

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

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

студента Носенка Івана Васильовича  
академічної групи 131М-22Н-1 ММФ  
спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Підвищення ефективності механічної обробки деталі «Кулак»  
за умови використання САМ систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від  
30.04.2024 за №382-с

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, іншудодаткову літературу та посилання. Узв'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

шинобудування та матеріалознавства

В.А. Дербаб

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_ »

2024 року

## **ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Носенку Івану Васильовичу

академічної групи 131м-22н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»

на тему: «Підвищення ефективності механічної обробки деталі «Кулак» за умови використання САМ систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.04.2024 за №382-с

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

## РЕФЕРАТ

### Тема дипломного проекту:

«Підвищення ефективності механічної обробки деталі «Кулак» за умови використання САМ систем».

Розрахунково - пояснювальна записка виконана на 37 аркушах формату А4, складається з 4 розділів. Креслення виконані на 4 аркушах формату А2 і 1 аркуш формату А1. Додатки до розрахунково-пояснювальної записці складають 34 арк. формату А4.

Об'єктом розробки в дипломному проекті є операційні технологічні процеси механічної обробки деталі - «Кулак».

Мета дипломного проекту - розробка та удосконалення технологічних процесів деталей шасі літака з застосуванням прогресивних комп'ютерних САД / САМ систем і устаткування з ЧПУ.

Методи досліджень, використані в дипломному проекті,

- Тривимірне твердотільне моделювання;
- Аналіз структурних складових технологічного процесу;
- Синтез структурних складових технологічного процесу.

Результати дипломного проектування позитивні:

досягнуто скорочення трудомісткості обробки деталі «Кулак» на 28% за рахунок впровадження поєднання ряду операцій в одну і впровадження обробного центру, зміна заводських режимів різання на більш прогресивні, скорочення допоміжного часу.

Новизна розробок полягає в тому, що:

Досліджена і впроваджена інтеграція алгоритму проектування технології і автоматизованих методів САД / САМ на основі застосування закладених можливостей в сучасне програмне забезпечення SOLIDWORKS і ESPRIT.

Висновки:

Завдання на дипломний проект виконано в повному обсязі і в строк.

Ключові слова:

технологічний процес, ланка, станок, пристосування, інструмент, режими різання, програма, верстат, ЧПК.

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 «ДТМ-ІНЖИНІРИНГ».

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Аналітичний розділ.....	8
1.1. Технічна характеристика об'єкту виробництва деталі «Кулак».....	8
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі «Кулак».....	10
2. Технологічний розділ.....	11
2.1. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі «Кулак».....	11
2.2. Визначення методів обробки поверхонь деталей «Кулак».....	13
2.3. Розробка та обґрунтування маршруту виготовлення деталі «Кулак».....	15
2.4. Розрахунок припусків та операційних розмірів деталі «Кулак».....	16
2.5. Детальна розробка маршруту обробки деталі «Кулак».....	18
3. Спеціальний розділ.....	28
3.1. Проектування верстатного пристосування.....	28
3.2. Проектування спеціального контрольного пристрою.....	30
4. Науково-дослідний розділ.....	31
4.1. Дослідження процесу автоматизації механічної обробки.....	31
Висновки.....	38
Література.....	39
Додаток 1. Технологічний процес механічної обробки деталі «Кулак».....	42
Додаток 2. Специфікація верстатного пристосування	
Додаток А	
Додаток Б	

## ВСТУП

Технічний прогрес здійснюється не тільки на основі застосування нових науково-технічних досягнень. Він базується і на широкому використанні вже визначилися напрямків в розвитку техніки і характеризується не тільки безперервною

П  
і  
н  
с  
р

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

кість конструкції. Крім того, застосування підкоса спрощує проблему кріплення ноги до планеру літака. При прибраному положенні шасі підкіс складається. Цилиндр - підйомник призначений для збирання і випуску ноги шасі. Замок прибраного положення забезпечує фіксацію ноги шасі в прибраному положенні і виключає довільний вихід ноги з цього положення.

Самостійний підкіс складається з шасі і підкоса, який виконує функцію

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

лі  
з  
н-  
ні  
у-  
ої  
е-  
о,  
е-

вого штампованого кронштейна встановлений кінцевий вимикач АМ800К, а на нижньому за допомогою кронштейна, зігнутого з сталевого листа, натискний регульований гвинт.

У випрямленій положенні передньої ноги шасі виступ нижньої ланки підкоса впирається в площадку між вушками верхньої ланки, утворюючи зворотну стрілу прогину підкоса вниз від прямої на 5 мм, чим забезпечується установка підкоса при випущеному положенні ноги. У цьому положенні підкіс фіксується циліндром - підйомником, шток якого замикається кульковим замком, при цьому гвинт натискає на шток вимикача і на сигнальному табло шасі на приладовій дошці в кабіні загоряється зелена сигнальна лампа випущеного положення передньої ноги шасі. Мастило шарнірних з'єднань складається підкоса виробляють через маслянки, вкручені в вушка обох його половин.

Технологічний процес механічної обробки проектується на основі робочого креслення деталі і складального креслення виробу або складальної одиниці, технічних умов на виготовлення виробу.

Вибір оптимального варіанту технологічного процесу, тобто процесу, найбільш вигідного для даних конкретних умов, що забезпечує найбільшу продуктивність при найменшій собівартості обробки, вимагає в ряді випадків розрахунку економічної ефективності і порівняння економічних варіантів обробки. Вибір оптимального варіанту в значній мірі залежить від обсягу випуску, виробничих можливостей підприємства і умов проектування.

Інформаційною основою при розробці технологічних процесів є: технологічний класифікатор об'єкта виробництва, класифікатор технологічних процесів, система позначень технологічних документів, стандарти Єдиної системи технологічної документації, типові технологічні процеси і операції, стандарти і каталоги на засоби технологічного оснащення, нормативи технологічних режимів, матеріальні та трудові нормативи.

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1. Технічна характеристика об'єкту виробництва деталі «Кулак»

Для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, забезпечення раціональної концентрації технологічних операцій із застосуванням економічно обґрунтованих і технологічно необхідних методів обробки, необхідно проаналізувати призначення робочих поверхонь деталі, використовувані матеріали і технічні вимоги до них з точки зору умов збирання та експлуатації.

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

кількостями хрому (до 2-5%) для забезпечення жароміцності. Додатково такі сталі зазвичай легують молібденом, а також ванадієм або вольфрамом і ніобієм.

Високі міцнісні властивості середньо легованих сталей ( $\sigma_{\text{в}} = 600-2000 \text{ МН / м}^2$ ) досягаються за рахунок підвищених змістів вуглецю і легуючих елементів, що збільшують прокаливаємість сталі і міцність фериту, а також застосування термообробки - нормалізації або гарту з подальшим низьким або високим відпусткою. Більшість середньо легованих сталей для зварних конструкцій відноситься до перлітного класу. Застосовують і високоміцні сталі з тимчасовим опором до  $1700 \text{ МН / м}^2$  ( $170 \text{ кгс / мм}^2$ ), що піддаються загартуванню на мартенсит з подальшим низьким відпусткою при  $423-573 \text{ К}$  ( $150-300 \text{ }^\circ \text{C}$ ), наприклад. Висока міцність середньо легованих сталей поєднується з підвищеними спеціальними властивостями при

достатньому рівні пластичності і стійкості проти крихкого руйнування. Це поєднання властивостей середньо легованих конструкційних і теплостійких сталей обумовлює застосування їх в конструкціях особливо відповідального призначення, що працюють у важких умовах в енергомашинобудування, важкому і хімічному машинобудуванні, літакобудуванні, суднобудуванні та інших галузях промисловості.

Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1.1.

Таблиця 1.1.1

Хімічний склад

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

Об'ємна закалка 880°C, вода. Відпуск 540-560°C, вода					
$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, кДж/м <sup>2</sup>	HRC <sub>Э</sub>
МПа		%			
690	880	9	45	59	225

## **1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі**

Склад робіт по забезпеченню технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. Розрізняють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва і експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної оброблення, коли конструкторські документи вже затверджені і не підлягають заради-Кальний змін, доцільно проводити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнено, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

Застосований матеріал забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має гарні технологічними характеристиками як при обробці тиском, так і різанням.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі

Для раціонального вибору заготовки необхідно одночасно враховувати призначення і конструкцію деталі, технічні вимоги, масштаб економічність виготовлення. Вибрати заготовку - значить встановити спосіб її отримання, призначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри і вказати вимоги до точності виготовлення.

Однак, з огляду на значні виступи і перепади зовнішньої поверхні і допоміжних поверхонь, а також умови роботи деталі і необхідність об'ємної гарту приймаємо, що заготівлю буде сталева штампована поковка, отримана гарячої об'ємним штампуванням на кривошипних горячештамповочних пресах. У цьому випадку форма заготовки в значній мірі наближена до форми готової деталі. Конфігура-

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

ну  
ого

нормативного документа, приймаємо такі вихідні дані:

Розрахункова маса поковки дорівнює:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} = 0,5 \cdot 3,2 = 1,6 \text{ (кг)} \quad (3.1)$$

де  $M_{\text{д}}$  – маса деталі, кг;

$K_{\text{р}}$  – розрахунковий коефіцієнт

Ступінь складності є однією з конструктивних характеристик форми поковок, якісно

оцінює її, і використовується при призначенні припусків і допусків. Ступінь складності визначається шляхом обчислення відношення маси (обсягу)  $G_p$  поковки до маси (обсягу)  $G_f$  геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. Геометрична фігура може бути кулею, паралелепіпедом, циліндром з перпендикулярними до його осі торцями або прямий правильної призмою. При обчисленні відносини  $G_p / G_f$  приймають ту з геометричних фігур, яка має (об'єм) менше. При визначенні розмірів ступня поковки геометричної фігури

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

розміри заготовки і визначили їх параметри наведені в таблиці 2,1,1

Таблиця 2.1.1

Розмір оброб- леної заго-	Параметр заготовки	Основний	Додатко-	Загальний	Виконавчий
------------------------------	-----------------------	----------	----------	-----------	------------

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

R4	3.2	2,0	0,5	2,5	Z <sub>8</sub>	4 <sup>+2,0</sup> <sub>-1,0</sub>
R4	3.2	2,0	0,5	2,5	Z <sub>9</sub>	4 <sup>+2,0</sup> <sub>-1,0</sub>

## 2.2 Визначення методів обробки поверхонь деталей

При визначенні маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вид заготовки і її точність. Кількість технологічних операцій, їхня концентрація буде зумовлюватись методами обробки поверхонь, які визначаються з огляду на необхідний квалітет розміру, параметр шорсткості й умови оброблюваності титанових ливарних сплавів. Перелік поверхонь, їх розміри і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведено в таблиці 2,2,1.

Таблиця 2,2,1

Вид поверхні, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхні
Торцеві	-	3,2	Фрезерування чорнове

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

Торцеві 9±0,5;	-	3,2	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове
-------------------	---	-----	--



ру, параметра шорсткості і умов оброблюваності конструкційних сталей. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які можуть забезпечити виконання вимог креслення, наведені в таблиці .

Відповідно до типового маршруту виготовлення деталей при механічній обробці, на першій операції необхідно підготувати технологічні бази для подальшої обробки. Технологічними базами при обробці деталі «Кулак нижня» будуть три торцеві поверхні. Мінімальну трудомісткість операції при високій концентрації й продуктивності, а також незначних витратах на переналагодження, забезпечить використання високопродуктивного обробного центра з одночасним керуванням по 5 осях, його використання доцільне, так як дана деталь має складну просторову форму, що дозволить обробити всі поверхні за дві операції .

Деталь встановлюється на спеціальне пристосування на підготовлені технологічні бази. Далі слідує наступна операція на якій обробляються всі поверхні які підлягаю механічній обробці згідно робочого креслення.

Технологічний процес виготовлення деталі завершується контрольною операцією, під час якої здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь та їхнього взаємного розташування. Технологічний маршрут обробки деталі «Кулак нижня» наведено в таблиці 2.3.1.

Таблиця 2.3.1

№	Найменування	~	~	~	...	Модель
---	--------------	---	---	---	-----	--------

**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.

ГОЗІЛЯЄМО МЕТОДИКУ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ ДЛЯ ПЛОЩИНИ  $\pm 0,5$  мм та отвору  $\varnothing 9^{+0,15}$ . Параметр шерсткості остаточно обробленої поверхні Ra 3.2 мкм. В

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

Заготовка		10,5	100	10	10,7		
Фрезерування черновое	0,2	9,9	250	9,65	10,15	0,25	0,35
Фрезерування чистовое	0,8	9,5	100	8,9	9,5	1,05	0,75
Внутрішня поверхня $\varnothing 9^{+0,15}$							
Свердлування		8,05	150	8	8,3		
Розгортання	0,15	9,15	75	9	4,15	0,45	1

Використовуючи довідкову літературу [11] призначаємо операційні припуски на всі переходи МОП за винятком конусового. Так, припуски на шпигель фас

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

переходу МОП, починаючи з останнього, шляхом послідовного віднімання припуску від максимального розміру поверхні за кресленням і приймають після округлення за максимальний операційний розмір що заноситься в колонку 6. Максимальні операційні розміри відрізняються від мінімальних на величину технологічного допуску (колонка 5).

Граничні припуски для кожного переходу МОП визначаються шляхом віднімання граничних розмірів на двох сусідніх переходах і заносяться в колонки 7 або 8, в залежності від отриманих значень.

## **2.5 Детальна розробка маршруту обробки деталі**

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розроблення технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічному і метрологічному оснащенні, трудовитратах. Вихідними даними, визначальними послідовність операцій і їх призначення, є технологічний маршрут, наведений в таблиці 4.2.1 Призначення режимів різання, вимог до точності розмірів здійснюємо на підставі результатів розрахунку між операційних припусків і розмірів, які наведені в таблиці 5.1.

Виготовлення деталі "Вал-шестерня» передбачає 5 технологічних операцій механічної обробки (див. Табл.4.2.1). Розрахунок режимів різання виконаємо для фрезерно-центрувальної і зубофрезерних операцій. Детальна розробка всіх операцій механічної обробки приведена в технологічній послідовності їх виконання.

Операція 020, Фрезерно-центрувальна

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

На третьому технологічному переході фрезерується верхній виступ. Використовується кінцева фреза діаметром 6 мм. Інструмент встановлюється на оправці

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

р-  
р-  
я  
ці

товується тврдосплавна сферична двухзаходна фреза для верстатів з ЧПК діамет-

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

де  $SZ_t$  - матричне значення, мм/зуб;

$KS_{zc}$  - коефіцієнт, що враховує технологічні умови оброблення (за таблицю 108 с.299-301 встановлюється шифр типової схеми оброблення (IV), потім за таблицею 109 - коефіцієнт  $KS_{zc}=0,6$ );

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

108 с.299-301 встановлюється шифр типової схеми оброблення, потім за таблицею





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.

1	6	540 мм/хв	75,4	4000	1,2
2	6,25	545 мм/хв	75,5	4020	1,9
3	6,5	550 мм/хв	75,6	4040	1,02

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.

Операція 075 Координатно розточна

T<sub>а</sub> | T<sub>в</sub> | T<sub>г</sub> | T<sub>д</sub>

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

5	3,4	0,2	180	500	1,7
6	3,4	0,25	180	585	2,23
7	3,4	0,2	180	500	2,9
8	3,4	0,2	180	500	1,79
9	3,4	0,25	180	585	2,2

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Проектування верстатного пристосування

При фрезеруванні площин вікон застосовано верстатне пристосування для установки деталі на столі верстата. Деталь при обробці базується в пристосувань по нижній площині для створення основної технологічної бази. Для створення додаткової бази застосовані пальці: циліндричний і зрізаний циліндричний. Закріплення деталі проводиться за допомогою спеціальних налагоджень. Затиск деталі механізований за допомогою гідروциліндра. Корпус пристосування базується при установці пристосування на столі за допомогою болтів по т-образним пазах.

#### 3.1.1. Розрахунок точності пристосування.

Точність верстатного пристосування при фрезеруванні визначається за умовою  $\varepsilon \leq [\varepsilon]$ ,

де  $[\varepsilon]$  - допустима величина похибки пристосування, мкм;

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

и-

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення, мкм;

$\varepsilon_{II}$  – похибка установки.

Похибка базування дорівнює нулю, так як установча і вимірювальні бази суміщені.

Похибка закріплення приймаємо рівною 125 мкм (через відсутність достовірних розрахункових залежностей).

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

ш-

необхідне зусилля затягу при застосуванні т образного прихвата

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

ї

## 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Дослідження автоматизації механічної обробки деталі «Кулак» в середовищі PowerMill і SOLIDWORKS

В даному розділі представлена фрезерна обробка деталі "Кулак" (мал.4.1) з ілюстрованими переходами і описом операцій. Як програма для реалізації обробки деталі була обрана PowerMill (компанії AUTODESK) - пакет для підготовки високоефективних управляючих програм для фрезерних верстатів з ЧПК, а також SOLIDWORKS для тривимірного моделювання деталі і заготовки.

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

PowerMill дозволяє підвищити продуктивність верстатів і, одночасно з цим, досягти найвищої якості при виготовленні деталей і оснастки.

Мета даного розділу - показати приклад одного з можливих варіантів механічної обробки із застосуванням 4-х координатного верстата, а також підвищення ефективності та продуктивності при створенні керуючих програм для верстатів з ЧПК в умовах серійного виробництва. Основні досягнення пакета PowerMill:

- Гнучкі стратегії чорнової і чистової обробки;
- Висока швидкість розрахунку керуючих програм;
- Автоматизована оптимізація подач для скорочення часу обробки;
- Інтегровані засоби візуалізації обробки;
- Перевірка і виключення врізів;
- Імпорт твердотільних, поверхневих і Фасетное моделей, а також каркасної геометрії в різних форматах: AutoCAD, STL, STEP, IGES, Parasolid;
- Автоматичне розпізнавання типових елементів (отвори, кишені, кишені і т.д.) і їх обробка;
- Закриття отворів і пазів для виключення їх обробки;
- Гнучкий механізм кордонів для обмеження зони обробки;
- Генерація карт налагодження для керуючих програм;
- Контроль зіткнень з урахуванням патрона, інструменту, органів верстата і управління.

#### Створення моделі і симуляція обробки деталі

На початку створюємо тривимірну твердотельную модель деталі і на підставі розрахованих припусків на механічну обробку створюємо заготовку за допомогою CAD програми SOLIDWORKS. Тривимірна модель деталі (рис.4.2) служить не тільки для кращої візуалізації, але і по ній в кінцевому підсумку проводять порівняння після комп'ютерної обробки. Це дає можливість швидко перевірити місця де залишився припуск і де могли з'явиться заріз. У свою чергу, це зменшує час витрачається на написання програми для ЧПК, а також.

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.

Моделі заготовки (рис.16) необхідно експортувати в перехідній формат Parasolid (\* .X\_B). Моделі в цьому форматі потім можна імпортувати в PowerMill pro 2015.  
Вибір стратегії обробки і устаткування

В основі вибору стратегії обробки варто розрахунок мінімального основного технологічного часу, тому що економічний ефект буде багато в чому визначатися саме часом обробки.

Проводимо фрезерну операцію (фрезкування нижньої поверхні). Як пристосування

використовують спеціальні інструменти

для того, щоб вести обробку тільки економичним інструментом

**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.

Після повної обробки в якості результату отримуємо не тільки графічне відображення результату, але і машинний код для верстата, тобто відбувається генерація керуючої програми. Частина цієї програми представлена на малюнку 21:

( ===== )

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

Рис.21 – Фрагмент керуючої програми для верстата з ЧПК

Висновок: дані технічні можливості програм і обладнання на сьогоднішній день дозволяють виключити на 90% можливість появи небажано браку ще на стадії проектування і створення КП для верстатів, що в свою чергу, позитивно відбивається на економічній ефективності. Також варто додати, що застосування таких обробних центрів дозволяє скоротити значний верстатний парк, тобто відбувається комбінування можливостей різних моделей в одному верстаті.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Після викладу розділів дипломного проекту зробимо висновки про виконану роботу в наступному:

- в аналітичному розділі проведено аналіз креслень конструкцій деталі Кулак метою визначення якісної оцінки технологічності конструкцій та визначення коефіцієнта уніфікації деталей, що представляє собою кількісну оцінку технологічності конструкцій деталей;

- в технологічному розділі визначається тип виробництва і форма організації технологічного процесу виробництва деталі Кулак, вибирається і економічно обґрунтовується спосіб отримання заготовок, розробляється маршрут обробки деталей, визначаються режими різання. У розробленому маршруті обробки деталей досягли вищої точності і зниження основного технологічного часу за рахунок раціональної послідовності обробки деталі хрестовина на верстаті з ЧПК;

- в спеціальному розділі спроектовано спеціальне верстатне пристосування, яке забезпечує мінімальне допоміжний час на установку, закріплення і зняття деталі після обробки; необхідну точність і жорсткість при закріпленні заготовки; безпечні умови обробки на верстаті. Також спроектовано спеціальний вимірювальний інструмент;

- в науково-дослідному розділі розрахована методика раціональної фрезерної обробки складнопрофільних деталей на верстатах з ЧПК.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Довідник користувача ЄКТС [Електронний ресурс]. <https://kpi.ua/files/ECTS.pdf>  
(дата звернення: 04.11.2017).

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

ские процессы и операции обработки резанием.

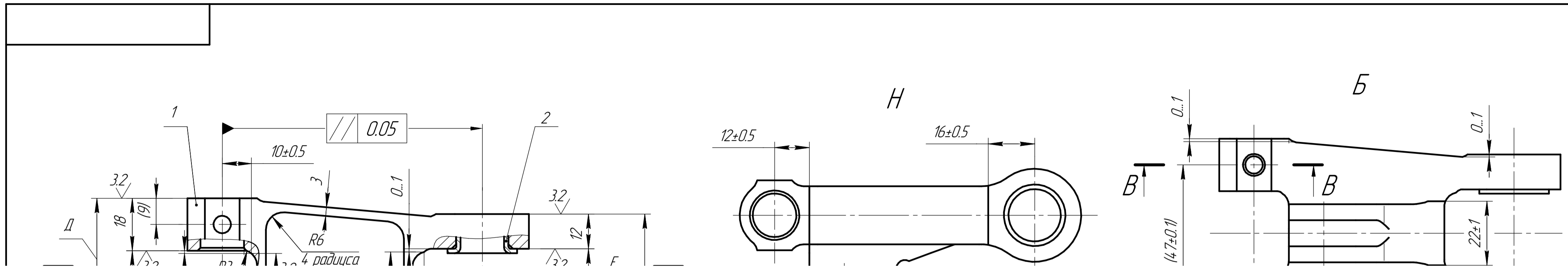
8 Освітньо-професійна програма вищої освіти для бакалавра спеціальності 131 Прикладна механіка / В.В. Проців, С.Т. Пацера, В.В. Зіль; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 22 с.

9 Закон України «Про вищу освіту» [Електронний ресурс].  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.

10 Національна рамка кваліфікацій. [Електронний ресурс].  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-п>.

11 Стандарт вищої освіти України бакалаврського рівня. Галузь знань 13 Механічна інженерія. Спеціальність 131 Прикладна механіка. [Електронний ресурс].  
<https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/06/25/131-prikladna-mekhanika-bakalavr.pdf>.

- 12 Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», затвердженого Вченою радою 22.01.2019, протокол № 2.
- 13 Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», затверджене Вченою радою 11.12.2018 (протокол № 15).
- 14 Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти, затверджене Вченою радою від 26.12.2017, протокол № 20 (у редакції, що ухвалена Вченою радою 18.09.2018, протокол № 11).
- 15 Положення про проведення практики здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», затверджене Вченою радою 11.12.2018 (протокол № 15).
- 16 Положення про систему запобігання та виявлення плагіату в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка», затверджене Вченою радою 13.06.2018 (протокол № 8).
- 17 Салов В.О. Макет методичних рекомендацій до виконання кваліфікаційних робіт : мет. посіб. для наук.-пед. пр-ів. / В.О. Салов ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 37 с.
- 18 Залога В.О., Зінченко Р.М. Система "PowerShape" Поверхневе моделювання: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві". Суми : Сумський держ ун-т, 2010.
- 19 Залога В.О., Зінченко Р.М. Система "PowerShape" Створення САПР за допомогою макросів: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві"/ Суми : Сумський держ ун-т, 2011.
- 20 Величко О.Г. Інноваційна діяльність у сферах техніки, технології, технічного регулювання і забезпечення якості: підручник / Величко О.Г., Должанський А.М., Віткін Л.М., Янішевський О.Е., Ключев Д.Ю.; Донецьк : Свідлер, 2010. – 120 с.



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

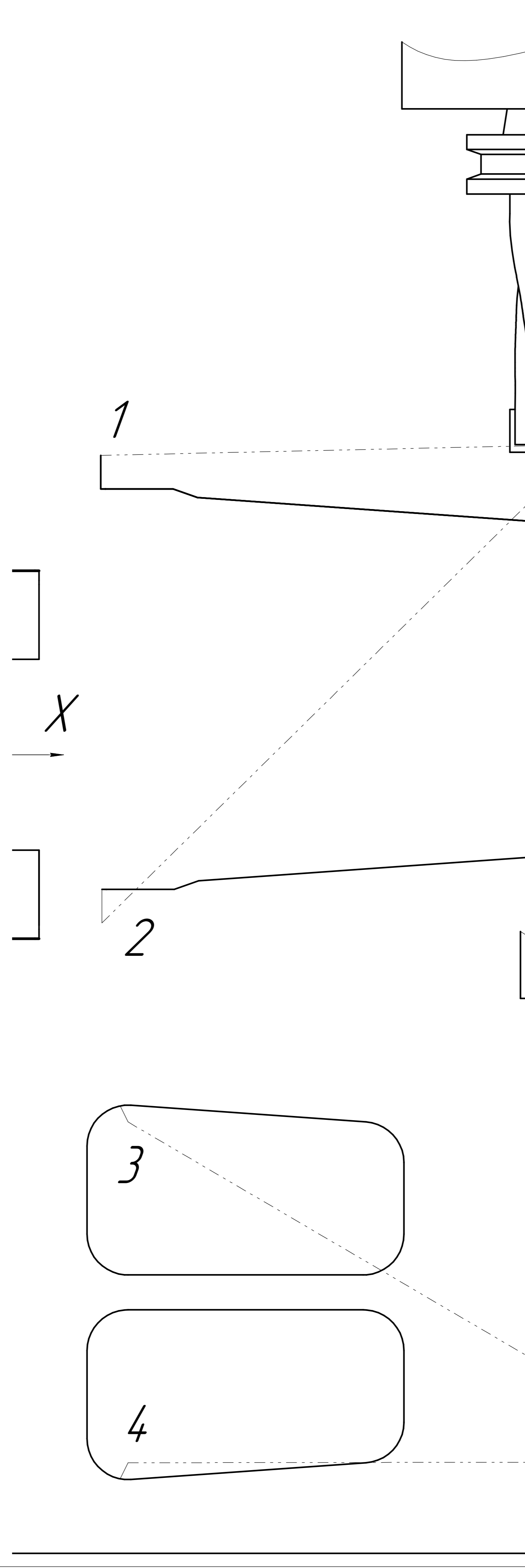
Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.



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

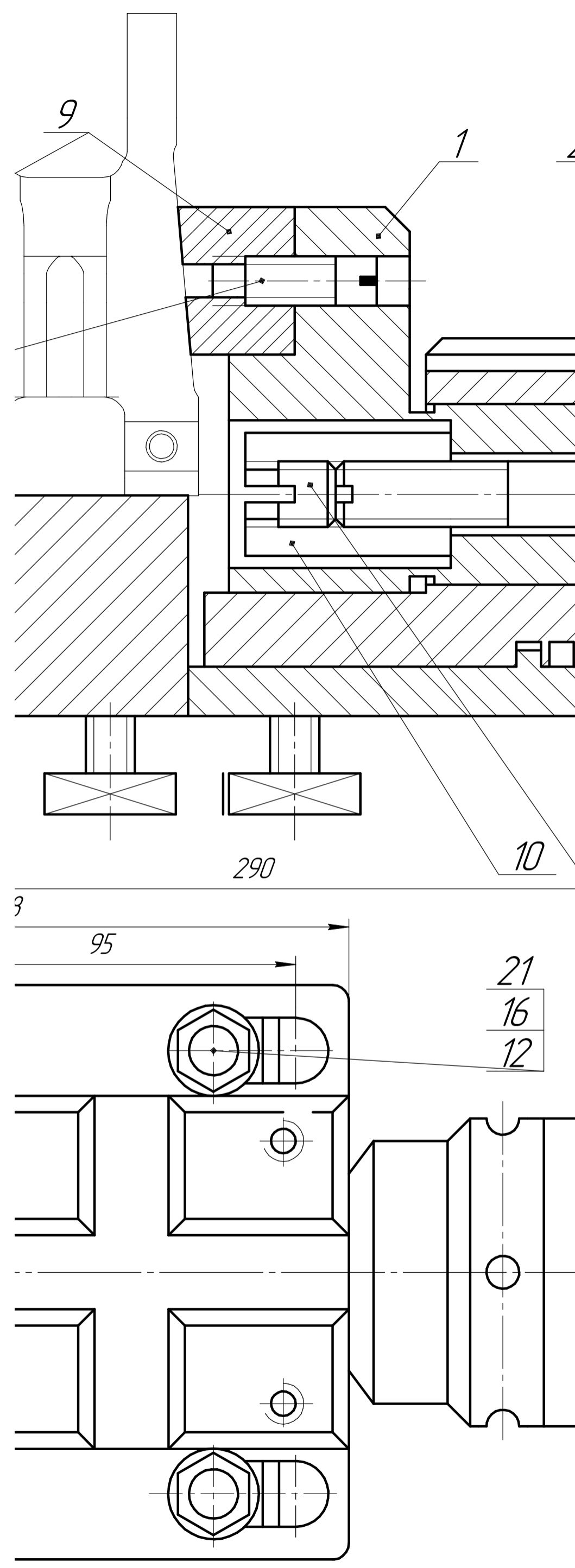
Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 18.06.2024р.

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.

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.

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.

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