

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

Технологічне підготвлення виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”

Виконав: студент групи ІН-41
спеціальності
131 “Прикладна механіка”
освітньо-професійної програми
“Промисловий інжиніринг”
Лотоцький С.-П. П.

Керівник: Бакай Б. Я.

Рецензент: Удовицький О. М.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

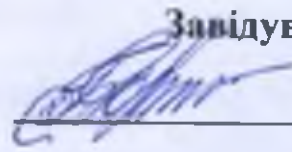
Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма Промисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЛПВЛД



доцент Бакай Б. Я.

“ 02 ” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лотоцькому Станіславу-Петру Петровичу

1. Тема роботи 1.3 Технологічне підготовлення виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”

керівник роботи Бакай Борис Ярославович, канд. техн. наук,
затверджені наказом університету від “ 16 ” серпня 2024 року № С-508

2. Термін подання студентом роботи 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи приймаються на основі даних виробничої діяльності підприємства “Фаворит АМ” з врахуванням вимог реалізації технологічного процесу; технічних умов виготовлення виробу; виконати порівняння варіантів виготовлення виробу; використати технологічні бази для механічної обробки виробу.

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

1 Аналіз виробничої діяльності підприємства “Фаворит АМ”

2 Організація серійного виробництва

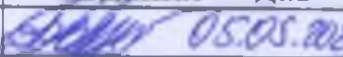
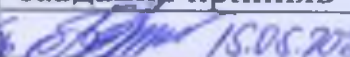
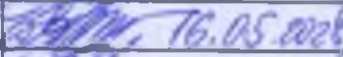
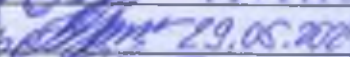
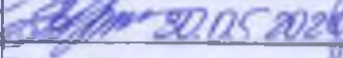
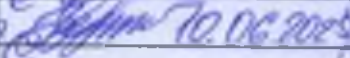
3 Технологія виготовлення фланця

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 Креслення виробу (3 арк.)

2 Креслення, схеми технології виготовлення виробу (2 арк.)

6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бакай Б. Я., завідувач кафедри	 05.05.2025	 15.05.2025
2	Бакай Б. Я., завідувач кафедри	 16.05.2025	 29.05.2025
3	Бакай Б. Я., завідувач кафедри	 30.05.2025	 10.06.2025

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз виробничої діяльності підприємства "Фаворит АМ"	05.05.2025-15.05.2025	
2	Організація серійного виробництва	16.05.2025-29.05.2025	
3	Технологія виготовлення фланця	30.05.2025-10.06.2025	
4	Формування розділів та оформлення кваліфікаційної роботи	11.06.2025-16.06.2025	

Студент


(підпис)

Лотоцький С.-П. П.

Керівник роботи


(підпис)

Бакай Б. Я.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 88 с., 3 ч., 8 табл., 14 рис., 6 дод., 11 джерел.

Тема: Технологічне підготвлення виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”.

ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ПІДПРИЄМСТВО, ФЛАНЕЦЬ.

Об’єкт дослідження (проекування) – виробничий і технологічний процес механічного цеха.

Мета роботи – розроблення та обґрунтування комплексу заходів з технологічного підготвлення виробництва для забезпечення ефективного та якісного виготовлення деталі.

Методи дослідження (проекування) – методи розрахунку, аналізу, порівняння, моделювання, аналогії як засоби системного підходу.

Кваліфікаційна робота присвячена технологічному підготвленню виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”. Розроблено детальний технологічний маршрут обробки з 28 переходів та сім варіантів схем базування для точного позиціонування заготовки.

Для реалізації маршруту підібрано високопродуктивне спеціалізоване верстатне обладнання (1Б284, 1Б290П-6К, 1А734Ф3, 6Р82Ш, 3Е711). Запропоновано раціональну організацію діляниці, що включає ефективні матеріальні потоки з конвеєром, централізоване забезпечення інструментом, управління змащувально-охолоджувальними рідинами та відходами, а також енергозабезпечення й ремонтне обслуговування.

У роботі впроваджено комплексні заходи з охорони праці та навколишнього середовища. Це забезпечує обґрунтовану та комплексну технологію виготовлення деталі.

ABSTRACT

Bachelor's degree graduation thesis: 88 p., 3 ch., 8 tbl., 14 ill., 6 add., 11 literature sources.

Thesis topic: Technological Preparation of Production for Manufacturing the “Pipe with Flange” Part.

PRODUCTION PROCESS, MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY, INDUSTRIAL ENTERPRISE, FLANGE.

Study subject (design) – The production and technological process of a mechanical workshop.

Research objective – To develop and substantiate a set of measures for the technological preparation of production to ensure efficient and high-quality manufacturing of the part.

Research (design) methods – Methods of calculation, analysis, comparison, modelling, and analogy, applied as tools of a systems approach.

The bachelor's qualification work is dedicated to the technological preparation of production for manufacturing the part “Pipe with Flange.” A detailed technological processing route consisting of 28 operations and seven variants of fixture schemes for accurate positioning of the workpiece has been developed.

To implement the route, high-performance specialized machine tools have been selected (1B284, 1B290P-6K, 1A734F3, 6R82Sh, 3E711). A rational organization of the production section is proposed, which includes efficient material flow with a conveyor system, centralized tooling supply, management of cutting fluids and waste, as well as power supply and maintenance services.

The work integrates comprehensive occupational safety and environmental protection measures. This ensures a well-substantiated and integrated manufacturing technology for the part.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА “ФАВОРИТ АМ”	9
1.1 Загальна характеристика підприємства “Фаворит АМ”	9
1.2 Аналіз діяльності та виробничих потужностей підприємства	10
1.3 Характеристика кадрового потенціалу	12
1.4 Матеріально-технічне забезпечення	13
1.5 Технологічного підготовки виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”	15
1.6 Вимоги для реалізації технологічного процесу	18
1.7 Формування принципів планування для серійного виробництва виробів машинобудування	19
2 ОРГАНІЗАЦІЯ СЕРІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА	22
2.1 Призначення та характеристика фланців	22
2.2 Технічні умови виготовлення виробу	29
2.3 Обґрунтування варіантів виготовлення виробу	33
2.4 Формування схем базування	42
2.5 Обґрунтування вибору технологічної бази для механічної обробки фланця	44
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФЛАНЦЯ	55
3.1 Обґрунтування технологічного маршруту	55
3.2 Технологічна послідовність механічної обробки	56
3.3 Обґрунтування устаткування	59
3.4 Організування роботи дільниці	63
3.5 Заходи з охорони праці	70
3.6 Заходи з охорони навколишнього середовища	73
ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	78
ДОДАТКИ	79

ВСТУП

Сучасне машинобудування є фундаментом розвитку багатьох галузей промисловості, що вимагає постійного вдосконалення виробничих процесів та підвищення їхньої ефективності. У динамічному ринковому середовищі успіх підприємства значною мірою залежить від здатності швидко адаптуватися до змінних потреб, забезпечувати високу якість продукції та мінімізувати витрати. Ключову роль у досягненні цих цілей відіграє технологічне підготування виробництва, яке охоплює комплекс взаємопов'язаних технічних, організаційних та економічних завдань.

Технологічне підготування виробництва – це системний підхід до організації виробничих процесів, що включає розробку технологічних карт, вибір та розміщення обладнання, планування логістики, а також забезпечення всіх необхідних ресурсів. Одним із завершальних та найважливіших етапів цього процесу є розробка технологічних планувальних цехів та виробничих дільниць. Раціональне планування має вирішальне значення для досягнення максимальної продуктивності та найменшої собівартості продукції. Воно також забезпечує безпечний доступ до робочих місць, зручність праці, транспортування заготовок, належне освітлення та повітрообмін, а також враховує розташування допоміжних приміщень.

Процес проєктування виробничої дільниці є багатоетапним. Він починається з визначення її призначення та виробничої потужності, розробки або вибору відповідних технологічних процесів, а також розрахунку річних фондів часу обладнання та робітників. Далі відбувається вибір необхідного основного та обслуговуючого обладнання, визначення складу та чисельності персоналу, а також розрахунок потреби у транспортних переміщеннях. На основі цих даних виконується планування дільниці з урахуванням нормативних вимог, таких як безпека праці, пожежна безпека та санітарні норми. Оптимізація планування спрямована на мінімізацію виробничої площі, обсягів будівельно-монтажних робіт, трудомісткості прокладання інженерних мереж, втрат енергії та

транспортних витрат. Важливим аспектом є забезпечення гнучкості планування, що дозволяє адаптуватися до можливих змін у виробництві.

У контексті даної кваліфікаційної роботи розглядається технологічне підготовлення виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”. Фланець є критично важливою сполучною деталлю, що широко застосовується для герметичного та міцного з'єднання труб, трубопровідної арматури, а також для приєднання труб до машин, апаратів та ємностей. Його використання поширене у нафтовій, хімічній, нафтогазовій, харчовій та металургійній промисловості. Переваги фланцевих з'єднань включають можливість багаторазового монтажу/демонтажу, високу надійність герметизації та придатність для широкого діапазону тисків. Однак, їхні значні розміри та вага, а також потенційне ослаблення затягування з часом, вимагають особливої уваги до якості виготовлення та монтажу. Фланці виробляються відповідно до державних стандартів, і їхнє виконання залежить від низки різних чинників, зокрема призначення, матеріалу, типу та діаметра фланця, а також кількості та розмірів кріпильних отворів є ключовими етапами, що визначають надійність кінцевого з'єднання.

З огляду на важливість та функціональну відповідальність деталі “Труба з фланцем” у різноманітних технічних системах, необхідність у ретельному технологічному підготовленні її виробництва стає очевидною. Нераціональне планування та неефективне використання ресурсів можуть призвести до збільшення собівартості, зниження якості продукції та виникнення аварійних ситуацій. Отже, розробка обґрунтованого комплексу заходів з технологічного підготовлення виробництва є актуальним завданням, спрямованим на оптимізацію виробничих процесів, підвищення продуктивності та забезпечення високих стандартів безпеки та якості запроєктованого виробу.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА “ФАВОРИТ АМ”

1.1 Загальна характеристика підприємства “Фаворит АМ”

Приватне підприємство фірма “Фаворит АМ” (надалі: підприємство “Фаворит АМ”), розташоване та здійснює свою виробничу діяльність у селі Погарисько Львівської області. Підприємство “Фаворит АМ” являє собою сучасне машинобудівне підприємство, має достатньо широку діяльність, що спеціалізується на виготовленні металевих конструкцій, трубопровідної арматури та комплектуючих для різних галузей промисловості. На підставі аналізування видів діяльності було з’ясовано, що вони відповідають кодам КВЕД (табл. 1.1). Підприємство функціонує в умовах складного економічного періоду, який характеризується як для всієї української промисловості, так і для машинобудівної галузі зокрема.

Таблиця 1.1 – Види діяльності підприємства

№ з. п.	Код за КВЕД	Назва основних видів діяльності
1	2	3
1	28.41	Виробництво металообробних машин
2	25.11	Виробництво будівельних металевих конструкцій і частин конструкцій
3	25.62	Механічне оброблення металевих виробів
4	33.12	Ремонт і технічне обслуговування машин і устаткування промислового призначення
5	33.20	Установлення та монтаж машин і устаткування
6	33.11	Ремонт і технічне обслуговування готових металевих виробів
7	28.29	Виробництво інших машин і устаткування загального призначення, н.в.і.у.

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
8	25.99	Виробництво інших готових металевих виробів, н.в.і.у.
9	25.73	Виробництво інструментів
10	25.50	Кування, пресування, штампування, профілювання; порошкова металургія
11	25.30	Виробництво парових котлів, крім котлів центрального опалення
12	25.29	Виробництво інших металевих баків, резервуарів і контейнерів
13	25.61	Оброблення металів та нанесення покриття на метали

Львівський промисловий регіон традиційно займає важливе місце в структурі української економіки. Основну частку становлять підприємства, що динамічно розвиваються – харчової, легкої промисловості та машинобудування, що створює сприятливе середовище для розвитку спеціалізованих виробництв. Машинобудівна галузь України в цілому демонструє потенціал для відновлення та модернізації, забезпечуючи потреби оборони, здійснюючи розроблення та виробництво інноваційних зразків техніки.

1.2 Аналіз діяльності та виробничих потужностей підприємства

Виробничі площі підприємства “Фаворит АМ” займають близько 2800 квадратних метрів, розміщених у промисловій зоні області з зручним транспортним сполученням. Головний виробничий корпус включає механічний цех, зварювальну дільницю, складські приміщення та адміністративну частину. Планування виробничих площ здійснено з урахуванням технологічних вимог виготовлення металоконструкцій та необхідності забезпечення ефективного матеріального потоку.

Технологічне оснащення підприємства включає комплекс устаткування для

повного циклу виготовлення деталей типу “Труба з фланцем”. Механічна обробка здійснюється на токарних верстатах моделей 16К20 (рис. 1.1), 1К62, які забезпечують точність обробки до IT7-IT8 класу.



Рисунок 1.1 – Токарно-гвинторізний верстат 16К20

Для фрезерної обробки металу використовуються вертикально-фрезерні верстати 6Р12 (рис. 1.2) та горизонтально-фрезерний 6Р82Г, що дозволяє виконувати складні операції формування фланцевих з'єднань. Свердлильні операції виконуються на радіально-свердлильних верстатах моделі 2М55, забезпечуючи високу продуктивність при обробці отворів різного діаметру.

Особливу увагу заслуговує зварювальне устаткування підприємства, оскільки якість зварних з'єднань є критично важливою для трубопровідної арматури. В наявності мають трансформатори для дугового зварювання ТД-500, автомати для зварювання під флюсом АД-33, інверторні зварювальні апарати сучасного покоління, які забезпечують стабільність дуги та високу якість шва. Для контролю якості зварних з'єднань використовуються ультразвукові дефектоскопи та рентгенографічне обладнання.

Режимне обладнання представлене муфельними печами для термічної обробки деталей, компресорними установками для забезпечення пневматичного

інструменту, системою аспірації для видалення шкідливих викидів при зварюванні та механічній обробці. Підприємство має власну енергетичну базу, включаючи трансформаторну підстанцію потужністю 630 кВА, що забезпечує стабільне електропостачання виробничих процесів.



Рисунок 1.2 – Вертикально-фрезерний верстат 6P12

Контрольно-вимірвальне обладнання включає універсальні засоби вимірювання, такі як штангенциркулі, мікрометри, індикатори часового типу, а також спеціалізовані калібри для контролю параметрів різьбових з'єднань. Наявність координатно-вимірвальної машини середнього класу точності дозволяє здійснювати комплексний контроль геометричних параметрів виготовлених деталей.

1.3 Характеристика кадрового потенціалу

Кадровий потенціал підприємства становлять 47 працівників, з яких 32 особи безпосередньо залучені до виробничого процесу. Серед них 8 токарів різних розрядів, 6 фрезерувальників, 5 зварювальників з відповідними атестатами

НКТБ України, 4 слюсарі-складальники, 3 контролери якості, 6 допоміжних робітників. Середній стаж роботи основних робітників становить 12 років, що свідчить про стабільність кадрового складу та накопичення професійного досвіду.

Кваліфікаційна структура персоналу характеризується високим рівнем професійної підготовки. Всі токарі мають розряди від 4-го до 6-го, фрезерувальники - від 3-го до 5-го розряду. Зварювальники атестовані для роботи з різними видами матеріалів та в різних просторових положеннях, що є необхідною умовою для якісного виготовлення трубопровідної арматури. Регулярно проводяться курси підвищення кваліфікації, переатестація зварювальників, навчання роботі з новим обладнанням.

Інженерно-технічний персонал включає головного інженера з вищою технічною освітою та 15-річним досвідом роботи в галузі машинобудування, технолога виробництва, майстрів дільниць, конструктора-технолога. Планування виробництва здійснюється диспетчером з використанням сучасних методів календарного планування та оперативного управління виробничим процесом.

Система управління якістю на підприємстві базується на принципах стандарту ISO 9001, хоча формальна сертифікація ще не пройдена. Функціонує служба технічного контролю, яка здійснює вхідний контроль матеріалів, операційний контроль в процесі виготовлення та вихідний контроль готової продукції. Ведеться документообіг технологічної документації, карти технологічних процесів, протоколи випробувань.

1.4 Матеріально-технічне забезпечення

Матеріально-технічне постачання організоване через стабільні зв'язки з постачальниками металопрокату, зварювальних матеріалів, інструменту та комплектуючих. Основними постачальниками є підприємства металургійної галузі України, а також імпортери якісного інструменту та обладнання. Складські запаси підтримуються на рівні, що забезпечує безперебійність виробництва при

мінімізації оборотних коштів.

Економічні показники підприємства за останній рік характеризуються помірно позитивною динамікою. Завантаженість виробничих потужностей промпідприємств становила приблизно 64%, що відповідає середньому рівню по галузі. Підприємство “Фаворит АМ” демонструє дещо вищі показники завантаженості - близько 70%, що свідчить про наявність стабільного портфелю замовлень.

Основними напрямками діяльності є виготовлення трубопровідної арматури для підприємств хімічної, нафтопереробної, енергетичної галузей, а також комунального господарства. Номенклатура продукції включає фланці різних типорозмірів, труби з фланцевими з'єднаннями, перехідники, компенсатори та інші елементи трубопровідних систем. Річний обсяг виробництва становить близько 850 тонн готової продукції.

Технологічні можливості підприємства дозволяють виготовляти деталі з діаметром умовного проходу від 50 до 400 мм, з робочим тиском до 4,0 МПа, для різних робочих середовищ включаючи агресивні. Використовуються сталі марок Ст20, 09Г2С, 12Х18Н10Т, що забезпечує широкий спектр експлуатаційних характеристик виготовлюваної продукції.

Перспективи розвитку підприємства пов'язані з модернізацією обладнання, впровадженням систем числового програмного управління, розширенням номенклатури продукції. Машинобудування в комплексі з сферою інформаційних технологій створює сектор економіки з найвищим рівнем потенціалу для створення та подальшої реалізації інновацій, що відкриває нові можливості для технологічного розвитку підприємства.

Аналіз виробничих потужностей показує, що підприємство “Фаворит АМ” має достатній технічний та кадровий потенціал для якісного виготовлення деталей типу “Труба з фланцем” з дотриманням всіх технічних вимог та стандартів якості. Наявне обладнання забезпечує повний технологічний цикл виготовлення, а кваліфікація персоналу відповідає складності виконуваних операцій.

1.5 Технологічного підготовки виробництва для виготовлення деталі “Труба з фланцем”

У сучасному машинобудуванні технологічне підготування виробництва розглядається як критично важливий етап, що визначає ефективність і конкурентоспроможність виробничих процесів. Його завданням є забезпечення оптимальних умов для виготовлення виробу відповідно до вимог технічної документації, умов серійності, економічних параметрів та якості продукції. У випадку виготовлення деталі типу “труба з фланцем” технологічна підготовка охоплює широкий спектр аналітичних, розрахункових та проектно-організаційних дій, спрямованих на перетворення конструкторського задуму у раціональну виробничу технологію.

Деталь “труба з фланцем” (рис. 1.3) належить до елементів трубопровідної арматури та конструкцій, які широко застосовуються в нафтогазовій, хімічній, енергетичній та машинобудівній галузях. Виріб зазвичай виконує функції з’єднання трубопроводів або приєднання до обладнання із забезпеченням герметичності, міцності та зручності монтажу або демонтажу. Таке призначення висуває до деталі підвищені вимоги щодо точності виготовлення, механічної міцності, геометричної стабільності з’єднувальних елементів, а також антикорозійної стійкості, якщо виріб експлуатується в агресивному середовищі.



Рисунок 1.3 – Загальний вид деталі “труба з фланцем”

Процес технологічного підготовки для виготовлення таких деталей починається з аналізу конструкції. Необхідно оцінити геометричну форму, розміри, допуски, шорсткість поверхонь, необхідні матеріали, а також специфіку умов експлуатації. Це дозволяє визначити оптимальний маршрут виготовлення, який поєднує механічну обробку, операції з'єднання (якщо фланець і труба виготовляються окремо), термообробку та контроль якості. Конструкція труби з фланцем може бути виконана як з цілісної заготовки методом обробки на металообробних верстатах, так і шляхом з'єднання окремих компонентів – труби та фланця – за допомогою зварювання або знімного кріплення.

Одним із центральних питань при технологічному аналізі є вибір типу заготовки. В умовах дрібносерійного або середньосерійного виробництва доцільним може бути використання трубного прокату та готових фланців заводського виготовлення. За умов великосерійного виробництва або при високих вимогах до надійності та герметичності конструкції, можливо застосування цілюкованих заготовок, що значно підвищують міцнісні характеристики та зменшують кількість стиків. У табл. 1.2 наведено варіанти заготовок для виготовлення деталі.

Наступним етапом аналізу є формування технологічного маршруту, тобто визначення послідовності обробних операцій. Найчастіше він включає обрізання трубної заготовки до необхідної довжини, попереднє точіння зовнішньої та внутрішньої поверхні, підготовку місця під з'єднання з фланцем, зварювання або інше монтування фланця, остаточну механічну обробку поверхонь ущільнення, свердління отворів під болти, фасонування торців та контрольні операції. Кожен з цих етапів потребує відповідного оснащення – токарного, свердлильного, зварювального обладнання, вимірювальних пристроїв, а також технологічної оснастки, що забезпечує точність базування й фіксації.

Важливим аспектом є вибір режимів обробки: швидкість різання, подача, глибина обробки, які залежать від матеріалу заготовки, типу інструменту та вимог до якості поверхні. Крім того, необхідно враховувати можливі деформації в

процесі зварювання або механічної обробки, які можуть призвести до втрати точності, особливо при обробці довгих трубчастих заготовок. У зв'язку з цим доцільно проводити попереднє моделювання процесу виготовлення із використанням програм автоматизованого проектування та САМ-систем.

Таблиця 1.2 – Порівняння варіантів заготовок для виготовлення деталі “труба з фланцем”

Варіант заготовки	Переваги	Недоліки	Рекомендована серійність виробництва
1. Цільнокована заготовка	Висока міцність, герметичність	Висока вартість, потреба в кувальному цеху	Масове, великосерійне
2. Комбінована: труба + фланець	Гнучкість, доступність матеріалів	Залежність від точності зварювання	Дрібносерійне, середньосерійне
3. Лита заготовка	Складні форми, низька вартість	Пористість, додаткове фрезерування	Серійне, середньосерійне

Технологічне підготування також охоплює питання стандартизації і уніфікації – використання типових процесів, устаткування, інструменту, які вже апробовані у виробництві. Це дає змогу зменшити тривалість підготовчих робіт, скоротити витрати на виробництво та підвищити якість готових деталей. Розробка технологічної документації (маршрутні карти, операційні карти, інструкції з контролю якості) завершує процес підготування виробництва та створює інформаційну основу для організації стабільного серійного виготовлення.

У сучасних умовах цифровізації виробництва аналіз технологічного підготування передбачає залучення цифрових двійників, симуляцій, CAD/CAM/CAE-систем, що дозволяють ще до початку фізичного виготовлення оптимізувати ресурсні витрати, виявити потенційні дефекти й ризики,

автоматизувати формування технологічної документації. Такі інструменти особливо важливі для деталей із комбінованою конструкцією, до яких належить труба з фланцем.

Таким чином, аналіз технологічного підготовки виготовлення деталі “труба з фланцем” вимагає комплексного підходу, який враховує геометричні, матеріалознавчі, виробничі та організаційні фактори. Правильно сформована технологічна підготовка не лише забезпечує якість виготовлення, а й дозволяє досягти високої економічної ефективності, скорочення виробничого циклу та гнучкості виробництва в умовах змінної номенклатури.

1.6 Вимоги для реалізації технологічного процесу

Для реалізації технологічного процесу слід дотримуватись вимог стандартів (рис. 1.4), які регламентують розміри, допуски, якість обробки та способи контролю. Зокрема, застосовуються наступні нормативні документи:

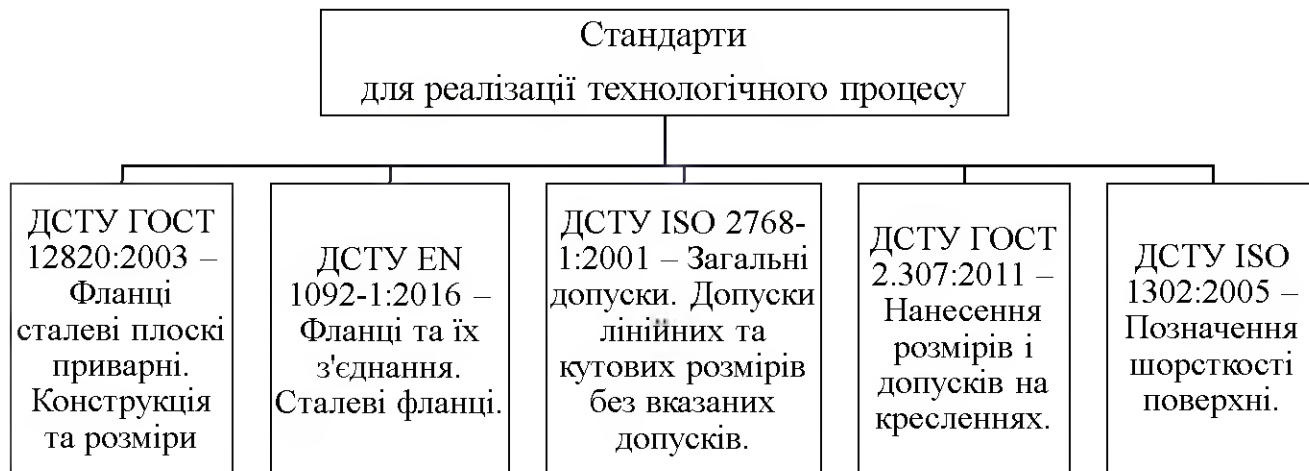


Рисунок 1.4 – Стандарти для реалізації технологічного процесу

Розробка технологічного маршруту обробки включає: обрізання заготовки, попереднє точіння, обробку з'єднувальної частини, зварювання фланця (якщо необхідно), остаточне точіння поверхонь ущільнення, свердління отворів, контроль геометричних параметрів і маркування.

Для зниження похибок внаслідок деформацій при зварюванні або

механічній обробці доцільно застосовувати попередню термообробку та внутрішні технологічні бази. Особливо важливим є використання високоточного вимірювального обладнання (індикаторні годинники, мікрометри, тривимірні координатно-вимірювальні машини).

У сучасних умовах технологічне підготовлення виробництва реалізується з використанням CAD/CAM/CAE-систем, таких як SolidWorks, Autodesk Inventor, Siemens NX, що дозволяє не лише створювати тривимірні моделі деталей та зборок, а й моделювати процеси обробки, генерувати G-коди для ЧПК-верстатів, формувати маршрутні та операційні карти.

Таким чином, ефективна реалізація технологічного підготовлення виробництва деталі “Труба з фланцем” можлива лише за умови системного підходу, який охоплює стандартизацію, оптимізацію заготовки, моделювання технологічного процесу та організацію точного контролю якості. Саме цей комплекс дій дозволяє досягти високої продуктивності, надійності та відповідності сучасним технічним вимогам.

1.7 Формування принципів планування для серійного виробництва виробів машинобудування

Раціональне планування виробництва є необхідною передумовою для ефективного функціонування підприємств машинобудівного профілю, особливо за умов серійного випуску продукції. Саме на етапі планування закладаються передумови для досягнення високої продуктивності праці, зниження собівартості виробів та оптимізації використання виробничих площ і енергетичних ресурсів. У серійному виробництві, де виготовляються деталі типу “труба з фланцем”, зростає потреба у точному й технічно обґрунтованому компонуванні обладнання, робочих місць і транспортних систем.

Відповідно до чинних нормативних документів і державних стандартів, технологічне планування машинобудівного виробництва розглядається як

графічне зображення розміщення основного та допоміжного обладнання, виробничих ліній, спеціальних стендів, пристроїв, підйомно-транспортного устаткування та інженерних мереж на площі дільниці або цеху. Така схема дозволяє візуалізувати виробничий простір, оцінити логістику переміщення заготовок, вузлів і готової продукції, а також забезпечити дотримання технологічної послідовності виконання операцій. З урахуванням інтенсивності матеріальних потоків у серійному виробництві принципи прямоочності, мінімізації зустрічних потоків та уникнення “перехрещення” маршрутів стають обов’язковими критеріями під час компоновання.

Проектування планування виробничих приміщень здійснюється на завершальному етапі розроблення технологічної документації. Водночас сам процес розробки є багатофакторним та багатоваріантним – до розгляду залучаються кілька можливих рішень, які порівнюються за техніко-економічними показниками. Це обґрунтовує доцільність використання конкурентного підходу до пошуку оптимального компоувального рішення. Ураховується ряд факторів: габарити та конфігурація приміщення, вимоги до підведення енергоресурсів, характеристики технологічного обладнання, вимоги безпеки праці, організація технічного обслуговування та ремонту.

Особливої уваги потребує масштабування графічного плану компоновання. Для типових проєктів машинобудівних цехів із кількістю обладнання понад 200 одиниць використовується масштаб 1:200; для спеціалізованих цехів, укомплектованих менш ніж 70 одиницями техніки, – масштаб 1:50. Стандартним вважається масштаб 1:100 для більшості цехів і дільниць середнього навантаження. Такий підхід дозволяє зберегти достатній рівень деталізації, забезпечити візуальну читабельність плану та зменшити ймовірність помилок у реальному компоуванні.

Графічна частина планування виконується із застосуванням умовних позначень, регламентованих відповідними галузевими стандартами, зокрема ДСТУ Б А.2.4-4:2009 та іншими нормативами, які стосуються оформлення

креслень генеральних планів і виробничих приміщень. Використання уніфікованих графічних символів забезпечує однакове трактування планувальних схем фахівцями різного профілю – конструкторами, технологами, інженерами з експлуатації, архітекторами.

Планування виробництва для деталей типу “труба з фланцем” у рамках серійного випуску вимагає створення окремих дільниць для токарної обробки, свердління, зварювання, контролю та складання. Обладнання групується за принципом послідовності виконання операцій, що дозволяє мінімізувати холості переміщення, зменшити витрати часу на транспортування заготовок та спростити логістику міжопераційного контролю. У межах кожної дільниці організовується система оперативного зберігання заготовок і готових виробів, а також передбачаються зони для обслуговування персоналом і технічного нагляду.

Таким чином, принципи планування в серійному машинобудівному виробництві ґрунтуються на досягненні балансу між технологічною послідовністю, компактністю компоновання, зручністю обслуговування та адаптацією до можливих змін у виробничій програмі. Раціональне планування не лише підвищує продуктивність праці та якість виготовлення деталей, а й створює передумови для гнучкості й модернізації виробництва відповідно до вимог ринку.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ СЕРПІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Призначення та характеристика фланців

Фланець є сполучною деталлю, яка зазвичай має круглу, квадратну або іншу форму та оснащена отворами для болтів або шпильок (рис. 2.1). Його назва походить від німецького слова “flansch”, і попри те, що в деяких історичних документах машинобудування зустрічалося написання “флянець”, у даній кваліфікаційній роботі, як у сучасній технічній термінології, надалі будемо використовувати термін “фланець”. Головне призначення фланця полягає у забезпеченні міцного та герметичного з'єднання труб, трубопровідної арматури, приєднання труб одна до одної, а також до машин, апаратів та ємностей. Крім того, фланцеві з'єднання слугують у машинах для сполучення валів та інших обертових деталей.

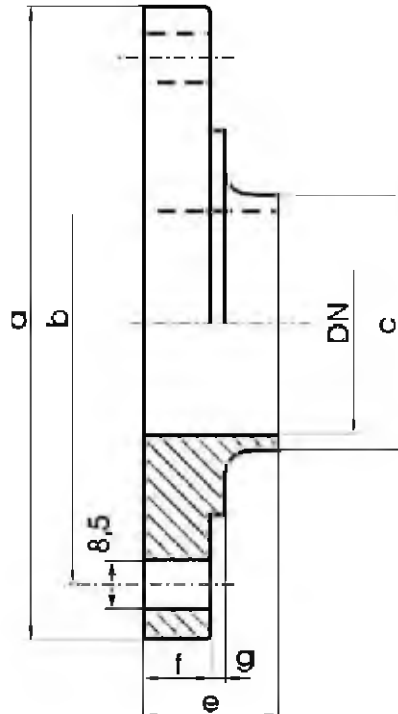


Рисунок 2.1 – Креслення фланця

Фланці використовуються для з'єднання арматури з трубопроводами, для об'єднання різних сегментів трубопроводів між собою, а також для підключення

трубопроводів до різноманітного устаткування. Ці деталі мають значні переваги, серед яких можливість багаторазового монтажу та демонтажу на трубопроводі. Вони забезпечують високу надійність герметизації з'єднань, можливість їхнього підтягування. Також варто відзначити їхню значну міцність та придатність для використання у широкому діапазоні тисків та умовних проходів. Однак фланці мають і певні недоліки, такі як потенційне ослаблення затягування та втрата герметичності з часом. До того ж, вони відрізняються значною трудомісткістю при складанні та розбиранні, а також великими розмірами та вагою, особливо при збільшенні робочого тиску та умовного проходу.

Виробництво фланців відбувається парами, тобто комплектами, відповідно до державних стандартів, див. рис. 2.1. Їхнє виконання залежить від розрахункового робочого тиску та умов навколишнього середовища. При виборі фланця для конкретної труби необхідно враховувати кілька ключових параметрів: матеріал фланця, який визначається внутрішнім та зовнішнім середовищем експлуатації; робочий тиск системи трубопроводу; відповідний тип фланця. Також важливими є діаметр фланця з урахуванням зовнішнього діаметра труби; кількість отворів у відповідному фланці; його зовнішній діаметр; та міжцентрова відстань кріпильних отворів.

У європейських країнах широко застосовують фланці, виготовлені зі сталі або нержавіючих сплавів, згідно з положеннями стандарту DIN EN 1092-1. Ця нормативна база, подібна за структурою до американського стандарту ASME, охоплює перелік основних конфігурацій фланців, серед яких: глухі варіанти, моделі з приварною шийкою, виконані з напуском, різьбові варіанти з різьбленням типу ISO 7-1, а також пресовані елементи і з'єднувальні компоненти для фланцевого монтажу з прес-фітингами. Кожен конструктивний різновид у межах цього стандарту маркується відповідним типом, який вказується у найменуванні виробу.

Серед існуючих типів фланців виділяють кілька основних конструкцій, які відрізняються способом кріплення та експлуатаційними характеристиками, рис. 2.2.

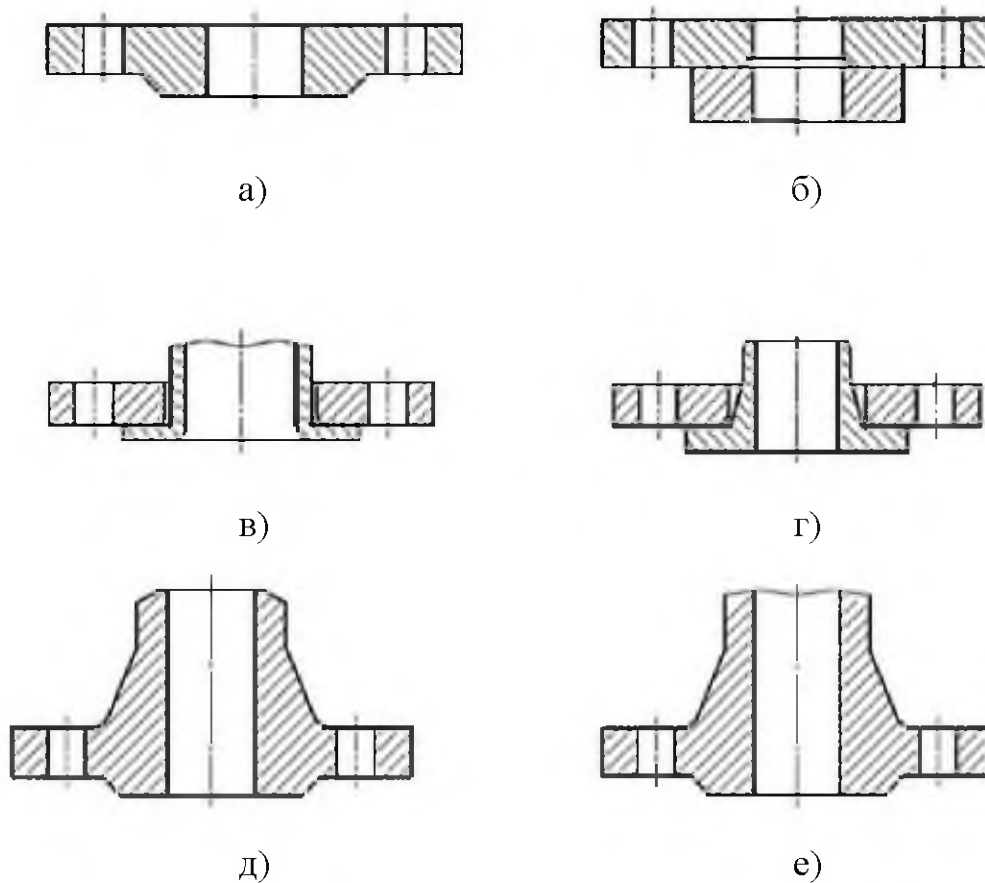


Рисунок 2.2 – Типи фланців: а) тип 01 – сталевий плоский приварний; тип 02 – на приварному кільці; тип 03 – на відбортуванні; тип 04 – під приварювання; тип 11 – приварний встик; тип 21 – приварний встик;

Плоский приварний фланець, що позначається як “тип 01” (див. рис. 2.2, а), є плоскою приварною деталлю. Його закріплюють на трубі за допомогою двох зварних швів, що забезпечує надійне з’єднання, хоча сам монтаж є доволі трудомістким. Цей тип фланців застосовується для трубопроводів з умовним проходом до 2400 мм та здатний витримувати навантаження до 25 кгс/см². Він широко використовується в нафтовій, хімічній, нафтогазовій, харчовій та металургійній промисловості. Виробництво цих фланців регламентується стандартами.

Вільний фланець на приварному кільці, “тип 02” (див. рис. 2.2, б), складається з двох частин: диска та кільця з наскрізними отворами в центрі. Цей елемент виготовляється зі сталі згідно з кресленнями та розмірами галузевого стандарту і може монтуватися на труби номінальним діаметром до 600 мм. Спочатку насаджується пластина, а потім на неї насаджується кільце, яке приварюється до трубопрокату. Сам фланець залишається рухомим, що дозволяє стикувати трубні ділянки без необхідності їхнього повороту. Такі деталі знаходять застосування для з'єднання арматури у важкодоступних місцях, а також при потребі частих перевірок обладнання або його ремонту. Цей тип конструкції легко монтується та регламентується стандартами.

Комірний фланець, або “тип 11” (див. рис. 2.2, д), відомий як сталевий приварний встик. Він відрізняється наявністю виступу у вигляді усіченого конуса, який називають “коміром” або ще називають “шийкою”. Цей фланець монтується методом зварювання встик, що унеможливорює витік робочого середовища та створює герметичне з'єднання ділянок трубопроводу. Комірні фланці придатні для трубопроводів, що працюють під тиском до 250 кгс/см², та можуть використовуватись для обладнання з номінальним перерізом до 4000 мм. Зварювання відбувається одним швом для посилення конструкції.

Литий сталевий фланець, або “тип 21” (див. рис. 2.2, е), є частиною корпусу металоконструкції арматури (виробу). У більшості випадків він виготовляється зі сталі, сірого або ковкого чавуну відповідно до вимог технічної документації та здатний витримувати постійні навантаження до 25 МПа. Чавунні вироби, порівняно зі сталевими, мають більшу вагу, проте менш схильні до деформацій та краще зберігають свою форму.

Кріплення фланців до труби зазвичай у здійснюється методом зварювання. Плоскі фланці приварюються двома швами з обох боків стику, тоді як комірні фланці – одним швом для посилення конструкції. Для з'єднання двох фланців використовуються болти або шпильки. Діаметр та довжина болтів розраховуються, виходячи з товщини фланця та отвору під кріплення (табл. 2.1). Важливо враховувати, що фланці одного й того ж діаметра можуть мати різну

товщину, яка залежить від розрахункового робочого тиску (наприклад: 6, 10, 16 та 25 бар).

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку розмірів болта (діаметра та довжина) для з'єднання двох фланців

Ду фланця, мм	6		10		16		25			
	розмір болта	кіл-ть отворів	розмір болта	кіл-ть отворів	розмір болта	кіл-ть отворів	розмір болта	кіл-ть отворів		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
15	M10x45	4	M12x45	4	M12x45	4	M12x50	4		
20			M12x50		M12x50		M12x55			
25										
32	M12x50		M16x60		M16x60		M16x65		M16x70	
40			M16x55							M16x65
50										
65	M16x55		M16x60		8		M16x65	8	M20x80	8
80			M16x65				M16x70			
100										
125	M16x60	8	M16x70		M16x70	8	M24x90			

Фланець – це конструктивний елемент у вигляді крайки або виступу, який інтегрується в окремі деталі або вузли й може мати як внутрішнє, так і зовнішнє розташування. Основна його функція полягає у підвищенні міцності з'єднання, зокрема при монтажі балкових елементів чи трубопроводів. Крім того, фланець забезпечує надійне кріплення й передачу крутного моменту до суміжних об'єктів, наприклад, у з'єднаннях парових циліндрів або труб. Ще одне важливе призначення – стабілізація рухомих частин механізмів, як це реалізовано у профілі колес трамваю, які перешкоджають сходженню з рейок. У більшості випадків фланці фіксуються болтовими з'єднаннями, хоча в окремих контекстах слово “фланець” також може позначати спеціалізований інструмент.

Відповідно до американських стандартів ASME, фланці виготовляються згідно з вимогами ASME B16.5 або ASME B16.47. Переважна більшість цих деталей виробляється з кованих матеріалів із подальшою механічною обробкою поверхні (табл. 2.2). Стандарт ASME B16.5 регулює фланці для труб з номінальним діаметром (NPS) у діапазоні від 0,5 до 24 дюймів, тоді як ASME B16.47 поширюється на NPS від 26 до 60 дюймів. Обидва стандарти передбачають класифікацію фланців за робочим тиском: для B16.5 класи тиску коливаються від 150 до 2500, а для B16.47 – від 75 до 900.

Таблиця 2.2 – Типи фланців за стандартом EN 1092-1

Назва типу	Відповідно до DIN	За типом EN
Приварний фланець	DIN 2627-DIN 2638	Тип 11
Глухий фланець	DIN 2527	Тип 05
Різьбовий фланець	DIN 2558, DIN 2565-DIN 2569	Тип 12
Плоский фланець	DIN 2573, DIN 2576	Тип 01
Фланець внапуск	DIN 2641, DIN 2655, DIN 2642, DIN 2656	Тип 02 і Тип 04

Матеріали, з яких виготовляються фланці, зазвичай класифікуються відповідно до стандартів ASME. Серед найбільш поширених є: SA-105, що застосовується для вуглецевих сталей, призначених для трубопровідних систем; SA-266, який передбачає використання поковок з вуглецевої сталі для обладнання, що експлуатується під тиском, зокрема для посудин високого тиску; а також SA-182, який регламентує вимоги до кованих або прокатних виробів із легованих сталей, призначених для роботи за умов високих температур – таких як фітинги, клапани та інші критичні елементи трубопроводів. Окрім стандартних типів фланців, що регламентуються кодами ASME, у практиці часто використовуються також фланці, виготовлені згідно з так званими “галузевими стандартами” (industry standards), які допускаються до застосування в системах, що відповідають вимогам ASME, за умови дотримання певних технічних і проектних критеріїв.

Номенклатура фланцевих елементів охоплює широкий асортимент виробів,

серед яких найбільш поширеними є: SORF, BLRF, SWRF, SWFF, WNRF, WNFF, а також різьбові варіанти з ущільнювальними поверхнями типу FF (Flat Face), RF (Raised Face) та LJ (Lap Joint). Кожен тип фланця має своє специфічне застосування залежно від вимог до тиску, температури, типу середовища та особливостей монтажу.

З'єднання фланців у трубопровідних системах здійснюється за допомогою болтових з'єднань, які формуються шпильками з нарізаною різьбою по обох кінцях, оснащеними гайками (зазвичай по одній з кожного боку) та, за потреби, плоскими шайбами для рівномірного розподілу навантаження. Вибір кріпильних елементів ґрунтується на вимогах до механічної міцності, хімічної стійкості та здатності витримувати вплив високих температур і тиску.

У промисловості, зокрема в хімічному, нафтогазовому та енергетичному секторах, широко застосовуються шпильки, виготовлені згідно зі стандартами ASTM A193, зокрема типів B7 STUD та B16. Вони виготовляються зі сталей, легованих хромом і молібденом, що забезпечує високу межу міцності при розтягу, стійкість до впливу високотемпературних середовищ і тривалих механічних навантажень. Зазначені матеріали відповідають суворим вимогам до болтових з'єднань у фланцевих системах, зокрема при експлуатації в умовах до 400–600 °C і робочому тиску понад 20 МПа.

Залежно від умов експлуатації, шпильки додатково проходять термічну обробку (загартування та відпуск), а також можуть мати антикорозійне покриття – зокрема, цинкування, гальванічне покриття або пасивацію, що покращує довговічність з'єднань у вологих або агресивних середовищах.

Фланцеві з'єднання широко застосовуються у верстатобудуванні як надійні елементи для монтажу й демонтажу вузлів, що працюють під тиском або передають механічне навантаження. Завдяки жорсткому з'єднанню з можливістю багаторазового розбирання без порушення цілісності елементів, фланці забезпечують простоту технічного обслуговування, надійність ущільнення та високий рівень взаємозамінності. У складних конструкціях верстатів фланцеві з'єднання можуть також слугувати базовими площинами для встановлення обертових вузлів, патрубків охолодження або систем подачі робочих рідин.

2.2 Технічні умови виготовлення виробу

“Труба з фланцем” у цьому проєкті передбачається як конструктивний елемент, виготовлений із вуглецевої сталі марки Ст20 (табл. 2.3) або, за технічною необхідністю, Ст35. Обидві марки сталі характеризуються стабільними механічними властивостями, придатними для деталей, які експлуатуються в умовах помірного навантаження без впливу агресивних середовищ чи екстремальних температур.

Вибір сталі Ст20 зумовлений її високою пластичністю, хорошою зварюваністю та технологічністю в обробці (табл. 2.4) – як холодній, так і гарячій. Вона забезпечує достатню міцність при низькій і середній товщині стінки труби, що є оптимальним для створення фланцевих з'єднань середнього тиску.

Таблиця 2.3 – Характеристика та хімічний склад сталі Ст20 (ДСТУ 7806-2015):

Параметр	Значення / Опис
Призначення	Деталі машин, вузли, що працюють під навантаженням (валки, осі, шестерні після цементації тощо)
Клас сталі	Вуглецева конструкційна якісна
Аналог (ISO, ГОСТ)	1.0402 (ISO), 20 (ГОСТ)
Елемент	Вміст (макс. або діапазон):
C (вуглець)	0,17–0,24
Si (кремній)	0,17–0,37
Mn (манган)	0,35–0,65
P (фосфор)	≤ 0,035
S (сірка)	≤ 0,035
Cr (хром)	≤ 0,25
Ni (нікель)	≤ 0,25
Cu (мідь)	≤ 0,25

У випадку необхідності допускається виготовляти фланця патрона з сталі 30 і 45 (ДСТУ 4038-2001).

Таблиця 2.4 – Механічні властивості сталі Ст.20 (ДСТУ 7806-2015)

Властивість	Значення (для сталі Ст.20)
Границя текучості ($\sigma_{0.2}$)	≥ 245 МПа
Межа міцності ($\sigma_{\text{н}}$)	410–530 МПа
Відносне видовження (δ)	$\geq 25\%$
Ударна в'язкість (КСУ)	≥ 59 Дж/см ² (при 20°C)
Твердість за Брінеллем (НВ)	≤ 163 НВ

За необхідності підвищення несучої здатності або роботи у дещо складніших умовах може бути застосована сталь Ст35. Вона має вищу міцність і твердість порівняно зі Ст20, зберігаючи при цьому прийнятні технологічні характеристики для зварювання та механічної обробки.

Таким чином, обидві марки сталі є придатними для виготовлення фланцевих вузлів, що потребують надійного з'єднання, стабільності геометрії та довговічності без значних витрат на виробництво. За потреби можу доповнити опис таблицею з механічними властивостями цих сталей або порівняти їх із легованими аналогами.

Для виготовлення виробу типу “труба з фланцем” з урахуванням зазначених розмірів – зокрема, внутрішнього отвору фланця $D 206,36^{+0,05}$ мм – доцільно підібрати трубу з зовнішнім діаметром, який забезпечить щільну посадку у фланець з урахуванням зазорів на зварювання або механічну обробку.

Рекомендований варіант труби:

- матеріал: сталь 20 або 09Г2С – обидві добре зварюються, мають достатню міцність і доступні у великому діапазоні діаметрів.

- зовнішній діаметр труби: приблизно 206 мм (з урахуванням допуску фланця). У промисловості це може відповідати трубі з умовним проходом DN 2000 або DN 2100, залежно від стандарту виготовлення.

- товщина стінки: визначається умовами експлуатації (тиск, температура, середовище), але орієнтовно 10-20 мм для великогабаритних з'єднань.

Такі труби зазвичай виготовляються за індивідуальним замовленням або постачаються як зварні конструкції з листового прокату.

З огляду на функціональне призначення та специфіку експлуатаційного навантаження фланцевого елемента, визначено, що ключовими й критичними до точності поверхнями є конічний внутрішній отвір діаметром $D 206,36$ мм з величиною допуску $+0,05$ мм, а також правий торець з посадковим розміром $D 208_{k6}$ $k6$ і величиною допуску $+0,04$ мм.

Поверхня конічного отвору має визначене значення діаметра $D 106,36^{+0,05}$ та геометрично орієнтована під заданим кутом до осі отвору, відповідно до креслення. У процесі виготовлення ця поверхня підлягає обробці згідно з вимогами 7-го квалітету точності, що передбачає обмеження відхилень розмірів у межах, допустимих для з'єднань з підвищеною відповідальністю. Шорсткість поверхні повинна відповідати встановленим параметрам (наприклад, $Ra 1,6$ або $Ra 0,8$), що забезпечується точним дотриманням технологічного режиму обробки.

Високий рівень точності при формуванні цієї поверхні є критичним для забезпечення правильного центрування та жорсткого з'єднання токарного патрона зі шпинделем верстата. Від цього напряму залежить не лише геометрична стабільність при установці, а й загальна експлуатаційна надійність усього верстатного вузла.

Крім того, забезпечення допуску на паралельність торцевих площин фланця ($0,02$ мм) критично важливе для забезпечення співвісності фланця та корпусу патрона, що, у свою чергу, гарантує високу точність позиціонування елементів при складанні. Такий контроль дозволяє уникнути перекосів, які могли б негативно

вплинути на точність обертання шпинделя й зменшити загальну довговічність вузла.

Що стосується позиційного допуску на розташування отворів діаметром 13 мм, значення 0,25 мм на радіус визначає максимально допустиме відхилення осей цих отворів від заданої позиції. Така величина забезпечує необхідну точність базування під час монтажу корпусу, зберігаючи геометричну точність з'єднання та унеможливаючи виникнення додаткових напружень у вузлі.

Прийнятий рівень точності виконання отворів D13 +0,43 мм за 14 квалітетом є цілком достатнім для болтових з'єднань нормального навантаження, оскільки забезпечує необхідну свободу монтажу без втрати жорсткості або міцності з'єднання.

Позиційний допуск незалежного типу $T_d = 0,25$ мм, заданий для осей трьох різьбових отворів M10-7H, необхідний для точного орієнтування корпусу відносно фланця зі сторони корпусної частини патрона. Відхилення від установлених допусків може призвести до зсуву під час монтажу, що негативно позначиться на точності збірки вузла, зменшить жорсткість і знизить загальну надійність з'єднання.

Допуск на позиційне розміщення отворів під встановлення конічної шестерні, встановлений на рівні $T_d = 0,15$ мм (вимірюється по радіусу між осями отворів і віссю центрального отвору фланця), забезпечує необхідну точність для правильної посадки шестерні. Це критично для досягнення точного контакту її зубців із зубцями спірального диска корпусу, що, у свою чергу, гарантує стабільну передачу крутного моменту й безперебійну роботу механізму.

Допуск на співвісність отворів M11H11 із точністю $T_d = 0,02$ мм на радіус є критично важливим для досягнення стабільного та рівномірного зчеплення між усіма трьома конічними шестернями та спіральним диском. Така висока точність гарантує, що передача руху буде відбуватися без перекосів, ривків або перевантаження окремих зубців, що безпосередньо впливає на довговічність і ефективність роботи механізму.

Також забезпечення торцевої співвісності фланця корпусу щодо осі внутрішнього отвору з допуском 0,02 мм виключає появу торцевого биття під час обертання. Це дозволяє точно центрувати фланець відносно корпусу і забезпечити щільне й рівномірне прилягання контактних поверхонь. Подібна точність особливо важлива для забезпечення балансування вузла і надійної роботи токарного патрона на високих швидкостях обертання, де навіть незначне відхилення може призвести до вібрацій або втрати жорсткості.

2.3 Обґрунтування варіантів виготовлення виробу

Вибір методу отримання заготовки фланця є одним із ключових рішень у процесі технологічного підготовки виробництва. Від цього вибору залежить не лише економічна ефективність виготовлення деталі, а й раціональне використання матеріалів, трудових ресурсів, обладнання, а також техніко-економічні показники усього виробничого циклу. Особливо важливо це при виготовленні деталей, що належать до вузлів із високими вимогами до точності та міцності, таких як фланці патронів чи з'єднувальних елементів трубопроводів.

Критерії обґрунтування вибору методу отримання фланця зводяться переважно до показників собівартості виготовлення, коефіцієнта використання металу, трудомісткості механічної обробки, продуктивності обладнання та відповідності властивостей заготовки експлуатаційним вимогам. Одним з найбільш поширених рішень у промисловості є використання заготовки у вигляді плоского металевого диска, вирізаного з листового або кругового прокату. Такий варіант часто розглядається як універсальний через простоту початкової форми та доступність матеріалу.

Проте проведений аналіз показує, що метод вирізання дискової заготовки має низку значних недоліків, які суттєво впливають на загальну ефективність виробничого процесу. По-перше, коефіцієнт використання металу при такому способі є досить низьким, що призводить до перевитрати матеріалу, особливо при

серійному або масовому виробництві. По-друге, обробка дискової заготовки потребує багатопрхідного точіння, фрезерування й свердління, що значно підвищує тривалість технологічного циклу, зношування інструменту та енергетичні витрати.

Додатково варто зазначити, що через тривалу обробку таких заготовок знижується ефективність використання металообробного устаткування: верстати простоюють між етапами переналагодження, зменшується коефіцієнт змінності, а виробнича площа витрачається нерентабельно. За відсутності поточного потоку обробки зростає потреба в залученні висококваліфікованих робітників, які змушені виконувати переважно допоміжні або повторювані дії, що не відповідає рівню їхньої кваліфікації та знижує загальну продуктивність праці на дільниці.

У зв'язку з вищезазначеним виникає потреба в пошуку більш ефективного методу отримання фланцевих заготовок. Одним з альтернативних рішень є штампування або кування, що дозволяє суттєво скоротити обсяг подальшої механічної обробки, підвищити точність геометрії та зменшити кількість технологічних переходів. Крім того, у таких заготовках значно краще реалізовані механічні властивості, оскільки кристалічна структура металу формується з урахуванням орієнтації волокон у напрямку прикладення навантаження. Це особливо важливо для фланців, що працюють в умовах високого внутрішнього тиску або вібраційного навантаження.

Таким чином, встановлення раціонального методу отримання фланця має вирішальне значення для забезпечення ресурсозбереження, підвищення технологічності виробу та зниження загальних виробничих витрат. У межах серійного виробництва доцільно віддавати перевагу способам формоутворення, які мінімізують обробку різанням та підвищують ефективність використання матеріалів і устаткування, зберігаючи при цьому необхідний рівень якості та точності виготовлення.

Одним з доцільних альтернативних методів отримання заготовки фланця є застосування технології штампування у відкритих штампах. Такий підхід

дозволяє значно підвищити коефіцієнт використання металу, скоротити тривалість механічної обробки, зменшити витрати на ріжучий інструмент, а також оптимізувати виробничі ресурси – як у контексті кількості устаткування, так і чисельності персоналу та необхідних виробничих площ.

Запропонована технологія передбачає штампування заготовки з урахуванням установлених норм і припусків відповідно до чинних державних стандартів. В основу розрахунків приймається штампування в умовах відкритих штампів із використанням кривошипного пресового обладнання.

Основні вихідні параметри деталі:

– матеріал заготовки – сталь марки 20 відповідно до вимог ДСТУ 7806:2015, яка характеризується достатньою пластичністю, оброблюваністю і стабільністю механічних властивостей при гарячій деформації.

– максимальна маса готової деталі не повинна перевищувати 9,8 кг, що є граничним значенням для даної групи штампувального обладнання.

Для забезпечення точності готової заготовки приймається наступний комплекс вихідних даних для розрахунку:

– клас точності штампування визначається як Т4, що відповідає вимогам до виробів, виготовлених за допомогою кривошипного штампувального преса та допускає середній рівень точності заготовки для подальшої механічної обробки;

– матеріал належить до групи М2, яка охоплює середньовуглецеві сталі, що мають оптимальне поєднання технологічної пластичності й міцності після термічної обробки;

– за рівнем складності обробки деталь відноситься до категорії С1, що визначається, зокрема, співвідношенням фактичної маси фланця до розрахункової маси моделі у вигляді аналогічної геометричної фігури (у даному випадку – 0,67), що підтверджує приналежність до простої конфігурації.

Застосування методу штампування у відкритих штампах у даному випадку дає змогу істотно підвищити ефективність виробництва, мінімізувати обсяг

припусків та скоротити технологічний маршрут, що позитивно впливає як на економічні, так і на організаційно-технічні показники виробничої ділянки.

$$m_{дет} = 9,8 \text{ кг}$$

$$m_{впис.фиг.} = V \cdot \rho = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \right) \cdot \rho, \quad (2.1)$$

$$m_{впис.фиг.} = \left(\frac{3,14 \cdot 250^2}{4} \cdot 38 \right) \cdot 7,8 = 14,5 \text{ кг}$$

$$\frac{m_{дет}}{m_{впис.фиг.}} = \frac{9,8}{14,5} = 0,67$$

Конфігурація поверхні – плоска. Приймаємо вихідний індекс рівний значенню 14.

Прийняті припуски та напуски відповідно до ДСТУ 8981:2020 такі:

Основні припуски за розмірами, мм:

2,5 – D 250_{-0,115} мм, до чистоти поверхні 0,8;

2,5 – D 208^{+0,033}_{+0,004} мм, до чистоти поверхні 0,8;

1,8 – D 106,36^{+0,05}₀ мм, до чистоти поверхні 0,8;

1,5 – D 80^{+0,78} мм, до чистоти поверхні 3,2;

1,2 – товщина 38_{-0,06} мм, до чистоти поверхні 0,8;

1,2 – товщина 18,5^{+0,26}_{-0,26} мм, до чистоти поверхні 3,2.

Прийmemo додаткові припуски:

- відхилення від площинності – не більше 1,0 мм;
- зміщення поверхонь роз'єму штампа – не більше 1,0 мм;

Прийmemo значення штампувального ухилу:

- для зовнішній поверхні деталі – не більше 7°, приймаємо значення 7°;

- для зовнішній поверхні деталі – не більше 10^0 , приймаємо значення 10^0 ;

Встановимо розміри поковки та відхилення:

4.1. Встановимо розміри поковки:

- для $\varnothing 250 + (2,5 + 1) \cdot 2 = 257$ мм;
- для $\varnothing 208 + (2,5 + 1) \cdot 2 = 215$ мм;
- для $\varnothing 106,36 - (1,8 + 1) \cdot 2 = 100,8$ мм;
- для $\varnothing 80 - (1,5 + 1) \cdot 2 = 75,0$ мм;
- товщина деталі $38 + (1,2 + 1) \cdot 2 = 42,4$ мм;
- товщина деталі $18,5 + 1,2 - (1,2 + 1) \cdot 2 = 17,5$ мм.

Радіус закруглення кутів зовнішніх крайок виробу – 3,0 мм (прийнято, як мінімальне значення) – 3,0 мм.

Величини допустимих відхилень розмірів, мм:

- $D100,8^{+1,1}_{-1,1}$;
- $D 215^{+1,7}_{-1,3}$;
- $D 257^{+1,7}_{-1,3}$;
- $D 75^{+1,1}_{-1,1}$;
- товщина деталі $42,4^{+1,8}_{-1,0}$;
- товщина деталі $17,5^{+1,6}_{-0,9}$.

Незазначені граничні відхилення розмірів приймемо рівними 1,5 допуску відповідного розміру поковки.

Невказані допуски радіусів заокруглень – 0,5 мм.

Допустима значення залишкового облоя (надлишку матеріалу, який утворюється на поверхні заготовки або деталі) – 1,2 мм.

Допустиме відхилення від площинності – 1,0 мм.

Допустиме відхилення від центричності влаштованого отвору по відношенні до зовнішнього контуру заготовки – 3,0 мм.

Допустиме зміщення на поверхні рознімання штампа – 1,0 мм.

Допустима величина висоти задирки – 5,0 мм.

Порівняємо базовий та альтернативний методи.

Проведемо розрахунок виготовлення виробу з цільного диска:

Тоді значення маси заготовки виробу, кг:

$$m = \rho V = \rho \cdot (\pi \cdot R^2 \cdot H), \quad (2.2)$$

$$m = 7,8 \cdot 10^{-6} \cdot (3,14 \cdot 130^2 \cdot 44) = 17,7 \text{ кг};$$

Розрахуємо собівартість робіт за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{S_i}{1000} \times Q \times \kappa_T \times \kappa_C \times \kappa_B \times \kappa_M \times \kappa_{II} \right) - (Q - q) \times \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.3)$$

де S_i – вартість 1-єї тони заготовок, грн;

κ_T – клас точності;

κ_C – значення складності виробу під час виготовлення;

κ_B – співвідношення маси заготівки виробу та готового виробу;

κ_M – коефіцієнт, що враховує матеріал;

κ_{II} – коефіцієнт, що враховує обсяг партії під час виготовлення.

Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ – вартість 1-єї тони відходів, грн.

$$S_i = 58400 \text{ грн/т.}$$

$$S_{\text{відх}} = 36000 \text{ грн/т.}$$

$$\kappa_m = 1; \quad \kappa_c = 0,84; \quad \kappa_e = 0,8; \quad \kappa_m = 1; \quad \kappa_n = 1,$$

$$S_{\text{зар}} = \frac{58400}{1000} \cdot 17,7 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 - \\ - (17,7 - 9,8) \cdot \frac{36000}{1000} = 638,37 \text{ грн}$$

Після визначення значення $S_{\text{зар}}$ виконаємо розрахунок вартості фланця, який був отриманий шляхом штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах.

Визначення маси поковки. Для цього проведемо розрахунок необхідного обсягу матеріалу, який буде використано для отримання виробу.

Загальний обсяг матеріалу циліндричної форми за розмірами поковки становить

$$\kappa_{\text{т}} = 1,0; \kappa_{\text{с}} = 0,84; \kappa_{\text{в}} = 0,80; \kappa_{\text{м}} = 1,0; \kappa_{\text{п}} = 1,0,$$

$$V_{\text{зар}} = \pi \cdot R_{\text{зар}}^2 \cdot H, \quad (2.4)$$

де $R_{\text{зар}}$ – радіус зовнішньої частини поковки, мм;

H – максимальне значення ширини поковки фланця, мм;

$$V_{\text{зар}} = 3,14 \cdot 128,5^2 \cdot 42,4 = 2167265 \text{ мм}^3.$$

Визначмо приблизний об'єм внутрішнього отвору у місці усіченого конуса

$$V_1 = \frac{1}{3} \pi H_1 (R_1^2 + R_1 \cdot r_1 + r_1^2), \quad (2.45)$$

де R_1 – величина радіусу в основі конуса деталі, мм;

r_1 – радіус меншої основи конуса, мм;

H_1 – висота конуса, мм;

$$V_{\text{зар}} = \frac{1}{3} 3,14 \cdot 19,3 (49,78^2 + 49,87 \cdot 48,1 + 48,1^2) = \\ = 145251 \text{ мм}^3.$$

Отже, об'єм циліндричної частини виконаного отвору становить

$$V_2 = \pi \cdot R_2^2 \cdot H_2, \quad (2.5)$$

де R_2 – радіус в основі циліндра виробу, мм;

H_2 – висота циліндра, мм;

$$V_2 = 3,14 \cdot 38^2 \cdot 23,5 = 106553 \text{ мм}^3.$$

Значення об'єму виточки виконаної на правому торці у формі кільця виконаємо за виразом

$$V_3 = \pi H_3 (R_3^2 - r_3^2), \quad (2.6)$$

де R_3 – максимальна величина радіусу кільця, мм;

r_3 – мінімальний радіус кільця, мм;

H_3 – висота кільця, мм.

Тоді, підставимо значення та отримаємо

$$V_3 = 3,14 \cdot 9,8(128,5^2 - 107,8^2) = 150518,0 \text{ мм}^3.$$

Обсяг матеріалу для поковки

$$V = V_{\text{зар}} - (V_1 + V_2 + V_3); \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} V &= 2167265 - (145251 + 106553 + 150518) = \\ &= 1764943 \text{ мм}^3. \end{aligned}$$

Визначимо масу поковки

$$M = \rho \times V, \quad (2.8)$$

де ρ – щільність Ст. 20, кг/м³.

Виконуємо обчислення з використанням значень

$$M = 7850 \cdot 1764943 \cdot 10^{-9} = 12,45 \text{ кг.}$$

Наближений розрахунок об'єму металу припуска, що буде знімається з поковки під час оброблення рівний

$$M_{\text{пр}} = M - t, \quad (2.9)$$

де t – маса виробу, кг;

$$M_{\text{пр}} = 12,45 - 9,8 = 2,65 \text{ кг.}$$

Вартість поковки становить

$$S_{\text{зар}} = \left(\frac{S_i}{1000} \times Q \times \kappa_T \times \kappa_c \times \kappa_B \times \kappa_M \times \kappa_{II} \right) - (Q - q) \times \frac{S_{\text{відх}}}{1000},$$

$$S_i = 58400 \text{ грн/т.}$$

$$S_{\text{відх}} = 3600 \text{ грн/т.}$$

$$\kappa_m = 1,1; \kappa_c = 0,84; \kappa_e = 0,8; \kappa_M = 1; \kappa_n = 1,$$

$$S_{\text{зар}} = \left(\frac{584000}{1000} \cdot 12,45 \cdot 1,1 \cdot 0,84 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (12,45 - 9,8) \cdot \frac{36000}{1000} = 5280 \text{ грн.}$$

Встановимо показник ефективності використання металу через значення розрахованого коефіцієнта

$$K_{\text{к.м.}} = \frac{q}{Q}. \quad (2.10)$$

Варіант виконання з дискової заготовки

$$K_{\text{к.м.}} = \frac{9,8}{17,7} = 0,55.$$

Варіант виконання виробу методом штампування

$$K_{\text{к.м.}} = \frac{9,8}{12,45} = 0,78.$$

На основі проведених розрахунків встановлено, що другий варіант отримання заготовки – методом штампування – характеризується низкою переваг і є доцільним для використання у великосерійному виробництві фланців патронів. Ця технологія забезпечує високу продуктивність та економію матеріалу, що є критично важливим при виготовленні великих партій виробів. Водночас, недоліком штампування залишається обмежена точність отриманих заготовок, що в окремих випадках унеможлиблює досягнення необхідних геометричних параметрів без додаткової обробки. Саме тому використання заготовок, виготовлених із дискового металу, зберігає актуальність — як альтернатива для випадків, що вимагають підвищеної точності.

2.4 Формування схем базування

У машинобудуванні поняття схеми базування трактується як умовне графічне або аналітичне зображення розміщення опорних точок деталі або її заготовки відносно вибраної системи координат. У контексті проектування фланця патрона, схема базування відображає взаємне розташування елементів, які забезпечують жорстке закріплення заготовки на технологічній оснастці або верстаті.

Комплект баз формується як сукупність трьох взаємодоповнюючих базових поверхонь або точок опори, які сумарно виключають усі шість ступенів вільності твердого тіла. Такий комплект дозволяє однозначно зафіксувати положення деталі під час обробки (табл. 2.5). У запропонованій схемі кожна з опорних точок виконує функцію координатної прив'язки, що уможливорює точне розміщення заготовки фланця відносно площини та напрямних пристроїв.

Опорні точки слід трактувати як умовні зони контакту, які відповідають реально існуючим зв'язкам заготовки з елементами установки. У кресленнях схем базування опорні точки позначаються згідно з вимогами чинних стандартів, зокрема ДСТУ 2232-93 (Бази технологічні.) та ДСТУ 3321-2003 (Установлення заготовок і деталей.). Прийняті умовні графічні символи доповнюються цифровими індексами, що дозволяє чітко ідентифікувати кожну точку. У випадку накладення проєкцій кількох точок у кресленні використовується спільне позначення з переліком відповідних номерів праворуч від символу.

Нумерація опорних точок починається з головної (базової) точки, яка виконує роль настановної бази – як правило, це напрямна або установча площина, яка визначає основну орієнтацію деталі у просторі. Далі нумерація виконується послідовно, відповідно до черговості фіксації ступенів вільності. Завершальною в нумерації є опорна точка, яка забезпечує остаточну стабілізацію деталі під час обробки.

Таблиця 2.5 – Усунення ступенів вільності при базуванні та відповідні типи баз

№ з.п.	Ступінь вільності, що усувається	Тип бази / опорної поверхні	Приклад реалізації на фланці патрона
1	Лінійне переміщення вздовж осі Z	Площинна опора (головна або установча база)	Торцева частина фланця, що опирається на плиту
2	Лінійне переміщення вздовж осі Y	Бокова площина або ребро (додаткова опора)	Циліндрична поверхня внутрішнього отвору
3	Лінійне переміщення вздовж осі X	Протилежна опорна поверхня або упор	Торцева протилежна частина (або елемент оправки)
4	Обертання навколо осі X	Бічне спряження або штифт	Радіальні обмеження на отворі або втулці
5	Обертання навколо осі Y	Профільна база або напрямна	Зовнішній діаметр фланця
6	Обертання навколо осі Z	Додатковий штифт або притискний елемент	Штифтовий фіксатор у площині монтажу

Розробка схеми базування є важливим етапом формування технічного завдання на виготовлення фланця патрона. Вона забезпечує узгодження геометрії заготовки з конструкцією установчих пристроїв, дозволяє уникнути зайвих деформацій, похибок при встановленні та сприяє підвищенню точності обробки. Усі опорні точки повинні бути відображені на ескізах або кресленнях, що додаються до технологічної документації, із дотриманням вимог національних стандартів.

2.5 Обґрунтування вибору технологічної бази для механічної обробки фланця

Раціональний вибір технологічних баз є критично важливим етапом у забезпеченні необхідної точності при механічній обробці фланця. Він ґрунтується на аналізі конструкції деталі, її функціонального призначення, а також технологічних вимог до взаємного розташування поверхонь. Особлива увага приділяється забезпеченню доступу ріжучого інструменту до оброблюваних зон та відповідності обраних баз принципам точності, стабільності та зручності установки.

У першу чергу обґрунтовується вибір чистової бази, яка визначає положення заготовки під час відповідальних операцій точного оброблення.

1. Для виконання обробки правого торця фланця (рис. 2.3), торцевого уступу, а також для розточування внутрішнього отвору доцільно базувати заготовку по лівій торцевій поверхні та зовнішньому циліндричному поясу. Така схема відповідає принципу поєднання вимірювальної та технологічної баз ($9,5 \pm 0,05$ мм) – у даному випадку, лівий торець заготовки є спільною базою для виконання та контролю розміру $38,02_{-0,1}$ мм. Це забезпечує точне дотримання вимог креслення за рахунок зменшення похибок установки.

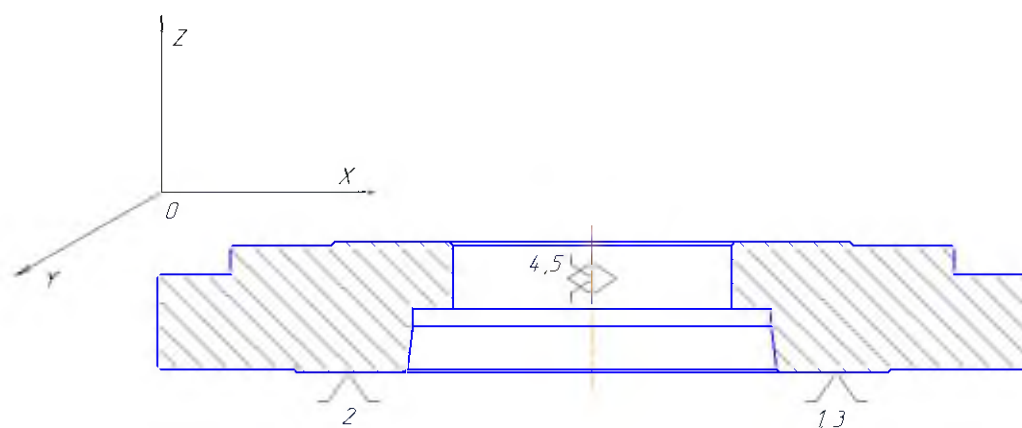


Рисунок 2.3 – Схема базування при механічній обробці правого торця фланця, внутрішнього отвору та торцевого уступу

Однак для інших розмірів, які фіксуються відносно правого торця фланця, принцип єдності баз не виконується. Незважаючи на це, завдяки правильному формуванню технологічного маршруту, необхідна розмірна прив'язка може бути досягнута шляхом перенесення розмірної бази при переході між установами.

У цій схемі лівий торець фланця виконує функцію основної настановної бази, що забезпечує фіксацію трьох ступенів свободи:

- переміщення уздовж осі OX ;
- обертання навколо осі OY ;
- обертання навколо осі OZ .

Для усунення решти ступенів свободи – переміщення вздовж осей OY та OZ – використовуються дві додаткові опорні точки, розташовані на зовнішній циліндричній поверхні. Вона, відповідно, виконує роль центральної бази. Подвійна точка опори на цій поверхні забезпечує стабільне позиціонування заготовки у площині обертання.

Обрана схема базування реалізується на першій установці при токарній обробці деталі фланця патрона. Використовуються доступні поверхні заготовки – лівий торець і зовнішній діаметр, що відповідає принципам послідовності обробки від чорнових до чистових баз.

2. При виконанні операцій оброблення лівого торця, внутрішнього конічного отвору та зовнішньої циліндричної поверхні базування здійснюється по правому торцю фланця та по торцевому уступу. У цьому випадку правий торець виконує функцію нової настановної бази, що аналогічно дозволяє усунути три ступені вільності:

- переміщення вздовж осі OX ;
- обертання відносно осі OY ;
- обертання навколо осі OZ .

Центрувальну функцію знову виконує поверхня з опорними точками 4 та 5, що забезпечують стабілізацію заготовки по залишковим ступеням свободи.

Подвійна точка опори розташовується на осі торцевого уступу, що сприяє точному позиціонуванню та орієнтації деталі у другій установці.

Таким чином, при обґрунтуванні технологічної бази враховано не лише геометричні особливості фланця, але й логіку черговості обробки, принципи переходу від чорнових до чистових баз та вимоги до точності. Запропоновані варіанти базування забезпечують стабільність, повторюваність установки та мінімізацію похибок у процесі механічної обробки.

Запропоноване базування, зображене на рис. 2.4, передбачається реалізовувати із застосуванням токарного патрона з трьома кулачками. Такий тип установчого пристрою забезпечує надійну фіксацію заготовки завдяки рівномірному затисканню по зовнішній циліндричній поверхні, що дозволяє витримувати необхідну співвісність і забезпечує стабільне положення під час оброблення отворів та торців.

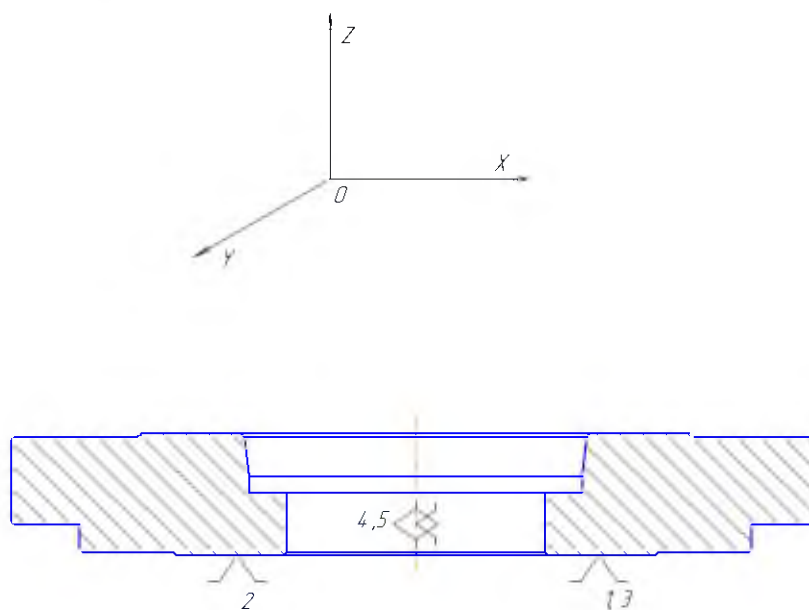


Рисунок 2.4 – Схема базування при токарній обробці лівого торця фланця, внутрішнього кінцевого отвору та зовнішньої циліндричної поверхні

Цей варіант базування застосовується у разі, коли поверхня правого торця фланця та торцевий пасок уже піддані чистовій обробці. Завдяки цьому їх можна використовувати як настановні бази при подальшій обробці протилежної частини деталі. Такий підхід забезпечує високу точність позиціонування заготовки у

пристрої та дозволяє витримати геометричні параметри при остаточному формуванні циліндричної поверхні та внутрішнього конічного отвору.

3. Для виконання комплексу операцій на правому торці фланця (рис. 2.5) – зокрема, зенкування, свердління отворів під кріплення, фасонної обробки та нарізування різьблення, застосовується інша схема базування. У цьому випадку заготовка фіксується по зовнішній циліндричній поверхні за допомогою розтискної втулки. Такий спосіб базування дозволяє ефективно усунути переміщення по осях OY і OZ за рахунок опорних точок 4 та 5, що розміщуються на зовнішньому діаметрі.

Альтернативним варіантом було б базування по внутрішній конічній поверхні, однак його реалізація потребує використання спеціалізованої та значно дорожчої оснащення, що не завжди виправдано з точки зору економічної доцільності.

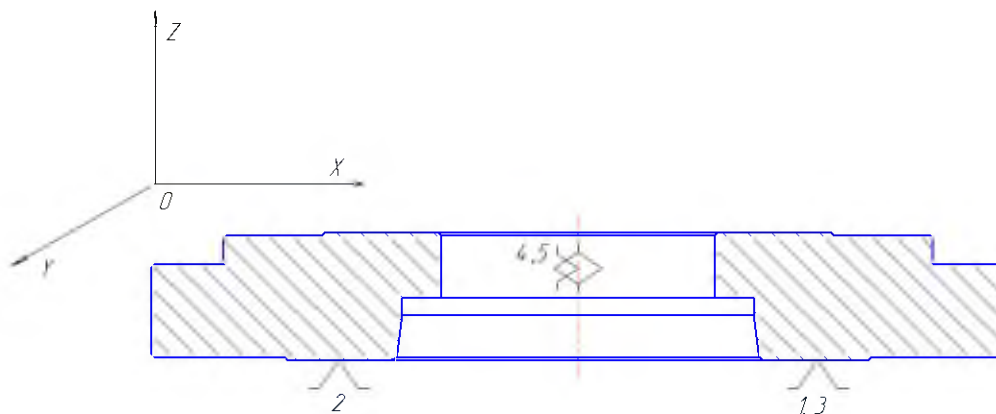


Рисунок 2.5 – Схема базування при обробці отворів у площині правого торця фланця

Робоча поверхня столу верстата, на якій встановлюється заготовка, виконує функцію жорсткого обмеження по залишковим ступеням вільності: вона запобігає обертанню навколо осей OY та OZ , а також переміщенню вздовж осі OZ – через реалізацію трьох додаткових точок опори (точки 1, 2 і 3). Така конструкція дозволяє забезпечити стійкість та стабільність положення заготовки протягом усього циклу обробки.

Зазначена схема передбачає, що ліва торцева поверхня вже попередньо оброблена і може виконувати функцію опорної бази. Крім того, необхідно мати підготовлений внутрішній отвір, який дозволяє застосовувати розтискну втулку або аналогічний фіксуєчий елемент.

Варто зазначити, що у цій схемі не дотримується принцип єдності баз, оскільки вимірвальна база, від якої задається розмір на кресленні, не збігається з технологічною базою, використаною під час обробки. У подібних випадках точність виготовлення фланця досягається не за рахунок суміщення баз, а шляхом ретельного налаштування ріжучого інструменту та точного програмування режимів обробки, що дозволяє компенсувати похибки, пов'язані з різними базами.

Оброблення отворів у площині правого торця передбачає організацію нової установки, симетричної до тієї, що використовується для лівої частини фланця. Для забезпечення заданих допусків на розташування отворів, виконаних у площинах лівого і правого торців, необхідно ефективно обмежити обертання заготовки навколо осі OZ. Це особливо важливо у випадках свердління, зенкування або фрезерування отворів із високими вимогами до взаємного розташування.

Для досягнення стабільного закріплення заготовку встановлюють на площину опори, а фіксація в площині обертання виконується за допомогою двох циліндричних напрямних пальців, які вводяться у відповідні установчі отвори або пази. Такий підхід забезпечує стабільність розміщення та гарантує дотримання геометричної точності при обробці правої площини фланця.

4. При виконанні врізного шліфування торцевого паска схема базування обирається з опорою на лівий торець фланця та його зовнішню циліндричну поверхню. Такий варіант забезпечує надійну установку під час виконання тонкої чистової операції. Проте у цьому випадку не дотримується принцип єдності баз, оскільки конструктивний розмір $9,5 \pm 0,01$, який необхідно забезпечити (наприклад,

розмір від правого торця), не може бути гарантовано витриманий при базуванні за лівим торцем (рис. 2.6).

Водночас, розмір $9,5 \pm 0,01$ мм, який визначений кресленням як відстань від правої площини, може бути забезпечений, оскільки він формується шляхом нарощування – тобто, він не є критичним до перенесення бази, а похибки можуть бути компенсовані відповідним коригуванням положення інструменту.

Таким чином, схема базування у випадках точного шліфування вимагає окремого врахування орієнтації технологічної та креслярської бази, оскільки навіть незначні невідповідності між ними можуть спричинити втрату точності. Правильний підбір схеми розташування заготовки та контроль точності обробки є критичними для забезпечення відповідності деталі технічним вимогам.

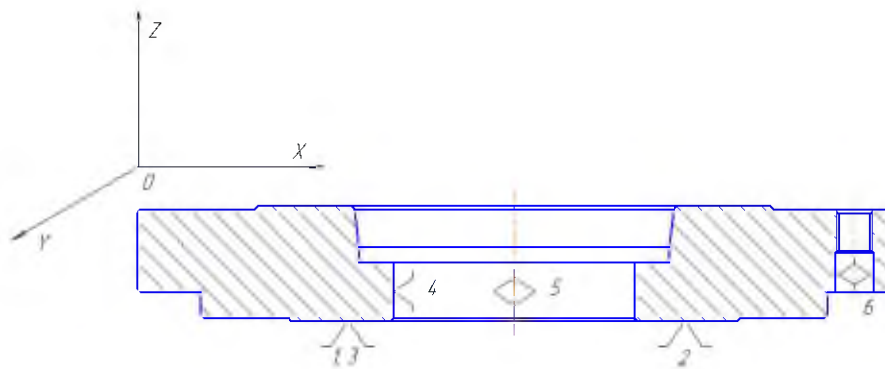


Рисунок 2.6 – Схема базування при обробці отворів у лівому торці площини фланця

У запропонованій схемі базування передбачається використання спеціального пристосування – мембранного патрона. Заготівля фланця встановлюється в нього до упору, що забезпечує фіксацію за рахунок усунення трьох ступенів свободи: переміщення вздовж осі OX, обертання навколо осі OZ, а також повороту відносно вертикальної осі OY.

Для повного позиціювання заготовки додатково необхідно ліквідувати ще два ступені свободи – переміщення по OY і по вертикалі OZ. Це здійснюється за допомогою гідравлічного затискного пристрою, який створює надійне стискання заготовки в потрібному положенні.

Реалізація такої схеми базування передбачає попередню наявність обробленої лівої торцевої площини фланця та сформованої зовнішньої циліндричної поверхні, що слугує для центрування. Такий підхід гарантує стійке положення заготовки під час виконання технологічних операцій.

5. У процесі шліфування лівого торця (рис. 2.7) заготовки фланця основним завданням є забезпечення точного виконання лінійного розміру $38,2_{-0,05}$ мм. З урахуванням характеру даної операції, особливості базування відіграють вторинну роль, адже вплив точності позиціювання заготовки по осях OX і OY на кінцевий результат буде мінімальним.

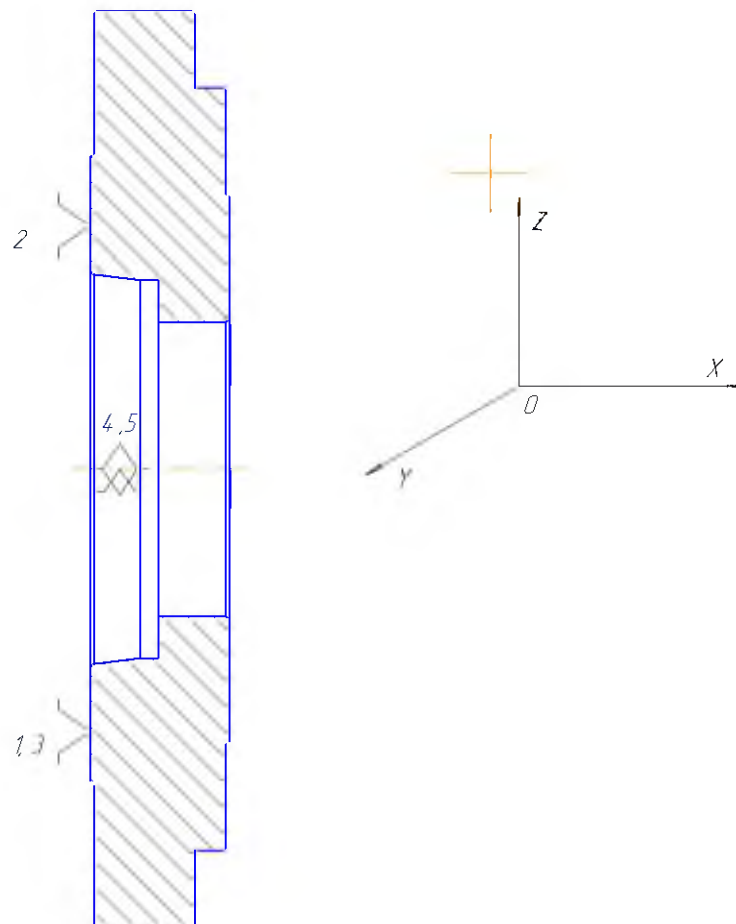


Рисунок 2.7 – Схема базування при шліфуванні торцевого паса

У цьому випадку бічні поверхні заготовки не використовуються як технологічні бази, а служать виключно для механічного закріплення деталі у пристрої. Таким чином, вимоги до їхньої точності та орієнтації суттєво знижуються. З огляду на це, приймається спрощена схема базування, що

передбачає позбавлення лише трьох ступенів вільності – зокрема, лінійного переміщення вздовж осі OZ та обертання навколо осей OX і OY .

Зазначений варіант часткового базування вимагає, щоб права торцева поверхня заготовки вже була попередньо оброблена, оскільки саме вона виконує роль настановної бази при шліфуванні протилежної торцевої площини (рис. 2.8). Застосування такої схеми дозволяє спростити установку, зменшити час підготовки та забезпечити належну точність обробки у межах заданого допуску.

У цьому випадку реалізовано принцип єдності базування, оскільки вимірювальна база повністю збігається з технологічною. Зокрема, контроль точності розміру здійснюється по правій торцевій поверхні, яка одночасно використовується як опорна база під час обробки. Такий підхід забезпечує підвищену точність позиціонування й мінімізує похибки, пов'язані зі зсувом системи відліку.

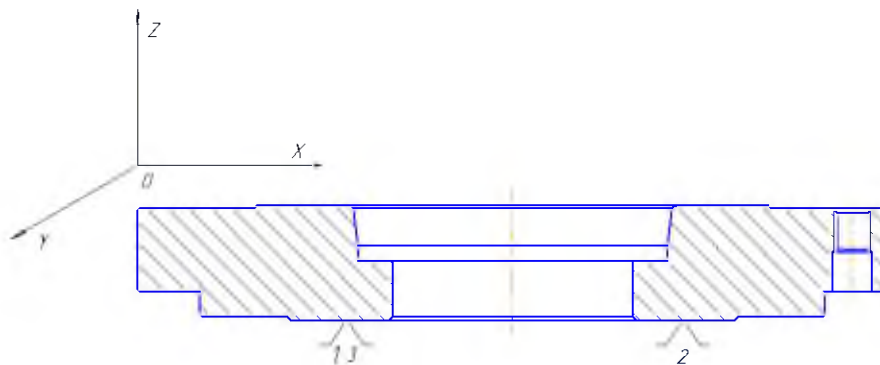


Рисунок 2.8 – Схема базування при врізному шліфуванні лівого торця площини деталі

6. Під час виконання операції оброблення лівого торця фланця та формування внутрішнього конічного отвору базування заготовки здійснюється за правим торцем та торцевим уступом (рис. 2.9). У такій схемі правий торець виконує функцію основної настановної бази, що визначає положення деталі під час обробки.

Зазначене базування забезпечує усунення трьох ступенів вільності, а саме:

- поступального переміщення вздовж осі OX ;

- обертання навколо осі OY ;
- обертання навколо осі OZ .

Для повного позиціонування необхідне додаткове обмеження ще двох ступенів свободи, пов'язаних із можливим зміщенням заготовки вздовж осей OY та OZ . Це досягається шляхом введення двох додаткових опорних точок, що розміщуються на відповідних елементах циліндричної поверхні заготовки або на торцевому уступі.

Реалізація цієї схеми базування виконується за допомогою токарного патрона з трьома кулачками, який забезпечує рівномірне затискання заготовки по зовнішньому діаметру. Такий підхід гарантує точність співвісного розташування осі деталі та стабільність її положення в процесі обробки.

Важливо зазначити, що ефективність цієї схеми можлива лише за умови наявності попередньо оброблених поверхонь, які застосовуються як технологічні бази. Це дозволяє забезпечити необхідну геометричну точність при токарній обробці внутрішньої конічної поверхні та досягти відповідності розмірів вимогам технічної документації.

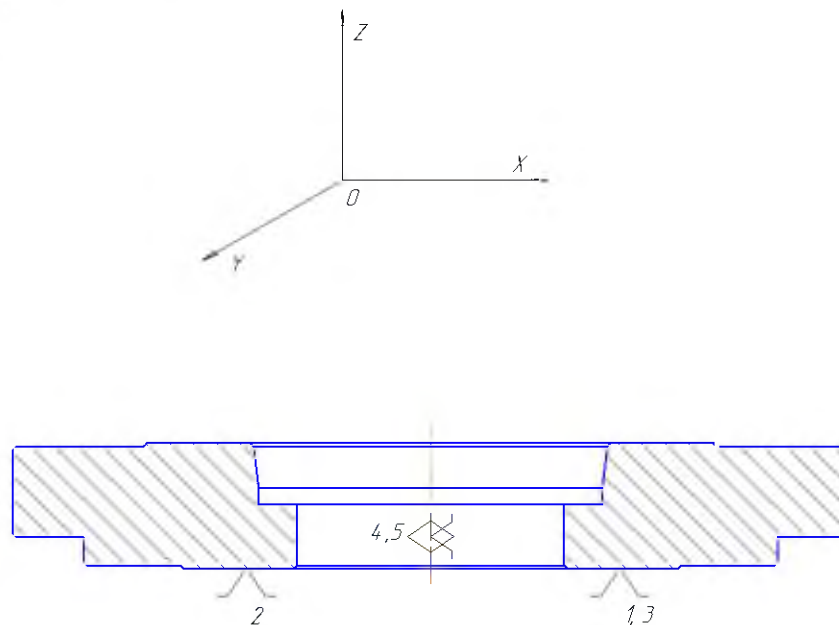


Рисунок 2.9 – Схема базування при обробленні лівого торця та виконання внутрішнього конічного отвору фланця

Обґрунтування чорнових баз.

7. Під час виконання операцій, пов'язаних із обробленням площини правого торця фланця та циліндричного отвору, відбувається формування чистової бази, яка в подальшому слугуватиме основною опорною поверхнею для наступних етапів механічної обробки заготовки.

Оскільки на цьому етапі зазначені поверхні ще не мають остаточної обробки, виникає необхідність у застосуванні чорнових баз, які тимчасово забезпечують позиціонування заготовки в просторі до моменту формування остаточних базових поверхонь. З метою забезпечення точності та відтворюваності положення, базування виконується по лівому торцю та **зовнішній циліндричній поверхні фланця, відповідно до загальноприйнятих принципів побудови чорнових баз.

Зазначена схема комплексного базування реалізується із використанням трикулачкового токарного патрона, який забезпечує одночасне фіксування по зовнішньому діаметру та додаткову опору через торцеву площину. У такій конфігурації:

а) точки 1, 2 та 3 забезпечують обмеження заготовки від:

- лінійного переміщення вздовж осі OX ;
- обертання навколо осі OY ;
- обертання навколо осі OZ .

б) точки 4 та 5 виконують роль допоміжних опор, необхідних для усунення можливості переміщення заготовки вздовж осей OY та OZ .

Таким чином, повне просторове позиціонування досягається шляхом комплексного базування із дотриманням правил побудови чорнових установок. Це дозволяє здійснити надійне закріплення деталі до моменту формування точних поверхонь, які в подальшому виконуватимуть функції технологічних баз у чистових операціях.

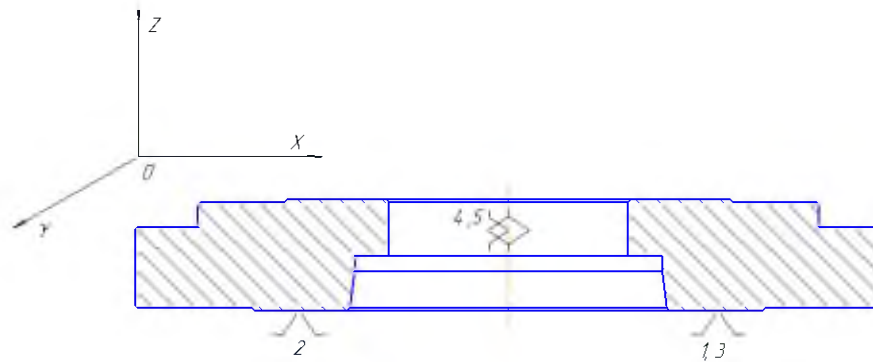


Рисунок 2.10 – Базування для випадку оброблення поверхні правого торця і циліндричного отвору

На основі аналізу розглянуто сім варіантів схем базування, кожна з яких обирається відповідно до типу операції, технічних вимог до поверхонь, ступеня обробки заготовки та можливості реалізації принципу єдності баз. У кожному випадку проаналізовано ступені вільності, яких необхідно позбавити заготовку, визначено оптимальні опорні точки та встановлено умови до попередньої обробки поверхонь, що слугуватимуть базами.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФЛАНЦЯ

3.1 Обґрунтування технологічного маршруту

Підготовка фланцевого елемента для виробу типу “Труба з фланцем” здійснюється згідно з технологічною послідовністю, що передбачає попереднє встановлення заготовки на верстат із використанням комплекту чорнових баз.

На початковому етапі проводиться обробка всіх зон заготовки, доступних для різального інструменту. Частина цих поверхонь надалі виконуватиме роль точних баз. Зокрема, виконуються токарні операції з обробки правого торця, ділянки циліндричної частини, що доступна для оброблення, торцевого пояса, а також здійснюється розточування отвору з діаметром 80,0 мм.

У процесі подальшої токарної обробки пріоритет надається тим зонам заготовки, де передбачені найбільші припуски на оброблення або існує ймовірність наявності дефектів у структурі матеріалу – з метою їх своєчасного усунення або коригування геометрії.

Під час виконання чистового точіння заготовка фланця закріплюється в патроні верстата з використанням раніше оброблених поверхонь як базових. У цьому циклі проводиться точне формування торцевого пояса на правому торці, який у подальшому слугує базою для оброблення кінчної частини центрального отвору. З огляду на це, чистові операції виконуються лише після завершення попереднього (чорнового) точіння.

Далі проводиться розточування внутрішньої кінчної поверхні — цю операцію здійснюють шляхом установки деталі у спеціалізований патрон, орієнтуючись на чисто оброблений торцевий пояс, який розташований з боку правого торця фланця.

На наступному кроці цього етапу є обробка ряду отворів, що розміщені на правій та лівій торцевих площинах, у суворій відповідності до вимог креслення.

Завершальний етап обробки фланця полягає у проведенні шліфувальних операцій, які остаточно формують геометрію торцевих поверхонь та забезпечують необхідний клас чистоти. Зокрема, під час спеціалізованої шліфовки виконується обробка торцевого пояса фланця, причому базування заготовки здійснюється у мембранному патроні, що забезпечує стабільну фіксацію та точне позиціонування відносно осі обертання.

Додатково, у процесі плоскошліфування заготовка фіксується на столі верстата з опорою на попередньо чисто оброблену поверхню правого торця. Це дає змогу виконати високоточне шліфування лівої торцевої площини фланця, формуючи паралельність торців і забезпечуючи дотримання заданих геометричних допусків, які є критичними для подальшого складання вузла токарного патрона.

3.2 Технологічна послідовність механічної обробки

Враховуючи особливості оброблюваної заготовки та функціональні вимоги до фланцевого вузла, технологічна послідовність механічної обробки може бути подана у вигляді деталізованого маршруту:

1. Проведення чорнового точіння, яке охоплює формування основних базових поверхонь: правий торець, зовнішня циліндрична частина з діаметром 250 мм, поверхня діаметром 208 мм, а також початкове формування торцевого пояса.
2. Виконання попереднього розточування внутрішнього отвору для наближення до заданого діаметра та видалення надлишку матеріалу.
3. Напівчистове обточування обох ділянок зовнішнього циліндра з діаметрами 250 і 208 мм з метою покращення геометрії та точності базування.
4. Чорнове формування лівої торцевої площини фланця, яка в подальшому слугуватиме контактною поверхнею у вузлі з'єднання.

5. Обробка ділянки фланця зовнішнього діаметра 250 мм на стадії чорнової операції.
6. Напівчистове доопрацювання тієї ж ділянки для підвищення точності розмірів.
7. Проведення напівчистового розточування внутрішнього конічного отвору, з орієнтацією на базову торцеву поверхню.
8. Чорнове розточування паза, що входить у структуру внутрішнього отвору, з метою підготовки його до остаточного оформлення.
9. Завершальне обточування правого торця та торцевого пояса з досягненням необхідного класу точності та шорсткості.
10. Високоточне (тонке) обточування пояса, що слугує основною чистовою базою для наступних операцій.
11. Виконують обточування фаски з параметрами $1 \times 45^\circ$ на внутрішній циліндричній поверхні отвору з метою видалення задирок та забезпечення плавного переходу до суміжних елементів.
12. Здійснюють остаточне (чистове) розточування внутрішньої конічної поверхні, забезпечуючи точне дотримання заданого профілю та геометрії.
13. Проводиться тонке розточування конічної частини отвору з метою досягнення необхідного класу точності й мінімальної шорсткості.
14. Формується фаска $1 \times 45^\circ$ безпосередньо на конічному отворі для полегшення монтажу з'єднуваного елемента та усунення потенційних дефектів кромки.
15. Виконується чистове обточування зовнішньої циліндричної частини фланця із досягненням встановлених розмірних і шорсткісних характеристик.
16. У правому торці фланця проводиться свердління трьох двоступеневих отворів згідно з конструктивними параметрами вузла.
17. Далі здійснюється свердління ще трьох отворів у правій торцевій частині фланця відповідно до монтажною схемою.

18. Послідовно просвердлюють шість отворів на правому торці, які слугують для з'єднання зі складальними елементами патрона.

19. У трьох попередньо сформованих двоступеневих отворах виконують різьбонарізну операцію, дотримуючись відповідного профілю та класу допуску.

20. У трьох монтажних отворах, попередньо виконаних у правому торці фланця, проводиться операція з нарізання внутрішньої різьби відповідного стандарту.

21. Здійснюється свердління чотирьох отворів у лівій торцевій частині з подальшим зенкуванням їхніх фасок. Операцію виконують комбінованим способом із забезпеченням точного розміщення фаски у межах допуску.

22. Проводиться розсвердлювання шести отворів, розташованих із боку лівого торця фланця, для приведення їх до заданого діаметра та уточнення геометрії.

23. На лівій торцевій площині виконують додаткове свердління двох отворів відповідно до монтажної схеми з'єднання.

24. У чотирьох підготовлених отворах виконують різьбонарізну операцію згідно з технічними вимогами проекту.

25. Здійснюється високоточне врізне шліфування торцевого пояса фланця з метою досягнення необхідного класу чистоти обробки та забезпечення надійного базування.

26. Завершальною операцією є чистове плоске шліфування лівого торця фланця з дотриманням допусків на паралельність і площинність.

27. Контрольне вимірювання співвісності конічного отвору та правого торця фланця за допомогою індикаторного пристрою або контрольного конуса. Операція проводиться для підтвердження дотримання геометричних допусків на розташування та орієнтацію базових поверхонь.

28. Остаточне балансування фланця на спеціалізованому стенді для усунення масових дисбалансів перед складанням з корпусом токарного патрона.

Забезпечення точності обертання та зменшення вібрацій при високих швидкостях роботи.

Таким чином, розроблений технологічний маршрут обробки фланця виробу типу “Труба з фланцем” є обґрунтованим із точки зору раціонального використання виробничих ресурсів, забезпечення високої точності обробки відповідальних поверхонь і досягнення заданих геометричних параметрів виробу. Послідовність операцій забезпечує оптимальне базування, стабільну обробку критичних елементів та передбачає контрольні заходи, необхідні для збереження точності на всіх етапах виготовлення. Такий підхід дозволяє гарантувати якість готового з'єднувального вузла й підвищити його надійність в умовах експлуатаційного навантаження.

3.3 Обґрунтування устаткування

Раціональний вибір технологічного обладнання є одним із ключових чинників, що забезпечує ефективність та стабільність процесу механічної обробки. В умовах серійного виробництва, яке передбачене для виготовлення фланця виробу типу “Труба з фланцем”, доцільність застосування того чи іншого верстатного парку визначається як техніко-економічними характеристиками, так і вимогами до точності, продуктивності та надійності обробки конструктивно відповідальних елементів. У даному підрозділі обґрунтовується вибір устаткування для реалізації запропонованого технологічного маршруту.

1. Для виконання комплексу технологічних операцій, що включають чорнову та напівчистову обробку правого торця заготовки, а також зовнішньої поверхні з діаметром 250 мм, пояска $\varnothing 208$ мм та центрального отвору $\varnothing 80$ мм, передбачалося застосування вертикального шестишпіндельного токарного напівавтомата типу 1Б284, який забезпечує стандартний рівень точності обробки. На даному обладнанні планувалося виконання згаданих технологічних переходів, згрупованих у п'ять робочих позицій із окремим завантажувальним місцем. Така

компоновка та тип верстата є доцільними у режимі великосерійного виробництва, з урахуванням обсягу випуску деталей – 25 000 одиниць. Максимально допустимий діаметр оброблюваних заготовок, що становить 360 мм, повністю покриває габарити фланця $\varnothing 250$ мм та відповідає технологічним вимогам переходів 1-3.

2. Для виконання чорнової та напівчистої обробки лівого торця фланця, зовнішньої поверхні $\varnothing 250$ мм, а також формування отвору $\varnothing 103$ мм і внутрішнього конічного отвору, передбачалося використання напівавтомата тієї ж моделі, що й у попередньому пункті. Це дозволяло ефективно реалізувати технологічні операції, зазначені у переходах 4-8, з урахуванням повторюваності геометрії та раціонального використання наявного оснащення.

Для здійснення чистового точіння правої торцевої поверхні, уступу $\varnothing 148$ мм, а також точного та завершального обточування пояса $\varnothing 208$ мм і фаски внутрішнього отвору під кутом $1 \times 45^\circ$, доцільно застосовувати горизонтальний шестишпіндельний токарно-патронний напівавтомат підвищеної точності типу 1Б290П-6К. На цьому обладнанні передбачено виконання переходів 9-11, які згруповані у три технологічні позиції з окремим завантажувальним циклом. Такий верстат забезпечує високу продуктивність і доцільний для умов великосерійного виробництва. Його конструктивна здатність обробляти заготовки діаметром до 250 мм дозволяє повністю охопити необхідний обсяг робіт із зазначеними зонами фланця.

4. Для реалізації операцій чистового та тонкого точіння конічної внутрішньої поверхні, обробки циліндричної ділянки, а також формування фаски $1 \times 45^\circ$ на конічному отворі передбачається застосування верстатного обладнання типу 1А734Ф3. Це вертикальний токарний напівавтомат з числовим програмним керуванням, який вирізняється широкими функціональними можливостями автоматизації. За своїм технологічним призначенням дана модель належить до багаторізцевих токарних верстатів копіювального типу з ЧПК, що дозволяє

забезпечити високу точність і повторюваність обробки складних внутрішніх профілів.

5. Формування отворів та подальша їхня обробка, включаючи виконання різьблення, передбачається здійснювати із застосуванням агрегатного верстата моделі 6P82Ш. Це універсальна високопродуктивна оброблювальна установка, яка поєднує функції токарного, свердлильного й фрезерного обладнання. Верстат оснащений револьверними головками та механізмами автоматичної подачі, що дає змогу ефективно реалізовувати багатоперехідні операції без зайвих переналагоджень. Використання такого устаткування є доцільним у режимі великосерійного виробництва, де важливими є стабільність циклу й мінімізація тривалості обробки. Конструктивні розміри робочого столу агрегату повністю відповідають габаритам фланця патрона, що дозволяє здійснювати точне базування заготовки під час виконання обробки.

7. Для виконання плоскошліфувальної обробки лівої торцевої поверхні заготовки передбачається використання вітчизняного високоточного верстата моделі 3E711. Це обладнання широко застосовується у машинобудуванні завдяки здатності забезпечувати високоякісну обробку плоских поверхонь із можливістю автоматичного регулювання та подачі. Верстат відповідає класу точності "B", що дозволяє досягти заданих геометричних параметрів. У контексті виготовлення фланця патрона особливо важливо забезпечити жорсткий допуск на паралельність між лівим і правим торцями деталі. Робоча поверхня столу має довжину 400 мм, а максимальна висота встановлюваної заготовки становить 160 мм. При цьому слід враховувати, що оброблювані деталі не повинні перевищувати діаметр 400 мм для забезпечення стабільного позиціонування й рівномірного знімання шару.

Виходячи з прийнятого комплексу обладнання, а також з урахуванням технологічних особливостей обробки фланця, доцільно здійснити групування окремих переходів у відповідні операції. Таке об'єднання базується на загальних характеристиках: використанні однакового типу верстатів, схожих способах

базування, конструкції інструменту та умовах виконання. Зважаючи також на контрольні пункти, які забезпечують дотримання точності на критичних етапах, сформуємо таку логічну послідовність основних технологічних операцій:

1. Операція 005 – переходи 1-3: виконуються на токарному напівавтоматі 1Б284 або 1К62, формування базових поверхонь правої частини фланця.

Мета: сформувати базові елементи геометрії заготовки фланця (правий торець, зовнішні циліндричні ділянки та отвір), які будуть використовуватись для подальшого базування, забезпечивши початкову точність і видалення надлишкового матеріалу.

2. Операція 010 – переходи 4-8: здійснюється обробка лівого торця, формування циліндричних і конічних елементів отвору на тому ж обладнанні.

Мета: сформувати геометрично важливі поверхні з боку лівого торця, включаючи зовнішню частину фланця, внутрішні отвори та елементи посадки, підготувавши заготовку до чистових операцій.

3. Операція 015 – контрольна: перевірка геометрії базових елементів і співвісності перед переходом до чистових операцій.

Мета: перевірити точність оброблених базових поверхонь, співвісність, відхилення від форми та геометричних допусків перед подальшим чистовим доведенням.

4. Операція 020 – переходи 9-11: чистове точіння правого торця, уступу $\varnothing 148$ мм, та обробка пояска $\varnothing 208$ мм на верстаті 1Б290П-6К.*

Мета: здійснити високоточне чистове точіння правого торця, уступу та пояска, сформувавши функціональні поверхні, що впливають на якість складання та посадки.

5. Операція 025 – переходи 12-15: завершальна обробка внутрішнього конічного отвору та суміжних фасок на ЧПУ-верстаті типу 1А734Ф3.

Мета: забезпечити точну обробку внутрішнього конічного отвору та суміжних фасок із дотриманням строгих параметрів форми та шорсткості, застосовуючи ЧПУ для стабільності.

6. Операція 030 – переходи 16-24: комплекс свердлильно-різьбонарізних операцій на агрегатному верстаті 6P82Ш.

Мета: виконати свердлильні та різьбонарізні переходи в усіх монтажних отворах, гарантуючи їх правильне розташування, розміри та відповідність функціональному призначенню.

7. Операція 035 – контрольна: метрологічний контроль отворів, різьблення, співвісності отворів і загальної геометрії.

Мета: здійснити проміжний контроль точності діаметральних розмірів, якості різьб, розташування та орієнтації отворів щодо осі симетрії.

8. Операція 040 – термічна: за необхідності – термообробка для стабілізації структури та напружень у матеріалі.

Мета: стабілізувати структуру металу шляхом термообробки, зменшити залишкові напруження та поліпшити експлуатаційні властивості деталі.

9. Операція 045 – перехід 25: високоточне врізне шліфування торцевого пояса на верстаті відповідного класу.

Мета: забезпечити фінішну обробку торцевого пояса з високим класом точності та шорсткості для стабільного базування.

10. Операція 050 – перехід 26: фінішне шліфування лівого торця деталі на плоскошліфувальному верстаті 3E711.

Мета: досягнути точної площинності та паралельності лівого торця щодо правого, що критично для подальшого складання вузла.

11. Операція 055 – контрольна: заключна перевірка відповідності геометрії, шорсткості та габаритів готового фланця.

Мета: підтвердити відповідність готової деталі геометричним, розмірним і якісним параметрам відповідно до технічних умов.

3.4 Організування роботи дільниці

На основі розробленого технологічного процесу виготовлення фланців, послідовності виконання операцій та схеми переміщення матеріальних потоків у

межах виробничої дільниці можна сформулювати наступне. Заготовки фланців, які надходять зі штампувальної дільниці в контейнерах, транспортуються внутрішньоцеховим навантажувачем до токарного напівавтомата 1Б284, призначеного для реалізації першої обробної операції (005).

Після виконання цієї операції заготовки навішуються на гачки каретки ланцюгового підвісного конвеєра, який забезпечує їх подачу на всі подальші етапи обробки відповідно до виробничого маршруту. Така організація переміщення дозволяє автоматизувати подачу напівфабрикатів і зменшити вплив ручних операцій на ритм виробництва.

Особливу увагу слід приділити етапу після контрольної операції, коли напівфабрикати групуються у тару (контейнер), яка потім спрямовується до термічного підрозділу для виконання відповідної обробки (операція 040). Після завершення термообробки контейнери повертаються в основну дільницю: заповнені — на наступну технологічну позицію, а порожні — для повторного завантаження.

Фланці надалі транспортуються вздовж конвеєра відповідно до затвердженої послідовності операцій до фінального етапу обробки (055). Після завершення всіх технічних процедур готові вироби розміщуються у контейнери для подальшого зберігання або відвантаження.

Для підвищення ефективності логістики всередині цеху передбачено встановлення мостового крана вантажопідйомністю 10 тонн. Це обладнання буде використовуватись під час монтажу важкого технологічного оснащення, встановлення верстатів, а також для переміщення контейнерів із заготовками та готовою продукцією в межах дільниці.

Забезпечення верстатного парку необхідним різальним і допоміжним інструментом покладається на спеціалізований підрозділ, відповідальний за його отримання, облік, зберігання й розподіл. Основним завданням цього підрозділу є ритмічне та безперебійне постачання виробничого процесу всіма необхідними засобами оснащення. Структура забезпечення включає дві секції: одна опікується

зберіганням інструменту та його комплектуванням відповідно до номенклатури технологічних операцій, а друга – організовує його транспортування безпосередньо до робочих місць.

До функціональних обов'язків фахівців зі зберігання та комплектування належить приймання інструменту від центрального складу чи постачальника, його розміщення на спеціально промаркованих стелажах, підтримання необхідного оборотного фонду, а також ведення обліку видачі, повернення та передавання карт налагодження. Після налаштування та перевірки інструмент направляється комплектувальником на відповідні верстати – індивідуально або комплектами. У разі потреби можливе постачання цілих змінних інструментальних магазинів залежно від конструкційних особливостей обладнання.

Доставлення та повернення інструменту організовується за участі:

- працівників, відповідальних за внутрішньоцехове транспортування;
- персоналу інструментальної служби, що відповідає за облік і збереження;
- транспортних засобів внутрішнього користування.

Заточування інструменту здійснюється у спеціалізованому відділенні, розміщеному в окремому приміщенні цеху. Необхідність організації такої зони обумовлена значною проектною кількістю оброблювальних верстатів, яка, згідно з розрахунками, становить від 130 до 180 одиниць. Це, у свою чергу, вимагає централізованого підходу до забезпечення гостроти ріжучого інструменту та зменшення простоїв обладнання.

Процес заміни інструменту передбачається виконувати відповідно до затвердженого графіка або в разі його виходу з ладу через зношення чи аварійне пошкодження. Крім того, у практиці організації виробництва розглядається можливість застосування змішаної форми заміни: інструмент оновлюється після певного наперед встановленого терміну служби, а у випадках передчасного зносу – замінюється негайно, за фактом технічної несправності.

Для інструменту з подібною статистичною стійкістю до зношування доцільним вважається використання змішано-групової заміни. У цьому випадку вся партія інструменту, яка належить до однорідної групи, підлягає одночасному оновленню після досягнення загального нормативного терміну експлуатації, незалежно від фактичного напрацювання окремих елементів.

За таких підходів до організації інструментального забезпечення на підприємстві пропонується впровадження системи планового відновлення ріжучого інструменту, що дозволить підтримувати стабільну якість обробки та зменшити витрати, пов'язані з незапланованими зупинками виробництва.

Зважаючи на проєктну кількість обладнання, яка перевищує 130–180 одиниць, у межах цеху передбачається організація окремої ремонтної майстерні. Її функціональне призначення – виконання планових ремонтів, відновлення працездатності технологічного оснащення та інструменту, що застосовуються в реалізації затвердженого технологічного процесу.

Додаткові роботи, пов'язані з технічним обслуговуванням, діагностикою й планово-попереджувальними ремонтами основного устаткування, а також модернізацією існуючих вузлів або виготовленням нестандартного обладнання, виконуються силами ремонтно-механічного цеху (РМЦ) підприємства. Електротехнічне обслуговування – включаючи ремонти електродвигунів, електроавтоматики, систем вентиляції та електроніки – забезпечується спеціалізованим підрозділом при РМЦ, що відповідає за надійність роботи електросистем.

Поточне обслуговування, включно з дрібними та середніми ремонтами устаткування, здійснюють призначені фахівці самого цеху, тоді як капітальні ремонти виконуються централізовано – у рамках спеціалізації ремонтно-механічного підрозділу.

Для забезпечення справного стану електротехнічної інфраструктури виробничої дільниці у складі РМЦ функціонує окреме відділення, яке здійснює

профілактичні огляди та ремонт електроустаткування, включаючи електродвигуни, пускові системи та елементи керування.

Проведемо проектний розрахунок необхідної кількості одержуваної стружки у процесі виробництва

$$m = \frac{(Q - q) \cdot N}{S}, \quad (3.1)$$

де m – маса стружки, що припадає на 1 м^2 площі цеху;

Q – маса заготовки для виготовлення деталей, $Q = 12,45 \text{ кг}$;

q – маса деталі, $q = 9,80 \text{ кг}$;

N – обсяг виготовлення, $N = 250$ тис. од.;

S – площа ділянки, $S = 270 \text{ м}^2$.

Підставимо числові значення та тримаємо

$$m = \frac{(12,45 - 9,8) \cdot 25000}{270} = 245 \text{ кг/м}^2.$$

У зв'язку з тим, що об'єм утвореної в процесі обробки стружки є меншим за гранично допустиме значення $m = 300 \text{ кг/м}^2$, не передбачається впровадження централізованої системи видалення стружки з використанням магістральних конвеєрних ліній. Натомість організовується її накопичення в спеціальні контейнери, з яких відходи періодично вивозяться на утилізацію після заповнення тари.

Технологічні процеси на обладнанні супроводжуються інтенсивним використанням змащувальної та охолоджувальної рідини (ЗОР). Для її подачі передбачено розгалужену систему трубопроводів, що з'єднує центральну установку подачі з крановими точками, розміщеними на окремих виробничих постах цеху. Робота верстатного парку супроводжується використанням локальних систем рециркуляції ЗОР, які щоденно поповнюються для компенсації втрат, пов'язаних із розбризкуванням рідини під час обробки, її виносом зі стружкою та залишками на готових виробах.

Проектна схема утилізації стружки та ЗОР, адаптована під виробничі умови підприємства, охоплює кілька ключових складових (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Організаційно-технологічні рішення

Компонент системи	Організаційно-технологічні рішення
1	2
Збір стружки	<ul style="list-style-type: none"> – індивідуальні контейнери (пересувні візки/стаціонарні баки) на робочих місцях; – транспортування до проміжного пункту з твердим покриттям; – сортування за типом металу, осушення; – утилізація через зовнішні компанії або внутрішній перешлав.
Поводження з ЗОР	<ul style="list-style-type: none"> – центральна установка з трубопровідною подачею до верстатів; – локальні відстійники та фільтри для часткового очищення; – невідновлювані надлишки зберігаються у герметичних баках; – очищення коалесцентними/центрифужними установками або утилізація сертифікованими операторами.
Екологічні заходи	<ul style="list-style-type: none"> – журнали обліку відходів; – контроль рівня зор у резервуарах; – дотримання вимог ДСТУ ISO 14001.
Рекомендації	Впровадження як технічного доповнення до виробничої документації з посиланням на екологічні стандарти.

Система збору стружки передбачає, що кожне робоче місце обладнується індивідуальним контейнером для її накопичення. Це можуть бути як пересувні візки, так і стаціонарні баки. Після заповнення ці ємності вивозяться внутрішньоцеховим транспортом до спеціально визначеного проміжного пункту, розташованого на майданчику з твердим покриттям та захистом від атмосферних впливів. У цьому місці стружка накопичується, сортується за видом металу та, за

потреби, попередньо осушується. Подальше поводження з нею здійснюється відповідно до укладених угод з утилізаційними компаніями — або шляхом реалізації як вторинної сировини, або задіянням у внутрішньому переплавленні (за наявності відповідних потужностей).

Щодо обігу та очищення ЗОР, у проєкті передбачено наявність центральної установки, яка подає охолоджувальну рідину через систему трубопроводів безпосередньо до виробничих зон. Кожен верстат додатково оснащується локальним відстійником і фільтраційною системою, що дозволяє здійснювати тимчасове очищення та часткове повернення рідини в технологічний цикл. Надлишки ЗОР, які не підлягають повторному використанню, акумулюються у герметичних баках. Їх подальше очищення може здійснюватися на фільтраційних установках коалесцентного або центрифужного типу. Якщо ж рідина втратила експлуатаційні властивості, вона підлягає утилізації у співпраці з сертифікованими операторами з поводження з небезпечними відходами.

З метою ефективної екологічної політики на підприємстві впроваджується низка додаткових заходів. Серед них – ведення журналів обліку відходів та їхнього утилізаційного маршруту, впровадження контрольних точок для моніторингу рівня ЗОР у резервуарах, а також дотримання вимог чинного законодавства згідно з положеннями системи екологічного менеджменту ДСТУ ISO 14001.

Постачання електроенергії на підприємстві здійснюється відповідно до погоджених технічних умов через мережі з напругою 6,0 кВ. З метою зниження напруги до рівня, необхідного для живлення виробничого обладнання, використовується багаторівнева структура енергозабезпечення. Спочатку електроенергія надходить на відкриту понижувальну підстанцію, після чого передається на центральні розподільчі підстанції відкритого типу. Далі живлення надходить на цехові трансформаторні підстанції закритого виконання, розташовані безпосередньо поблизу основних споживачів. Така конфігурація

дозволяє суттєво зменшити втрати в електромережі завдяки скороченню довжини ліній електропередач у межах підприємства.

У процесі виготовлення фланців також застосовується пневматичне обладнання, зокрема – затискні пристрої з пневмоприводом. Для забезпечення їхньої роботи в системі передбачено подачу стисненого повітря з робочим тиском до 0,50 МПа. Компресорні установки, які генерують стиснене повітря, розміщуються в окремих ізольованих приміщеннях, що дає змогу обмежити вплив шумового навантаження на виробничі зони та персонал.

З урахуванням викладених рішень щодо організації енергозабезпечення, пневмозабезпечення, інструментального обслуговування, а також поводження з технологічними відходами, можна зробити висновок, що дільниця з виготовлення фланців спроектована з урахуванням вимог сучасної виробничої логістики та безперервного матеріально-енергетичного потоку. Раціональне розміщення устаткування, запровадження систем подачі ЗОР, централізованого обліку інструменту та оптимізація маршрутів транспортування забезпечують стійке функціонування технологічного процесу.

Усі допоміжні служби та інфраструктурні елементи проекту мають чітку прив'язку до реальних потреб виробництва, що гарантує технологічну цілісність, контроль якості та надійність у експлуатації. Такий підхід дозволяє підтримувати високий рівень продуктивності, мінімізувати втрати часу та ресурсів, а також створює умови для подальшої автоматизації й модернізації виробничої дільниці.

3.5 Заходи з охорони праці

Забезпечення безпечних умов праці є невід'ємною частиною технологічного підготовки виробництва, особливо при виготовленні таких відповідальних виробів, як деталь «Труба з фланцем». Раціональне планування та організація виробничих процесів мають вирішальне значення для досягнення не тільки максимальної продуктивності та низької собівартості продукції, а й для

гарантування безпеки праці, зручності роботи та захисту навколишнього середовища.

Під час планування виробничих дільниць необхідно забезпечити вільний доступ до робочих місць, зручність праці та переміщення заготовок. Кожне робоче місце повинно бути організовано таким чином, щоб забезпечувати безперервність роботи при дотриманні максимально можливої продуктивності та заданої якості, а також мінімізувати собівартість. Нормативний розмір робочої зони становить не менше 800 мм. Заготовки та деталі, що транспортуються, не повинні виходити за межі транспортних засобів, і не допускається їх укладання безпосередньо на підлозі цеху. Для підвищення безпеки та зручності, планування обладнання може здійснюватися з урахуванням можливості його встановлення на віброопорах на загальній бетонній плиті, що підвищує гнучкість виробництва. Крім того, біля кожної колони або між ними передбачається розташування кранів для підведення стисненого повітря, мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) та електрокабелів, а також воронки у підлозі для зливу МОР у централізовані системи.

Належне освітлення та повітрообмін є ключовими для забезпечення здорових умов праці. Підприємство “Фаворит АМ” використовує систему аспірації для видалення шкідливих викидів під час зварювальних та механічних робіт, що є важливим заходом для підтримки якості повітря. Санітарні норми також стосуються метеорологічних умов (температури, відносної вологості та швидкості руху повітря), вмісту в повітрі шкідливих речовин, рівня шуму, вібрацій, ультразвуку, електромагнітних хвиль радіочастот, статичної електрики та іонізуючих випромінювань. Висота виробничих приміщень має бути не менше 3,2 м, а на одного працівника повинно припадати не менше 15 м³ об'єму приміщення та 4,5 м² виробничої площі. Допустимий рівень шуму на робочих місцях залежить від виду діяльності та варіюється від 50 до 80 дБ, а приміщення з підвищеними шумовими навантаженнями слід відокремлювати звукоізолюючими стінами або перегородками. Місцеві відсоси, що видаляють

шкідливі речовини 1-го та 2-го класів небезпеки від технологічного обладнання, мають бути блоковані з цим обладнанням, щоб воно не могло працювати без діючої місцевої витяжної вентиляції. Температура нагрітих поверхонь обладнання не повинна перевищувати 45 °С. Для захисту працівників від теплового випромінювання та агресивних середовищ можуть передбачатися дерев'яні підлогові решітки.

При проєктуванні дільниць обов'язково враховуються вимоги пожежної та вибухової безпеки. Виробничі приміщення класифікуються за категоріями вибухопожежної та пожежної небезпеки (А, Б, В, Г, Д), що визначає вимоги до матеріалів та влаштування будівельних конструкцій, допустимої площі між протипожежними перешкодами, місця розміщення дільниць у будівлі, наявності комплекту засобів пожежогасіння та кількості й розмірів евакуаційних виходів. Наприклад, до будівлі має бути забезпечений під'їзд пожежних автомобілів: з однієї сторони при ширині до 18 м, з двох сторін — понад 18 м до 100 м, та з усіх сторін при ширині понад 100 м. Магістральні проїзди використовуються в надзвичайних ситуаціях і повинні бути розташовані таким чином, щоб довжина шляху від будь-якої точки підлоги до найближчого магістрального проїзду не перевищувала 50 м. Необхідно передбачати щонайменше два евакуаційні виходи, щоб працівники мали можливість покинути приміщення у надзвичайній ситуації. Ширина шляхів евакуації, дверей та коридорів також регламентується.

Організація збору та утилізації виробничих відходів, таких як стружка та МОР, є важливою складовою безпеки та екологічної відповідності. На підприємстві “Фаворит АМ” передбачено накопичення стружки у спеціальних контейнерах з подальшим періодичним вивезенням на утилізацію, оскільки її об'єм є меншим за гранично допустиме значення для централізованих систем видалення. Для МОР застосовуються локальні системи рециркуляції та фільтрації, а невикористані надлишки акумулюються у герметичних баках та утилізуються сертифікованими операторами. Дотримання вимог ДСТУ ISO 14001 щодо системи екологічного менеджменту, ведення журналів обліку відходів та

моніторинг рівня МОР у резервуарах є обов'язковими. Компресорні установки, що генерують стиснене повітря для пневматичного обладнання, розміщуються в окремих ізольованих приміщеннях для обмеження шумового навантаження.

Високий рівень кваліфікації персоналу, що включає регулярне підвищення кваліфікації, переатестацію зварювальників та навчання роботі з новим обладнанням, безпосередньо впливає на безпеку праці. Диспетчерське планування виробництва з використанням сучасних методів календарного планування та оперативного управління також сприяє безпечному виконанню робіт. Загалом, технічний та кадровий потенціал підприємства “Фаворит АМ” є достатнім для якісного виготовлення деталей типу “Труба з фланцем” з дотриманням всіх технічних вимог та стандартів якості.

Таким чином, комплексна система заходів з охорони праці, що охоплює організацію робочих місць, дотримання санітарно-гігієнічних та протипожежних норм, ефективне поводження з відходами та безперервне навчання персоналу, є фундаментом для забезпечення безпечного та ефективного виробництва деталі “Труба з фланцем”.

3.6 Заходи з охорони навколишнього середовища

Екологічна безпека є визначальним фактором у технологічному підготовленні виробництва, особливо при виготовленні відповідальних деталей, таких як “Труба з фланцем”. Вона забезпечує не лише ефективність виробничих процесів, але й мінімізує їхній негативний вплив на довкілля, що є критично важливим для сталого функціонування підприємства “Фаворит АМ”.

Одним із ключових аспектів є управління виробничими відходами. В процесі механічної обробки, зокрема на токарних та фрезерних верстатах, утворюється металева стружка. Для підприємства «Фаворит АМ» розрахунковий обсяг стружки становить 245 кг/м^2 , що є меншим за гранично допустиме значення 300 кг/м^2 . З огляду на це, не передбачається впровадження централізованої

конвеєрної системи для її видалення. Натомість, стружка накопичується у спеціальних індивідуальних контейнерах або пересувних візках безпосередньо на робочих місцях. Після заповнення ці ємності транспортуються до проміжного пункту з твердим покриттям, де відбувається сортування стружки за типом металу та її осушення. Подальша утилізація здійснюється через співпрацю із зовнішніми компаніями або, за наявності відповідних потужностей, шляхом внутрішнього переплаву. Такий підхід допомагає уникнути забруднення ґрунту та водних ресурсів, за яке передбачені штрафи.

Виробничі операції також супроводжуються інтенсивним використанням ЗОР. Для їхньої подачі на верстати функціонує розгалужена система трубопроводів від центральної установки. Кожен робочий верстат обладнаний локальними системами рециркуляції та фільтрації ЗОР, що дозволяє здійснювати часткове очищення та повернення рідини у технологічний цикл. Невідновлювані надлишки ЗОР акумулюються у герметичних баках та утилізуються сертифікованими операторами, що спеціалізуються на поводженні з небезпечними відходами. Це запобігає забрудненню водних стоків шкідливими речовинами. Крім того, у виробничих приміщеннях передбачені каналізаційні колектори для збору та організованого відведення виробничих стоків. Застосування іонообмінних фільтрів дозволяє очищувати стічні води від іонів важких металів, лугів та кислот, зменшуючи загальний солевміст та забезпечуючи повернення до 70% очищеної води у виробничий цикл.

Контроль викидів та забруднень повітря є іншим пріоритетним напрямом. При зварюванні та механічній обробці деталі “Труба з фланцем” на підприємстві “Фаворит АМ” використовується система аспірації для видалення шкідливих викидів. Місцеві відсоси, що усувають шкідливі речовини 1-го та 2-го класів небезпеки, блокуються з технологічним обладнанням, що унеможливорює його роботу без діючої витяжної вентиляції. Приміщення з підвищеним виділенням шкідливих газів, парів та пилу розміщуються біля зовнішніх стін будівлі, причому їхня найбільша сторона повинна примикати до зовнішньої стіни. Висота димових

труб підприємства нормується таким чином, щоб вміст викидів у повітрі не перевищував допустимих значень. На обкаточно-випробувальних ділянках, де генеруються відпрацьовані гази від двигунів, гази спрямовуються у збірний трубопровід, а потім до димососа, висота труби якого також контролюється для забезпечення допустимих концентрацій.

Заходи з контролю шуму та вібрації також є невід'ємною частиною екологічної безпеки. Ділянки, де відбувається виділення надмірного шуму або вібрацій, відокремлюються звукоізолюючими стінами або перегородками. Наприклад, при випробуванні двигунів, вони встановлюються у звукоізолюваній камері/

Для забезпечення належного екологічного менеджменту на підприємстві “Фаворит АМ” передбачено ведення журналів обліку відходів та їхнього утилізаційного маршруту, а також моніторинг рівня ЗОР у резервуарах. Підприємство керується вимогами ДСТУ ISO 14001 щодо системи екологічного менеджменту, що є обов'язковим для підтримки високих стандартів.

Таким чином, комплекс заходів з охорони навколишнього середовища, інтегрований у технологічне підготування виробництва, спрямований на мінімізацію всіх видів забруднень та забезпечення сталого й безпечного функціонування підприємства.

ВИСНОВКИ

У рамках даної кваліфікаційної роботи бакалавра було комплексно опрацьовано та обґрунтовано технологічне підготовлення виробництва для виготовлення критично важливої деталі “Труба з фланцем” у сучасних умовах машинобудування. Виконаний аналіз дозволив сформулювати низку ключових висновків:

1. Підкреслено важливість технологічного підготовлення виробництва як фундаменту для підвищення ефективності, якості продукції та зниження собівартості у машинобудуванні. Деталь “Труба з фланцем” є невід’ємним елементом багатьох галузей (нафтова, хімічна, енергетична тощо), що вимагає ретельного підходу до її виробництва.

2. Проведений детальний аналіз діяльності підприємства “Фаворит АМ” підтвердив його достатній технічний та кадровий потенціал для якісного виготовлення деталі “Труба з фланцем”. Підприємство володіє необхідним верстатним парком, кваліфікованим персоналом, стабільним матеріально-технічним забезпеченням та функціонуючою системою контролю якості.

3. Здійснено порівняльний аналіз методів отримання заготовок фланця. Обґрунтовано, що для умов серійного виробництва найбільш доцільним є метод штампування у відкритих штампах. Цей підхід забезпечує вищий коефіцієнт використання металу (0,78 проти 0,55 для дискової заготовки) та значне зменшення обсягу подальшої механічної обробки, що веде до суттєвої економії матеріалів, зниження собівартості та підвищення продуктивності.

4. Розробка технологічних вимог та маршруту:

- визначено ключові технічні вимоги до деталі, включаючи критичні поверхні, допуски та чистоту обробки, а також необхідність використання відповідних стандартів;

- обґрунтовано вибір сталі Ст20 як основного матеріалу, враховуючи її технологічні та механічні властивості;

- розроблено детальний технологічний маршрут обробки, що складається з 28 переходів, які охоплюють весь цикл виробництва від чорнової до чистової обробки та контрольних операцій.

5. Розроблено та обґрунтовано сім варіантів схем базування для різних технологічних операцій. Це дозволило забезпечити жорстке та однозначне позиціонування заготовки, усунення всіх ступенів вільності та дотримання високої точності обробки на кожному етапі.

6. Підібрано та обґрунтовано застосування спеціалізованого високопродуктивного верстатного обладнання (1Б284, 1Б290П-6К, ЧПК-верстат 1А734Ф3, 6Р82Ш, 3Е711), що дозволяє ефективно реалізувати розроблений технологічний маршрут в умовах серійного виробництва та забезпечити необхідну точність та якість виробу.

7. Запропоновано раціональну організацію роботи дільниці, що включає ефективні схеми матеріальних потоків (використання конвеєра, мостового крана), централізоване забезпечення інструментом, систему управління ЗОР та відходами, а також забезпечення енергоресурсами та ремонтне обслуговування. Це сприяє безперебійному функціонуванню, контролю якості та загальній надійності виробничого процесу.

Таким чином, у кваліфікаційній роботі розроблено обґрунтовано технологію виготовлення деталі “Труба з фланцем”, яка враховує сучасні вимоги до точності, продуктивності та економічної ефективності. Запропоновані рішення дозволяють оптимізувати виробничі процеси, мінімізувати витрати ресурсів та забезпечити високу якість кінцевої продукції підприємства “Фаворит АМ”.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Копей В., Одосій З., Онисько О.. Технологія машинобудування : навчальний посібник. Частина 1. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 217 с.
2. Сторож Б. Д., Мазур М. П., Карпик Р. Т., Каразей В. Д. Технологічні основи машинобудування: Навч. посібник. Івано-Франківськ-Хмельницький : ТУП, 2003. 153 с.
3. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні : навч. посібник для машинобуд. спец. вузів / П. О. Руденко. Київ : Вища шк., 1993. 414 с.
4. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Технологічні основи машинобудування: Навч. посібник. Івано-Франківськ : Факел, 2002. 182 с.
5. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : Підручник. Львів: Світ, 1996. 368 с.
6. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : Навчальний посібник / Юрчишин І. І. та ін. Видавництво НУ “Львівська політехніка”. 2009. 528 с.
7. Технологія конструкційних матеріалів : Підручник. 2-ге вид., перероб. і допов. / За ред. М. А. Сологуба. Київ : Вища шк., 2002. 374 с.
8. Машина для земляних робіт : підручник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. Харків : ХНАДУ, 2014. 548 с.
9. The CNC Handbook: Digital Manufacturing and Automation from CNC to Industry 4.0 / Hans Bernhard Kief, Helmut A. Roschiwal, Karsten Schwarz. Industrial Press, Inc., 2021. 2156 p.
10. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / За ред. канд. техн. наук, доцента В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с.
11. Джигирей В. С., Апостолук С. О., Михайловський А. Г. Методичні вказівки для виконання розрахункових робіт з курсу “Охорона праці та основи промислової екології” : Львів. 1992. – 88 с.

ДОДАТКИ

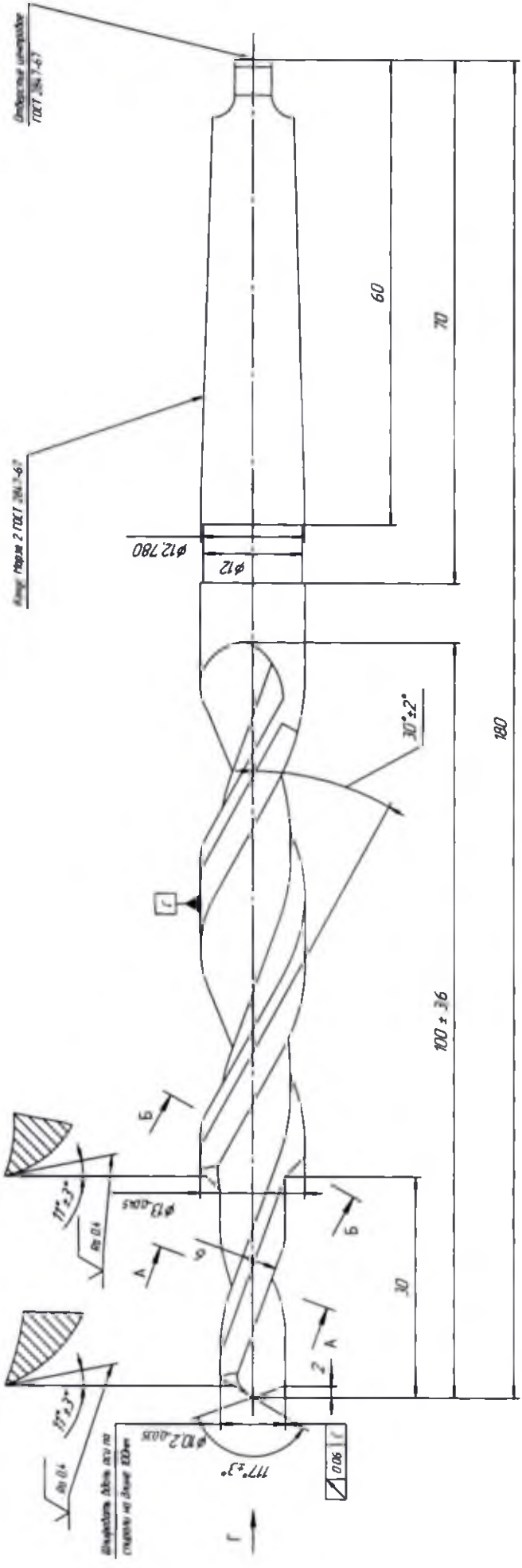
Додаток А

Таблиця А – Технологічна карта механічної обробки фланця виробу “Труба з фланцем”

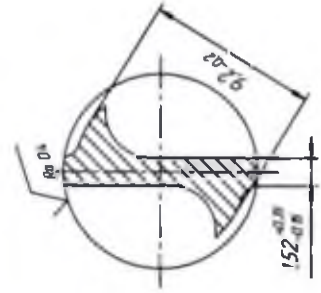
Операція	Назва операції	Переходи	Обладнання	Мета операції
005	Автоматна токарна	1...3	Токарний напівавтомат 1Б284 / 1К62	Формування базових поверхонь для подальшого базування
010	Автоматна токарна	4...8	Токарний напівавтомат 1Б284 / 1К62	Обробка лівого торця, зовнішніх та внутрішніх елементів отвору
015	Контрольна	–	Контрольно-вимірвальний інструмент	Оцінка геометричної точності базових поверхонь
020	Автоматна токарна	9...11	Токарно-патронний напівавтомат 1Б290П-6К	Чистова обробка правого торця та пояска Ø208 мм
025	Токарно-копіювальна з ЧПУ	12...15	Верстат 1А734Ф3 з ЧПК	Обробка кінцевого отвору та фаски з високою точністю
030	Агрегатна	16...24	Агрегатний верстат 6Р82Ш	Формування отворів та нарізання різьб в усіх

Операція	Назва операції	Переходи	Обладнання	Мета операції
				монтажних зонах
035	Контрольна	–	Контрольно-вимірювальний інструмент	Перевірка отворів, різьблення, концентричності та розмірів
040	Термічна	–	Термічна піч / відповідне обладнання	Зняття внутрішніх напружень, покращення механічних властивостей
045	Шліфувальна спеціальна	25	Високоточний шліфувальний верстат	Фінішне шліфування торцевого пояса з забезпеченням базової точності
050	Плоскошліфувальна	26	Плоскошліфувальний верстат 3E711	Обробка лівого торця з дотриманням паралельності та площинності
055	Контрольна	–	Вимірювальні засоби та контрольна оснастка	Завершальна перевірка відповідності всім вимогам технічної документації

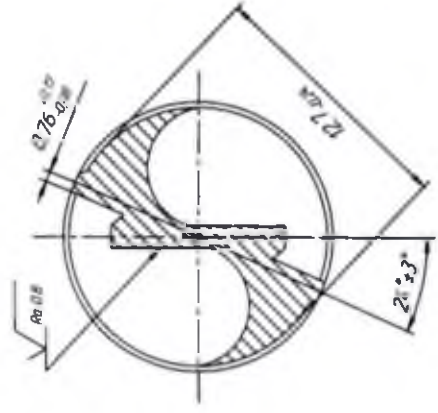
√ Rz 20



A-A (50)



B-B (51)



- 1 Рабочая часть HRC 62-65, латки HRC 30-45.
- 2 Радиальные калоданы не подлинно предыдущим φ 16 мм.
- 3 Осевые калоданы, привнесено по средине режущей кромки длиной φ 13 не подлинно предыдущим - 0,1 мм.
- 4 Иной типичны диаметры по ГОСТ.
- 5 Материал режущей части - Р6М5 (ГОСТ 986-77 ШАН-40).
- 6 Материал - сталь СпМ5 (ГОСТ 7809-2015).

КР 131ПБР/30203000		№	Дет.	Материал
Экз.	Дет.	Д	0,4	2,51
Резерв	Дет.	Д	0,4	2,51
Итого	Дет.	Д	0,4	2,51
Завод	Дет.	Д	0,4	2,51
НПТУ Украины				
ИЭС-31				

№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

