

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя  
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

# **ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ**

методичні вказівки до лабораторних занять  
для студентів освітнього рівня «бакалавр» спеціальності  
131 «Прикладна механіка» освітніх програм «Інжиніринг технологій  
машинобудування та зварювання»  
і «Прикладна механіка»

Тернопіль  
2025

Укладачі:

*Барановський В.М.*, докт. техн. наук, професор;  
*Паньків М.Р.*, канд. техн. наук, доцент;  
*Комар Р.В.*, канд. техн. наук, доцент;  
*Паньків В.Р.*, канд. техн. наук, доцент.

Рецензент:

*Пилипець О.М.*, канд. техн. наук, доцент.

Методичні вказівки розглянуто й схвалено на засіданні методичного семінару кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.  
Протокол № 6 від 9 січня 2025 року.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.  
Протокол № 6 від 11 лютого 2025 року.

М-11

**Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Технології та устаткування машинобудівних виробництв», розділу «Проектування технологічної оснастки» для студентів освітнього рівня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітніх програм «Інжиніринг технологій машинобудування та зварювання» і «Прикладна механіка» / Укладачі : Барановський В.М., Паньків М.Р., Комар Р.В., Паньків В.Р. – Тернопіль : 2025. – 36 с.**

Відповідальний за випуск: *доц. Комар Р.В.*

© Барановський В.М., Паньків М.Р.,  
Комар Р.В., Паньків В.Р. .... 2025  
© Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя, ..... 2025

## ЗМІСТ

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                                          | 4  |
| 1 Мета і завдання дисципліни .....                                                   | 5  |
| 2 Порядок виконання та оформлення звітів лабораторних робіт .....                    | 6  |
| 3 Лабораторна робота №1. Дослідження магнітних сил у верстатних пристосуваннях ..... | 7  |
| 4 Лабораторна робота №2. Дослідження запобіжного патрона для мітчиків .....          | 15 |
| 5 Лабораторна робота №3. Дослідження цангових патронів .....                         | 28 |
| Перелік використаної літератури .....                                                | 36 |

## ВСТУП

Засоби технологічного оснащення, що доповнюють технологічне обладнання для виконання певної частини технологічного процесу та встановлені на технологічному устаткуванні для виконання даної технологічної операції називаються технологічним оснащенням. При механічній обробці різанням до технологічного оснащення відносяться верстатні пристосування, різальний та вимірювальний інструмент.

Незважаючи на широкий спектр покупних елементів верстатних пристосувань на ринку, вибір раціонального оснащення конкретного виробництва залишається актуальним. Тим більше, що модернізація машинобудування у зв'язку із переходом на цифрові технології ставить завдання точного формулювання вимог до верстатних пристроїв при автоматизованій підготовці виробництва.

Заготовка, що обробляється, закріплена в пристосуванні, знаходиться у рівновазі внаслідок дії сил як виникають у процесі обробки, так і затиску та реакції опор. Основними силами процесу обробки є сили різання. При розрахунку сил затиску також враховуються сили ваги, відцентрові та інерційні сили, що виникають за умов високої частоти обертання заготовки. Аналогічно різальний інструмент повинен перебувати в рівновазі при впливі всіх силових факторів.

Методичні вказівки містять основні рекомендації щодо аналізу технічних вимог і виявлення технологічних задач під час конструювання і розрахунку технологічної оснастки, а також ознайомлення з типовими елементами і механізмами та класифікацією і структурою систем верстатного устаткування

Основна мета методичних вказівок полягає у ознайомленні студентів із конструкціями затискних механізмів та приводів оснастки та набуття навиків виконання їх точнісних і силових розрахунків та розробки принципових схеми пристосувань і їх загального компоновання з вибором установчих та інших елементів.

## **1 Мета і завдання дисципліни**

Викладання дисципліни «Технології та устаткування машинобудівних виробництв» у 7-му навчальному семестрі має за мету підвищення загальноосвітнього теоретичного і практичного професійного рівня майбутніх фахівців (бакалаврів) шляхом вивчення теоретичних основ та положень з конструювання і розрахунку технологічної оснастки, а також ознайомлення з типовими елементами і механізмами та класифікацією і структурою систем верстатного устаткування.

Основною задачею вивчення дисципліни протягом другого семестру є ознайомлення студентів із конструкціями затискних механізмів та приводів оснастки та набуття навиків виконання їх точнісних і силових розрахунків та розробки принципових схеми пристосувань і їх загального компонування з вибором установчих та інших елементів.

За результатами вивчення даного розділу дисципліни студент повинен продемонструвати такі результати навчання:

РН7 застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам;

РН14. Здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей –

загальних:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

фахових:

ФК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів,

конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;

ФК3. Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів.

ФК4. Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації.

ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

## **2 Порядок виконання та оформлення звітів лабораторних робіт**

Ознайомитись із теоретичними відомостями та завданням до роботи і отриману інформацію оформити у вигляді звіту у наступній послідовності:

- номер лабораторної роботи і її назва;
- мета роботи;
- короткі теоретичні відомості (приблизно 1,5...2 сторінки);
- виконати завдання вказане у лабораторній роботі;
- сформулювати висновок по виконаній роботі.

Звіт оформляється у зошиті на 12-18 арк. або ж на аркушах формату А4 (з рамками і титульною сторінкою). Звіт виконують рукописним способом із висотою букв не менше 2,5 мм з обох сторін аркуша (для зошитів) і на одному боці (аркуші формату А4). Допускається окремі частини звіту (таблиці, ілюстрації) представляти роздруковками з електронних носіїв.

Текст звіту рекомендовано писати дотримуючи таких розмірів полів: ліве – не менше 25, праве – не менше 10, верхнє – не менше 15, нижнє – не менше 20 міліметрів. Абзаци в тексті починають відступом, що дорівнює 5 знакам або 12,5 мм. Текст необхідно писати розбірливо чорнилом синього або чорного кольору. Щільність рукописного тексту 26 рядків на сторінці і не менш 45 знаків у повному рядку. Всі слова пишуться повністю. Допускаються тільки скорочення передбачені ДСТУ 3582:2013.

Після успішного виконання всіх лабораторних робіт оформлені звіти здають викладачеві для отримання заліку.

Лабораторна робота № 1

**ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНИХ СИЛ У ВЕРСТАТНИХ  
ПРИСТОСУВАННЯХ**

**Мета роботи:** вивчити конструкцію магнітної плити та встановити залежність сили притискання деталі до магнітної плити від висоти заготовки та площі її поверхні.

**Теоретична частина**

Для встановлення оброблюваних заготовок на металорізальних верстатах використовують пристрої різних конструкцій - механічні, електричні, магнітні, пневматичні та ін. Одними з найбільш часто використовуваних пристроїв (особливо при шліфуванні) є магнітні.

У роботі розглядається один тип магнітного пристрою – магнітна плита з постійними магнітами.

Конструкція та принцип роботи магнітної плити. До магнітних пристроїв, призначених для закріплення деталей, відносяться різні електромагнітні та магнітні пристрої, такі як плити, патрони, планшайби, кубики, призми, розмічальні стійки і т.д.

У електромагнітних пристосуваннях використовується змінне електромагнітне поле. Вони відрізняються порівняльною простотою пристрою, відсутністю дефіцитних матеріалів, відносно низькою вартістю та простотою управління. Однак сильне електромагнітне поле, що поширюється на досить велику відстань від робочої поверхні пристосування, необхідність постійного підведення електричного струму, нагрівання, недостатня сила тяжіння і надійність обмежують область застосування електротромагнітного оснащення.

Переміщення магнітних блоків - найчастіше використовуваний спосіб управління магнітними пристроями, при якому відведення магнітного потоку, що здійснює роботу з тяжіння деталі, відбувається методами шунтування та нейтралізації.



При шунтуванні на шляху прямування магнітного потоку створюються ділянки зі значно меншим магнітним опором, ніж опори ділянок, якими потік замикався, притягуючи деталь.

На рисунку 1.1 показана схема магнітної плити, керованої методом шунтування.

У положенні «включено» магнітний потік, створюваний магнітом 1, через полюсник з м'якого заліза 9 підводиться до деталі 6 і далі через полюсник 8, магнітопровід 2 і основу 3, виготовлену із магнітного металу, замикається на південному полюсі магніту. Пройти коротшим шляхом магнітний потік не може, оскільки магнітопроводи та магніт розділені немагнітною вставкою 7. При переміщенні магнітного блоку 4 праворуч на відстань  $l$  магніти займуть положення під немагнітною вставкою 7, і, оскільки її ширина значно менше ширини полюса магніту, магнітний потік може йти через полюсники 8 та 9. Це перший шлях. Другий шлях - як за включеного магніту - через деталь. У першому випадку магнітний опір шляху магнітного потоку менше, тому більша частина потоку піде не через деталь, а по полюсниках 8 і 9, магнітопроводах 2, основи 3 і магніту 1. Деталь у цьому у разі вільно знімається з пристосування.

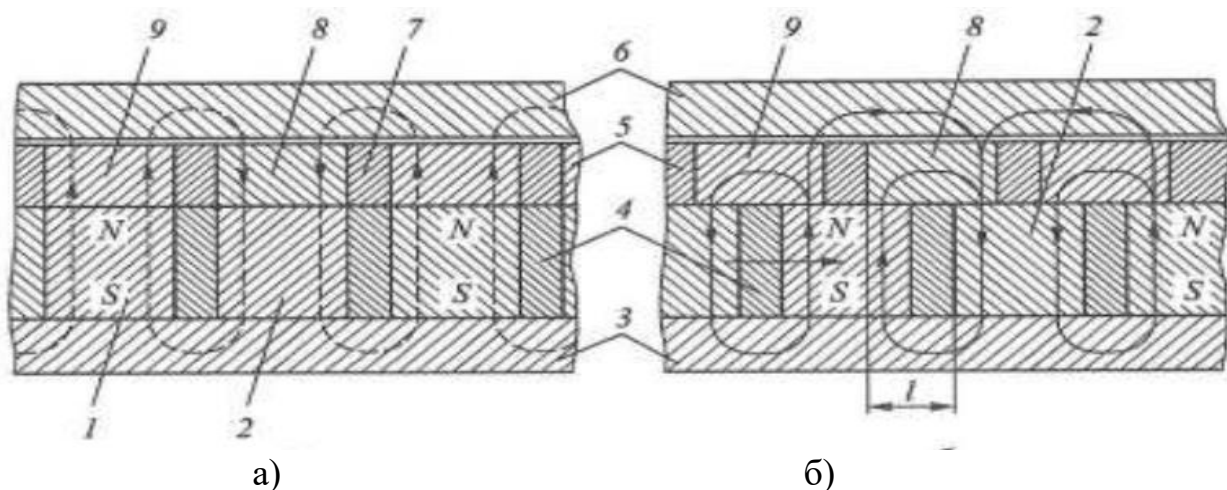


Рисунок 1.1 – Схема відключення магнітного потоку способом шунтування у положенні «включено» (а) та «вимкнено» (б):  
1 – магніт; 2 – магнітопровід; 3 – основа; 4 – зсувний блок; 5 – кришка;  
6 – деталь; 7 – немагнітна вставка; 8, 9 – полюсники (магнітопроводи)

Для відключення пристрою способом нейтралізації магнітного потоку магнітний блок поділяють на дві самостійні частини: нерухомий блок 2 та рухомий блок 3 (рис. 1.2).

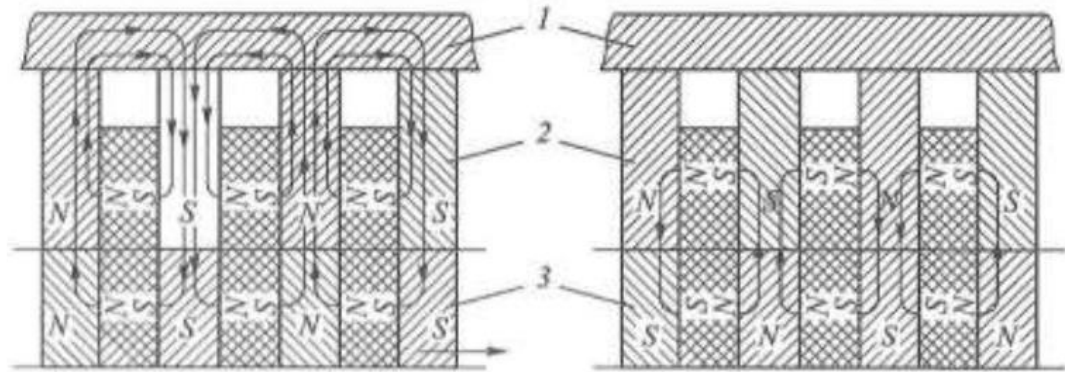


Рисунок 1.2 – Схема відключення магнітного потоку способом нейтралізації у положенні «ввімкнено» (а) та «вимкнено» (б):

1 – деталь; 2 – нерухомий блок; 3 – рухомий блок

При включенні пристрою рухомий блок розташований так, що полюсники рухомого та нерухомого блоку з однією полярністю знаходяться один над одним (полюс  $S$  розташований над  $S$ , і полюс  $N$  над  $N$ ). При цьому магніти блоків об'єднуються в один і утворюється один магнітний потік, який, пройшовши по полюсниках і деталі 1, створює силу, що притягує деталь до пристосування.

Для відключення пристосування рухомий блок переміщують у положення, при якому полярність магнітів, розташованих один над одним у рухомому та нерухомому блоках, протилежна (полюс  $S$  розташований над  $N$  полюс  $N$  над  $S$ ). При цьому утворюються дві системи, розташовані одна над іншою. Оскільки магніти цих систем мають протилежну полярність, магнітний потік буде проходити від одного полюса магніту до іншого найкоротшим шляхом усередині пристосування, минаючи деталь. У цьому випадку магніти нижнього блоку як би нейтралізують дію магнітів верхнього блоку, і деталь не притягуватиметься до пристосування.

Зусилля зсуву блоків може бути досить великим. Для зниження сили застосовують ексцентрикові, гвинтові, черв'якові, зубчасто-рейкові, важільні та інші механізми.

Сила тяжіння тіла до магнітного пристрою  $Q$  визначається за формулою:

$$Q = \frac{B^2}{2 \cdot \mu} \cdot F = \frac{B^2}{8 \cdot \pi} \cdot F, \quad (1.1)$$

де  $B$  – магнітна індукція;

$F$  – площа, через яку проходить магнітний потік;

$\mu$  – магнітна проникність вакууму.

Магнітна індукція залежить від напруженості магнітного поля, що є характеристикою магніту, від магнітної проникності середовища  $\mu$  та довжини магнітопроводу. Довжина магнітопроводу визначається конструкцією пристосування і висотою (товщиною) закріплюваної деталі  $H$ . При збільшенні висоти деталі зростає довжина магнітопроводу і зменшується індукція  $B$ .

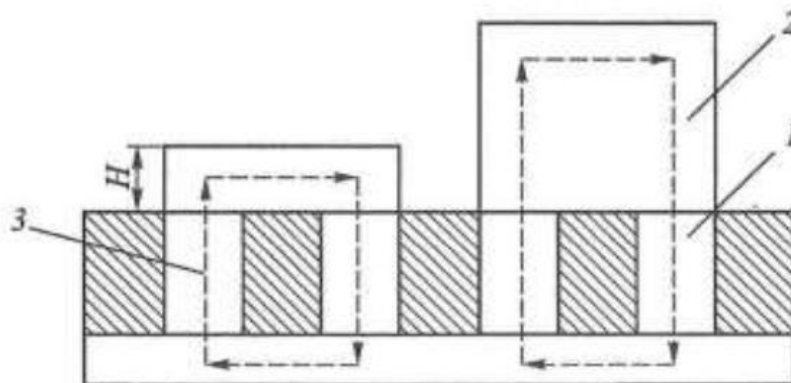


Рисунок 1.3 – Схема магнітного потоку:

1 – магніт; 2 – деталь; 3 – магнітний потік

Сила  $P_{3C}$ , що перешкоджає зсуву заготовки на магнітній плиті (рис. 1.4), пропорційна силі притиску  $Q$  та коефіцієнту тертя між деталлю і поверхнею плити  $K_{TP}$ .

$$P_{3C} = K_{TP} \cdot Q = \frac{B^2 \cdot K_{TP}}{8 \cdot \pi} \cdot F. \quad (1.2)$$

Для використовуваного пристрою магнітна індукція та коефіцієнт тертя невідомі. Тому (з урахуванням того, що для деталей, виготовлених з одного і того ж матеріалу,  $\mu = \text{const}$ ) можна записати:

$$P_{зс} = C \cdot F \cdot K_{TP} \cdot f(H). \quad (1.3)$$

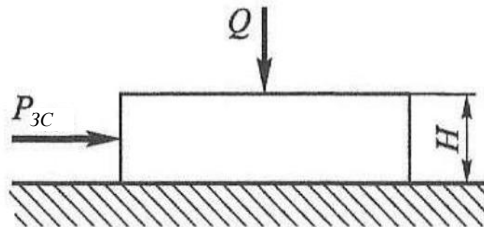


Рисунок 1.4 – Схема дії сил на закріплювану деталь

Виконавши вимірювання зсувної сили для заготовок з різною висотою і площею, можна отримати формули для розрахунку сили притиску даної магнітної плити.

### Експериментальне обладнання

Дослідження, передбачені цією лабораторною роботою, проводяться на спеціальній установці (рис. 1.5 та 1.6) з використанням вимірювальних пристроїв та приладів.



Рисунок 1.5 – Експериментальна установка:

- 1 – магнітна плита; 2 – закріплювана деталь; 3 – шток; 4 – динамометр;  
5 – основа; 6 – монітор блоку вимірювань

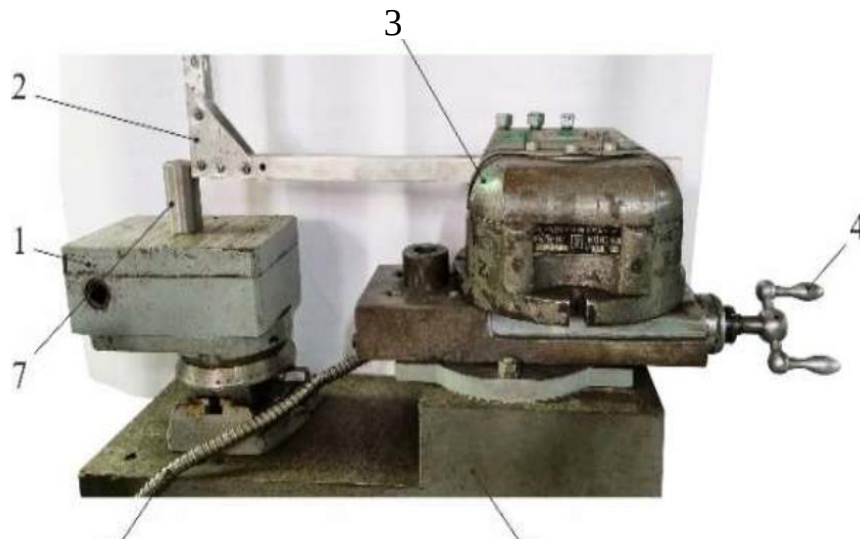


Рисунок 1.6 – Розташування керуючих органів установки:

- 1 – магнітна плита; 2 – шток; 3 – динамометр;  
 4 – рукоятка переміщення динамометра; 5 – основа; 6 – кабель з'єднання  
 з блоком вимірів; 7 – закріплювана деталь

Як зразки для дослідження силових характеристик магнітної плити використовуються циліндричні деталі:

- діаметром 57 мм та з висотою 6, 13, 30, 100 мм;
- з висотою 9 та діаметром 25, 33, 41, 57 мм.

Встановіть, чи можливе шліфування заданої заготовки із заданими параметрами режиму різання (табл. 1.1) на цій магнітній плиті.

Розмір сил затиску розраховується виходячи з умови рівноваги всіх перелічених сил при повному збереженні контакту базових поверхонь оброблюваної деталі та ріжучого інструменту з настановними елементами пристосування та при виключенні можливості зсуву в процесі обробки.

### **Завдання для лабораторної роботи**

1. Визначити залежність сили, що зсуває деталь на магнітній плиті, від висоти заготівлі та площі її основи.
2. Перевірити правильність отриманої формули.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

| №  | $V, \text{м/с}$ | $V_{\text{зз}}, \text{м/с}$ | $t, \text{мм}$ | $S, \text{мм/хід}$ | $B, \text{мм}$ | Твердість<br>шліфувального круга |
|----|-----------------|-----------------------------|----------------|--------------------|----------------|----------------------------------|
| 1  | 30              | 60                          | 0,005          | 12                 | 40             | M2-M3                            |
| 2  | 35              | 20                          | 0,015          | 10                 | 20             | CM1-CM2                          |
| 3  | 30              | 40                          | 0,005          | 4                  | 30             | C1-C2                            |
| 4  | 35              | 50                          | 0,01           | 5                  | 25             | CT1-CT2                          |
| 5  | 30              | 30                          | 0,01           | 6                  | 40             | CT3-T1                           |
| 6  | 35              | 40                          | 0,012          | 5                  | 20             | M2-M3                            |
| 7  | 30              | 50                          | 0,007          | 8                  | 30             | CM1-CM2                          |
| 8  | 35              | 35                          | 0,005          | 10                 | 25             | C1-C2                            |
| 9  | 30              | 45                          | 0,015          | 12                 | 35             | CT1-CT2                          |
| 10 | 35              | 25                          | 0,015          | 14                 | 40             | CT3-T1                           |

### Контрольні питання

1. Що є джерелом енергії закріплення на магнітній плиті?
2. Чи можна закріпити на магнітній плиті деталі з латуні, алюмінію, чавуну, нержавіючої сталі?
3. Чому деталь з більшою шорсткістю утримується на магнітній плиті гірше, ніж деталь із меншою шорсткістю?
4. Як закріпити на магнітній плиті деталь з малою опорною площею поверхні?
5. Чому сила притиску деталі на магнітній плиті зростає при увіличенні висоти деталі нелінійно?
6. Чому сила притиску деталі на магнітній плиті зростає при збільшенні площі деталі?

## Лабораторна робота № 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПОБІЖНОГО ПАТРОНА ДЛЯ МІТЧИКІВ

**Мета роботи:** вивчити принципи роботи та основи розрахунку пружинно-кулькового запобіжного патрона для мітчиків.

#### Теоретична частина

При нарізанні різблення мітчиком у глухих отворах до упору, а також при затупленні мітчика або заклинюванні його в отворі, крутний момент, прикладений до мітчика, може збільшитися настільки, що перевищить гранично допустимий за міцністю мітчика. У цьому випадку станеться поломка мітчика. Тому для запобігання поломці мітчиків застосовують запобіжні патрони, що обмежують крутний момент, що передається від шпинделя до мітчика. Запобіжні патрони бувають різних конструкцій, які можна умовно розділити на декілька груп: фрикційні, зубчасті, кулькові.

У фрикційних патронах крутний момент від хвостовика до мітчика передається через пакет стислих фрикційних дисків. Зміна сили стиснення дозволяє змінювати переданий крутний момент.

Зубчасті запобіжні патрони складаються з двох шайб з нарізаними ними на їх торцях зубами, які зчеплені один з одним. Для забезпечення зчеплення зубчастих шайб їх підтискають один до одного деякою стискаючою силою.

Найбільш надійними і технологічно простими є конструкції запобіжних кулькових патронів.

Попередження поломок різального інструменту здійснюється в пристосуваннях, що мають вбудований механізм регулювання переданого крутного моменту, що дозволяє захистити різальний інструмент від поломки та обробляти деталі з матеріалів з різними механічними властивостями.

Основною характеристикою аналізованих запобіжних патронів є захист інструменту від поломок при зростанні моменту  $M_{кр.р}$  сил різання та його

наближення до величини моменту  $M_{кр.мах}$ , при якому відбувається руйнування інструменту. Особливо важливою ця характеристика є при нарізанні різьб мітчиками з розмірами до M16.

На рис. 2.1 показано конструкцію патрона із запобіжним пристроєм від поломок мітчиків M6-M16, призначена в зборі з державкою для нарізування різьб машинними мітчиками в наскрізних та глухих отворах.

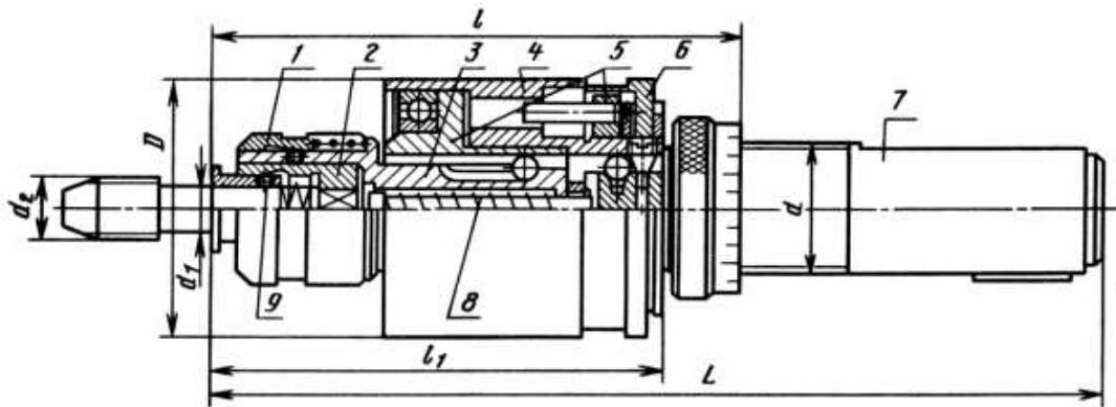


Рисунок 2.1 – Патрон із пристроєм запобігання поломок мітчиків:

- 1 – втулка; 2 – вставка; 3 – мітчикотримач; 4 – корпус;  
5 – кулькова муфта; 6 – гайка; 7 – змінний хвостовик; 8 – пружина;  
9 – кулька

Налагодження складається з корпусу 4 змінного хвостовика 7, запобіжної кулькової муфти 5, висувного мітчикотримача 3, швидкозмінних вставок 2 для мітчиків. Величина крутного моменту регулюється гайкою 6.

Мітчикотримач повертається у вихідне положення після нарізування різьблення і виходу мітчика 10 з нарізаного отвору за допомогою пружини 8. Нарізання різьби відбувається шляхом самозатягування мітчика, завдяки осьовій компенсації за рахунок висування мітчикотримача. Заміна вставки 2 проводиться натисканням на втулку 1 до поєднання її канавки з кулькою 9.

Напрямні механізми осьової компенсації можуть бути двох типів: кочення та ковзання. Напрямні ковзання застосовують при обробці різьблення мітчиками при незначному зміщенні осей попередньо оброблених отворів, яке компенсується радіальними зазорами у з'єднаннях змінної наладки.



В інших випадках у механізмах осьової компенсації застосовують напрямні кочення.

Мінімальна довжина напрямних кочення розраховується за умови:

$$l_H \geq \frac{1.2 \cdot \Delta_H \cdot l_b}{\sqrt{(2 \cdot |\Delta_{cm}| - \Delta_{l \min})^2 - 144 \cdot \Delta_o^2}}, \quad (2.1)$$

де  $l_H$  – відстань між крайніми положеннями кульок у напрямних кочення;

$\Delta_H$  – величина зазору в напрямних;

$\Delta_l$  – сумарний люфт від зазорів у з'єднаннях патрона, наведений до вершини інструменту на вильоті  $l_b$  від передньої опори напрямної;

$\Delta_o$  – допуск биття, наведений до вершини інструменту, від похибок відносного положення поверхонь у деталях патрона та зусиль закріплення;

$\Delta_{cm}$  – гранично допустиме зміщення вершини мітчика від осі шпинделя,  $\Delta_{cm} = 0,3-0,8$  мм для різьб МЗ-М30, що залежить від кроку різьби  $S$ ;

$\Delta_{l \min} = \Delta_{cm 0} + 2\Delta_o$  – мінімальний зазор, приведений до вершини мітчика, де  $\Delta_o$  – найбільше радіальне зміщення осі отвору під різьбу щодо шпинделя.

Для напрямних кочення радіуси  $r_k$  канавок:

$$r_k \geq \frac{1.4 \cdot M_{kp.p \max} \cdot (1 - \mu^2)}{E \cdot d_k \cdot h_k \cdot \cos \alpha_k \cdot \sqrt{\left[ 3.4 \cdot \frac{|\delta_k|}{E^2} \cdot (1 - \varepsilon^2)^{\frac{2}{3}} + 3.1 \cdot 10^{-4} \right]}}, \quad (2.2)$$

де  $M_{kp.p \max}$  – найбільший крутний момент, що передається пристроєм;

$d_k$  – діаметр кульок;

$h_k$  – число канавок;

$\alpha_k$  – кут контакту кульок з напрямними;

$\delta_k$  – допустима контактна напруга;

$\varepsilon$  – коефіцієнт Пуассона,  $\varepsilon = 0,3$ ;

$E$  – модуль пружності.

На рис. 2.2 наведена конструкція зміни налагодження, яка складається з корпусу 1, в отворі якого на кульках 2, встановлених у сепараторі 3, переміщається в межах ходу 6-20 мм пінолі 4, що знаходиться у вихідному

положенні під дією пружин 5 і 6. У змінному налагодженні є можливість осьових переміщень на розтяг  $F$  і стиск  $F_1$ , що забезпечують компенсацію різниці між величиною подачі верстата і кроком нарізуваної різьби. Обертання від корпусу 1 до пінолі 4 передається кульками 7. Для заміни змінної вставки необхідно перемістити втулку 9 вздовж осі по пінолі 4, при цьому упор 12 під дією пружини 11 виштовхує вставку, а кульки 8 з отвору пінолі 4 втоплюються в кільцевій канавці втулки 9, звільняючи простір для наступного встановлення іншої змінної вставки.

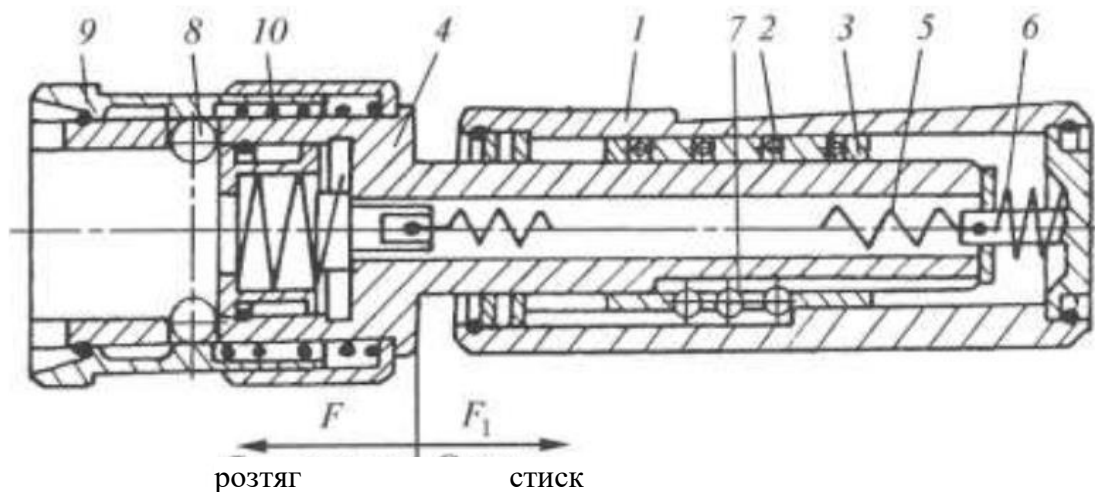


Рисунок 2.2 – Змінне налагодження зі швидкозмінним кріпленням змінної вставки, призначеної для попередження поломок мітчиків:

1 – корпус; 2 – кулька; 3 – сепаратор; 4 – піноль; 5, 6, 10 – пружини;  
7, 8 – кульки; 9 – втулка

Осьова компенсація стиснення  $F_1$  запобігає руйнуванню деталей патрона під час мітчика назустріч патрону. Величина ходу компенсації стиснення  $F_1$  залежить від максимального розміру різьби, що нарізається патроном  $d_p$  і різниці  $\Delta S$  подачі верстата та кроку різьби:

$$F_1 \geq 1.5 \cdot d_p \cdot \frac{1.5 \cdot d_p}{S} \cdot \Delta S. \quad (2.3)$$

Хід компенсації розтягування:

$$F_2 \geq \frac{1.5 \cdot d_p}{S} \cdot \Delta S. \quad (2.4)$$

Така різниця неоднаково впливає на величини  $F_1$  і  $F_2$  і цей вплив заздалегідь невідомий. Для виключення поломок патрона, у формулі (2.3) приймається мінімальною, а у формулі (2.4) — максимально можливою для кожного  $d_p$ . Зі знайдених  $F_1$  і  $F_2$  вибираються найбільші значення.

На рис. 2.3 наведена конструкція змінної вставки, призначеної для запобігання поломки мітчиків.

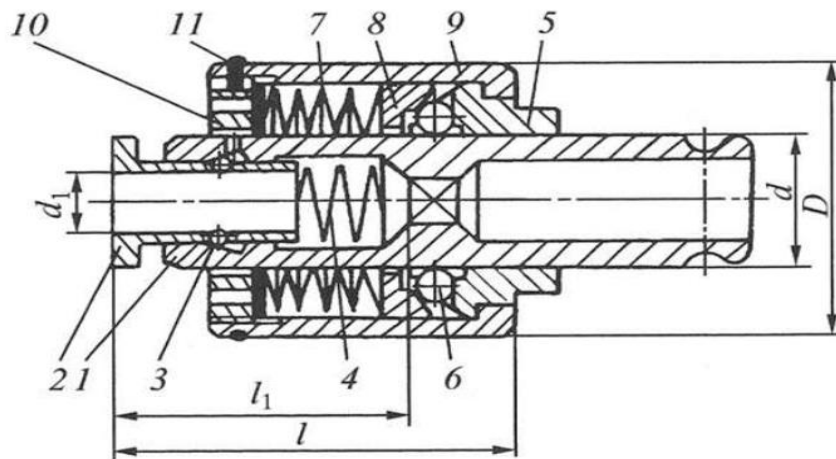


Рисунок 2.3 – Змінна вставка для запобігання поломок мітчиків:

- 1 – корпус; 2 – втулка; 3 – кулька; 4 – пружина; 5 – повідець; 6 – кулька;  
7 – тарілчаста пружина; 8 – чашка; 9 – кожух; 10 – гайка; 11 – кільце

Мітчик встановлюється квадратний отвір корпусу 1 і втулку 2. Затискач мітчика здійснюється кульками 3 при переміщенні втулки 2 пружиною 4. Крутний момент сил різання  $M_{кр.р}$  до корпусу 1 передається приводом 5 через кульки 6, притиснуті пружинами 7 і чашкою 8 лунки корпусу.

Регулювання крутного моменту  $M_o$  забезпечується зміною величин деформації тарілчастих пружин 7 шляхом обертання гайки 10 ключем для регулювання крутного моменту, гайка після цього обов'язково повинна бути зафіксована замковим кільцем 11 в кожусі 9.

Відповідальним вузлом змінних вставок є кулькова муфта. При досягненні моменту сил різання  $M_{кр.р}$  більше, ніж момент  $M_o$ , який налаштовано запобіжний пристрій, повідець розчіплюється з корпусом та відбувається його зупинка. Величина  $M_o$  визначається за такою формулою:

$$M_0 = K_M \cdot f_0 \cdot M_{кр.р}, \quad (2.5)$$

де  $f_0 = 1,25-1,4$  залежно від діаметра різьби;

$K_M$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу.

Значення  $K_M$  наведено у табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Значення поправочних коефіцієнтів  $K_M$

| Матеріал                           | Коефіцієнт $K_M$ |
|------------------------------------|------------------|
| Стали вуглецеві марок 30, 40 і 45: |                  |
| - нормалізована;                   | 1                |
| - покращена                        | 1,25             |
| Сталь вуглецева А11                | 0,85             |
| Сталь легована:                    |                  |
| - нормалізована;                   | 1,1              |
| - покращена                        | 1,3              |
| Чавун сірий, бронза                | 0,75             |
| Латунь                             | 0,55             |
| Алюмінієві сплави                  | 0,4              |

Розраховані значення  $M_{кр.р}$  наведено на рис. 2.4.

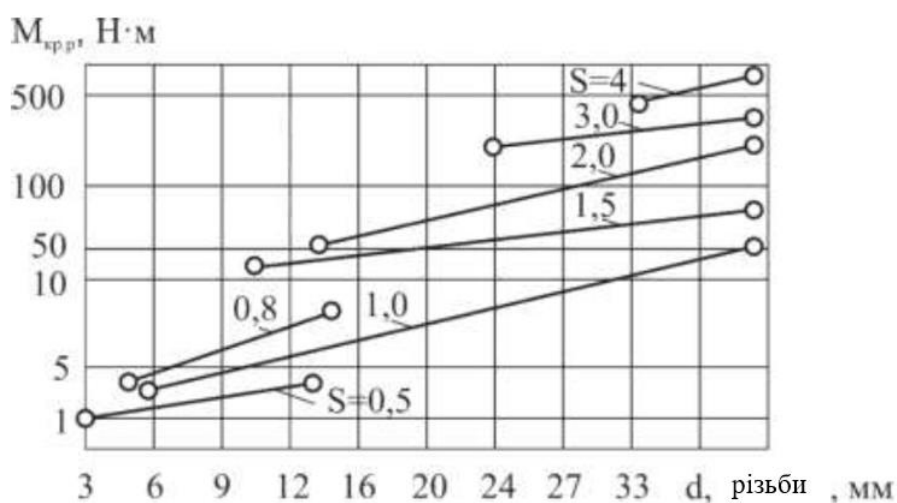


Рисунок 2.4 – Моменти сил різання  $M_{кр.р}$  при нарізанні різьб мітчиками

При досягненні моменту сил різання  $M_{кр.р}$  більше, ніж момент  $M_0$ , на який налаштований запобіжний пристрій, відбувається зупинка корпусу 1 внаслідок прокручування повідка 5 і видавлювання кульок 6 з лунок корпусу. Послідовність роботи кулькової муфти показано на рис. 2.5.

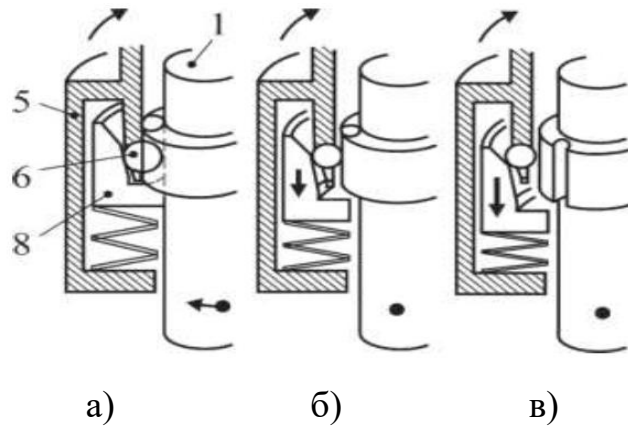


Рисунок 2.5 – Послідовність роботи кулькової муфти при моменті сил різання: а)  $M_{кр.р}$  менше, ніж настроювальний момент  $M_0$ ; б)  $M_{кр.р}$  більше, ніж настроювальний момент  $M_0$ ; в) зупинка обертання корпусу  
(5 – повідок; 6 – кулька; 8 – чашка)

Основними конструктивними параметрами, що визначають функцію кулькової запобіжної муфти, є:

$R_0$  – радіус розташування центрів кульок;  $d_k$  – діаметр кульок;  $n_k$  – їх кількість;  $\alpha_{ч}$  – кут провертання кульок із сепаратором;  $\alpha_k$  – кут контакту кульок з корпусом. На рис. 2.6 представлена розрахункова схема кулькової муфти.

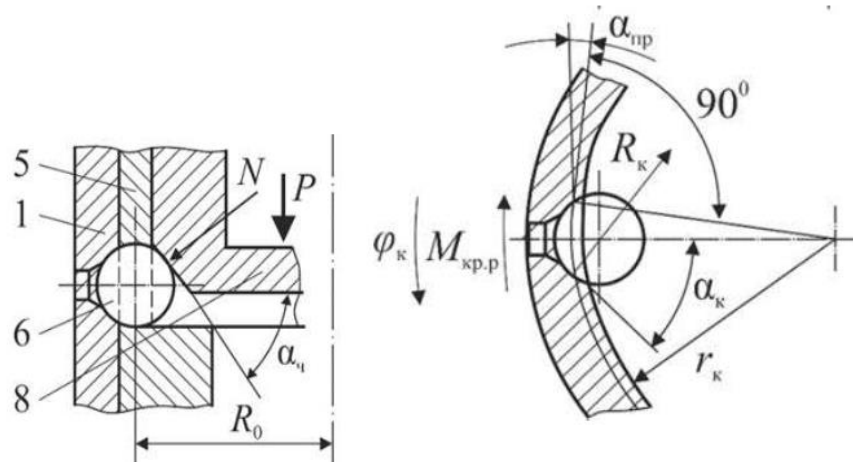


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема кулькової муфти

Ці конструктивні параметри необхідно пов'язувати з вихідними даними, максимальний діаметр нарізаної різьби, граничні габарити.

Шукані параметри визначаються з наступних рівнянь

$$\sin \alpha_k - 2 \cdot f_k \cdot \cos \alpha_k - f_k^2 \cdot s \sin \alpha_k = 0 \quad (2.6)$$

$$\alpha_q = \arcsin \frac{2 \cdot f_q}{1 + f_q^2}$$

де  $f_k$  і  $f_q$  – коефіцієнти тертя при контакті відповідно з корпусом і чашкою.

З метою зменшення зносу робочих поверхонь необхідно створити умови кочення кульок з дотичними напругами, що допускаються, виключаючи ковзання.

В цьому випадку необхідна умова:

$$f_k > (\cos \alpha_k + f_k \sin \alpha_k) \cdot f_n \quad (2.7)$$

де  $f_k$  і  $f_n$  – коефіцієнти тертя в точці контакту кульки з повідцем.

Таблиця 2.2 – Розміри змінних вставок

| Розмір різьби | $D$ | $d$ | $d_1$ | $l$ | $l_1$ | Квадрат мітчика |
|---------------|-----|-----|-------|-----|-------|-----------------|
| M3            | 38  | 19  | 3,15  | 41  | 20,2  | 2,5             |
| M4            |     |     | 4,0   |     |       | 3,15            |
| M5            |     |     | 5,0   |     | 22,5  | 4,0             |
| M6            |     |     | 6,3   |     | 24,5  | 5,0             |
| M8            |     |     | 8,0   |     |       | 6,3             |
| M10           |     |     | 10,0  |     |       | 8,0             |
| M12           |     |     | 9,0   |     | 30,5  | 7,1             |
| M14           | 58  | 32  | 11,2  | 61  | 34,0  | 9,0             |
| M16           |     |     | 12,5  |     |       | 10,0            |
| M18–M20       |     |     | 14,0  |     | 39,0  | 11,2            |

На початку спрацьовування пристрою, коли ( $R_k = 0$ , радіус розташування центрів кульок  $R_0$ ):

$$P = \frac{M0 \cdot (\cos \alpha_q - f_q \cdot \sin \alpha_q) \cdot [\sin \alpha_q] \cdot f_n}{(\cos \alpha_k + f_k \cdot \sin \alpha_k) \cdot f_n} \quad (2.8)$$

А зусилля  $P$  стиснення пакету тарілчастих пружин:

$$P = \frac{M_0 \cdot (\cos \alpha_q - f_q \cdot \sin \alpha_q) \cdot [\sin \alpha_{k0} - f_n \cdot (1 - \cos \alpha_{k0})]}{(1 - f_n \cdot f_q) + \cos \alpha_q \cdot (f_n + f_q) \times [\cos(\alpha_{k0} + \alpha_{np0}) \cdot (1 - f_n \cdot \sin \alpha_{k0}) + f_n \cdot \cos \alpha_{k0} \cdot \sin \alpha(\alpha_{k0} + \alpha_{np0})]}$$

Таблиця 2.3 - Дані для регулювання крутних моментів  $M_0$

| Діаметр<br>різьби | $M_0$ , Н · м при кроці різьби, мм |     |     |      |      |      |      |    |     | $\Delta M_0$ ,<br>% |
|-------------------|------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|----|-----|---------------------|
|                   | 0,5                                | 0,7 | 0,8 | 1    | 1,25 | 1,5  | 1,75 | 2  | 2,5 |                     |
| 3                 | 1,2                                | —   | —   | —    | —    | —    | —    | —  | —   | +15                 |
| 4                 | —                                  | 1,3 | —   | —    | —    | —    | —    | —  | —   |                     |
| 5                 | 1,4                                | —   | 2   | —    | —    | —    | —    | —  | —   | +25                 |
| 6                 | 1,7                                | —   | 3,2 | 4    | —    | —    | —    | —  | —   |                     |
| 8                 | 2,6                                | —   | 4,5 | 5,2  | 8    | —    | —    | —  | —   |                     |
| 10                | 2,7                                | —   | 4,8 | 6,6  | 11   | 15   | —    | —  | —   |                     |
| 12                | 3,6                                | —   | 6,4 | 8    | 13,2 | 17,4 | 24   | —  | —   | +30                 |
| 14                | 4,2                                | —   | 7,8 | 9,2  | —    | 20   | —    | 36 | —   |                     |
| 16                | —                                  | —   | —   | 10,6 | —    | 24   | —    | 42 | —   |                     |
| 18                | —                                  | —   | —   | 12   | —    | 26   | —    | 47 | 73  |                     |
| 20                | —                                  | —   | —   | 13,2 | —    | 29   | —    | 52 | 81  | +40                 |

## Експериментальне обладнання

У даній лабораторній роботі використовується кульковий запобіжний патрон. Конструкція патрона містить кульковий запобіжний пристрій, що складається з двох шайб в одній, з яких (нижньої) виконані пази, а в другій (верхній) розміщені кульки (рис. 2.7).

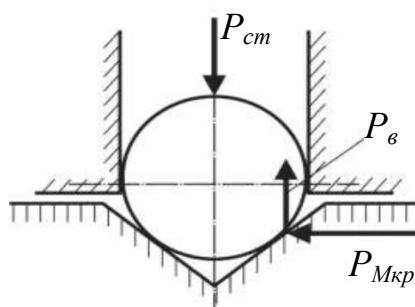


Рисунок 2.7 – Схема роботи кулькового запобіжного патрона

Під дією деякої сили  $P_{\epsilon}$  кульки входять до отворів. Вони виникає під впливом крутного моменту і сили  $P_{Mkr}$ , яка виштовхує кульки з пазів. Якщо  $P_{\epsilon} < P_{cm}$ , то кульки не виходять з пазу і передають крутний момент з верхньої шайби на нижню. Якщо  $P_{\epsilon} > P_{cm}$ , то кульки виходять із зачеплення з пазом і передача крутного моменту не відбувається – патрон «клацає», тобто верхня шайба обертається, а нижня – ні.

Розрахунок запобіжного патрона проводять у наступній послідовності:

1. Визначають максимально допустимий момент різання  $M_{max}$ .
2. За максимально допустимим моментом різання визначають осьову притискову силу  $P_{cm}$ .
3. За притисковою силою, визначають положення елементів її визначальних (наприклад, ступінь стиснення пружин визначається положенням регулювальної гайки).

Максимально допустимий момент різання  $M_{max}$ , що діє на мітчик, це такий момент, який не зруйнує мітчик протягом усього часу його експлуатації.

Так як  $M_{риз}$  залежить від конструкції мітчика та марки матеріалу, з якого він виготовлений, то момент  $M_{max}$  визначається міцністю мітчика. Однак, розрахунок міцності мітчика є складним завданням, яке не доцільно вирішувати при налаштуванні запобіжного патрона, для цього використовують непрямі дані, що базуються на виробничому досвіді.

Справа в тому, що міцність мітчиків розраховують при їх проектуванні, тому всі мітчики, прийняті в експлуатацію, не руйнуються при впливі на них моментом різання (інакше вони б усі ламалися і різьби нарізати не могли).

Отже, як максимально допустимий момент різання можна використовувати момент, що діє на мітчик при нарізанні ним різьби – момент різання  $M_{риз}$ . Зазвичай  $M_{риз}$  менше  $M_{max}$ , але це тільки підвищує запас міцності, що вводиться під час розрахунку.

Так як величина  $M_{риз}$  визначається емпірично, існує ймовірність перевищення реального крутного моменту над розрахунковим. Тому при розрахунку запобіжних патронів моменту різання збільшують на 5–15 % для



того, щоб патрон не спрацював при випадковому невеликому допустимому перевищенні крутного моменту заданої величини.

Розрахунок моменту різання, що виникає при нарізанні різьб мітчиком, виконується за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_{мр} \cdot K_{мат} \cdot K_i \cdot K_{тр} \quad (2.9)$$

де  $P$  – крок різьби, мм;

$D$  – номінальний діаметр різьби, мм;

$K_{мр}, K_{мат}, K_i, K_{тр}$  – поправочні коефіцієнти.

Сила, що виникає від дії крутного моменту, виштовхнути кульки з пазів. Цьому перешкоджає підтискаюча сила, яка спрямована вздовж його осі отвору патрона і створюється підтискними пружинами. Осьову силу  $P_{ст}$ , що діє на кульки (силу стиснення пружини), можна визначити з виразу

$$P_{ст} = \frac{2M_{кр}}{D_k} \cdot [\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - f], \quad (2.10)$$

де  $M_{кр}$  – граничний крутний момент, Нм;

$D_k$  – діаметр, на якому розташовується кульки, м;

$\alpha$  – кут конуса отвору в напівмуфті, в якій розташовується кулька;

$\varphi$  – кут тертя між кульками та контактною поверхнею ( $\varphi = 5-6^\circ$ );

$f$  – коефіцієнт тертя між кулькою та стінкою отвору ( $f = 0,1$ ).

Налаштування патрона полягає в регулюванні відстані  $H$  між шайбами. На практиці зручніше користуватися тарувальним графіком, який дозволяє підібрати відстань  $H$  між шайбами, щоб створити необхідну стискаючу  $P_{ст}$ .

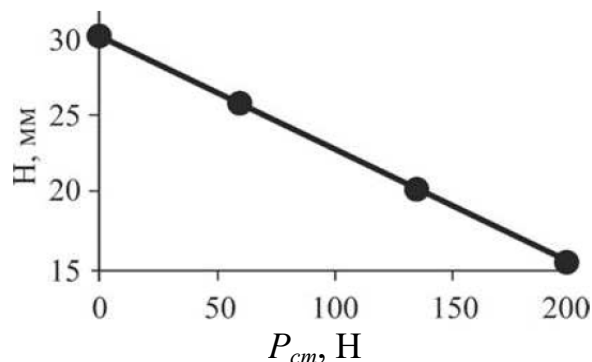


Рисунок 2.8 – Тарувальний графік

Стискаюча кульки сила створюється пружинами. Для створення сили, що підтискає певної величини слід стиснути пружини до певної величини. У патроні регулювання стиснення пружин проводиться регулювальною гайкою.



Рисунок 2.9 – Вимірювання крутного моменту:

- 1 – шпиндель свердлильного верстата; 2 – хвостовик кулькового запобіжного патрона; 3 – регулювальна гайка; 4 – натискне кільце;  
5 – пружини; 6 – нерухома шайба; 7 – рухома шайба; 8 – оправка;  
9 – заготовка; 10 – кулачковий патрон; 11 – динамометр

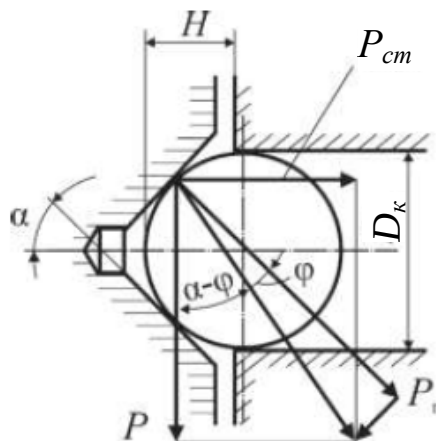


Рисунок 2.10 - Розрахункова схема визначення стискаючої сили

### Завдання для лабораторної роботи

Розрахувати для заданого мітчика максимально допустимий крутний момент, налаштувати запобіжний патрон і перевірити його на спрацювання. Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для виконання розрахунків

| № | Діаметр мітчика, мм | Крок різьби, мм | Оброблювальний матеріал       |
|---|---------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1 | M10                 | 1,5             | сталь вуглецева (600 Мпа)     |
| 2 | M6                  | 1               | сталь вуглецева (600-800 мПа) |
| 3 | M8                  | 1,25            | сталь легована (700 Мпа)      |
| 4 | M4                  | 0,7             | сталь легована (700-800 мПа)  |
| 5 | M6                  | 1               | чавун сірий (HB 140)          |
| 6 | M8                  | 1,25            | чавун сірий (HB 140-180)      |
| 7 | M10                 | 1,5             | чавун сірий (HB 180)          |
| 8 | M6                  | 1               | чавун ковкий                  |
| 9 | 8                   | 1,25            | сталь вуглецева (600 Мпа)     |

### Контрольні питання

1. Для яких розмірів мітчиків доцільно застосовувати запобіжний патрон?
2. На які групи поділяються конструкції запобіжних патронів?
3. Для чого потрібен вбудований механізм регулювання переданого крутного моменту в патронах для нарізання різьблення мітчиками в автоматичному режимі?
4. Для якої мети у різьбонарізних патронах передбачають можливість осьових переміщень на розтягування та стискання?
5. У чому перевага патрона зі змінними вставками перед універсальним патроном, що налаштовується на різні розміри мітчиків та оброблювані матеріали?

## Лабораторна робота № 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЦАНГОВИХ ПАТРОНІВ

**Мета роботи:** вивчити конструкції цангових патронів та їх характеристики.

#### Теоретична частина

Для закріплення прутків у шпинделях токарних автоматів та ріжучого інструменти з циліндричним хвостовиком використовуються різні конструкції затискних пристроїв, серед яких найпоширенішими є цангові патрони.

Для встановлення різального інструменту з циліндричним хвостовиком розроблені та використовуються наступні типові конструкції затискних пристроїв. У цанговому патроні (рис. 3.1) основними поверхнями базування і закріплення є зовнішня конічна та внутрішня циліндрична поверхні цанги 1 і циліндрична поверхня закріплюваного інструменту 2. Під впливом натяжної гайки 3 створюється пружна деформація розрізної цанги і виникають сили тертя для опору крутному моменту сил різання.

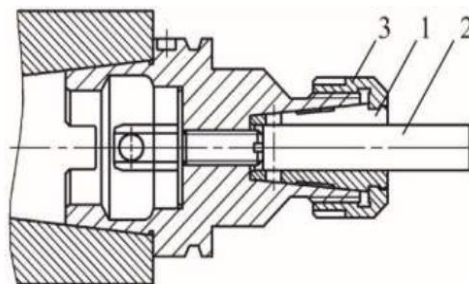


Рисунок 3.1 – Цанговий патрон

У перехідній втулці 1 з одностороннім притиском гвинтом 3 (рис. 3.2) основними для базування та закріплення є внутрішня циліндрична поверхня втулки і циліндрична поверхня закріплюваного інструменту 2. За рахунок тиску гвинта 4 виникають сили тертя, які опираються моментів сил різання.

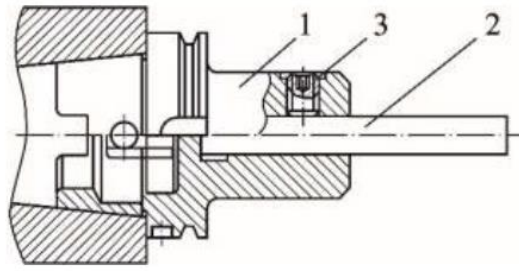


Рисунок 3.2 – Втулка з одностороннім притиском гвинтом (тип «Weldon»)

У гідравлічному патроні (рис. 3.3), як і в цанговому патроні, на циліндричній поверхні закріплюваного інструменту 2 тертя створюється за рахунок рівномірного тиску пружних стінок патрона, що переміщуються під дією тиску рідини, створюваної гвинтом-плунжером 3.

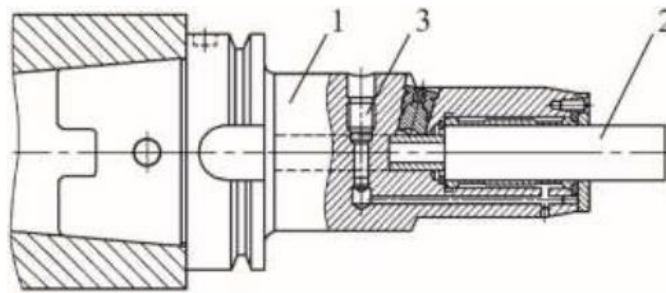


Рисунок 3.3 – Гідравлічний патрон

У втулці 1 з «термозатиском» (рис. 3.4) закріплення ґрунтується на тому, що після нагрівання втулки в її посадковий отвір вставляється циліндричний хвостовик інструменту 2, який після охолодження закріплюється «гарячою посадкою» з дуже високим коефіцієнтом тертя.

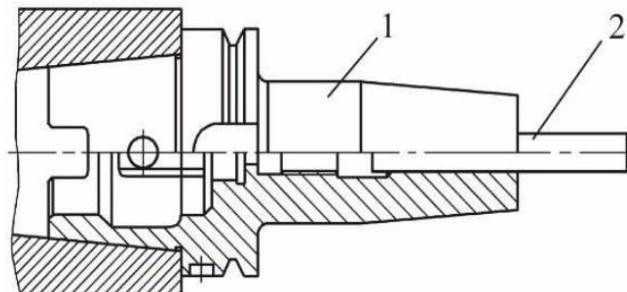


Рисунок 3.4 – Втулка з термозатиском (термічний патрон)

При виборі затискного пристрою для закріплення інструменту з циліндричним хвостовиком керуються такими критеріями:

- а) витрати часу обслуговування;
- б) габарити;
- в) початковий дисбаланс;
- г) величина биття закріпленого інструменту;
- д) податливість;
- е) діапазон діаметрів хвостовиків, що закріплюються, одним патроном;
- ж) витрати на обладнання для збирання та розбирання компоновок інструменту.

За цими критеріями найбільш ефективним вважається застосування таких затискних пристроїв як цангові та гідравлічні патрони, які застосовують для кріплення інструменту з циліндричним хвостовиком 3-20 мм.

Основним затискним елементом цангових патронів є цанга, визначальна собою точно виготовлену загартовану втулку з поздовжніми прорізами. Цанга має пружні властивості і забезпечує точне центрування інструменту.

Схема цангового затиску з однокутною цангою з кутом  $\alpha = 2,5-15^\circ$ , різаною з двох сторін, представлена на рис. 3.5. При обертанні гайки 3 по різьбі корпусу 1 цанга 2 затискає хвостовик 4 діаметром  $d_{хв}$ .

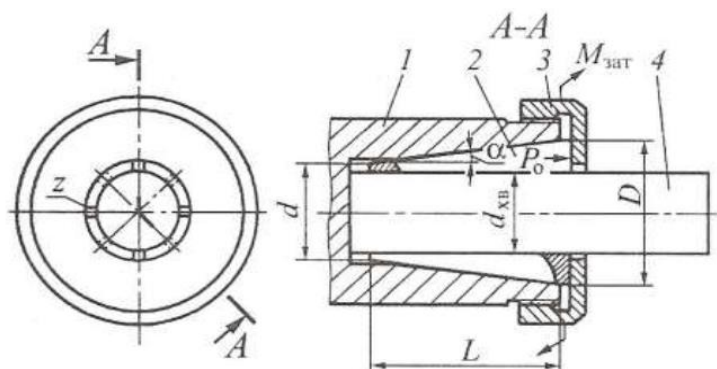


Рисунок 3.5 – Схема кріплення інструменту у цанговому патроні:

$P_0$  – осьова сила затяжки, Н;  $M_{зат}$  – момент затягування гайки, Н·м;

$D$  – діаметр зовнішнього торця цанги, мм;  $d_{хв}$  – діаметр хвостовика інструменту, мм;  $\alpha$  – кут ухилу конічної поверхні цанги, град;  $z$  – кількість прорізів у цанзі, шт.;  $L$  – довжина робочої частини, мм.

Контроль якості виготовлення цангових патронів здійснюється комплексно шляхом вимірювання биття циліндричної поверхні контрольної оправки, закріпленої в патроні, щодо осі обертання шпинделя верстата за схемою на рис. 3.6.

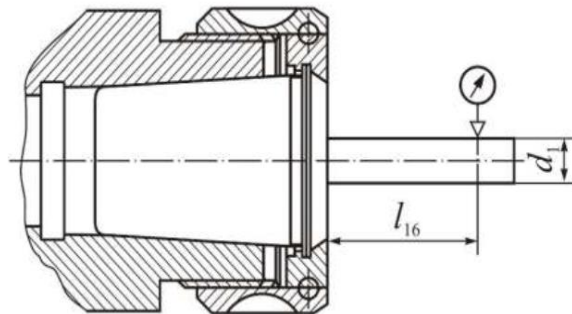


Рисунок 3.6 - Схема контролю радіального биття цангових патронів

Таблиця 3.1 – Вибір розмірів налагодження контрольної операції

| Діаметр контрольної оправки $d_1$ | $l_{16}$ | Границя биття |
|-----------------------------------|----------|---------------|
| 3-6                               | 16       | 0,015         |
| 6-10                              | 25       | 0,020         |
| 10-16                             | 55       | 0,030         |
| 16-20                             | 60       |               |

У цанговому патроні для кріплення кінцевих фрез діаметром 20-40 мм (рис. 3.7), збірна гайка складається з гайки 4, проміжного кільця 3 і цанги 2.

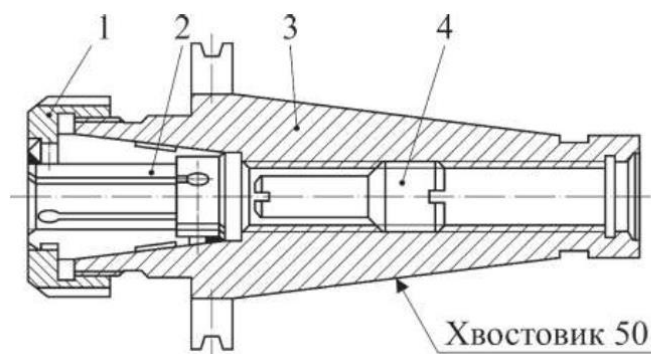


Рисунок 3.7 – Патрон для кріплення кінцевих фрез:

1 – гайка; 2 – цанга; 3 – корпус; 4 – регулювальний гвинт

Цангові патрони застосовують для закріплення деталей та заготовок (прутків), а також різальних інструментів з циліндричним хвостовиком діаметром. Основним затискним елементом таких патронів є цанга, представляє собою точно виготовлену загартовану втулку з поздовжніми прорізами. Цанга має пружні властивості і забезпечує точність центрування інструменту.

Затискання цанги відбувається під дією радіальних сил, що виникають при осьовому натисканні на затискний конус цанги. Такі цангові патрони розділяють на два види за розташуванням затискного конуса. Конус може бути розміщено на затискній гайці (рис. 3.8) або корпусі цангового патрона (рис. 3.9).

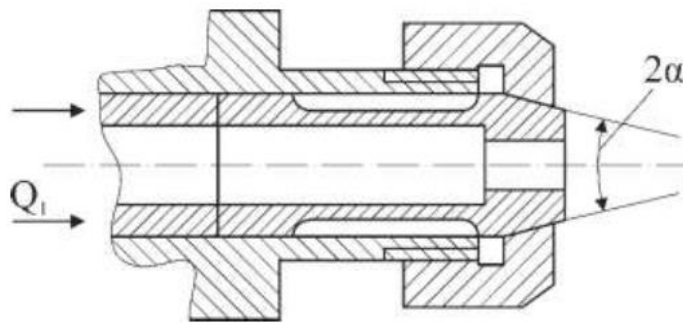


Рисунок 3.8 – Цанговий патрон для кріплення прутків з конусом під цангу в гайці

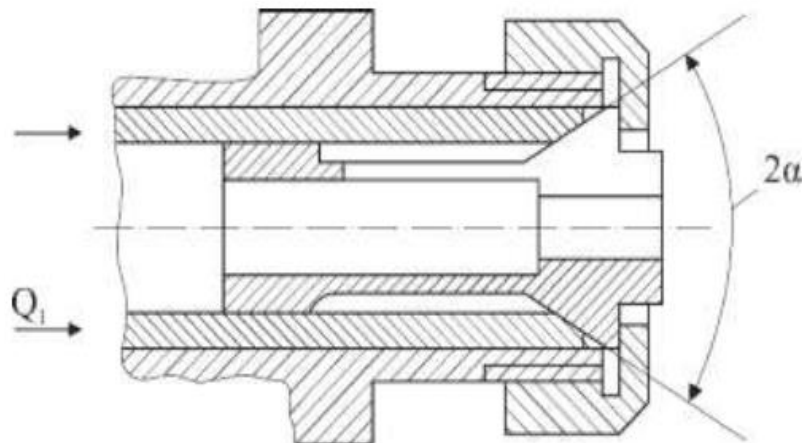


Рисунок 3.9 – Цанговий патрон для кріплення прутків з конусом під цангу у корпусі



## Експериментальне обладнання

У лабораторній роботі використовується таке обладнання:

1. Модель цангового патрона із комплектом цанг різного діаметру (рис. 3.10).
2. Комплект деталей із циліндричними хвостовиками для закріплення у цанговому патроні (рис. 3.11) з діаметрами циліндричного хвостовика деталі 16,09; 16,00; 15,70; 15,30; 15,10 мм.
3. Штатив із закріпленням у ньому вимірювальним наконечником.
4. Універсальний токарний верстат 1К620 із трикулачковим патроном діаметром 250 мм.



Рисунок 3.10 – Модель цангового патрона з комплектом цанг



Рисунок 3.11 – Деталі з циліндричним хвостовиком



Рисунок 3.12 – Вимірювання точності закріплення деталі в цанговому патроні в осьовому напрямку: 1 – токарний патрон; 2 – модель патрона; 3 – деталь; 4 – штатив; 5 – індикатор

## Завдання для лабораторної роботи

Визначити точність закріплення контрольних оправок у цанговому патроні.

Послідовність виконання лабораторної роботи:

1. Отримайте у викладача модель вашого патрона, комплект цанг та інструмента для закріплення.

2. Вивчіть набір цангових патронів різних конструкцій. Виконайте у звіті креслення загальних видів цих патронів.

3. Встановіть модель патрона у трикулачковий патрон токарного верстата (рис. 3.12).

4. Встановіть штатив із закріпленням у ньому вимірювальним наконечником.

5. Виконайте вимір осьового зміщення оправки при закріпленні у цанговому патроні для цанг різного діаметра. Для цього:

- встановіть оправку в цангу та злегка (від руки) затягніть гайку.
- розташуйте вимірювальний наконечник вздовж осі патрона і підведіть його до торця закріплюваної оправки (див. рис. 3.1). Встановіть "0".

- затягніть гайку цангового патрона. Для підвищення точності при повторюваності дослідів затяжку повинна проводити одна і та ж людина з однаковим зусиллям.

- визначте осьове зусилля  $Q_1$ .

- розкріпіть цангу. Перемістіть закріплювану оправку і повторіть вимірювання (необхідно виконати щонайменше 3 заміри).

- розрахуйте середнє значення осьового зусилля.

6. Побудуйте залежність осьового зміщення оправки, що виникає при затягування цангового патрона.

7. Виконайте вимірювання радіального биття оправки, закріпленої у цанговому патроні. Для цього:

- встановіть оправку в цангу та затягніть гайку.
- розташуйте вимірювальний наконечник на висоті осі центрів верстата перпендикулярно осі патрона з підтиском до поверхні оправки.

- повільно переверніть патрон і визначте, в якому кутовому положенні спостерігається мінімальне радіальне зміщення. У цьому положенні установіть «0» на індикаторі.

- повторіть вимірювання для різних оправок (див. табл. 3.2).

8. Побудуйте залежність величини радіального биття від діаметра оправки.

9. За отриманими залежностями визначте передбачувану точність закріплення стандартних свердл з циліндричним хвостовиком у цанговому патроні.

10. Зробіть висновки.

### **Контрольні питання**

1. Навіщо використовують цангові патрони?

2. Розташуйте патрони в порядку зростання точності закріплення деталей у ньому: цанговий, трикулачковий, гідропластовий, Велдон.

3. Запропонуйте конструктивне рішення для запобігання осьовому зміщенню закріплюваної деталі.

4. Чому у цангового патрона з'являється радіальне биття та осьове зміщення?

5. Яка цанга еластичніша: з розрізами в одному напрямку чи із зустрічними розрізами?

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гевко Б. М., Дичковський М. Г., Матвійчук А. А. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навчальний посібник. Київ: Кондор, 2009. 220 с.
2. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навчальний посібник. Львів: Новий світ. 2006. 576 с.
3. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А. Технологія машинобудування: підручник. Житомир: ЖДТУ, 2005. 876 с.
4. Технологія машинобудування: посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: навчальний посібник / І. І. Юрчишин та ін. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 528 с.
5. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні у машинобудуванні. Київ, Вища школа, 1993. 414 с.
6. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
7. Комар Р.В., Паньків М.Р., Сенчишин В.С. Технології та устаткування машинобудівних виробництв. Виробництво заготовок: навчальний посібник для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 152 с.