

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Механіко-машинобудівний  
(факультет)  
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

студента Ратушний Богдан Вікторович  
(ПІБ)

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

**на тему:** Дослідження та вдосконалення технології відновлення деталі  
"Вал Пільгерстану"

(назва за рішення кафедри)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

\_\_\_\_\_ В.А.Дербаба  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ степеню магістра

студенту Ратушний Богдан Вікторович академічної групи 131М-22Н-1 ММФ спеціальності 131 Прикладна механіка спеціалізації за освітньо-професійною програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»

на тему Дослідження та вдосконалення технології відновлення деталі "Вал Пільгерстану".

Затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» \_\_\_\_\_ від 30.04.2024 року за № 382-с \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
1. Аналітичний	Характеристика об'єкта виробництва Аналіз матеріалознавських характеристик матеріалу, хімічного складу, та технологічності	19.02.2024

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Б.В.Ратушний  
(прізвище, ініціали)

## Зміст

Вступ.....	5
1 Аналітичний розділ.....	6
1.1 Технологічний контроль робочих креслень деталей та їх вимог.....	6
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Вал пільгерстану».....	8
1.3 Аналіз базового технологічного процесу деталі «Вал пільгерстану».....	9
2 Технологічний розділ .....	10
2.1 Визначення типу виробництва і форми його організації.....	10
2.2 Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі «Вал пільгерстану» .....	11
2.3 Вибір методів обробки поверхонь деталей «Вал пільгерстану».....	14
2.4 Вибір технологічних баз і розробка маршруту обробки деталі.....	15
2.5 Маршрут обробки деталі «Вал пільгерстану» .....	16
2.6 Вибір технологічного обладнання .....	16
3. Спеціальний.....	19
3.1 Опис проектування технології механічної обробки деталі за допомогою програми SprutCam.....	19
4.Науковий.....	27
4.1 Назва і хімічний склад.....	27
4.2 Контроль технологічності процесу наплавлення.....	28
4.3 Висновки за наплавленням.....	32
Висновки .....	32
Література .....	
Додаток 1. Єскіз наплавленого шару бочки валу .....	35
Додаток 2 Креслення деталі.....	36

					ДП:131М-22Н-1:09			
Зм.	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата	<b>Дипломний проект</b>	Літ-ра	Аркуш	Аркушів
Розроб		Ратушиний						
Перевірів		Козечко						
Н.Контр.								
Утв.		Дербаба				<b>НТУ «ДП»</b>		

## Вступ

Мета магістерської кваліфікаційної роботи по технологічним основам машинобудови - навчитися правильно застосовувати теоретичні знання, отримані в процесі навчання, використовувати свій практичний досвід роботи на машинобудівних підприємствах для вирішення професійних технологічних і конструкторських завдань.

При виконанні роботи ставляться наступне завдання:

Розширення, поглиблення, систематизація і закріплення теоретичних знань, і застосування їх для проектування прогресивних технологічних процесів виготовлення деталей.

Розвиток і закріплення навичок самостійної творчої інженерної роботи.

У даній роботі розробляється технологічний процес дослідження та вдосконалення технології відновлення деталі "Вал пільгерстану ". Метою даної роботи є визначення зміни структури деталі після її ремонту (наплавлення) та подовження експлуатаційних властивостей.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ».

*1. Аналітичний розділ*

**1.1 Технологічний контроль робочих креслень деталей та їх вимог.**

Частина «Вал пильгерстану» (рис.1) конструктивні параметри ТНЦ 4 ЦНЦНІ

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рис.1 Тривимірна модель деталі «Вал пильгерстану»

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

	мПа	ПОДОВЖЕННЯ, %	ЗВУЖЕННЯ, %
375	630	14	40

Таблиця 1.2- Механічні властивості сталі 50 після нормалізації

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
						6
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Даний валок є збірною деталлю. Креслення виконано з дотриманням всіх вимог ДСТУ(рис1.2). На ньому показані всі необхідні для однозначного розуміння форми деталі види і перетину, а також всі необхідні дані по виконанню деталі. При проектуванні витримані всі стандарти. Дана деталь являє собою тіло обертання. Всі поверхні легко доступні в процесі обробки. На кресленні проставлені всі розміри з допусками і відхиленнями. Параметри шорсткості відповідають точності розмірів.

Основними базовими поверхнями є «тіло» вала і робоча частина діаметром  $\varnothing 751$ , геометрична вісь яких є основною конструкторською базою, що визначає положення вала в механізмі уздовж осі.

Основною технологічною базою для деталі є зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 1120$ .

**Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.**

Рисунок 1.2 – Креслення деталі «Вал Пільгерстану»

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
						7
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

До деталі після наплавлення висувають такі вимоги:

# Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Механічна обробка вище перерахованих поверхонь, за вимогами креслення. Для забезпечення точності їх взаємної роботи, деталі застосовуються спільно.

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Вал пільгерстану»

Технологічність визначається ступенем відповідності конструкції деталі умовам її виготовлення. Державним стандартом передбачені якісний і кількісний аналізи технологічності.

Деталь «Вал пільгерстану» допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій.

Деталь «Вал пільгерстану» має поверхні, які можуть бути використані в якості чорнових технологічних баз.

Співвідношення геометричних параметрів деталі, в поєднанні з особливостями конструкції дозволяє призначити оптимальні режими обробки.

Результати якісного аналізу представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 Якісний аналіз технологічності конструкції деталі «Вал пільгерстану»

						ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			8



2 Технологічний розділ

2.1 Визначення типу виробництва і форми його організації

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

деталей, одночасно що запускаються у виробництво. Розмір партії визначається за формулою:

$N \cdot n$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

F <sub>т</sub> =2030ч:					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		10

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Технологічним процесом виготовлення деталі «Вал пільгерстану»  
передбачено використання в якості заготовки прокат.

Для виготовлення 2 деталей «Вал пільгерстану» зі сталі використовується

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		11

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

1 по. 2.1. ЕСКІЗ прокату заготовки

Технологічним процесом виготовлення деталі «Вал пільгерстану» передбачено використання в якості заготовки штампування, отриману на горизонтально-кувальній машині.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

- група стали - М1;
  - ступінь складності - С3;
- Отже, вихідний індекс - 10.

						ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			12

Припуск на механічну обробку включає основний, а також додаткові припуски, що враховують відхилення форми поковки. Величини припусків призначаються на одну сторону номінального розміру поковки.

Визначення припусків на механічну обробку проводиться виходячи з номінального розміру, що визначає положення поверхні, її параметра шорсткості і вихідного індексу. Припуски на механічну обробку наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Припуски на механічну обробку.

Позначення	Номінальний розмір мм	Параметр шорсткості	Основний припуск на сторону	Допоміжний припуск	Загальний припуск
------------	-----------------------	---------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Одним з показників технологічності конструкції заготовки є коефіцієнт вагової точності, який визначається за формулою:

$$K_{в.т.} = \frac{G_{д}}{G_{з}} \quad (2.4)$$

де  $G_{д}$  - маса готової деталі

$G_{з}$  - маса заготовки.

Використовуючи дані робочого креслення виливки, визначаємо масу заготівлі.

Використовуючи дані робочого кресленика, визначаємо масу заготовки шляхом створення твердо тільної моделі в конструкторській програмі «Autodesk

**Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.**

молотів не повинні перевищувати  $7^{\circ}$ , радіуси заокруглення приймаємо 2,5мм.

За даними таблиці 2.2 виконуємо робочий креслення заготовки.

### **2.3 Вибір методів обробки поверхонь деталей «Вал пільгерстану»**

Для складання раціонального технологічного маршруту аналізуємо технічні вимоги до кожної наплавлювальної поверхні деталей.

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
						14
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Кількість технологічних операцій, їх концентрація буде визначається методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітету розміру, параметра шорсткості і умов оброблюваності матеріалу. Перелік наплавлювальних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення, наведені в 2.4.

Таблиця 2.4. Методи наплавлення і обробки поверхонь деталі «Вал підгерстану»

**Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.**

мірі залежать: фактична точність виконання розмірів, правильність взаємного розташування поверхонь, ступінь складності пристрої, ріжучих і вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки заготовок.

Вибір базових поверхонь залежить від конструктивних форм деталі і технічних вимог.

### **2.5 Маршрут обробки деталі «Вал підгерстану»**

Виходячи з прийнятих МОП, розробляємо маршрут обробки деталі на підставі типового маршруту з урахуванням обраних технологічних баз, і представляємо його у вигляді таблиці 2.5

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		15

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 2.5. Маршрут обробки деталі «Вал пільгерстану»

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

обробки.

*Технологічне обладнання для обробки деталі «Вал пільгерстану».*

Для виготовлення заготовки поковки використовуються наступне обладнання:

					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		16

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

1 аолиця 2.6 – Технічні характеристики верстату ДГК6003

Потужність лазерного

6 kW

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Подвійний осьовий позиціонер (опціонально)	Навантаження	500 kg
	Максимальна швидкість обертання вісі А	24 RPM
	Максимальна швидкість обертання вісі С	37 RPM
	Кут зміщення	$\leq \pm 120^\circ$
	Чотирьох кулачковий патрон односторонньої	$\phi 500 \text{ mm}$

дії

ДП.131М-22Н-1.09

Арк

17

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата

Подача порошку	Двоствольний пневматичний дозатор пороху
Лазерна накладна головка	Високошвидкісна кільцева насадка + порошковий сепаратор

					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		18

### 3. Спеціальний

#### 3.1 Опис проектування технології механічної обробки деталі за допомогою програми SprutCAM.

# Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

токарно/фрезерної та фрезерної обробки, електроерозійної та лазерної обробки, а також перетинаються.

Технологія роботи SprutCAM побудована на базі знань, що дозволяє поєднувати автоматизований підхід з повним контролем параметрів, що задаються. Система SprutCAM генерує траєкторії на основі елементів обробки та автоматично призначає відповідний інструмент, чернові/чистові проходи, розраховує подачі та швидкості. При цьому користувач має можливість редагувати налаштування та параметри відповідно до вимог виробництва або конкретної технології.

Простота та зручність використання є основними принципами розробки SprutCAM. Графічні підказки, покрокові інструкції та пояснювальна анімація відображаються прямо у діалогах програми. Завдяки відгукам наших користувачів ми продовжуємо знаходити способи зробити наше програмне забезпечення ще простіше у використанні.

Система SprutCAM є єдиним та повноцінним рішенням для фрезерної, токарної, токарно/фрезерної та електроерозійної обробки. Всі ваші верстати можуть програмуватися в єдиному середовищі, спеціально розробленому з

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
						19
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

метою скорочення часу програмування та навчання. Вбудована 3D візуалізація, база постпроцесорів та багато інших можливостей дозволяють

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 3.1 – Завантаження заготівлі

					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		20

Обираємо поверхню, необхідну для обробки, та проектуємо спосіб обробки(рис 3.2)

**Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.**

Рисунок 3.2 – Вибір поверхні для подальшої обробки та способу обробки

Обираємо верстат та пристосування для подальшої обробки (рис 3.3)

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
						21
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 3.3 – Вибір верстату та пристосувань для обробки

Обираємо спосіб обробки поверхні (рис.3.4)

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		22

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 3.4 – Вибір способу обробки поверхні

Вибір додаткових умов для наплавлення: кут повороту, потужність точність та розсіюваність (рис3.5)

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 3.5 - Вибір додаткових умов для наплавлення

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		23







4.Порівняння методів наплавлення за старим і новим способом

4.1.Назва і хімічний склад

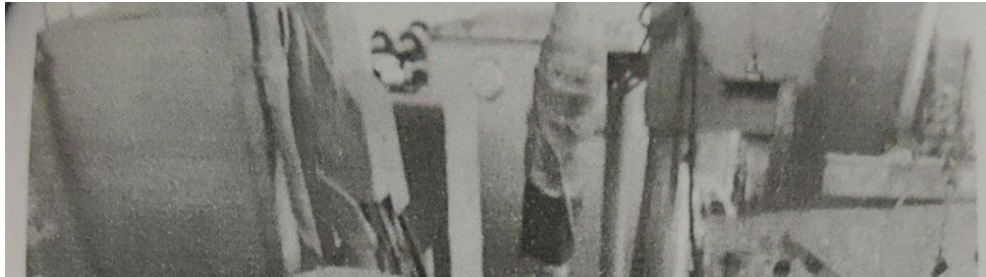
Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		27

## 4.2 Контроль технологічності процесу наплавлення

1. Наплавлення «Валу пільгерстану» проходила в умовах роботи цеху, при дотриманні рекомендованих режимів технології сварки представленими спеціалістами фірми-виробника. Під час виконання робіт флюс DUROFLUX-310, за незначний період був розтрачений, для продовження наплавлення використовувався флюс АН-20. Який застосовується на виробництві відповідно до відомості застосовності, внаслідок чого на наплавленому шарі почала утворитися шорстка текстура (рис. 1).



**Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.**



Рисунок 4.1 – Зовнішній вид наплавленого слою на бочці валу

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		28

Після термообробки, і механічної обробки на поверхні були точкові дефекти – залишки флюсу. Якість робочої поверхні задовільна. Був проведений контроль твердості за допомогою динамічного твердоміру ТД-32, середня твердість склала 46-47 HRC що є гарним результатом, згідно сертифікату якості (46 HRC) і ТИ НТ-СЛ-04-22 ( 47- 58 HRC).

2. Наплавлення валка здійснювали згідно з технологічною інструкцією та рекомендаціями виробника протв SK 258-SA під флюсом RECORD SK.

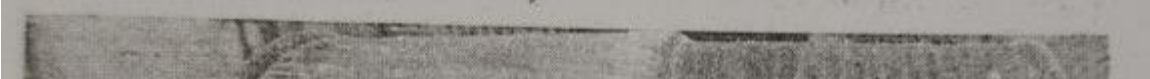
**Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.**

залежить від струму

Таблиця 4.3 – Режими наплавлення основного зносостійкого слою

Наплавлення валка дротом SK 258-SA протікало стабільно, коливання зварювального струму і напруги мінімальне, шов металевого валика рівний, перекриття шва хороше (рис. 4.2), відокремлення шлаку від наплавленого металу відбувалося дуже легко, без труднощів (рис. 4.3), поверхневих дефектів не спостерігається (рис. 4.4).

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		29



Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.



Рисунок 4.2 – Зовнішній вид малої бочки у процесі наплавлення



Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		30



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Рисунок 4.4 – Зовнішній вид валка після охолодження

4.3 Висновки

2. ПОВІДНУ

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2. Стан наплавленого слою на гребні і вихідній ділянці задовільний: відсутній підвищений знос і дефекти, однак на вихідній ділянці – нехарактерний

					ДП.131М-22Н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		31

знос, створений за причини безперервного прокату великої партії (сумарно більше 2500шт) труб одного розміру.

3.Після наплавлення трьох валків з гребнем 9 мм дослідної марки SK-258 рекомендовано встановити валки у одному комплекті для дослідно-промислових випробувань.

					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		32

## Висновки

В даній роботі був розроблений технологічний маршрут обробки деталі «Вал пільгерстану». Замість заводського технологічного маршруту який потребував постійного спостереження з боку наплавника, та регулярної зупинки обладнання для контролю і зривання «наплавленого слою» було обрано Роботизований комплекс лазерного наплавлення SFR6063, завдяки якому було скорочена та спрощена трудоемність виготовлення деталі і прийнято новий тип наплавляючого матеріалу, який підвищив зносостійкість валу за меншою вартістю. Також при розробленні технологічного маршруту використовувалась програма Autodesk SprutCam, за допомогою якої були підібрані оптимальні режими наплавлення, оснастка. Також за допомогою даної програми ми змогли продивитись віртуальну обробку деталі.

					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		33

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

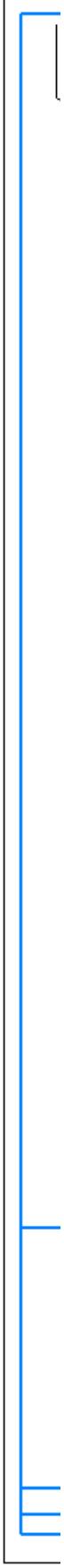
					ДП.131м-22н-1.09	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		34

Зм.	Арк.	

№ 2024/01-077-00/24

**Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.**

Зм.	Арк.		



**Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.**

Арк
36