнт тертя на торці гайки.

Отже,

$$M = \frac{2863 + 15}{2} \cdot \left[0,010863 \cdot 0,1521 + \frac{1}{3} \cdot \frac{0,025^3 - 0,012^3}{0,025^2 - 0,012^2} \cdot 0,1 \right] = 3,77 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сила, що прикладається до важеля при різьбовому затисканні не повинна перевищувати 150 Н. Прийнемо довжину важеля $l = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$.

Тоді:

$$P = \frac{M}{l} = \frac{3,77}{0,15} = 25,1 \text{ Н}.$$

3.1.8 Розрахунок деталей пристрою на міцність

Проведемо розрахунок напруження зрізу в різі болта.

Умова міцності на зрізання:

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot H \cdot k_m} \leq [\tau_{зр}],$$

де P - осьова сила, Н;

d_1 - діаметр зрізання витків гвинта, мм;

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

κ - коефіцієнт повноти різі, $\kappa \approx 0,87$;

H - довжина різі, яка знаходиться у контакті, мм;

$[\tau_{зр}]$ - допустиме напруження на зрізання, $[\tau_{зр}] = 50 \dots 75$ МПа.

$$\tau = \frac{2863}{3,14 \cdot 12 \cdot 0,87 \cdot 18 \cdot 0,6} = 8,1 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}]$$

Висновок: діаметр різі обрано вірно, оскільки забезпечується умова:

$$\tau \leq [\tau_{зр}],$$

$$8,1 \leq 50.$$

Також виконаємо розрахунок пружини. Параметри пружини: $H_0 = 70$ мм;
 $D_{cp} = 14$ мм; $D = 16$ мм; $[\tau_k] = 45$ МПа; $S = 4$ мм.

Допустиме навантаження визначаємо за формулою:

$$P_{\max} = \frac{\pi \cdot d^3}{8 \cdot D_{cp}} \cdot [\tau_k],$$

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot 1^3}{8 \cdot 14} \cdot 45 = 1,26 \text{ Н}.$$

Кількість робочих витків:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$i = \frac{H_0 - d}{S},$$

$$i = \frac{70 - 1}{4} = 17,25.$$

Повна кількість витків:

$$i_1 = i + 1,5 = 17,25 + 1,5 = 18,75.$$

Кут підйому витків:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi \cdot D_{cp}},$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{\pi \cdot D_{cp}},$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{4}{3,14 \cdot 14} = 5^{\circ} 20'.$$

Довжина дроту, необхідного для виготовлення пружини:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$L = [i + (15...2)] \cdot \frac{\pi \cdot D_{cp}}{\cos \alpha},$$

$$L = [17,25 + 2] \cdot \frac{3,14 \cdot 14}{\cos 5^{\circ}20'} = 850 \text{ мм.}$$

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1 Розроблення схеми вимірювання

За технічними вимогами кресленика є необхідність контролювання відхилення від площинності поверхні *A*.

Схема вимірювання деталі наведена на рис. 3.7.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

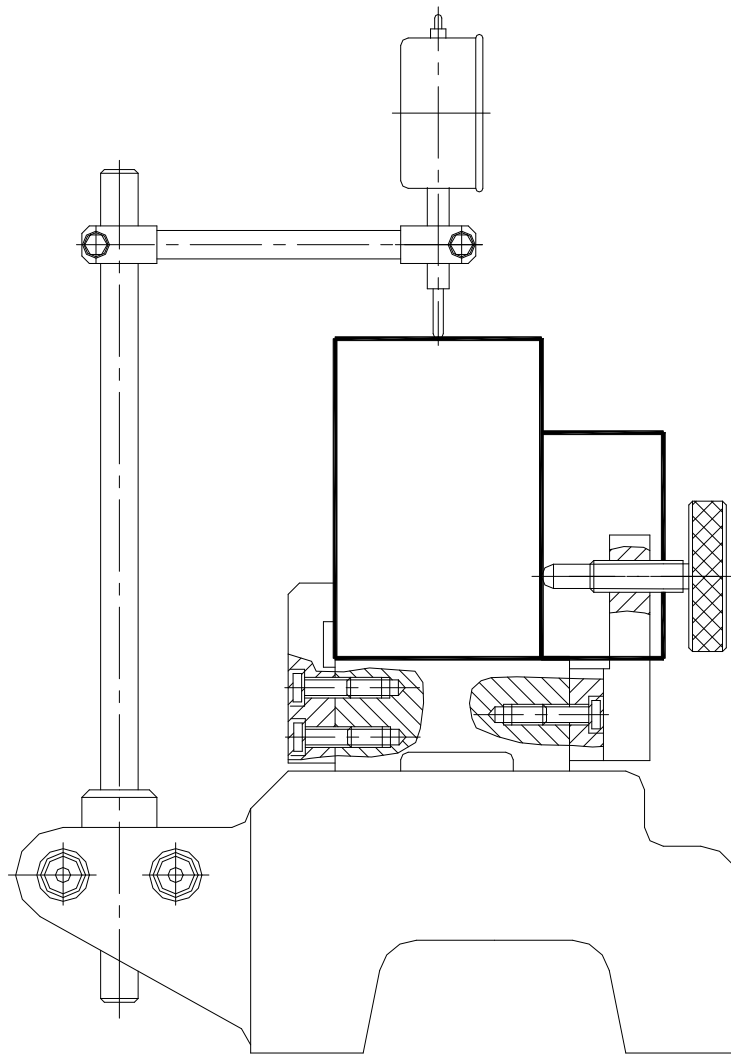


Рисунок 3.7 - Схема вимірювання площинності поверхні

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Сумарна похибка контрольно-вимірювального пристрою:

$$\varepsilon = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{(k_y \cdot \varepsilon_y)^2 + (k_n \cdot \varepsilon_n)^2 + (k_{p.c.} \cdot \varepsilon_{p.c.})^2},$$

де $\varepsilon, \varepsilon_y, \varepsilon_n, \varepsilon_{p.c.}$ - сумарна похибка вимірювання та її складові, зумовлені неточністю встановлення, налагодження та розмірного спрацювання робочих поверхонь щупів;

$k, k_y, k_n, k_{p.c.}$ - коефіцієнти відносного розсіювання для сумарної похибки та її складових.

Вилучаємо із рівняння такі складові, як: похибка розмірного налагодження (систематична величина), похибка розмірного спрацювання (має надто малі значення), тому рівняння набуває вигляду:

$$\varepsilon = \varepsilon_y = \frac{1}{k_y} \cdot \sqrt{(k_{\delta} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + (k_3 \cdot \varepsilon_3)^2 + (k_{np} \cdot \varepsilon_{np})^2}$$

де $\varepsilon_{\delta}, \varepsilon_3, \varepsilon_{np}$ - похибки: базування, закріплення виробів пристрою, виготовлення самого пристрою, мм;

k_{δ}, k_3, k_{np} - коефіцієнти розсіювання зазначених похибок.

В нашому випадку похибка контрольного пристрою визначається як похибка базування деталі у пристрої:

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \varepsilon_{\delta} < \eta \cdot T,$$

де η - коефіцієнт запасу, $\eta = 2,5$;

T - допуск на контрольований розмір, згідно завдання $T = 0,03$ мм.

Похибка базування $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Для того, щоб контролювання спроектованим пристроєм було можливим, необхідно забезпечити виконання умови:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\delta} < \varepsilon_{np}^{\delta}.$$

Умова виконується:

$$0 < 2,5 \cdot 0,03,$$

$$0 < 0,075.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз сучасних інструментів оцінювання ризиків на виробництві

Використання складних машин, процесів і систем збільшується в усіх секторах промисловості. Автоматизація та комп'ютеризація відбувається через збільшення витрат на робочу силу та через вищі вимоги до якості та стандартизації. Цей розвиток розглядається як позитивна тенденція, оскільки призводить до створення більш якісної продукції та не має негативного впливу на здоров'я робітників. Технології виробництва, особливо верстати в металообробній промисловості, особливо піддаються зростаючій складності та збільшенню використання складних машин, процесів або систем.

Збільшення розумового навантаження на операторів верстатів з ЧПК, внаслідок чого підвищується ризик помилок, означає, що взаємодія людини та машини є особливо актуальною для галузей з високим рівнем ризику, а саме: машинобудівна, хімічна, електрична або ядерна енергетика та транспорт. Автоматизація та зростаюча складність означають, що операторам доводиться розв'язувати складні дані та сигнали тривоги й ухвалювати критично важливі для безпеки рішення в умовах неочікуваних, непередбачуваних обставин і небезпечних ситуацій, що швидко змінюються. Загалом технічні установки стають дедалі складнішими в промислових процесах, починаючи від автомобільної промисловості до біотехнології.

При проектуванні продукції навіть незначні помилки можуть призвести до великих, дорогих і неприємних наслідків. Цю загрозу можна зменшити, застосовуючи сучасні методи аналізу ризиків, але багато компаній часто проводять свої оцінки надто пізно в циклі розроблення і використовують лише один тип інструменту аналізу ризиків.

Команди розробників та інженерів повинні використовувати систематичну комбінацію інструментів аналізу ризиків упродовж усього життєвого циклу

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

продукту, проводячи регулярну оцінку від самого початку фази проектування до випуску продукції.

На ранніх етапах розроблення концепції необхідно провести попередній аналіз небезпек, щоб заздалегідь встановити вихідні ризики. Перерахувавши всі основні компоненти і функціональні вимоги продукції, а потім провівши мозковий штурм для потенційно небезпечних ситуацій, команди можуть почати розробку на правильній основі.

Необхідно виявити якомога більше ранніх небезпек, призначити кожній з них пріоритет і почати знижувати ці ризики, поки проєкт залишається відносно гнучким. Для створення точної моделі ризику на цьому етапі розробки може бути недостатньо деталей проєкту, тому порівняння з використанням історичних даних на аналогічних пристроях можуть використовуватися для подальшого підвищення точності моделювання ризиків.

В міру розвитку проєкту можна використовувати більш детальні методи оцінки ризиків. Низхідний метод аналізу відмов показує, наскільки ефективно система стійка до поодиноких або множинних вихідних збоїв, ідентифікуючи відмову або загрозу безпеці як головну подію, а потім виявляючи всі можливі способи, за допомогою яких ця подія могла б бути відтворена.

Аналіз ефектів режиму відмови (FMEA) - ще один інструмент, який може виявити відмови, не виявлені за допомогою аналізу відмов. FMEA - це висхідний метод, що дає змогу ефективно перераховувати всі вихідні несправності та виявляти локальні небажані ефекти, які виникають у результаті. Кожна функціональна вимога до пристрою оцінюється індивідуально на предмет можливої відмови.

Кожному режиму відмови привласнюються значення серйозності, виникнення і виявлення, з яких можна розрахувати число пріоритету ризику (RPN). Розподілені за пріоритетами відповідно до найвищої цінності, PRN зосереджені на основних ризиках, що дає змогу проєктним та інженерним групам ініціювати розробку, пом'якшення та вдосконалення процесів. Потім значення RPN перераховуються, і процес повторюється доти, доки всі числа не будуть знижені до прийнятних рівнів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

Найкращий метод пом'якшення наслідків - це мінімізація або повне виключення кожної ідентифікованої небезпеки та елементу ризику за допомогою проектування або зміни процесу. Другий найкращий варіант - це розроблення механізмів безпеки або попереджувальних сигналів. Якщо жодна з цих дій не може бути виконана, варіанти, що залишилися, містять зниження ризику за допомогою попереджувальних написів і навчання техніки безпеки.

Хороша оцінка ризиків не є другорядним завданням, її слід проводити завчасно, регулярно і протягом кожного етапу циклу розробки пристрою. Замість того, щоб використовувати тільки один інструмент оцінювання ризиків, слід об'єднати наявні інструменти в потужну й ефективну методологію зниження ризиків, щоб виявляти і скорочувати більше проблем на ранніх етапах циклу. Регулярне оцінювання ризиків з використанням декількох інструментів протягом усього життєвого циклу продукту підвищить безпеку продукту, скоротить час виведення продукції на ринок.

4.2 Аналіз ризиків машинобудування згідно до вимог стандарту ISO 12100

Аналіз ризиків є невід'ємною частиною процесу проектування та оцінки відповідності, перш ніж машина буде розміщена на ринку ЄС. Оцінка ризику - це загальний процес аналізу ризиків та оцінки ризику, стандарт ISO 12100:2010.

В директиві Європейського Союзу вказується, що процес оцінювання ризиків має бути ітеративним і що необхідно вжити відповідних заходів для зниження ризиків:

- усунути або зменшити ризики, наскільки це можливо;
- вжити необхідних захисних заходів щодо ризиків, які не можуть бути усунені,
- інформувати споживачів про залишкові ризики, вказати, чи потрібне якесь конкретне навчання, і вказати будь-яку потребу в наданні засобів індивідуального захисту.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

В практичних цілях у директиві ЄС вказується, що обладнання, яке було виготовлено відповідно до гармонізованого стандарту, передбачає, що воно відповідає основним вимогам у сфері охорони праці та техніки безпеки. Відповідність стандарту може принести велику користь виробнику, оскільки це полегшує доказ того, що було вжито необхідних запобіжних заходів.

Насамкінець аналіз ризиків - це основа, на якій завжди потрібно будувати безпеку; повне оцінювання ризику - це підхід, що підтверджує підтвердження із застосовними законами та директивами з безпеки машин і робочого середовища.

Аналіз ризиків завжди починається з визначення обсягу аналізу. У разі відповідності стандарту ISO 12100: 2010 або ISO 13849-1: 2008 цей крок полягає у визначенні меж обладнання.

У більш загальній перспективі цей крок містить перелік типів небезпек. Він також містить визначення припущень щодо стану обладнання, експлуатаційних особистих та інших факторів. Дотримання вимог стандарту ISO 12100: 2010 є дуже корисним, оскільки це дає інструкції з багатьох потенційно важких питань, які в іншому разі повинні були б розглядатися.

Виробники повинні досягти рівня засобів захисту споживачів, що відповідає використанню запропонованого виробником для продукту в інформації про продукцію. Це особливо важливо в тих випадках, коли існує ризик неправильного використання продукції. Виробники повинні виходити за межі того, що вони вважають передбачуваним використанням продукту, і поставити на місце середнього користувача продукції і зробити розумні припущення, як би він вирішив використовувати продукцію. Директива з машинобудування вимагає від виробника враховувати «неправильне застосування» виробів.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дипломний проект бакалавра містить проектування сучасного технологічного процесу оброблення деталі „Повзушка 5218-34-401”, що виготовляється із легованої сталі 38Х2МЮА, ДСТУ ГОСТ 12344:2005.

Розрахунково-пояснювальна записка містить в собі 4 розділи: загальний, технологічний, конструкторський та розділ охорони праці.

В першому розділі проекту проведено аналіз деталі та матеріалу, визначено тип виробництва.

В другому розділі проекту наведено метод отримання заготовки, технологічний процес виготовлення деталі, обрано металорізальне обладнання та інструмент, розраховані припуски.

В третьому розділі наведено спроектований верстатний пристрій для закріплення деталі на свердлувальній операції та контрольний пристрій для контролювання відхилення від площинності.

В четвертому розділі наведено аналіз сучасних інструментів оцінювання ризиків на виробництві згідно до вимог стандарту ISO 12100.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ГОСТ 12344:2005 Сталі леговані та високолеговані. Методи визначання вуглецю (ГОСТ 12344-2003, IDT).
2. ДСТУ 2232-93 Базування та бази в машинобудуванні.
3. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
4. ДСТУ EN ISO 13849-1:2018 «Безпека машин. Деталі систем управління, пов'язані з забезпеченням безпеки. Частина 1. Загальні принципи проектування» (EN ISO 13849-1:2015, IDT; ISO 13849-1:2015, IDT).
5. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи за освітньо-професійною програмою – 131 Технології машинобудування; / Укладачі: А. І. Гордєєв, В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 39 с.
6. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.
7. ДСТУ EN 1550:2018 Безпечність металорізальних верстатів. Вимоги щодо безпеки у разі проектування та виготовлення патронів для оброблюваних деталей (EN 1550:1997 + A1:2008, IDT).
8. СТЗВО-ХПІ-2.01-2018. Дипломні проекти та дипломні роботи. Загальні вимоги до виконання <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/STZVO-HPI-2.01-2018-SSONP.-Diplomni-proekti-ta-diplomni-roboti.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>.
9. СТЗВО-ХПІ-3.01-2018. Текстові документи у сфері навчального процесу <http://web.kpi.kharkov.ua/business/wp-content/uploads/sites/176/2018/03/STVUZ-HPI-3.01-2010.pdf>.
10. МАШІНТЕХ. [Електронний ресурс]. – Режим до ступу до каталогу: <https://www.met.ua/p/vertikalni-obrobni-tsentri-avia-seriya-x-5/>.
11. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		

спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 - 353 с., іл.

12. 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.
13. Sandvik.Coromant. Каталог [Електронний ресурс]. – Ре жимдоступу до каталогу: <http://www.sandvik.coromant.com>
14. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
15. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2022. – 422 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.25.15.00.ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№	Підпис	Дата		