

**Міністерство освіти і науки України  
Жовтоводський промисловий фаховий коледж  
Дніпровського національного університету  
ім. О. Гончара**

**Циклова МЕХАНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**  
Освітньо-кваліфікаційний рівень молодший спеціаліст

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ**

**КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ**

---

Методичні рекомендації для студентів спеціальності 131  
«Галузеве машинобудування»  
( ОПП «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях»)

Жовті Води - 2021

Технологічне оснащення. Методичні рекомендації з курсового проектування для студентів денної форми навчання спец. 131 «Галузеве машинобудування» (ОПП Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях.) / С.В.Твердохліб – Жовті Води: 2021. - 37 с.

Обговорено і схвалено на засіданні циклової комісії механічних дисциплін  
Протокол № від «                      » 2021 р

### **Анотація**

Розглянуто головні положення, структура і організація курсового проектування з дисципліни “Технологічне оснащення”. Наведено основні питання проекту, вимоги до оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів, критерії оцінювання якості проекту і його захисту. Наведено список рекомендованої літератури, інформаційних джерел і окремих довідкових матеріалів.

## 1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ

**Метою** курсового проектування з дисципліни «Технологічне оснащення» є вивчення і закріплення студентами теоретичних знань дисципліни, освоєння методики проектування затискних верстатних та контрольних пристроїв для забезпечення технологічних процесів виготовлення деталей, підготовка студентів до виконання випускної кваліфікаційної роботи – дипломного проектування та до подальшої практичної діяльності на виробництві.

**Завданнями** курсового проектування є:

- комплексне закріплення і поглиблення теоретичних знань отриманих студентами при вивченні дисципліни, а також елементів знань із раніше вивчених загальних інженерних та спеціальних дисциплін (інженерної графіки; основ взаємозамінності; технології машинобудування; різання матеріалів; верстатів і інструментів);
- придбання практичних навичок і вмінь аналізувати існуючі затискні верстатні пристрої і їх самостійного проектування;
- подальше вдосконалення умінь пошуку і використання інформаційних джерел з поставленої проблеми.

*Рекомендується студентам* ознайомитися з методичними вказівками і керуватися ними. Це дозволить заощадити час, тому що дозволяє представити курсовий проект в цілому і раціонально організувати роботу над його виконанням, якісно виконати та захистити проект у строк.

## 2. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ І ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТ

Курсові проекти можуть бути двох видів:

1. Типові навчальні, що виконуються з метою повторення, закріплення і поглиблення основних розділів і положень дисциплін «Технологічне оснащення» і ін.

2. Реальні - науково-дослідного, інженерно-практичного або навчально-методичного призначення, що виконуються за завданням підприємства або циклової комісії. Реальні проекти виконуються студентами, що добре встигають в теоретичній та практичній підготовці. В обсязі реальних проектів може передбачатися розробка (проектування) стендів, макетів, натурних механізмів і пристроїв та їх повне або часткове виготовлення; проведення теоретичних досліджень, з їх розрахунково-графічним оформленням (таблиці, графіки, плакати тощо).

Практика роботи зі студентами показує, що більшість із них виконують типові проекти. Даними методичними вказівками визначена

структура типових проектів, основні вимоги до їх виконання і методичні пояснення.

**Тема** курсового проекту *«Проектування комплексу технологічного оснащення для механічної обробки деталі».*

**В** умовах проектування верстатного затискного пристрою з механізованим затиском та пристрою (інструменту) для контролювання вказується найменування деталі та технологічної операції виготовлення деталі.

**Завдання** на проект студент денного відділення одержує на заняттях особисто від викладача-керівника.

### **3. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ І ЗАХИСТУ ПРОЕКТУ**

Тривалість роботи над проектом до 2 місяців.

Перед початком роботи над проектом рекомендується підібрати необхідну літературу, інші інформаційні джерела.

Для успішного виконання проекту необхідні систематична робота і самодисципліна.

У випадку виникнення будь-якого роду утруднень при виконанні проекту студенти повинні протягом семестру звертатися до керівника за *консультацією* (усно, телефон, звичайна або електронна пошта).

Завдання керівника полягає в наданні студентам навчально-методичної, науково-інформаційної допомоги і забезпечення необхідного обсягу і якості проекту.

**За прийняті в проекті рішення за обґрунтованість і точність розрахунків, якість проекту в цілому відповідає студент.**

Керівник здійснює *контроль* за виконанням проекту і регулярно інформує циклову комісію про хід проектування.

Закінчені проекти студенти пред'являють керівникові особисто. Графічні матеріали складаються до формату А4 після захисту.

**Захист** проекту здійснюється до сесії комісії, що складається з 3 викладачів, один із яких є керівником проекту та голови циклової комісії. Захист проводиться за окремим графіком, затвердженим на засіданні циклової комісії. Пояснювальна записка і графічні матеріали повинні бути підписані викладачем і мати позитивний відгук (рецензія).

Під час захисту проекту студенту надається час на повідомлення, а потім він відповідає на питання членів комісії по суті проекту.

**Оцінка** за проект враховує якість його виконання, відповідність стандартів ЄСКД, ЄСТД, ЄСДП, ЄСТПП, якість повідомлення за проектом, рівень теоретичних знань з розглянутих у проекті питань і самостійність

його виконання. Якщо курсовий проект одержує незадовільну оцінку, студент продовжує додатково працювати над проектом або виконує нове завдання за рішенням комісії.

#### **4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ ТА ЇХ ЗАХИСТУ**

Для оцінювання якості курсових проектів та рівня їх захисту враховується комплекс показників:

- якість проекту;
- доповідь та відповіді на питання;
- відгук (рецензія) керівника;

Характеристика та оцінювання показників.

##### **4.1. Якість проекту**

Враховується зовнішній вигляд графічної частини, пояснювальної записки, технологічної документації; додержання норм ЄСКД, ЄСТД; стиль викладу та грамотність текстової частини проекту.

**4.1.1. „Високий рівень”.** Якісно виконаний проект при відсутності суттєвих зауважень зі сторони нормоконтролю та зразковій стилістиці і орфографії; грамотне володіння технічними термінами в пояснювальній записці. Зміст записки повністю відповідає завданню. Графічна частина проекту виконана не менше ніж на 50% із застосуванням графічних редакторів (КОМПАС, AutoCAD, SolidWork).

**4.1.2. „Достатній рівень”.** Проект, який не має суттєвих відхилень від вимог нормоконтролю при наявності окремих стилістичних та не більше 3-4 орфографічних помилок. Графічна частина проекту виконана не менше ніж на 30% із застосуванням графічних редакторів (КОМПАС, AutoCAD, Solid Work).

**4.1.3. „Середній рівень”.** Проект з окремими суттєвими відхиленнями від ЄСКД у графічній частині (співвідношення товщини ліній, розмірів, розміщення надписів і т.п.), від ЄСТД у технологічній документації і при наявності окремих стилістичних та не більше 5-10 орфографічних помилок. В графічній частині проекту не використано засоби машинної графіки.

##### **4.2. Доповідь та відповіді на питання**

Якість доповіді оцінюється з урахуванням уміння студента у відведений час грамотною технічною мовою викласти суть проекту, його переваг в порівнянні з прототипом, ефективність впровадження.

**4.2.1. „Високий рівень”.** Доповідь містить всі необхідні компоненти: постановку задачі, стан питання, альтернативні шляхи вирішення, найбільш прийнятний варіант і його переваги, уміння зробити висновки.

**4.2.2. „Достатній рівень”.** Доповідь, в якій не висвітлені всі необхідні розділи, мають місце окремі невдало побудовані речення або звороти мови при умові, що основна мета роботи викладена достатньо ясно.

**4.2.3. „Середній рівень”.** Доповідь плутана, без чіткого плану при умові, що студент орієнтується у виконаній роботі і виклав суть особистого внеску в проект.

### **4.3. Відгук керівника**

Цей показник оцінюється керівником і враховує регулярність роботи студента над проектом та його умінням самостійно розв’язувати конструкторські завдання.

**4.4.1. „Високий рівень”.** Студент регулярно відвідував консультації, вчасно виконував кожний з етапів проекту, проявив уміння самостійно працювати з науково-технічною літературою, виконував завдання керівника на рівні „Що зробити” і може самостійно працювати на ПЕОМ.

**4.4.2. „Достатній рівень”.** При наявності незначних відхилень від графіка виконання проекту, у випадку пропусків (без поважних причин) не більше 25% загальної кількості консультацій, якщо студент показав недостатню здатність самостійно знаходити і розбиратися в теоретичній літературі з питаннями, що стосуються теми проекту.

**4.4.3. „Середній рівень”.** Студент пропустив до 50% консультацій, відставав від графіка виконання проекту більше ніж на 10 днів, вагається при складанні розрахункових схем, прийнятті конструктивних рішень, працює з керівником в режимі „як зробити”.

Курсовий проект оцінюється як сума добутків двох чисел, одне з яких – це кількість балів, отриманих за кожний показник (5 балів – високий рівень, 4 бали – достатній рівень, 3 бали – середній рівень), а друге – це ваговий коефіцієнт (наводиться нижче), що відповідає даному показнику. Відсутність будь-якого основного показника призводить до незадовільної оцінки проекту в цілому. Наявність додаткових показників підвищує загальну сумарну оцінку, але не замінює відсутність будь-якого із основних показників. За отриманою сумою балів комісією виставляється відповідна оцінка при захисті курсового проекту: відмінно.....; добре.....; задовільно.....

**Таблиця 1 - Вагові коефіцієнти кожного показника, що оцінюють якість курсового проекту**

|                           | Показник       |                     |                  |
|---------------------------|----------------|---------------------|------------------|
|                           | Якість проекту | Доповідь, відповіді | Відгук керівника |
| <b>Ваговий коефіцієнт</b> | 2              | 1                   | 1                |

## 5. ЗМІСТ І ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект складається з пояснювальної записки (ПЗ) обсягом 20...25 аркушів формату А4 (210х297 мм) одностороннього тексту та графічних матеріалів (ГМ) у кількості 2 аркуші формату А2 з оформленням на єдиному форматі А1, презентації у форматі PointPower.

**Пояснювальна записка** повинна містити в собі:

титульний лист;

завдання на курсовий проект - 1 с.;

зміст - 1 с.;

вступ - 1 с.;

**технічне завдання**

- опис конструкції, призначення і аналіз деталі на підставі виданого креслення, характеристика матеріалу – 2...3 с.;

- характеристика верстата та особливостей його роботи, розрахунок режимів різання, норм часу - 3...5 с.;

**проекткування затискного верстатного пристрою**

- розробка ідеї пристрою, принцип дії - 2...3 с.;

- базування деталі – 1...2 с.;

- розрахунок сил затиску та силового механізму – 3...4 с.;

- розрахунок механізованого приводу пристрою – 1...2 с.;

- перевірка пристрою на міцність – 1...2 с.;

- заходи з техніки безпеки – 1...2 с.;

- економічні розрахунки – 1...2 с.;

**проекткування контрольно-вимірювання пристрою або інструменту**

- розробка ідеї пристрою – 2...3 с.;

- розрахунок точності пристрою – 1...2 с.;

список літератури - 1 с.

Загальні вимоги до оформлення розрахунково-пояснювальної записки викладені в [4].

**Графічна частина** курсового проекту складається з робочого креслення деталі, виконаного на форматі А3 або А4; карти наладки (КН) на операцію – формат А3; складального креслення контрольного пристрою (інструменту) – формат А2; складального пристрою затискного верстатного пристрою – формат А2 (А1). Обов'язкове оформлення специфікацій.

Креслення оформляється відповідно до ГОСТ 2.106-68, ГОСТ 2.108-68, ГОСТ 2.109-73.

Обсяг і зміст курсового проекту може змінюватися за узгодженням з

керівником проекту. Всі матеріали проекту повинні бути виконані відповідно до діючих стандартів і вимог циклової комісії.

Керівникові-викладачу курсовий проект повинен бути представлений у паперовому вигляді.

## **6. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ЗМІСТУ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ПРОЕКТУ**

### ***Вступ***

У вступі розглядаються особливості сучасного етапу розвитку конструювання технологічного оснащення як базової галузі машинобудування в тому числі перспективи розвитку галузі. Використовуються при написанні вступу інформація статті газет, журналів, інтернет-сайтів.

### ***6.1. Технічне завдання***

Проводиться аналіз вихідних даних та вибір і розрахунок основних показників, що необхідні для проектування. Складається технічне завдання на проектування.

#### ***6.1.1. Короткі відомості про деталь***

Розділ починається з визначення класу деталей, до якого відноситься задана в проекті деталь (клас валів, порожніх циліндрів, зубчастих коліс, корпусів, важелів і т.п.). Далі дається опис роботи і призначення вузла в машині та деталі у вузлі. При цьому вказуються основні і допоміжні конструкторські бази, виконавчі поверхні. Тут же аналізуються допуски на розміри, форму і взаємне розташування поверхонь деталі, вказується, чому до цих поверхонь пред'являються такі вимоги. При необхідності такий аналіз супроводжується ескізами.

Закінчується розділ таблицями хімічного складу і механічних властивостей матеріалу деталі.

#### ***6.1.2. Розрахунок режимів різання та норм часу на операцію***

Для розрахунку режимів різання можуть бути використані нормативи [15].

Розрахунок режимів різання починається з опису вихідних умов обробки, які включають:

- номер і найменування операції;
- короткий зміст операції;
- найменування і модель верстата;
- найменування різального інструменту, його розміри, марка матеріалу ріжучої частини.

Далі визначається глибина різання з урахуванням величини припуску і маршрутної технології обробки поверхні (чорнова, чистова, остаточна і т.д.). При цьому на чистову і оздоблювальну обробку залишається, як правило, 20...30 % загального припуску.

Подача на оберт  $S_o$  (подача на зуб  $S_z$  при фрезеруванні) вибирається залежно від глибини різання по довідниках. Довідкові значення подачі коректуються й приймаються остаточно за паспортним даними верстата обраної моделі. Такі дані є в навчальному посібнику.

Швидкість різання  $V_p$  розраховується по формулах теорії різання або нормативам. За отриманим значенням швидкості визначається розрахункова частота обертання шпінделя

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi \cdot D},$$

де  $D$  – діаметр деталі або інструмента.

Отримане значення частоти обертання корегується (приймається менше) за паспортом верстата і приймається остаточно. По прийнятій частоті обертання визначається дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

Основним розрахунком даного розділу є розрахунок ефективної потужності різання  $N_c$  і порівняння його з потужністю головного привода верстата  $N_{ст}$  з урахуванням його КПД.

**Приклад.**

*Операція 030. Радіально-свердлильна, код 4123*

*Обладнання: радіально-свердлильний верстат мод. 2Н53, код 381217.*

*Коротка технічна характеристика верстата:*

*Найбільший діаметр свердління по сталі 35 мм*

*Найбільше зусилля подачі 12500 Н*

*Відстань від осі шпінделя до колони 320 – 1250 мм*

*Відстань від торця шпінделя до плити 320 – 1400 мм*

*Найбільше вертикальне переміщення шпінделя 300 мм*

*Число ступенів швидкостей – 21*

*Число обертів шпінделя за хвилину: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500.*

*Число ступенів подач 12*

*Величини подач шпінделя, мм/об: 0,056; 0,080; 0,112; 0,160; 0,224; 0,315; 0,45; 0,63; 0,90; 1,25; 1,8; 2,5.*

*Потужність електродвигуна 3 кВт*

Технологічна база – зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 110,5h9_{(-0,087)}$   $110,5h9_{(-0,087)}$  і торець деталі.

Зміст операції:

1. Установити і закріпити деталь в пристрої.
2. Свердли 2 отв.  $\varnothing 6,8$  одночасно.
3. Відкріпити, зняти деталь і покласти в тару.

Пристрій: кондуктор призматичний з пневмоприводом, головка 2-шпиндельна свердлильна.

Різальний інструмент: свердло  $\varnothing 6,8$  ГОСТ 10903-77, код 381210, 2  $\varphi = 118^\circ$   $\varphi = 118^\circ$ . Матеріал різальної частини – швидкорізальна сталь Р6М5. Стійкість різальної частини  $T = 20$  хв.

Вимірювальний інструмент: калібр-пробка  $\varnothing 6,8^{+0,26}$   $\varnothing 6,8^{+0,26}$  ГОСТ 14811-69, код 393110.

Масильно-охолоджувальна рідина, що застосовується – емульсія.

Вибір режиму різання:

Глибина різання

$$t = \frac{D}{2} \frac{D}{2} = \frac{6,8}{2} \frac{6,8}{2} = 3,4 \text{ мм.}$$

Подача на оберт

$S_{\text{он}} S_{\text{он}} = 0,13 - 0,17$  мм/об ([13], карта 41) (приймається 2 група подач)

Поправочний коефіцієнт на подачу в залежності від глибини свердління  $K_{ls} K_{ls} = 0,9$  ([13], карта 41).

Подача з урахуванням поправочного коефіцієнта

$$S_o S_o = S_{\text{он}} S_{\text{он}} \cdot K_{ls} K_{ls} = (0,13 - 0,17) \cdot 0,9 = 0,117 - 0,153 \text{ мм/об.}$$

Корегуємо подачу за паспортом верстата

$$S_{\text{оф}} S_{\text{оф}} = 0,112 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання

$$V_{\text{таб}} V_{\text{таб}} = 32 \text{ м/хв.} ([13], \text{ карта } 42).$$

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання в залежності від:

-групи і механічної характеристики сталі  $K_{mv} K_{mv} = 0,7$ ;

довжини отвору  $K_{lv} K_{lv} = 0,9$ ;

марки інструмента  $K_{uv} K_{uv} = 1$ .

Швидкість різання з урахуванням поправочних коефіцієнтів

$$V = V_{\text{таб}} V_{\text{таб}} \cdot K_{mv} K_{mv} \cdot K_{lv} K_{lv} \cdot K_{uv} K_{uv} = 32 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 = 20,1 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 6,8} \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 6,8} = 941 \text{ об/хв.}$$

Корегуємо за паспортом верстата

$$n_{\Phi} n_{\Phi} = 800 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість різання

$$V_{\Phi} V_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,8 \cdot 800}{1000} \frac{3,14 \cdot 6,8 \cdot 800}{1000} = 17,1 \text{ м/хв.}$$

Виконуємо перевірку вибраного режиму за потужністю при свердлінні.

Потужність, що потрібна на різання 2-х отворів

$$N_{\text{різ}} N_{\text{різ}} = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ кВт ([13], карта 43).}$$

Необхідна потужність на приводі верстата

$$N_{\text{пр}} N_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{різ}}}{\eta} \frac{N_{\text{різ}}}{\eta}, \text{ кВт},$$

де  $\eta$  - к.к.д. верстата. Для радіально-свердильного верстата мод. 2Н53  $\eta=0,8$ , тоді

$$N_{\text{пр}} N_{\text{пр}} = \frac{1,6}{0,8} \frac{1,6}{0,8} = 2 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна головного приводу верстата 3 кВт.

З цього видно, що вибраний режим різання на радіально-свердильному верстаті мод. 2Н53 здійснюваний.

Основний (технологічний) час

$$T_o T_o = \frac{l+l_1}{S_o \cdot n_{\Phi}} \frac{l+l_1}{S_o \cdot n_{\Phi}}, \text{ хв.,}$$

Де  $l$   $l$  - довжина оброблюваного отвору,  $l$   $l$  = 26 мм;

$l_1$   $l_1$  – величина врізання і перебігу інструмента,  $l_1$   $l_1$  = 4 мм ([13], додаток 4),

$$T_o T_o = \frac{26+4}{0,112 \cdot 800} \frac{26+4}{0,112 \cdot 800} = 0,34 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на установлення і зняття деталі

$$T_{\text{д1}} T_{\text{д1}} = 1,0 \text{ хв ([14], карта 16).}$$

Допоміжний час на закріплення і відкріплення деталі

$$T_{\text{д2}} T_{\text{д2}} = 0,04 \text{ хв ([14], карта 16).}$$

Допоміжний час на прохід

$$T_{\text{д3}} T_{\text{д3}} = 0,09 \text{ хв ([14], карта 29).}$$

Допоміжний час на включення обертання шпинделя

$$T_{\text{д4}} T_{\text{д4}} = 0,02 \text{ хв ([14], карта 29).}$$

Допоміжний час на виключення обертання шпинделя

$$T_{\text{д5}} T_{\text{д5}} = 0,02 \text{ хв ([14], карта 29).}$$

Час на контрольне вимірювання калібром-пробкою

$$T_{\text{д вим}} T_{\text{д вим}} = 0,10 \text{ хв ([14], карта 86).}$$

Час на контрольні вимірювання з урахуванням коефіцієнта періодичності вимірювань 0,01 ([14], карта 87)

$$T_{дб} T_{дб} = 0,10 \cdot 0,01 = 0,001 \text{ хв.}$$

Сумарний допоміжний час

$$T_{д} T_{д} = 1 + 0,04 + 0,09 + 0,02 + 0,02 + 0,001 = 1,171 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{оп} T_{оп} = T_{о} T_{о} + T_{д} T_{д} = 0,34 + 1,171 = 1,51 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця

$$T_{обс} T_{обс} = 4\% \text{ від оперативного часу ([14], карта 30);}$$

$$T_{обс} T_{обс} = 0,04 \cdot 1,51 = 0,06 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби

$$T_{відп} T_{відп} = 4\% \text{ від оперативного часу ([14], карта 88);}$$

$$T_{відп} T_{відп} = 0,04 \cdot 1,51 = 0,06 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу

$$T_{шт} T_{шт} = T_{о} T_{о} + T_{д} T_{д} + T_{обс} T_{обс} + T_{відп} T_{відп} = 0,34 + 1,171 + 0,06 + 0,06 = 1,63 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час на партію деталей

$$T_{пз} T_{пз} = 16 \text{ хв ([14], карта 30).}$$

Штучно – калькуляційний час

$$T_{шт.к} T_{шт.к} = T_{шт} T_{шт} + \frac{T_{пз} T_{пз}}{P_{зп}} = 1,63 + \frac{16}{250} \frac{16}{250} = 1,70 \text{ хв.}$$

**Приклад технічного завдання дивись у додатку 1**

## 6.2. Рекомендації з виконання Розділу I.

### Проектування затискного верстатного пристрою.

#### 1. Ідея конструкції пристрою.

Перш за все слід визначити особливості обробки на заданій операції:

- тип виробництва; модель верстата, особливості верстата;
- як розташовується деталь при обробці;
- які рухи виконує інструмент, а які заготовка.

Аналіз моделі верстата допоможе визначити в якій площині розташовувати пристрій, забезпечить установку розмірів з'єднувальних (корпусу пристрою зі столом верстату). Розмір пазів та відстань між пазами на столі верстату можна визначити згідно паспорту верстата.

Згідно конструкції деталі необхідно вибрати установчі або опорні елементи та їх взаємне розташування, *додаток 3*.

Затискний механізм слід розташувати так, щоб не деформувати установочні елементи і забезпечити їх вільний рух.

Визначити місце розташування механізованого приводу і кількість необхідних приводів.

Підібрати корпус пристрою, в разі необхідності передбачити ребра жорсткості, допоміжні елементи (підставки, стойки).

Перевірити необхідність використання направляючих елементів.

При конструюванні пристрою слід використовувати базу конструкцій пристроїв для різних деталей на різноманітних операціях.

*Ретельно проаналізувавши стандартні конструкції пристроїв, можна використати для свого варіанту окремі вузли або навіть всю конструкцію, змінивши тільки змінну наладку - установочні елементи.*

## **2. Принцип дії пристрою.**

Технічно грамотний і послідовний описати роботу затискного пристрою:

-вказати, для якої операції та обробки якої деталі сконструйовано пристрій;

-пояснити, як заготовка базується в пристрої;

-який елемент безпосередньо передає силу затиску на заготовку;

-пояснити рухи затискного механізму: куди подається стисле повітря (чи робоча рідина) в приводі, що при цьому відбувається до моменту затиску; вказати, як відбувається розкріплення деталі.

Принцип дії пристрою необхідно викладати стисло, конкретно з зазначенням номеру вузла або деталі згідно ескізу пристрою.

## **3. Базування деталей. Розрахунок точності верстатного пристрою.**

Схема базування повинна відповідати правилу 6-ти точок і відповідати конфігурації деталі. Зображення схеми базування повинно супроводжуватися назвою схеми базування та класифікацією баз за позбавленими ступенями свободи.

Загальнорозповсюджені схеми базування наведені в *додатку 4*.

Розрахувати точність верстатного пристрою.

Умовою, за якою верстатний пристрій забезпечує необхідну точність обробки, є виконання нерівності:

$$\varepsilon \leq [\delta_p], \quad (1)$$

де  $[\delta_p]$  - допустима величина похибки розміру, мкм;

$\varepsilon$  - дійсна величина похибки установки у пристрої, мкм

Дійсна похибка верстатного пристрою вміщує три складові і розраховується по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon_o$  – похибка базування (Додаток 4);

$\varepsilon_k$  – похибка закріплення (Додаток 5);

$\varepsilon_n$  – похибка пристрою;

*Похибка базування дорівнює допуску розміру (з урахуванням*

напрямку поверхні, що обробляється), який з'єднує технологічну і вимірну базу заготовки.

Точність затискного пристрою, [5, с. 152]:

$$\sigma_{\Pi} = \delta_p - (K_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + K_2 \cdot \omega)$$

де,  $K_1$  – коефіцієнт зменшення похибки базування - 0,6 – 0,8;

$K_2$  – коефіцієнт зменшення економічної точності - 0,6 – 1,0;

$\omega$  – середньо економічна точність обробки на даному верстаті – 90, мкм, додаток 6, [5, с. 90].

**Приклад** розрахунку точності верстатного пристрою.

Схема базування розробляється відповідно до заданої схеми обробки:

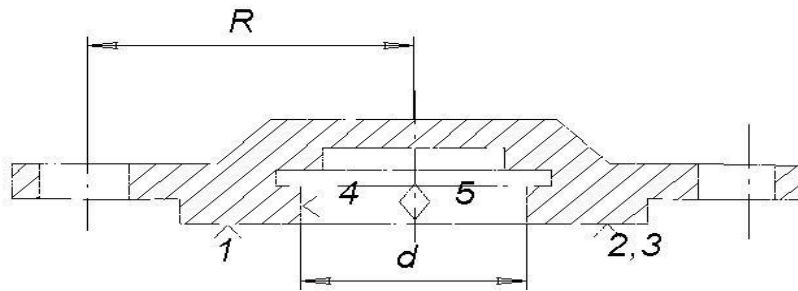


Рис. 1. Базування по торцю і внутрішній циліндричній поверхні.

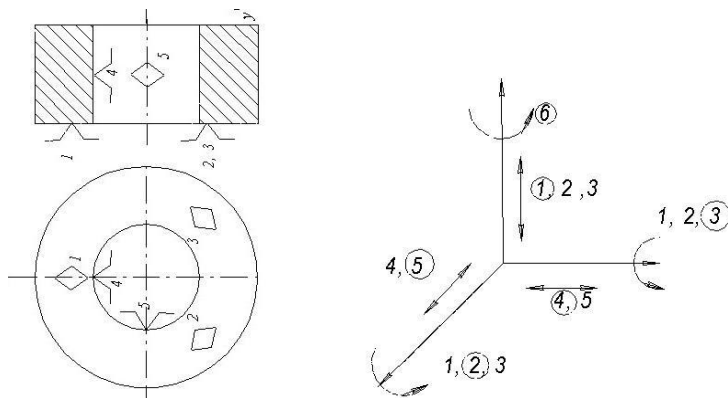


Рис.2. Розрахункова схема базування.

Класифікація баз:

Точки 1,2,3 - установочна база

Точка 4,5 - подвійна опорна база

Повне базування досягається в момент докладання сил

Розраховуємо похибку установки. Похибка установки - це та помилка, яка виникає під час установки і закріплення заготовки в пристрої. Похибка установки  $\varepsilon_y$ , складається з похибки базування -  $\varepsilon_6$ , з похибки закріплення -  $\varepsilon_3$ , з похибки пристрою -  $\varepsilon_{\Pi}$ .

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\Pi}^2}$$

Розраховуємо похибку базування, додаток 4, [5, с. 154].

$$\varepsilon_6 = \Delta d$$

d- діаметр отвору 90<sub>-0,03</sub>  $\Rightarrow$   $\Delta d = 0.03 \text{ мм} = 30 \text{ мкм}$ .

$$\varepsilon_6 = 30 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення, додаток 5, [5, с. 168].

$\varepsilon_3 = 100$  мкм

Похибка пристрою

$\varepsilon_{пр} = 50$  мкм

Визначаємо похибку установки

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}$$

Звідки

$$\varepsilon_y = \sqrt{30^2 + 100^2 + 50^2} = 115 \text{ мкм.}$$

Перевірку точності базування відносно точності розміру, якого слід дотримуватися при механічній обробці проводимо за нерівністю

$$\varepsilon_y \leq \delta_p$$

Розмір, якого необхідно дотримуватися –  $157^{+0,4}$

Допуск на розмір  $\delta = 0,4$  мм = 400 мкм.

Тоді:

$$(\varepsilon_y = 115) < (\delta_p = 400)$$

Обрану схему базування слід вважати раціональною.

Визначаємо точність затискного пристрою, [5, с. 152]:

$$\sigma_{п} = \delta_p - (K_1 \cdot \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_3 + K_2 \cdot \omega)$$

де,  $K_1$  – коефіцієнт зменшення похибки базування - 0,6 – 0,8;

$K_2$  - коефіцієнт зменшення економічної точності - 0,6 – 1,0;

$\omega$  - середньо економічна точність обробки на даному верстаті – 90, мкм, додаток 6, [5, с. 90].

Тоді маємо:

$$\sigma_{п} = 400 - (0,6 \cdot 30 + 100 + 0,8 \cdot 90) = 210 \text{ мкм}$$

Отже, точність пристрою в межах 0,2 мм.

### **Вибір Установочних елементів.**

Установочні елементи вибираємо згідно стандарту, додаток 3.

Для торця – опори постійні з плоскою головкою 3-и штуки.

Матеріал – сталь У8А

Для отвору – палець установочний циліндричний змінний

Матеріал – Сталь 40Х

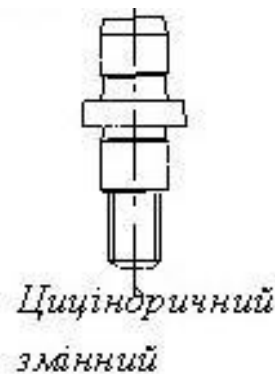
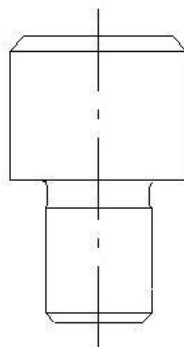


Рис. 3. Ескіз установочних елементів

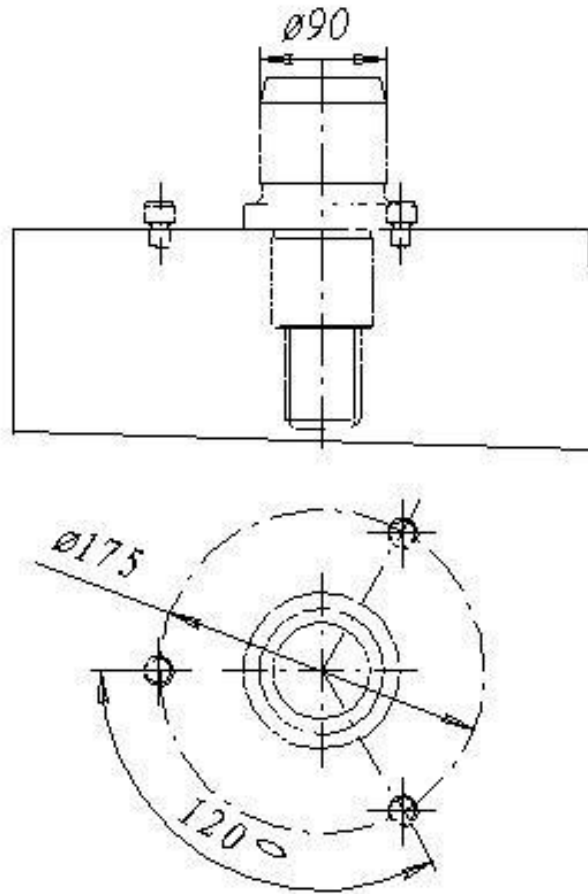


Рис.4. Ескіз змінної наладки

### **Розрахунок сил затиску.**

Узагальнені схеми закріплення наведені в додатку 8.

Загальні вимоги до механізмів затиску:

- сила затиску повинна стабільно нейтралізувати сили різання в процесі механічної обробки;

- час спрацювання затискного механізму повинен бути мінімальним;

- конструкція затискного механізму повинна забезпечувати мінімальні пружні відтіснення, мати високу вібростійкість, надійно затискувати заготовку і не деформувати установчі поверхні більше, ніж передбачено технічним завданням;

- конструкція затискного механізму повинна бути захищена від проникнення стружки та інших

- сила різання, бажано, не повинна прийматися затискним пристроєм;

- затискний механізм повинен бути безпечним в експлуатації.

**Вибір схеми для розрахунку сил затиску** включає:

- аналіз схеми дії сил;

- розрахунок зусилля затиску;

Коефіцієнтом запасу надійності затиску К (Додаток 7) передбачає збільшення силових факторів, що приймаються до розрахунку в К разів. Значення К може коливатися від 1,5 до 9,6, якщо використовувати одну з можливих формул:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5, \quad (8)$$

де  $K_0$  - гарантований коефіцієнт запасу (1,5);

$K_1$  - коефіцієнт, що характеризує стан базових поверхонь заготовки (1,0-2);

$K_2$  - коефіцієнт, що характеризує затуплення ріжучого інструменту (1,0-9);

$K_3$  - коефіцієнт, що характеризує ударний характер процесу різання (1,0-2);

$K_4$  - коефіцієнт, що характеризує сталість сил затиску (1,0-1,3);

$K_5$  - коефіцієнт, що характеризує зручність користування затискним механізмом, в разі використання мускульної сили;

$K_6$  - коефіцієнт, що характеризує непорушення схеми базування під час затиску заготовки в пристрої (1,0-1,5).

Коефіцієнт сил тертя – додаток 9.

**Приклад:** Розрахунок сили затиску при зубофрезеруванні

Як правило, при фрезеруванні сила різання складається з декількох складових, визначити які можна в залежності від виду фрезерування.

$$P_1 = (0,5-0,65) P_z = 0,5 \times 2800 = 1400, \text{ Н};$$

$$P_2 = (0,7-0,80) P_z = 0,7 \times 2800 = 1960, \text{ Н}.$$

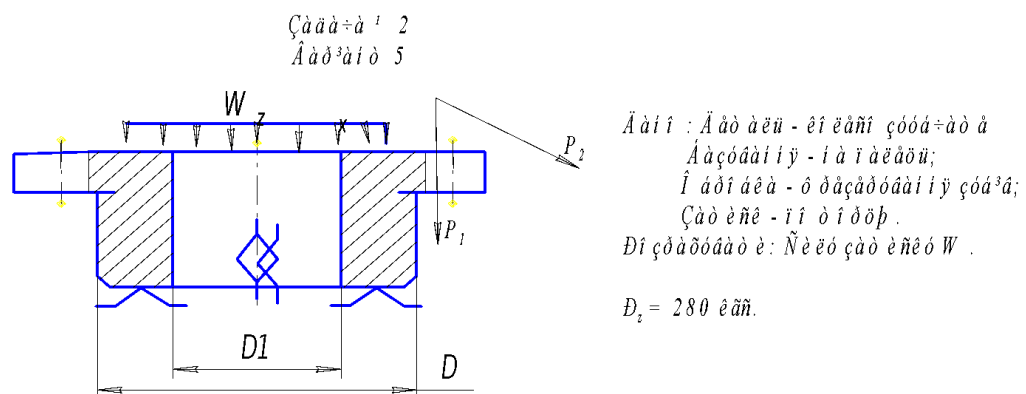


Рис. 5. Схема дії сил.

Після визначення сил різання та позначення схеми дії сил, з обов'язковим поясненням взаємодії сил, розраховується сила затиску W.

$$W = \frac{K \cdot P_2 \cdot f_1 - P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}$$

де К- коефіцієнт надійності затиску.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

де  $K_0 = 1,5$  - гарантований коефіцієнт затиску для всіх випадків

$K_1 = 1,0$  - враховує стан поверхні заготовки

$K_2 = 1,4$  - враховує збільшення сил різання

$K_3 = 1,0$  - враховує силу різання при перервному різанні

$K_4 = 1,0$  - враховує постійність сили затиску

$K_5 = 1,0$  - враховується при використанні механізованого приводу

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,1$$

В формулах розрахунку сили затиску враховується також сила тертя:

$f$  - коефіцієнт сили тертя, показує на тертя між базовою поверхнею заготовки і установочними елементами пристрою, приймаємо  $f=0,25$

Тоді:

$$W = \frac{2,1 \cdot 1960 \cdot 0,25 - 1400 \cdot 0,25}{0,25 + 0,25} = 1358 \text{ Н}$$

### Затискний механізм

Для забезпечення визначеної сили затиску підбираємо затискний механізм і розраховуємо його головні параметри.

#### *Гвинтовий механізм.*

Гвинтові механізми прості у виготовленні, самогальмуючі, але нестабільні. Сила затиску передається від гвинтової пари.

Для розрахунку гвинтової пари необхідно :

1. Визначити номінальний діаметр різі, шаг різі, довжину рукоятки та докладене до неї зусилля  $Q$ . [5, с. 176, табл. 91].
2. При цьому слід урахувати силу затиску  $W$  та тип різьбового затиску: - з сферичним торцем; - з циліндричним торцем; - під п'яту; - з кільцевою поверхнею /під гайку/.
3. По різі та силі затиску знаходимо допустиму напругу згину  $[бз]$ .
4. Підбираємо матеріал різьбової пари, що буде вдовольняти вимогам напруги згину. [5. с.179. табл.92].
5. Підбираємо гвинт та опору, п'яту за ГОСТ [4. с.127-129, с. 143].

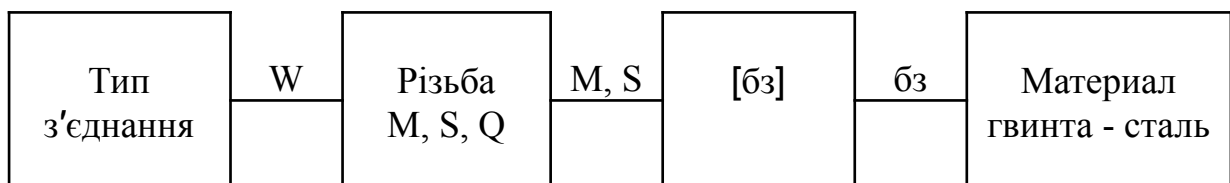


Рис. 6. Алгоритм призначення різьбового затискного механізму

#### *Клиновий механізм*

Механізм може бути

- з одностороннім клином без роликів та з роликами /використовуються як посилювачі в гідро та пневмоприводах/;
- багатоклинові самоцентруючі /використовуються в патронах і оправках/.

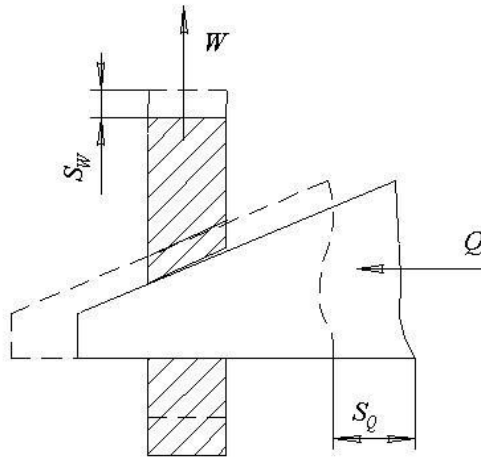


Рис. 7. Схема клинового механізму.

Деталі затиску – клин ,плунжер /кулачки / корпус, ролики.

$W$  – сила затиску;

$Q$  – докладена сила (вхідна);

$S_W$  – хід плунжера;  $S_Q$  – хід клина.

Передаточне співвідношення сил

$$i_c = \frac{W}{Q}$$

Передаточне співвідношення переміщення

$$i_n = \frac{S_W}{S_Q}$$

#### *Послідовність розрахунку*

- 1) Визначаємо силу затиску  $W$ .
- 2) Вибираємо схему згідно якої діє механізм [Л.5]:
  - [5, табл.95, с.189, схема № 2] використовується в патронах з чистим клиновим механізмом;
  - [5, табл.97, с.193, схема №1] – пневмопатрони з клиноплунжерним механізмом;
  - [5, табл.96, с.191, схема №1] – при базуванні втулки з конусним центральним отвором при базуванні втулки на цангову оправку;
  - [5, табл. 96, с.191, схема №2] – базування втулки з циліндричним центральним отвором на цангову оправку;
  - [5, табл.98, с.196, схема № 1] – використовується в патронах, де оговорено використання багатоплунжерного механізму.
- 3) З конструктивних міркувань призначити кут клина.
  - $\alpha = ( 5^\circ \div 15^\circ )$  – якщо необхідно забезпечити значне зусилля  $W$ .
  - $\alpha = ( 15^\circ \div 45^\circ )$  – забезпечення значного переміщення плунжера ( $S_W$ ) при незначному переміщенні клина ( $S_Q$ ).
- 4) Визначаємо передаточне співвідношення сил

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}.$$

5) Знаходимо вихідну силу

$$Q = \frac{W}{i_c}$$

6) Визначаємо хід плунжеру :

$$S_w = \delta + \Delta_{\text{gap}} + \Delta S_w + \frac{W}{I},$$

$\delta$  - допуск на розмір, по якому закріплюється заготовка;

$\Delta_{\text{gap}}$  - гарантований зазор установки деталі  $\Delta_{\text{gap}} = 0,2 - 0,4$  мм.

$\Delta S_w$  -  $0,2 \div 0,4$  мм – запас ходу клина ( люфт );

$W$  - сила затиску;

$I$  - жорсткість системи механізму,  $I = 10000 - 20000$  кН/ м;

7) Визначаємо передаточне співвідношення переміщення по таблиці.

8) Визначаємо хід клина.

$$S_q = \frac{S_w}{i_n}$$

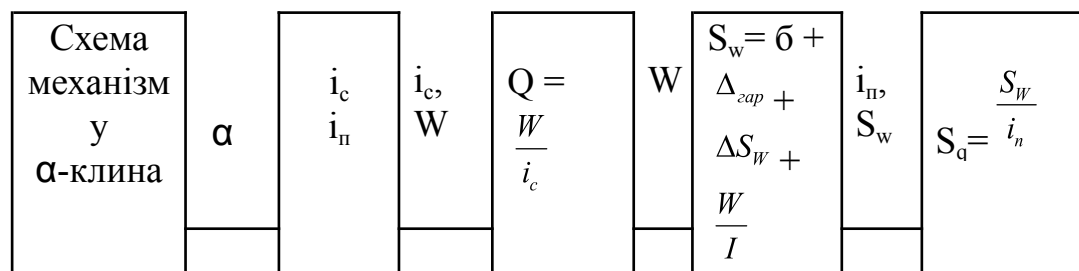


Рис. 8. Алгоритм розрахунку клинового механізму.

### **Ексцентрикний затискний механізм.**

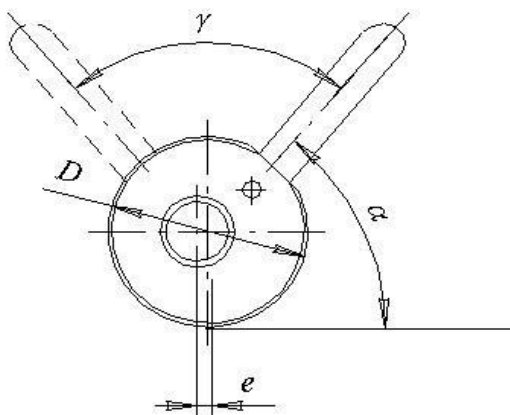


Рис. 9. Схема ексцентрикового механізму.

### **Послідовність розрахунку**

1) Визначаємо силу затиску  $W$ .

2) З конструктивних міркувань вибираємо кут повороту ексцентрика

[5, с. 200] перевага надається:  $\gamma = 45^\circ$ ,  $\gamma = 60^\circ$ ,  $\gamma = 75^\circ$ .

3) По [5, табл.100, с. 200] згідно відомої сили  $W$  та обраному куту знаходимо головні параметри ексцентрика.

Сила  $Q = 1,50 \text{ кН}$  при  $l = 100 \text{ мм}$ .

Параметри:  $D$  ексцентрика, ексцентриситет " $e$ ". Характеристика  $\frac{D}{e}$

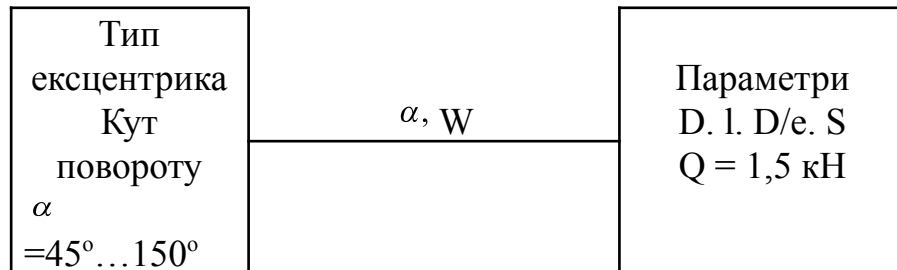


Рис.10. Алгоритм розрахунку

### ***Важільний затискний механізм.***

Прості конструкції, виграють в силі, сила затиску – постійна, надійні.

Розрахункові схеми важільних механізмів

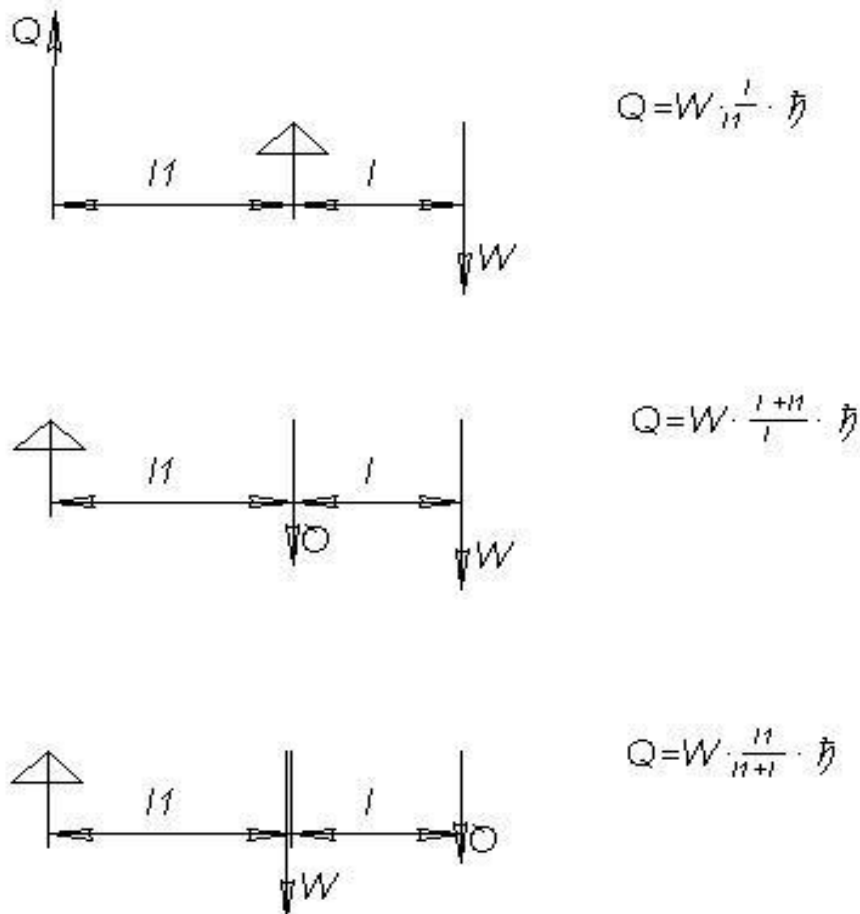


Рис.11. Розрахункові схеми важільних механізмів.

Схема 3 використовується якщо деталь має складну конфігурацію і використання інших схем неможливо.

*Послідовність розрахунку важільного затискного механізму.*

- 1) Визначити силу затиску  $W$ .
- 2) Вибрати схему механізму, яка забезпечує ефективний затиск і відповідає конфігурації деталі.

3) Конструктивно задати співвідношення плечей  $\frac{l_1}{l}$ , або їх довжину. Задати коефіцієнт враховуючий витрати на тертя  $\eta$  [4. с. 175, табл.1].

4) По таблицям визначаємо вихідну силу  $Q$ , яка необхідна для забезпечення сили затиску в 1 кгс (10 н ),  $Q_{\text{табл.}}$  [4. с. 175, табл.1].

4) Визначаємо розрахункову вихідну силу.

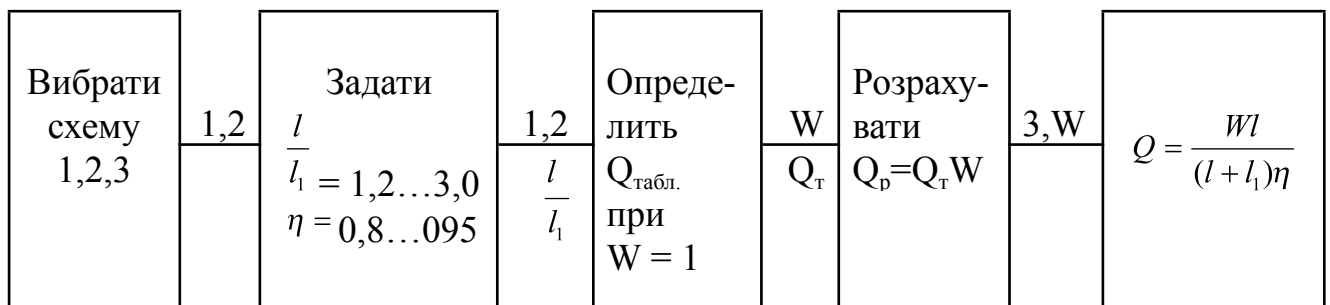
$$Q_p = Q_{\text{табл.}} \cdot W$$


Рис.12. Алгоритм розрахунку важільного затискного механізму

### ***Г-подібний прихват.***

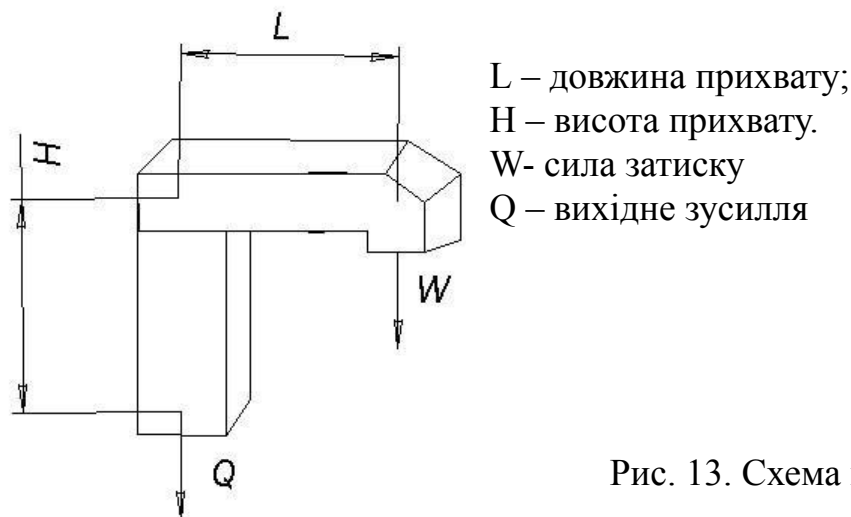


Рис. 13. Схема механізму

Прихват може бути без пружини або з пружиною.

Формула розрахунку Г-подібного прихвата без пружини:

$$Q = \frac{W}{1 - 3 \frac{l}{H} f}$$

Якщо в конструкції прихвата є пружина в формулі враховується її опір

$$q = \frac{(5 \div 10) \cdot W}{100}$$

Вихідне зусилля на прихваті з пружиною:

$$Q = \frac{W + q}{1 - 3 \frac{l}{H} f}$$



Рис. 14. Алгоритм розрахунку Г - подібного прихвату.

Розрахунок вихідного зусилля для пристрою **без силового механізму**

Якщо при проектуванні пристрою не передбачено силовий механізм, сила вихідна залежить тільки від необхідної затискної сили W. Але слід враховувати витрати на тертя

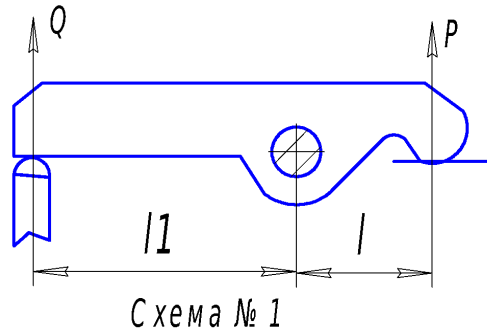
$$Q = \frac{W}{\eta}$$

**Приклад:** Розрахувати силовий важільний механізм.

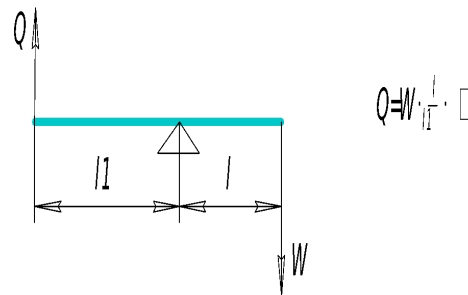
Задана затискна сила  $W$ . Геометричні параметри силового механізму.

*Схема до задачі*

Важільний затискний механізм. Визначаємо силу затиску  $W = 1,9 \text{ кН}$



Призначаємо розрахункову схему механізму.



Конструктивно задано співвідношення плечей важільного механізму.

$$l_1 / l = 1,2$$

Величина витрат на тертя  $= 0,9$

Визначаємо табличну вихідну силу  $Q$ , яка забезпечує силу затиску  $W = 1900 \text{ Н}$ .

$$Q = 0,925 \text{ кгс.}$$

Тоді, величина вихідного зусилля для необхідної сили затиску:

$$Q = Q \cdot W$$

Тоді,

$$Q = 9,25 \cdot 1900 = 17575 \text{ Н.}$$

### **Механізовані приводи верстатних пристроїв.**

Призначення – використовується для механізованого забезпечення докладеної сили  $Q$ .

Класифікація по типу привода:

- гідравлічний; пневматичний; електричний; вакуумний.

Класифікація за типом установки:

- обертаючий (пневмопатрон); стаціонарний.

Компановка приводів:

- вмонтований; агрегатний; прикріплений.

За типом дії сил:

- односторонньої; двосторонньої.

По конструкції: одинарні; подвоєні.

### ***Послідовність розрахунку пневмоприводу***

- Розрахувати затискний механізм і визначити силу  $Q$ .

- Підібрати механізований привод і класифікувати його.

- Визначити діаметр циліндру, згідно формул [5].

- Підібрати діаметр циліндру по нормальному ряду [ 5.с. 214–225, 11]

- Розрахувати фактичну вихідну силу.-

- Зробити висновок по можливості використання прийнятого приводу.

- Розрахувати час спрацьовування [5. с. 215].

Формула для визначення діаметру циліндру

Для приводу односторонньої дії :

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta - P \qquad D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot (Q + P)}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}$$

Для двосторонньої дії штовхаючого зусилля:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \rho \cdot \eta \qquad D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}$$

Для двосторонньої дії тягнучого зусилля:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta \qquad D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta \cdot 0.91}}$$

Для здвоєного приводу штовхаючого зусилля:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (2D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta \qquad D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta \cdot 1.91}}$$

Тягнуче зусилля :

$$Q = \frac{\pi}{2} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \rho \cdot \eta \qquad D_{ц} = \sqrt{\frac{2 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta \cdot 0.91}}$$

де  $\rho$  - тиск повітря в пневмосистемі дорівнює 0,4...0,6, Мпа;

$\eta$  - ккд, витрати на тертя.

Формула для визначення часу спрацьовування приводу.

$$t = \frac{D \cdot L}{d_o^2 \cdot V}, c$$

де,  $D$  – стандартний діаметр циліндра, см;

$L$  – хід поршня, см;

$d_o$  - діаметр повітрепроводу, см;

$V$  - швидкість протікання повітря, 1500 – 2000 см/с.

***Пневмокамери, [5].***

Рекомендується приймати хід штока:

- для тарільчатих гумовотканевих –  $L = (0,2 - 0,35)D$ ;
- для плоских гумовотканевих –  $L = (0,18 - 0,22)D$ ;
- для плоских гумових -  $L = (0,35 - 0,45)D$ .

Класифікація:

- камери односторонньої дії з пружиною або двусторонньої дії без;
- тарільчаті діафрагми або плоскі діафрагми - гумовотканеві та гумові.

Діаметр пневмомембрани при переміщенні штоку на 20% від максимального приблизно дорівнює:

$$D = \sqrt{\frac{W}{0.56 \cdot p}} \quad (\text{м})$$

де  $D$  - діаметр пневмокамери;

$p$  - тиск повітря;  $p = 0,4$  МПа.

Схеми дії і розрахункові формули, додаток 11, [5].

### Гідроциліндри.

Гідроциліндри працюють за рахунок тиску робочої рідини:

$$p = 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 \text{ МПа}$$

тому їхні габарити менші ніж у пневмоприводів.

Класифікація:

- односторонньої дії - з пружиною
- двусторонньої дії - тягнучого зусилля або штовхаючого

Схеми дії та розрахункові формули, додаток 11, [5].

### Пневмогідропривод.

Пневмогідропривід складається з силового гідравлічного циліндру і пневмогідралічного підсилювача тиску.

Класифікація:

- односторонньої дії з пружиною ;
- двусторонньої дії штовхаючого зусилля або тягнучого зусилля.

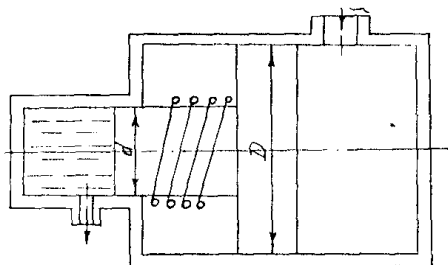


Рис. 15. Схема пневмогідропідсилювача прямої дії

**Приклад:** Розрахувати пневмопривод.

Визначити діаметр поршня пневматичного циліндру на штоці якого діє зусилля  $Q$ , коефіцієнт, що враховує втрати від тертя  $\eta = 0,95$ . Тиск повітря в системі – 0,4 МПа.

Підібрати механізований привод. Класифікація приводу.

По типу пневмодвигуна - поршневий.

По схемі дії - двохсторонній.

По вихідному зусиллю - штовхаючої дії.

По типу установки - стаціонарний.

По кількості поршнів - одинарний.

По методу компоновки - вмонтований.

Розрахунок вихідного зусилля на штоці проводиться за формулою:

Для поршня двосторонньої дії і тягнучого зусилля :

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta \qquad D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}$$

де  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії циліндру - 0,95;

$p$  - тиск повітря в системі - 0,4 МПа.

Визначаємо діаметр циліндру  $D$  :

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17575}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 76 \text{ мм}$$

Приймаємо за нормальним рядом,  $D = 75$  мм, діаметр штока -  $d = 20$  мм

Час спрацьовування

$$t = \frac{D \cdot L}{d_o^2 \cdot V}, c$$

де,  $D$  – стандартний діаметр циліндра, см;

$L$  – хід поршня, см;

$d_o$  - діаметр повітрепроводу, см;

$V$  - швидкість протікання повітря, 1500 – 2000 см/с,

$$t = \frac{7,5 \cdot 4,0}{0,8^2 \cdot 1500} = 0,031, c$$

## Розрахунок на міцність слабкої ланки.

Розрахунок на міцність передбачає виявлення слабкої ланки пристрої та методи застереження негативних явищ під час роботи такої ланки .

### **Розрахунок вісі на міцність.**

Під час роботи вісь сприймає навантаження на згин, тому розрахунок зводиться до розрахунку перерізу на згин [5. с.270].

Вісь сприймає навантаження тільки на згин. Головним показником для розрахунку вісі на міцність є діаметр вісі.

Розрахунковий діаметр залежить від моменту згину та допустимої напруги на згин. Фактичний діаметр вісі не повинен бути менше за розрахунковий.

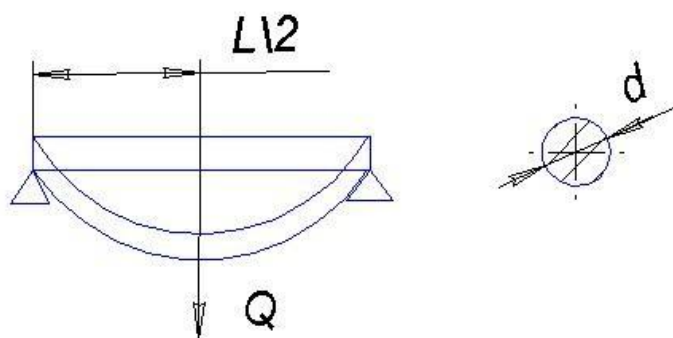


Рис.16.Схема навантаження вісі

Формула до розрахунку діаметру вісі

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{M_{зг}}{0.1 \cdot [\sigma]}}$$

М зг. - момент згину

$$M_{зг} = Q \cdot \frac{l}{2}$$

Довжина осі приймається конструктивно виходячи з конструкції пристрої , вона повинна бути довшою за ширину важеля.

$[\sigma]$  - допустима напруга на згин залежить від матеріалу осі

Сталь 45  $\sigma_{вр} = 600$  МПа навантаження відповідає її категорії –200 МПа.

### **Розрахунок на міцність різьбової пари.**

В пристроях, у яких сила затиску сприймається безпосередньо від приводу різьбові з'єднання навантажені осьовою силою. з'єднання

Конструктор сам задає матеріал різьбової пари ( сталь 35, 45, ст 40х )  
[5. с. 179 табл. 92].

Сталь 35 -  $[\sigma] = 50 - 60$  Мпа.

Сталь 45 нормалізована -  $[\sigma] = 60 - 70$  Мпа.

Сталь 45 загартована -  $[\sigma] = 80 - 90$  Мпа.

Сталь 40Х з відпалом -  $[\sigma] = 70 - 80$  Мпа.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{um}^2}$$

d – діаметр різьби на штоці

*Послідовність розрахунку*

- 1) Знайти слабку ланку пристрої ( вісь важеля, різьбове з'єднання штока і поршня, різьбове з'єднання скалок ).
- 2) Визначити параметри слабкої ланки (довжина осі, діаметр різьби).
- 3) Призначити матеріал слабкої ланки.
- 4) Звернути увагу на конструктивні особливості з'єднання ( можливо слід поділити силу на кожен важіль або скалку ).
- 5) Розрахувати ланку на міцність.
- 6) Висновки.

### **Приклад.**

Зусилля  $Q = 1000 \text{ Н}$

Ширина важеля  $b = 20 \text{ мм}$ . Визначити слабку ланку.

- 1) Слабка ланка пристрої – вісь.
- 2) Параметри слабкої ланки -  $l = 30 \text{ мм}$ .
- 3) Матеріал слабкої ланки – Сталь 45.
- 4) Розрахунок

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{M_{зз}}{0.1 \cdot [\sigma]}}$$

$$M_{зз} = Q \cdot \frac{l}{2} = 100 \cdot 30/2 = 1500 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Звідки

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{1500}{0.1 \cdot 9.5}} = 11.88 \text{ мм}$$

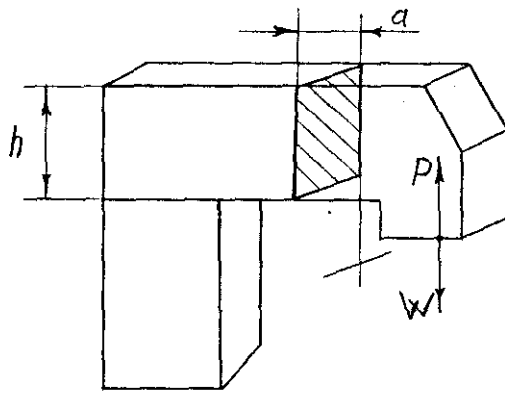
Вісь не може бути меншою 12 мм

### ***Розрахунок прихвату на зріз.***

Головним параметром в розрахунках на міцність прихвату є напруга на зріз.

$$[\tau] > \tau,$$

[ $\tau$ ] - допустима напруга на зріз для матеріалу (додаток)



Фактична напруга, що виникає в перерізі прихвату:

$$\sigma_{\text{п}} = \frac{W}{F}, \text{ кгс/мм}^2$$

W - сила затиску, на прихваті

F - площа перерізу прихвата

$$F = a \cdot b$$

a і b - розміри перерізу прихвату, задаються конструктивно.

### Економічне обґрунтування проекту пристрою.

Економічне обґрунтування проводиться на підставі собівартості пристрої та операцій на які данна пристрій використовується.

Економічний ефект створюється за рахунок зниження часу на обробку (зниження заробітної плати) та вартості самої пристрої.

Розрахунок собівартості операції з використанням пристрою :

$$C = 3 \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)$$

Π - годовая програма випуску - 15000 шт.

H - накладні цехові витрати - 400% від заробітної плати робочих.

q - витрати, пов'язані з експлуатацією пристрою. - 20%

A - термін амортизації пристрою, для простих пристроїв 1-2 р.

З - заробітна плата робочого на данній операції

$$З = t \cdot Т, \text{ грн.}$$

t - штучно калькуляційний час на операцію. 1,44 хв.

Т-тарифна ставка робочого, згідно розряду. (Наприклад, 22,44 грн/год)

$$З = 1,44 \cdot 22,44/60 = 0,54, \text{ грн}$$

S - вартість виготовлення пристрою.

$$S = \text{const} \cdot N, \text{ грн.}$$

N - кількість деталей пристрою.

Const - постійна величина, для пристроїв середньої складності (const=120)

$$S = 120 \cdot 60 = 7200 \text{ грн.}$$

$$C = 0,54 \cdot (1 + 400/100) + 7200/15000 \cdot (1/2 + 20/100) = 3,036 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від використання пристрої.

$$\Delta \Gamma = (C_{\text{баз}} - C) \cdot \Pi$$

Якщо базовий варіант –  $C_{\text{баз}} = 4,82$  грн

Річний економічний ефект становитиме:

$$\Delta \Gamma = (4,82 - 3,036) \cdot 15000 = 26760, \text{ грн}$$

### 6.3. Рекомендації з виконання Розділу II.

#### **Проектування контрольно-вимірювального пристрою або інструменту**

В даному розділі проектується контрольно-вимірювальний пристрій або інструмент для заданих параметрів контролю деталі. Розділ передбачає розробку конструкції пристрою та його розрахунок на точність.

##### 6.3.1. Розробка ідеї контрольного пристрою

В залежності від типу і конструкції деталі та параметрів контролю, обираються установочні елементи пристрою. Слід дотримуватися принципу сталості баз. Наводиться опис принципу дії пристрою.

##### **Приклад.**

Конструкція пристрою дозволяє виконувати контроль величин допусків радіального биття посадкових ділянок вала відносно осі і торцевого биття відносно опорних шийок, а також має можливість визначити відхилення від циліндричності – овальність шийок.

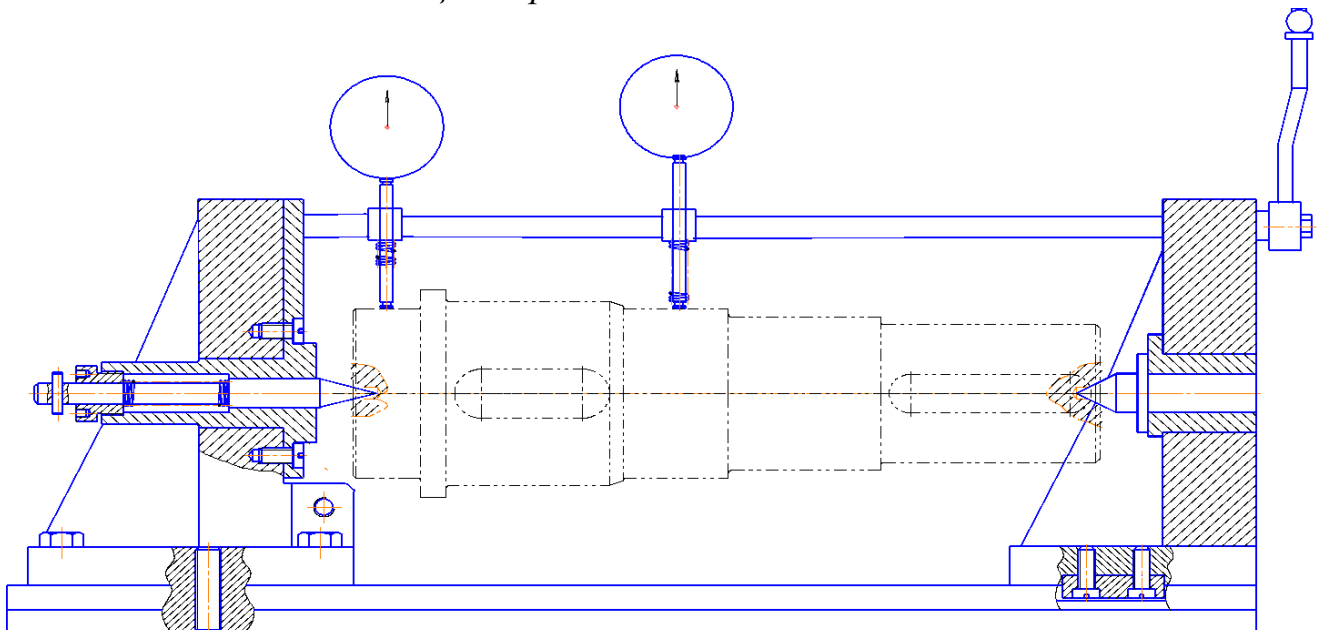


Рис. Схема контрольного пристрою

Принцип дії.

Деталь базується центровими отворами на центри, упор по торцю забезпечується штирями. Контроль параметру здійснюється автоматично датчиками. Параметри контролю виводяться на спеціальний монітор, який одночасно класифікує дані контролю за їх придатністю до роботи. Після установаження деталі датчик торкається поверхні, деталь обертається навколо осі, нерівність поверхні передається на головку датчика. На моніторі зчитуємо відповідно поверхні результати контролю і устанавлюємо ступінь точності деталі.

### 6.3.2. Розрахунок точності контрольного пристрою

Визначаємо точність спроектованого контрольного пристрою за формулою:

$$\omega \leq [\omega].$$

де  $\omega$  - похибка контролю в пристрої;

$$\omega = \Sigma + \Delta_{пз} + \Delta_e + \Delta_{пр},$$

$\Sigma$  - похибка установаження деталі в контрольному пристрої.

$\Delta_{пз}$  - похибка передаточних механізмів приладу.

$\Delta_e$  - похибка еталонної деталі,

$\Delta_{пр}$  - похибка контрольного пристрою.

$[\omega]$  – допустима похибка пристрою, визначається в залежності від квалітету згідно ГОСТ 8.051-81

$$[\omega] = (0,2 \dots 0,38) T.$$

де T – допуск на параметр, що контролюється,

### Приклад.

Точність спроектованого контрольного пристрою:

$$\omega \leq [\omega].$$

де  $\omega$  - похибка контролю в пристрої;

$$\omega = \Sigma + \Delta_{пз} + \Delta_e + \Delta_{пр},$$

$\Sigma$  - похибка установаження деталі в контрольному пристрої.

Так як контрольна база – центровий отвір та вісь деталі, які є також базовою поверхнею при механічній обробці, то  $\Sigma = 0$ ;

$\Delta_{пз}$  - похибка передаточних механізмів приладу.

Відхилення передаються в пристрої від поверхні деталі на датчик безпосередньо, отже

$$\Delta_{пз} = 0;$$

$\Delta_e$  - похибка еталонної деталі,

$$\Delta_e = 0,001 \text{ мм};$$

$\Delta_{пр}$  - похибка контрольного пристрою.

Для пристрою з автоматичними датчиками  $\Delta_{пр} = 0,001 \text{ мм}$ .

Тоді маємо

$$\omega = 0+0+0,001+0,001 = 0,002\text{мм.}$$

$[\omega]$  – допустима похибка пристрою, визначається в залежності від якості згідно ГОСТ 8.051-81

$$[\omega] = (0,2 \dots 0,38) T.$$

де  $T$  – допуск на параметр, що контролюється,

$$T = 0,033\text{мм}$$

$$[\omega] = 0,35 \cdot 0,011 = 0,0038\text{мм.}$$

Отже

$$[\omega] = 0,002 < [\omega] = 0,0038.$$

Спроекований пристрій задовольняє умовам контролю.

#### 6.4. Рекомендації до створення презентації

Презентація створюється у програмі PowerPoint, кількість слайдів до 10. Повинна містити наступну інформацію:

- Тема, виконавець, керівник.
- Вихідні данні та особливості завдання.
- Аналіз конструкторських робочих.
- Реалізація проекту затискного верстатного пристрою.
- Реалізація проекту контрольного пристрою або інструменту.
- Застосовані програми та інформаційні джерела.
- Висновки.

Слід пам'ятати, що презентація призначена для візуалізації доповіді під час захисту проекту. Мета її створення – навчити студента послідовно і грамотно презентувати свою роботу, вдало підкреслювати її переваги.

Кожен слайд повинен надавати інформацію про тему та виконавця дрібним шрифтом у верхньому та нижньому полі відповідно.

Необхідно дотримуватися однієї кольорової гами та стилю слайдів. Не переобтяжувати їх текстовою інформацією.

Указувати назву кожного слайду (Ідея пристрою, Базування, тощо).

Текст виконується шрифтом не менше 18, коротко, контрастним до фону кольором.

Вітається застосування фото, зроблених особисто під час роботи над проектом, відеоматеріалів.

### 7. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ

## 7.1. Пояснювальна записка

*Пояснювальна записка* (ПЗ) пишеться від руки чорним, синім або фіолетовим чорнилом або оформляється на комп'ютері за допомогою тестового редактора Word чи програми КОМПАС і роздруковується з однієї сторони аркуша білого паперу формату А4. Допускається можливість подання окремих ілюстрацій (схем, таблиць, графіків) на аркушах формату А3.

*Нумерація сторінок* наскрізна.

*Текст* записки розділяють на *розділи і підрозділи*. Розділи повинні: мати порядкові номери в межах всієї записки, позначені арабськими цифрами без крапки і записані з абзацного відступу. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера підрозділу крапка не ставиться.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Заголовки варто писати із прописної букви, без крапки наприкінці, не підкреслюючи. Переноси слів у заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається із двох позицій, їх розділяють крапкою.

Відстань між заголовком і текстом повинне бути дорівнює 15 мм. Відстань між заголовками розділу і підрозділу – 8 мм.

*Формули* пишуться в записці на окремому рядку симетрично основному тексту і нумеруються арабськими цифрами в дужках. Допускається наскрізна нумерація й (або) у межах розділу. Розрахунки, виконані по наведеній формулі, записуються на наступному рядку. Проміжні результати не записуються.

Пояснення символів і числових коефіцієнтів, що входять у формулу, повинні бути наведені безпосередньо під формулою. Пояснення кожного символу варто давати з нового рядка в тій послідовності, у якій символи наведені у формулі. Перший рядок пояснення повинна починатися зі слова «де» без двокрапки після нього.

*Ілюстрації* повинні бути виконані відповідно до вимог стандартів ЄСКД. Ілюстрації варто нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Допускається нумерувати ілюстрації в межах розділу. У цьому випадку номер ілюстрації складається з номера розділу й порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою.

Ілюстрації, при необхідності, можуть мати найменування та пояснювальні дані (підрисуночний текст). Номер рисунка і найменування записують у такий спосіб: «Рис. 2.1. Ескіз пристрою», - і розміщують після пояснювальних даних.

*Цифровий матеріал*, як правило, оформляють у вигляді таблиці (табл. 1)

*Таблиці* ліворуч і праворуч, знизу і зверху обмежують лініями. Лінії

формату не можуть служити лініями таблиці.

Таблиці варто нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Допускається нумерувати таблиці в межах розділу.

Висота рядків таблиці повинна бути не менш 8 мм.

Таблицю, залежно від її розміру, поміщають під текстом, в якому вперше дано посилання на неї, або на наступній сторінці.

Допускається розміщувати таблицю уздовж довгої сторони документа на окремій сторінці.

Слово «Таблиця» указують один раз – ліворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть «Продовження таблиці» із вказівкою її номера.

Якщо всі показники в графах таблиці виражені в одній і тій же одиниці фізичної величини, то її позначення необхідно поміщати над таблицею праворуч, а при розподілі таблиці на частині – над кожною її частиною.

#### *Приклад оформлення таблиці*

Таблиця 1 – **Хімічний склад якісних вуглецевих конструкційних сталей**  
у відсотках

| Марка сталі | <i>C</i> | <i>Si</i> | <i>Mn</i> | <i>P</i> | <i>S</i> |
|-------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 20          |          |           |           |          |          |
| 25          |          |           |           |          |          |
| 30          |          |           |           |          |          |
| 35          |          |           |           |          |          |

*Посилання* в тексті ПЗ даються на використану літературу, інші інформаційні джерела, у тому числі інтернет-сайти, на всі без винятку формули, фізичні константи у квадратних дужках, у яких проставляють номер, під яким інформація значиться в списку літератури, номер тому (для багатотомних видань) і сторінки, наприклад: [18, т.1, с.75].

Чисельні значення величин підставляються у формулу обов’язково в тому ж порядку, у якому стоять літерні позначення. Всі проміжні обчислення опускаються, приводиться відразу остаточний результат.

Список інформаційних джерел, використовуваних при виконанні проекту, оформляється як «Література» і міститься наприкінці записки. Список рекомендується становити за абеткою по прізвищах і ініціалам авторів, (приклад, див. справжні методичні вказівки). Якщо число авторів книги перевищує три, вказується тільки перший і потім пишеться «і ін.».

У список літератури заносяться тільки джерела, на які є посилання в тексті ПЗ.

Найменування розділів і слова: ЗМІСТ, ЛІТЕРАТУРА, ВИСНОВКИ записуються у вигляді заголовків симетрично тексту прописними, друкованими літерами. Найменування підрозділів записуються у вигляді заголовків з нового рядка малими літерами (крім першої прописної).

**Основними вимогами** до пояснювальної записки є: акуратність її

оформлення, чіткість, логічність у побудові і послідовності викладу матеріалу, аргументованість, стислість і точність формулювань, обґрунтованість висновків і рекомендацій, компактність викладу матеріалу з дотриманням розумних пропорцій структурних частин ПЗ. Неприпустимим є переписування в ПЗ загальновідомого тексту з навчальної та науково-технічної літератури.

Записка повинна бути написана простою, технічно і літературно грамотною мовою. У записці повинні використовуватися стандартна, технічна і технологічна термінологія, загальноприйняті позначення величин і скорочення слів.

Виклад матеріалу варто вести від першої особи множини (приймаємо, визначаємо, а **не** приймаю, визначаю).

Однотипність розрахунків у тексті ПЗ не допускається. Їх необхідно зводити в таблиці.

## 7.2. Графічні матеріали

Графічні матеріали проекту повинні виконуватися і оформлятися відповідно до вимог діючої нормативно-технічної документації Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД), Єдиною системою допусків і посадок (ЄСДП), нормативними документами і вимогами циклової комісії.

Виконання ГМ може здійснюватися традиційним способом в олівці (висота цифр і букв не менш 3,5 мм), у туші (висота цифр і букв не менше 2,5 мм) і створенням на комп'ютері з використання спеціальних програм (AutoCAD, КОМПАС ін.).

У цілому проект може виконуватися від руки, у вигляді комп'ютерного набору і проектування (стандартні програми) і змішаним способом “рукопис – машинопис – комп'ютер – принтер (плоттер)”.

**Креслення деталі** повинно відповідати вимогам діючих стандартів ЄСКД.

У курсовому проекті виконується **операційний ескіз** на задану технологічну операцію.

Деталь на ескізі зображується в робочому положенні, закріпленою в пристрої.

Різальний інструмент на ескізі зображується в кінцевому положенні після обробки або на вільному полі КЕ.

Деталь і різальні інструмент на ескізі викреслюються в довільному масштабі.

На операційному ескізі оброблювані поверхні обводяться суцільними лініями товщиною  $3S$ .

На ескізі повинні бути зазначені:

- шорсткість оброблюваних поверхонь;
- розміри оброблюваних поверхонь із граничними відхилення, у

вигляді: поле допуску квалітет і в дужках відхилення;

- допуски форми і взаємного розташування поверхонь, якщо вони забезпечуються на даній операції;

- напрямок руху інструментів і деталі стрілками

з літерними позначеннями ( $D_v$  – головний рух різання;  $D_s$  – рух подачі,  $D_r$  – допоміжний рух або  $V, S_{пр}, S_{поп}, n, w, t, n_{дв.х.}$  ).

### **Складальні креслення**

*Вимоги до загального виду складального креслення пристрою.*

1. Креслення повинно відповідати вимогам ЕСКД.
2. Необхідно проставити габарити та установочні розміри; розміри, що пов'язують пристрій з різальним інструментом (розміри під щуп); розміри, що зв'язані зі столом верстата; розміри з'єднань.
3. Технічні вимоги, що ставляться до пристроїв – додаток 10:
  - а) допуск паралельності, перпендикулярності, несоосності та інше відносно ..... в межах 0,01...0,1 мм;
  - б) задири та забоїни на робочій поверхні не допускається.В) неробочі поверхні оксидувати.
4. Технічна характеристика:
  - а) тиск повітря або робочої рідини  $p$ ;
  - б) сила затиску  $W$ ;
  - в) вихідне зусилля  $Q$ ;
  - г) час спрацьовування приводу  $t$ .
5. Специфікація:
  - а) виносні лінії номеру елемента не повинні перетинати розмірні лінії пристрою;
  - б) повинні бути розташовані на одній горизонтальній або вертикальній лінії ГОСТ 2108 – 68.

*Послідовність виконання креслення пристрою*

1. Роботу починають із зображення деталі в двох-трьох проекціях тонкими лініями, в положенні яке вона займає при даній операції. Між проекціями залишають місце для розташування всіх елементів пристрою.
2. Розташовуємо установочні елементи.
3. Викреслюємо затискні елементи.
4. Показати механізований привод.
5. З'єднати затискний механізм з приводом. Для важільного механізму слід дотримуватись співвідношення плеч.
6. Добудувати корпус пристрої (конструктивно). Звернути увагу на міжцентрову відстань пазів по яким пристрій кріпиться на столі верстата.
7. Накреслити напрямні, дільчі та поворотні пристрої.
8. Позначити кріпінні елементи.
9. Якщо потрібно, показуються допоміжні елементи пристрою.

## ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ансеров М.А. Приспособление для металлорежущих станков. /м. 1975
2. Антонюк Ю. А В помощь молодому конструктору станочных приспособлений. Справочник. /м. 1991
3. Белоусов Л.П. Станочные приспособления. /высшая школа. 1980 г.
4. Болотин А.П. Станочные приспособления./ м. 1976г.
5. Гельфгат Ю.И. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения. /м.1975 г.
6. Горошкін А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник./ м.1979 г.
7. Данилевский В.В., Гельфгат Ю.И. Лабораторные работы и практические занятия по технологии машиностроения. / м. высшая школа. 1988 г.
8. Добрыднєв И.С. Курсовое проектирование по предмету технология машиностроения./ м. 1985 г.
9. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х частях. 6-е изд. /Под ред. В.Д.Мягкова. Л.: Машиностроение, 1983.
- 10.Коваленко А.В. станочные приспособления. / м. 1986 г.
- 11.Корсаков В.С.Основы конструирования приспособлений. М. маш-ение. 1983 р.
- 12.Кузнецов Ю.И Оснастка для станков с чпу. / справочник / м. 1996 г.
- 13.Кузнецов Ю.І. Проектирование технологической оснастки для станков с ЧПУ./ М.1987 г.
- 14.Нефедов А,А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах. / м. высшая школа. 1986 г.
- 15.Под Редакцией Вардашкина Б.Н., Шатилова А.А. Станочные приспособления. Справочник в 2-х томах / м. 1984 г.
- 16.Под Редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. Справочник технолога – машиностроителя в 2-х томах./ м. 1985 г.
- 17.Под Редакцией Панова А.А. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / м. 1988 г.
- 18.Ревин С.А. Проектирование технологической оснастки. Пособие для студентов вузов. Калининград. 1992.
- 19.Уткін Н.Ф. Приспособления для механической обработки. Лениздат. 1983р.

### Електронні матеріали

1. <https://sites.google.com/site/goloobovn/tehnologiceskaa-osnastka>