

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розробка і дослідження твердотілої моделі верстатного  
устаткування з покращеними пружно-силовими характеристиками**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МВнм-61  
спеціальності \_\_\_\_\_

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

	_____	<u>Гуцалюк І.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Склярів Р.А.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	<u>Ярема І.Т.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	_____	<u>Кобельник В.Р.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри: к.т.н., доц.

Кобельник В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«    »

20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)

студенту ГУЦАЛЮКУ ІГОРУ ВОЛОДИМИРОВИЧУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка і дослідження твердотілої моделі  
верстатного устаткування з покращеними пружно-силовими характеристиками

Керівник роботи Скляров Руслан Анатолійович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 6 » квітня 2020 року № № 4/7-228

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 травня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення стола фрезерного верстату,  
робоче креслення лещат, робоче креслення деталі «Втулка опорна» та базовий ТП її  
виготовлення

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)  
Аналітичний розділ. Огляд та аналіз проблематики дипломної роботи.

Патентно-інформаційні дослідження. Обґрунтування конструкції об'єкту розробки.

Технологічні розрахунки. Розробка структурно-кінематичної схеми верстата. Конструювання

та розрахунок окремих вузлів верстата. Розробка моделі об'єкта досліджень. Синтез

конструкції об'єкта дослідження. Розробка твердотілої моделі та її дослідження.

Заходи з охорони праці та безпеки в НС.

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

Мета та завдання дослідження - 1 арк. ф.А1; Інформаційно-патентний пошук – 1 арк. ф.А1;

Креслення столу фрезерного верстату 1 арк. ф.А0; Креслення лещат – 1 арк.ф.А1;

Результати наукових досліджень – 4 арк. ф.А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охор. праці і безпека	<i>к.т.н., доц. Окіпний І.Б.</i>		
в надзв. ситуаціях	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		
Нормоконтроль	<i>к.т.н., доц. Ярема І.Т.</i>		

7. Дата видачі  
завдання

07 квітня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз завдання на проект</i>	<i>10.04.2020 р.</i>	
2	<i>Патентний пошук</i>	<i>20.04. 2020 р.</i>	
3	<i>Технологічні розрахунки</i>	<i>24.04. 2020 р.</i>	
4	<i>Розробка структурно-кінематичної схеми верстату</i>	<i>28.04. 2020 р.</i>	
5	<i>Розробка конструкції столу фрезерного верстату</i>	<i>03.05. 2020 р</i>	
6	<i>Розробка моделі лецят</i>	<i>07.05. 2020 р.</i>	
7	<i>Розробка морфологічної матриці</i>	<i>09.05. 2020 р.</i>	
8	<i>Розробка твердотілої моделі лецят</i>	<i>14.05. 2020 р.</i>	
9	<i>Дослідження моделі лецят</i>	<i>16.05. 2020 р.</i>	
10	<i>Розробка заходів з охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>17.05 2020 р.</i>	
11	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>14.05 2020 р.</i>	
12	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>17.05. 2020 р</i>	
13	<i>Представлення виконаної роботи</i>	<i>18.05 2020 р.</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Гуцалюк І.В.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Склярів Р.А.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## Анотація

Розробка і дослідження твердотілої моделі верстатного устаткування з покращеними пружно-силовими характеристиками // Дипломна робота магістра. Гуцалюк Ігор Володимирович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, механіко-технологічний факультет, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВмн-61.: ТНТУ, 2020.

Ключові слова: лещата машинні, фрезерний верстат, метод морфологічного аналізу, 3D модель, розрахунок.

Метою роботи є створення конструкції верстатного устаткування, яке дозволяє здійснити затиск заготовок, в тому числі циліндричної форми, забезпечуючи при цьому кращі пружно-силові характеристики.

В даній дипломній роботі магістра розглянуто основні способи формоутворення обробки поверхонь деталі типу «втулка опорна». Проведено технологічні розрахунки на фрезерну операцію для деталі «втулка опорна». Розроблено структурно-кінематичну схему верстата для виконання операції фрезерування. Здійснено конструювання повздовжнього столу фрезерного верстату. Проведено розробку моделі машинних лещат компенсаційної дії для затиску циліндричної заготовки. Розроблено твердотілу модель лещат, проведено її дослідження при використанні різних варіантів конструкцій губок. Також розкриті питання охорони праці та безпеки життєдіяльності людини.

## **Annotation**

Hutsaliuk I.V. Development and study of a rigid body model of machining facilities with improved elasticity-power characteristics. Thesis work for obtaining the educational qualification of Master degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2020.

Key words: machine vise, milling machine, method of morphological analysis, 3D model, calculation.

The purpose of the work is to create a machine design that allows to clamp the workpieces, including cylindrical, while providing the best elastic-force characteristics.

In the thesis of the master the main modes of shaping of surfaces of detail like «basic sleeve» are considered and technological process of its production is developed. The design of the longitudinal table of the milling machine is carried out. A model of machine defects of compensatory action for clamping a cylindrical workpiece has been developed. A continuous model of whiskey was developed, its research was carried out using different designs of the sponge. Thesis work includes issues related to the industrial safety and the safety of human life.

## Зміст

Прийняті скорочення	8
Вступ	9
Розділ 1. Аналітичний	11
1.1. Огляд та аналіз проблематики дипломної роботи	11
1.2. Інформаційно-патентний пошук	11
1.2.1. Особливості перебігу процесів, які відбуваються при обробці деталей затиснутих в машинних лещатах	11
1.2.2. Патентно-інформаційні дослідження лещат	14
1.2.2.1. Загальні положення патентного пошуку	14
1.2.2.2. Аналіз конструкцій відомих лещат	15
1.3. Висновки по розділу, постановка мети та задач дослідження	22
Розділ 2. Дослідно-проектний	24
2.1. Конструктивна схема машинних лещат з двома кінематичними ланцюгами	24
2.2. Технологічні розрахунки	25
2.3. Розробка структурно-кінематичної схеми верстату	30
2.3.1. Вибір комплексу рухів необхідних для обробки деталі на вибраному обладнанні	30
2.3.2. Обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата	30
2.4. Силкові та міцнісні розрахунки	32
2.4.1. Розрахунок ходового гвинта столу фрезерного верстату	32
2.4.2. Автоматизований розрахунок ходового гвинта	36
2.4.3. Короткий опис принципу роботи столу та салазок	38
2.4.4. Розрахунок затискного механізму	40
2.5. Висновки до розділу	43
Розділ 3. Науково-дослідна частина	45
3.1. Методика та план проведення наукових досліджень	45
3.2. Розробка моделі об'єкта досліджень	45

3.3. Використання методів активізації творчого пошуку при створенні верстатного устаткування для затиску циліндричних заготовок	50
3.3. Зміст наукових досліджень з використанням елементів CAD систем	56
3.3.1. Моделювання та дослідження лещат з жорсткими губками	57
3.3.2. Моделювання та дослідження лещат з підпружиненими губками	60
3.4. Обговорення та аналіз отриманих результатів* (*оприлюднені результати досліджень подаються в додатках)	66
3.5. Висновки за результатами наукового дослідження	66
Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	68
4.1. Розробка схеми пневматичної системи видалення стружки та пилу із зони різання фрезерного верстату	68
4.2. Розрахунок місцевої витяжної вентиляції для фрезерного верстату	70
Загальні висновки	73
Перелік посилань	75
Додатки	79

## ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

ВПД – верстат – пристосування – інструмент – деталь;

ВУ – вентиляційна установка;

ЄСКД – Єдина система конструкторської документації;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

Л – лещата;

МКЕ – метод кінцевих елементів;

МОР – мастильно-охолоджувальна рідина

ТП – технологічний процес;

ТС – технічна система.



## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Останнє десятиріччя характеризується спадом у галузі машинобудування в Україні, тому необхідно змінити відношення до розвитку галузі в цілому і випуску технологічного оснащення металообробного обладнання.

Для розширення технологічних можливостей обладнання та підвищення його техніко-економічних показників необхідно створити прогресивне технологічне оснащення.

При обробці деталей призматичної та круглої форми на свердлильних, фрезерних, багатоопераційних та деревообробних верстатах широко використовуються різноманітні затискні пристрої, серед яких досить поширеними є лещата (Л). Вони, як правило, мають постійну структуру, в них використовується один кінематичний зв'язок (ланцюг), який пов'язує губки (затискні елементи) з приводом (ручним або від двигуна).

Для збільшення конкурентоспроможності Л, підвищення їх технічних показників, доцільно використовувати малоенергоємні затискні пристрої змінної структури з двома та більше кінематичними ланцюгами.

Створення таких Л, вимагає нових підходів до проектування, використання сучасної обчислювальної техніки та розробки відповідного математичного апарату (математичних моделей).

Лещата широко використовуються на виробництві та в побуті, на них є попит серед різного виду споживачів, для розробки нових конструкцій Л необхідно провести дослідження (теоретичні та експериментальні) з використанням сучасних програмних засобів, які дозволяють дослідити напружено-деформований стан їх окремих складових елементів.

**Метою роботи** є створення конструкції верстатного устаткування, яке дозволяє здійснити затиск заготовок, в тому числі циліндричної форми, забезпечуючи при цьому кращі пружно-силові характеристики.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні **задачі**:

1. Здійснити інформаційно-патентні дослідження стосовно устаткування, яке дозволяє здійснити затиск циліндричних заготовок на фрезерних верстатах.
2. Визначити фактори які мають вплив на параметри машинних лещат.
3. Провести необхідні технологічні розрахунки стосовно деталі «Втулка опорна», а саме режимів різання на фрезерну операцію.
4. Здійснити аналіз схеми формоутворення при обробці пазу дисковою фрезою та запропонувати структурно-кінематичну схему обладнання, на якому може проводитися обробка.
5. Провести розрахунки стосовно конструкції столу фрезерного верстату.
6. Здійснити підготовку вихідних даних для розробки твердотілої моделі лещат.
7. Здійснити розробку конструкції затискного устаткування для затиску циліндричних заготовок з використанням методів активізації творчого пошуку.
8. Представити математичну модель верстатного устаткування для затиску циліндричної заготовки.
9. Розробити твердотілу модель лещат, та провести її дослідження при використанні різних варіантів конструкцій губок.

**Об'єкт дослідження** – лещата, з двома кінематичними ланцюгами, які проводять закріплення циліндричних заготовок.

**Предмет дослідження** – процесу затиску заготовок циліндричної форми на устаткуванні, яке містить два кінематичні ланцюги та напружено-деформований стан елементів його конструкції.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження були проведені з використанням теорії технічних систем, методів математичного моделювання та теорії машин і механізмів.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів і основних висновків, розміщених на 74 сторінках, 54 рисунків та 2 таблиць на 24 сторінках, списку літературних джерел з 33 найменувань на 4 сторінках і додатків на 8 сторінках, всього 86 сторінок.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ**

### **1.1. Огляд та аналіз проблематики дипломної роботи**

Для закріплення деталей на верстатах може використовуватися різноманітне верстатне устаткування. До такого устаткування відносяться машинні лещата, в них можуть закріплюватися заготовки різної форми. При недостатньому їх затиску можуть виникати певні негативні явища закріплення [1]. Так при поганому закріпленні заготовки в процесі її обробки під дією сил різання може відбутися її зрив. Це може спричинити поломку інструменту, а також пошкодити саму заготовку або пристосування. Якщо сила затиску деталі буде дуже великою, то може бути пошкоджено її зовнішню поверхню. Тобто сила затиску повинна бути усередненою, забезпечувати надійне закріплення заготовки, або іншими словами бути мінімально необхідною.

Для усунення цих недоліків необхідно розробити конструкції затискних механізмів, в яких ця проблема може бути усунена. Для цього слід провести глибокий аналіз існуючих конструкцій, виявити їхні сильні та слабкі сторони. Використовуючи процедуру синтезу запропонувати кращі варіанти конструкції. Все це необхідно обґрунтувати, підвести під теоретичну базу. Для підтвердження достовірності результатів доцільно розробити твердотілу модель конструкції, та провести її комп'ютерне моделювання і дослідження.

### **1.2. Інформаційно-патентний пошук**

#### **1.2.1. Особливості перебігу процесів, які відбуваються при обробці деталей затиснутих в машинних лещатах**

Як відомо, при обробці деталей на металорізальному верстаті, в зоні різання виникають сили різання, а перебіг процесу обробки залежить того, якою є жорсткість технологічної системи верстату. В процесі обробки деталі

необхідно забезпечити діаметральну і лінійну точність розмірів, а також точність форми і забезпечити необхідне розташування поверхонь [2, 3].

Для обробки деталі на верстаті, її необхідно надійно затиснути. Для розгляду сил, які діють на деталь в процесі обробки, візьмемо для розгляду процес фрезерування площини, його відносять до найбільш важких видів механічної обробки. Розглянемо просторову систему сил, які діють при цьому на деталь (рис. 1.1). На заготовку діє колова сила  $P_z$ , а також складові сил різання, а саме  $P_h$  - горизонтальна,  $P_v$  - вертикальна,  $P_y$  - радіальна та  $P_x$  - осьова сила різання [3].

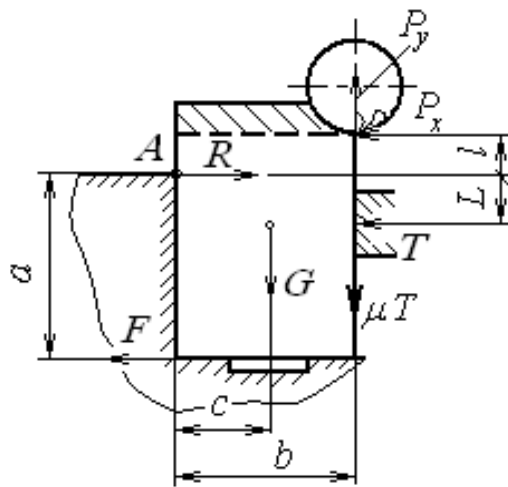


Рис. 1.1. Сили, які діють на заготовку при фрезеруванні

Розрахуємо необхідну силу затиску  $T$ , виходячи з умови надійності кріплення заготовки відносно точки  $A$ . В цьому випадку, (як видно з рис. 1.1), складова  $P_x$  сили різання спрямована перпендикулярно до базової площини (до якої притискається заготовка), а складова  $P_y$  – є паралельною по відношенню до них.

Згідно рівняння моментів, яке складене відносно точки  $A$ , на заготовку діє сила тертя, яка розраховується за виразом [4]:

$$F = (G + T_\mu - P_y) \cdot f, \quad (1.1)$$

Необхідна сила затиску  $T$  буде становити:

$$T = \frac{K_{заг} \cdot [P_y \cdot (b + a \cdot f) + P_x \cdot l - G \cdot (c + a \cdot f)]}{a \cdot \mu \cdot f + b \cdot \mu + L} \quad (1.2)$$

де  $l, b, c, L$  – плечі прикладання сил  $P_x, P_y, G, T$  відповідно;

$\mu$  - коефіцієнт тертя (зчеплення) заготовки з затискним елементом (в його ролі виступає губка лещат);

$G$  – вага заготовки;

$f$  - коефіцієнт тертя заготовки з базовою поверхнею.

В літературі, яка присвячена питанням проектування технологічного оснащення для металорізальних верстатів [5], зазначено, що до лещат висуваються вимоги жорсткості, точності та до силових характеристик затиску, а саме сили затиску  $T, H$ .

Як відомо, між губками лещат і поверхнями деталі, що затискається, виникають сили тертя, вони забезпечують необхідне положення закріпленої деталі в просторі. Величина сили зачеплення  $P_{TP}$  визначається за виразом [6]:

$$P_{TP} = T \cdot \mu \quad (1.3)$$

Сила затиску на губках лещат  $T$  може бути визначена за двома умовами. Згідно першої умови сила тертя на губці повинна бути більшою від відповідної сили, що діє на деталь з боку інструменту в процесі обробки -  $P_{TP} > P_1$ . Ця сила не дає зсунути деталь та утримує її від виривання.

Згідно другої умови сила тертя на губці прикладена на відстані  $r$  від центра обертання. Оскільки при цьому виникає момент сил різання від інструмента на деталь, то сила тертя на губці повинна бути більшою від цього моменту -  $P_{TP}r > M$ .

Лещата можуть характеризуватися параметрами лінійної  $j_p$  та кутової жорсткості  $j_a$ .

Лінійна жорсткість ( $j_p$ ) - характеризує зсув  $x_i$ , базових поверхонь деталі паралельно самим собі в процесі обробки під впливом сил різання. Її значення визначається за формулою, яка враховує пружні відтискання:

$$j_p = \frac{P_i}{x_i}, \quad H/мм; \quad (1.4)$$

Кутова жорсткість ( $j_a$ ) - характеризує зсув базових поверхонь деталі на деякий кут  $u_i$  щодо початкового свого положення в процесі обробки під впливом сил різання.

Величину кутової жорсткості можна визначити за виразом:

$$j_a = \frac{M_i}{y_i}, \quad \text{Нм/рад.} \quad (1.5)$$

Жорсткість базових поверхонь лещат повинна бути такою, щоб зсув деталі в процесі обробки знаходився в межах 1/3 поля допуску на витримані розміри.

## 1.2.2. Патентно-інформаційні дослідження лещат

### 1.2.2.1. Загальні положення патентного пошуку

З метою встановлення правової охорони лещат та визначення їх рівня розвитку проведемо патентний пошук. В якості джерел інформації для пошуку вибираємо описи винаходів різних країн. Особливості проведення патентного пошуку описані [7].

Для виконання патентного пошуку доцільно використовувати доступну науково-технічну інформацію [8]. Найкраще пошук проводити по базах даних патентів, доступ до яких є відкритим в мережі Internet.

Перед початком пошуку необхідно з'ясувати до якого розділу, класу та підкласу відноситься об'єкт дослідження (рис. 1.2).

<b>B23</b>	<b>МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ; ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ, НЕ ОХОПЛЕНЕ ІНШИМИ КЛАСАМИ</b>
<b>B23Q</b>	<b>ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЇ, СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ АБО ПРИПАДДЯ ДЛЯ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ, НАПРИКЛАД ЗАСОБИ КОПІЮВАННЯ АБО КЕРУВАННЯ</b> (інструменти, що використовуються в токарних або розточувальних верстатах <b>B23B 27/00</b> ); <b>МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ВЗАГАЛІ, ЯКІ ХАРАКТЕРИЗУЮТЬСЯ КОНСТРУКЦІЄЮ ПЕВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АБО СКЛАДОВИХ ЧАСТИН; АГРЕГАТНІ МЕТАЛОБРОБНІ ВЕРСТАТИ АБО КОМПЛЕКСИ МЕТАЛОБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ, НЕ ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЦІЛЕЙ</b>
<b>B23Q 3/00</b>	Пристрої для закріплення, підтримування або регулювання положення оброблюваних деталей або інструментів, які звичайно можуть бути зняті з верстата (робочі столи або інші подібні елементи обладнання, наприклад планшайби, які звичайно не містять засобів для закріплення оброблюваних деталей <b>B23Q 1/00</b> ; автоматичне регулювання положення <b>B23Q 15/00</b> ; обертові різцетримачі для токарних верстатів <b>B23B 3/24</b> , <b>B23B 3/26</b> ; безпривідні різцетримачі <b>B23B 29/00</b> ; основні особливості револьверних головок <b>B23B 29/24</b> ; інструменти або верстати для закріплення, з'єднання, роз'єднання або утримування оброблюваних деталей <b>B25B</b> ) [2006.01]
<b>B23Q 3/02</b>	· для встановлювання на робочий стіл, інструментальні полозки або інші подібні елементи ( <b>B23Q 3/15</b> має перевагу) [2006.01]
<b>B23Q 3/04</b>	· · з регульованим нахилом [2006.01]
<b>B23Q 3/06</b>	· · засоби для затискання оброблюваних деталей [2006.01]
<b>B23Q 3/08</b>	· · · обладнані немеханічним приводом [2006.01]
<b>B23Q 3/10</b>	· · допоміжні пристрої, наприклад підкладки, подовжувачі [2006.01]
<b>B23Q 3/12</b>	· для закріплення шпинделя взагалі ( <b>B23Q 3/152</b> має перевагу; затискні патрони <b>B23B 31/02</b> ) [2006.01]
<b>B23Q 3/14</b>	· · оправки взагалі (розтискні оправки <b>B23B 31/40</b> ) [2006.01]
<b>B23Q 3/15</b>	· пристрої для закріплення оброблюваних деталей за допомогою сил електричної або магнітної взаємодії, які діють безпосередньо на деталь [2006.01]

Рис. 1.2. Коло патентного пошуку

### 1.2.2.2. Аналіз конструкцій відомих лещат

Як показує аналіз, у склад всіх без виключення лещата входить корпус. Корпус використовується в якості базового елемента, на ньому монтуються всі інші елементи та вузли лещат. Для орієнтації лещат на поверхні столу верстату чи верстатка, на корпусі розміщують спеціальні базові поверхні та кріплення.

Затиск деталей на лещатах, а також їх базування стосовно корпусу, відбувається за допомогою спеціальних затискних елементів (губок). Як правило, одна з них виконується рухомою, а інша нерухома. Для забезпечення надійності затиску на деяких губках може міститися спеціальна насічка. В деяких конструкціях лещат можуть використовуватись дві зустрічно-рухомі пластини, тоді такі лещата відносяться до «самоцентрувальних». Зустрічаються варіанти лещат, в яких губки виконано «плаваючими», в них дві пластини рухомі, та інші схожі варіанти.

Для забезпечення затискного зусилля лещата мають привід, тому лещата інколи класифікують за приводом затиску (рис. 1.3).

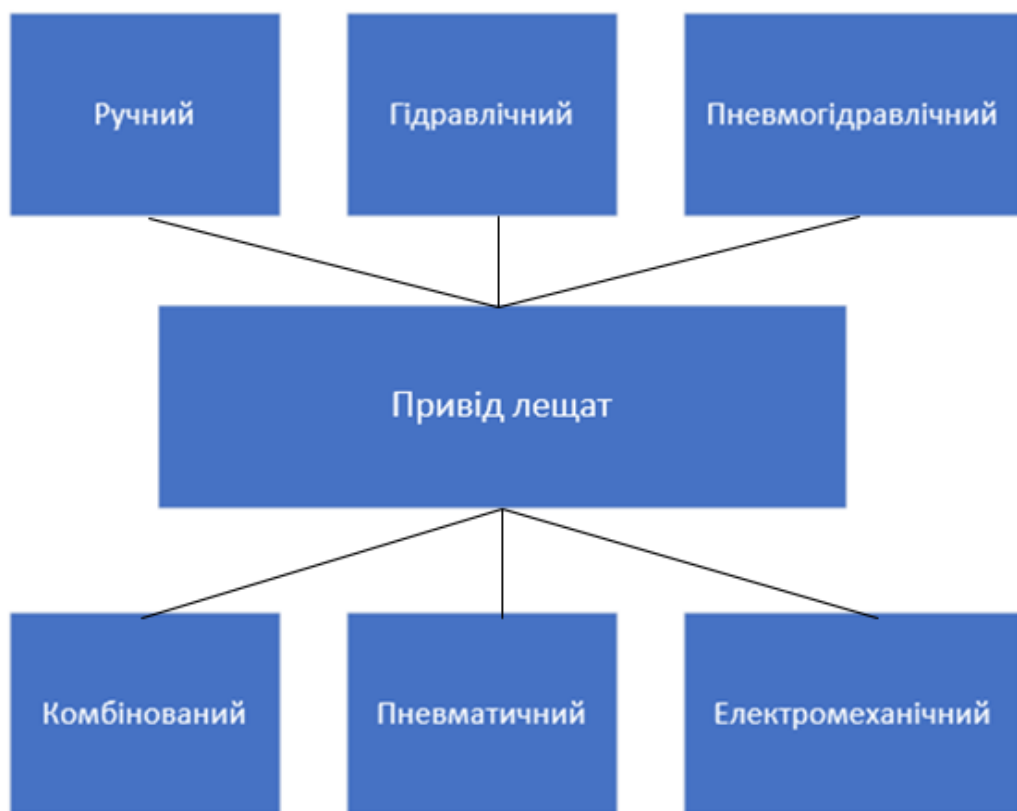


Рис. 1.3. Лещата за приводом затиску

Також конструкції лещат розрізняють за типом передавально-підсилювальних ланок, які з'єднані з губками (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Підсилювально-передавальні ланки в лещатах

Розглянемо будову та загальний принцип роботи лещат з різним конструктивним виконанням.

**Лещата звичайні** (рис. 1.5). Лещата мають дві пари губок, одна з яких виконана рухомою (3), а інша рухома (5). Рухома губка з'єднана з силовим гвинтом (7). Затиск деталі відбувається за рахунок обертання гайки (9), при цьому відбувається переміщення гвинта (7) з рухомою губкою (5), в результаті чого проходить затиск деталі.

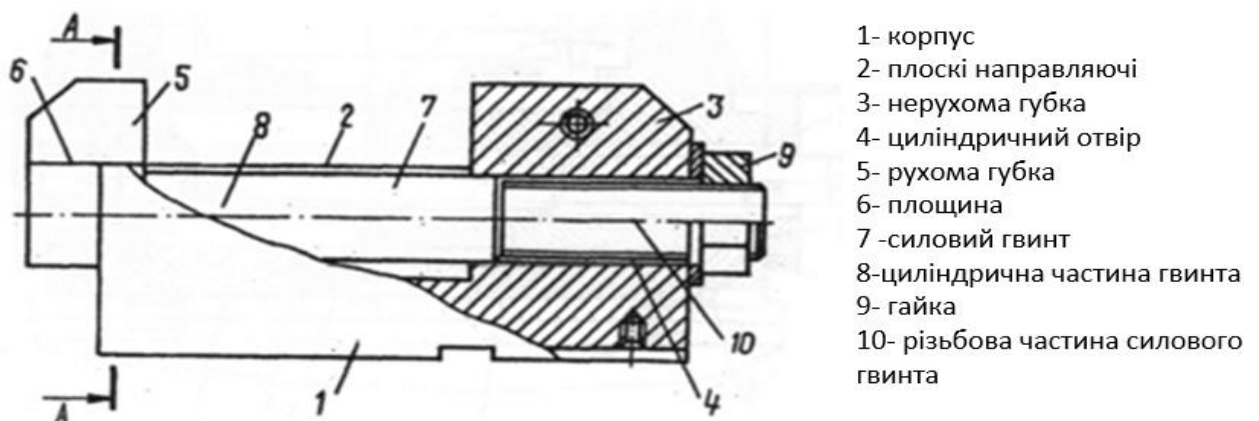


Рис. 1.5. Лещата звичайні



За рахунок того, що поверхні контакту направляючих рознесені як по осі лещат, так і в площині розташування, то ми отримуємо необхідну точність базування. В приведеній конструкції використовується два типи направляючих: циліндрична і плоска, це дозволяє знизити трудовитрати на виготовлення.

**Лещата з циліндричними направляючими** [9]. На рис. 1.6 приведена конструкція лещат з циліндричними направляючими. В даній конструкції є дві губки нерухома (3) та рухома (5). Рухома губка (5) закріплена на повзуну (4), який встановлений на направляючих (2). В процесі затиску заготовки (10) рухома губка з робочою поверхнею (6) переміщається паралельно до направляючих (2), це дозволяє досягнути необхідної точності встановлення.

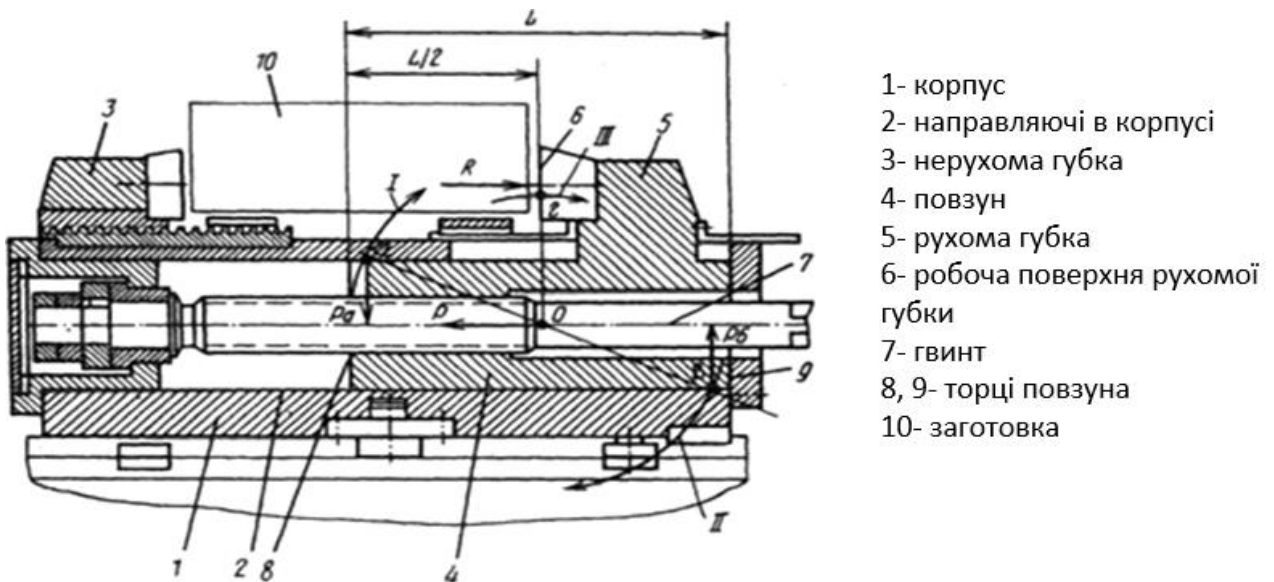


Рис. 1.6. Конструкція лещат з циліндричними направляючими

**Затискні лещата з гідропідсилювачем** [10]. Розглянемо конструктивні особливості лещат з гідропідсилювачем (рис. 1.7). На основі лещат (1) встановлено рухома губку (2) із накладкою (3). Паралельно по відношенню до нижньої основи встановлено коаксіальний гвинт (4). Він постійно з'єднаний із гвинтовим отвором каретки (5). На кінці нерухомої основи розміщено нерухома губку 6 із накладкою 7. Опорою для каретки (5) слугує фіксує шкворінь (8). Він вставляється в один із пазів основи (10) або (11) – залежить від розміру закріплюваної заготовки. Корпус гідропідсилювача (12) з'єднаний з рухома губкою 2 через пружні елементи із зазором (17). В корпусі гідропідсилювача (12)

встановлено поршень витиснювач (13), при цьому порожнини гідропідсилювача заповнені постійно стиснутим пластичним мастилом.

Маховик 15 встановлений на різьбовому кінці хвостовика 16 гвинта 4. Повертаючи маховик, ми здійснюємо переміщення рухомої губки і тим самим затискаємо деталь в лещатах.

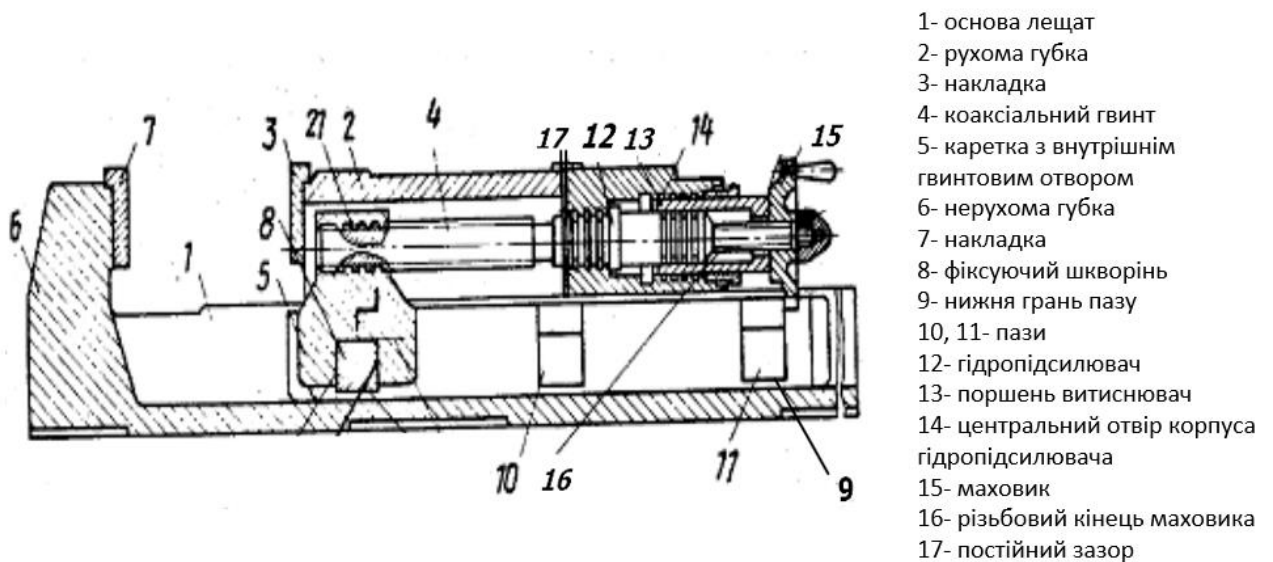


Рис. 1.7. Затискні лещата з гідропідсилювачем

**Прецизійні лещата.** Заслужують на увагу прецизійні лещата [11], їх конструкція приведена на рис. 1.8.

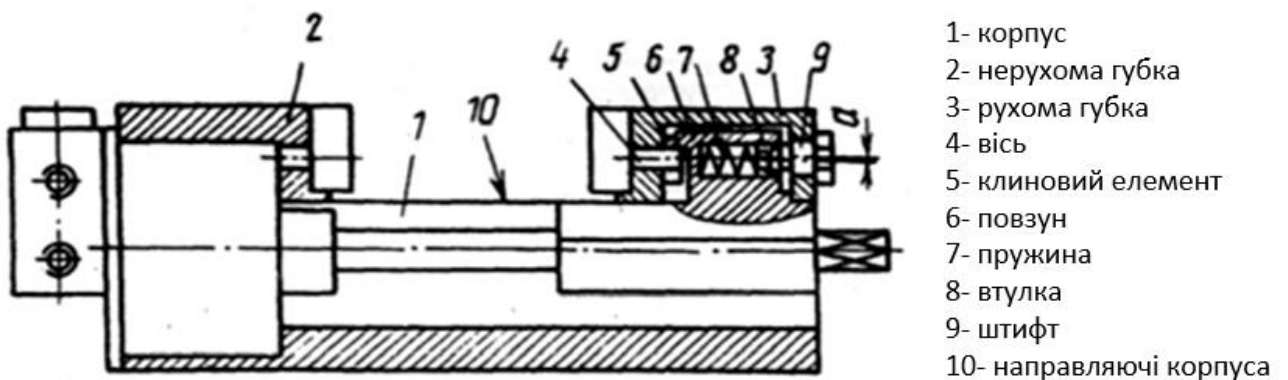


Рис. 1.8. Прецизійні лещата

На корпусі лещат (1) встановлені нерухома (2) та рухома (3) губки. Розглянемо більш детально особливості конструкції рухомої губки. Губка (3) контактує з клиновим елементом (5), який самовстановлюється на осі (4) повзуна (6). Повзун (6) має похилу поверхню на передньому кінці.

Далі йде пружина (7), розміщена в циліндричній порожнині повзуна (6), вона діє на втулку (8), остання має конічний отвір на протилежному кінці.

Пружина (7), взаємодіє зі втулкою (8) і забезпечує постійний контакт між її конічним отвором та конічною поверхнею штифта (9), підтискаючи задній кінець губки (3) до направляючим (10) корпусу.

**Лещата плаваючого типу.** Розглянемо особливості конструкції (рис. 1.9) та принцип роботи даного типу лещат [12].

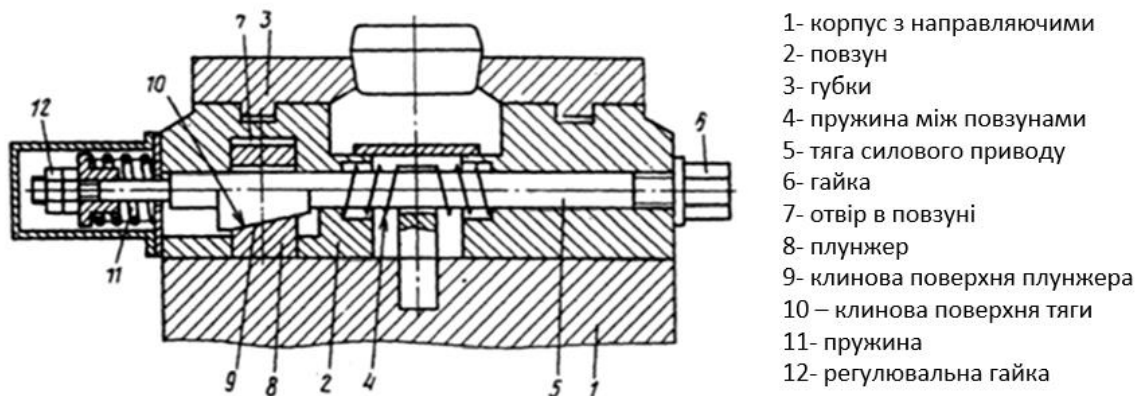


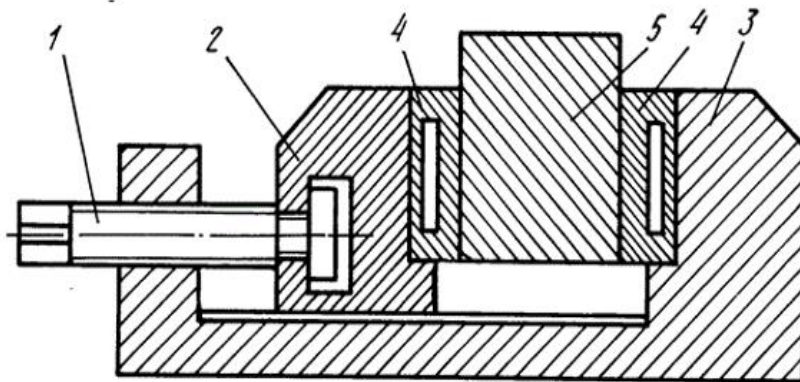
Рис. 1.9. Плаваючі лещата

Приведені вище лещата містять корпус (1) з направляючими, в якому розміщені повзуни (2) з губками (3). Між повзунами встановлено пружину (4) та тяговий привід (5) з гайкою (6). Тяговий привід пов'язує повзуни між собою. Для створення натягу використовується пружина (11) та регулювальна гайка (12). Для затиску заготовки необхідно забезпечити фіксацію повзунів (2) стосовно корпусу (1), цьому сприяє безпосередній контакт клинової поверхні (10) тяги (5) на клинову поверхню (9) плунжера (8).

**Затискні лещата інженера Курілова.** Досить оригінальною є конструкція лещат, які приведені на рис. 1.10. Вони носять назву інженера, який їх спроектував [13].

Сутність винаходу полягає в тому, спочатку здійснюють попередній затиск деталі (5), для цього використовують силовий привід (1). Коли губки (2) та (3) затиснуть деталь, то після цього здійснюють нагрів накладок (4), вони змінюють свою форму. Нагрів спричиняє збільшення накладки поперечному сеченні, після

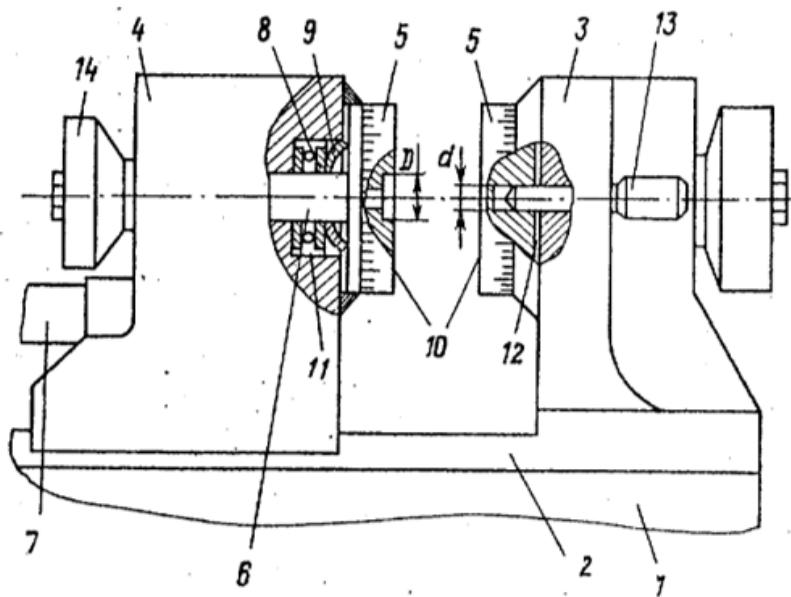
цього відбувається додаткове затискання деталі. Для плавного зростання сили затиску накладки (4) можуть бути виконані з різною температурою спрацювання.



- 1- силовий привід
- 2- рухома губка
- 3- нерухома губка
- 4- накладки з пам'яттю форми
- 5- деталь

Рис. 1.10. Лещата інженера Курілова

**Лещата з поворотними губками.** На рис. 1.11 приведено конструкцію лещат з поворотними губками [14].



- 1- корпус
- 2- направляючі
- 3- нерухома губка
- 4- рухома губка
- 5- поворотні накладки
- 6- вісь
- 7- силовий привід
- 8- підшипники
- 9- пружина
- 10- робочі поверхні
- 11- циліндрична порожнина
- 12- зазор між губками
- 13- ділильний пристрій

Рис. 1.11. Лещата з поворотними губками

Дані лещата розроблені з метою розширення експлуатаційних можливостей шляхом забезпечення повороту деталі навколо осі паралельно до направляючих. Спочатку здійснюється попередній затиск деталі так, щоб між губками (3) та (4) і накладками (5) був зазор (12). Деталь може вільно обертатися навколо осі, оскільки накладки (5) опираються через пружину (9) на підшипники (8). Положення деталі в просторі визначається ділильним пристроєм (13), після цього здійснюється остаточний затиск деталі.

**Лещата з важільною системою затиску.** Оригінальною є конструкція лещат, в яких використовується важільна система затиску заготовок. На рис. 1.12 приведено конструкцію таких лещат [15].

Основною особливістю приведеної конструкції є те, що лещата мають спільну вісь (10), яка закріплена в корпусі (1), відносно цієї осі по обидва боки розміщені важелі (8) та (9), які зв'язані з губками (6) та (7) відповідно. При повороті гвинта (4) важелі синхронно сходяться (при виконанні затиску деталі), та розходяться (якщо деталь необхідно розкріпити). Ще однією особливістю лещат є наявність установочних елементів, виконаних у вигляді пальців (2).

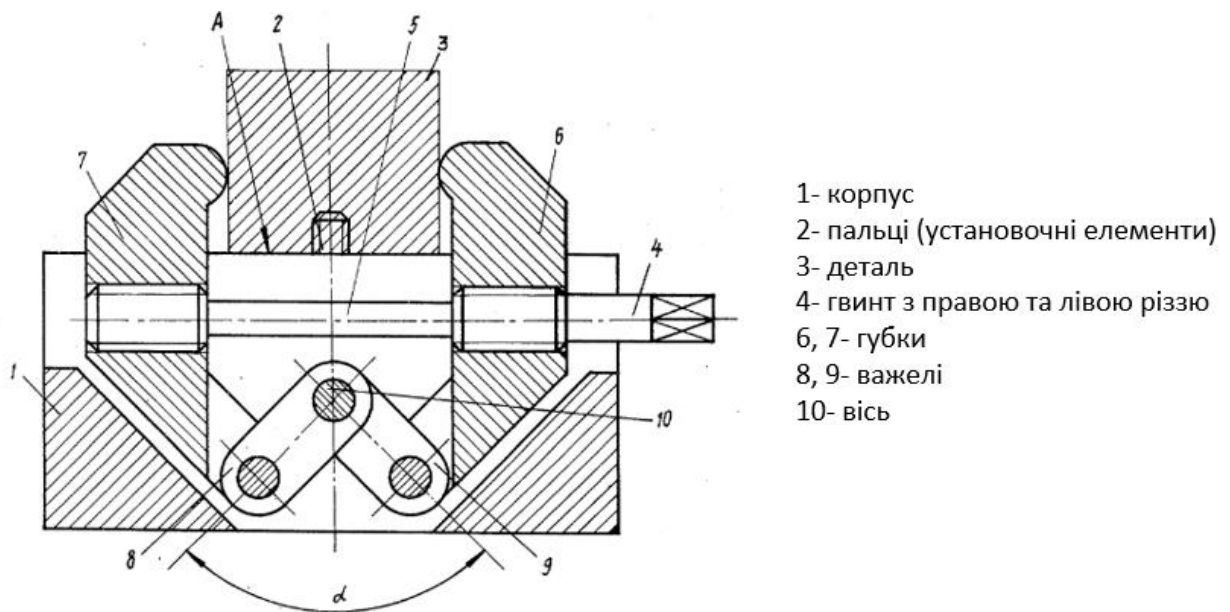


Рис. 1.12. Лещата важільного типу

**Лещата пневмо-гідролічного типу.** Основна відмінність такого типу лещат – використання в якості силового приводу пневмоциліндра. На рис. 1.13 приведено конструкцію таких лещат [16].

На корпусі (1) лещат встановлено нерухому (2) і рухому (3) губки, також у корпусі розміщений силовий привід, в його якості використовується пневмоциліндр (4) із поршнем (5) та штоком (6), крім цього конструкції є гідравлічний механізм-підсилювач, який складається з циліндра (7), поршня (8) із порожнього штоку (9) і плунжера (10).

Для затиску заготовки тиск подається в порожнину (14), це спричиняє переміщення поршня (5) зі штоком (6) та плунжера (10) вправо. В результаті

цього в порожнині (17) створюється зона підвищеного тиску, яка спричиняє переміщення поршню (8) механізму підсилювача вліво і в результаті відбувається затиск заготовки (15). Для розкріплення заготовки тиск подається в порожнини (11) та (12), він діє одночасно на обидва поршні (5) і (8), це спричиняє переміщення губки (3) вправо.

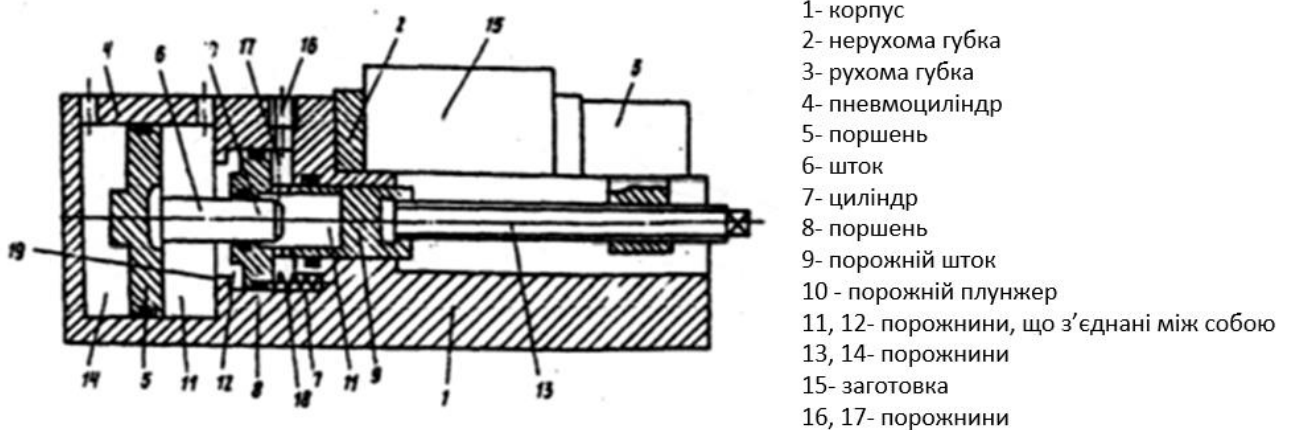


Рис. 1.13. Лещата пневмо-гідравлічного типу

### 1.3. Висновки по розділу, постановка мети та задач дослідження

Обробка деталей на металорізальному верстаті передбачає їх надійне закріплення. Процес обробки буде залежати від жорсткості системи ВПД. Для забезпечення процесу фрезерування на верстаті необхідно спроектувати устаткування яке буде повністю відповідати вимогам жорсткості, та точності, а також буде володіти необхідними силовими характеристиками затиску. В якості такого верстатного устаткування можуть використовуватись машинні лещата.

Патентно-інформаційний аналіз конструкцій лещат показав, що всі вони, як правило, мають дві губки, одна з яких виконується рухомою, а друга – нерухомою. В лещатах для створення затискного зусилля може використовуватись різний тип приводу, а саме ручний, електромеханічний, гідравлічний, пневматичний, пневмо-гідравлічний або їх комбінація.

Сила затиску в лещатах може бути створена за рахунок використання передавально-підсилювальних ланок різного типу. Найбільш поширеними є

конструкції з використанням гвинтових, важільних, ексцентрикових та клино-плунжерних ланок. Також зустрічаються конструкції з зубчастими, черв'ячними механізмами, та в яких реалізовані комбінації з перерахованих вище.

**Метою роботи** є створення конструкції верстатного устаткування, яке дозволяє здійснити затиск заготовок, в тому числі циліндричної форми, забезпечуючи при цьому кращі пружно-силові характеристики.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні **задачі**:

1. Провести необхідні технологічні розрахунки стосовно деталі «Втулка опорна», а саме режимів різання на фрезерну операцію.
2. Здійснити аналіз схеми формоутворення при обробці пазу дисковою фрезою та запропонувати структурно-кінематичну схему обладнання, на якому може проводитися обробка.
3. Провести розрахунки стосовно конструкції столу фрезерного верстату.
4. Здійснити підготовку вихідних даних для розробки твердотілої моделі лещат
5. Здійснити розробку конструкції затискного устаткування для затиску циліндричних заготовок з використанням методів активізації творчого пошуку.
6. Представити математичну модель верстатного устаткування для затиску циліндричної заготовки.
7. Розробити твердотілу модель лещат, та провести її дослідження при використанні різних варіантів конструкцій губок.

**Об'єкт дослідження** – лещата, з двома кінематичними ланцюгами, які проводять закріплення циліндричних заготовок.

**Предмет дослідження** – процесу затиску заготовок циліндричної форми на устаткуванні, яке містить два кінематичні ланцюги та напружено-деформований стан елементів його конструкції.

## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ

### 2.1. Конструктивна схема машинних лещат з двома кінематичними ланцюгами

Досить часто при обробці деталей на металорізальних верстатах для затиску круглих та призматичних заготовок використовують різноманітні види лещат. Вони можуть мати як мускульний привід затиску, так і машинний. Їх можна використовувати для забезпечення надійного затиску деталей певної геометричної форми. Лещата можуть кріпитися на столах фрезерних шліфувальних та свердлильних верстатів, крім того їх часто використовують при слюсарних роботах [1].

В попередньому розділі ми провели патентний аналіз та визначили декілька базових типів машинних лещат. У переважній більшості конструкцій на лещатах встановлено дві губки, одна з яких виконується рухомою, а інша нерухома. Конструкції лещат в більшості випадків дуже схожі між собою.

Ми за основу беремо лещата, які мають широке використання на підприємствах машинобудівного профілю, а саме Барановицького заводу верстатних пристосувань.

На рис. 2.1. приведено конструктивну схему лещат.

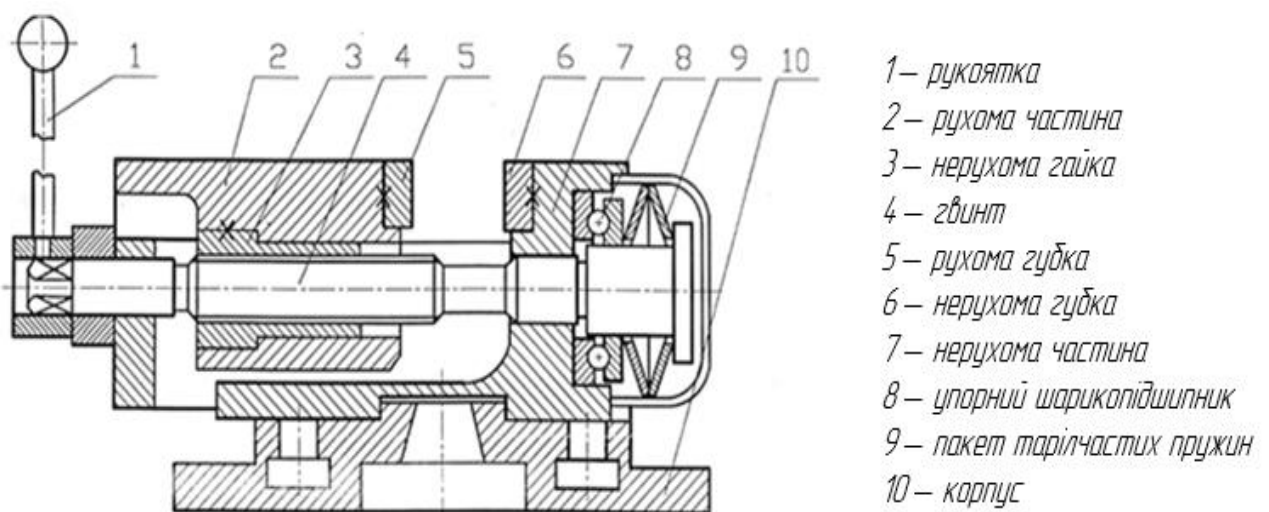


Рис. 2.1. Машинні лещата з ручним гвинтовим приводом



При обертанні рукоятки (1) починає обертатися відносно нерухомої гайки (3) гвинт (4). Гайка (3) жорстко закріплена в рухомій частині (2) лещат, разом із затискною губкою (5). Дана губка в подальшому буде називатися рухомою. Правий кінець гвинта (4) розташовується в нерухомій частині (7) лещат. Він в подальшому буде називатися нерухомою губкою. Гвинт (4) піджимається пакетом тарілчастих пружин (9) до нерухомої частини лещат через упорний шарикопідшипник (8).

## 2.2. Технологічні розрахунки

Вихідними даними на роботу було креслення деталі «Втулка опорна», її базовий технологічний процес виготовлення та річна програма випуску, яка становить 4200 штук (відповідає середньосерійному типу виробництва).

Деталь «Втулка опорна» входить до складу блоку СПР18-56ПР-06, її загальний вигляд приведено на (рис. 2.2). Дана втулка є опорною деталлю, вона переміщається по рейці за допомогою призматичного пазу на її опорній поверхні.

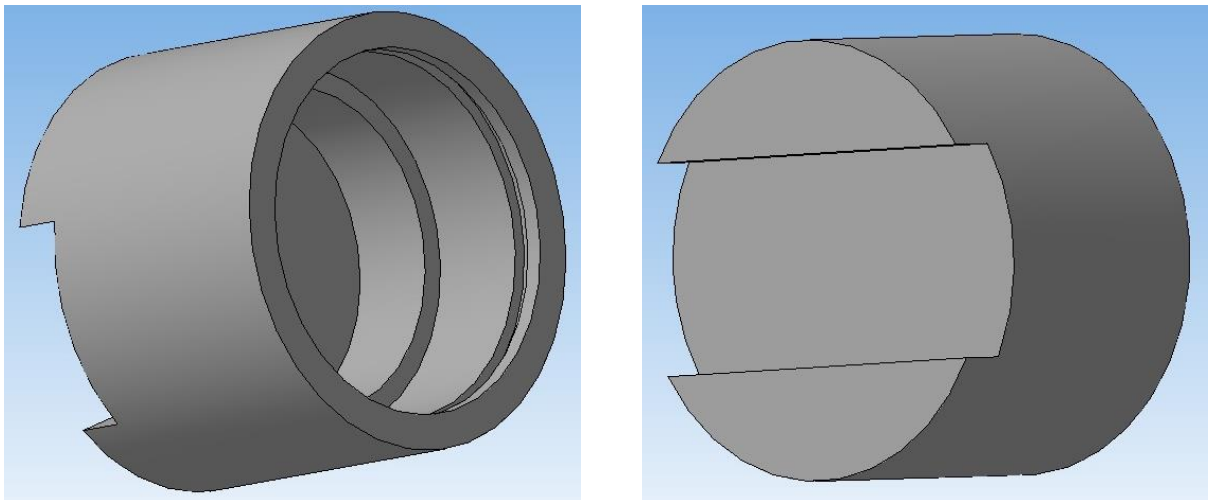


Рис. 2.2. Загальний вигляд деталі «Втулка опорна»

Згідно базового ТП деталь обробляється на відрізному, свердлильному, фрезерному (взято за основу) та токарних верстатах.

На рис. 2.3 приведено креслення деталі «втулка опорна» та її основні поверхні. Втулка - деталь простої конфігурації, має круглий перетин, її габаритні розміри 62x46 мм. Деталь має глухі отвори, з боку лівого торця міститься паз глибиною 8 мм і шириною 30 мм.

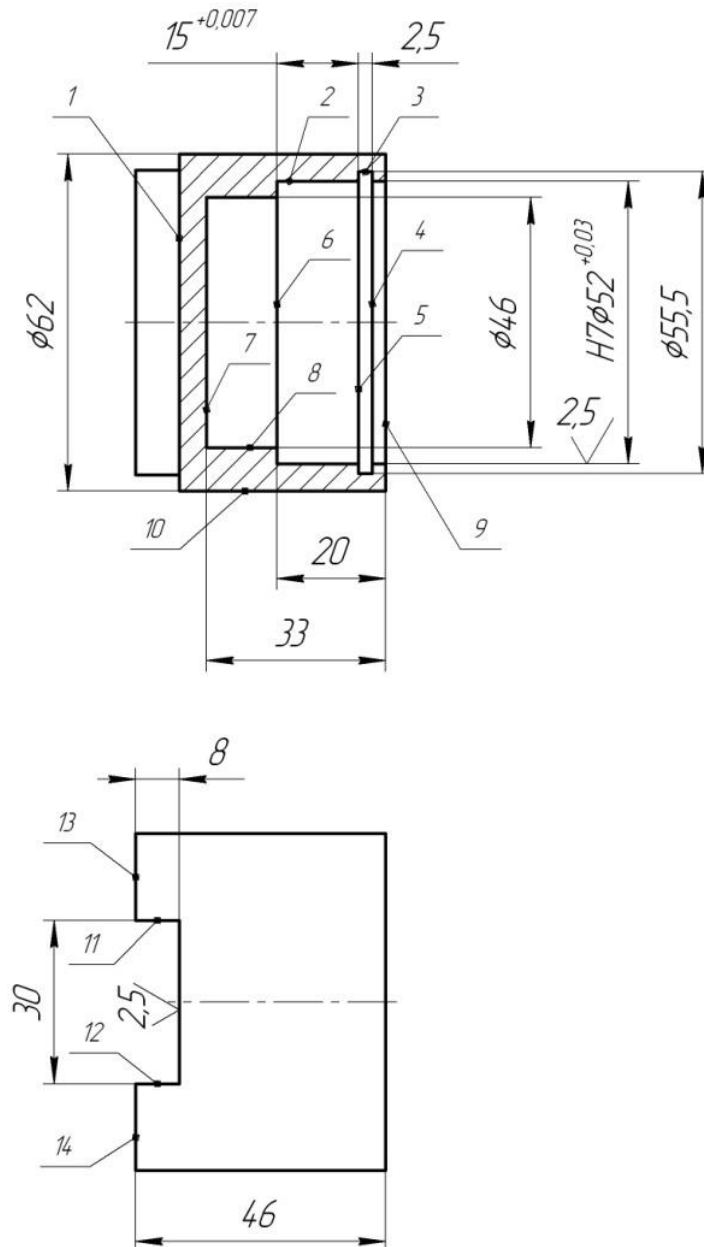


Рис. 2.3. Креслення деталі «втулка опорна» та її основні поверхні

Попередні технологічні розрахунки показали, що деталь є технологічною, в якості заготовки вибирається пруток довжиною 6000 мм, діаметром 68 мм, з матеріалу Сталь 45.

Для токарної операції, центрування й свердління отворів вибираємо токарно-гвинторізний верстат 1А616; для фрезерування пазу вибираємо широко універсально фрезерний верстат 6Е80Ш.

В роботі об'єктом нашого дослідження є машинні лещата, вони закріплюються на столі універсально-фрезерного верстату. При обробці на фрезерному верстаті деталь закріплюється в лещатах. Для обробки використовуємо дискову тристоронню фрезу із вставними ножами (рис. 2.4), яка оснащена пластинками із твердого сплаву для обробки сталі, вона має наступні параметри:  $D=200$  мм,  $B=30$  мм,  $d=62$  мм,  $B_1=28$  мм, число ножів  $z=12$ .

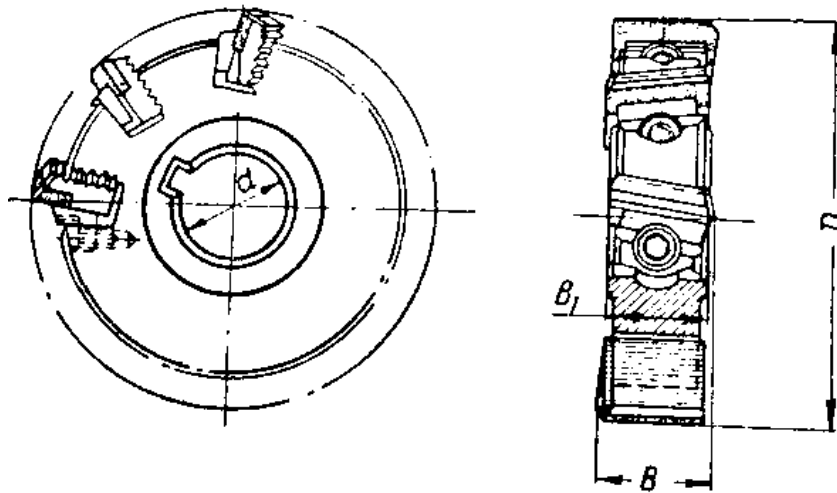


Рис. 2.4. Дискова тристороння фреза із вставними ножами

Згідно ТП в деталі «Втулка опорна», яка виготовлена зі сталі 45 необхідно фрезерувати паз шириною 30 мм, з глибиною паза 8 мм. Операція виконується на універсально-фрезерному верстаті 6Е80Ш.

Для початку визначаємо розрахункову швидкість різання, а саме окружну швидкість фрези (м/хв) по формулі [17]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (2.1)$$

де  $C_v = 690$  - таблиці 39 [18];

$D = 200$  мм - діаметр фрези;

$T = 180$  хв - період стійкості фрези по таблиці 40 [18];

$t = 8$  мм - глибина різання;

$S_z = 0,06$  мм - подача на один зуб при обробці по таблиці 34 [18];

$B = 300$  мм - ширина фрезерування;

$z = 12$  - число зубів фрези.

Показники ступеня визначаємо по таблиці 39 [18]:  $q = 0,2$ ;  $x = 0,3$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0$ ;  $t = 0,35$ .

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$  - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання,

де  $K_{mv} = 0,9$  - по таблиці 5 [18];

$K_{uv} = 1$  - по таблиці 6 [18];

$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$  - поправочний коефіцієнт, який дозволяє врахувати як впливають фізико-механічні властивості матеріалу, що обробляється на швидкість різання.

$\sigma_B = 700$  Мпа - границя витривалості для оброблюваного матеріалу;

$K_\Gamma = 0,9$  [табл. 2, 18];

$n_v = 1,45$  [табл. 2, 18];

$K_{mv} = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{700}\right)^{1,45} = 0,99$ ;

$K = 0,99 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,899$ ;

Отже, розрахункова швидкість різання складе:

$$v = \frac{690 \cdot 200^{0,2}}{180^{0,35} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,06^{0,4} \cdot 30^{0,1} \cdot 12^0} \cdot 0,891 \approx 312 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача фрези визначається по формулі:

$$S_M = S_z \cdot S \cdot n \quad (2.2)$$

де  $n$  - частота обертання фрези.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \quad (2.3)$$

$$n = \frac{312 \cdot 1000}{\pi \cdot 200} = 496,6 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо  $n = 504 \text{ об/хв}$ .

Отже хвилинна подача складе  $S_M = 0,06 \cdot 12 \cdot 504 = 362,8 \text{ мм/хв}$ .

Розрахуємо силу різання.

Для визначення головної складової сили різання при фрезеруванні (колової сили), скористаємось формулою [18]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (2.4)$$

де  $z = 12$  - число зубів фрези,

$n = 504$  об/хв - частота обертання фрези;

$C_p = 261$  [табл. 41, 18];

$K_{MP} = \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^n$  - поправочний коефіцієнт, він дозволяє враховувати вплив якості матеріалу, що обробляється, на силові залежності, його вибираємо за табл. 9 [18], де  $n = 0,75$ .

Показники ступеня:  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,1$ ;  $w = 0,1$  [табл. 41, 18].

$$K_{MP} = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0,95$$

Отже

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 8^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 30^{1,1} \cdot 12}{200^{1,1} \cdot 504^{0,1}} \cdot 0,95 = 1324,6 \approx 1325 \text{ Н.}$$

Крутний момент на шпинделі рівний [17], Н·м:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (2.5)$$

де  $D = 200$  мм — діаметр фрези.

$$M_{кр} = \frac{1325 \cdot 200}{200} = 1325 \text{ Н·м.}$$

Потужність різання (ефективна) визначається по формулі [18], кВт:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.6)$$

Підставивши значення, одержимо  $N_e = \frac{1325 \cdot 312}{1020 \cdot 60} \approx 6,75$  кВт.

Обраний універсально-фрезерний верстат 6Е80Ш забезпечує необхідну потужність для виконання операції фрезерування, оскільки потужність верстата становить 7,5 кВт.

## 2.3. Розробка структурно-кінематичної схеми верстату

### 2.3.1. Вибір комплексу рухів необхідних для обробки деталі на вибраному обладнанні

Для виконання операції фрезерування пазу на поверхні деталі необхідно застосувати набір певних формоутворюючих рухів, а саме узгоджених рухів заготовки і інструменту [19].

Згідно ТП виготовлення деталі «Втулка опорна» проводиться обробка пазу торцевою фрезою, для виконання даної операції необхідно забезпечити набір формоутворюючих рухів, який приведено на рис. 2.5.

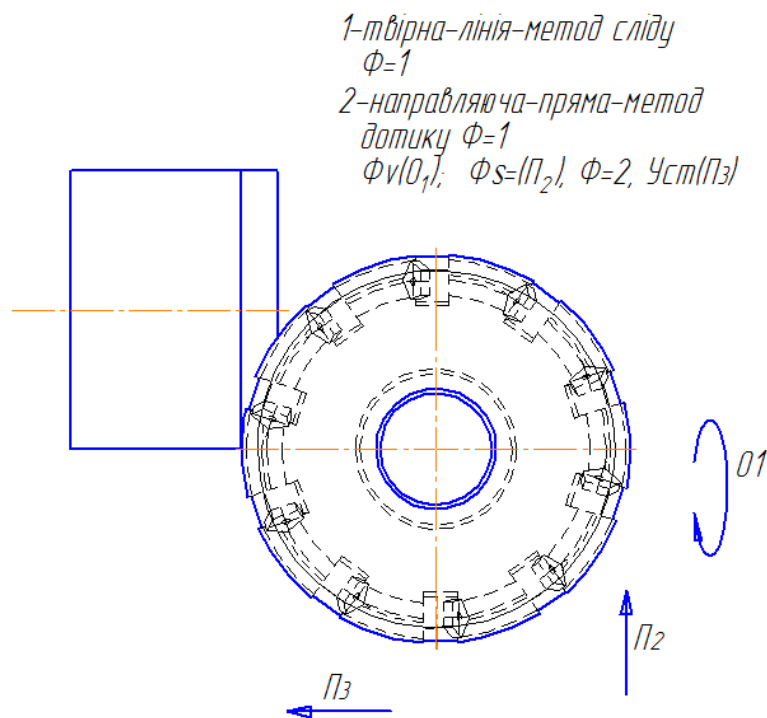


Рис. 2.5. Формоутворення при фрезеруванні пазу торцевою фрезою

### 2.3.2. Обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата

Після того, як ми визначились з необхідними для процесу обробки формоутворюючими рухами, переходимо до проектування структурно-кінематичної схеми верстату. Розглянемо які кінематичні ланцюги потрібно реалізувати.

Ланцюг, який дозволяє реалізувати привід головного руху - складається із двигуна  $M_1$  та коробки швидкостей (рис. 2.6).

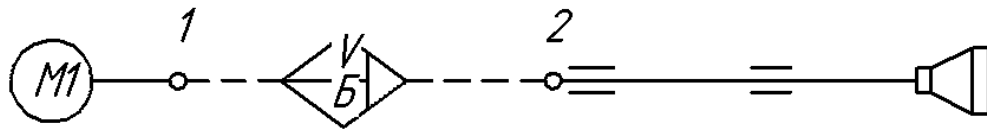


Рис. 2.6. Ланцюг приводу головного руху

Розглянемо з чого складається ланцюг, який відповідає за переміщення столу верстату. Стіл верстату може здійснювати переміщення по різних осях координат (рис. 2.7). Даний ланцюг реалізовується за допомогою окремого електродвигуна  $M_2$  та передач гвинт-гайка.

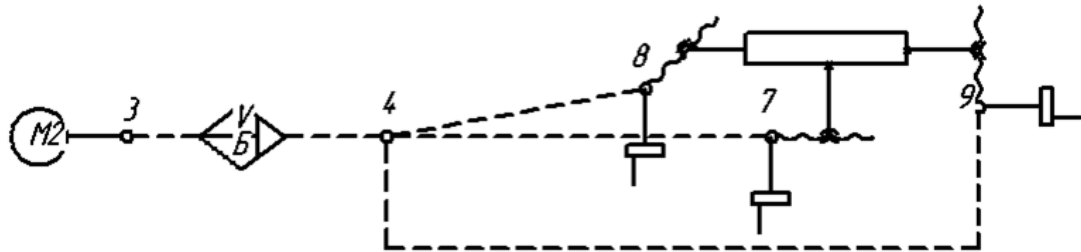


Рис. 2.7. Ланцюг переміщення приводу столу верстату

Для забезпечення вертикального переміщення шпинделя використовується кінематичний ланцюг, в склад якого входить двигун  $M_3$  та коробка швидкостей (рис. 2.8).

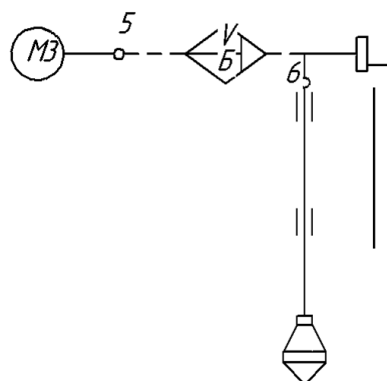


Рис. 2.8. Ланцюг приводу вертикального переміщення шпинделя

На основі розроблених окремих ланок кінематичних ланцюгів верстату складаємо повну, або узагальнену схему верстату (рис. 2.9).

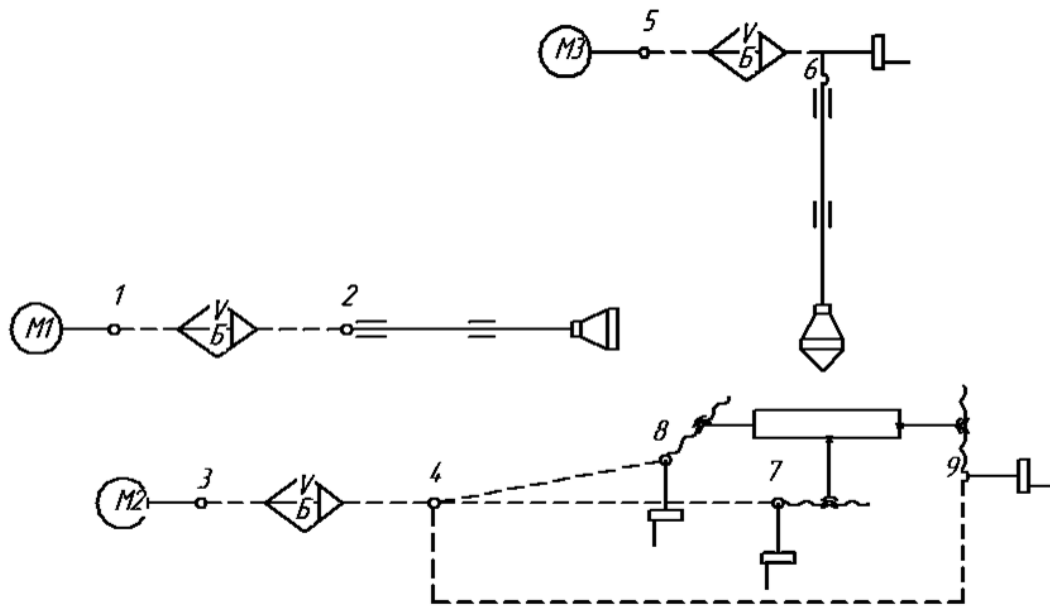


Рис. 2.9. Повна структурно–кінематична схема верстата

## 2.4. Силові та міцнісні розрахунки

### 2.4.1. Розрахунок ходового гвинта столу фрезерного верстату

При обробці деталі «Втулка опорна» використовується фрезерний верстат, деталь кріпиться на робочому столі в машинних леццатах. Як правило, верстати певних типорозмірів мають визначені розміри столів. Для забезпечення необхідних переміщень стола використовується гвинтова передача, а саме ходовий гвинт.

Ходовий гвинт може сприймати навантаження від осьової сили, яка складається із зусилля подачі  $P_x$  і сумарної сили тертя механізму поступального руху фрезерного стола. Тому необхідно зробити детальний силовий розрахунок ходового гвинта. Цей розрахунок складається з розрахунків на міцність, зносостійкість та стійкість [20].

Для розрахунків слід побудувати розрахункову схему (рис. 2.10) і задатися деякими величинами.



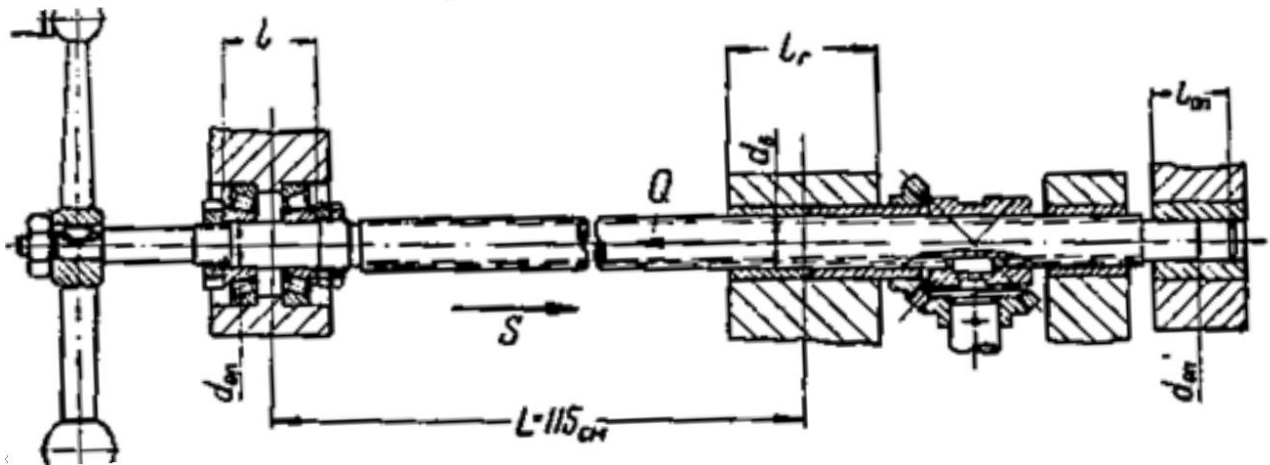


Рис. 2.10. Розрахункова схема ходового гвинта

Враховуючи власну вагу столу та закріплених на ньому лещат, приймаємо тягове зусилля на гвинті  $Q = 2000$  кг. Попередньо задаємо розміри зовнішнього та внутрішнього діаметрів гвинта, вони відповідно становлять  $d_3 = 4$  см та  $d_b = 3,3$  см, крок гвинтової лінії різі  $t_{х.гв.} = 0,6$  см. Також для попередніх розрахунків необхідно вибрати число заходів різі (приймаємо  $z = 1$ ). Довжину гайки  $l$ , яка надає поступального переміщення ходовому гвинту, виходячи з розмірів аналогічних вузлів, приймаємо рівною  $l = 18$  см. Для розрахунків приймемо, що ходовий гвинт виготовлений зі сталі 40Х, в якій границя текучості становить  $\sigma_T = 8000$  кг/см<sup>2</sup>, а модуль пружності матеріалу гвинта  $E = 2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>.

*Розрахунок на міцність.* Попередньо визначаємо значення середнього діаметру різі [20]:

$$d_{cp} = (d_3 + d_b) \cdot 0,5 \quad (2.7)$$

$$d_{cp} = (4 + 3,3) \cdot 0,5 = 3,65 \text{ см}$$

Кут підйому гвинтової лінії різі визначаємо за виразом:

$$\beta = \arctg \frac{t_{х.гв.}}{\pi \cdot d_{cp}} \quad (2.8)$$

$$\beta = \arctg \frac{0,6}{\pi \cdot 3,65} = \arctg 0,0528; \quad \beta = 3^0$$

Наступним кроком у розрахунках є визначення ККД гвинтової передачі:

$$\eta = \frac{tg\beta}{tg(\beta + \rho)} \quad (2.9)$$

$$\eta = \frac{tg3^0}{tg10^0} = \frac{0,0528}{0,1763} = 0,298$$

Звідси визначаємо розрахункову площу перетину гвинта:

$$F = 0,785 \cdot d_B^2 \quad (2.10)$$

$$F = 0,785 \cdot 3,3^2 = 8,6 \text{ см}^2$$

Тоді приведену напругу в матеріалі гвинта можна визначити по формулі:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{Q}{F} \sqrt{1 + 1,6 \left( \frac{t_{\text{х.гв.}}}{\eta \cdot d_1} \right)^2} \leq [\sigma] \quad (2.11)$$

Визначаємо допустиму напругу в матеріалі гвинта з виразу [20]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{3,5 \dots 5} \quad (2.12)$$

$$[\sigma] = \frac{8000}{4} = 2000 \text{ кг/см}^2$$

Тоді величина приведенної напруги буде становити:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{2000}{8,6} \sqrt{1 + 1,6 \left( \frac{0,6}{0,296 \cdot 3,3} \right)^2} = 300 \text{ кг/см}^2 \leq [\sigma]$$

*Розрахунки на зносостійкість.*

Спочатку визначаємо висоту різі ходового гвинта [20]:

$$t_2 = \frac{d_3 - d_B}{2} \quad (2.13)$$

$$t_2 = \frac{4 - 3,3}{2} = 0,35 \text{ см}$$

Також необхідно визначити величину середнього питомого тиску на робочих поверхнях різі, він характеризує зносостійкість ходового гвинта. Дану розрахункову величину визначаємо за формулою:

$$p = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Q \cdot t_{\text{х.гв.}}}{l \cdot z \cdot d_{\text{сп}} \cdot t_2} \leq [p] \text{ кг/см}^2 \quad (2.14)$$

де  $[p]$  – допустиме значення середнього питомого тиску.

$$p = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{2000 \cdot 0,6}{18 \cdot 1 \cdot 3,65 \cdot 0,35} = 17 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2} \leq [p] = 120 \text{ кГ/см}^2$$

*Розрахунок на стійкість.* Обчислення розпочинаємо з визначення розрахункового моменту інерції поперечного перерізу гвинта [20]:

$$I_{\text{розр.}} = 0,21 \left( 2 + 3 \frac{d}{d_i} \right) d_1^4 \quad (2.15)$$

$$I_{\text{розр.}} = 0,21 \left( 2 + 3 \frac{4}{3,3} \right) 3,3^4 = 6,7 \text{ см}^4$$

Характеристика опор гвинта:

$$\lambda_{\text{оп}} = \frac{l_{\text{оп}}}{d_{\text{оп}}} \quad (2.16)$$

ліва опора:

$$\lambda_{\text{оп}} = \frac{l_{\text{оп}}}{d_{\text{оп}}} = \frac{18}{3,65} = 4,95$$

права опора:

$$\lambda_{\text{оп}} = \frac{l_{\text{оп}}}{d_{\text{оп}}} = \frac{4,5}{2,4} = 1,875$$

На основі отриманих значень характеристик правої і лівої опори гвинта вибираємо схему заклинювання і коефіцієнт заклинювання гвинта. Якщо  $\lambda$  однієї з опор перебуває в межах 1,5-3, а другої - більше 3-х, коефіцієнт заклинювання  $m$  можна вважати рівним 10.

Тоді розрахунковий запас стійкості:

$$n_{\text{ст}} = m \cdot \frac{E \cdot I_{\text{розр}}}{Q \cdot L^2} \quad (2.17)$$

$$n_{\text{ст}} = 10 \cdot \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 6,7}{2000 \cdot 115^2} = 5$$

Згідно даних приведених [20] коефіцієнт запасу стійкості ходового гвинта для горизонтальних гвинтів знаходиться в межах 3,0-5,0. Умова стійкості виконується.

## 2.4.2. Автоматизований розрахунок ходового гвинта

Проведемо автоматизований розрахунок ходового гвинта, для цього використовуємо програму «Справочник конструктора 3.0», яка відноситься до програмного комплексу «Компас», що випускається компанією «Аскон».

Після запуску програми з'являється вікно привітання (рис. 2.11), в якому видно, яка версія електронного довідника використовується.

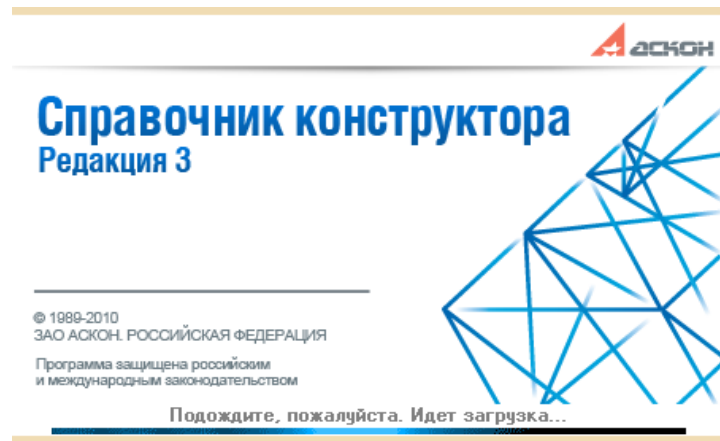


Рис. 2.11. Початкове вікно завантаження програми

На наступному кроці нам необхідно вибрати тип розрахунку та перейти до формування початкових даних (рис. 2.12).




Исходные данные	
 <b>Расчёт ходовых винтов</b>	
Тяговое усилие, Н	Q = <input type="text" value="20000"/>
Наружный диаметр винта, мм	d = <input type="text" value="40"/>
Внутренний диаметр винта, мм	d <sub>1</sub> = <input type="text" value="33"/>
Ход винтовой линии, мм	S = <input type="text" value="6"/>
Число заходов резьбы	z = <input type="text" value="1"/>
Длина гайки, мм	l = <input type="text" value="180"/>
Длина винта, мм	L = <input type="text" value="1150"/>
Допускаемое напряжение в материале винта, МПа	[σ <sub>в</sub> ] = <input type="text" value="80"/>
Угол трения	ρ = <input type="text" value="3"/> ° <input type="text" value="0"/> ' <input type="text" value="0"/> "
Коэффициент m	m = <input type="text" value="10"/>
Коэффициент отношения наружного и внутреннего диаметров винта	<input type="text" value="2"/> 
Модуль продольной упругости материала винта, МПа	E = <input type="text" value="200000"/> 

Рис. 2.12. Формування початкових даних для розрахунку

Результати автоматизованого розрахунку ходового гвинта приведені на рис. 2.13.


Результаты расчета		
 <b>Расчёт ходовых винтов</b>		
Угол подъёма винтовой линии резьбы	$\beta =$	2 ° 59 ' 43 "
КПД передачи	$\eta =$	0,49823
Расчётная площадь сечения винта, кв.мм.	$F =$	855,2986
Приведённое напряжение винта, МПа	$\sigma_{пр} =$	25,75465
Рабочая высота витка резьбы, мм	$t_2 =$	3,5
Среднее давление на рабочих поверхностях резьбы, МПа	$q =$	1,66111
Расчётный момент инерции поперечного сечения винта, мм <sup>4</sup>	$J_{расч} =$	28749,6
Расчётный запас устойчивости	$n_y =$	2,17388

Рис. 2.13. Результаты розрахунку

Після цього користувач має змогу переглянути звіт, який містить результати розрахунків ходового гвинта (рис. 2.14) та передати їх інші додатки.

Отчет - [Расчёт ходовых винтов]		
Наименование	Обозначение	Значение
Тяговое усилие, Н	Q	20000.0
Наружный диаметр винта, мм	d	40.0
Внутренний диаметр винта, мм	d1	33.0
Ход винтовой линии, мм	S	6.0
Число заходов резьбы	z	1.0
Длина гайки, мм	l	180.0
Длина винта, мм	L_	1150.0
Допускаемое напряжение в материале винта, МПа	sigma_v	80.0
Угол трения	ro	3.0
Коэффициент m	m	10.0
Коэффициент отношения наружного и внутреннего диаметров винта	k	2.0
Модуль продольной упругости материала винта, МПа	E	200000.0
Угол подъёма винтовой линии резьбы	beta	2.99526508436
КПД передачи	hi	0.498234359162
Расчётная площадь сечения винта, кв.мм.	F	855.29859994
Приведённое напряжение винта, МПа	sigma_pr	25.7546469281
Рабочая высота витка резьбы, мм	t2	3.5
Среднее давление на рабочих поверхностях	q	1.66110834277

Рис. 2.14. Вікно звіту по результатах розрахунку ходового гвинта

Нижче приведені результати розрахунку експортовані в Word, оскільки програма має російськомовний інтерфейс, то дані будуть російською мовою (рис. 2.15).

<b>Расчёт ходовых винтов</b>		
Наименование	Обозначение	Значение
Тяговое усилие, Н	Q	20000
Наружный диаметр винта, мм	d	40
Внутренний диаметр винта, мм	d <sub>1</sub>	33
Ход винтовой линии, мм	S	6
Число заходов резьбы	z	1
Длина гайки, мм	l	180
Длина винта, мм	L	1150
Допускаемое напряжение в материале винта, МПа	$\sigma_v$	80
Угол трения	$\rho_0$	3
Коэффициент m	m	10
Коэффициент отношения наружного и внутреннего диаметров винта	k	2
Модуль продольной упругости материала винта, МПа	E	200000
Угол подъёма винтовой линии резьбы	$\beta$	2,99527
КПД передачи	$\eta_i$	0,49823
Расчётная площадь сечения винта, кв.мм.	F	855,2986
Приведённое напряжение винта, МПа	$\sigma_{pr}$	25,75465
Рабочая высота витка резьбы, мм	t <sub>2</sub>	3,5
Среднее давление на рабочих поверхностях резьбы, МПа	$q$	1,66111
Расчётный момент инерции поперечного сечения винта, мм <sup>4</sup>	J <sub>c</sub>	28749,6
Расчётный запас устойчивости	$\nu$	2,17388
Средний диаметр винта, мм	d <sub>2</sub>	36,5

Рис. 2.15. Отримані результати розрахунків

### 2.4.3. Короткий опис принципу роботи столу та салазок

На рис. 2.15 наведений поздовжній розріз фрезерного столу з салазками. Основне призначення столу – забезпечити необхідні переміщення, рух яких задається механізмом подач. На поверхні стола повинні кріпитися лещата, в яких відбувається затиск деталі «Втулка опорна». В процесі обробки деталь

переміщається разом із столом, забезпечуючи таким чином необхідні формуючі рухи. Рух столу відбувається за рахунок осьової сили, яка отримується при перетворенні обертового руху гвинта в поступальний рух столу. Силу, яка при цьому виникає, сприймають упорні підшипники, їх розташування забезпечує роботу ходового гвинта на розтяг та повздовжній згин.

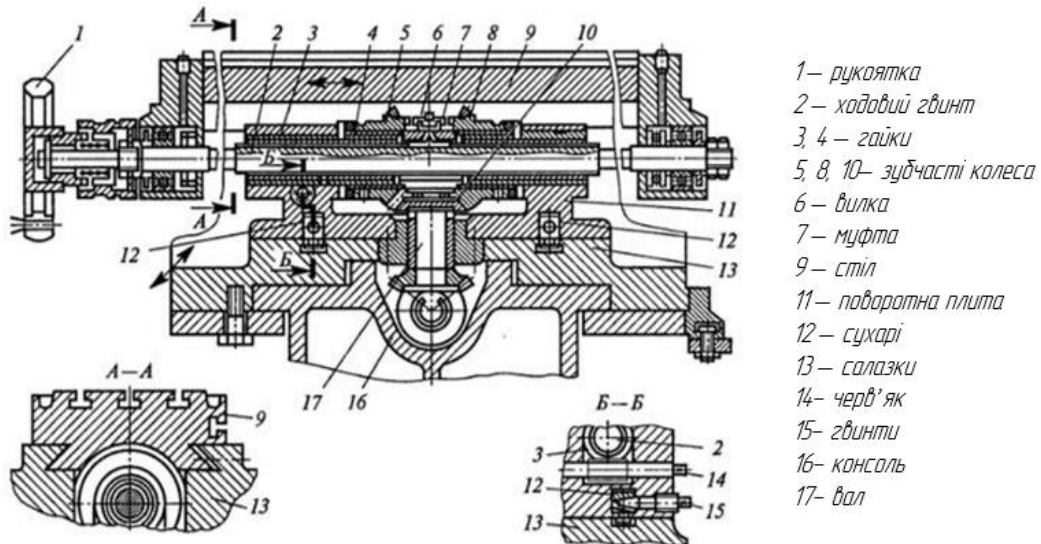


Рис. 2.15. Розріз столу і салазок верстату повздовж ходового гвинта

Салазки (13) консольно-фрезерного верстату можуть переміщатися по консолі (16) в поперечному напрямку. На салазках змонтована поворотна плита (11). Плита (11) має повздовжні направляючі, по яких переміщається стіл (9). Стіл (9) отримує рух від ходового гвинта (2), який в свою чергу отримує оберти від вертикального валу (17). При цьому використовуються конічні зубчасті колеса (10), (5) та (8). Для забезпечення руху реверсу столу (9) використовується вилка (6), яка перемикає муфту (7). В залежності від положення муфти (7) стіл (9) може переміщуватися вправо або вліво, а також зайняти середнє положення. При перемиканні муфти (7) в крайні положення вона контактує з конічними колесами (5) та (8).

В конструкції ходового гвинта передбачено механізм вибірки зазору між різьбою гвинта (2) і гайками (3) та (4). Гайка (3) може здійснювати переміщення в осьовому напрямку за рахунок обертання черв'яка (14) (див. січ. Б-Б).

В конструкції столу передбачено його ручне переміщення, воно відбувається при обертанні маховика (1). Салазки столу (13) мають універсальне виконання. При необхідності поворотна плита (11) може бути повернута по вертикальному валі (17) відносно салазок (13) кут до  $\pm 45^\circ$  і закріпити їх в повернутому стані.

Плиту (11) центрують по Т-подібному пазу салазок (13) за допомогою двох сухарів (12), які одночасно служать для закріплення плити (11) на салазках (13) при їх підйомі.

Кріплення поворотної частини салазок відносно нижньої частини здійснюється за допомогою чотирьох конічних гвинтів, які затягують штирі в Т-подібних пазах і тим самим забезпечують незмінність положення стола під час роботи.

На рис. 2.16 приведено фрагмент зображення, на якому показано кріплення лещат до столу верстату за допомогою привертних шпонок (виконання 2).

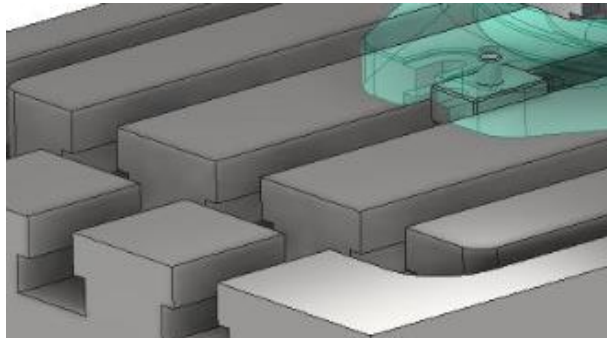


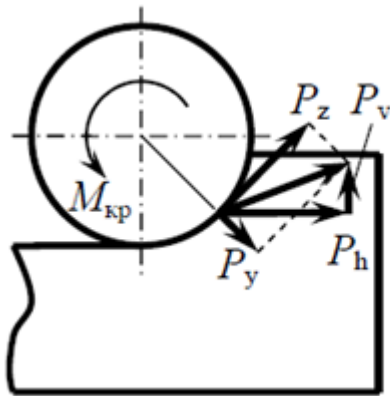
Рис. 2.16. Кріплення лещат за допомогою привертних шпонок

#### 2.4.4. Розрахунок затискного механізму

При дії на заготовку ріжучого інструменту (в нашому випадку фрези) виникають сили різання, які по своїй величині і точці прикладання є змінними величинами. На рис. 2.17. приведені сили різання при фрезеруванні.

Значення колової сили різання при фрезеруванні пазу в деталі «Втулка опорна» ми визначали в п.2.2 (даного розділу), вона становить  $P_z = 1325$  Н. значення крутного моменту (див. п. 2.2) становить  $M_{кр} = 1325$  Н·м.





$P_x, P_y, P_z$  – складові сили різання у вигляді проєкції на відповідні осі в системі координат;  
 $P_h$  – горизонтальна складова сили різання;  
 $P_v$  – вертикальна складова сили різання;  
 $M_{кр}$  – крутний момент сил різання

Рис. 2.17. Сили різання при фрезеруванні

Для запобігання переміщення заготовки під дією сил різання, до неї необхідно прикласти силу закріплення  $Q$ , величина якої буде протидіяти силам різання напряду або через сили тертя. Ця сила має назву необхідна сила закріплення заготовки в пристосуванні. Дана сила повинна гарантувати незмінність положення заготовки, яку задано при її базуванні, в процесі обробки.

При проведенні практичних розрахунків величину сили різання штучно збільшують, за рахунок множення на коефіцієнт запасу кріплення  $k$ . Даний коефіцієнт визначається із конкретних умов виконання операції та способу закріплення заготовки в пристосуванні [21]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.18)$$

де  $k_0$  – гарантований коефіцієнт запасу  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність припуску оброблюваної поверхні заготовки ( $k_1 = 1,2$  для чорнової обробки);

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучого інструменту ( $k_2 = 1,8$  при обробці заготовки зі сталі);

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання ( $k_3 = 1,2$  при фрезеруванні);

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску ( $k_4 = 1,3$  при ручному затиску заготовки);

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних елементів ( $k_5 = 1$  – при зручному розміщенні);

$k_6$  – коефіцієнт, що враховує наявність крутного моменту ( $k_6 = 1$ ).

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 5,05$$

В загальному вигляді рівняння рівноваги заготовки в пристосуванні під дією сили різання можна представити у вигляді [21]:

$$k \cdot P_{\text{рез}} \leq F_{\text{тр}} \quad (2.19)$$

де  $P_{\text{рез}}$  – сила різання, яка діє на заготовку;

$F_{\text{тр}}$  – сумарна сила тертя, яка направлена у протилежну сторону, до напрямку зсуву.

На рис. 2.18 а) приведено схему закріплення заготовки, яка встановлена в лещатах, в яких одна губка призматична, а інша виконана у формі призми з кутом  $\alpha$ . У відповідності зі схемою встановлення заготовка контактує з установочними поверхнями призми з однієї сторони і затискним елементом з іншої. Заготовка утримується від перевертання за рахунок сил тертя.

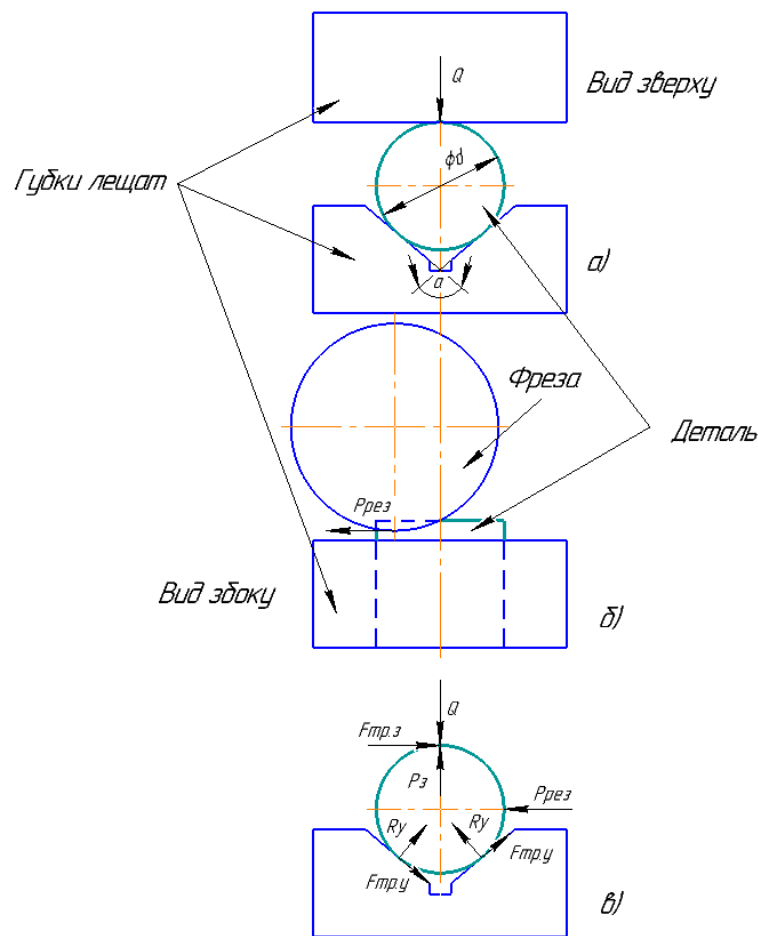


Рис. 2.18. Схема яка показує сили, що виникають в процесі закріплення заготовки в призмі лещат: а) – вихідна схема для розрахунку; б) – вигляд збоку (фреза при обробці деталі); в) – активні сили при затиску заготовки.

Оскільки на заготовку діє тільки сила, яка направлена вздовж осі заготовки, то величина необхідної сили закріплення визначається за виразом [21]:

$$Q = \frac{k \cdot P}{f_y \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_3} \quad (2.20)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу кріплення;

$P$  – активна сила різання;

$f_y$  та  $f_3$  – коефіцієнти тертя по установочному та затискному елементу відповідно;

$f_y = 0,15$ ;  $f_3 = 0,16$  – коефіцієнти [21, табл. 2.5].

$\alpha$  – кут призми,  $\alpha = 90$

$$Q = \frac{5 \cdot 1325}{0,15 \cdot \frac{1}{\sin \frac{90}{2}} + 0,16} \approx 18720 \text{ Н}$$

Отримане значення сили закріплення буде використовуватись в подальших розрахунках.

## 2.5. Висновки до розділу

При проведенні технологічних розрахунків визначено розрахункову швидкість різання при фрезеруванні, вона становить  $v = 312$  м/хв. Це відповідає частоті обертання фрези  $n = 496,6$  об/хв. Провівши корегування частоти  $n$  відносно паспорту верстату, отримуємо робочу частоту обертання фрези  $n = 504$  об/хв.

Розраховано значення колової сили при фрезеруванні пазу:  $P_z = 1325$  Н, а також визначено крутний момент на шпинделі, він становить  $M_{кр} = 1325$  Н·м. Також проведено розрахунок ефективної потужності різання, вона становить  $N_e = 6,75$  кВт. Попередньо вибраний верстат 6Е80Ш, має потужність 7,5 кВт, тобто він забезпечує потрібну потужність для виконання операції фрезерування.

Здійснено обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата. Приведена схема показує, який комплекс рухів верстат повинен забезпечувати, щоб провести обробку деталі з використанням дискової фрези.

Проведено проектний та автоматизований розрахунок ходового гвинта столу фрезерного верстату. Розрахунок проводився по критерію міцності, зносостійкості та стійкості, проєктований ходовий гвинт столу повністю відповідає цим вимогам.

Розроблено схему яка показує сили, які виникають в процесі закріплення заготовки в призму лещат. Проведено розрахунок необхідної сили закріплення, вона становить  $Q = 18720 \text{ Н}$ .

## **РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА**

### **3.1. Методика та план проведення наукових досліджень**

На попередньому етапі виконання роботи нами були виконані технологічні та проектні розрахунки які дозволили сформувати масив вихідних даних для проведення подальших досліджень.

Розробити пружно-силову модель верстатного устаткування для затиску заготовки циліндричної форми.

Згідно попередньо виданого завдання необхідно розробити нові конструкції верстатного устаткування, яке дозволить здійснити затиск заготовки циліндричної форми, для її подальшої обробки на фрезерному верстаті. Для цього доцільним є використання методів активізації творчого пошуку.

З використанням засобів CAD систем розробити твердотілу модель конструкції верстатного устаткування для затиску заготовки циліндричної форми. Провести її комп'ютерне дослідження.

### **3.2. Розробка моделі об'єкта досліджень**

В другому розділі роботи на рис. 2.1. приведена схема машинних лещат з ручним гвинтовим приводом, як видно із представленої схеми, вони складаються з корпусу, рухомої та нерухомої частин, до яких прикріплені відповідно рухома та нерухома губки, гайки з ходовим гвинтом, підшипника та пакету тарілчастих пружин.

Якщо розглядати процес затиску заготовки укрупнено, то ми фактично маємо деталь, яка затискається двома губками, одна з яких рухома, а друга нерухома. На рис. 3.1. приведено модель затиску деталі в лещатах, з врахуванням сил, які при цьому виникають.

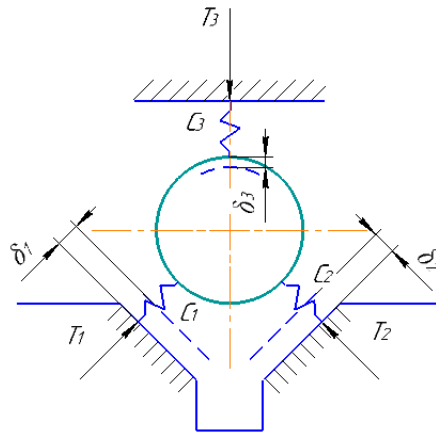


Рис. 3.1. Модель затиску деталі в лещатах

В процесі затиску деталі двома губками (нерухомою – в формі призми та рухомою - прямокутною) результуюча сила затиску буде визначатися за виразом:

$$T_{\Sigma} = T_1 + T_2 + T_3 \quad (3.1)$$

де,  $T_1$  та  $T_2$  - сили затиску нерухомої призматичної губки;

$T_3$  - сила затиску рухомої губки;

$$T_1 = C_1 \cdot \delta_1; T_2 = C_2 \cdot \delta_2; T_3 = C_3 \cdot \delta_3$$

$C_1$  та  $C_2$  – умовні жорсткості які виникають в підсистемі «деталь-нерухома губка»;

$C_3$  – умовна жорсткість підсистеми «деталь-рухома губка»;

$\delta_1$  та  $\delta_2$  – пружні натяги, які виникають в підсистемі «деталь-нерухома губка»;

$\delta_3$  - пружні натяги, які виникають в підсистемі «деталь-рухома губка».

Після замикання силового контуру відбувається вирівнювання сил, які виникають в системі «деталь-губки». Тоді величина сил на рухомій та нерухомій губці вирівнюється, тобто  $T_1 = T_2 = T_3 = T$ . Тоді формула (3.1) набуде вигляду:

$$T_{\Sigma} = C_1 \cdot \delta_1 + C_2 \cdot \delta_2 + C_3 \cdot \delta_3 = 3 \cdot T \quad (3.2)$$

Розглянемо особливості затиску лещат.

**1 випадок** – нехай жорсткості підсистем «деталь-рухома губка» та «деталь-нерухома губка» рівні, тобто  $C_1 = C_2 = C_3$ . В такому випадку рівними будуть і пружні переміщення рухомої та нерухомої губок  $\delta_1 = \delta_2 = \delta_3$ . Цей випадок можна вважати ідеальним. Його графічна інтерпретація приведена на рис. 3.2.

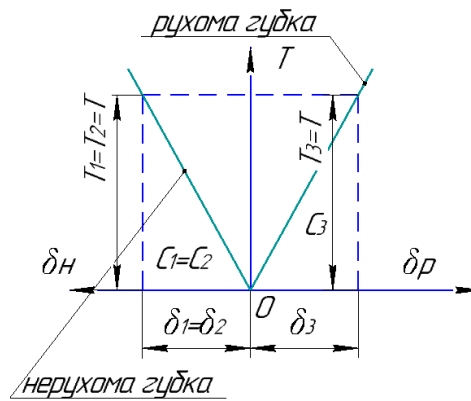


Рис. 3.2. Модель затиску при рівних жорсткостях підсистем

**2 випадок** – розглянемо взаємодію при якій жорсткість  $C_3 > C_1 + C_2$ . Для подальших міркувань приймаємо, що  $C_3 = C_p$ , де  $C_p$  – жорсткість рухомої опори, а  $C_n$  – приведена жорсткість нерухомої опори. Такий варіант взаємодії може виникнути, якщо врахувати всі контактні зближення зі сторони рухомої губки, а саме губки та деталі, пари гвинт-гайка, деформацію пакету тарілчастих пружин, та контактні зближення в підшипнику. В той самий час зі сторони рухомої губки будуть присутні тільки нелінійні контактні зближення. Жорсткість зі сторони рухомої губки  $C_p$  буде більшою від жорсткості нерухомої губки  $C_n$  (рис. 3.3).

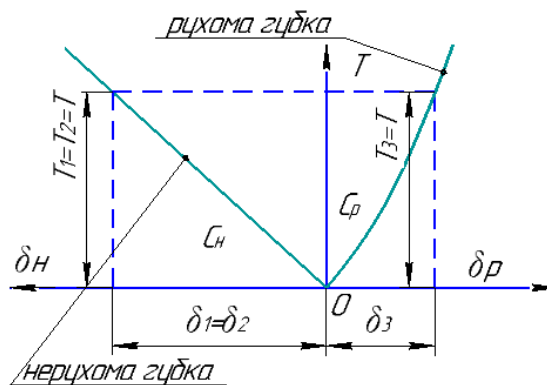


Рис. 3.3. Модель затиску при більшій жорсткі зі сторони рухомої опори

Для того, щоб мати змогу порівняти величини жорсткості рухомої та нерухомої губок використаємо коефіцієнт нерівномірної жорсткості, він визначається із співвідношення:

$$\alpha_c = \frac{C_p}{C_n} \quad (3.3)$$

При закріпленні деталі в лещатах можлива обробка, при якій сила різання може бути прикладена в різні сторони вздовж губок (рис. 3.4), це може спричинити в системі додаткові пружні переміщення.

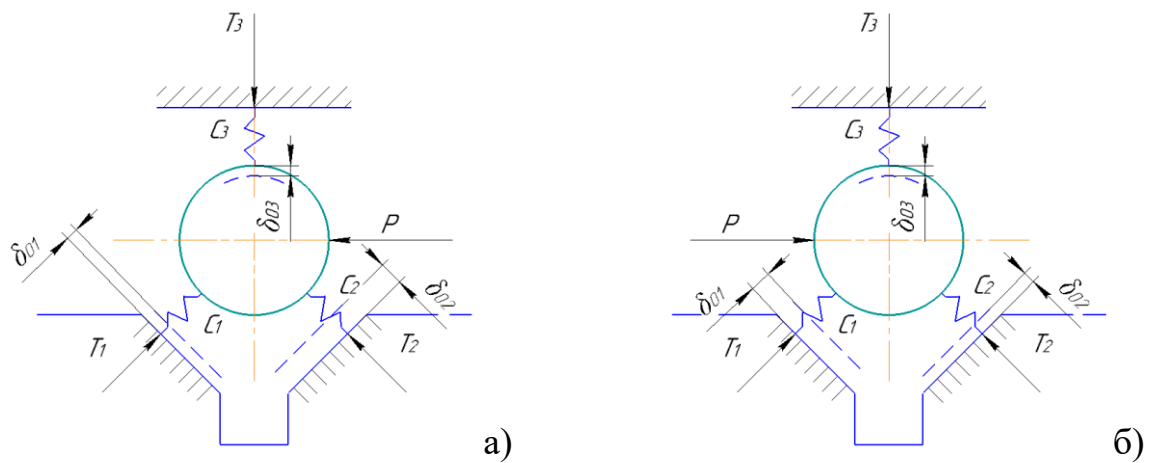


Рис.3.4. Модель затиснутої в лещатах деталі при різному напрямку дії сили:

- а) - сила різання  $P$  направлена в праву сторону паралельно губкам;
- б) - сила різання  $P$  направлена в ліву сторону паралельно губкам.

Як видно із рис. 3.4 в системі виникають нерівномірності жорсткості зі сторони затискних губок. Якщо подивитися, то схеми є дзеркально-симетричними. Під дією сили різання  $P$  в системі можуть виникати додаткові пружні переміщення  $\delta_{01}$ ,  $\delta_{02}$  та  $\delta_{03}$ . Тому для подальших міркувань будемо розглядати лише один варіант прикладання сил різання.

В роботі [22] розглядалась схожа задача, стосовно затиску призматичних заготовок, основна відмінність досліджень, які там представлені – це використання лещат з двома прямокутними губками, в такій системі виникають інші пружно-силові характеристики роботи лещат.

На рис. 3.5. приведено приклад умовної графічної інтерпретації зміни пружно-силових характеристик при прикладанні сили різання  $P$  до деталі (відповідає схемі представленої на рис. 3.4 а)), яка закріплена в лещатах з однією призматичною та прямокутною губкою.

Як видно із представленого силового портрету під дією сили  $P$  в системі виникне додаткове пружне переміщення в правому елементі призми рухомої губки на величину  $\delta_{01} = \frac{P}{C_p}$ , це спричиняє підвищення натягу до  $\delta_p + \delta_{01}$ .



Притому сила  $T_1$  зросте до величини  $T_1'$ . В той самий час ліва частини призматичної губки трохи розвантажиться,  $T_2$  знизиться до величини  $T_2'$ , а пружній натяг буде приймати значення  $\delta_p - \delta_{02}$ . В той самий час сила  $T_3$  зміниться до величини  $T_3'$ , це буде пов'язано зі зміною натягу нерухомої губки, а саме  $\delta_n - \delta_{03}$ .

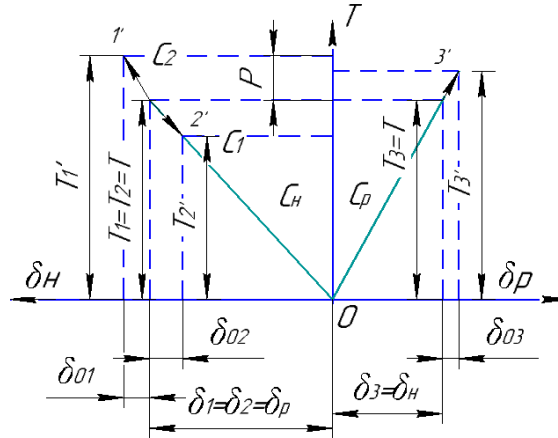


Рис. 3.5. Графічна інтерпретація зміни пружно-силових характеристик при дії сил різання  $P$  на заготовку затиснену в лещатах

Як видно із представлених силових портретів під дією сили  $P$  в системі виникне додаткове пружне переміщення в правому елементі призми нерухомої губки на величину  $\delta_{01} = \frac{P}{C_n}$ , це спричиняє підвищення натягу до  $\delta_n + \delta_{01}$ . Притому сила  $T_1$  зросте до величини  $T_1'$ . В той самий час ліва частини призматичної губки трохи розвантажиться,  $T_2$  знизиться до величини  $T_2'$ , а пружній натяг буде приймати значення  $\delta_n - \delta_{02}$ . В той самий час сила  $T_3$  зміниться до величини  $T_3'$ , це буде пов'язано зі зміною натягу нерухомої губки, а саме  $\delta_p + \delta_{03}$ .

Виходячи з цього ми отримаємо:

$$\begin{aligned} T_1' &= T + P \\ T_2' &= T - C_n \cdot \delta_{02} \\ T_3' &= T + C_p \cdot \delta_{03} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Тоді ми отримаємо:

$$\begin{aligned} T_\Sigma &= T_1' + T_2' + T_3' = T + P + T - C_n \cdot \delta_{02} + T + C_p \cdot \delta_{03} \\ T_\Sigma &= 3 \cdot T + P - (C_n \cdot \delta_{02} - C_p \cdot \delta_{03}) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Оскільки  $\delta_{01} = \frac{P}{C_H}$ , то тоді отримаємо наступну залежність:  $C_H = \frac{P}{\delta_{01}}$ .

Виходячи з виразу 3.3 отримаємо наступну залежність:  $C_p = C_H \cdot \alpha_c = \frac{P}{\delta_{01}} \cdot \alpha_c$ .

Підставивши ці залежності у вираз 3.5, отримаємо:

$$T_{\Sigma} = 3 \cdot T + P - \left( \frac{P}{\delta_{01}} \cdot \delta_{02} - \frac{P}{\delta_{01}} \cdot \alpha_c \cdot \delta_{03} \right)$$

В результаті подальшого спрощення отримаємо:

$$T_{\Sigma} = 3 \cdot T + P \left( 1 - \frac{\delta_{02}}{\delta_{01}} + \frac{\alpha_c \cdot \delta_{03}}{\delta_{01}} \right)$$

Оскільки величини  $\delta_{01}$ ,  $\delta_{02}$  та  $\delta_{03}$  – величини малого порядку однакової співрозмірності, то здійснимо деякі спрощення, в результаті отримаємо:

$$T_{\Sigma} = 3 \cdot T + P \cdot \alpha_c \quad (3.6)$$

### **3.3. Використання методів активізації творчого пошуку при створенні верстатного устаткування для затиску циліндричних заготовок**

Для створення нового, сучасного верстатного устаткування, при його проектуванні доцільно використовувати системний підхід [23, 24], а також використовувати різноманітні методи активізації творчого пошуку [25].

Теорія систем дозволяє представити лещата у вигляді системи, яка може визначатися сукупністю трьох множин: елементів  $E = \{e_1, \dots, e_i\}$  (компонентів лещат), відношень  $F = \{f_1, \dots, f_j\}$  та властивостей  $P = \{p_1, \dots, p_k\}$ .

Сукупність елементів  $E$  і відношень між ними  $F$ , визначають сукупність властивостей  $P$ , які реалізуються на цих елементах і відношеннях:  $P = E \times F$ , а декартовий добуток

$$TC = E \times F \times P \quad (3.7)$$

визначає сукупність лещат, як технічної системи (ТС) [25].

Досить цікавою є праця німецького науковця В. Хубки [23], в якій він пропонує послідовність створення лещат з використанням моделі типу «чорного ящика» (рис. 3.6).

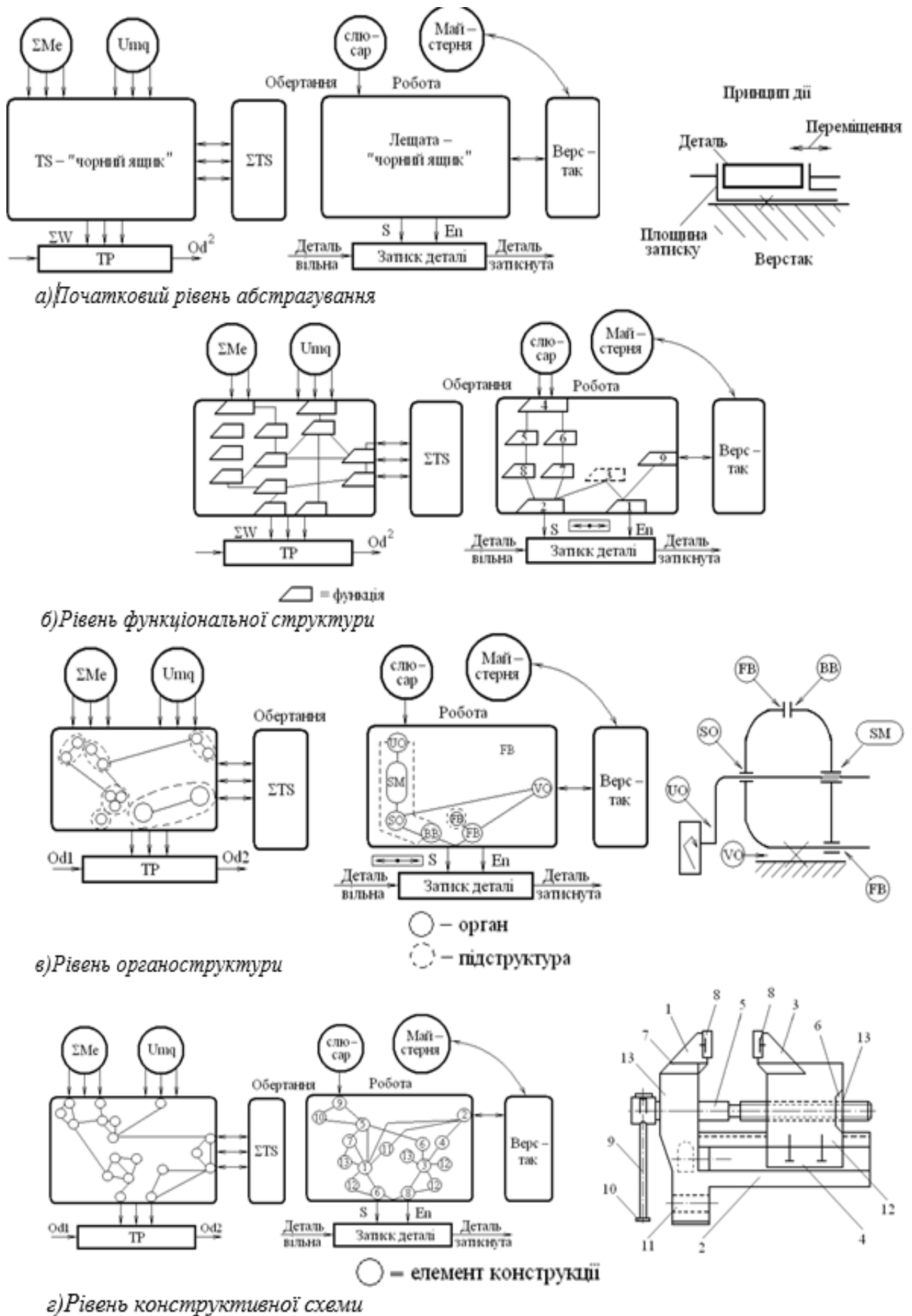


Рис. 3.6. Моделі лещат на різних рівнях абстрагування

На початковому рівні абстрагування автор представляє лещата у вигляді технічної системи типу «чорний ящик» (рис. 3.6, а)).

На рівні функціональної структури (рис. 3.6 б)) визначається внутрішня структура затискного пристрою. Для цього формується упорядкована сукупність функцій та відношень між ними, все це здійснюється стосовно до її робочого стану.

Наступним кроком є побудова моделі на рівні органоструктури (рис.3.6 в)). На цьому рівні, абстрактна модель отримує виконавчі органи, також на ній показані відношення, які реалізують певні способи дії механізму.

Останній рівень – рівень конструктивних схем (рис. 3.6 г)), на цьому рівні органоструктура знаходить реалізацію у вигляді конкретних конструктивних елементів, вона втілює усі потрібні властивості та ознаки затискного пристрою.

Для створення нових конструкцій затискних пристроїв можна використовувати евристичні методи, які дозволяють вирішувати творчі задачі без попередньої оцінки результатів. До таких методів відносяться: морфологічний аналіз, «мозковий штурм», метод елементарних питань, аналогій, синектики й ін. [37].

З приведених вище міркувань можна вважати, що затискні пристрої, до яких відносяться лещата, представляються у вигляді ТС, до структури якої можуть входити пружні, допоміжні елементи, затискні елементи та передавально-підсилювальні ланки. Ці структурні елементи можуть зв'язуватись між собою за допомогою кінематичних фрикційних, пружних та інших зв'язків.

Як правило, процес затиску деталі в лещатах відбувається у два етапи: 1-й етап - вибірка зазорів або попередній затиск, та 2-й етап - остаточний затиск.

Для синтезу схем лещат ми обрали наступні основні ознаки:

1. Привід, який використовується для лещат;
2. Тип передавально-підсилювальної ланки в лещатах;
3. Конструкція нерухомої губки;
4. Реалізація зв'язку нерухомої губки та корпусу.

Для кожної ознаки запропоновані альтернативи в морфологічній таблиці (табл. 3.1).

Таблиця. 3.1. Морфологічна матриця схем машинних лещат

1.Привід лещат	2. Передавальньо-підсилювальна ланка	3.Нерухома губка	4.Вид зв'язку нерухомої губки з корпусом
1.1. Ручний	2.1. Гвинтова	3.1. Суцільна жорстка	4.1. Жорсткий
1.2. Електромеханічний	2.2. Важільна	3.2. Суцільна пружна	4.2. З тарілчастими пружинами
1.3. Гідравлічний	2.3. Ексцентрикова	3.3. У формі призми	4.3. З циліндричними пружинами
1.4. Пневматичний	2.4. Зубчаста	3.4. У формі випуклої пластини	4.4. З розрізними пружинами
1.5. Гідромеханічний	2.5. Комбінована	3.5. З сипучим середовищем	4.5. З самовстановленням
1.6. Комбінований (гідравлічний + пневматичний)		3.6. З рідинним середовищем	4.6. Комбінації
1.7. Термічний		3.7. Комбінована	

По табл. 3.1 складаємо морфологічну матрицю:

$$M_{cx} = \begin{vmatrix} 1.1 & 2.1 & 3.1 & 4.1 \\ 1.2 & 2.2 & 3.2 & 4.2 \\ 1.3 & 2.3 & 3.3 & 4.3 \\ 1.4 & 2.4 & 3.4 & 4.4 \\ 1.5 & 2.5 & 3.5 & 4.5 \\ 1.6 & & 3.6 & 4.6 \\ 1.7 & & 3.7 & \end{vmatrix} \quad (3.8)$$

Розроблена морфологічна матриця дозволяє синтезувати множину схем структур затискних пристроїв, яку можна представити у виді сполучень альтернатив для кожної ознаки.

Щоб отримати конкретну конструктивну схему лещат необхідно вибрати одну з альтернатив кожного стовпця матриці. Кількість варіантів може обчислюватись тисячами. Оскільки кожна з характеристик володіє певним числом  $K_i$  різних варіантів, то загальна сукупність варіантів морфологічної матриці дає можливість визначити загальну кількість рішень.

Загальна кількість можливих варіантів альтернатив визначається:

$$N = 7 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 6 = 1470 \quad (3.9)$$

На основі морфологічної матриці (табл. 3.1) складаємо множину рішень кінематичних зв'язків в лещатах, які можуть бути використані в проектованій конструкції. Аналіз морфологічної таблиці показав, що деякі варіанти альтернатив рішень не мають практичної реалізації, є варіанти рішень, що відтворюють реальні конструкції, але деякі варіанти заслуговують на увагу.

Виходячи з аналізу морфологічної матриці (3.7) вибираємо п'ять основних варіантів, це комбінації  $X_1 - X_5$ , їх опис приведений нижче.

*Альтернатива 1:  $X_1 = 1.1 - 2.1 - 3.1 - 4.1$*

Дана альтернатива відповідає класичним лещатам, в яких використовується ручний привід, в якості передавально-підсилювальної ланки приймаємо гвинтову передачу, губка нерухома має жорстку конструкцію виконання, в конструкції передбачено її жорсткий зв'язок з корпусом.

*Альтернатива 2:  $X_2 = 1.1 - 2.1 - 3.3 - 4.2$*

Другий варіант конструкції (ми його обрали за проектний) – це лещата, в особливості конструктивного виконання яких є використання в якості нерухомої губки призми, зв'язок губки з корпусом відбувається за рахунок пружних елементів у вигляді тарілчастих пружин.

*Альтернатива 3:  $X_3 = 1.1 - 2.1 - 3.1 - 4.4$*

В третьому варіанті реалізовано схему, в якій нерухома губка виконана суцільною жорсткою, вона з'єднана з корпусом за допомогою пружних елементів, які реалізовані у вигляді розрізних втулок.

*Альтернатива 4:  $X_4 = 1.1 - 2.1 - 3.2 - 4.1$*

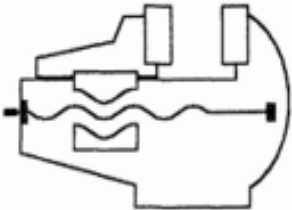
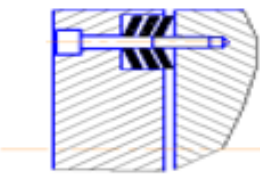
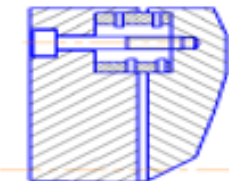

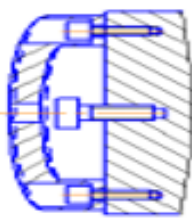
В четвертому варіанті нерухома губка виконана суцільною пружною, її з'єднання з корпусом відбувається через конструкцію пружних шарнірів.

*Альтернатива 5:  $X_5 = 1.1 - 2.1 - 3.4 - 4.1$*

П'ятий варіант дозволяє реалізувати конструкцію лещат, в яких нерухома губка жорстко кріпиться до корпусу, а сама губка виконана у формі випуклої пластини з двома опорами.

В таблиці 3.2. зведені запропоновані альтернативні варіанти кінематичної схеми лещат.

Таблиця. 3.2. Альтернативні варіанти кінематичної схеми лещат

№ п/п	Зміст альтернативного рішення	Елементи схеми реалізації	Ознаки морфологічної формули
1	Лещата з ручним приводом		$X_1 = 1.1 - 2.1 - 3.1 - 4.1$
2	Лещата, в яких в місцях з'єднання нерухокої губки з корпусом розташовані пружні елементи у вигляді тарілчастих пружин, губка виконана у формі призми		$X_2 = 1.1 - 2.1 - 3.3 - 4.2$
3	Лещата, в яких в місцях з'єднання нерухокої губки з корпусом розташовані пружні елементи у вигляді різних втулок		$X_3 = 1.1 - 2.1 - 3.1 - 4.4$
4	Лещата, в яких в місцях з'єднання нерухокої губки з корпусом містяться зустрічні надрізи, що утворюють пружні шарніри.		$X_4 = 1.1 - 2.1 - 3.2 - 4.1$
5	Лещата, в яких нерухома губка виконана у вигляді двохопорної випуклої пластини		$X_5 = 1.1 - 2.1 - 3.4 - 4.1$

### 3.3. Зміст наукових досліджень з використанням елементів САД систем

На сьогоднішній день при розрахунку деформацій, які виникають при роботі затискних пристроїв можна використовувати різноманітні аналітичні методи, а також метод кінцевих елементів. Аналітичні методи передбачають представлення конструкції у вигляді певного набору пластин та балок. При проведенні роблять певні припущення, після чого отримують розв'язок за допомогою обраних аналітичних методів. Але ці методи мають суттєві недоліки, вони не завжди враховують реальні геометричні форми проєктованих елементів, а також можливі місцеві деформації. Тому все більш актуальним стає використання при проєктуванні різноманітних машин і механізмів методу кінцевих елементів (МКЕ) [27, 28, 29].

Використання МКЕ передбачає представлення конструкції у вигляді сукупності простих геометричних елементів, які з'єднані між собою, їх взаємне переміщення визначає напружено-деформований стан досліджуваного об'єкту [30].

В останні роки при проведенні наукових досліджень використовують програми та програмні комплекси, які базуються на МКЕ, а саме Autodesk Inventor, Компас, SolidWorks, ANSYS, APM, Fusion 360 та ін. [31, 32].

При виборі пакету, в якому буде проводитись твердотіле моделювання, ми скористались рекомендаціями наведеними в [31], для проєктування був обраний програмний комплекс Autodesk Inventor.

Для дослідження процесів, які відбуваються при затиску деталі на лещатах, необхідно розробити їх твердотілу модель. Для цього спочатку розробляються моделі кожного елемента, що входять у склад лещат, а потім відбувається формування зборки.



### 3.3.1. Моделювання та дослідження лещат з жорсткими губками

Загальний вигляд розроблених лещат представлено на рис. 3.7. На рис. 3.8. приведено вигляд лещат з затисненою заготовкою та умовно прикладеною силою різання, а на рис. 3.9 – вигляд лещат в розрізі.

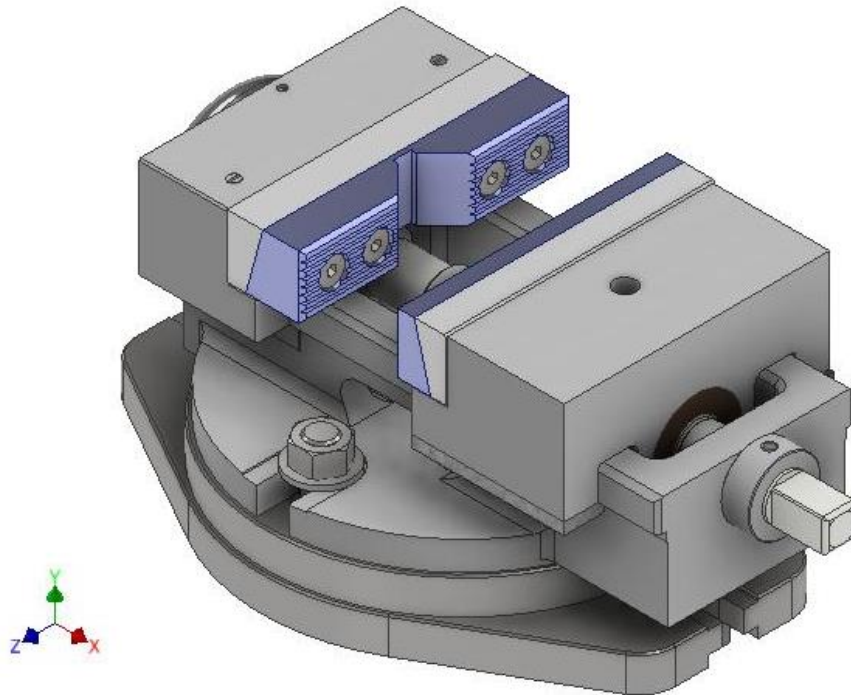


Рис. 3.7. Загальний вигляд проєктованих лещат

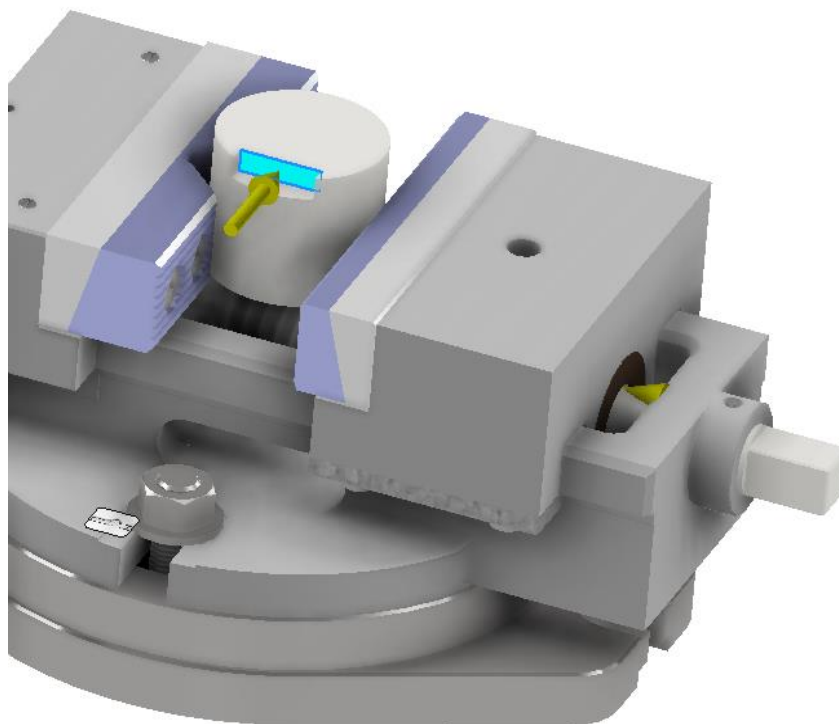


Рис. 3.8. Вигляд лещат з заготовкою та прикладеною силою

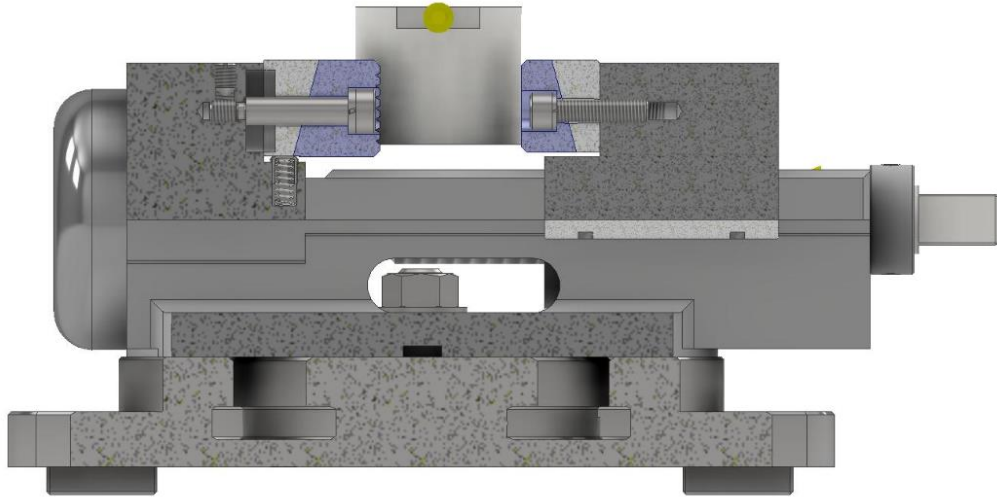


Рис. 3.9. Вигляд лещат в розрізі

Наступним кроком є моделювання в програмі, при цьому ми отримали наступні результати (рис. 3.10).

▣ Сила и момент реакции в зависимостях

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:1	18766,8 Н	18720 Н	1689,78 Н м	215,34 Н м
		0 Н		-8,41889 Н м
		1325 Н		-1675,98 Н м

▣ Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	4226500 мм <sup>3</sup>	
Масса	31,8535 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0000204417 МПа	69,1913 МПа
1-ое основное напряжение	-13,9714 МПа	85,8025 МПа
3-е основное напряжение	-50,0325 МПа	17,2714 МПа
Смещение	0 мм	0,0169913 мм
Коэфф. запаса прочности	2,99171 бр	15 бр
Напряжение XX	-43,4709 МПа	72,3049 МПа
Напряжение XY	-22,8902 МПа	33,9594 МПа
Напряжение XZ	-27,5959 МПа	20,2434 МПа
Напряжение YY	-30,9857 МПа	43,7059 МПа
Напряжение YZ	-16,5529 МПа	18,0976 МПа
Напряжение ZZ	-27,8425 МПа	30,9289 МПа
Смещение по оси X	-0,0126393 мм	0 мм
Смещение по оси Y	-0,00487145 мм	0,0130493 мм
Смещение по оси Z	-0,00507478 мм	0,000949273 мм
Эквивалентная деформация	0,000000000812561 бр	0,000322324 бр
1-ая основная деформация	-0,0000109924 бр	0,000352512 бр
3-я основная деформация	-0,000306956 бр	0,0000699081 бр
Деформация XX	-0,00017644 бр	0,000272573 бр
Деформация XY	-0,000176095 бр	0,000210225 бр
Деформация XZ	-0,000170832 бр	0,000156477 бр
Деформация YY	-0,000120216 бр	0,000202089 бр
Деформация YZ	-0,000102736 бр	0,000114852 бр
Деформация ZZ	-0,000159648 бр	0,000125012 бр
Контактное давление	0 МПа	297,069 МПа
Контактное давление по оси X	-51,3914 МПа	226,853 МПа
Контактное давление по оси Y	-34,4163 МПа	190,311 МПа
Контактное давление по оси Z	-77,0734 МПа	38,8844 МПа

Рис. 3.10. Результати моделювання

На рис. 3.11. ми привели результати загального зміщення яке виникає на губках лещат, на рис. 3.12 – зміщення по осі X, а на рис. 3.13 – зміщення по осі Z.

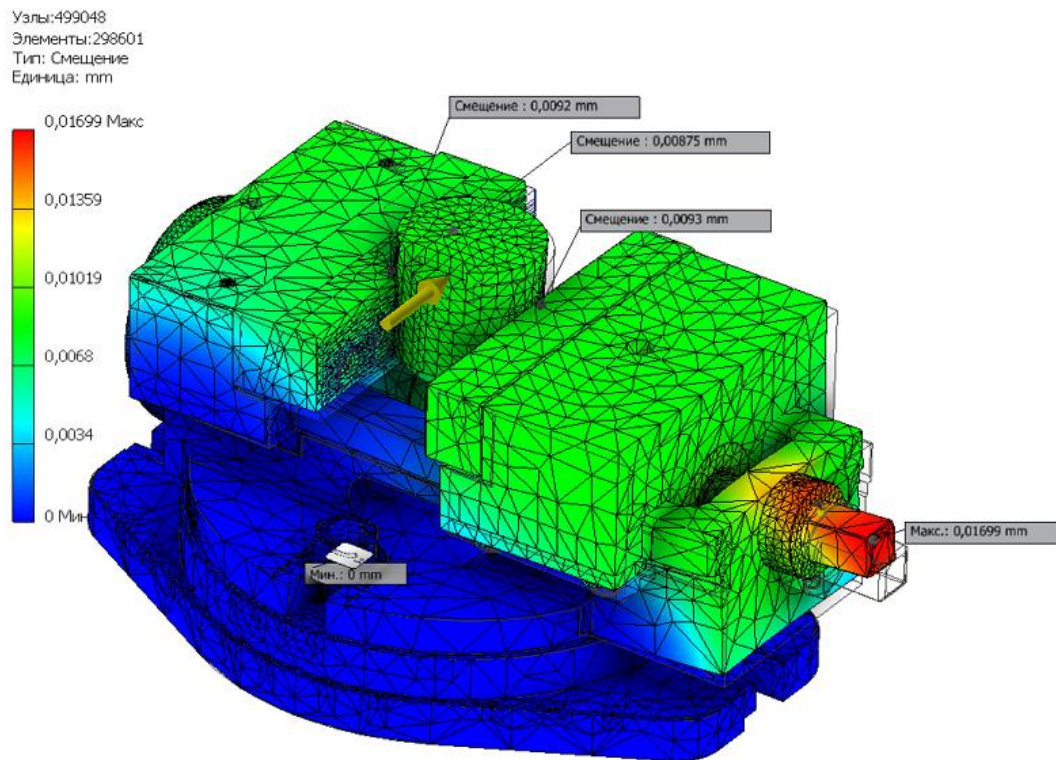


Рис. 3.11. Загальне зміщення яке виникає в системі

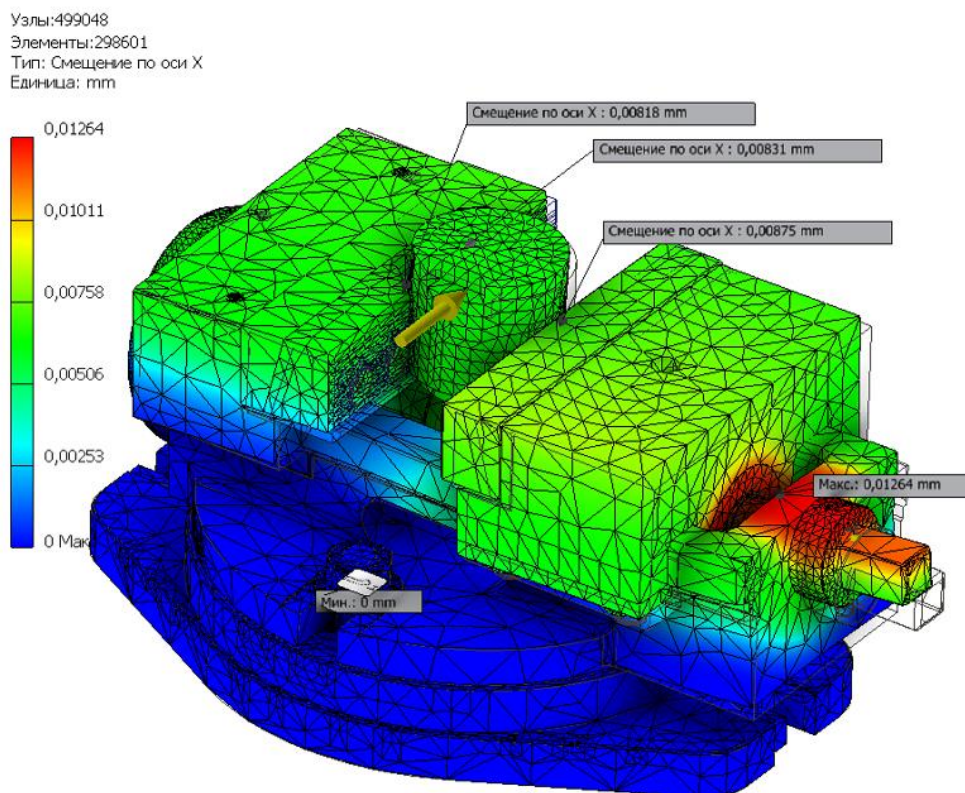


Рис. 3.12. Зміщення яке виникає в системі по осі X

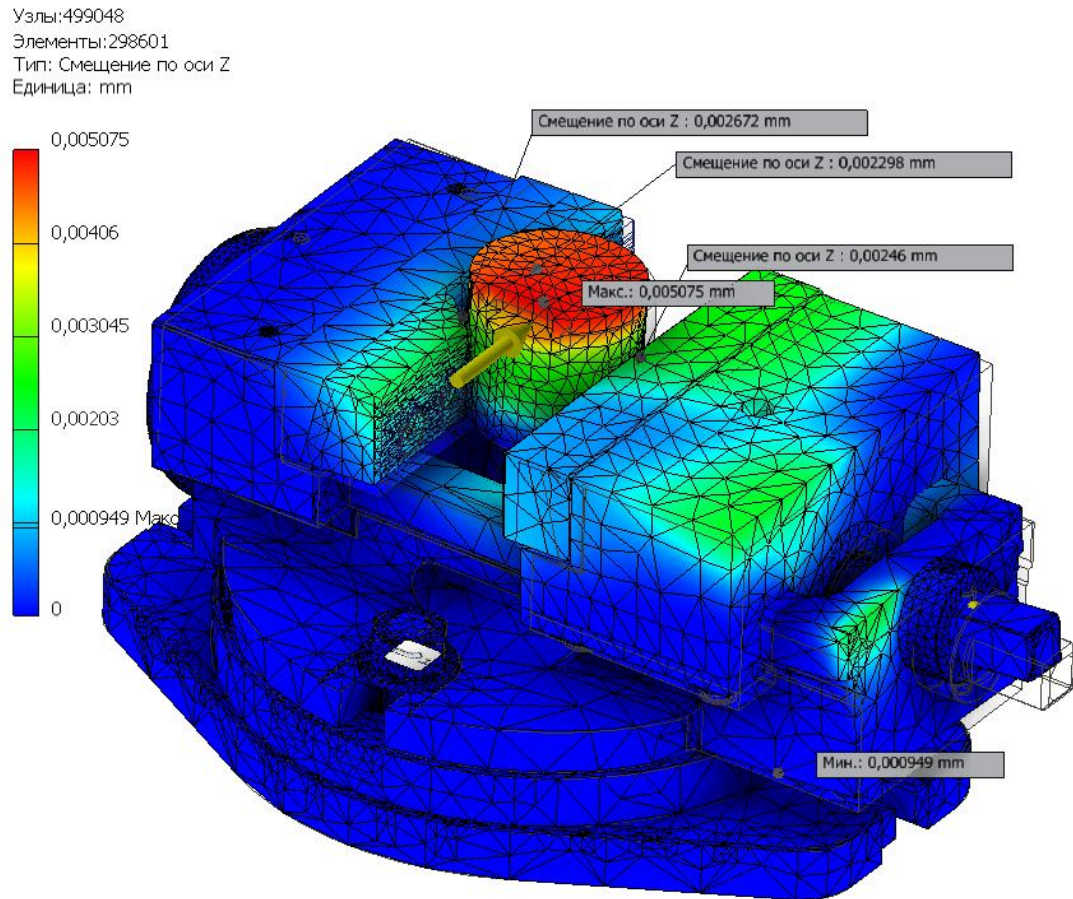


Рис. 3.13. Зміщення яке виникає в системі по осі Z

### 3.3.2. Моделювання та дослідження лещат з підпружиненими губками

Загальний вигляд розроблених лещат представлено на рис. 3.14.

Процес формування зборки лещат процес досить трудомісткий, на рис. 3.15 приведено схему лещат з закріпленою заготовкою, на даному зображенні використано ефект напівпрозорості. Це дозволяє побачити розміщення елементів в середині корпусу.

На рис. 3.16 приведено вигляд лещат з затисненою заготовкою та умовно прикладеною силою різання, а на рис. 3.17 – вигляд лещат в розрізі. Для більшої наочності клин на приведених зображеннях виконаний прозорим, це дозволяє побачити пружні елементи під призматичною губкою.

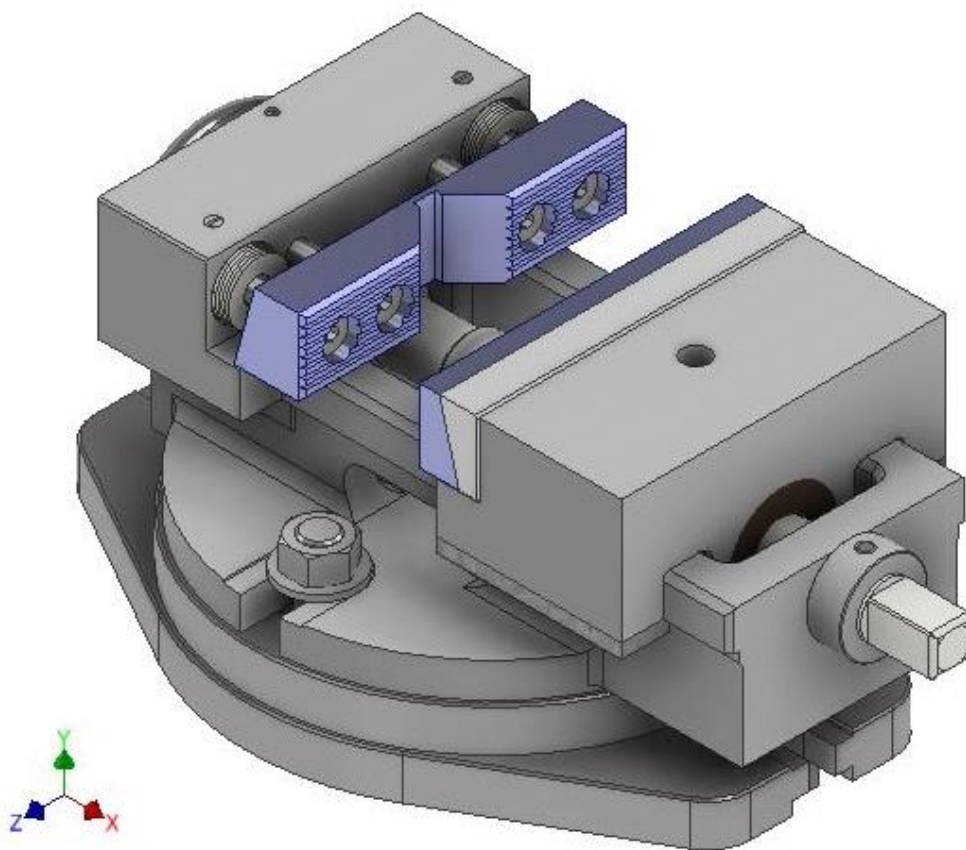


Рис. 3.14. Загальний вигляд лещат з підпружиненою губкою

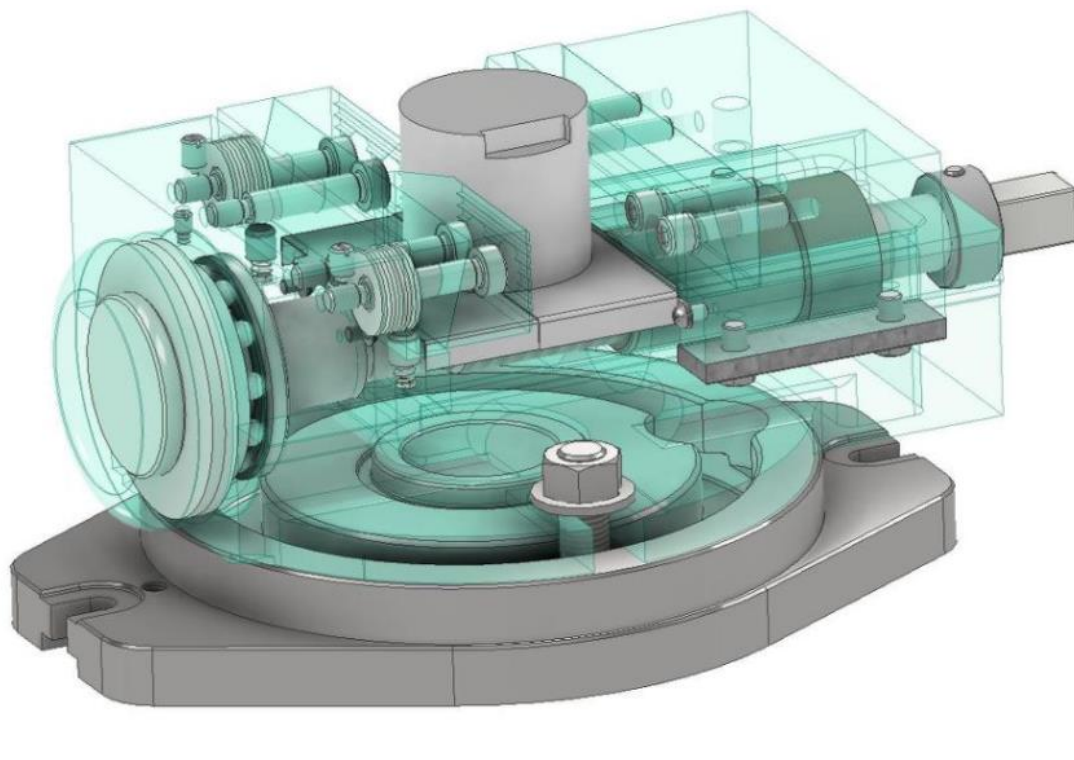


Рис. 3.15. Схема лещат з закріпленою заготовкою (з ефектом напівпрозорості)

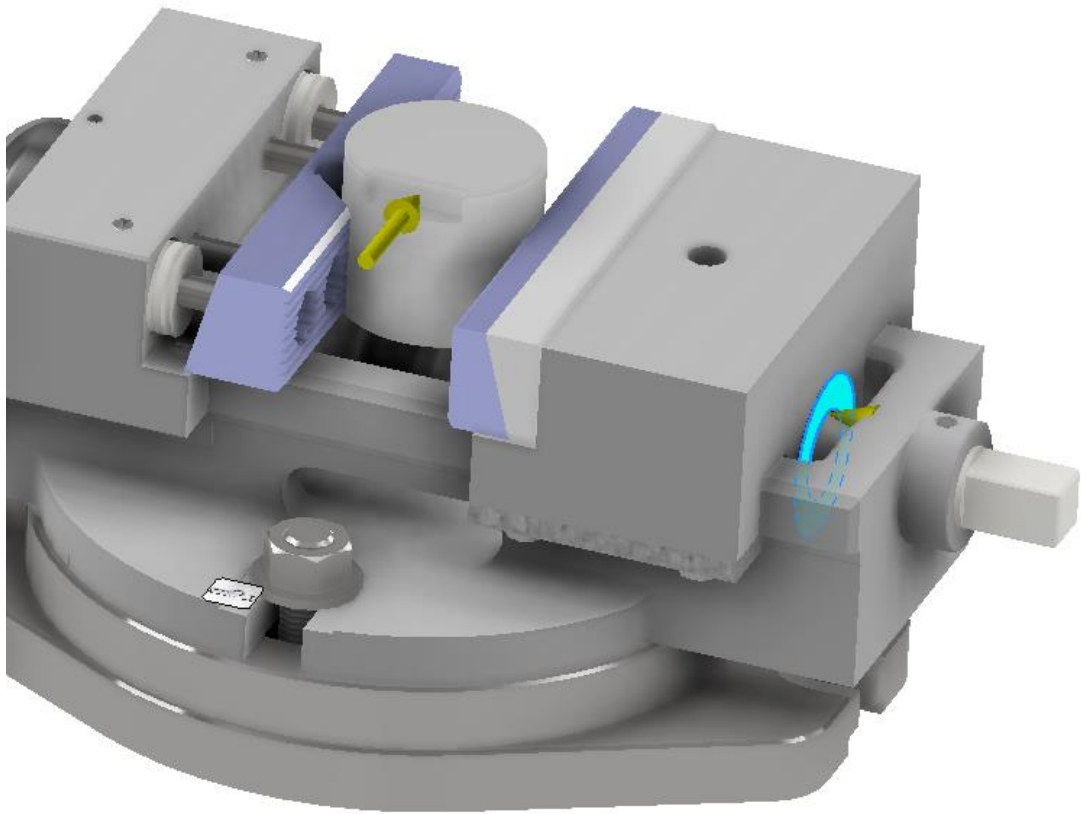


Рис. 3.16. Вигляд лецат з заготовкою та прикладеною силою

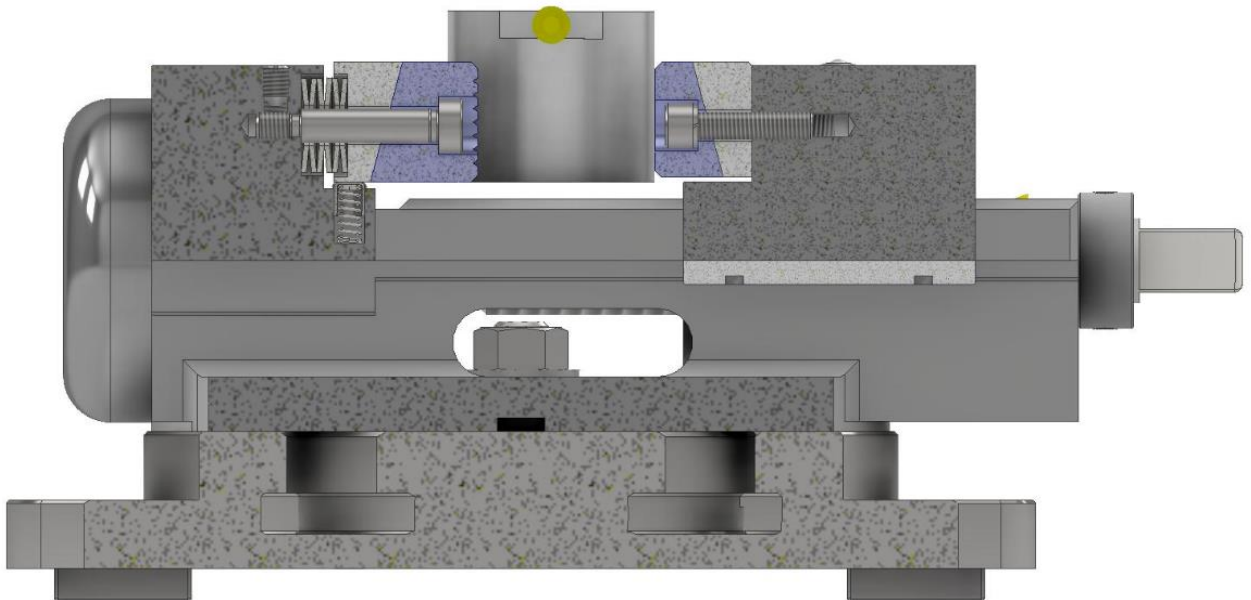


Рис. 3.17. Вигляд лецат в розрізі

Наступним кроком є моделювання в програмі, при цьому ми отримали наступні результати (рис. 3.18).

☐ **Сила и момент реакции в зависимостях**

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:1	18766,8 Н	18720 Н	1688,53 Н м	209,168 Н м
		0 Н		-11,8535 Н м
		1325 Н		-1675,48 Н м

☐ **Результат**

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	4234600 мм <sup>3</sup>	
Масса	31,9171 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0000500644 МПа	172,029 МПа
1-ое основное напряжение	-83,4832 МПа	110,116 МПа
3-е основное напряжение	-210,658 МПа	36,1162 МПа
Смещение	0 мм	0,0174685 мм
Коефф. запаса прочности	1,20329 бр	15 бр
Напряжение XX	-122,157 МПа	78,8401 МПа
Напряжение XY	-79,7212 МПа	43,1023 МПа
Напряжение XZ	-53,0416 МПа	63,1694 МПа
Напряжение YY	-166,918 МПа	91,5611 МПа
Напряжение YZ	-71,3695 МПа	44,3674 МПа
Напряжение ZZ	-112,96 МПа	61,7516 МПа
Смещение по оси X	-0,0127946 мм	0,00000163279 мм
Смещение по оси Y	-0,00472726 мм	0,0135115 мм
Смещение по оси Z	-0,0057252 мм	0,000946786 мм
Эквивалентная деформация	0,00000000235167 бр	0,00071853 бр
1-ая основная деформация	-0,0000126028 бр	0,000466815 бр
3-я основная деформация	-0,000821936 бр	0,000007799 бр
Деформация XX	-0,00036207 бр	0,000327478 бр
Деформация XY	-0,000493512 бр	0,000266824 бр
Деформация XZ	-0,000328353 бр	0,000391049 бр
Деформация YY	-0,000653878 бр	0,00031851 бр
Деформация YZ	-0,000441811 бр	0,000274655 бр
Деформация ZZ	-0,000419214 бр	0,000340619 бр
Контактное давление	0 МПа	394,927 МПа
Контактное давление по оси X	-147,174 МПа	178,784 МПа
Контактное давление по оси Y	-175,619 МПа	251,806 МПа
Контактное давление по оси Z	-294,212 МПа	98,8891 МПа

Рис. 3.18. Результати моделювання лещат з підпружиненою губкою

На рис. 3.19. ми привели результати загального зміщення яке виникає на губках лещат, на рис. 3.20 – зміщення по осі X, а на рис. 3.21 – зміщення по осі Z.

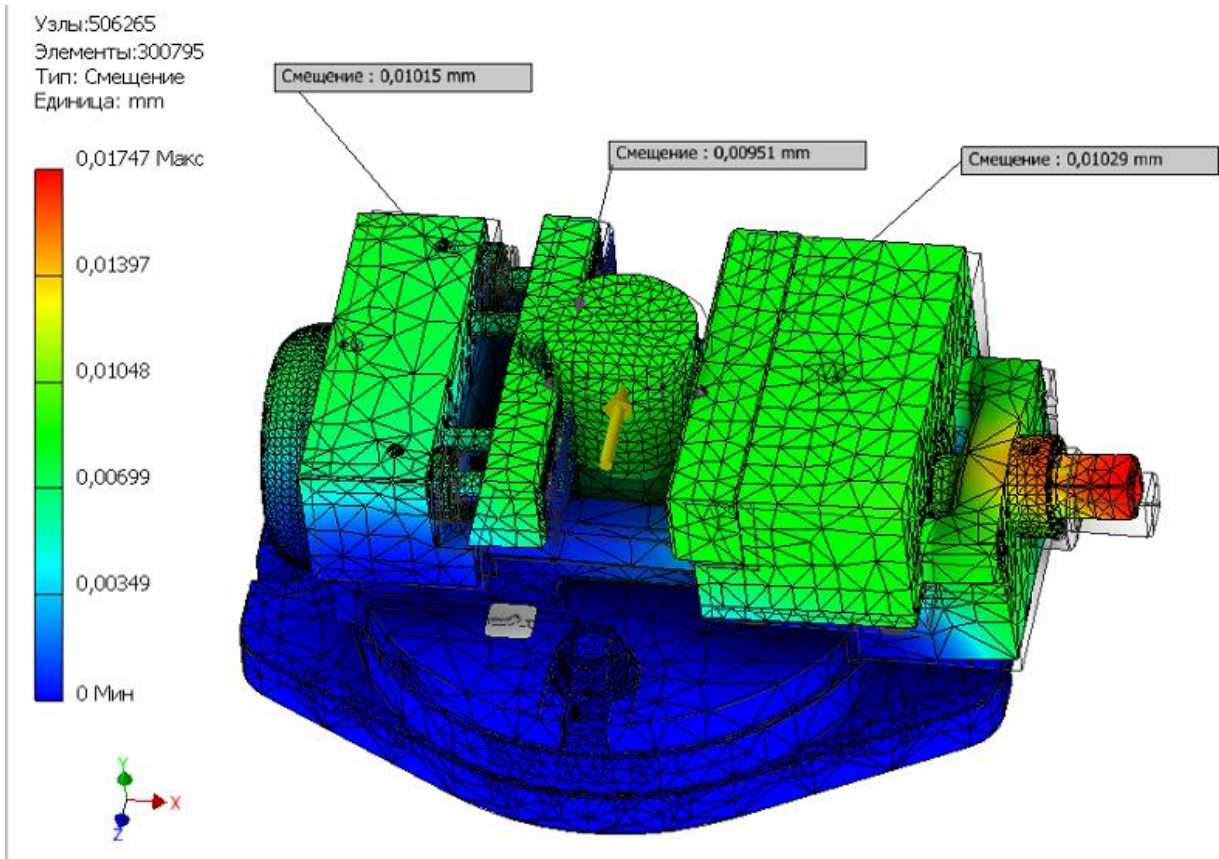


Рис. 3.19. Загальне зміщення яке виникає в системі

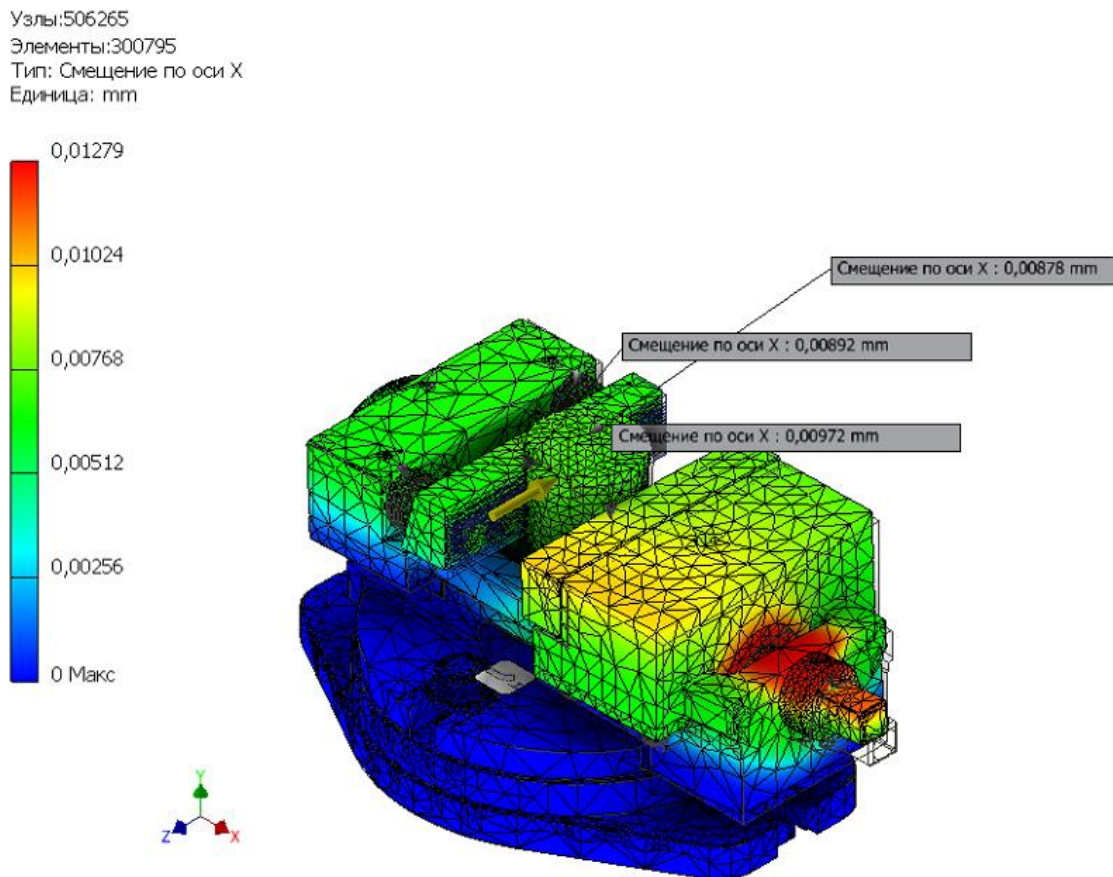


Рис. 3.20. Зміщення яке виникає в системі по осі X



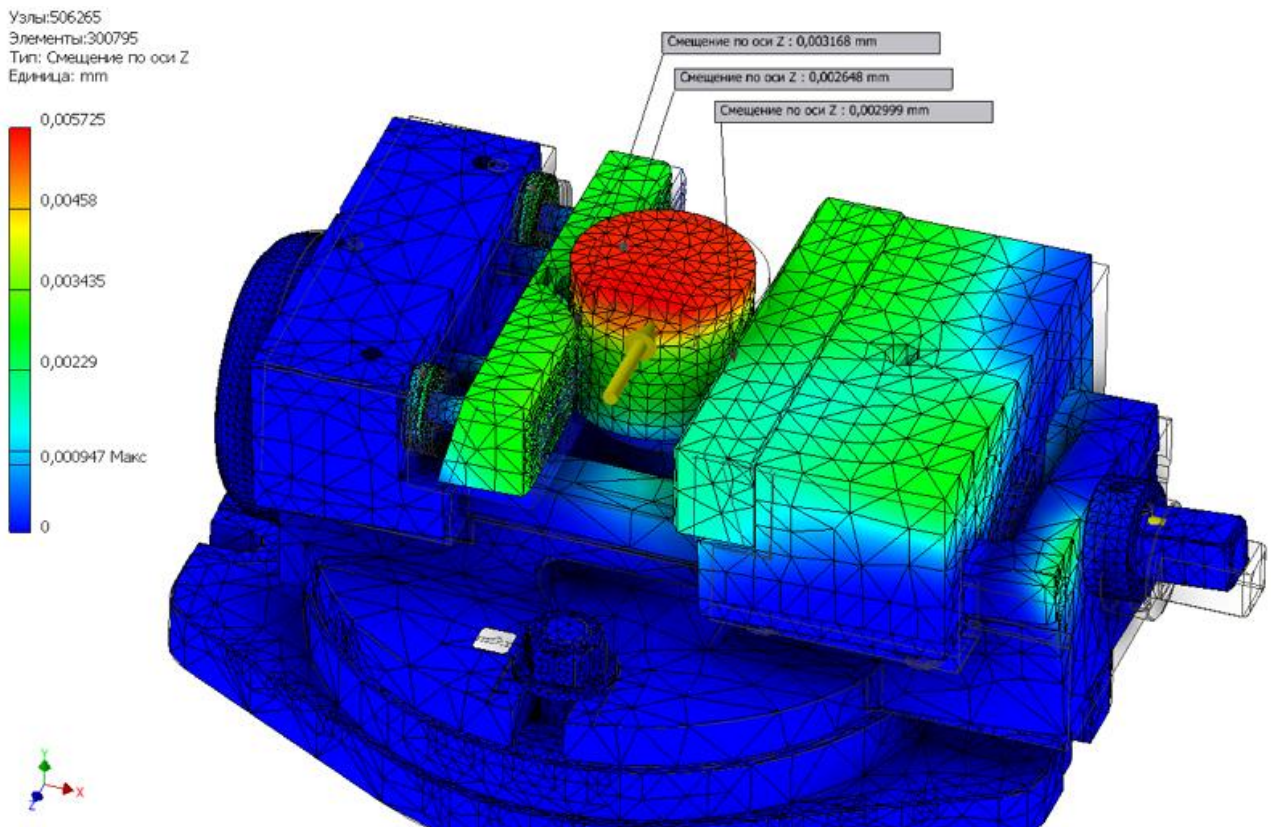


Рис. 3.21. Зміщення яке виникає в системі по осі Z

При закріпленні заготовки в лещатах ми маємо випадок, при якому контакт заготовки з губками відбувається в місці їх дотику (там можуть виникати контактні деформації). При моделюванні ми зробили припущення, що поверхня заготовки є абсолютно жорсткою, вона не піддається деформаціям.

Як видно із представлених графічних матеріалів при зміщенні в напрямку осі X – кращі показники мають лещата без підпружинених губок, а по осі Z – навпаки – меншу величину зміщення мають лещата з підпружиненою губкою.

На основі аналізу отриманих результатів моделювання можна зробити наступні висновки – представлена конструкція лещат з підпружиненими губками має більшу податливість (за рахунок пружних елементів під клином). Тобто вона має змогу зайняти краще положення в просторі, у порівнянні з конструкцією з жорсткими губками. В лещатах можуть затискатися тонкостінні деталі, тому важливим моментом буде можливість контролю зусилля затиску.

Для забезпечення контролю затиску в конструкцію лещат можна встановити давач, який буде контролювати силу затиску на підпружиненій губці.

Він працює наступним чином - при досягненні необхідно рівня затиску загорається світловий індикатор, який буде сигналізувати, що досягнута необхідна сила затиску на губках лещат. Це дозволить уникнути деформації заготовок (особливо це актуально для затиску тонкостінних деталей).

Аналіз напружено-деформованого стану лещат показав, що конструкція є повністю працездатною, її можна використовувати для затиску заготовок циліндричної форми.

### **3.4. Обговорення та аналіз отриманих результатів\* (\*оприлюднені результати досліджень подаються в додатках)**

Під час виконання магістерської роботи було проведено ґрунтовний аналіз стосовно технологічного оснащення, яке використовується для затиску різноманітного типу заготовок на фрезерних, шліфувальних та свердлильних верстатах. По результатах цього аналізу було опубліковані тези у матеріалах науково-технічної конференції на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019 року [1].

Копія тез наведена у додатках.

### **3.5. Висновки за результатами наукового дослідження**

Розроблено модель затиску циліндричної деталі в лещатах, з врахуванням сил, які при цьому виникають. Здійснено умовну графічну інтерпретацію зміни пружно-силових характеристик при прикладанні сили різання  $P$  до циліндричної деталі, яка закріплена в лещатах з призматичною та прямокутною губками.

Запропоновано вираз результуючої сили затиску, який враховує силу затиску лещат, силу яка виникає в процесі різання та коефіцієнт нерівномірної жорсткості (враховує жорсткості рухомої та нерухомої губок).

Для створення нових конструкцій затискних пристроїв розроблено морфологічну матрицю схем машинних лещат, яка дозволяє отримати 1470 варіантів рішень. Запропоновано альтернативні варіанти кінематичної схеми лещат.

Один із запропонованих варіантів лещат знайшов реалізацію у вигляді розробленої твердотілої моделі. Проведено моделювання затиску деталі в розроблених лещатах при різних конструкціях рухомої губки.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Розробка схеми пневматичної системи видалення стружки та пилу із зони різання фрезерного верстату

При виготовленні деталі «Втулка опорна», згідно технологічного процесу, використовується фрезерний верстат. Робота на цьому верстаті передбачає використання дискової торцевої фрези. В процесі роботи при фрезеруванні заготовки утворюється лише рухома стружка різної форми та розмірів.

На (рис. 4.1) приведена схема, яка ілюструє особливості утворення потоку стружки при фрезеруванні сталі [33].

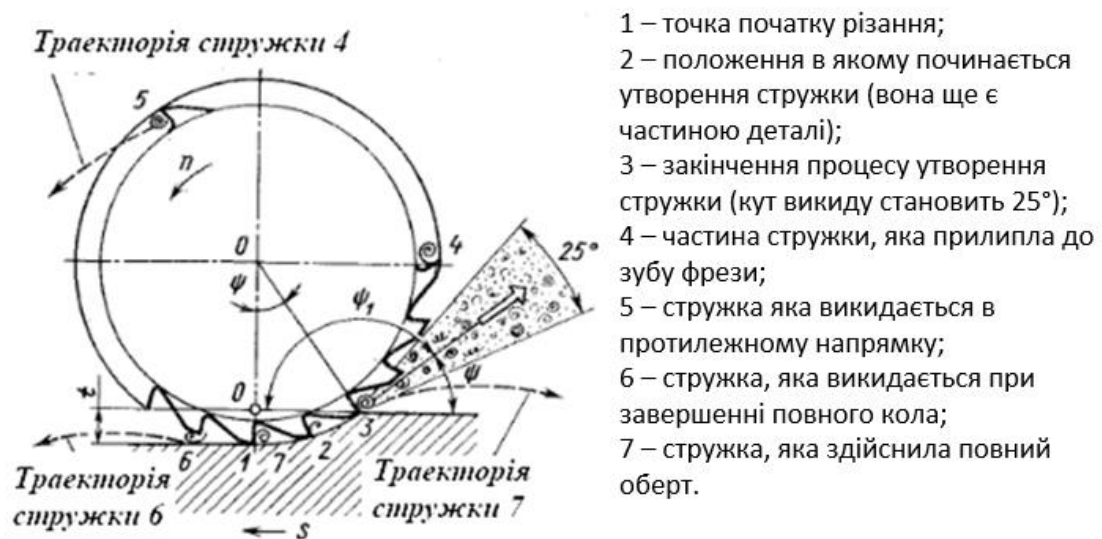
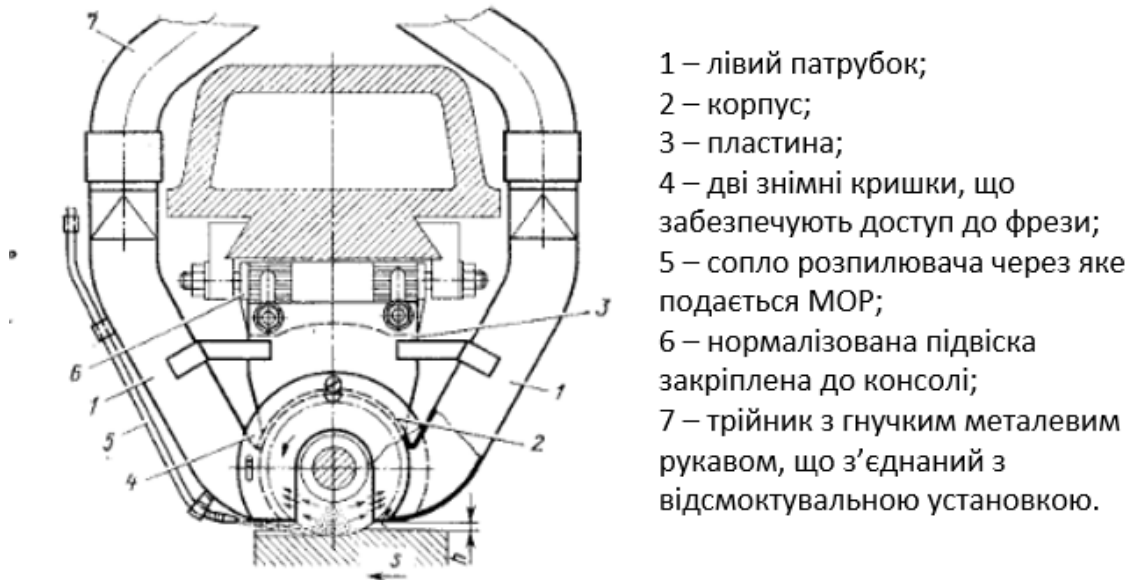


Рис. 4.1 Схема утворення потоку стружки при фрезеруванні сталі

Дана стружка має високу температуру і може створювати небезпеку для робітника, який обслуговує верстат. Вона може травмувати органи зору та спричинити опіки відкритих частин тіла.

Тому на багатьох верстатах встановлюють захисні екрани, які будуть захищати робітника. Використовуючи зустрічне або попутне фрезерування можна «керувати» рухом стружки. Але більш доцільним є використання спеціальних стружкоприймачів. Дані пристрої можуть мати різну конструкцію, найбільш ефективними є двосторонні пиле-стружкоприймачі.

На рис 4.2 приведена конструкція двостороннього пневматичного стружкоприймача. При фрезеруванні сталей основний сталею основний потік стружки відсмоктується правим прийомним патрубком, а додаткові потоки (перекинуті стружки) - лівим.



- 1 – лівий патрубок;
- 2 – корпус;
- 3 – пластина;
- 4 – дві знімні кришки, що забезпечують доступ до фрези;
- 5 – сопло розпилювача через яке подається МОР;
- 6 – нормалізована підвіска закріплена до консолі;
- 7 – трійник з гнучким металевим рукавом, що з'єднаний з відсмоктувальною установкою.

Рис. 4.2 Схема двостороннього пневматичного стружкоприймача

Приведена конструкція двостороннього стружкоприймача передбачає використання для охолодження ріжучого інструменту аерозольної МОР, яка в процесі роботи пристрою відсмоктується разом зі стружкою.

Згідно [33], ефективність приведеної вище конструкції, при виконанні операції фрезерування сталей без використання МОР, може сягати 98%. За тих самих умов роботи, с саме швидкості повітряного потоку  $v_{п} = 16$  м/с, з використанням аерозольної МОР – 94,8%.

При фрезеруванні сталей з відсмоктуванням стружки із зони різання якість оброблюваної поверхні була значно кращою, в порівнянні без відсмоктування. А у випадку використання аерозольної МОР – якість отриманої поверхні ставала ще кращою.

Ефективність вловлювання стружки в значній мірі залежить від величини зазору між приймальним патрубком та поверхнею, що обробляється. Чим менший зазор, тим ефективнішим є відсмоктування.

## 4.2. Розрахунок місцевої витяжної вентиляції для фрезерного верстату

Основне призначення витяжної вентиляції – видалення запиленого повітря від верстату. Конструкція вентиляції передбачає в своєму складі розташований над верстатом приймач запиленого повітря, повітропровід з однією засувкою та два 90<sup>0</sup>-ні повороти, очисний пристрій (циклон) і вентилятор.

Для проведення розрахунків необхідно сформувані вихідні дані. На основі аналізу літератури [34, 35] формуємо вихідні дані:

- площа перетину приймача (зонд) –  $F_{\text{роб}} = 1 \text{ м}^2$ ;
- додаткові отвори у повітропроводі відсутні –  $F_{\text{доп}} = 0$ ;
- коефіцієнт запасу –  $\alpha = 1,1$ ;
- об'єм пилю, що виділяється,  $V_t = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- температура повітря, яке виділяється –  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- динамічна в'язкість повітря –  $\mu_c = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Н}\cdot\text{сек}}{\text{м}^2}$ ;
- довжина повітропроводу –  $L = 20 \text{ м}$ ;
- швидкість повітря у повітропроводі –  $W_B = 5 \text{ м/с}$ ;
- гідравлічний опір циклону –  $\Delta P_{\text{ц}} = 500 \text{ Па}$ ;
- загальний ККД вентиляційної установки (ВУ) –  $\eta = 0,5$ ;
- діаметр частки пилю –  $d = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;
- удавана густина частинки –  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ .

Основна мета розрахунку:

- визначити необхідну потужність електродвигуна для вентилятору;
- відповідно до вимог ЄСКД запропонувати ескіз ВУ.

Порядок проведення обчислень [33]:

1 Обчислення критерію Архімеда:

$$Ar = \frac{d^3 \cdot \rho \cdot \rho_c \cdot g}{\mu_c^2} \quad (4.1)$$

де  $d$  – діаметр частки пилю,  $\text{м}$ ;

$\rho$  – густина частинки (удавана),  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_c$  – густина повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$g$  – коефіцієнт прискорення вільного падіння;

$\mu_c$  – динамічна в'язкість повітря.

$$Ar = \frac{(100 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 1600 \cdot 1,2047 \cdot 9,81}{(1,8 \cdot 10^{-5})^2} = 58,361$$

2. Обчислення критерію  $Re_{\text{вит}}$ :

$$Re_{\text{вит}} = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} \quad (4.2)$$

$$Re_{\text{вит}} = \frac{58,361}{18 + 0,61\sqrt{58,361}} = 2,576$$

3. Обчислення швидкості руху частки:

$$W_{\text{вит}} = \frac{Re_{\text{вит}} \cdot \mu_c}{d \cdot \rho_c} \quad (4.3)$$

$$W_{\text{вит}} = \frac{2,576 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}}{100 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2047} = 0,385 \text{ м/с}$$

4. Обчислення об'ємної витрати запиленого повітря, що видаляється

$$V = W_{\text{пр}} \cdot (F_{\text{раб}} + F_{\text{доп}}) \cdot \alpha + V_{\text{т}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.4)$$

де,  $W_{\text{пр}} = 1,2 \cdot W_{\text{вит}} = 1,2 \cdot 0,385 = 0,462 \text{ м/с}$ ,

$$V = 0,462 \cdot (1 + 0) \cdot 1,1 + 5 \cdot 10^{-5} = 0,508 \text{ м}^3/\text{с}$$

5. Обчислення діаметра повітропроводу:

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot W_{\text{в}}}} \quad (4.5)$$

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{0,508}{0,785 \cdot 5}} = 0,36 \text{ м}$$

6. Проведемо розрахунок гідравлічного опору ВУ:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ск}} + \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м.с.}} + \Delta p_{\text{ц}}, \quad (4.6)$$

де,  $\Delta p_{\text{ск}}$  – швидкісний напір,  $\text{Па}$ ;

$\Delta p_{\text{тр}}$  – втрати напору на тертя,  $\text{Па}$ ;

$\Delta p_{\text{м.с.}}$  – втрати напору на місцеві опори,  $\text{Па}$ ;

$\Delta p_{\text{ц}}$  – втрати напору в циклоні, Па.

$$\Delta p_{\text{ск}} = \frac{W_{\text{в}}^2 \cdot \rho_{\text{с}}}{2} = \frac{5^2 \cdot 1,2047}{2} = 15,059 \text{ Па,}$$

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{\lambda \cdot L \cdot \Delta p_{\text{ск}}}{d_{\text{в}}} \quad (4.7)$$

$\Delta p_{\text{ск}}$  – коефіцієнт тертя (його величина залежить від критерію Рейнольдса):

$$Re = 1,5223 \cdot 10^5; \lambda = 0,016$$

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{0,016 \cdot 20 \cdot 15,059}{0,36} = 13,386 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{м.с.}} = 1,65 \cdot \Delta p_{\text{ск}} = 1,65 \cdot 15,059 = 24,847 \text{ Па}$$

$$\Delta p = 15,059 + 13,386 + 24,847 + 500 = 553,292 \text{ Па}$$

7. Обчислення потужності електродвигуна вентилятора

$$N_{\text{дв}} = \frac{V \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} \quad (4.8)$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,508 \cdot 553,292}{1000 \cdot 0,5} = 0,562 \text{ кВт}$$

Схема спроектованої ВУ представлена на рис. 4.3:

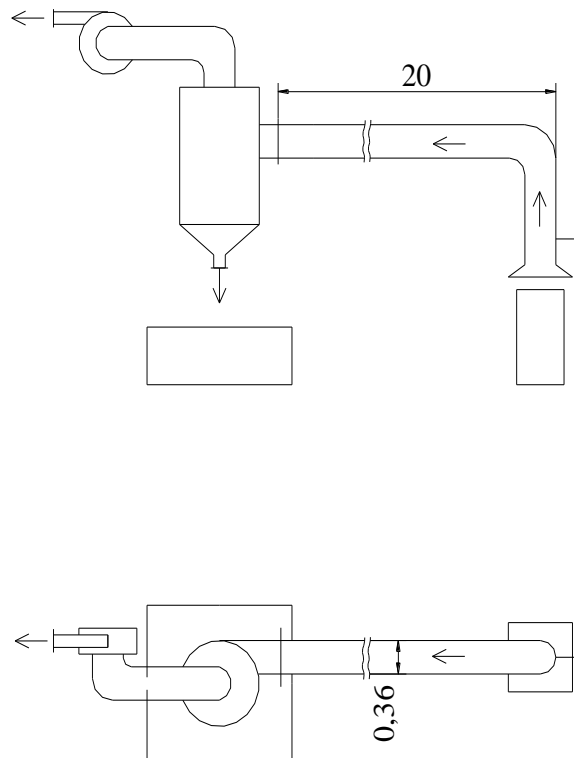


Рис. 4.3. Ескіз спроектованої ВУ



## Загальні висновки

Для забезпечення процесу фрезерування деталей циліндричної форми необхідно здійснити їх надійний затиск. Затиск таких деталей може виконуватись в лещатах, що мають дві губки, одна з яких виконується рухомою, а друга – нерухомою. Рухома губка може виконуватися у формі призми.

Проведений патентно-інформаційний аналіз конструкцій лещат показав, що вони можуть мати різну конструкцію приводу та передавально-підсилювальних ланок. Розглянуті конструктивні особливості лещат з ручним, електромеханічним, гідравлічним, пневматичним, пневмо-гідравлічним приводом або їх комбінацій. Сила затиску в лещатах може бути створена за рахунок передавально-підсилювальних ланок різного типу. Найбільш поширеними є конструкції з використанням гвинтових, важільних, ексцентрикових та клино-плунжерних ланок, зустрічаються конструкції з зубчастими, черв'ячними механізмами, та їх комбінації.

На основі аналізу завдання було розроблено ТП обробки деталі «Втулка опорна» (в роботі не подається). Для операції фрезерування було здійснено розрахунок режимів різання, та прийнято робочу частоту обертання фрези, яка становить  $n = 504 \text{ об/хв}$ . Визначені значення колової сили при фрезеруванні пазу:  $P_z = 1325 \text{ Н}$ , а також визначено крутний момент на шпинделі, він становить  $M_{кр} = 1325 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Для виконання операції фрезерування пазу попередньо вибрано верстат 6Е80Ш, з потужністю приводу 7,5 кВт. Д

В роботі здійснено обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата, вона показує можливий набір формоутворюючих рухів, які можуть бути виконані на вибраному верстаті. Даний верстат дозволяє провести обробку деталі «Втулка опорна» з використанням дискової фрези.

В роботі проведено проектний та автоматизований розрахунок ходового гвинта столу фрезерного верстату. Результати розрахунків показали, що проєктований ходовий гвинт столу повністю відповідає вимогам по критерію міцності, зносостійкості та стійкості.

Для обробки деталі «Втулка опорна» необхідно забезпечити її надійний затиск в лещатах, в роботі розроблено схему затиску та на її основі проведено розрахунок необхідної сили закріплення, вона становить  $Q = 18720$  Н.

Запропоновано модель затиску циліндричної деталі в лещатах, в якій в якості однієї з губок використовується призма. Дана модель дозволяє врахувати сили, які виникають в системі під час обробки деталі. Розроблено силовий портрет затискного пристрою, в якому представлено графічну інтерпретацію зміни пружно-силових характеристик при прикладанні сили різання  $P$  до циліндричної деталі, яка закріплена в лещатах з однією призматичною та прямокутною губкою. На основі теоретичних міркувань запропоновано вираз результуючої сили затиску, який враховує силу затиску лещат, силу яка виникає в процесі різання та коефіцієнт нерівномірної жорсткості губок.

З використанням методу морфологічного налізу розроблено морфологічну матрицю схем машинних лещат, яка дозволяє отримати 1470 варіантів рішень. На її основі запропоновано декілька альтернативних варіантів схеми лещат.

З використанням пакету Autodesk Inventor проведено моделювання затиску деталі в розроблених лещатах при різних конструкціях рухомої губки. Конструкція лещат з підпружиненими губками має більшу податливість (за рахунок пружних елементів під клином). Аналіз моделей показав, що при зміщенні в напрямку осі  $X$  – кращі показники мають лещата без підпружинених губок, а по осі  $Z$  – навпаки – меншу величину зміщення мають лещата з підпружиненою губкою. Запропонована конструкція лещат з підпружиненими губками є повністю роботоздатною, її можна використовувати для затиску циліндричних та тонкостінних заготовок.

Запропоновано конструкцію двостороннього пневматичного стружкоприймача, який дозволить при його використанні проводити відсмоктування стружки із зони різання. В залежності від умов роботи ефективність приведеної конструкції може сягати 94-98 %.

Здійснено розрахунок місцевої вентиляційної установки для фрезерного верстату, запропоновано її ескізну схему.

## Перелік посилань

1. Гуцалюк І.В., Склярів Р.А., Вимоги до технологічного оснащення яке використовується для затиску призматичних заготовок // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей VIII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – 143. — С. 26.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции. Изд. 3-е/ стереотипное. -М.: Машиностроение, 1966. - 776 с.
3. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1980. - 240 с.
4. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Жигалко Н.И. Основы резания материалов и режущий инструмент.: Минск, «Вышэйш. Школа», 1975.-527с.
5. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 303 с., ил.
6. Терликова Т.Ф. и др. Основы конструирования приспособлений: Учеб. Пособие для машиностроительных вузов / Т. Ф. Терликова, А. С. Мельников, В. И. Баталов - М.: Машиностроение, 1980. - 119 с., ил.
7. Кузнецов Ю.М. Основы патентознавства та авторського права. Видання 3-е, перероб. і доп. – К.: ТОВ «ЗМОК» – фірма „ГНОЗІС”, 2001. – 206с.: іл.
8. Луців І.В., Інтелектуальна власність. (частина 1). Система охорони інтелектуальної власності: навчальний посібник / Луців І.В., Склярів Р.А., Шанайда В.В. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 112 с.
9. Тиски / Казак С.Г., Ярковой С.В. А.С. № 1400869. СССР. Заявл. 27.08.86. № 4109899/25-28, напеч., в Б.В. 1988, №21 МПК В25В1/24. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=5830&DocNumber=1400869&TypeFile=pdf](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=5830&DocNumber=1400869&TypeFile=pdf).
- 10.Зажимное устройство / Вулихман А.Я. Тарасов А.И., А.С. № 1713791. СССР. Заявл. 28.11.81. № 4612769 /23.02.92, МПК В25В1/18, МПК В23Q3/06

[Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=7935&DocNumber=1713791&TypeFile=pdf](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=7935&DocNumber=1713791&TypeFile=pdf).

11. Прецизионные тиски / Алексеев В.П., Куракин О.М. А.с. 1025498. СССР. Заявка 13.04.79. №27544464/25-28. Оpubл. в Б.В. 1983, МПК В25В1/10. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=4359&DocNumber=1025498&TypeFile=pdf](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=4359&DocNumber=1025498&TypeFile=pdf).

12. Плавающие тиски. А.С. 1555118. СССР. МПК В25В1 / 06. Золотов Л.А. №4446376 / 25-28. Заявл. 27.06.88. Печ. 07.04.90. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://patents.su/2-1555118-plavayushhie-tiski.html>.

13. Тиски инженера Курилова В.В. / Курилов В.В. Пат №2016750., РФ., В25В1/04, Заяв. 11.11.90 №4881425/28 30.07.94 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.freepatent.ru/patents/2016750>.

14. Тиски. Мальцев В.К. / А.С. 1419874 СРСР. Заявл. 10.11.86. №4144790/25-28; Оpubл. 30.08.88. Бюл. №32 МПК В25В1/04. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=1419874&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=1419874&TypeFile=html).

15. Тиски. Светлаков Н.Н. / А.С. 722727 СРСР. Заявл. 02.06.1978 № 2622483; Оpubл. 25.03.1980. МПК В23Q 3/00. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=722727&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=722727&TypeFile=html).

16. Пневмогидравлические тиски. А.А. Востриков, А.С. 1523322. СССР Заявл. 13.07.87 №4316503 / 25-28. МПК В25В1 / 00 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=1523322&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=1523322&TypeFile=html).

17. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, М., Машиностроение, 1990. - 448 с.

18. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т1 / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1978. – 728 с.

19. Основы формообразования поверхностей резаньем. Родин П.Р.- Киев: Вища школа, 1977.- 192 с.
20. Ачеркан Н.С. и др. Металлорежущие станки. Том 2, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1965. – 628 с.
21. Аверьянов И.Н., Болотеин А.Н., Прокофьев М.А. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учебное пособие. - Рыбинск: РГАТА, 2010. - 220 с.
22. Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Т.О., Неделчева П.М. Создание зажимных устройств с несколькими кинематическими цепями для призматических заготовок // Труды международной научной конференции «Унитех'05», Габрово, 24-25.11.2005 г.
23. Хубка В. Теория технических систем. М. Мир, 1987. 202с.
24. Кузнецов Ю.М. Теорія технічних систем: підручник / Ю.М. Кузнецов, Ю.К. Новосьолов, І.В. Луців. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
25. Кузнецов Ю.М. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю.М. Кузнецов, Р.А. Склярів; під ред. Ю.М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗИС», 2004. – 323 с.
26. Кузнецов Ю.М. Теорія розв'язання творчих задач. – К.: ТОВ «ЗМОК» ПП «ГНОЗИС», 2003. – 294 с.: іл.
27. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / Под общ. ред. В.И. Мяченкова. – М.: Машиностроение, 1989. – 520 с.
28. T. Vitenko, V. Shanaida, P. Drożdziel, R. Madleňák (2017) FEATURES OF CREATING A SOLID MODELS AND ASSEMBLY OPERATIONS AT CADSYSTEMS, EDULEARN17 Proceedings, pp. 7464-7469.
29. Герасимчук Г.А. Розробка математичної моделі та дослідження складних профільних з'єднань у спеціальних пакетах комп'ютерного моделювання / Г.А. Герасимчук, Р.А. Склярів, В.В. Шанайда // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, - 2013. Випуск №42. – С.75-80.

30. Демків Т.М. Склярів Р.А. Аналіз методів розрахунків корпусних деталей металорізальних верстатів // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів [том 1, 2, 3], (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 226 с.(том 1)., С. 88-89.

31. Гагалюк А.В. Порівняння процесу виконання операції «видавлювання» в Autodesk Inventor та Компас 3D / А.В. Гагалюк, Г.С. Якимець // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017 року. – Т.: ТНТУ, 2017. – Том I. – С. 65–66. – (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

32. Гагалюк А.В. Перспективи впровадження fusion 360 в навчальний процес. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування» присвяченої пам'яті заслуженого винахідника України академіка АН вищої школи України, доктора технічних наук, професора Нагорняка Степана Григоровича, 2017, 52-53.

33. Власов А.Ф. Удаление пыли и стружки от режущих инструментов М.: Машиностроение. 1982. – 240 с.

34. Дроздов В.Ф. Промышленная вентиляция. М.: Машиностроение, 1988. – 263 с.

35. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, тепло-газоснабжение и вентиляция. М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.

# *ДОДАТКИ*

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
АО			ДР 18-206.01.000.СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	ДР 18-206.01.000.01	Маховик	1	
		2	ДР 18-206.01.000.02	Ходовий гвинт	1	
		3	ДР 18-206.01.000.03	Гайка	1	
		4	ДР 18-206.01.000.04	Гайка	1	
		5	ДР 18-206.01.000.05	Колесо зубчасте	1	
		6	ДР 18-206.01.000.06	Вилка	1	
		7	ДР 18-206.01.000.07	Муфта	1	
		8	ДР 18-206.01.000.08	Колесо зубчасте	1	
		9	ДР 18-206.01.000.09	Стіл	1	
		10	ДР 18-206.01.000.10	Колесо зубчасте	1	
		11	ДР 18-206.01.000.11	Поворотна плита	1	
		12	ДР 18-206.01.000.12	Сухарі	1	
		13	ДР 18-206.01.000.13	Салазки	1	
		14	ДР 18-206.01.000.14	Черв'як	1	
		15	ДР 18-206.01.000.15	Гвинт	1	
		16	ДР 18-206.01.000.16	Консоль	1	
		17	ДР 18-206.01.000.17	Вал	1	
		18	ДР 18-206.01.000.18	Клин	1	
		19	ДР 18-206.01.000.19	Пружина	1	
		20	ДР 18-206.01.000.20	Муфта	1	
		21	ДР 18-206.01.000.21	Розпірна втулка	2	
		22	ДР 18-206.01.000.22	Простановочне кільце	1	

					ДР 18-206.01.00.000.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата				
Розробив		Гуцалюк І.В.			Стіл верстату	Літ.	Арк.	Акрцшів
Перевірів		Склярів Р.А.					1	2
Рецензент						ТНТУ ім. І. Пулюя каф. ВІ, гр. МВнм-61		
Н. Контр.		Явєма І.Т.						
Затвердив		Кодельник В.Р.						





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				<u>Документація</u>		
			ДР 18-206.02.00.000.СК	Лещата машинні гвинтові		
				<u>Деталі</u>		
A1		1	ДР 18-206.02.00.001	Корпус	1	литво
		2	ДР 18-206.02.00.002	Накладка	1	
A3		3	ДР 18-206.02.00.003	Гудка наклад. гладка	1	термоод. ШХ15-М60
		4	ДР 18-206.02.00.004	Штифт направляючий	1	
		5	ДР 18-206.02.00.005	Пружина	1	
		6	ДР 18-206.02.00.006	Проставка	1	термоод. ШХ15-М60
A3		7	ДР 18-206.02.00.007	Стіл ділильний	1	литво
A3		8	ДР 18-206.02.00.008	Гудка рухома	1	литво
A4		9	ДР 18-206.02.00.009	Гвинт	1	
		10	ДР 18-206.02.00.010	Кільце	1	
		11	ДР 18-206.02.00.011	Ручка	1	
		12	ДР 18-206.02.00.012	Планка направляюча	1	
		13	ДР 18-206.02.00.013	Ковпак	1	
		14	ДР 18-206.02.00.014	Пружина	1	
		15	ДР 18-206.02.00.015	Шаблиця	1	
A3		16	ДР 18-206.02.00.016	Гудка наклад.	1	
		17	ДР 18-206.02.00.017	Гайка	1	литво
		18	ДР 18-206.02.00.018	Кришка	1	

ДР 18-206.02.00.000.СК				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб		Гуцалюк І.В.		
Провер		Склярів Р.А.		
Реценз.				
Н. контр		Ярема І.Т.		
Утв.		Кодельник В.Р.		
Лещата машинні			Лит	Лист
			0	1
				2
ТДНУ ім. І.Пулюя каф. ВІ, зр.МВНМ-61				

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				Стандартні вироби		
		19		Гвинт М5х12.58 ГОСТ 14.91-62	2	
		20		Шпонка 7031-0612 ГОСТ 14.737-69	2	термоод. 45-В45
		21		Підшипник кульковий 8210 ГОСТ 6874-54	1	
		22		Гвинт М8х10.58 ГОСТ 14.76-64	4	
		23		Гвинт М10х20-055 ГОСТ 11738-66	4	
		24		Шайба 10Н65 ГОСТ 6402-61	4	
		25		Масленка V2 ГОСТ 1303-56	1	
		26		Штифт 6ГХ40 ГОСТ 3129-60	1	
		27		Гвинт М8х20.58 ГОСТ 7808-62	4	
		28		Штифт 10ГХ45 ГОСТ 9464-60	1	
		29		Гайка М16 ГОСТ 5927-62	2	
		30		Шайба 16 ГОСТ 11371-78		
		31		Болт М16х50 ГОСТ 4381-63	2	
		32		Заклепка 25х8 ГОСТ 10299-62	4	
		33		Гвинт М6х12.58 ГОСТ 11073-64	1	
		34		Пакет тарілчастих пружин	1	
ДР 18-206.02.00.000 СП						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**

тез доповідей

**Том II**

**VIII Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

27-28 листопада 2019 року



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2019**

УДК 621.941

**Р.А. Склярів канд. тех. наук, І.В. Гуцалюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ЗАТИСКУ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗАГОТОВОК**

**R.A. Skliarov Ph.D., I.V. Hutsaliuk**

### **REQUIREMENTS FOR PROCESS EQUIPMENT USED FOR CLAMPING PRISMATIC PARTS**

На металорізальних верстатах для затиску призматичних заготовок широко використовують затискне технологічне оснащення, до якого можна віднести машинні лещата. Вони можуть використовуватись для кріплення деталей при механічній обробці на фрезерних, шліфувальних, свердлильних і інших металорізних верстатах, а також при слюсарній обробці.

Силові характеристики лещат повинні забезпечувати протидію силам і моментам різання, які виникають при обробці. При обробці деталь зберігає своє положення в просторі, за рахунок сил тертя, що виникають між губками лещат і затискуваними поверхнями.

Застосування машинних лещат дозволяє усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити точність, збільшити продуктивність праці, полегшити умови роботи, розширити технологічні можливості устаткування, дозволяє знизити припуски на наступні операції.

До затискних пристосувань, та машинних лещат зокрема, пред'являються наступні вимоги [1]:

1. При затиску не повинно порушуватися положення об'єкта затиску, тобто вимога по точності положення об'єкта затиску по трьох координатах осей у статиці і сталості сили затиску.

2. Затиск не повинен викликати деформації і псування об'єкта затиску, змінання його поверхонь, тобто необхідна методика розрахунку сил закріплення, виходячи з пружних характеристик елементів і контактної жорсткості в стиках.

3. Сила затиску повинна бути мінімальною, але достатньою для надійного закріплення, що виключає зсув, обертання та вирив об'єкта затиску від сил різання.

4. Затиск – розтиск об'єкта закріплення повинен здійснюватися при мінімальних витратах часу й енергії як механічної, так і енергії людини тобто пристосування повинно простим у конструкції, зручним в обслуговуванні, бути міцним, довговічним, компактним, технологічним, а також мати достатній коефіцієнт підсилення при використанні ручного затиску.

Для створення конкурентоздатної продукції затискні механізми повинні відповідати і ряду додаткових вимог: швидкозмінність і швидкопереналагоджуваність, легкість регулювання, малі габарити, широта діапазону, захищеність, ремонтпридатність, можливість автоматичного регулювання параметрів затиску, безшумність, безпека, економність, взаємозамінність і т. ін.

Таким чином, основні і додаткові вимоги до пристосувань (машинних лещат) впливають із вимог, запропонованих до верстатів і технологічних процесів.

#### **Література**

1. Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. школа, 1980. - 240 с.

12.	<b>С.О. Галан, В.В. Яцишин</b> ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ В СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ ЦІННИК»	17
13.	<b>І.О. Гарасимів, Д.В. Дмитрів</b> ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ОБЩИН	18
14.	<b>Ю.Л. Голояд</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РОСПІЗНАВАННЯ КНИГ НА ФОТОГРАФІЯХ	19
15.	<b>Н.В.Грабовський, С.М.Квач, О.Б. Назаревич</b> АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПИВА	20
16.	<b>Д.О. Гракова</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОВІТРЯНИХ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ В МОБІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ	21
17.	<b>Є.І. Гринчук, П.П. Данів, Д.П. Стухляк</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	23
18.	<b>Р.А. Склярів, Губич І.В.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОДІЛУ ПРУТКІВ НА ШТУЧНІ ЗАГОТОВКИ	24
19.	<b>Р.А. Склярів, І.В. Гуцалюк</b> ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ЗАТИСКУ ПРИЗМАТИЧНИХ ЗАГОТОВОК	26
20.	<b>В.О. Дармограй А. М. Луцків</b> АНАЛІЗ БІБЛІОТЕК ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ BLOKCHAIN-ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ СИСТЕМ ІОТ	27
21.	<b>М.І. Паламар, А.З. Джинджиристий</b> ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИКИ КОСИНУСА КУТА ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	29
22.	<b>О.А. Дідуник, М.В. Дрозд, А.П. Заблоцький, А.М. Курко</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПРИМІЩЕНЬ	30
23.	<b>Л.Р. Цьока, В.І. Довганич</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ КВАДРОКОПТЕРАМИ ТА ДРОНАМИ	31
24.	<b>М.М. Долик</b> ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦИФРУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ	32