

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі "Фланець 412.07.09"
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

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.00.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТс-22-2
Шифр


Підпис

Артем БРОЯК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Марія КОСТЮК
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 «26» лютого 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**

Брояка Артема Васильовича

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Фланець 412.07.09" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Костюк Марія Андріївна, викладач

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

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

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 15 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі «Фланець 412.07.09» та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 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: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного калібру (1 лист А2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання 6.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

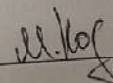
Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	15.06.2025	

Студент


Підпис

Артем БРОЯК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Марія КОСТЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Бряк Артем Васильович на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Фланець 412.07.02" з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕТ ПОЛІЩУК

(підпис, ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Бряк А.В. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 2,56 %, добре 12,82 %, задовільно 84,62 %.

шкалою ЄКТС: А 1,82 %, В 1,82 %, С 9,09 %, D 18,18 %, E 69,09 %.

Методист факультету

[Підпис]

(підпис, ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Артем Бряк виконав дипломний проєкт та успішно захистив роботу. Робота виконана на високому рівні, відповідає вимогам факультету та спеціальності. Робота виконана якісно, відповідно до вимог та нормативів.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) "добре"

Керівник дипломного проєкту

[Підпис]

Костюк М.А.

(підпис, ім'я, прізвище)

" 26 " 06 2025 р

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Бряк А.В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

[Підпис]

(підпис, ім'я, прізвище)

" 26 " 06 20

Завідувачу кафедри
Михайло Миколайович Шумко
Михайло В. Ш.
здобувачі вищої освіти (студента)

ІІБ, факультет, «курс», «група»
Брава А. В., ФІА, ІІІІа 27-2

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 оповіщений (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.

10.06.25

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ IT

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи: Міжбанківський банківський договір №7.07.033 відкритої ЧНБ
 Автор: Брава Віталій Валентинович
 Освітня програма: Міжбанківський банківський договір
 Рівень вищої освіти: магістр
 Спеціальність: 431 Фінансово-кредитна
 Науковий керівник: Костюк М.А.

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 – зазначається 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 укриття 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:

Брава Віталій Валентинович 2.9.16
Костюк М.А. 2.9.16

Дата 26.06.15

Завідувач кафедри

Підпис

І.М. ПРЕЗИДЕНТ

Гарант освітньої програми

Підпис

І.М. ПРЕЗИДЕНТ

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

І.М. ПРЕЗИДЕНТ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт студента Брояка А.В

Тема проєкту: Технологія виготовлення деталі «Фланець 412.07.09» з використанням верстатів ЧПК

У дипломному проєкті Брояка А.В виконано вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення деталі гільза «Фланець 412.07.09»

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

У технологічному розділі спроектовано заготовку, технологічний маршрут оброблення деталі, розраховані припуски та режими різання, спроектовані операції механічної обробки, виконано технічне нормування операцій.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі, проведено вибір схем базування та установки заготовки, розрахунок зусилля закріплення, розроблено конструктивну схему пристосування, представлено опис роботи пристосування.

В розділі «Охорона праця» розглянуті питання організації виробництва, проаналізовано та вибрано системи освітлення виробничих приміщень.

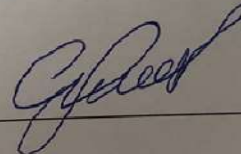
Загальний висновок та оцінка

Для виконання токарної операції було обрано дороговартісний верстат модель DMG MORI CMX 600

Однак дане зауваження носить рекомендаційний характер та не впливає на загальну цінність роботи.

Дипломний проєкт виконано відповідно до завдання на високому інженерному рівні. Робота заслуговує оцінки «добре»

Рецензент К.Т.Н., доц.



С.Ф. Пасонський

20.06.25

Зміст

РЕФЕРАТ.....	4
ANOTATION	5
ВСТУП.....	6
ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Службове призначення та опис об'єкта виробництва	8
1.2 Характеристика існуючого виробництва	9
1.3 Вимоги до технологічності конструкції деталі:	12
1.4 Аналіз технологічності конструкції фланця	13
1.5 Характеристика матеріалу: хімічний склад та механічні властивості	15
Висновки до розділу 1	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.	17
2.1 Аналіз існуючих, вибір, обґрунтування та проектування нових заготовок	17
2.2 Визначення розмірів заготовки та припусків	18
2.3 Аналіз форми заготовки штамповка	23
2.4 Норма витрат матеріалу з урахуванням технологічних втрат	24
2.5 Аналіз існуючого, вибір та обґрунтування нового технологічного процесу механічної обробки. Вибір і обґрунтування технологічних баз.....	27
2.6 Розробка та обґрунтування маршруту обробки. Аналіз заводського технологічного процесу.	32
2.7 Оновлений технологічний маршрут із застосуванням сучасного обладнання з ЧПК	35

Змін.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Брояк А				Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Бись С.С				н	1	21
Н.контр.	Бись С.С				Технологія виготовлення деталі "Фланець 412.07.09"		
Затв.							

2.9 Розрахунок припусків і визначення розмірів на проміжних етапах обробки	42
2.10 Розрахунок режимів різання	46
Висновки до розділу 2.....	51
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	53
3.1 Розрахунок та конструювання спеціального пристрою	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У ВИРОБНИЦТВІ ФЛАНЦЯ	59
4.1 Загальні положення	59
4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	59
4.3 Вимоги до виробничого приміщення.....	60
4.5 Вимоги безпеки при роботі на верстатах	60
Висновки до розділу	62
Список використаної літератури	63

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

Дипломний проект присвячений розробці технологічного процесу механічної обробки деталі «Фланець». У пояснювальній записці подано докладний опис деталі, виконано характеристику діючого типу виробництва, а також здійснено якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції.

Виконано аналіз застосованих матеріалів, обґрунтовано та розраховано вибір заготовки аналітичним методом. Запропоновано новий технологічний процес механічної обробки деталі, що включає вибір технологічних баз, розробку обробки окремих поверхонь із розрахунком припусків, розмірів, визначення режимів різання і нормування часу по операціях. Аналітично розраховано та сконструйовано спеціальне оснащення: пристрій для закріплення деталі на свердлильному верстаті 2Н125Ф; спеціальний ріжучий інструмент; спеціальний контрольно-вимірювальний пристрій.

В роботі передбачено проектування дільниці механічного цеху для виготовлення даної деталі з урахуванням кількості та типу обладнання. Описані заходи з охорони праці, забезпечення екологічної безпеки та попередження аварійних ситуацій.

У розділі організаційно-економічного обґрунтування наведено розрахунок економічної ефективності проектних рішень, визначено техніко-економічні показники виробництва.

Пояснювальна записка дипломного проекту складається з 66 аркушів та містить повний технологічний процес обробки деталі.

Графічна частина проекту включає: робочі креслення деталі та заготовки; карти технологічних наладок; складальні креслення спеціального установочного та контрольно-вимірювального оснащення; креслення спеціального інструменту; план дільниці механічного цеху для обробки типових деталей.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ANOTATION

The diploma project is dedicated to the development of the technological process for the mechanical processing of the «Flange» part. The explanatory note provides a detailed description of the part, a characterization of the current type of production, as well as a qualitative and quantitative analysis of the manufacturability of the design.

An analysis of the materials used has been conducted, and the choice of the work piece has been substantiated and calculated analytically. A new technological process for the mechanical processing of the part has been proposed, which includes the selection of technological bases, the development of surface processing with the calculation of allowances, interoperation dimensions, determination of cutting modes, and the standardization of time per operation.

Special technological equipment has been analytically calculated and designed:

- a fixture for securing the part on the drilling machine;
- a special cutting tool;
- a special inspection and measurement device.

The project also provides for the design of a section of the mechanical workshop for the production of the specified part, considering the quantity and types of equipment. Measures for labor protection, environmental safety, and accident prevention are described.

In the organizational and economic section, the economic efficiency of the proposed project solutions is calculated, and the technical and economic indicators of production are determined.

The explanatory note of the diploma project consists of 66 pages and includes the complete technological process for processing the part.

The graphical part of the project includes: working drawings of the part and the workpiece; technological setup cards; assembly drawings of special installation and inspection devices; drawings of special tools; a layout plan for the mechanical workshop section for processing typical parts.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					5

ВСТУП

Одним із ключових завдань для підвищення продуктивності праці є впровадження в промислове виробництво передової техніки, сучасних технологічних процесів і гнучких виробничих систем. Важлива роль у реалізації новітніх досягнень науки і техніки належить машинобудуванню, яке є основою науково-технічного прогресу в усіх галузях народного господарства та визначає стратегічний напрям розвитку економіки.

Зростання продуктивності праці неможливе без широкого використання високоавтоматизованого верстатного обладнання. В умовах багатосерійного і масового виробництва це досягається шляхом застосування верстатів-автоматів, напівавтоматів, автоматичних ліній та спеціалізованих агрегатних верстатів. Проте у дрібносерійному та індивідуальному виробництві такі засоби менш ефективні через необхідність частого переналагодження для обробки різноманітних деталей. У таких випадках автоматизація виробничих процесів базується на використанні металообробних верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК), створення яких стало можливим завдяки розвитку верстатобудування, електроніки, приладобудування та електротехнічної промисловості.

Ефективність верстатів з ЧПК пояснюється їх високою продуктивністю, скороченням витрат на незавершене виробництво, зменшенням витрат часу та підвищенням продуктивності праці обслуговуючого персоналу. Завдяки їм стало можливим обробляти широкий асортимент деталей з меншими затратами, ніж на універсальних верстатах відповідних типів.

Сьогодні спостерігається тенденція до комплексної автоматизації виробництва навіть у серійному та дрібносерійному машинобудуванні шляхом впровадження гнучких виробничих систем. Такі системи об'єднують верстати з ЧПК, роботизовані технологічні комплекси, окремі одиниці

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

технологічного обладнання та системи їхнього забезпечення, здатні працювати в автоматичному режимі. Висока адаптивність цих систем дозволяє реалізувати автоматизацію не лише виробничого процесу, але й конструкторської, технологічної та організаційної підготовки виробництва.

Провідну роль у розвитку економіки України займають галузі машинобудування, які формують матеріальну базу технічного прогресу всіх інших галузей. Однак на сьогодні машинобудування стикається з рядом проблем, серед яких — недостатньо потужна виробнича база, що зумовлено як спадщиною залежності від союзного поділу праці, так і рядом інших економічних та технологічних чинників.

Особливу проблему становить моральне старіння машинобудівної продукції, яке часто настає швидше за фізичне зношення. В результаті тривалість випуску серійної продукції скоротилася з 10–15 років до 3–5 років. Водночас, для запуску у виробництво нових виробів необхідно створити значний обсяг технічної документації (понад 15 тисяч одиниць на кожну тисячу деталей) та виготовити до 5 тисяч одиниць спеціального оснащення. Це зумовлює необхідність удосконалення технології, методів організації та управління виробничими процесами.

Практична реалізація широкого впровадження типових технологічних процесів, оснащення, засобів механізації та автоматизації здійснюється за допомогою Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ). Вона передбачає системний підхід до оптимізації вибору методів і засобів технологічної підготовки на всіх рівнях виробничої діяльності.

Основними принципами ЄСТПВ є: запуск у виробництво виробів, оптимізованих за технологічністю; широке використання типових технологічних процесів; стандартизація, механізація й автоматизація інженерно-технічних та управлінських робіт. Особливу роль у реалізації цих принципів відіграє сучасна технологія машинобудування, яка є основою ефективного розвитку виробництва.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Службове призначення та опис об'єкта виробництва

Деталь «Фланець» належить до класу фланцевих деталей, оскільки її діаметр істотно перевищує ширину. Основне призначення деталі — забезпечення з'єднання кількох елементів у складі вузла. Фланець має складну циліндричну форму та встановлюється на вал за допомогою центрального отвору діаметром $\varnothing 14$ мм. З обох боків деталі передбачені додаткові отвори, призначені для розміщення ущільнювальних елементів, що гарантують герметичність вузла під час експлуатації.

На торцевих поверхнях деталі розташовані три різьбові отвори з різьбою М6, які служать для закріплення напрямних елементів. Також на фланці виконані ще три додаткові отвори, призначені для центрування напівмуфти відносно осі деталі.

При виготовленні фланця до нього висуваються такі основні вимоги: розташування отворів - посадкові та різьбові отвори повинні бути рівномірно розміщені під кутом $120^\circ \pm 90'$. Крім того, отвори, розташовані на міжцентрових колах діаметром $\varnothing 52$ та $\varnothing 63$, повинні бути зміщені один відносно одного на $90^\circ \pm 30'$. Такі вимоги забезпечуються обробкою на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) за одну установку. Точність виконання контролюється засобами активного контролю, що забезпечує відповідність розмірам, заданим керуючою програмою.

Антикорозійний захист. Оскільки фланець експлуатується в умовах агресивного середовища, допускається нанесення хімічних покриттів для запобігання корозії та продовження строку служби виробу.

Точність вільних розмірів - вільні поверхні деталі повинні відповідати 12-му квалітету точності. Виконання цих вимог сприяє підтриманню функціональності деталі за умовами експлуатації.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Всі наведені вимоги реалізуються завдяки дотриманню правильних принципів базування під час обробки, високій кваліфікації персоналу та точності налаштування обладнання.

1.2 Характеристика існуючого виробництва

Виробництво деталей здійснюється в умовах механоскладального цеху серійного типу. Тип виробництва — середньосерійне, що передбачає виготовлення середнього обсягу однакових або подібних за конструкцією деталей. Така організація забезпечує гнучкість переналагодження обладнання та оптимізацію витрат при зміні партій продукції.

Основне технологічне оснащення цеху складають металообробні верстати з ЧПК, універсальні токарні та фрезерні верстати, координатно-розточувальні машини, комплекси активного контролю якості. Виробнича дільниця оснащена сучасним вимірювальним обладнанням для оперативного контролю точності обробки.

На ринку спостерігається стабільний попит на фланцеві з'єднувальні елементи для використання в машинобудуванні, енергетиці, приладобудуванні та хімічній промисловості, тому високі вимоги до якості та надійності продукції обумовлюють необхідність використання високоточних технологій обробки і систем автоматизації виробничих процесів.

Тип виробництва визначає характер побудови технологічного процесу та структуру організації виробництва. Для його визначення використовується коефіцієнт закріплення операцій:

$$K = \frac{Q}{P}$$

де:

Q — кількість технологічних операцій в технологічному процесі;

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

P — кількість робочих місць, задіяних для виконання технологічного процесу.

Попереднє визначення типу виробництва здійснюється на основі програми випуску виробів та маси заготовки. При масі деталі 0,464 кг та річній програмі випуску $N=10000$ штук встановлено, що виробництво є серійним.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою продукції, яка виготовляється партіями й періодично повторюється у межах виробничої програми. Відповідно до вимог ДСТУ 14.312-2015, у серійному виробництві застосовуються дві основні форми організації виробничого процесу: групова та поточна.

У даному випадку обрана групова форма організації виробництва, яка передбачає запуск деталей партіями із визначеною періодичністю, що повністю відповідає умовам серійного виробництва.

Кількість деталей у партії, яка одночасно запускається у виробництво, визначається за формулою:

$$n = \frac{Ng}{P}$$

де:

N — річна програма випуску;

P — кількість робочих днів у році;

g — необхідний запас готових деталей на складі у днях.

Підставляючи значення:

$$n = \frac{10000 * 8}{254} = 314 \text{ шт}$$

$P=254$ робочі дні на рік за календарем виробничого графіка).

Приймаємо кількість деталей у партії $n=315$ штук.

У серійному виробництві для обробки деталей можуть використовуватися як універсальне, так і спеціалізоване обладнання,

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

оснащення та інструменти. Це дозволяє поєднувати високу продуктивність із гнучкістю виробничого процесу. Проектування технологічних процесів у серійному виробництві базується на принципі диференціації технологічних операцій, що передбачає розподіл операцій за окремими робочими місцями для досягнення оптимального рівня продуктивності та якості обробки у таблиці 1.

Таблиця 1- Вихідні дані для визначення типу виробництва [1]

Характеристика	Одиничне виробництво	Серійне виробництво	Масове виробництво
Повторюваність серій	Відсутня	Періодична	Безперервна
Технологічне обладнання	Універсальне	Універсальне, частково спеціалізоване	Спеціалізоване, автоматизоване
Пристосування	Переважно універсальні	Спеціальні, переналагоджувані	Спеціальні, інтегровані з обладнанням
Ріжучий інструмент	Універсальний	Універсальний і спеціальний	Спеціальний, багатофункціональний
Вимірювальний інструмент	Універсальний	Спеціальний, калібри	Спеціальний, автоматизовані системи контролю
Настроювання верстатів	Індивідуальне	Часте, за типом серії	Рідке, стабільне
Розміщення обладнання	За типами верстатів	За технологічним процесом	За технологічним процесом
Види заготівель	Прокат, лиття в піщані форми	Прокат, штампування	Прокат, точне лиття, штампування
Застосування розмітки	Широке	Обмежене	Не застосовується
Методи досягнення точності	Індивідуальне припасування	Часткова взаємозамінність	Повна взаємозамінність
Ступінь деталізації технологічних процесів	Маршрутні	Операційні	Операційні, автоматизовані
Види нормування робіт	Укрупнене	Технічне	Детальне, хронометраж
Кваліфікація робітників	Висока	Різна	Середня, висококваліфікованими наладчиками
Собівартість виробу	Висока	Середня	Низька

Завдяки такому підходу підвищується ефективність використання обладнання та скорочуються втрати часу на переналагодження устаткування, що є важливою умовою стабільної роботи підприємства в умовах серійного виробництва.

1.3 Вимоги до технологічності конструкції деталі:

Конструкція деталі повинна складатися з уніфікованих та стандартизованих елементів або бути стандартною за формою та розмірами.

Заготовка має виготовлятися найбільш раціональним способом, що забезпечує мінімальні витрати матеріалу та трудовитрат.

Розміри та поверхні деталі повинні мати необхідні ступені точності та шорсткості відповідно до вимог технологічного процесу.

Форма, розміри та фізико-механічні властивості матеріалу повинні відповідати умовам обробки та експлуатації деталі.

Базові поверхні повинні забезпечувати надійність встановлення, обробки та контролю заготовки на всіх етапах виробництва. Конструкція деталі має дозволяти використання типових технологічних процесів, стандартного оснащення та інструментів.

Оцінка технологічності конструкції здійснюється за якісними та кількісними показниками відповідно до вимог ДСТУ 14204:2021

Кількісна оцінка базується на показниках (коефіцієнтах технологічності), що характеризують відповідність конструкції вимогам оптимального виробництва.

Якісна оцінка враховує геометричну простоту, технологічність форми, можливість забезпечення точності та економічності обробки.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					12

1.4 Аналіз технологічності конструкції фланця

Деталь належить до тіл обертання, що складаються з концентрично розташованих циліндричних поверхонь різного діаметра. Основними базовими поверхнями є отвір Ø14 та конічна поверхня Ø35, що забезпечують надійне базування деталі у вузлі під час експлуатації та обробки.

Фланець має жорстку конструкцію, оскільки його діаметр значно перевищує довжину, що позитивно впливає на стійкість деталі під час обробки та дозволяє застосовувати різні типи інструментальної обробки без додаткового посилення або зміцнення.

Конструкція фланця забезпечує можливість створення раціональних технологічних установчих баз на всіх стадіях виготовлення, що дозволяє дотримуватися основних принципів правильного базування. Отже, за якісними показниками конструкція фланця вважається технологічною і не потребує внесення змін.

За кількісними показниками:

Кількісна оцінка технологічності конструкції буде проведена через визначення відповідних коефіцієнтів, таких як: коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт уніфікації елементів, коефіцієнт трудомісткості виготовлення, коефіцієнт точності обробки.

Наявність стандартизованих елементів, можливість ефективного використання універсального та спеціалізованого обладнання, а також відповідність матеріалу умовам обробки і експлуатації свідчать про високий рівень технологічності даної деталі.

Аналіз використаних матеріалів

Для виготовлення фланця застосовується матеріал, що має відповідати таким основним вимогам:

достатня механічна міцність для сприйняття навантажень;

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

стійкість до корозії в умовах агресивного середовища (можливе додаткове хімічне або гальванічне покриття);

хороша оброблюваність різальним інструментом;

стабільність фізико-механічних властивостей у процесі експлуатації.

Вибір матеріалу обґрунтований як експлуатаційними вимогами до деталі, так і технологічною доцільністю з погляду забезпечення оптимального режиму обробки та тривалості ресурсу готового виробу.

Кількісну оцінку технологічності конструкції здійснюють за допомогою коефіцієнтів, зокрема коефіцієнта уніфікації [2].

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_i}$$

де Q_y - кількість уніфікованих конструктивних елементів деталі

Q_i - загальна кількість конструктивних елементів деталі

$$K_y = \frac{15}{24} = 0,63$$

так як $K_y > 0,6$ то за цим показником деталь є технологічною точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}}$$

де $A_{\text{сер}}$ - середній квалітет точності

$$A_{\text{сер}} = \frac{n_1 + 2n_2 + in_i}{\sum n_i}$$

де n_i - число поверхонь деталі, точності відповідно 0,1-17 квалітетів

$$A_{\text{сер}} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 1 + 12 \cdot 20}{24} = 11,2 \text{ мм}$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,2} = 0,91$$

так як $K > 0,82$ тому деталь є технологічною.

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{сер}}}$$

де B - середня якість оброблених поверхонь

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$B_c = \frac{6,3 * 24}{24} = 6,31$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,3} = 0,162$$

Оскільки $K < 0,3$, то деталь за цим показником вважається технологічною.

1.5 Характеристика матеріалу: хімічний склад та механічні властивості

Деталь виготовляється зі сталі 3 за ДСТУ 2651-2004. Ця сталь характеризується наступними механічними властивостями та хімічним складом (рисунок 1).

Таблиця 1. Механічні властивості сталі 3 за ДСТУ 2651-2004

Тимчасовий опір σ_B , Н/мм ²		Межа плинності σ_T , Н/мм ²					Відносне подовження δ , %		
≤ 10	> 10	≤ 10	Від 10-20	Від 20-40	Від 40-100	> 100	≤ 20	Від 20-40	> 40
380-490	370-480	≥ 25 5	≥ 245	≥ 235	≥ 225	≥ 205	26	25	23

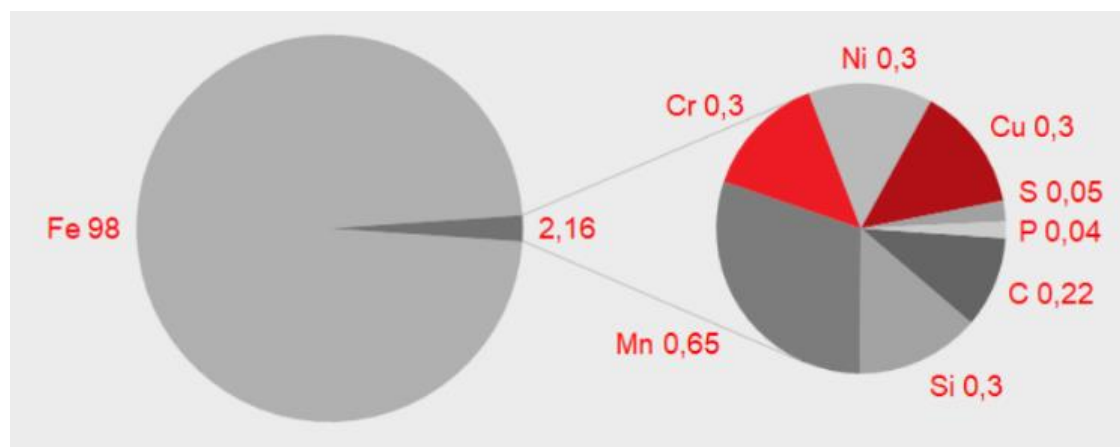


Рисунок1 Хімічний склад сталі 3

Вибрані марки сталі характеризуються високою пластичністю в умовах холодної деформації, не схильні до відпускнуї крихкості, мають добру

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

зварюваність, що робить їх доцільними для застосування у випадках, коли в процесі виготовлення виробів необхідне проведення значних пластичних деформацій, таких як холодне штампування, висадка та інші види обробки тиском. Зазначені сталі доцільно використовувати для виготовлення статично або помірно навантажених деталей та вузлів машин, які не піддаються хіміко-термічній обробці, зокрема цементації, нітроцементації чи ціануванню.

Висновки до розділу 1

У розділі 1, обґрунтовано виготовлення деталі «Фланець» та вибір Матеріалу. Аналіз механічних властивостей та хімічного складу матеріалу показав, що дана сталь має достатній рівень міцності, пластичності та технологічності, що відповідає вимогам до виготовлення деталі в умовах серійного виробництва. Сталь Ст3 добре деформується в холодному стані, не схильна до відпускнуї крихкості, що дозволяє ефективно застосовувати методи обробки тиском, такі як холодна штамповка та висадка. Крім того, матеріал характеризується доброю зварюваністю, що забезпечує можливість подальшого з'єднання деталей без погіршення експлуатаційних характеристик.

Конструкція фланця забезпечує можливість створення раціональних технологічних установчих баз на всіх стадіях виготовлення, що дозволяє дотримуватися основних принципів правильного базування. Отже, за якісними показниками конструкція фланця вважається технологічною.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.

2.1 Аналіз існуючих, вибір, обґрунтування та проектування нових заготовок

У даному розділі розглядаємо методи отримання заготовок для виготовлення деталі «Фланець», а також обґрунтовуємо вибір і проектування нової заготовки з урахуванням конструктивних особливостей деталі, матеріалу, типу виробництва і обсягів випуску.

Під час вибору типу заготовки необхідно прагнути до раціонального використання матеріалу та забезпечення мінімальної собівартості виготовлення деталі. Кінцева мета цього пункту – економічне порівняння декількох варіантів виготовлення заготовки, включаючи існуючий на базовому підприємстві та один або кілька альтернативних, запропонованих на основі сучасних технологій.

У базових технологічних процесах для виготовлення деталі фланець використовуються наступні методи отримання заготовок:

Лиття у піщані форми – використовується при виготовленні заготовок складної конфігурації та невеликих обсягів виробництва. Дає грубі поверхні та потребує значних припусків.

Кування – забезпечує кращу структуру матеріалу, але менш ефективно при масовому чи серійному виробництві, де потрібна висока продуктивність.

Штамування або висадка на пресах – підходить для деталей типу «фланець», забезпечує високу точність, добру повторюваність та невеликі припуски на обробку.

Прокат – прокатні заготовки широко застосовуються в індивідуальному та дрібносерійному виробництві. Вони мають універсальний характер і, як правило, лише грубо наближені до форми готової деталі. Через це потрібна значна механічна обробка, що збільшує трудомісткість та собівартість виготовлення.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Штамповка – у серійному виробництві, до якого належить виготовлення цієї деталі (N = 10 000 шт/рік), більш доцільним є застосування штампованих заготовок. Вони мають форму, максимально наближену до геометрії деталі, що дозволяє значно зменшити припуски на обробку та, відповідно, знизити собівартість і витрати часу на виготовлення.

На базовому підприємстві заготовка для деталі Фланець вже виготовляється методом штампування, що підтверджує ефективність цього способу при серійному виробництві.

Вибір оптимального способу одержання заготовки наведено у таблиці 2

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз двох варіантів виготовлення заготовки

Показник	Прокат	Штамповка
Припуски на обробку	Великі (5–10 мм)	Малі (1–3 мм)
Точність форми заготовки	Низька	Висока
Трудомісткість механічної обробки	Висока	Низька
Витрати матеріалу	Підвищені	Раціональні
Собівартість заготовки	Нижча	Вища
Загальна собівартість деталі	Вища через обробку	Нижча

На підставі аналізу приймається рішення залишити існуючий метод виготовлення заготовки – штампування, як найбільш економічно доцільний варіант у межах серійного виробництва.

2.2 Визначення розмірів заготовки та припусків

Заготовка повинна мати припуски, достатні для досягнення заданої точності та якості поверхні в процесі механічної обробки. Загальний припуск — це шар металу, який знімається під час обробки для забезпечення необхідних геометричних параметрів.

Для варіанту із застосуванням прокату розмір заготовки визначається з урахуванням найбільшого діаметра фланця та припуску.

Найбільший діаметр деталі: 85 мм

Припуск на обробку: ~2,5 мм з кожного боку

Прийнятий діаметр заготовки з прокату: $\phi 90^{+0,5}_{-1,3}$ мм

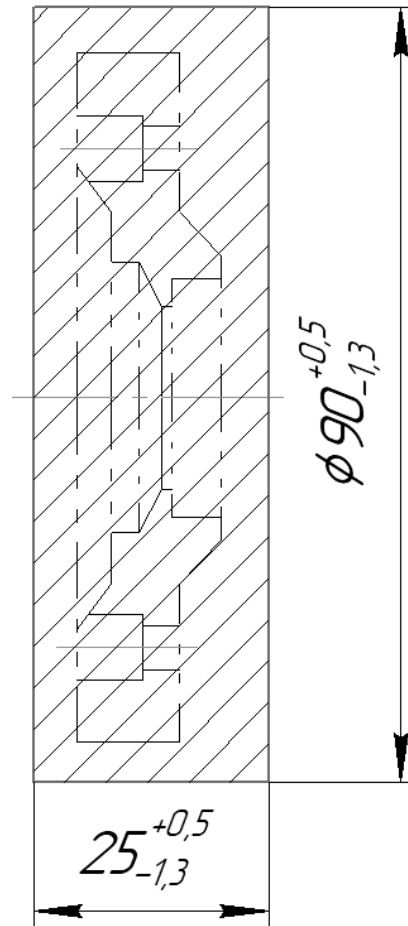


Рисунок 2 – Прокат

Розраховуємо довжину заготовки:

$$L_3 = L_a + 2Z_{\text{торці}} + L_{\text{різу}}$$

де L_a - довжина деталі

$2Z_{\text{торці}}$ - припуск на обробку торців

$L_{\text{різу}}$ - ширина розрізання заготовки

$$L_3 = 16 + 2 \cdot 2,5 + 4 = 25 \text{ мм}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Визначаємо розміри заготовки з урахуванням необхідних припусків на механічну обробку для штампування . Розміри припусків встановлюються відповідно до вимог ДСТУ 7505:2006, який регламентує допуски та припуски на обробку деталей. При цьому слід враховувати тип матеріалу, вид обробки та точність виготовлення, що задаються в технічній документації.

Розрахунки приводимо у таблиці 3

Таблиця №3 - припуски і розміри штамповки

Розмір поверхні	Якість обробки Ra	Загальний припуск на розмір, мм	Допуск, мм	Загальний припуск на розмір, мм	Розрах розмір заготовки, мм	Прийнято розмір, мм
Діаметральні розміри						
Ø83	6,3	12	$\text{Ø}83^{+0,8}_{-0,4}$	2*1,8	$+1,5_{-0,7}$	33,4
Ø37	1,6	8	$\text{Ø}37^{+0,7}_{-0,4}$	2*1,9	$+1,6_{-0,8}$	53,2
Ø26	6,3	12	$\text{Ø}26^{+0,7}_{-0,4}$	2*1,9	$+1,6_{-0,8}$	98,8
Ø35	6,3	12	$\text{Ø}83^{+0,7}_{-0,4}$	2*1,9	$+1,7_{-0,7}$	143,7
Лінійні розміри						
16	6,3	12	$16^{+0,7}_{-0,4}$	2*1,8	$+1,6_{-0,8}$	39,5
12	6,3	12	$12^{+0,7}_{-0,4}$	2*1,8	$+1,5_{-0,7}$	13,5
9	6,3	12	$9^{+0,7}_{-0,4}$	2*1,8	$+1,7_{-0,7}$	13,5

Заготівля виготовляється холодним штампуванням. Ухили на вертикальних поверхнях прийняті 2°, щоб забезпечити легке витягання зі штампа. Припуск на механічну обробку — 1,7 мм по всьому контуру. Шорсткість штампованих поверхонь — Ra 12.5; після обробки — Ra 3.2.

V – об'єм

J – вага матеріалу (питома)

Для визначення маси заготовки з прокатного матеріалу зручно розбити її геометрію на сукупність простих об'ємних елементів (циліндрів, зрізаних конусів, кілець тощо), що дозволяє виконати обчислення швидко та з достатньою точністю.

Об'єм кожного елемента визначається за відповідною геометричною формулою, після чого сумарний об'єм множиться на густину матеріалу (для сталі — $m=V \cdot \rho$, де:

V — загальний об'єм заготовки, м³ або см³

ρ — густина матеріалу

Об'єм заготовки

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}}^2}{4} \cdot L = \frac{3.14 \cdot 90^2 \cdot 90}{4} = 158962.6 \text{ мм}^3$$

$$\text{Маса } m = V \cdot \rho = 158962.6 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6} = 1.25 \text{ кг}$$

Під час виготовлення деталі частина матеріалу втрачається внаслідок технологічних процесів — таких як обрізання, обробка, зняття припусків, задирок, а також через відходи штампування або обробки. Ці втрати враховуються при визначенні нормативної (розрахункової) витрати матеріалу.

Так як технологічні втрати становлять 20 %, то норма витрати матеріалу визначається за формулою:

$$H = Q + \frac{Q\%}{100} = \frac{1.25 \cdot 20}{100} + 1.25 = 1.5 \text{ кг}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу (позначається η) характеризує ефективність використання металу під час виготовлення деталі. Він показує, яка частка від маси заготовки перетворюється безпосередньо в готову деталь, а яка — втрачається у вигляді стружки, обрізків, окалини, технологічних припусків тощо.

$$\eta = 0.465 / 1.5 = 0.3 \text{ кг}$$

m — маса готової деталі, кг

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

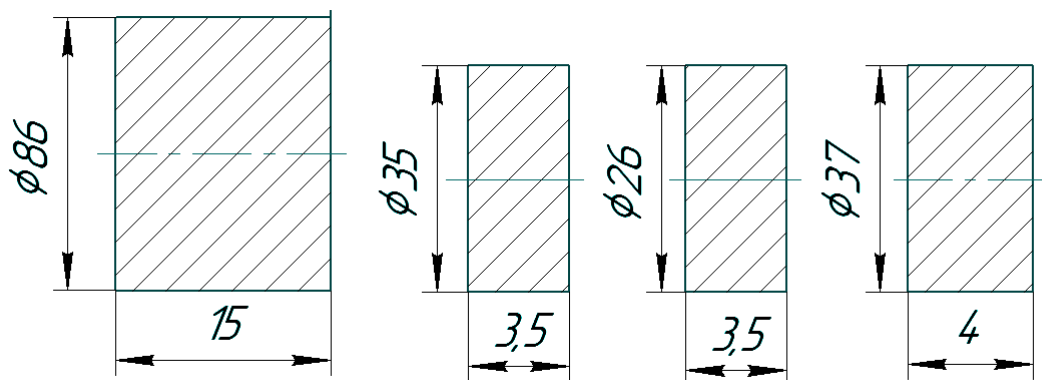
m — норма витрат матеріалу з урахуванням втрат, кг

Низький коефіцієнт вказує на значні втрати при механічній обробці з великими припусками або використанні нераціональної заготовки.

Штамповка. Для визначення об'єму заготовки (штамповки) її геометричну форму умовно поділяють на окремі частини, кожна з яких має просту та стандартну геометрію (циліндр, кільце, призма, зрізаний конус тощо). Такий підхід спрощує розрахунки та підвищує їхню точність.

2.3 Аналіз форми заготовки штамповка

На першому етапі виконується візуальний та аналітичний огляд конструкції заготовки. Мета — умовно розділити складну форму на прості геометричні тіла, для яких існують стандартні формули розрахунку об'єму



Об'єм розраховуємо за формулою

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h$$

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} L_1 = \frac{3.14 \cdot 86^2}{4} 15 = 87087.91 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} L_2 = \frac{3.14 \cdot 35^2}{4} 3.5 = 3365.71 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi D^2}{4} L_2 = \frac{3.14 \cdot 26^2}{4} 3.5 = 1857.32 \text{ мм}^3$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$4 = \frac{\pi D^2}{4} L_2 = \frac{3.14 \cdot 37^2}{4} 4 = 4298,67$$

Після визначення об'ємів усіх геометричних елементів, розраховується загальний об'єм заготовки:

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_4 - V_3 - V_2$$

$$V_{\text{заг}} = 87087,91 + 4298,67 - 1857,32 - 3365,71 = 86163,56 \text{ мм}^3$$

Розрахунок маси заготовки, обчислена сума об'ємів множиться на густину матеріалу.

$$Q_3 = jV_{\text{заг}} = 7.8 \cdot 10^{-6} \cdot 86163,56 = 0.669$$

Приймаємо 0,67 кг

2.4 Норма витрат матеріалу з урахуванням технологічних втрат

У процесі виготовлення деталі певна частина матеріалу втрачається — це технологічні витрати, які включають: механічні припуски на обробку, відходи штампування або різання, задирки, окалину, втрати на вирівнювання, обрізання тощо. При прийнятому рівні технологічних втрат у розмірі 10 %, для забезпечення повного виготовлення деталі потрібно закласти в розрахунок більшу масу заготовки, ніж фактична маса готового виробу.

$$H_B = Q + Q\%/100 = 0.67 \cdot 10/100 + 0.67 = 0.738 \text{ кг}$$

Технологічні витрати напряму впливають на обсяг необхідного матеріалу. Їх правильний облік дозволяє уникнути нестачі сировини, забезпечити стабільність процесу виготовлення та точно планувати постачання матеріалу.

Коефіцієнт ефективності використання матеріалу при штампуванні - характеризує частку металу, що безпосередньо переходить у готову деталь, відносно всієї маси заготовки, включаючи втрати.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$K_{\text{вм}} = \frac{q}{H_{\text{в}}}$$

$$K_{\text{вм}} = \frac{0.464}{0.67} = 0.69$$

Цей показник демонструє ефективність використання металу при вибраній технології виготовлення.

Для ефективного і економічно доцільного виготовлення механічної деталі важливе значення має правильний вибір типу заготовки. На основі виконаних геометричних, об'ємних та масових розрахунків, а також з урахуванням коефіцієнта використання матеріалу, було прийнято рішення використати штамповану заготовку.

Приймаємо остаточно заготовку рисунок 5

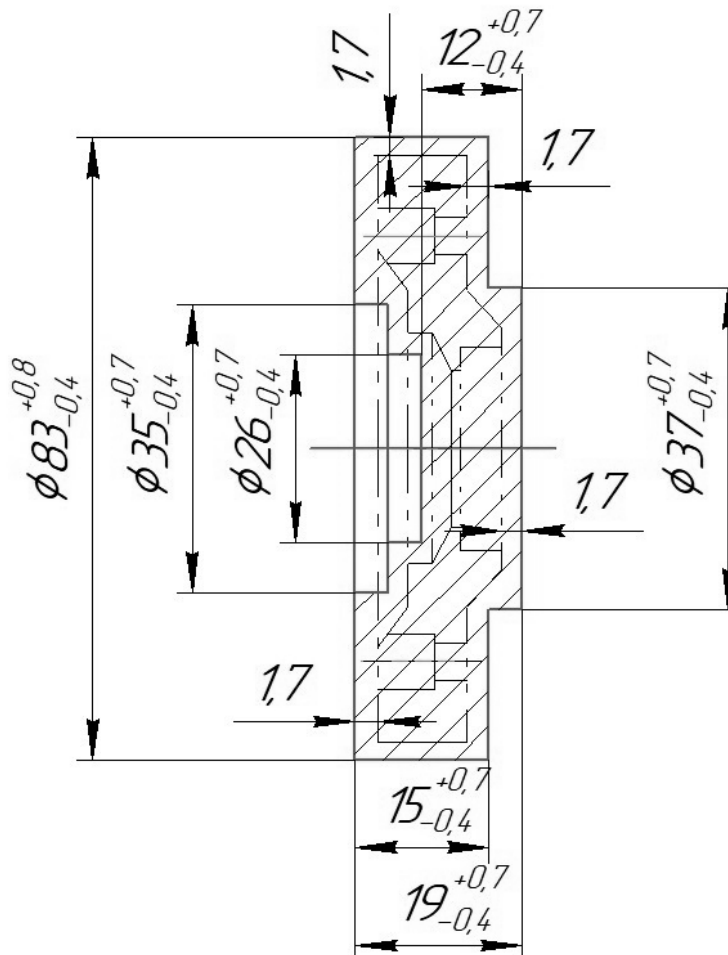


Рисунок 5 – Заготовка для виготовлення фланця

					Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	25

У процесі аналізу вихідну форму деталі було поділено на прості геометричні тіла (циліндри, кільця тощо), для яких обчислено об'єм, а на його основі — масу заготовки. З урахуванням технологічних втрат, які для штампування становлять близько 10 %, було визначено норму витрат матеріалу, необхідну для забезпечення повного виготовлення деталі. Всі розрахунки були проведені відповідно до діючих нормативів.

У результаті коефіцієнт ефективного використання матеріалу склав 0,69, це свідчить про високий рівень раціональності при використанні штампованої заготовки. Для порівняння, при застосуванні прокату чи поковки цей коефіцієнт був би значно нижчим через більші припуски на обробку та більшу кількість технологічних відходів.

Проведені розрахунки підтвердили доцільність вибору штампованої заготовки, яка забезпечує високий коефіцієнт використання металу, раціональне використання ресурсів, зниження втрат і оптимізацію технологічного процесу. Такий підхід відповідає сучасним вимогам до енерго- та матеріалозбереження у машинобудівному виробництві.

Під час виготовлення штампованої заготовки необхідно дотримуватись низки технічних вимог, що забезпечують належну якість, точність та функціональність готової деталі. Заготовка виготовляється методом штампування, який відповідає групі II згідно з класифікацією, аналогічною до положень ДСТУ EN ISO 12100. Як матеріал застосовується сталь марки M1 — низьковуглецева конструкційна сталь, що відповідає вимогам ДСТУ 2651 або міжнародному стандарту ISO 683-1.

Заготовка має виготовлятися з дотриманням класу точності II, який визначає допустимі геометричні відхилення згідно з ДСТУ ISO 2768-1. Ступінь складності виготовлення відноситься до рівня C2 — це середній ступінь складності з урахуванням форми, розмірів та кількості переходів. На неоговорені (неуточнені) розміри встановлюється допуск $\pm 1,6$ мм відповідно до середнього класу точності згідно з ISO 2768-m.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Якість обробки заготовки також передбачає обмеження щодо висоти заусенців: вона не повинна перевищувати 1,0 мм, що відповідає нормативним вимогам до чистоти зрізу під час холодного штампування. Крім того, припустиме зміщення заготовки по площині роз'ємну штампа не повинно перевищувати 0,7 мм, що є допустимим значенням для деталей середнього рівня складності за класом точності II.

Поверхня готової штампованої заготовки повинна бути вільною від будь-яких видимих дефектів, таких як тріщини, закови, пліснява металу, раковини, включення та інші пошкодження, що можуть негативно вплинути на міцність або геометричну точність деталі. Дотримання цих вимог забезпечує відповідність заготовки стандартам якості та дозволяє уникнути браку під час подальшої механічної обробки або збирання.

2.5 Аналіз існуючого, вибір та обґрунтування нового технологічного процесу механічної обробки. Вибір і обґрунтування технологічних баз

Розробка та впровадження нового технологічного процесу механічної обробки є одним із ключових етапів у створенні сучасних високоякісних виробів. Від ефективності цього процесу безпосередньо залежить якість кінцевого продукту, його точність, експлуатаційні характеристики, а також економічна доцільність виробництва. Тому важливо здійснити глибокий аналіз існуючих технологічних процесів, виявити їх недоліки, а на основі отриманих результатів спроектувати новий, більш раціональний і ефективний процес обробки.

Проведений аналіз існуючого процесу механічної обробки деталі показав, що він не відповідає сучасним вимогам щодо продуктивності та якості. Основними недоліками є: надмірна кількість переходів і операцій, що призводить до збільшення часу виготовлення; часті переналагодження устаткування, які викликають втрати часу та знижують загальну

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

продуктивність; нераціональний вибір технологічних баз, що призводить до накопичення похибок, неточностей обробки та можливого браку; недостатньо продумане розподілення припусків, що ускладнює подальшу механічну обробку. Ці фактори разом спричиняють підвищену собівартість виготовлення деталі, зниження її якості, а також незадовільний рівень повторюваності параметрів виробу.

При розробці нового технологічного процесу було враховано ряд важливих факторів: конструктивні особливості деталі. Геометрія, розміри, складність форми та інші параметри деталі визначають послідовність та види операцій, які необхідно виконати.

Вид заготовки. Тип та стан заготовки впливають на вибір методів обробки, необхідність попередніх операцій, а також на базування.

Вимоги до точності та шорсткості поверхонь. Залежно від функціонального призначення деталі визначаються допустимі допуски та рівні якості обробки. Раціональне розподілення припусків. З метою забезпечення якісної обробки з мінімальними витратами матеріалу і часу обробки припуски на різних операціях сплановані так, щоб уникнути зайвих повторних обробок.

Оптимізовано кількість переналагоджень. Зведено до мінімуму число переналагоджень обладнання між операціями, що сприяє підвищенню продуктивності. Максимальне використання часу верстата. Обробка розпланована так, щоб максимально завантажити обладнання і уникнути простоїв. Новий технологічний процес побудований за принципом послідовного виконання операцій з урахуванням зазначених вимог, що забезпечує високу якість обробки та економічність виробництва.

Одним із найбільш відповідальних і складних етапів проектування технологічного процесу є вибір технологічних баз для фіксації заготовки під час обробки. Від правильного вибору баз залежить точність позиціонування

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

деталі відносно інструменту, стабільність параметрів обробки, а також можливість повторного встановлення деталі з мінімальними похибками.

Технологічні бази — це елементи заготовки (площини, осі, ребра, отвори), які використовуються для фіксації деталі у визначеному положенні в системі координат верстата або пристрою. Мета базування — виключити небажані переміщення і повороти деталі, забезпечити стабільність позиціонування для точного проведення операції. Залежно від функції, яку вони виконують, технологічні бази поділяють на кілька типів:

Установчі бази — забезпечують фіксацію деталі в просторі, позбавляючи її трьох ступенів свободи (переміщення уздовж однієї осі і обертання навколо двох інших). Ці бази задають основне положення заготовки.

Напрямні бази — усувають два ступені свободи: переміщення уздовж осі і обертання навколо неї. Зазвичай забезпечують орієнтацію деталі.

Опорні бази — фіксують один ступінь свободи, обмежуючи або обертання, або переміщення.

Подвійні напрямні та опорні бази — забезпечують більш жорстке фіксування, усуваючи по два ступені свободи. Вибір методу базування залежить від форми та конструкції деталі, а також від технічних вимог до обробки. Найпоширеніші способи:

Базування на три площини — класичний метод для плоских деталей.

Базування на торець і внутрішню циліндричну або конічну поверхню — забезпечує центроване і жорстке кріплення деталей із отворами.

Базування на торець і зовнішню циліндричну поверхню, наприклад, у трикулачковому патроні — широко застосовується для деталей, що обробляються на токарних верстатах.

Базування у центрах — застосовується для деталей із симетричною формою, що дозволяє рівномірно розподілити навантаження.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Базування на площину і дві внутрішні циліндричні поверхні, осі яких перпендикулярні — використовується при необхідності жорсткої фіксації деталей зі складною формою.

Для вибору технологічних баз беремо до уваги: Робоче креслення деталі з усіма розмірами і допусками; технічні вимоги, зокрема щодо точності, шорсткості і форми поверхонь; властивості та вид заготовки (матеріал, стан поверхонь, тип заготовки); порядок і послідовність операцій, їх специфіку; можливості устаткування та пристроїв.

Для деталі типу «Фланець» у розробленому технологічному процесі було обрано бази, що відповідають вимогам жорсткості, точності та стабільності фіксації: основна установча база — площина фланця, що забезпечує жорстке притискання і відсутність переміщень; напрямна база — внутрішній циліндричний отвір фланця, що забезпечує центрування; опорні бази — ребра або фаски, які обмежують можливість обертання або зсуву.

Таке базування дозволяє зменшити кількість переналагоджень між операціями, уникнути накопичення похибок і забезпечити високу точність обробки. Схеми базування для різних операцій наведені у Додатку А, що ілюструє послідовність і методи фіксації деталі.

Ретельний аналіз існуючого технологічного процесу показав необхідність його удосконалення для досягнення вищої продуктивності, точності та економічності виробництва. На основі аналізу конструктивних особливостей деталі, виду заготовки та вимог до якості було розроблено новий технологічний процес, в якому особлива увага приділена оптимальному вибору і обґрунтуванню технологічних баз. Правильне базування деталі є фундаментом для успішної механічної обробки, що забезпечує точність, стабільність та ефективність процесу. Використання раціональних схем базування дозволяє мінімізувати втрати часу на переналагодження, знизити ймовірність браку і забезпечити відповідність готової продукції заданим технічним вимогам.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Підбір послідовності та технологій обробки окремих елементів поверхні наведено в таблиці 4, а креслення на рисунку 6

Таблиця №4 – План методів оброблення поверхонь

№	Технологічний перехід	Ra мм	Розмір до оброблення	Припуск	Розмір після обробки
№1	Точіння	6,3	86	1,5*2	$83^{+0,7}_{-0,4}$
№2	Свердлування	6,3	2,5	2*2	$6,2^{+0,7}_{-0,4}$
№3	Точіння	6,3	15	1,5*2	$12^{+0,7}_{-0,4}$
№4	Точіння	6,3	17,7	1,7	$16^{+0,7}_{-0,4}$
№5	Свердлування	12,5	2,5	5,25*2	$6,2^{+0,7}_{-0,4}$
№6	Розточити	6,3	14	15*2	$20^{+0,7}_{-0,4}$
№7	Точіння	6,3	19,4	1,7	$17,7^{+0,7}_{-0,4}$
№8	Свердлування	6,3	2,5	1,85*2	$14^{+0,7}_{-0,4}$

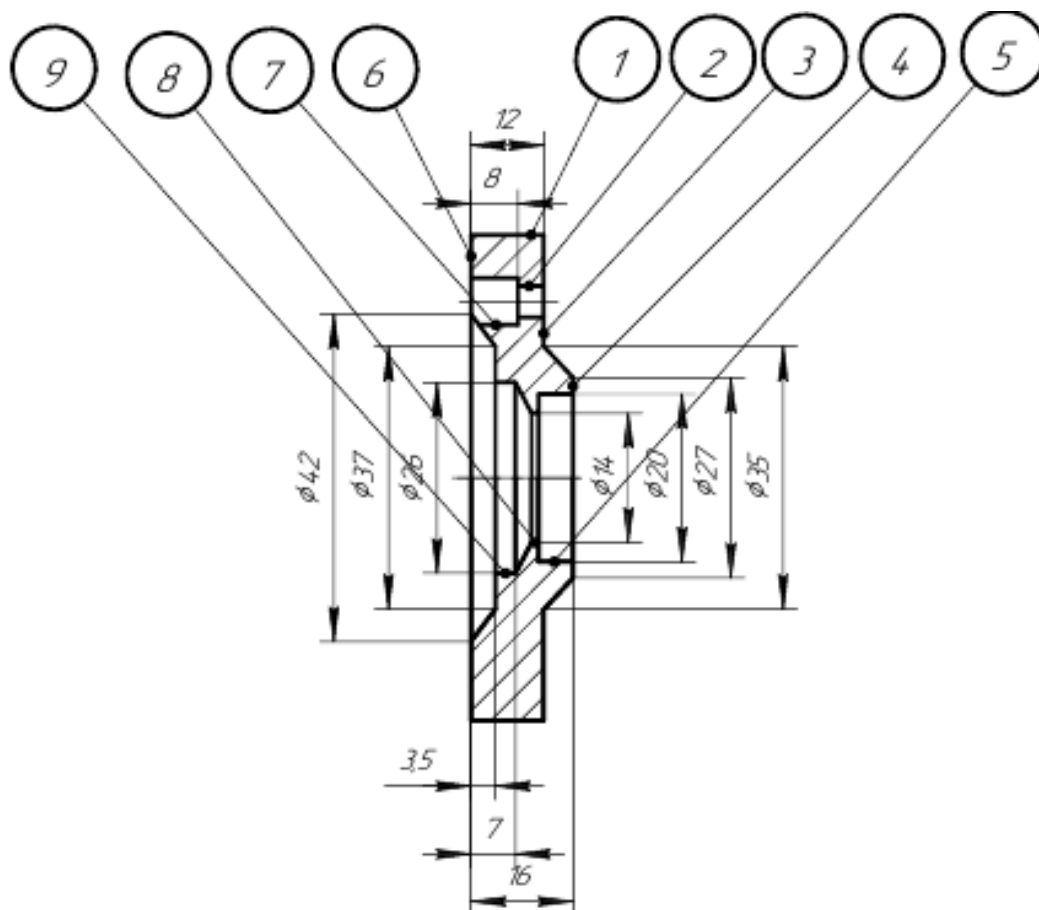


Рисунок 6– оброблення поверхонь

2.6 Розробка та обґрунтування маршруту обробки. Аналіз заводського технологічного процесу.

В якості заготовки на підприємстві використовується прокат марки 390 довжиною 25 мм, що отримується шляхом попереднього різання прутка на необхідну довжину. У серійному виробництві на базовому підприємстві деталь обробляється в такій послідовності:

Операція 005 — Токарна

На цій операції здійснюється одноразова обробка фланця з обох боків до діаметра $\varnothing 83$ мм. Роботи виконуються на універсальному токарному верстаті 16К20. В процесі проводиться підрізання торця та обточування зовнішнього діаметра до $\varnothing 83$ мм. Для обробки використовується прохідний відігнутий різець.

Операція 010 — Токарна

На цьому етапі виконується чорнова та напівчистова обробка заготовки. Роботи проводяться на універсальному токарному верстаті 16К20. Здійснюється підрізання торця товщиною 2,5 мм, виконується центрування та розмітка (поділ). Застосовуються такі інструменти: відігнутий прохідний різець, центрувальне свердло $\varnothing 2$ мм та спіральне свердло $\varnothing 13$ мм.

Операція 015 — Токарна

На даній операції з одного боку деталі виконується напівчистова обробка фланця. Робота проводиться на універсальному токарному верстаті 16К20. Здійснюється підрізання торця товщиною 1 мм до розміру 16 мм, обробка іншого торця під розмір 12 мм під кутом 45° , а також розточування отвору діаметром $\varnothing 20$ мм на глибину 6 мм. Для обробки використовується відігнутий прохідний різець.

Операція 020 — Слюсарна

На цьому етапі виконується попередня розмітка деталі з метою точного розташування майбутніх отворів і поверхонь для обробки. Розмітка

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

здійснюється вручну за допомогою вимірювального та розмічального інструменту згідно з кресленням деталі.

Операція 025 — Свердлильна

На цьому етапі проводиться обробка отворів на свердлильному верстаті моделі 2С125. Спочатку виконується зацентровка 9 отворів, після чого послідовно свердлять ся: 3 отвори діаметром $\varnothing 6,2$ мм, 3 отвори діаметром $\varnothing 10$ мм глибиною 8 мм із симетричним розташуванням ($2j = 180^\circ$), 3 отвори $\varnothing 5$ мм під подальше нарізання різьби М6, а також 3 отвори $\varnothing 7$ мм. Завершальним етапом є нарізання різьби М6. Для виконання операції використовуються такі ріжучі інструменти: центрувальне свердло $\varnothing 2,5$ мм, спіральні свердла $\varnothing 6,2$ мм, $\varnothing 10$ мм (спеціального виконання, $2j = 180^\circ$), $\varnothing 5$ мм та $\varnothing 7$ мм.

Аналіз існуючого заводського технологічного процесу свідчить, що для умов серійного виробництва доцільно впроваджувати сучасне високоточне обладнання. Зокрема, з метою підвищення точності виготовлення деталей, скорочення часу на обробку та підвищення загальної продуктивності праці, обробку доцільно здійснювати на токарних верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК). Таке оновлення технологічної бази дозволить мінімізувати похибки, зменшити вплив людського чинника та забезпечити стабільно високу якість продукції.

Маршрутно-операційний опис технологічного процесу детально визначає послідовність виконання усіх операцій, види обробки, типи верстатів та інструментів, що використовуються на кожному етапі виготовлення деталі. Такий опис є основою для ефективної організації виробництва, забезпечення повторюваності якості продукції та раціонального використання виробничих ресурсів.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

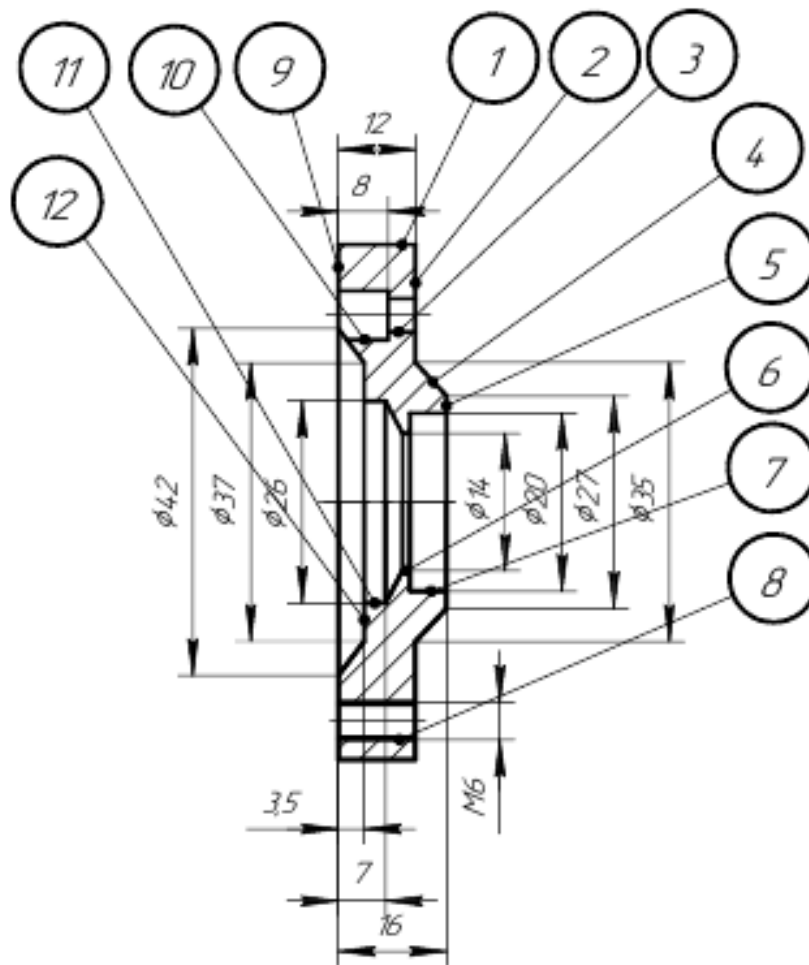


Рисунок 7– Оброблення поверхонь

Враховуючи проведений аналіз та з метою вдосконалення існуючого процесу обробки, доцільним є впровадження оновленого технологічного процесу, адаптованого до умов серійного виробництва із використанням сучасного обладнання. Замість застарілих універсальних верстатів типу 16К20 доцільно використовувати токарні верстати з числовим програмним керуванням, такі як DMG MORI CLX 350, HAAS ST-20Y, Mazak Quick Turn Smart 200, Doosan Lynx 2100 або Hyundai WIA L210A. Такі машини дозволяють виконувати кілька токарних операцій в одному автоматизованому циклі, що значно скорочує час обробки, зменшує вплив людського чинника та забезпечує стабільну якість виготовлення деталей. Для

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

виконання свердлильних, розточувальних і різьбонарізних операцій замість традиційного свердлильного верстата 2С125 доцільно застосовувати вертикальні оброблювальні центри з ЧПК, зокрема HAAS VF-2, DMG MORI CMX 600 V, Mazak VCN-530C або Hurco VM10i. Такі центри забезпечують високу точність позиціонування отворів, багатофункціональну обробку в автоматичному режимі та мінімальне втручання оператора. Етап ручної розмітки може бути повністю замінений сучасними методами, наприклад, лазерним маркуванням або автоматизованими вимірювальними системами, вбудованими у верстати. Упровадження верстатів з ЧПК у виробництво дозволяє суттєво підвищити ефективність праці, досягти високої якості обробки, зменшити час виготовлення деталі, знизити собівартість продукції та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

2.7 Оновлений технологічний маршрут із застосуванням сучасного обладнання з ЧПК

Операція 005 — Токарна з ЧПК

Обробка виконується на сучасному токарному верстаті з ЧПК Mazak Quick Turn Smart 200. На цьому етапі оператор встановлює заготовку, після чого автоматично за програмою виконуються обробка поверхонь 1 та 9, центрування отвору 6, розточування отвору 12 з формуванням конічної поверхні, а також чистове розточування отвору 13. Після завершення обробки виконується контроль якості отриманих поверхонь оператором.

Операція 010 — Токарна з ЧПК

Операція виконується на тому ж типі токарного обладнання Mazak Quick Turn Smart 200. Встановлюється заготовка, далі за програмою здійснюється обробка поверхонь 5, 4 та 2, а також розточування отвору 7. Після завершення циклу оператор перевіряє точність та відповідність оброблених елементів кресленню.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Операція 015 — Свердлильна з ЧПК

Цей етап обробки виконується на вертикальному оброблювальному центрі з ЧПК, наприклад DMG MORI CMX 600 V. Після встановлення деталі в робочій зоні виконується зацентрування 9 отворів, свердління трьох отворів діаметром Ø7 мм, трьох отворів під різьбу М6, а також трьох отворів Ø6,2 мм. Потім проводиться зенкування отвору Ø10 мм та нарізання різьби М6 у відповідних отворах. Після закінчення циклу оператор виконує контроль оброблених елементів.

Операція 020 — Контрольна

На цьому етапі проводиться остаточний контроль усіх параметрів обробки за допомогою сучасних вимірювальних приладів, таких як цифрові штангенциркулі, мікрометри та 3D-вимірювальної машини Mitutoyo Crysta-Arex S. За результатами обробки формується таблиця із зазначенням застосованого обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту, а також допоміжного оснащення.

Застосування сучасних верстатів із ЧПК дозволяє забезпечити високу точність, надійність і стабільність процесу обробки, а також значно підвищити продуктивність і якість виготовлення деталі.

Оновлений вибір обладнання для технологічного процесу в умовах серійного виробництва передбачає застосування сучасних високотехнологічних верстатів з числовим програмним керуванням, що значно підвищує продуктивність, точність та стабільність обробки.

Для виконання токарних операцій замість застарілого верстата 16K20Ф3 доцільно використовувати токарний верстат з ЧПК Mazak Quick Turn Smart 200. Це високоточне обладнання призначене для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців, розточування отворів та інших токарних операцій у режимі автоматичного циклу. Верстат має високу жорсткість, сучасну систему ЧПК MAZATROL SmoothC, та потужний привід шпинделя (18,5 кВт), що забезпечує оберти до

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

5000 об/хв. Максимальний діаметр обробки складає до 350 мм, переміщення по осі Z — до 535 мм, по X — до 190 мм. Завдяки 12-позиційному револьверному інструментальному супорту можливе автоматичне переключення інструментів під час обробки, що значно підвищує продуктивність та зменшує час на переналагодження.

Для свердлильних, розточувальних та різьбонарізних операцій замість традиційного верстата 2C125Ф2 доцільно застосовувати вертикальний оброблювальний центр з ЧПК, наприклад DMG MORI CMX 600 V. Цей центр забезпечує багатофункціональну обробку отворів і поверхонь у трьох координатах із високою точністю. Максимальні переміщення: X — 600 мм, Y — 560 мм, Z — 510 мм; шпиндель розвиває швидкість до 12000 об/хв, а револьверна головка вміщує до 30 інструментів. Така конфігурація дозволяє виконувати свердління, зенкування, нарізання різьб та інші операції в одному циклі, зменшуючи час простою та втручання оператора.

Ручні операції розмітки в сучасному виробництві можуть бути повністю замінені автоматизованими методами: лазерним позиціонуванням, вбудованими системами обробки координат, або вимірювальними комплексами на базі координатно-вимірювальних машин Mitutoyo Crysta-Arex S, які забезпечують точність до 0,001 мм.

Таким чином, впровадження сучасного обладнання, такого як Mazak Quick Turn Smart 200 для токарної обробки та DMG MORI CMX 600 V для свердлильно-фрезерних операцій, дозволяє суттєво підвищити ефективність та якість технологічного процесу. Це забезпечує стабільність результатів, скорочення часу обробки, зменшення собівартості продукції та конкурентоспроможність підприємства на сучасному ринку, параметри та зовнішній вигляд у зведеній таблиці 5

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 5 – сучасне обладнання з ЧПК за операціями

Операція	Верстат	Тип	Основні характеристики	Зовнішній вигляд
005, 010 — Токарна з ЧПК	Mazak Quick Turn Smart 200	Токарний верстат з ЧПК	Обробка Ø до 350 мм, хід по Z — 535 мм, по X — 190 мм; шпиндель до 5000 об/хв, потужність 18,5 кВт; інструментальний револьвер – 12 позицій; ЧПК — MAZATROL SmoothC	
015 — Свердлильна/фрезерна з ЧПК	DMG MO RI CMX 60 0 V	Вертикальний оброблювальний центр	Переміщення: X — 600 мм, Y — 560 мм, Z — 510 мм; шпиндель до 12000 об/хв; револьверна голова — до 30 інструментів; точність 0,005 мм	
020 — Контрольна	Mitutoyo Crysta-Arch S	Координатно-вимір ювальна машина (КВМ)	Точність вимірювань до 0,001 мм; робоча зона ~600×700×500 мм	

Під час вибору інструменту та оснащення для сучасного обладнання з числовим програмним керуванням керуємося основною метою — забезпечити стабільне отримання якісних виробів із максимальною продуктивністю та мінімальною собівартістю. Для кожного етапу обробки

добирається високоефективний інструмент, що відповідає типу операції, характеристикам верстата, параметрам заготовки та вимогам до точності.

Всю номенклатуру інструменту та оснащення фіксуємо у зведеній таблиці. Пристосування добираємо з урахуванням формо-габаритних параметрів деталі, типу виробництва, точності, необхідної жорсткості закріплення та швидкості переналагодження.

Різальний інструмент обирається згідно з методом обробки (точіння, свердління, зенкування, нарізання різьби тощо) та можливостями відповідного верстата. Матеріал ріжучої частини (наприклад, твердий сплав, кераміка, покриття TiAlN) визначається відповідно до властивостей оброблюваної заготовки та характеру обробки — чорнова чи чистова, безперервна чи з перервами.

Для забезпечення точного позиціонування та фіксації інструменту на токарних верстатах Mazak Quick Turn Smart 200 застосовуються стандартні інструментальні тримачі типу VDI або BMT з швидкозмінними різцетримачами. Свердлильно-фрезерне оброблення на DMG MORI CMX 600 V виконується із застосуванням інструменту з конусом BT40 або SK40 у стандартних прецизійних цангових патронах, фрезерних головках, торцевих фрезах, спіральних свердлах та мітчиках.

Залежно від розмірів та геометрії оброблюваних поверхонь підбирається інструмент із каталогу провідних виробників — Sandvik Coromant, Walter, Seco, Iscar, Kennametal. Застосовуються як універсальні, так і спеціалізовані інструменти для внутрішнього точіння, обробки канавок, кінцевого розточування, а також твердосплавні свердла з багат шаровим покриттям для високошвидкісного свердління.

Вимірювання — це процес визначення числового значення контрольованої величини за допомогою спеціальних технічних засобів, що виражається у відповідних одиницях. Під час проведення вимірювань особливу увагу приділяють метрологічним характеристикам вимірювального

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

обладнання, до яких належать ціна поділки шкали, допустима похибка, діапазон вимірювання та зусилля, необхідне для його здійснення.

Методи вимірювання розрізняються за способом отримання результату, характером впливу на деталь та способом дії. Абсолютний метод передбачає безпосереднє визначення повного значення величини. Відносний метод полягає у встановленні відхилення від еталона або зразка. При прямому методі вимірюється саме та величина, яка цікавить, тоді як при непрямому — результат обчислюється на основі вимірювань інших, пов'язаних величин. У випадку контактного методу між інструментом і поверхнею деталі відбувається дотик. При безконтактному методі вимірювання здійснюється без фізичного контакту.

Контроль якості виготовлених деталей може бути суцільним, коли перевіряються всі вироби, вибіркоvim — у випадку стабільного й добре налагодженого технологічного процесу, або поелементним, коли оцінюються окремі частини виробу. У сучасному машинобудуванні ключову роль відіграє правильний вибір методу контролю та стан вимірювального інструменту, адже неправильний підхід або неточне обладнання можуть призвести до браку.

Особливої уваги заслуговує координатно-вимірювальна машина Mitutoyo Crysta-Apex S 574, яка поєднує в собі високу точність, надійність і технологічність. Вона дає змогу здійснювати як контактні, так і безконтактні вимірювання, забезпечуючи мінімальну похибку навіть при складній геометрії поверхонь. Завдяки автоматизованому управлінню, 3D-візуалізації та цифровому аналізу результатів Crysta-Apex S ефективно використовується як для вибіркового, так і для поелементного контролю, дозволяючи значно зменшити вплив людського фактора, пришвидшити перевірку та забезпечити високу якість виробів.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 6 – обладнання

№ операції	Обладнання	Тип обробки	Інструмент (назва)	Тип/ марка/модель	Матеріал ріжучої частини
005,	Mazak Quick Turn Smart 200	Токарна	Різець прохідний отогнутий	Sandvik CoroTurn 107	Твердий сплав TiAlN +
			Свердло центрувальне Ø2 мм	Iscar DCN 1202	Твердий сплав
010	Mazak Quick Turn Smart 200	Токарна	Різець торцевий прямий	Kennametal Top Notch	Кераміка
			Розточувальний різець для отвору Ø7	Sandvik Silent Tools	Твердий сплав
015	DMG MORI CM X 600 V	Свердлувальна	Свердло Ø7 мм	Walter Titex DC160	Твердий сплав AlTiN +
			Свердло Ø6,2 мм	Seco Perfomax	Твердий сплав
			Мітчик М6	Emuge M6 Spiral Flute	Швидкоріз (HSS-E)
			Зенкер Ø10 мм	Gühring 90° countersink	Твердий сплав
020	Mitutoyo Crysta-Apex S	Контрольна	Штангенциркуль цифровий	Mitutoyo 500-196-30	Нерж. сталь
			Мікрометр цифровий	Mitutoyo MDC-25MX	Нерж. сталь
			3D координатна вимірювальна машина	Mitutoyo Crysta-Apex S 574	

Всі інструменти відповідають вимогам до серійного виробництва: висока зносостійкість, жорсткість, стабільна геометрія. Матеріали ріжучої частини — здебільшого твердосплавні з покриттям для збільшення ресурсу.

					Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	41

Оснащення підібрано під стандартні інтерфейси верстатів: VDI/BMT для токарного Mazak та BT40/ER32 для фрезерного DMG MORI.

Ця підбірка інструменту та оснащення дозволяє максимально ефективно реалізувати запропонований технологічний маршрут на сучасному обладнанні, забезпечуючи високу продуктивність обробки, точність та швидке переналагодження.

2.9 Розрахунок припусків і визначення розмірів на проміжних етапах обробки

У процесі виготовлення деталей важливо забезпечити необхідну точність і якість оброблених поверхонь. Для цього здійснюється розрахунок припусків — шарів матеріалу, які поступово знімаються під час обробки. Разом з цим визначаються міжопераційні розміри, що відповідають стану деталі після кожного технологічного етапу. Грамотно призначені припуски та розміри дозволяють уникнути помилок, зменшити витрати і забезпечити стабільність виробництва.

Припуском називають шар матеріалу, який підлягає видаленню в процесі обробки для досягнення необхідної точності, форми та шорсткості поверхні. Обробка поверхні здійснюється в кілька етапів: чорнове точіння, напівчистове точіння, а за потреби — й чистове. На кожному етапі знімається певний шар металу, що забезпечує поетапне наближення до кінцевого розміру. Під час виконання операцій деталь установлюється в спеціальному затискному пристрої, який забезпечує її надійне базування і точність обробки. На основі технічних вимог до поверхні та обраної послідовності обробки виконуємо розрахунок сумарного та операційних припусків. Отримані значення вносяться до таблиці міжопераційних розмірів, яка є складовою частиною технологічної документації.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 7– Міжопераційні розміри

№ опер.	Зміст технологічного переходу	Елементи припусків мкм				Граничні розміри		Граничні припуски	
		Rz	T	ρ	E	Dmin	Dmax	2Zmin	2Zmax
1	Заготовка	150	200	1440	-	86.8	90.3	-	-
2	Точіння чорнове	50	50	73	442,8	83.02	83.87	3.8	6.43
3	Точіння напівчистове	30	30	58,4	17,71	82.65	83	0.3	0.81

Визначення просторових відхилень для заготовки

Просторові відхилення визначаємо за формулою

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{екс}^2}$$

$\rho_{екс} = 1,4$ мм — відхилення по ексцентричності,

$\rho_{зм} = 0,4$ мм — відхилення по зміщенню штампуг.

Підставляємо значення:

$$\rho_3 = \sqrt{1,4^2 + 0,4^2} = 1,455 \text{ мм}$$

для наступних технологічних переходів просторові відхилення розраховуються за формулою

$$\rho_i = \rho_3 K_y$$

K_y — коефіцієнт уточнення форми деталі.

$$\rho_1 = 1460 \cdot 0,05 = 73 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 1460 \cdot 0,04 = 58,39 \text{ мкм}$$

Проводимо розрахунок похибки базування та закріплення деталі.

$$E_y = \sqrt{E_0^2 + E_3^2 + E_{пр}^2}$$

E_0 - похибка базування деталі

E_3 - похибка закріплення деталі

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					43

$E_{\text{пр}}$ похибка затискного пристрою

$$E_{y1} = \sqrt{0^2 + 440^2 + 50^2} = 442,81 \text{ мкм}$$

Для решти технологічних переходів

$$E_{y2} = 442,8 \cdot 0,04 = 17,72 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{розрах}}^{\text{пр}} = 2(150 + 200 + \sqrt{1460^2 + 442,8^2}) = 3751,41 \text{ мкм}$$

Для другого переходу

$$2Z_{\text{розрах}}^{\text{пр}} = 2(50 + 50 + \sqrt{73^2 + 17,71^2}) = 350,21 \text{ мкм}$$

Розраховуємо проміжні (міжопераційні) розміри, необхідні для забезпечення поступового досягнення заданого остаточного розміру деталі на кожному етапі обробки.

Ці розміри визначаються з урахуванням заданого припуску, допусків та похибок установки, і є основою для побудови розмірного ланцюга технологічного процесу.

$$d_{p2} = d_n - \delta = 83 - 0,35 = 82,65 \text{ мм}$$

$$d_{p1} = 82,65 + 0,3502 = 83,02 \text{ мм}$$

$$d_{p3} = 83,02 + 3,75 = 86,77 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимально допустимі та мінімально допустимі розміри, які забезпечують відповідність деталі вимогам креслення та технічної документації. Ці розміри враховують встановлені поля допусків і необхідні для контролю якості на кожному етапі обробки

$$D_{\text{min заг}} = 86,8 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min1}} = 83,0 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min2}} = 82,65 \text{ мм}$$

$$d_{\text{max}} = d + \delta$$

$$d_{\text{max заг}} = 86,8 + 3,5 = 90,30 \text{ мм}$$

$$d_{\text{max1}} = 83,0 + 0,87 = 83,871 \text{ мм}$$

$$d_{\text{max2}} = 82,7 + 0,35 = 83,05 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні припуски

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$2Z_{\min 1} = 86.8 - 83.0 = 3.8 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 2} = 83.0 - 82.7 = 0.3 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 1} = 90.3 - 83.87 = 6.43 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max 2} = 83 - 83.05 = 0.82 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку

$$6.43 - 3.8 = 2.63 = 3.5 - 0.87$$

$$0.82 - 0.3 = 0.52 = 0.87 - 0.35$$

На основі отриманих даних будуємо графік (рисунок 8) розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів для обробки отвору $\varnothing 83$ мм, який відображає послідовність змін геометричних параметрів на кожному етапі технологічного процесу.

На рисунку відображено послідовність змін розмірів заготовки під час виконання технологічних переходів. Він ілюструє: початковий розмір заготовки; міжопераційні розміри після кожного переходу; припуски, що знімаються на кожному етапі; допуски на обробку; остаточний розмір із допуском, відповідно до креслення.

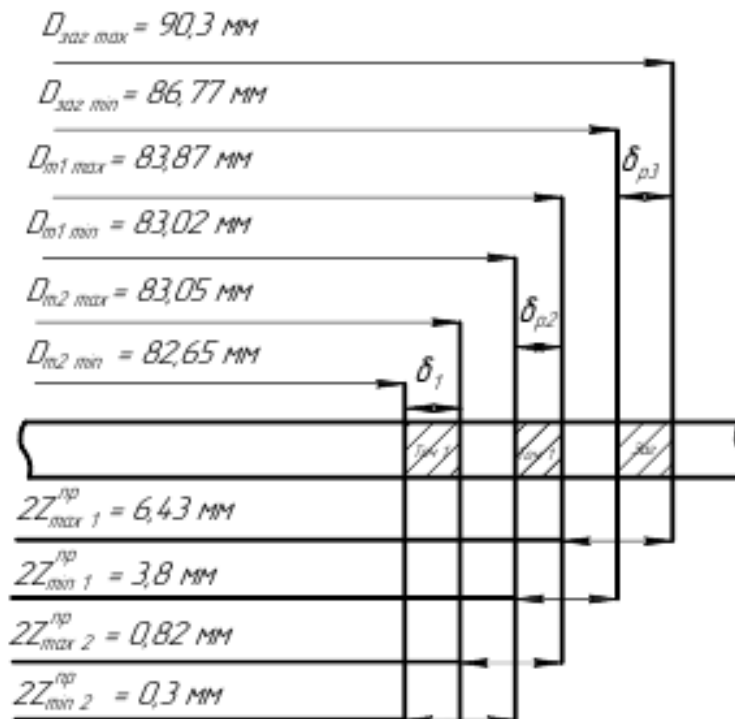


Рисунок 8 – Розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів при обробці

2.10 Розрахунок режимів різання

Розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки звичайно завершується встановленням технологічних норм часу для кожної операції. Для того, щоб добитися оптимальних норм часу на операцію, необхідно в повній мірі використовувати ріжучі властивості інструмента та виробничі можливості технологічного обладнання.

При виборі режимів різання необхідно дотримуватися певного порядку: враховуються тип та розміри ріжучого інструменту; матеріал його ріжучої частини; матеріал та стан заготовки; тип обладнання та режими роботи верстатів; вимоги до точності та якості поверхні. Для кожного виду обробки визначаються основні параметри режиму різання: Швидкість різання V , м/хв; Подача S , мм/об або мм/хв; Глибина різання t , мм.

Для операції 005 (токарна обробка сталі 3 на верстаті Mazak Quick Turn Smart 200 з використанням різця Sandvik CoroTurn 107):

Матеріал заготовки — Сталь 3

Матеріал ріжучої частини — твердий сплав з TiAlN

Згідно таблиць режимів різання:

Аналогічні розрахунки виконуються для кожної операції згідно обраного інструменту, матеріалу та параметрів.

Діаметр обробки: 83 мм

Швидкість різання: 132 м/хв

Подача на оберт: 0,36 мм/об

Швидкість шпинделя (n) \approx 505 об/хв

Хвилинна подача (S_p) $= 0,36 \times 505 \approx 182$ мм/хв

Сили та потужність

Онлайн-калькулятор- Material Removal Rate Calculator (рисунок 9), підтверджує:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

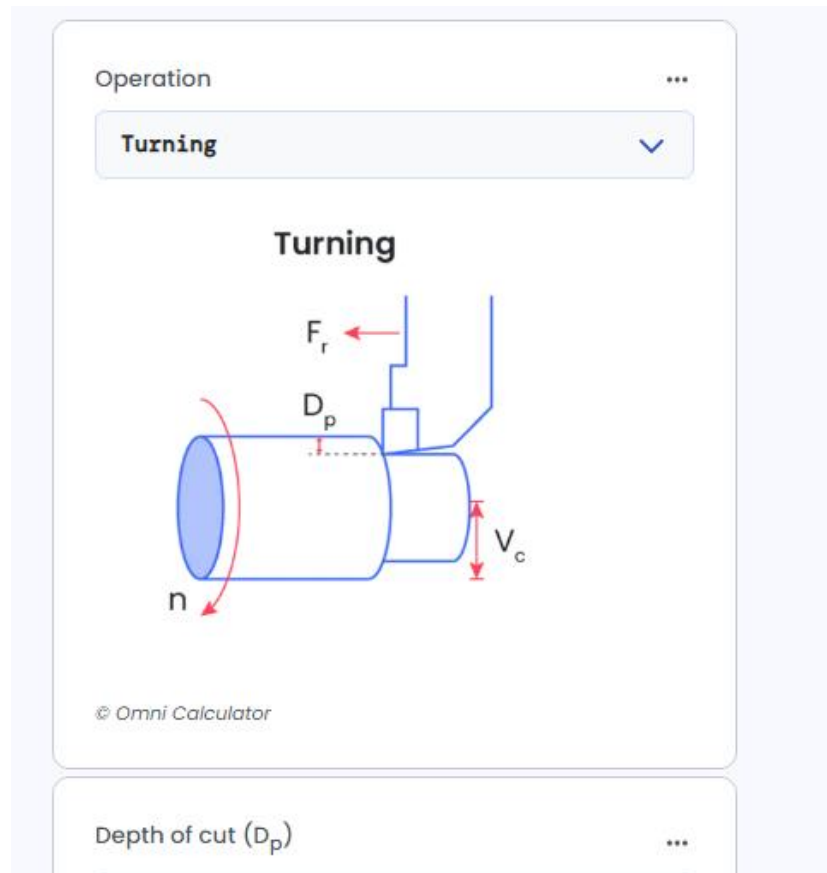


Рисунок 9 – розрахунок за допомогою Material Removal Rate Calculator

Наступні переходи зведені в таблицю 8

Таблиця 8 – режими різання за переходами

Перехід	D (мм)	V (м/хв)	n (об/хв)	f (мм/об)	S _p (мм/хв)	MRR (мм ³ /хв)
T1	83	132	505	0,36	182	364 000
T2	83	120	1000	0,38	380	≈ 628 000

Таким чином, встановлення режимів різання дозволяє забезпечити оптимальне співвідношення між продуктивністю, якістю обробки та зносостійкістю інструменту.

Операція 015 — свердлильна обробка з числовим програмним керуванням (ЧПК), код операції 3808. Заготовка — штампівка. Під час обробки деталь закріплюється у спеціальному пристосуванні №1.

Для виконання операції використовується свердлильний верстат з ЧПК DMG MORI CMX 600 V.

Основні технічні характеристики верстата DMG MORI CMX 600 V наведені у таблиці 9

Таблиця 9 – Технічні характеристики верстата DMG MORI CMX 600 V

Параметр	Значення
Максимальний діаметр свердління	35 мм
Робоча довжина ходу	900мм
Ширина робочої поверхні стола	560 мм
Максимальні переміщення по осях	Продольне (вісь Z): 510 мм Поперечне (вісь X): 600 мм Вертикальне (вісь Y): 560 мм
Швидкість обертання	20-12000 об/хв
Довжина шпиндельного вала	450 мм
Потужність двигуна шпинделя	13 кВт
Конус шпинделя	SK40 (DIN 69871) або BT40
Кількість позицій	30
Швидке переміщення (X/Y/Z)	до 30 м/хв

Дані характеристики забезпечують необхідну точність та технологічність процесу свердління отворів із застосуванням ЧПК, відповідають виробничим вимогам та специфікації заготовки.

Для виконання операції 015 на свердлильному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) передбачено наступні позиції інструментів та відповідні технологічні операції:

Позиція 1 (інструмент T1): центрування 9 отворів діаметром 2,5 мм.

Позиція 2 (інструмент T2): свердління 3 отворів діаметром 7 мм.

Позиція 3 (інструмент T3): свердління 3 отворів під різьбу M6-7H.

Позиція 4 (інструмент T4): свердління 3 отворів діаметром 6,2 мм.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Позиція 5 (інструмент Т5): розгортання (цикування) 3 отворів діаметром 10 мм.

Позиція 6 (інструмент Т6): нарізання різьби в 3 отворах М6-7Н.

Одним із ключових етапів розробки технологічного процесу механічної обробки є визначення режимів різання та розрахунків штучного часу на виконання операцій. Ці параметри безпосередньо впливають на якість обробки, точність деталей, а також продуктивність виробництва в цілому.

Для забезпечення максимальної точності і ефективності розрахунки режимів різання сьогодні часто виконуються із застосуванням сучасних онлайн-калькуляторів та спеціалізованих програмних комплексів (таблиця 10).

Таблиця 10 – Розрахунки режимів різання

№ опе	тех пер	$L_{різ}$ мм	$L_{рх}$ мм	t мм	$S_{от}$ мм/об	$S_{фр}$ мм/об	$S_{хв}$ мм/хв	V_m м/хв	$V_{ф}$ м/хв	n_p об/хв	$n_{ф}$ об/хв	T_o хв	i
005	1	86	91	2	0,43	0,36	90	81,51	81,51	301,8	250	1,01	1
		12	17	2	0,43	0,36	90	81,51	81,51	312,75	250	0,19	1
	2	5	11	2,5	0,2	0,2	32	8,8	6,7	934	710	0,35	1
	3	16	21	7	0,4	0,4	142	19,13	15,6	435	355	0,15	2
	4	5	7	1,75	0,45	0,38	190	120	74,1	637	500	0,074	1
010	1	5	13	2	0,43	0,36	90	81,51	29	701,5	250	0,2	1
		3	6	2	0,43	0,36	90	81,51	27,5	741,7	250	0,1	1
		3	48	2	0,43	0,36	90	81,51	65,2	312,75	250	0,57	1
	2	2	6	1,5	0,45	0,38	360	74,1	62,8	1779,9	1000	0,023	1
015	1	2,5	6,5	1,25	0,3	0,15	190	8,8	7,85	1121	1000	0,51	1
		2	12	15	3,5	0,16	0,15	150	22,3	21,98	1014,6	1000	0,3
	3	12	15	2,85	0,1	0,1	100	22,3	17,5	124,7	1000	0,45	1
		4	12	15	3,1	0,11	0,1	100	22,3	19,5	114,3,6	1000	0,45
	5	8	11	1,9	0,4	0,4	200	19,13	15,7	609	500	0,165	1
		6	12	15	0,15	0,15	0,5	250	12	9,4	573	500	0,18

Такі інструменти дозволяють врахувати широкий спектр факторів: характеристики матеріалу заготовки, тип і геометрію ріжучого інструменту, конструкцію та технічні параметри обладнання, умови охолодження та інші

технологічні особливості. Завдяки цьому розрахунки стають більш обґрунтованими, що знижує ризики дефектів та перевитрати матеріалів і ресурсів. Виконуємо розрахунок режимів різання та штучного часу за допомогою сучасних онлайн-калькуляторів, що дозволяє підвищити точність та оперативність визначення оптимальних параметрів обробки.

Ці інструменти враховують властивості матеріалів, характеристики інструменту та обладнання, а також специфіку конкретної операції. Отримані результати систематизуються та заносяться до зведених таблиць, що забезпечує наглядність і зручність подальшого аналізу. Такий підхід дозволяє обґрунтовано планувати технологічний процес, оптимізувати витрати часу та підвищити продуктивність виробництва.

Окрім режимів різання, важливим показником є штучний час — час, який витрачається безпосередньо на виконання операції обробки одиної деталі. Його розрахунок базується на швидкості руху інструменту, довжині проходу, числі оборотів шпинделя та інших параметрах. Точне визначення штучного часу є основою для планування виробничих графіків і нормування праці (таблиця 11).

Таблиця 11– Узагальнена таблиця розрахунку штучного часу (в хвилинах)

<i>N°</i>	<i>T₀ хВ</i>	<i>T_д</i>	<i>T_{до}</i>	<i>T_{оп}</i>	<i>T_{обс}</i>	<i>T_{осп}</i>	<i>T_{шт}</i>	<i>n_{зоз}</i>	<i>T_{пз}</i>	<i>T_{шт.к}</i>
<i>005</i>	<i>1,1744</i>	<i>0,964</i>	<i>1,23</i>	<i>3,368</i>	<i>0,155</i>	<i>0,047</i>	<i>3,57</i>	<i>315</i>	<i>78,2</i>	<i>3,82</i>
<i>010</i>	<i>0,87</i>	<i>0,964</i>	<i>0,277</i>	<i>2,111</i>	<i>0,097</i>	<i>0,03</i>	<i>2,238</i>	<i>315</i>	<i>25,3</i>	<i>2,32</i>
<i>015</i>	<i>2,055</i>	<i>1,39</i>	<i>1,39</i>	<i>4,109</i>	<i>0,144</i>	<i>0,04</i>	<i>4,293</i>	<i>315</i>	<i>18</i>	<i>4,35</i>

Точний розрахунок штучного часу дозволяє не лише забезпечити ефективно завантаження обладнання, а й відіграє ключову роль у формуванні собівартості продукції, визначенні виробничої потужності підприємства, а також у розробці календарних графіків.

Завдяки цьому показнику стає можливим обґрунтоване нормування праці, контроль витрат часу на технологічні операції та загальна оптимізація виробничого процесу.

У дипломному проєкті штучний час для кожної операції визначено на підставі розрахункових формул та програмного забезпечення, з урахуванням конкретних умов обробки та застосованого обладнання. Отримані результати подано у вигляді зведених таблиць, що дозволяє наочно оцінити трудомісткість операцій та забезпечити подальше техніко-економічне обґрунтування.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було виконано розробку технологічного процесу механічної обробки деталі, зокрема здійснено обґрунтований вибір обладнання, ріжучого інструменту та режимів різання для кожної з технологічних операцій.

З урахуванням конструктивних особливостей деталі та вимог до точності обробки, підібрано сучасне високоточне обладнання — токарний верстат з ЧПК Mazak Quick Turn Smart 200 та вертикальний оброблювальний центр DMG MORI CMX 600 V, які забезпечують високу стабільність та продуктивність обробки.

Інструментальне оснащення сформоване з урахуванням характеристик оброблюваного матеріалу (сталь 3) та специфіки кожної операції. Обрано інструменти провідних світових виробників — Sandvik, Iscar, Seco, Walter, Emuge, що дозволяє досягти високої якості поверхні, мінімізувати знос інструменту та зменшити витрати часу на обробку.

Проведено розрахунок режимів різання для основних операцій: свердління, розточування, нарізання різьби, циклевання. Розрахунки

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

виконано з використанням спеціалізованих онлайн-ресурсів та довідкових таблиць, що відповідають сучасним вимогам виробництва.

На основі розрахованих параметрів визначено штучний час, що витрачається на виконання кожної операції. Отримані значення узагальнено у зведеній таблиці, яка стане підґрунтям для подальших економічних розрахунків.

Таким чином, у розділі обґрунтовано технічно доцільний та економічно вигідний підхід до організації механічної обробки, що відповідає сучасному рівню автоматизованого виробництва.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					52

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок та конструювання спеціального пристрою

У даній роботі розроблено спеціальний пристрій, призначений для надійного закріплення заготовки під час свердління отворів на торцевій поверхні деталі. Основними елементами пристрою є корпус (позиція 1), у якому вмонтовано діафрагмовий пневмопривід (позиція 2), а також оправка, що виконує роль базування деталі під час обробки (рисунок 10).

Принцип дії пристрою полягає у наступному. Після встановлення деталі на оправку, для її фіксації у робоче положення у верхню порожнину пневмопривода подається стиснене повітря. Під його тиском діафрагма переміщується вниз, спричиняючи рух штока разом з опорною шайбою та змінною притисочною головкою. В результаті деталь щільно притискається до торця оправки, що забезпечує точне положення та надійне закріплення під час свердління.

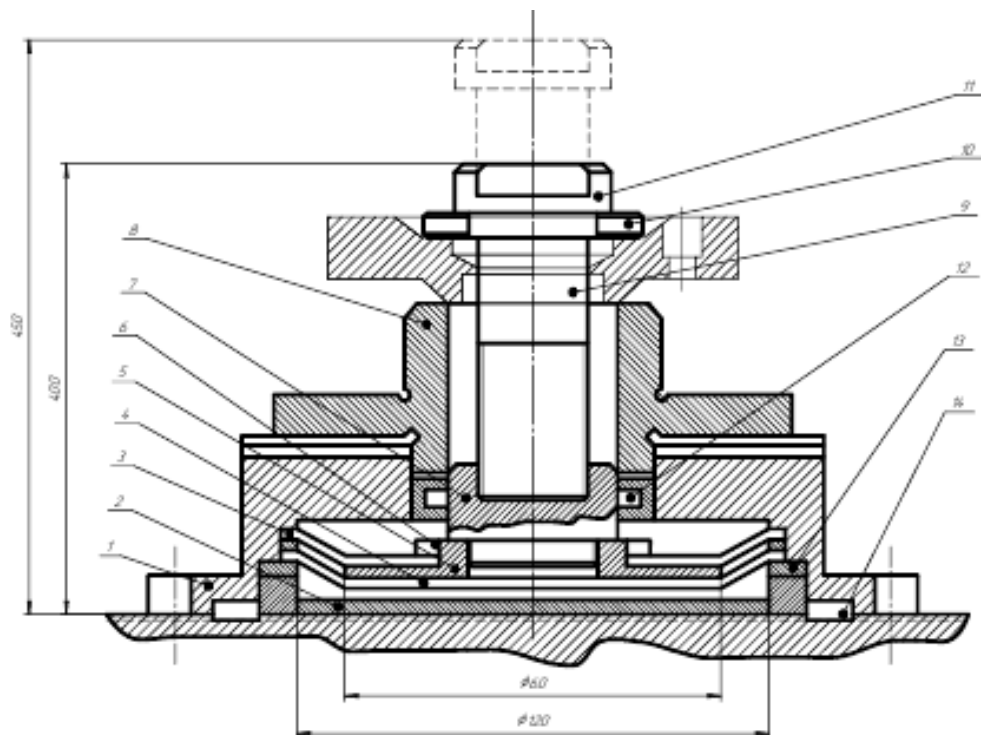


Рисунок 10 – Пристрій для базування деталі

					Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	53

Після завершення технологічної операції подача стисненого повітря переключається у нижню порожнину пневмопривода. Це викликає зворотний хід діафрагми, а разом із нею — підйом штока з притискним вузлом. Деталь автоматично вивільняється, що дозволяє швидко здійснити її заміну без необхідності ручного розтиснення.

Пристрій кріпиться до столу верстата за допомогою гвинтових (болтових) з'єднань, що забезпечує його жорстке і стабільне положення під час експлуатації. Конструкція передбачає можливість легкої заміни притискної шайби та головки, що дозволяє адаптувати пристрій до деталей різної геометрії.

Застосування пневматичного затискного механізму значно скорочує час на встановлення й зняття деталі, підвищує продуктивність процесу, а також забезпечує стабільність якості обробки завдяки постійному зусиллю притиску.

Під час виконання свердлильної операції на торці деталі на заготовку діють два основні навантаження — осьова сила та момент кручення. Осьова сила виникає внаслідок подачі свердла і спрямована вздовж осі обробки. Для ефективного протидіяння цій силі у конструкції пристрою передбачено затискний механізм, що передає зусилля притискання на заготовку через змінну шайбу. Це зусилля спрямоване в тому ж напрямку, що й осьова сила, і забезпечує надійне притискання деталі до опорної поверхні оправки, запобігаючи її зміщенню під час свердління.

Окрім осьового навантаження, на деталь також діє момент кручення, який виникає через обертання свердла. Цей момент намагається повернути заготовку відносно її осі закріплення. Для запобігання обертанню деталі використовується сила тертя, що виникає між базовими поверхнями деталі та опорою пристрою, а також між деталлю й змінною шайбою. Момент тертя створює реактивний момент, який протидіє моменту кручення, утримуючи деталь у фіксованому положенні.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таким чином, ефективність функціонування пристрою досягається завдяки взаємодії осьового затискного зусилля та сил тертя, що разом забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки при дії зовнішніх сил та моментів, характерних для свердлильного процесу.

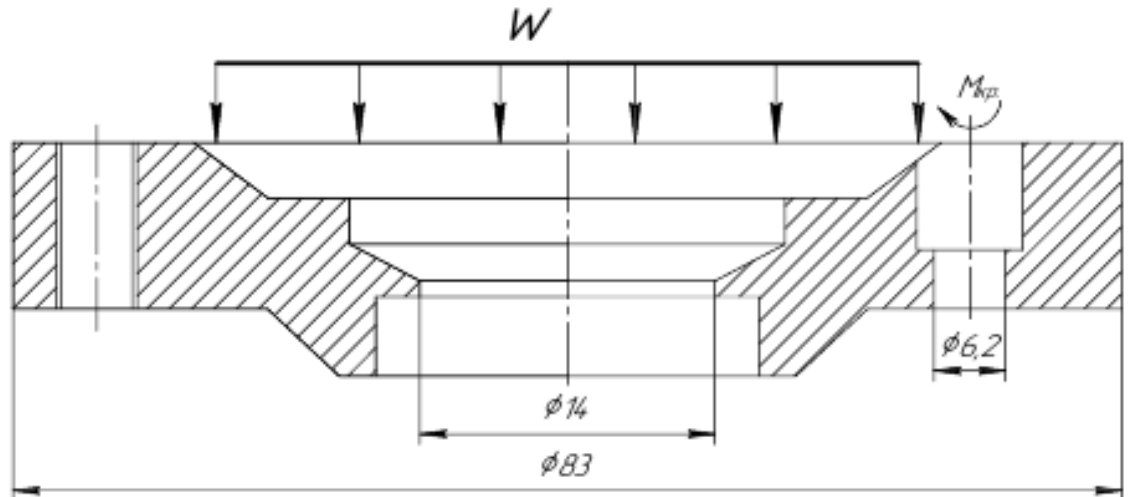


Рисунок 11 – Схема дії зусилля

Формула для визначення взаємодії сил:

$$(W+P_0)fr = \frac{2M_{кр}}{D} KR$$

$$W = \frac{2KRM_{кр}}{d} - P_0$$

де P_0 - осьова сила

$$P_0 = \frac{M_{кр}}{d}$$

Для оцінки навантаження, яке діє на пристрій під час свердління, необхідно визначити два основних параметри — крутний момент (момент кручення) та осьову силу. Ці величини є критично важливими для обґрунтування міцності й надійності конструкції затискного пристрою.

$$P_0 = \frac{M_{кр}}{r} = \frac{780}{3.2} = 250.6$$

Визначення параметрів для забезпечення надійного затиску заготовки

Під час свердління деталей утримується у пристрої за рахунок сил тертя між її базовою поверхнею та установочними елементами (опора, шайба,

					Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	55

оправка). Характер зчеплення залежить від коефіцієнта тертя f , який визначає величину тертя при затиску. Залежно від стану поверхонь і матеріалів з'єднання приймається:

$$f = 0,25 \div 0,45$$

Для розрахунків зазвичай приймається середнє значення $f = 0,35$

Після визначення крутного моменту та осьової сили можливо перевірити, чи достатнє зусилля затиску в пристрої, та чи забезпечує момент тертя достатній опір обертанню деталі. Це є основою для забезпечення надійної роботи всього пристрою під навантаженням.

Надійність утримання заготовки під навантаженням визначається комплексним коефіцієнтом K , який враховує різні фактори впливу на процес затиску. Він розраховується як добуток часткових коефіцієнтів:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

де:

$K_0 = 1,5$ — базовий гарантований коефіцієнт затиску,

$K_1 = 1,0$ — враховує стан поверхні заготовки,

$K_2 = 1,5$ — враховує збільшення сили різання,

$K_3 = 1,0$ — враховує специфіку переривчастого різання,

$K_4 = 1,0$ — враховує сталість сили затиску,

$K_5 = 1,0$ — враховує використання механізованого приводу затиску.

Таким чином:

$$K = 1,5 \times 1,0 \times 1,5 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,25$$

r — це відстань від точки прикладання сили затиску до осі обертання деталі, по якій діє момент кручення. Ця відстань визначає важіль, через який створюється протидіючий момент тертя.

R — відстань між віссю свердла та віссю заготовки. Визначає плече прикладання крутного моменту свердління. З урахуванням цих параметрів та значення крутного моменту M , можна перевірити умову стійкості заготовки:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$M \leq f \times Fz \times r$$

або:

$$Fz \geq M / (f \times r)$$

де Fz — фактична сила затиску, яку повинен забезпечувати пристрій з урахуванням коефіцієнта надійності:

$$Fz = K \times F_{min}$$

$$R = \frac{D - D_1}{2} = 26 \text{ мм}$$

$$W = \frac{2 \times 2.25 \times 780 \times 26}{6.2 \times 0.45 \times 24.5} - 251.6 = 696.2$$

У конструкції пристрою затискний механізм не має власного силового виконавчого елемента (наприклад, гвинтової пари, важеля або гідроциліндра), а тому затискне зусилля створюється за рахунок зовнішнього джерела — механізованого приводу. У даному випадку, роль силового елемента виконує діафрагмовий пневмопривід, що забезпечує передачу необхідного зусилля на затискний вузол через опорну шайбу.

$$Q = \frac{W}{\eta}$$

η - коефіцієнт витрат на тертя – 0,95

$$Q = \frac{696.2}{0.95} = 732.72$$

У даному пристрої для забезпечення фіксації заготовки використовується мембранний (діафрагмовий) пневмопривід. Його конструкція передбачає переміщення гнучкої мембрани під дією стиснутого повітря, що дозволяє отримати стабільне вихідне зусилля без застосування складних кінематичних механізмів.

Розрахункове вихідне зусилля на штокові приводу, яке забезпечується тиском повітря на мембрану, становить:

$$Q = 732,72 \text{ кгс}$$

Це зусилля передається через опорну шайбу та шток безпосередньо на затискувану заготовку, притискаючи її до базових поверхонь. Значення Q є

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

достатнім для забезпечення надійного утримання деталі при дії осьових сил свердління та крутного моменту, що виникають під час обробки. У конструкції не використовується окремий силовий механізм, тому весь процес затиску повністю забезпечується пневматичним тиском, що є енергоефективним і зменшує конструктивну складність пристрою.

Вихідне зусилля, яке створюється механізованим приводом, передається безпосередньо на заготовку, притискаючи її до базової поверхні. Це зусилля повинне бути достатнім для протидії осьовим силам свердління та моменту кручення, що виникають під час обробки. Таким чином, ефективність та надійність фіксації деталі у пристрої повністю залежить від робочих характеристик приводу, а також від розрахованого затискного зусилля з урахуванням коефіцієнта надійності.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У ВИРОБНИЦТВІ ФЛАНЦЯ

4.1 Загальні положення

Охорона праці є важливою складовою частиною організації виробництва, яка спрямована на створення безпечних умов праці, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аваріям. Під час виготовлення фланця працівники мають справу з верстатним обладнанням, ручним інструментом, механізмами підйому та транспортування, що вимагає дотримання відповідних норм і правил охорони праці. Забезпечення здорових і безпечних умов праці є не лише моральним обов'язком роботодавця, але й юридичною вимогою, передбаченою чинним законодавством.

4.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

У процесі виготовлення фланця працівники можуть наражатися на низку небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать механічні травмуючі фактори, зокрема контакт із рухомими частинами верстатів або обертовим інструментом. Також мають місце фізичні фактори, як-от підвищений рівень шуму, вібрація, недостатній рівень освітлення. Крім того, під час роботи використовуються змащувально-охолоджувальні рідини, що належать до хімічних речовин, контакт з якими може бути шкідливим. Робота з електроінструментом або електрообладнанням супроводжується ризиком ураження електричним струмом. Слід також враховувати психофізіологічні фактори, зокрема монотонність операцій, емоційне навантаження та необхідність постійної концентрації уваги. Для зменшення впливу цих факторів необхідно впроваджувати комплекс організаційних, інженерно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

4.3 Вимоги до виробничого приміщення

Приміщення, де здійснюється обробка фланця, повинне відповідати санітарно-гігієнічним, технічним та протипожежним вимогам. Воно має бути обладнане природним та штучним освітленням відповідної інтенсивності, не менше 300 лк на робочій поверхні, щоб уникнути перевтоми зору. Температурний режим необхідно підтримувати в межах +18...+22 °С для забезпечення комфортних умов праці. У приміщенні повинна бути організована припливно-витяжна вентиляція, що забезпечує відведення пилю, шкідливих випарів і тепла. З метою зниження рівня шуму повинна застосовуватись шумоізоляція. Обов'язковим є забезпечення вільного доступу до евакуаційних виходів, наявність чітко позначених схем евакуації та справного протипожежного інвентарю.

4.5 Вимоги безпеки при роботі на верстатах

У процесі виготовлення фланця широко застосовуються токарні, фрезерні, свердлильні та шліфувальні верстати. Робота на такому обладнанні вимагає суворого дотримання правил безпеки. Перед початком зміни працівник зобов'язаний перевірити справність обладнання, наявність і стан захисних огорожень. Верстати мають бути оснащені захисними кожухами на рухомих та обертових частинах. Робота повинна виконуватись лише при надійному закріпленні заготовки, із застосуванням справного інструменту. Під час роботи працівник має бути одягнений у спецодяг і користуватись засобами індивідуального захисту – захисними окулярами, навушниками, рукавицями. Забороняється очищення або змащення верстата під час його роботи. Усі небезпечні операції мають виконуватись із особливою обережністю та концентрацією уваги. Під час роботи з електроінструментом і обладнанням необхідно забезпечити дотримання вимог електробезпеки,

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

викладених у Правилах улаштування електроустановок. Усі електроустановки повинні бути надійно заземлені. Електроінструменти повинні мати або заземлення, або подвійне ізоляційне покриття. Забороняється експлуатація інструментів із пошкодженими проводами або вимикачами. Не допускається робота в умовах підвищеної вологості або з вологими руками. У виробничих приміщеннях мають бути встановлені автоматичні вимикачі аварійного відключення. Працівники, що допускаються до роботи з електрообладнанням, повинні пройти відповідний інструктаж і перевірку знань.

Забезпечення пожежної безпеки є обов'язковою умовою функціонування будь-якого виробництва. На дільниці виготовлення фланців необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки, включно з правильним зберіганням легкозаймистих рідин і матеріалів у металевих шафах, заборонаю паління в приміщеннях, навчанням персоналу діям у разі пожежі. Робочі місця повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: порошковими або вуглекислотними вогнегасниками, які мають бути у справному стані та легко доступними. Необхідно регулярно проводити інструктажі з пожежної безпеки, а також навчання з використання вогнегасників та евакуації.

На кожному виробництві повинна бути укомплектована аптечка з основними засобами для надання першої медичної допомоги. Працівники повинні пройти відповідний інструктаж, а також знати алгоритм дій у разі виникнення травм або гострих станів. У разі нещасного випадку необхідно негайно повідомити безпосереднього керівника та викликати медичну допомогу. Аптечка повинна містити стерильні перев'язувальні матеріали, антисептичні засоби, знеболювальні препарати та інструкцію із застосування медикаментів. Рекомендується проводити тренування щодо надання допомоги при кровотечах, опіках, пораненнях, а також у разі втрати свідомості.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Висновки до розділу

Питання охорони праці є надзвичайно важливими під час організації виробництва деталей, зокрема фланців, оскільки процес обробки пов'язаний з дією цілого ряду шкідливих та небезпечних виробничих факторів. У процесі виготовлення фланця оператори мають справу з різноманітним обладнанням: токарними, свердлильними, фрезерними та шліфувальними верстатами, що вимагає високого рівня обізнаності, уваги та дотримання технологічної дисципліни. Забезпечення безпеки працівників досягається за рахунок правильного планування виробничих процесів, обладнання робочих місць засобами колективного та індивідуального захисту, проведення інструктажів та впровадження заходів профілактики травматизму.

Окрему увагу слід приділяти забезпеченню відповідності приміщень нормам мікроклімату, освітлення, вентиляції та шумозахисту. Важливим елементом є електробезпека: всі електроустановки повинні мати справне заземлення, захист від перевантажень та відповідати нормативним вимогам. Пожежна безпека також відіграє ключову роль, адже в умовах роботи з металом та мастильними матеріалами завжди існує ризик виникнення загоряння. Наявність первинних засобів пожежогасіння, доступність евакуаційних шляхів та навчання працівників діям у разі надзвичайної ситуації є обов'язковими умовами безпечного виробництва.

Таким чином, впровадження системного підходу до організації охорони праці при виготовленні фланців дозволяє створити безпечне виробниче середовище, знизити ризик аварій і травм, а також сприяє підвищенню ефективності праці та якості виготовленої продукції. Дотримання вимог законодавства та нормативних документів з охорони праці є не лише обов'язком роботодавця, а й запорукою збереження життя та здоров'я працівників.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Список використаної літератури

ДСТУ EN ISO 12100:2014. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризиків та зменшення ризику.

НПАОП 0.00-1.71-13. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями.

Гоголь С. В. Технологія машинобудування. – К.: Либідь, 2019. – 432 с.

Романовський О. П. Основи охорони праці. – К.: Центр учбової літератури, 2020. – 320 с.

Дьяків Л. Г., Резнік В. І. Технологія механічної обробки. – Харків: НТУ "ХП", 2021. – 348 с.

Курбатов І. М. Проєктування спеціальних пристроїв. – К.: Вища школа, 2017. – 292 с.

Пласконіс М. І. Технологічне оснащення верстатів. – К.: Ліра-К, 2018. – 304 с.

Чеботарьов В. І. Металорізальні верстати. – Харків: НТУ "ХП", 2020. – 388 с.

Герасимчук І. П., Снігуров В. Г. Матеріалознавство. – К.: Каравела, 2019. – 312 с.

Синельников О. І. Техніка безпеки в машинобудуванні. – К.: Артек, 2017. – 276 с.

Григоренко А. О. Основи охорони праці. – Львів: Львівська політехніка, 2021. – 360 с.

ДСТУ Б В.2.5-28:2006. Природне і штучне освітлення.

Жежерун А. Ю. Основи конструювання технологічного оснащення. – К.: Лібра, 2022. – 284 с.

Шлапак В. П. Проєктування пристроїв в машинобудуванні. – К.: Освіта України, 2020. – 267 с.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					63

ANSI B16.5 – Pipe Flanges and Flanged Fittings: NPS ½ through NPS 24 Metric/Inch Standard. – American National Standards Institute, 2020.

OSHA 1910 – Occupational Safety and Health Standards. – U.S. Department of Labor, 2023.

ASME B31.1 – Power Piping. – The American Society of Mechanical Engineers, 2021.

ASME B16.47 – Large Diameter Steel Flanges. – ASME International, 2022.

ISO 9001:2015. Quality Management Systems — Requirements. – International Organization for Standardization.

Kalpakjian S., Schmid S. Manufacturing Engineering and Technology. – 8th ed. – Pearson, 2020. – 1216 p.

Groover M. P. Fundamentals of Modern Manufacturing. – 7th ed. – Wiley, 2020. – 1056 p.

Juvinall R. C., Marshek K. M. Fundamentals of Machine Component Design. – 6th ed. – Wiley, 2016.

Oberg E., Jones F. D. Machinery's Handbook. – 31st ed. – Industrial Press, 2020.

Budynas R., Nisbett K. Shigley's Mechanical Engineering Design. – 11th ed. – McGraw-Hill, 2020.

Bolton W. Engineering Materials. – 3rd ed. – Butterworth-Heinemann, 2021.

Mahajan M. Industrial Safety and Environment. – Dhanpat Rai & Co., 2020.

Ulrich K. T., Eppinger S. D. Product Design and Development. – 7th ed. – McGraw-Hill, 2020

Department of Labor of Ukraine. Накази та методичні вказівки з охорони праці у машинобудуванні, 2019–2024.

Інструкція з охорони праці для токаря. Затверджена МОН України, 2022.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Наказ МОН №102 від 2015 р. “Про затвердження переліку безпечних умов праці в навчальних майстернях”.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65