

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсової роботи з дисципліни

**«Технологічна оснастка»**

для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

освітньої програми «Технології машинобудування»

усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл.: О. Б. Козлова, Н. В. Гончар, Є. В. Вишнепольський – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 46 с.

Укладачі: Козлова О. Б., к.т.н., доцент кафедри ТМБ  
Гончар Н. В. к.т.н., доцент кафедри ТМБ  
Вишнепольський Є. В., ст. викл. кафедри ТМБ

Рецензент: Дядя С. І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Відповідальний за випуск: Дядя С. І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри  
«Технології машинобудування»  
Протокол № 1  
від 22.08.2019 р.

Рекомендовано до видання  
НМК МФ  
Протокол № 1  
від 03.09.2019 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	5
1.1 Мета курсової роботи.....	5
1.2 Завдання курсової роботи .....	5
2 ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	6
3 СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	7
4 РОЗРОБКА ЗМІСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	8
4.1 Розробка реферату .....	8
4.2 Розробка вступу .....	8
4.3 Розробка основної частини курсової роботи .....	8
4.3.1 Визначення типу виробництва. Вибір верстата. Технічна характеристика верстата .....	8
Приклад вибору верстата.....	11
4.3.2 Вибір різального інструменту, розрахунок режимів різання, норм часу 12	
Приклад розрахунку режимів різання і норм часу .....	13
4.3.3 Обґрунтування способу базування деталі, що оброблюється і розрахунок похибки встановлення .....	16
Приклад розрахунку похибки встановлення.....	19
4.3.4 Розрахунок пристосування на точність .....	21
Приклад розрахунку пристосування на точність.....	23
4.3.5 Розрахунок сили затиску заготовки в пристосуванні.....	27
Приклад розрахунку сили затиску .....	29
4.3.6 Вибір силового приводу і визначення його параметрів.....	30
Приклади розрахунку силових пристроїв .....	31
4.3.7 Розрахунок на міцність деталі пристосування, що має найбільше навантаження .....	35
Приклад розрахунку деталі пристосування .....	36
4.3.8 Опис конструкції та принципу роботи пристосування .....	37
5 РОЗРОБКА СКЛАДАЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ ПРИСТОСУВАННЯ .....	38
6 ФОРМУЛЮВАННЯ ВИСНОВКІВ .....	41
7 СКЛАДАННЯ ПЕРЕЛІКУ ПОСИЛАНЬ.....	42
8 ПРОЦЕДУРА ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	43
9 НАВЧАЛЬНА, НАУКОВА І ДОВІДКОВА ЛІТЕРАТУРА, РЕКОМЕНДОВАНА ДЛЯ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	44
Додаток А.....	46

## ВСТУП

Процес металообробки нерозривно пов'язаний із застосуванням верстатів і технологічного оснащення.

Верстати це обладнання, що забезпечує взаємопов'язаний рух заготовки та інструменту за заданими траєкторіями, необхідний для надання деталі необхідної форми і розмірів. Технологічне оснащення дозволяє утримувати заготовку і інструмент під час обробки в необхідному положенні, переміщати їх, контролювати розміри і розташування оброблених поверхонь, і багато іншого. Іншими словами сучасне виробництво можливо і ефективно тільки в поєднанні передового верстатного обладнання і відповідного поставленим завданням технологічного оснащення.

Технологічним оснащенням називають сукупність пристосовань, робочих і контрольних інструментів. Пристосуваннями в машинобудуванні називають допоміжні пристрої, які використовуються при механічній обробці, складанні, контролі виробів, а так само для їх захоплення і переміщення.

Метою розробки цих методичних вказівок було надання допомоги студентам, які виконують курсову роботу. Вони визначають мету і завдання, порядок виконання, містять вимоги до технічного оформлення курсової роботи та практичні поради щодо підготовки і проходження процедури захисту. Автори висловлюють подяку кандидату технічних наук, доценту кафедри «Технології машинобудування»

П. А. Каморкіну, чий навчально-методичні матеріали було використано при написанні даних методичних вказівок.

## **1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Виконання курсової роботи розглядається як вид навчальної роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» і реалізується в межах часу, відведеного на її вивчення.

### **1.1 Мета курсової роботи**

Виконання студентом курсової роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» проводиться з метою формування умінь:

- вибирати установчі та затискні елементи пристосувань і розраховувати надійність закріплення і похибку встановлення заготовки;

- проектувати верстатні пристосування для механічної обробки деталей в залежності від виду обладнання і типу виробництва;

- користуватися стандартами, довідниками та іншою технічною літературою.

### **1.2 Завдання курсової роботи**

Завдання курсової роботи:

- пошук, узагальнення, аналіз необхідної інформації;
- розробка матеріалів відповідно до завдання на курсову роботу;

- оформлення курсової роботи відповідно до заданих вимог;

- виконання графічної частини;

- підготовка і захист курсової роботи.

## 2 ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Для виконання курсової роботи рекомендовано наступну тематику – «Проектування верстаного пристосування для виконання (назва операції)». Наприклад: «Проектування верстатного пристосування для виконання фрезерної операції». Рекомендований зміст конструкторської частини пояснювальної записки наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Змістовні блоки та рекомендовані назви підрозділів пояснювальної записки курсової роботи

Назва розділу	Назва змістового блоку	Рекомендовані назви підрозділів пояснювальної записки	Обсяг, стор.	Рекомендовані назви аркушів графічної частини
Конструкторський	Характеристика об'єкту дослідження та верстатного пристосування	Визначення типу виробництва.	2-3	Робоче креслення верстатного пристосування
		Вибір верстата. Технічна характеристика верстата.		
		Вибір різального інструменту, розрахунок режимів різання, норм часу.	2-4	
		Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок похибки встановлення.	2-4	
		Розрахунок пристосування на точність.	2-4	
		Розрахунок сили затиску заготовки в пристосуванні.	2-4	
		Вибір силового приводу і визначення його параметрів.	2-3	
		Розрахунок на міцність деталі пристосування, що має найбільше навантаження.	2-3	
Опис конструкції та принципу роботи пристосування.	1-2			

В додаток виноситься (за умови посилань на нього в тексті пояснювальної записки) специфікація верстатного пристосування.

### 3 СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота носить конструкторський характер. За структурою вона складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Пояснювальна записка включає в себе:

- титульний аркуш;
- лист завдання (двосторонній);
- реферат;
- зміст;
- вступ;
- визначення типу виробництва, вибір верстата, технічна характеристика верстата;
- вибір різального інструменту, розрахунок режимів різання, норм часу;
- обґрунтування способу базування деталі, що оброблюється і розрахунок похибки встановлення;
- розрахунок пристосування на точність;
- розрахунок сили затиску заготовки в пристосуванні;
- вибір силового приводу і визначення його параметрів;
- розрахунок на міцність деталі пристосування, що має найбільше навантаження;
- опис конструкції та принципу роботи пристосування;
- висновок;
- перелік посилань;
- специфікація на складальне креслення пристосування.

Обсяг пояснювальної записки курсової роботи складає 20 – 25 сторінок друкованого тексту, обсяг графічної частини – 1 аркуш формату А1 – складальне креслення пристосування.

Текст пояснювальної записки має бути виконано згідно загальних вимог до текстових документів за СТП 15-96; креслення – згідно до стандарту ЄСКД.

## **4 РОЗРОБКА ЗМІСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Курсова робота має наступні структурні елементи: вступ, розрахункова частина і графічна частина.

В даному розділі наведено загальні відомості щодо виконання курсової роботи.

### **4.1 Розробка реферату**

Реферат призначений для ознайомлення з пояснювальною запискою. Він має бути стислим і інформативним. Його розміщують безпосередньо за завданням, починаючи з нової сторінки. Реферат містить відомості про кількість сторінок і частин пояснювальної записки, ілюстрацій, таблиць, додатків, кількість джерел, згідно з переліком посилань, текст реферату (тема, мета, новизна, методи дослідження, актуальність проблеми, значимість роботи, висновки) і перелік ключових слів. Приклад оформлення реферату показано в додатку А.

### **4.2 Розробка вступу**

У вступі слід обґрунтувати актуальність обраної теми курсової роботи, розкрити її теоретичну і практичну значимість, сформулювати цілі та завдання роботи. Вступ повинен підготувати читача до сприйняття основного тексту роботи.

### **4.3 Розробка основної частини курсової роботи**

**4.3.1 Визначення типу виробництва. Вибір верстата. Технічна характеристика верстата**

#### **Визначення типу виробництва**

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу



всі типи виробництва умовно діляться на три основні види: одиничне, серійне і масове. У кожного з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

На даному етапі проводять попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масою деталі –  $m$  по табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Типи виробництва

Тип виробництва	Річна програма випуску, шт		
	Важкі, $m > 100$ кг	Середні, $m = 10...100$ кг	Легкі, $m < 10$ кг
Одиничний	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійний	5...10	10...200	100...500
Серійний	100...300	200...500	500...5000
Багатосерійний	300...1000	500...5000	5000...50000
Масовий	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Основною характеристикою **масового** виробництва є такт випуску – максимальний інтервал часу, через який має виходити готовий виріб, вузол або деталь, щоб виконати виробничу програму.

$$\tau = \frac{60F_g}{N} k_e,$$

де  $\tau$  – такт випуску, хв;

$F_g$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

$k_e = 0,94...0,98$  – коефіцієнт використання ефективного часу (враховує втрати часу через непередбачені простой і ремонт устаткування);

$N$  – річна програма, шт.

У масовому виробництві доцільно застосування високопродуктивного (автоматів і напівавтоматів) обладнання, в тому числі спеціального (агрегатні верстати, автомати і напівавтомати багаторізові і багатошпиндельні), всіх видів механізації й автоматизації, спеціаль-

них пристосувань, засобів активного контролю, спеціального ріжучого інструменту.

**Серійне** виробництво характеризується обсягом партії заготовок (деталей), що запускаються у виробництво:

$$n = \frac{a \cdot N}{A},$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – 3; 6; 12; 24 дня – періодичність запуску деталей у виробництво, або кількість днів, на які необхідно забезпечити роботу цеху;

$A$  – кількість робочих днів в році.

У серійному виробництві доцільно використовувати обладнання підвищеної продуктивності. Зі збільшенням номенклатури деталей на ділянці, ефективним способом підвищення продуктивності є застосування верстатів з ЧПК.

#### **Вибір верстата. Технічна характеристика верстата**

На даному етапі проектування необхідно вибрати модель верстата для виконання заданої операції. Вибір верстата для операції виконують за такими критеріями:

- тип виробництва;
- технологічні можливості реалізації включених в операції методів обробки (склад технологічних переходів);
- габарити робочої зони;
- кількість розміщених інструментів;
- потужність двигунів.

Відповідно до класифікації верстатів, верстатне обладнання підрозділяється на наступні види:

- верстати широкого або загального призначення (універсальні);
- верстати високої продуктивності;
- верстати спеціалізовані і спеціальні.

Верстати широкого або загального призначення застосовують в дрібносерійному і одиничному виробництвах.

Вибір верстатів високої продуктивності оптимально потрапляє під умови багатосерійного і масового виробництва, такі верстати мають обмежені технологічні можливості. Однак, завдяки підвищеній

потужності і жорсткості, на них можна вести обробку на більш високих режимах різання і більш концентрованими методами. До верстатів цього виду відносяться: токарні багаторізцові, гідрокопіювальні, одне- і багатошпиндельні автомати і напівавтомати, круглошліфувальні, що працюють методом поперечної подачі, безцентрові, шліфувальні, барабанно- і карусельно-фрезерні тощо.

Спеціалізовані верстати створюють завдяки модернізації на базі верстатів високої продуктивності з встановленням додаткових шпинделів і інших вузлів, за допомогою яких вони можуть бути пристосовані для виконання конкретних операцій при обробці конкретних деталей в умовах масового виробництва.

Спеціальні верстати проектують і виготовляють з особливого замовлення і використовують для виконання певної операції. Проектування і виготовлення верстатів цієї групи є дуже дорогим. Тому вони виправдовують себе тільки в масовому виробництві.

Особливі групи становлять агрегатні верстати, застосовувані в серійному і масовому виробництвах, і верстати з ЧПК, які використовують в умовах дрібно- і іноді середньосерійного виробництва.

### **Приклад вибору верстата**

Для виконання операції фрезерування паза запропоновано використання вертикально-фрезерного верстата 6Н10. Далі показано технічні характеристики верстата.

Технічні характеристики верстата 6Н10:

Відстань від торця шпинделя до поверхні стола: 40-90 мм

Найбільше механічне переміщення столу:

повздожнє 400 мм

поперечне 125 мм

вертикальне 330 мм

Число ступенів обертів шпинделя: 12

Число ступенів подач шпинделя: 12

Потужність електродвигуна: 1,5 кВт

Розміри стола: 350x350 мм

Габарити верстата: 1360x1860x1730

Вага верстата: 1160 кг

### 4.3.2 Вибір різального інструменту, розрахунок режимів різання, норм часу

Режими різання, розраховані і встановлені для обробки деталі, є одними з головних факторів забезпечення ефективності технологічного процесу.

Вибір величин елементів різання і параметрів інструменту ведеться в наступному порядку [1, 2]:

- обирається глибина різання  $t$ , мм, яка встановлюється в залежності від припуску на обробку та числа проходів;
- обирається різальний інструмент – встановлюється його тип, розмір, матеріал і геометрія в залежності від:

- а) виду деталі;
- б) характеру обробки;
- в) матеріалу різальної частини інструменту;
- г) жорсткості і вібростійкості системи;

- визначаються подачі в залежності від:

- а) виду деталі і характеристики її поверхонь (жорсткості, міцності, і вібростійкості, стану поверхневого шару, мікрогеометрії поверхні);

- б) різального інструменту (міцності, жорсткості, зносостійкості і вібростійкості);

- в) характеристик верстата (міцності механізмів подач, жорсткості, вібростійкості і кінематики);

- обирається період стійкості різального інструменту в залежності від типу і розміру інструменту, характеристики деталі і умов роботи. Середні значення періодів стійкості наводяться у відповідних нормативах;

- визначається швидкість різання в залежності від раніше визначених факторів. Швидкість визначається двома методами: табличним і розрахунково-аналітичним (за емпіричними формулами);

- за обраною швидкістю різання визначається число обертів шпинделя. Визначивши розрахункове число обертів, приймають дійсне число обертів за паспортом верстата, найближчим до розрахункового.

- визначаються складові сили різання і крутний момент, а також потужність різання;

- визначається основний (технологічний) час –  $T_0$ ;

– залежно від типу виробництва розраховують штучний –  $T_{шт}$  або штучно-калькуляційний час –  $T_{шт-к}$  на операцію.

### Приклад розрахунку режимів різання і норм часу

Розрахувати режими різання і норми часу для виконання операції фрезерування паза. Рис. 4.1.

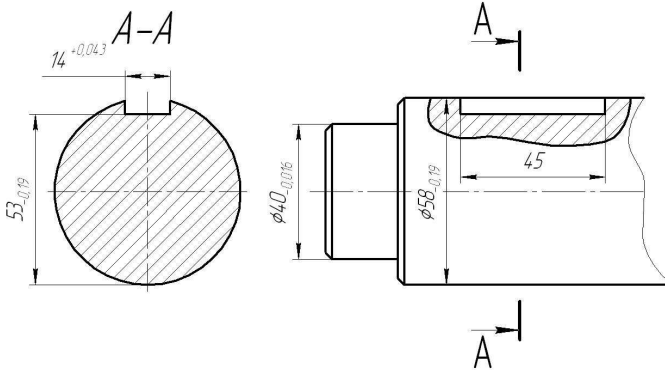


Рисунок 4.1 – Ескіз операції

Матеріал деталі – сталь 45 ГОСТ 1050-74,  $\sigma_B = 640$  МПа,  $\sigma_T = 360$  МПа.

Для фрезерування паза вибираємо фрезу кінцеву діаметром 14 мм зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 17026-71 з конічним хвостовиком.

Кількість зубів фрези  $z = 4$ .

Глибина різання  $t = 5$  мм.

За рекомендацією [2, табл. 34, стор. 283]  $S_z = 0,06$  мм / зуб.

Швидкість різання розраховуємо за формулою [2, стор. 282]:

$$v = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S_z^{y_v} B^{u_v} z^{p_v}} K_v,$$

де  $K_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{Iv},$$

де  $K_{Mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, що обробляється [2, табл. 1–4, стор. 261–263];

$K_{Iv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки [2, табл. 5, стор. 263];

$K_{Iv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [2, табл. 6, стор. 263].

Складові формул знаходимо за таблицями [2, табл. 39, стор. 286]:

$$C_v = 46,7; q_v = 0,45; x_v = 0,5; y_v = 0,5; u_v = 0,1; p_v = 0; m = 0,33.$$

$$K_{mv} = C_m \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1 \left( \frac{750}{640} \right)^{0,9} = 1,1, \quad K_{nv} = 0,8, \quad K_{uv} = 0,8, \quad \text{звідси:}$$

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,7.$$

$$v = \frac{C_v D_{\text{фп}}^{q_v}}{T^m t^{x_v} s_z^{y_v} B^{u_v} z^{p_v}} K_v = \frac{46,7 \cdot 14^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 5^{0,5} \cdot 0,06^{0,5} \cdot 14^{0,1} \cdot 4^0} 0,7 = 36 \text{ м/хв}$$

Знаходимо частоту обертів фрези:

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{\text{фп}}},$$

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{\text{фп}}} = \frac{1000 \cdot 36}{3,14 \cdot 14} = 818,9 \text{ об/хв},$$

підбираємо стандартне значення за паспортом верстата  $n = 800$  об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D_{\phi p} n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 800}{1000} = 35 \text{ м/хв.}$$

Величину окружної сили різання при фрезеруванні розраховують за формулою [2, стор. 282]:

$$P_z = \frac{C_p t^{x_p} s^{y_p} B^{u_p} z}{D_{\phi p}^{q_p} n^{w_p}} K_{Mp},$$

де  $z$  – кількість зубів фрези;

$n$  – частота обертів фрези;

$K_{Mp}$  – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що оброблюється [2, табл. 9, 10, стор. 264–265].

Складові формули знаходимо за [2, табл. 41, стор. 291].

$C_p = 68,2$ ;  $x_p = 0,86$ ;  $y_p = 0,72$ ;  $u_p = 1,0$ ;  $w_p = 0$ ;  $q_p = 0,86$ .

Звідси:

$$P_z = \frac{C_p t^{x_p} s^{y_p} B^{u_p} z}{D_{\phi p}^{q_p} n^{w_p}} K_p = \frac{68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 14^{1,0} \cdot 0,7}{14^{0,86} \cdot 800^0} = 144 \text{ Н.}$$

Знаходимо крутний момент на шпинделі [2, стор. 290]:

$$M = \frac{P_z D_{\phi p}}{2 \cdot 1000} = \frac{144 \cdot 14}{2 \cdot 1000} = 1 \text{ Нм.}$$

Знаходимо потужність різання і порівнюємо це значення з потужністю обраного верстата [2, стор. 290]:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{144 \cdot 36}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт.}$$

Отримане значення потужності менше потужності верстата, тобто вибір зроблено вірно.

Основний час на фрезерування шпонкового пазу знаходимо за формулою:

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_z \cdot n_z} = \frac{59}{0,06 \cdot 800 \cdot 4} = 0,245 \text{ хв.}$$

### **4.3.3 Обґрунтування способу базування деталі, що оброблюється і розрахунок похибки встановлення**

Кожне пристосування має забезпечувати виконання всіх функцій, обумовлених операцією. Серед них головною є базування заготовки, тобто надання їй необхідного положення в пристосуванні. Після базування заготовку необхідно закріпити, щоб вона зберегла при обробці нерухомість щодо пристосування.

Під способом базування розуміється схема розташування опорних точок на базах заготовки, деталі, складальної одиниці, виробу. Всі опорні точки на схемі базування зображуються умовними позначеннями. Позначення опор, затискачів і пристроїв на схемі, а також оформлення схем встановлення заготовок і деталей виконується відповідно до стандартів.

Похибка встановлення складається з похибки базування, похибки закріплення і похибки пристосування.

**Похибка базування ( $\epsilon_6$ )** – проекція на напрямок виконуваного розміру різниці граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір різального інструмента, яка виникає внаслідок неспівпадання вимірювальної і настроювальної (технологічної) бази.

Для ланцюга лінійних розмірів похибка базування дорівнює сумі допусків всіх розмірів, що зв'язують вимірювальну і настроювальну бази, якщо вони не збігаються.

**Похибка закріплення ( $\epsilon_3$ )** – проекція на напрямок виконуваного розміру різниці граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір різального інструменту; виникає під дією прикладених сил закріплення.



**Похибка пристосування ( $\epsilon_{пр}$ )** – частина похибки встановлення, що виникає внаслідок неточності виготовлення елементів пристосування, зношення встановлюваних опор, неточності базування і закріплення пристосування на столі або шпинделі верстата.

Похибка пристосування, зазвичай, в значній мірі усувається при налаштуванні системи верстат – пристосування – інструмент. Тому її величиною при визначенні похибки встановлення, як правило, нехтують. Таким чином, формула приймає вид:

$$\epsilon_{вст} = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_{\xi}^2},$$

Такою формулою користуються в тих випадках, коли напрямки похибок невідомий, наприклад, при обробці поверхонь обертання і отриманні діаметральних розмірів, також при базуванні за внутрішніми циліндричними або більш складними поверхнями.

При обробці плоских заготовок, а також торцевих поверхонь (уступів) тіл обертання, при отриманні лінійних розмірів похибка базування і похибка закріплення є скалярними величинами, що лежать на одній прямій або їх можна спроектувати на потрібному напрямку. Тоді вони підсумовуються арифметично і остання формула набуде такого вигляду:

$$\epsilon_{вст} = \epsilon_{\delta} + \epsilon_{\xi}.$$

У загальному випадку, коли вимірювальна і настроювальна бази співпадають, похибка базування дорівнює нулю. Якщо бази не співпадають, то похибка базування в загальному випадку дорівнює допуску на розміри між вимірювальною і настроювальною базами або сумі допусків розмірів, що пов'язують ці бази.

Визначення похибки базування слід виконувати в наступній послідовності:

- накреслити схему встановлення заготовки в пристосуванні. Вказати положення опорних точок і визначити призначення поверхонь заготовки відповідно класифікації баз;
- вказати розмір обробки з допуском і позначити положення вимірювальної бази;

- визначити положення настроювальної бази відповідно до конструкції установчих елементів і розміру «const», зв'язати її з різальним інструментом;
- визначити похибку базування на розмір обробки.

Похибка закріплення ( $\epsilon_3$ ) є частиною похибки встановлення. Вона визначається як різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносного встановленого на розмір різального інструменту, що виникає в результаті дії сил закріплення, прикладених до заготовки, для забезпечення її нерухомості в процесі обробки.

Зміщення вимірювальної бази відбувається в тому випадку, коли напрям сили затиску або її складових збігаються за напрямом з розміром обробки. Під дією сили затиску виникають пружні деформації (віджимання) в системі заготовка – пристосування, а також зминання мікронерівностей (осаду) в зоні контакту заготовка – установчий елемент. Похибку закріплення визначають, використовуючи її табличні значення. На рис. 4.2 показано різні варіанти визначення похибки базування [5].

Аналіз схем встановлення заготовок у пристроях виконується на етапі розробки конструкції пристосування з метою вибору оптимальної, яка буде рекомендована для подальшого проектування пристосування. Для цього необхідно викреслити кілька варіантів встановлення, визначити похибки і обґрунтувати вибір тієї схеми, яка забезпечує мінімальні похибки.

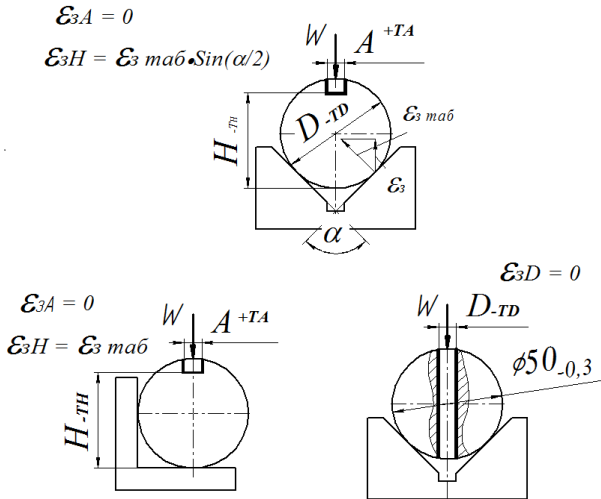


Рисунок 4.2 – Варіанти визначення похибки базування

На практиці обрана схема встановлення не завжди має мінімальну похибку. Вибір таких способів встановлення, як правило, пов'язано з існуванням інших вагомих обставин, а похибка встановлення при цьому задовольняє вимогам забезпечення точності обробки, що можна виразити наступною залежністю:

$$\varepsilon_{\text{вст}} \leq \left( \frac{1}{4} \dots \frac{1}{3} \right) T_{\text{обр}},$$

де  $T_{\text{обр}}$  – допуск на досліджуваний розмір поверхні, що оброблюється.

**В курсовій роботі необхідно запропонувати та розрахувати два варіанти схеми встановлення та обрати найбільш доцільний з точки зору точності.**

#### Приклад розрахунку похибки встановлення

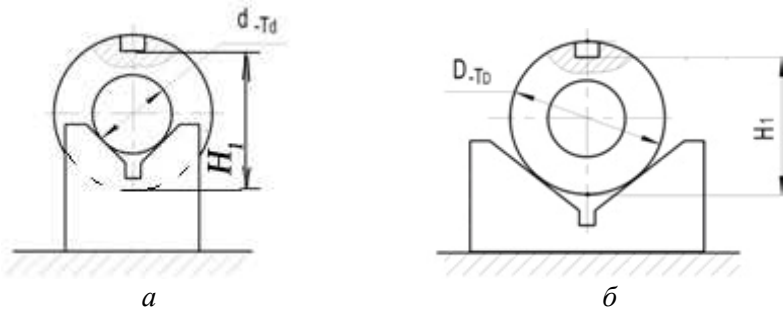
Згідно з завданням, необхідно фрезерувати шпонковий паз в розмір  $H_I = 53_{-0,19}$ , Рис. 4.1.

Виходячи з того, що необхідно обґрунтувати обраний спосіб базування деталі, запропонуємо два способи базування:

– вал встановлюємо на призму з кутом  $\alpha = 90^\circ$  на поверхню  $d = \varnothing 40_{-0,016}$ :

– вал встановлюємо на призму з кутом  $\alpha = 90^\circ$  на поверхню  $D = \varnothing 58_{-0,19}$ :

Розрахункові схеми встановлення показано на рис. 4.3 а, б.



*а* – встановлення по  $d = \varnothing 40_{-0,016}$ , *б* – встановлення по  $D = \varnothing 58_{-0,19}$

Рисунок 4.3 – Схеми для розрахунку

( )

$$\varepsilon_{вст} = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_3 .$$

Для першого випадку, рис. 4.3 а:

$$\varepsilon_{\delta H1} = k_1 T D ,$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, який знаходимо за табл. 4.1 [5, стор. 34].

Для другого випадку, рис. 4.3 б:

$$\varepsilon_{\delta} = k_2 T d + \frac{T D}{2} ,$$

де  $k_2$  – коефіцієнт, який знаходимо за табл. 4.1 [5, стор. 34].

Звідси:

$$\varepsilon_{\delta H1} = 0,21 \cdot 0,19 = 0,04 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\delta H1} = k_2 T d + \frac{T_D}{2} = 0,7 \cdot 0,016 + 0,095 = 0,01 \text{ мм.}$$

Через те, що напрям сили закріплення збігається з розміром обробки, то похибку закріплення необхідно враховувати.

За табл. 4.7 [5, стор. 50] знаходимо значення похибки закріплення, враховуючи встановлення на призму по обробленій поверхні для обох схем встановлення:

$$\varepsilon_z = 0,055 \sin 45^\circ = 0,04 \text{ мм.}$$

Звідси:

$$\varepsilon_{вст1} = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_z = 0,04 + 0,04 = 0,08 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{вст2} = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_z = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ мм.}$$

Похибка встановлення має бути менше третини допуску на одержуваний розмір, тобто, для першої схеми:

$$0,08 \leq 1/3 \cdot 0,19 = 0,063.$$

Для другої схеми:

$$0,05 \leq 1/3 \cdot 0,19 = 0,063.$$

Таким чином, розрахунки показали, що друга схема встановлення з точки зору точності є більш доцільною.

#### **4.3.4 Розрахунок пристосування на точність**

У масовому, багатосерійному і серійному виробництві оброблення заготовок проводиться на верстатах заздалегідь налаштованих на необхідний розмір. В таких умовах точність обробки заготовки буде залежати від точності виготовлення пристосування і поведінки системи ВПД в процесі обробки. В даний час відомо декілька методик розрахунку точності виготовлення пристосувань. Однак єдиної методики по визначенню всіх похибок, що виникають в процесі встановлення заготовки, виготовлення пристосувань, настройки інструменту

на розмір обробки і похибок, що виникають в процесі обробки, не встановлено.

Розглянемо методику розрахунку пристосувань на точність, якою необхідно керуватись при виконанні курсової роботи.

Методика розрахунку пристосувань на точність базується на тому, що сума похибок, що виникає в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки, на операційному ескізі. На практиці користуються спрощеним вираженням визначення допуску на виготовлення пристосування:

$$TH \leq T_{обр} - (k_1 \varepsilon_0 + \varepsilon_3 + k_2 \omega),$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування внаслідок того, що установчий елемент в пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко дорівнюють граничним;  $k_1 = 0,8 \dots 0,85$ ;

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибці, спричиненої факторами, незалежними від конструкції пристосування;  $k_2 = 0,6 \dots 0,8$ ;

$\omega$  – середня економічна точність обробки.

Допуск на виготовлення установка необхідно привести відповідно нормалізованим величинам, які характеризують клас точності пристосування:

$\pm 0,1$  – пристосування для чорнової обробки;

$\pm 0,05$  – пристосування нормальної точності;

$\pm 0,02$  – пристосування підвищеної точності;

$\pm 0,01$  – пристосування особливо високої точності.

На пристроях, призначених для свердлильних і розточних верстатів, допуск на координати осей кондукторних втулок встановлюється симетрично, як зазначено вище.

На фрезерних, зубооброблюючих верстатах для настроювання інструментів застосовують установи (габарити, еталони). Їх розмір приймають рівним його середнього значення з одностороннім полем допуску в «тіло» заготовки за врахуванням товщини щупа.

Детальну методику розрахунку різних типів пристосувань показано в літературі [5–7].

### Приклад розрахунку пристосування на точність

Розрахунок на точність фрезерних пристосувань полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ.

Для розрахунку використовуємо схему встановлення заготовки на призму та настроювання інструменту при фрезеруванні лиски (рис. 4.4).

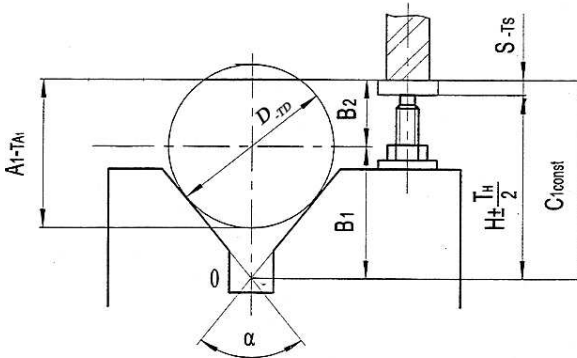


Рисунок 4.4 – Схема встановлення заготовки на призму та настроювання інструменту при фрезеруванні лиски

Розрахунок установка при обробці в розмір  $A_1 = 53_{-0,19}$  виконуємо за методикою, яка показана в [5, стор. 73]: Деталь встановлена на призму по розміру  $D = 50_{-0,016}$ .

Визначасмо середній розмір обробки  $A_{1cep}$ :

$$A_{1cep} = A_1 - \frac{T_{A_1}}{2} = 53 - \frac{0,19}{2} = 52,91 \text{ мм.}$$

Середній діаметр обробки  $D_{cep}$ :

$$D_{cep} = D - \frac{TD}{2} = 50 - \frac{0,016}{2} = 49,99 \text{ мм.}$$

Середній радіус  $R_{cep}$ :

$$R_{cep} = \frac{D_{cep}}{2} = \frac{49,99}{2} = 24,99 \text{ мм.}$$

Середній розмір  $B_{1cep}$ :

$$B_{1cep} = R_{cep} / \sin 45 = 35,7 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $B_{1cep}$ :

$$T_{B1} = \pm \frac{T_D}{4} = \frac{0,016}{4} = 0,004 \text{ мм.}$$

Середній розмір  $B_{2cep}$ :

$$B_{2cep} = A_{1cep} - R_{cp} = 52,91 - 24,99 = 27,92 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $B_{2cep}$ :

$$T_{B2} = \pm \left( \frac{T_{A1}}{2} - \frac{T_D}{4} \right) = \pm \left( \frac{0,19}{2} - \frac{0,016}{4} \right) = \pm 0,091 \text{ мм.}$$

Середній розмір щупа  $S_{cep}$ :

$$S_{cep} = S - \frac{T_s}{2} = 3 - \frac{0,004}{2} = 2,998 \text{ мм.}$$

Середній розмір установка  $H_{cep}$ :

$$H_{cep} = B_{1cep} + B_{2cep} - S_{cep} = 35,7 + 27,92 - 2,998 = 60,622 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $T_u$ :

$$T_u = T_{B1} + T_{B2} + T_s = 0,004 + 0,091 + 0,004 = 0,099 \text{ мм.}$$

Допуск на установ з урахуванням середньо-економічної точності обробки  $T_{H,уст}$ :



$$T_{H,ycm} \leq T_{A_1} - (k_1 \varepsilon_{\bar{\sigma}} + \varepsilon_3 + k_2 \omega),$$

де  $k_1 = 0,8 \dots 0,85$ ;

$\varepsilon_{\bar{\sigma}}$  – похибка базування;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення;

$k_2 = 0,60 \dots 0,65$ ;

$\omega$  – середня економічна точність обробки [5, табл. 5.6, стор. 66].

$$T_{H,ycm} \leq T_{A_1} - (k_1 \varepsilon_{\bar{\sigma}} + \varepsilon_3 + k_2 \omega) = 0,19 - (0,82 \cdot 0,04 + 0,04 + 0,62 \cdot 0,1) = 0,055 \text{ мм.}$$

$$T_{H,ycm} = 0,055 = \pm 0,02 \text{ мм.}$$

За умови  $T_{H,ycm} < T_H$  визначаємо розмір  $X$  з використанням контрольного валика. Схема для розрахунку показана на рис. 4.5.

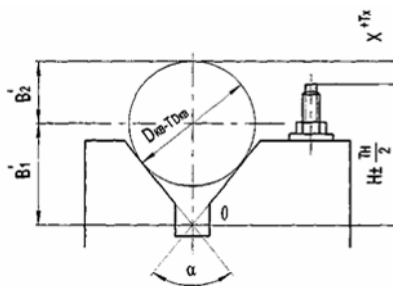


Рисунок 4.5 – Схема розрахунку

Середній розмір контрольного валика  $D_{kv,сер}$ :

$$D_{kv,сер} = D_{kv} - \frac{T_{D_{kv}}}{2} = 50 - \frac{0,016}{2} = 49,99 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $B'_{2сер}$  :

$$B'_{2сер} = \frac{D_{kv,сер}}{2} = \frac{49,99}{2} = 24,995 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $B'_{2cep}$  :

$$TB'_{2cep} = \pm \frac{T_{Dкв}}{4} = \pm \frac{0,016}{4} = \pm 0,002 \text{ мм.}$$

Середній розмір  $B'_{1cep}$  :

$$B'_{1cep} = \frac{B'_{2cep}}{\sin 45^\circ} = \frac{24,995}{0,7} = 35,7 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $B'_{1cep}$  :

$$TB'_{1cep} = \pm \frac{T_{Dкв}}{4 \sin 45^\circ} = \pm \frac{0,016}{2,8} = \pm 0,003 \text{ мм.}$$

Розмір від валика  $X_{cep}$ :

$$X_{cep} = B'_{1cep} + B'_{2cep} - H_{cp} = 35,7 + 24,995 - 60,622 = 0,073 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір  $X_{cep}$ :

$$TX_{cep} = TB'_{1cep} + TB'_{2cep} + T_{H.уcт} = 0,006 + 0,004 + 0,055 = 0,065 \text{ мм.}$$

Знаходимо розмір  $X_H$ :

$$X_H = \left( X_{cp} - \frac{T_x}{2} \right)^{+T_x} = \left( 0,073 - \frac{0,065}{2} \right)^{+0,065} = 0,04^{+0,065} .$$

Приймаємо  $X_H = 0,04^{+0,07}$  мм.

### 4.3.5 Розрахунок сили затиску заготовки в пристосуванні

Основне призначення затискних пристроїв пристосовань – забезпечення надійного контакту заготовки з установочними елементами і попередження її зміщення і вібрації в процесі обробки. Затискні пристрої повинні бути такими, щоб:

- при затиску не порушувалось задане положення деталі;
- точка прикладання сили затиску була якомога ближче до місця обробки;
- точка прикладання сили затиску перебувала в зоні, що з'єднує опорні точки деталі в пристосуванні;
- затискачі не викликали деформації деталей і псування їх поверхонь;
- закріплення і відкріплення деталі виконувалось з мінімальною витратою сил і часу робітника;
- сили різання по можливості не впливали на затискні пристрої;
- при закріпленні нежорстких деталей сили затиску розташовувалися над опорами або близько до них;
- в ручних затискних пристроях сила на рукоятці не повинна перевищувати 150 Н.

При розрахунку сил затиску необхідно визначити місце їх застосування і напрямок, сили тертя, а також величини: сил різання і моменти їх впливу на деталь, що оброблюється, а при необхідності – інерційні і відцентрові сили, що виникають при обробці.

За характеристиками жорсткості і надійності затискні пристрої поділяються на дві групи:

I – затискні пристрої, що мають власногальмуючі механізми (гвинтові, клинові, безроликові ексцентрикові);

II – пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні і інші механізми прямої дії, які не мають власногальмівних властивостей.

У зв'язку з цим рекомендується розраховувати сили затиску з урахуванням групи пристроїв, до якої він належить.

#### **Методика розрахунку необхідних сил затиску.**

Вихідними даними для визначення сил затиску є:

- операційний ескіз встановлення заготовки в пристосуванні;
- чисельні значення сил і моментів різання.

#### **Послідовність розрахунку:**

1. В ескізному варіанті викреслюється схема встановлення заготовки в одній або двох проєкціях залежно від того, в яких координатах прикладено сили і моменти різання. Показуються всі діючі сили і моменти, що визначають можливість зсуву або відриву заготовки, в місцях їх застосування.

2. Визначається точка прикладення і напрям сили затиску.

*Рекомендації по вибору точок прикладання і напрямку сили затиску:*

- бажано, щоб точка прикладання сили знаходилась якомога ближче до об'єкта обробки;
- бажано, щоб напрямок сили затиску і сил різання збігалися і були спрямовані на основні опори пристосування;
- прикладені сили затиску не повинні призводити до зсуву заготовки в процесі її закріплення;
- прикладена сила затиску не повинна викликати деформації заготовки та її викривлення в процесі обробки.

3. На ескізному варіанті вибирається система координат, тобто визначається нульова точка і напрямок осей.

4. Для забезпечення надійності затиску заготовки сили або моменти обробки збільшуються на коефіцієнт запасу  $k$ , який визначається в залежності від умов обробки за певними даними. За допомогою цього коефіцієнта враховується зміна умов в процесі обробки: затуплення інструменту і пов'язане з ним збільшення сил різання, нерівномірність припусків, властивості оброблюваного матеріалу, зміна умов встановлення заготовок.

Визначається коефіцієнт запасу закріплення за формулою:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6,$$

де  $k_0 = 1,5 - 2,2$  – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків;

$k_1$  – враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці та враховується тільки для чорнових переходів,  $k_1 = 1,2$ . Для чистової обробки  $k_1 = 1,0$ ;

$k_2$  – враховується в усіх випадках обробки і залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту, вибирається з [5, табл. 6.1, стор. 101];

$k_3$  – враховує умови переривчастого виду обробки.  $k_3 = 1,0$  – в умовах плавного різання;  $k_3 = 1,2$  – при переривчастому різанні (торцеве фрезерування);

$k_4$  – характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску.  $k_4 = 1,0$  – для всіх механізованих приводів (пневматичних, гідравлічних, магнітних тощо);  $k_4 = 1,3$  – для ручних затискачів (гвинтових і ексцентрикових);

$k_5$  – характеризує ручне затиснення з точки зору зручності закріплення деталі. При зручному розташуванні рукоятки і куті її повороту в межах  $90^\circ$   $k_5 = 1,0$ . При незручному розташуванні рукоятки і її повороті більше  $90^\circ$  –  $k_5 = 1,2$ .  $k_5 = 1,0$  – для ексцентрикових затискачів;  $k_5 = 1,2$  – для гвинтових затискачів;  $k_5 = 1,0$  – для механізованих затискачів;

$k_6$  – враховується тільки при наявності крутних моментів, що прагнуть повернути заготовку, і залежить від виду опорної поверхні пристосування.  $k_6 = 1$  – для точкових опор (опорні штирі);  $k_6 = 1,5$  – для суцільних опор (опорне кільце).

5. Вказуються розміри, що визначають плечі діючих сил, виходячи з умови рівноваги, складаються рівняння сил або моментів сил.

6. Для даної схеми визначається сила затиску.

### Приклад розрахунку сили затиску

Сили, що діють при фрезеруванні паза на валу, встановленого на призму, наведені на рис. 4.4.

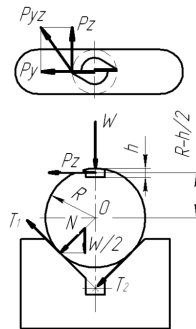


Рисунок 4.4 – Схема сил при фрезеруванні шпонкового паза

Деталь, що оброблюється, базується в пристосуванні по зовнішньому діаметру на призму. Коефіцієнт запасу визначаємо за формулою:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6,$$

$$\text{де } k_0 = 1,5; k_1 = 1,2; k_2 = 1,0; k_3 = 1,0; k_4 = 1,5; k_5 = 1,5; k_6 = 1,5.$$

Звідси:  $k = 3,24$ .

Необхідне зусилля затиску знаходимо із принципу статичної рівноваги за формулою:

$$W = k \frac{P_z (R - h/2) \sin \frac{\alpha}{2}}{fR} = 3,24 \frac{144(25 - 5/2) \sin 45}{0,16 \cdot 25} = 1855,7 \text{ Н.}$$

#### 4.3.6 Вибір силового приводу і визначення його параметрів

Затискні пристрої служать для надійного утримання заготовки в процесі її обробки на металорізальних верстатах [5].

За конструктивними ознаками затискні пристрої поділяються на прості і комбіновані. До простих пристроїв відносяться гвинтові, клинові, ексцентрикові. Комбіновані затискні пристрої складаються з декількох простих. Вони можуть грати роль підсилювальної ланки і працювати з використанням дешевого джерела енергії. Прикладом такої конструкції є пневмо-клин-важільний затискний пристрій.

За рівнем механізації силові механізми підрозділяються на ручні, механізовані і автоматизовані.

Ручні механізми вимагають застосування значної м'язової енергії і стомлюють робітника, механізовані працюють від енергії, що передається приводом, автоматизовані наводяться в дію переміщенням столу, супортами, шпинделями верстатів або відцентровими силами обертових мас і здійснюють затиск і розкріплення виробів без участі робітника-верстатника.

У серійному і масовому виробництві використовують складні затискні механізми з швидкодіючими пневмо- або гідроприводами.

При проектуванні пристосування необхідно, за знайденим значенням затискного зусилля  $W$ , визначити силу  $Q$ , яку розвиває затиск-

ний пристрій. Розрахункові формули для простих і складних затискних механізмів наведено в [5].

У ручних затискачах знайдене значення  $Q$  (зусилля, прикладене до ключа) не повинне перевищувати 150 Н (на вимогу охорони праці та техніки безпеки).

При використанні в якості приводу пневмо-, гідроциліндрів, діафрагмених приводів за знайденим значенням  $Q$  визначаються виконавчі розміри приводу (діаметр поршня або діафрагми –  $D$ , діаметр штока –  $d$  тощо).

## Приклади розрахунку силових пристроїв

### Приклад 1

Схему клино-важільного механізму наведено на рис. 4.5. Заготовка (1), на поверхні якої фрезерують шпонковий паз, встановлена на призму (9). Її необхідно закріпити з силою  $W$ . Для цього з двох боків на неї тиснуть однакові важелі (2) з силою  $P$ . Ці важелі встановлено на вісях (3) з радіусом  $r$ . Кожен з важелів вільно обертається навколо вісі (3). Безперервний контакт важеля з плунжером (5) забезпечує пружина (4). Поршень пневмоциліндра (8) після подачі стисненого повітря в його верхню порожнину іде донизу, разом зі штоком (7) та клином (6). Клинова поверхня переміщує плунжер (5) убік. Він тисне на нижнє плече важеля (2). При цьому верхнє його плече притискає деталь до призми. Симетрично з другого боку деталь притискає такий же важіль. Потрібно розрахувати величину сили  $Q$  на штоку (7) для забезпечення необхідної сили затиску  $W$ .

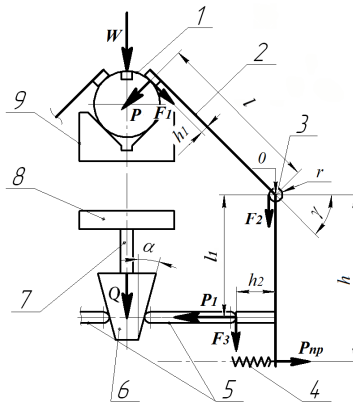


Рисунок 4.5 – Схема клино-важільного механізму

Сила  $W$  розкладається на дві рівнозначні сили  $P$  на опорних майданчиках важелів, які тиснуть на заготовку:

$$P = \frac{W}{2 \cos \gamma}.$$

Зусилля на штоці  $Q$ , необхідне для перетворення двостороннім клином в силу на плунжер  $P_1$ , описує рівняння:

$$Q = 2P_1 \operatorname{tg} \alpha.$$

Розпишемо рівняння моментів сил відносно точки  $O$ :

$$Pl - P_1 l_1 + P_{np} h + F_1 h_1 + F_2 r + F_3 h_2 = 0.$$

І вирішимо його щодо  $P_1$ :

$$P_1 = \frac{P(l + fh_1) + P_{np} h + fNr}{l_1 - fh_2}.$$

Для визначення сили необхідно розрахувати силу нормального тиску  $N$ , для чого складаємо розрахункову схему, представлену на рис. 4.6.

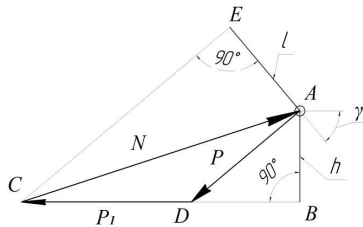


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема для визначення сили  $N$

Сила  $N$  дорівнює:

$$N = P \frac{AC}{AD}.$$



$P_{np}$  – сила пружини визначається як сила, яка повинна подолати тертя важеля в місцях його контакту з іншими деталями під час зворотного руху:

$$P_{np} = 1,2(amf),$$

де  $m$  – маса важеля, кг;

$f$  – коефіцієнт тертя сталь по сталі,  $f = 0,16 - 0,18$ ;

$a = 3$  – коефіцієнт, що враховує потрібне для пружини подолання тертя в трьох місцях – між плунжером і втулкою, плунжером і регулювальним гвинтом, важелем і віссю.

Звідси:

$$P = \frac{W}{2 \cos \gamma} = \frac{1855,7}{2 \cdot 0,6428} = 1427,5 \text{ Н.}$$

Сила пружини:

$$P_{np} = 1,2(amf) = 1,2 \cdot 3 \cdot 22,5 \cdot 0,16 = 12,96 \text{ Н.}$$

Використовуючи розрахункову схему, рис. 4.6, визначимо силу нормального тиску на вісь:

$$N = P \frac{AC}{AD} = 1427,5 \frac{280}{140} = 2854,8 \text{ Н;}$$

$$P_1 = \frac{P(l + fh_1) + P_{np}h + fNr}{l_1 - fh_2} = \frac{1427,5(93 + 0,16 \cdot 3) + 12,96 \cdot 35 + 0,16 \cdot 2854,8 \cdot 6}{56 - 0,16 \cdot 20,4} = 2592,7 \text{ Н;}$$

$$Q = 2P_1 \operatorname{tg} \alpha = 2 \cdot 2592,7 \cdot 0,5542 = 2873,7 \text{ Н.}$$

В якості затискного пристрою було обрано пневматичний привід. До переваг цих приводів слід віднести швидкість дії (0,5...1,2 с), сталість зусилля затиску і можливість його регулювання, простоту конструкції і експлуатації, незалежність працездатності від коливань

температури навколишнього середовища. Виходячи з отриманого зусилля  $Q$  знайдемо параметри цього пристрою, а саме діаметр. Діаметр пневмоциліндра  $D$  визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}},$$

де  $D$  – діаметр пневмоциліндра, мм;

$p$  – тиск стисненого повітря,  $p = 0,2 \dots 0,6$  МПа;

$\eta$  – к.к.д., враховує втрати пов'язані з витокami стисненого повітря і тертям,  $\eta = 0,85 \dots 0,9$ .

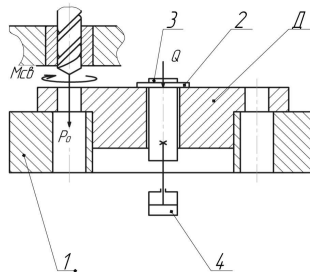
Звідси:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2873,7}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9}} = 90 \text{ мм.}$$

Визначивши  $D$ , вибирають пневмоциліндр, використовуючи відповідний стандарт або нормаль, причому, вибрані параметри повинні бути не менше розрахованих. Параметри пневматичних циліндрів наведено в [7, 8].

### Приклад 2

Для свердлення двох отворів заготовку  $D$  встановлено в кондуктор 1 і закріплено за допомогою швидкозмінної шайби 2 і тяги 3, яка з'єднана зі штоком пневмоциліндра 4 (рис. 4.7).



1 – корпус, 2 – швидкозмінна шайба, 3 – тяга,  
4 – пневмоциліндр,  $D$  – заготовка

Рисунок 4.7 – Умовна схема пристосування

На заготовку в процесі обробки діє сила  $P_o$  і крутний момент  $M_{CB}$ . Після їх врахування визначено необхідну силу закріплення  $Q = 22$  Н. Визначити діаметр пневмоциліндра, якщо діаметр штока –  $d = 16$  мм, тиск повітря –  $p = 0,4$  МПа, к.к.д. пневмоциліндра –  $\eta = 0,89$ .

На рис. 4.7 видно, що для закріплення використовується сила на штоку пневмоциліндра двосторонньої дії. Затиск забезпечується поданням стислого повітря у верхню порожнину пневмоциліндра, активна робоча площа поршня якого менша через наявність штока діаметром –  $d$ .

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta.$$

Звідси:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \eta p} + d^2},$$

де  $d$  – діаметр штока, мм;

$\eta$  – к.к.д. пневмоциліндра;

$p$  – тиск стисненого повітря, МПа;

В результаті розрахунку одержуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \eta p} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22}{3,14 \cdot 0,89 \cdot 0,4} + 16^2} = 18,3 \text{ мм.}$$

Отримане значення округляємо до найближчого більшого значення діаметра пневмоциліндра з [5] або ГОСТ 6540-68 і приймаємо остаточно діаметр пневмоциліндра  $D = 20$  мм.

#### **4.3.7 Розрахунок на міцність деталі пристосування, що має найбільше навантаження**

У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які сприймають різноманітні види навантажень [5].

Кожна деталь має певний запас міцності, який завжди повинен бути більшим за одиницю. Запас міцності враховує розкид механічних властивостей матеріалів, призначених для відповідних деталей. Запас міцності по напруженню визначається за формулою:

$$k\sigma_{\max} \leq [\sigma],$$

де  $[\sigma]$  – допустимі значення, МПа;

$\sigma_{\max}$  – максимальні напруження, що виникають в деталі, МПа;

$k$  – коефіцієнт запасу.

Якщо проводиться перевірочний розрахунок вісі на зріз, формула матиме вигляд:

$$\tau_{cp} = k \frac{4P_{II}}{\pi d^2 n} \leq [\tau_{cp}],$$

де  $\tau_{cp}$  – напруга зрізу, МПа;

$P_{II}$  – поперечне навантаження, Н;

$n$  – кількість площин зрізу;

$d$  – діаметр вісі, мм.

При розрахунку циліндричної деталі на розтягнення формулу потрібно записати таким чином:

$$\sigma_{cp} = k \frac{4P_p}{\pi d^2} \leq [\sigma_{cp}],$$

де  $P_p$  – зусилля розтягування, Н.

Решта розрахунків найбільш поширених варіантів з'єднань деталей при складанні пристосувань показані в [5–8].

#### **Приклад розрахунку деталі пристосування**

В обраному пристосуванні найбільш небезпечною є можливість зрізу поворотної вісі важелів під дією прикладених сил. Діаметр вісі знаходимо за формулою:

$$d_1 = \sqrt{\frac{k4P_u}{\pi[\tau_{cp}]n}}.$$

$$P_n = N$$

Приймаємо значення коефіцієнта  $k = 2,0$ . Кількість площин зрізу  $n = 2$ .

Згідно [3, табл. 9.1] (для II групи навантаження) сталь 45 має  $[\tau_{ср}] = 90$  МПа після цементації з загартуванням у воду і відпуском.

$$d_1 = \sqrt{\frac{k 4 P_n}{\pi [\tau_{ср}] n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 2854,8}{3,14 \cdot 90 \cdot 2}} = 6,3 \text{ мм.}$$

Умова міцності вісі на зріз виконується, тому що діаметр вісі в пристосуванні  $d_1 = 10$  мм (більше, ніж розраховане значення).

#### 4.3.8 Опис конструкції та принципу роботи пристосування

Після того, як виконані всі етапи проектування та розрахунку верстатного пристосування і підготовлена конструкторська документація, необхідно описати принцип його роботи.

В описі принципу роботи має бути відображена наступна інформація:

- класифікація пристосування;
- призначення пристосування;
- які розміри виконуються на операції; як відбувається обробка;
- як здійснюється базування заготовки в пристосуванні;
- як закріплюється заготовка;
- як працює затискний механізм пристосування, його конструкція і вплив на заготовку;
- як працює силовий привід пристосування;
- як здійснюється встановлення пристосування на верстаті;
- як знімається заготовка після обробки.

Також необхідно описати інші особливості конструкції пристосування – особливі деталі і вузли, прийняті технічні рішення тощо. Текст опису конструкції і принципу роботи пристосування слід складати таким чином, щоб в ньому були вказані конкретні вузли та деталі у вигляді посилань на відповідні позиції в специфікації.

## 5 РОЗРОБКА СКЛАДАЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ ПРИСТОСУВАННЯ

На основі виконаних розрахунків розробляють конструкцію пристосування і викреслюють її загальний вигляд на аркуші (формат А1) переважно в масштабі 1:1.

До креслення загального виду ставляться такі вимоги.

1. Креслення має бути розроблено відповідно до вимог ЕСКД. Кількість проєкцій має бути достатньо для розуміння конструкції, принципу роботи пристосування і має дозволяти викреслювати робоче креслення будь-якої з його деталей.

2. Деталі й інші елементи мають бути міцними, технологічними, з мінімальною масою і габаритами, забезпечувати зручне складання, ремонт і експлуатацію пристосування.

3. На кресленні має бути вказано: базові поверхні пристосування, налагоджувальні (складальні) розміри з необхідними відхиленнями щодо базових поверхонь, посадочні з'єднання, приєднувальні і габаритні розміри, вимоги на складання, налагодження, монтаж та експлуатацію пристосування.

4. Конструкція пристосування повинна відповідати вимогам художнього конструювання і технічної естетики.

На кресленні загального виду для спрощення допускається не показувати дрібні фрагменти деталей і з'єднань: фаски, проточки, округлення, поглиблення, зазори між з'єднаннями деталей з номінальними розмірами, які незначно відрізняються. При використанні великої кількості елементів для кріплення деталей одного типу і розміру можна детально зображувати тільки місце з'єднання, а інші показувати умовно. На кресленні допускається спрощене зображення деталей для кріплення, різьблення і його елементи.

До складального креслення додають специфікацію за ГОСТ 2.106-96. При складанні специфікації в номерах між деталями і стандартними виробами доцільно передбачати розрив в декілька рядків. Це зручно для подальшого внесення змін або вписування номерів додаткових або пропущених деталей.

Конструювання пристосування зводиться до послідовного викреслювання елементів пристосування навколо контуру деталі, що обробляється. Рекомендується дотримуватися наступного порядку.

1. Контур деталі, що обробляється наносять в необхідній кількості проєкцій, що розташовуються з таким розрахунком, щоб залишалось досить місця для подальшого креслення елементів пристосування. Контур деталі зображують тонкими або, навпаки, більш товстими пунктирними (штрихпунктирними) лініями відносно ліній деталей пристосування. Деталь вважають прозорою – умовно.

2. Викреслюють установчі деталі і деталі для направлення інструменту.

3. Наносять затискні і допоміжні пристрої.

4. Розташовують силові пристрої.

5. Після цього викреслюють корпус пристосування, який об'єднує всі перераховані вище елементи.

На всіх етапах використовують, по можливості, нормалізовані і стандартні вузли і деталі. Загальні види пристосувань рекомендовано викреслювати в масштабі 1:1; як виняток – це пристосування для особливо великих або дрібних деталей. На загальному вигляді пристосування приводять технічні умови на його складання. В них вказують необхідну точність складання пристосування, вимоги до його регулювання і налагодження, методи перевірки при встановленні на верстат, обробку і маркування.

На кресленні загального виду, крім пристосування, рекомендовано тонкими суцільними або пунктирними лініями схематично зображати контур місця верстата, на якому базується і закріплюється пристосування. Наприклад, на кресленнях патронів і оправок – контур головки шпинделя верстата і перехідну планшайбу; на кресленнях фрезерних пристосувань – частина контуру столу з пазами під настановні шпонки і болти для закріплення пристосування тощо.

У ряді випадків доцільно схематично зображати і різальний інструмент. На загальному вигляді дається нумерація деталей за специфікацією із зазначенням використаних норм.

Після виконання загального вигляду розробляють креслення інших вузлів і деталей (в разі необхідності).

На кресленні загального виду вказують наступне:

1. Габаритні розміри пристосування. Контрольні та координуючі розміри з допусками (відхиленнями), що характеризують точність взаємного розташування таких елементів пристосування, які визначають точність координації поверхонь деталей, які оброблюються в пристосуванні; точність цих розмірів перевіряється після складання

пристосування. Так, наприклад, у кондукторі контрольними розмірами є відстані між осями кондукторних втулок і відстані від цих осей до поверхонь установчих елементів пристосування. У фрезерних пристосуваннях – відстані від поверхонь габаритів до поверхонь відповідних елементів тощо. Допуски на ці розміри беруться в 2 – 3 рази меншими допусків на відповідні координуючі розміри, зазначені на робочому кресленні деталі, що оброблюються.

2. Допуски на взаємну непаралельність, неперпендикулярність, неплщинність установчих поверхонь і осей центруючих елементів пристосування. Ці допуски вказуються на полі креслення текстом і вони не повинні перевищувати половини відповідних допусків на розташування сполучених з ними базових поверхонь деталі.

При відсутності на робочому кресленні деталі цих допусків допуски для пристосування призначаються в межах 0,02 – 0,05 мм на 100 мм довжини. Кутові зміщення не повинні бути більше 1 – 2 °.



## **6 ФОРМУЛЮВАННЯ ВИСНОВКІВ**

По закінченню роботи підводяться підсумки щодо заданої теми. Висновки мають форму синтезу отриманих в роботі результатів.

Їх основне призначення:

- резюмувати зміст роботи;
- підвести підсумки проведених розрахунків.

Починати висновки необхідно з обґрунтування актуальності, далі привести аргументування мети, досягнення якої стало результатом проекту, і закінчити переліком вирішених завдань, позначених у вступі, які вдалося виконати.

Висновки відображають підсумок роботи, висновки з питань, які досліджувалися в роботі, містять авторську думку, переваги і проблеми, що розкриваються в дослідженні.

Викладаються висновки у відповідності до мети дослідження, конкретних завдань, гіпотез, сформульованих у вступі, змісту розділів курсової роботи.

## 7 СКЛАДАННЯ ПЕРЕЛІКУ ПОСИЛАНЬ

У перелік посилань включаються джерела, вивчені в процесі підготовки роботи, в тому числі ті, на які є посилання у тексті курсової роботи.

Посилання в тексті пояснювальної записки слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, «[1]». Якщо в тексті йдеться про посилання на дані таблиць, формули тощо, вказується номер таблиці, формули тощо та сторінка, на якій все це представлено в посиланні, наприклад, «[1, табл. 4, стор. 45]».

Перелік посилань оформлюється відповідно до правил, передбачених державним стандартом ДСТУ ГОСТ 7.1:2006.

## 8 ПРОЦЕДУРА ЗАХИСТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота, виконана з дотриманням рекомендованих вимог, оцінюється і допускається до захисту. Захист повинен проводитися до початку іспиту з дисципліни.

Захист курсової роботи, як правило, полягає в короткій доповіді студента і відповідях на питання по суті курсової роботи. У доповіді необхідно відзначити: що зроблено особисто студентом, чим він керувався при дослідженні теми, що є предметом вивчення, які методи використані при вивченні даної проблеми, які нові результати досягнуті в ході дослідження і які основні висновки.

**Необхідно пам'ятати, що курсова робота – самостійне дослідження, автором якого є студент.**

Робота оцінюється диференційовано з урахуванням якості її виконання, змістовності доповіді і відповідей на питання під час захисту.

**9 НАВЧАЛЬНА, НАУКОВА І ДОВІДКОВА ЛІТЕРАТУРА, РЕ-  
КОМЕНДОВАНА ДЛЯ ВИКОНАННЯ  
КУРСОВОЇ РОБОТИ**

1. Справочник технолога-машиностроителя: 1 т. / под ред. А. М. Донского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А.Г. Сулова.- М.: Машиностроение, 2001.
2. Справочник технолога-машиностроителя: 2 т. / под ред. А. М. Донского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова.- М.: Машиностроение, 2001.
3. Справочник нормировщика машиностроителя. Т.2. / Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1961. – 892 с.
4. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 275с.
5. Богуслаев В. А Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2004. – 461 с.
6. Ансеров М. А. Приспособление для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – 65бс.
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник / А. К. Горошкин. М.: Машиностроение, 1979. – 303с.
8. Болотин Х. Д. Станочные приспособления / Х. Д. Болотин, Ф. Н. Костромин. М.: Машиностроение, 1973. – 344с.
9. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. Минск: Высш. Школа, 2011. – 230 с.
10. Маталин А. А. Технология машиностроения : Учебник/ А. А. Маталин. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 512 с.
11. Мухин В. С. Расчет технологических размеров: Учеб. пособие / В. С. Мухин; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – 2-е изд.испр. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 204 с.
12. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин и др.; под общ. ред. А. А. Панова, 2-е изд. перераб. и доп.; – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
13. Проектирование технологической оснастки: Учебник / А. П. Шулепов, В. А. Шманев, И. Л. Шитарев. Под общей редакцией А. П. Шулепова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1996. – 332 с.

14. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др. Под общ. ред. А. А. Пано-ва. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
15. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений / В. Е. Антонюк. – Минск: Беларусь, 1991. – 400 с.
16. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування / С. Г. Бондаренко. Навчальний посібник. – Львів: Магнолія 2006, 2007. – 500 с.
17. Черпаков Б. І. Техногічна оснастка / Б. І. Черпаков. Підру-чник для установ серед. проф. освіти. – М.: Видавничий центр “Ака-демія”, 2003. – 288 с.

**Додаток А**  
**Приклад оформлення реферату до курсової роботи**

**РЕФЕРАТ**

ПЗ: 27 с., 8 рис., 2 табл., 1 додаток, 14 джерел.

Об'єкт дослідження – вал.

Предмет дослідження – верстатне пристосування для фрезерування шпонкового пазу.

Мета роботи – проектування верстатного пристосування.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В курсовій роботі спроектовано верстатне пристосування, розраховано режими різання та норми часу, обрано інструмент та верстат для виконання заданої операції, обґрунтовано спосіб базування та розраховано похибку встановлення, розраховано силу затиску, вибрано силовий привід та визначено його параметри, описано конструкцію та принцип роботи пристосування.

ДЕТАЛЬ, РОЗМІР, ПОХИБКА, БАЗУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ,  
ВЕРСТАТ, ПРИСТОСУВАННЯ, ТОЧНІСТЬ, СИЛА ЗАТИСКУ, СИ-  
ЛОВИЙ ПРИВІД, РОБОЧЕ КРЕСЛЕННЯ