

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

Методичні вказівки для проведення практичних занять та виконання завдань самостійної роботи

для студентів освітнього рівня «МАГІСТР»
денної та заочної форм навчання
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
освітньо-професійної програми
«Прикладна механіка»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки.
Кафедра механічної інженерії

Житомир
2024

Затверджено науково-методичною
Радою Державного університету
«Житомирська політехніка»
Протокол від 22.05.2024 р. №2

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

**Методичні вказівки для проведення
практичних занять та виконання завдань
самостійної роботи**

для студентів освітнього рівня «МАГІСТР»
денної та заочної форм навчання
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
освітньо-професійної програми
«Прикладна механіка»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки.
Кафедра механічної інженерії

Розглянуто і рекомендовано на засіданні
кафедри механічної інженерії
протокол від 11 квітня 2024 р., № 4

Розробник:
доцент кафедри механічної інженерії Яновський В.А.

Житомир
2024

Методичні рекомендації для проведення практичних занять з дисципліни «Проектування технологічного оснащення» та виконання завдань самостійної роботи для студентів освітнього рівня «Магістр» спеціальності 131 «Прикладна механіка». – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 134 с.

Розробник: доцент Яновський В.А.

Рецензенти: к.т.н., доц. Степчин Я.А., к.т.н., доц. Ночвай В.М.

Методичні рекомендації призначені для проведення практичних занять з дисципліни **«Проектування технологічного оснащення»** та виконання завдань самостійної роботи для студентів освітнього рівня «Магістр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки. Вони містять тему та мету практичних занять, індивідуальні завдання для виконання самостійної роботи, рекомендовану літературу, зміст та вимоги до оформлення звітів практичних занять.

Розглянуто та рекомендовано на засіданні кафедри механічної інженеєії.

Протокол №4 від 11 квітня 2024 р.

Зміст

Вимоги до проведення, виконання та оформлення практичних робіт.	5
Практичне заняття №1	
Визначення очікуваної точності обробки (похибок базування) розмірів поверхонь заготовки для заданої технологічної операції при проектуванні пристрою	8
Практичне заняття №2	
Вибір раціональних схем базування заготовок при проектуванні пристрою	26
Практичне заняття №3	
Визначення похибок затискання заготовок в пристрої	50
Практичне заняття №4	
Визначення міжремонтного періоду роботи пристрою.	59
Практичне заняття №5	
Розробка технічного завдання на проектування спеціального пристрою	70
Практичне заняття №6	
Розрахунок самоцентруючих затискних пристроїв з гідропластмасою	94
Практичне заняття №7	
Розрахунок точності свердлування отворів в кондукторах	117
Список рекомендованої літератури	128

**Вимоги до проведення та оформлення звітів
практичних занять з навчальної дисципліни
«Проектування технологічного оснащення»**

Підвищення продуктивності праці і якості продукції – найважливіша задача сучасного виробництва. Вирішення цієї задачі може бути забезпечено за рахунок впровадження у виробництво високопродуктивної технологічної оснастки, серед якої найбільшу вагу мають верстатні пристрої. Розробка конструкцій верстатних пристроїв є одним з важливих етапів технологічної підготовки виробництва. Технічний рівень верстатного пристрою визначає ефективність технологічної операції, продуктивність обробки і точність виготовлення деталей в такій же мірі, що і якість самих верстатів. Вивчення досвіду проектування і експлуатації пристроїв, теоретичні та практичні досягнення в цій області являються основою дисципліни «Проектування технологічного оснащення». Знання особливостей різних конструкцій верстатних пристроїв, а також методики їх проектування дозволяє фахівцю ефективно вирішувати задачі оснащення технологічних процесів прогресивною технологічною оснасткою.

Практичні заняття по дисципліні «Проектування технологічного оснащення» дають можливість студенту закріпити та доповнити теоретичні знання, що отримані на лекціях, використати ці знання для вирішення конкретних практичних задач, прищепити навички самостійного прийняття рішень і виконання певних розрахунків, навчитись користуватися довідниковими та нормативними матеріалами.

Мета даних методичних рекомендацій – надання допомоги студентам в освоєнні методики проектування та розрахунку спеціальних верстатних пристроїв, а також ознайомлення з нормативною, довідниковою та спеціальною літературою яка необхідна для їх проектування та розрахунку.

Методичні вказівки по кожному практичному заняттю містять: мету та зміст заняття, послідовність його виконання, необхідні теоретичні відомості, варіанти індивідуальних завдань, приклади та пояснення до їх виконання, контрольні питання та перелік рекомендованої літератури.

При виконанні практичних занять передбачене самостійне виконання студентами індивідуальних варіантів завдань, що сприяє більш глибокому засвоєнню навчального матеріалу та розвиває технічне мислення студентів.

Номер варіантів для виконання індивідуальних завдань відповідає останній цифрі порядкового номера прізвища студента в списку групи, або визначається викладачем. Перед кожним практичним заняттям студент повинен опрацювати по конспекту лекцій, даним методичним рекомендаціям та рекомендованій навчальній літературі теоретичний матеріал по темі практичного заняття.

Звіт про виконання індивідуальних завдань кожного практичного заняття виконується на машинописному папері формату А4 (210x297мм) або в електронному вигляді відповідно до вимог оформлення текстових документів.

Звіт по виконаному практичному заняттю повинен містити: *назву заняття, мету заняття, зміст завдання та послідовність його виконання та результати самостійного виконання заданих варіантів індивідуальних завдань, висновки.*

На кожному практичному занятті студент повинен відзвітувати за попередню виконану роботу, представити викладачеві повністю оформлений звіт про виконання практичного заняття згідно вказаних вище вимог та захистити його. Після виконання всіх практичних занять звіти по них підшиваються в один загальний звіт, який представляється викладачеві в період підготовки до екзамену.

Практичне заняття №1

Визначення очікуваної точності обробки (похибок базування) розмірів поверхонь заготовки для заданої технологічної операції при проектуванні пристрою

1 Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань з теорії базування та придбання практичних навичок по визначенню похибок базування (очікуваної точності обробки) та вибору і обґрунтуванню раціональних схем базування заготовки для пристрою, що проектується.

Завдання. Встановити можливість забезпечення заданої точності обробки (похибку базування) розмірів поверхні заготовки при заданій схемі базування в

спеціальному пристрої, що проектується (див.рис.1-рис.11).

Для заданої схеми обробки заготовки розробити теоретичну схему базування.

1.2 Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з метою і змістом практичного завдання.
2. Ознайомитись зі змістом теоретичних відомостей до виконання практичних завдань.
3. Ознайомитися та проаналізувати наведений приклад виконання практичного завдання.
4. Для заданого варіанта задачі (див. табл.1) визначити похибку базування розмірів поверхні заготовки, що обробляється при вказаній схемі базування в спеціальному пристрої, що проектується (див.рис.1- рис.11).
5. Для заданої схеми обробки заготовки розробити теоретичну схему базування.
6. Зробити висновки по роботі.

1.3 Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача №	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Рис. №	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

2 Короткі теоретичні відомості

2.1 Похибки, що виникають при обробці заготовок в пристрої на металорізальному обладнанні.

Заготовка, що встановлюється в пристрої, повинна бути вірно орієнтована відносно різального інструменту та координатних осей металорізального верстата. При цьому точність виготовлення деталі, що встановлюється, залежить від умов функціонування технологічної системи. Остання складається з окремих елементів (верстат – пристрій – інструмент – заготовка), кожний з яких впливає на сумарну похибку обробки. В результаті впливу складових похибок елементів технологічної системи з'являється відхилення розміру деталі, що оброблюється, від заданого, яке оцінюється *технологічним допуском* і визначається по формулі:

$$T_d \geq \sqrt{(\Delta_y)^2 + (\Delta_n)^2 + \mathcal{E}_y + (\Delta_u)^2 + (\Delta_T)^2 + \sum \Delta_\phi}, \quad (1)$$

де T_d – технологічний допуск на розмір, що виконується;

Δ_y – похибка, що викликана пружними деформаціями технологічної системи під дією сил різання;

Δ_n – похибка налагодження верстата;

\mathcal{E}_y – похибка встановлення деталі в пристрої;

Δ_u – похибка розмірного зношення інструменту;

Δ_T – похибка обробки, що викликана тепловими деформаціями технологічної системи;

$\sum \Delta_\phi$ – сумарна похибка форми поверхні, що оброблюється, від геометричних похибок верстату і деформування заготовки при її затисканні.

З перерахованих складових похибок пристрій вносить відхилення, що визначається похибкою встановлення \mathcal{E}_y . Тому методичні вказівки присвячені визначенню вищевказаної похибки.

Формулою (1) в проектних розрахунках користуватись неможливо. Тому рекомендується використовувати формулу:

$$T\delta \geq \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_{н.обр} \quad (2)$$

де $\mathcal{E}_{н.обр}$ – нормована похибка обробки.

Нормована похибка обробки $\mathcal{E}_{н.обр}$ виникає в процесі обробки деталей внаслідок геометричної неточності верстата, пружної та теплової деформацій технологічної системи, зношування різального інструмента та інших факторів.

Для виконання розрахунків на стадії проектування пристрою доцільно враховувати величину цієї похибки як деяку частину економічної точності обробки, тобто

$$\mathcal{E}_{н.обр} = k \cdot \omega_{ек}; \quad (3)$$

де $\omega_{ек}$ – величина середньої економічної точності обробки, значення якої для різних видів обробки і відповідних їм квалітетів наведено в табл.1;

k – коефіцієнт, що приймається в межах 0,5...0,8 в залежності від розміру деталі, що розглядається: при цьому чим нижчий квалітет розміру деталі, що розглядується, тим більшою обирається величина k . Для розмірів деталей що оброблюються по 8-му квалітету і вище, $k=0,5$; для розмірів деталей, що оброблюються по 5-му квалітету, $k = 0,8$.

В свою чергу, похибка встановлення \mathcal{E}_y складається з похибки базування \mathcal{E}_δ , затискання \mathcal{E}_3 і похибки положення деталі, що викликана неточністю виготовлення пристрою і зношуванням елементів пристрою \mathcal{E}_{np} .

Так як ці похибки є випадковими величинами, що розподіляються по різним законам, то похибка встановлення заготовки на столі верстата визначається як сума випадкових величин:

$$\mathcal{E}_y = \sqrt{\mathcal{E}_\delta^2 + \mathcal{E}_3^2 + \mathcal{E}_{np}^2} . \quad (4)$$

Підставимо формули (3) і (4) у формулу (2), звільнимся від кореня і перегрупуємо члени. В результаті отримаємо:

$$(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2 \geq \mathcal{E}_\delta^2 + \mathcal{E}_3^2 + \mathcal{E}_{np}^2, \quad (5), \quad \text{або}$$

$$(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2 \geq \mathcal{E}_y^2, \quad (6), \quad \text{або}$$

$$(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2 - \mathcal{E}_y^2 + \mathcal{E}_3^2 \geq \mathcal{E}_{np}^2, \quad (7)$$

В залежності від поставлених задач використовуються формули (6) і (7).

Таблиця 2.

Середня економічна точність обробки і шорсткість поверхні, що відповідає різним методам обробки

Метод обробки	Квалітет точності		Шорсткість поверхні (ГОСТ 2309-73)
	Середня економічна точність $\Delta_{ек}$	Межі коливань	
1	2	3	4

Житомирська політехніка	Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка»
------------------------------------	--

Точіння, розточування і стругання:			
чорнове	13	11...14	R _Z 320...R _Z 80
чистове	11	10...11	R _Z 40...1,25
тонке	8	7...10	1,25...0,32
Фрезерування:			
чорнове	11	10...13	R _Z 320...R _Z 80
чистове	8	7...11	R _Z 40... R _Z 20
Свердління і зенкерування	13	7...14	R _Z 20...1,25
Розвертання:			
попереднє	8	7...10	
кінцеве	6	5...7	0,63...0,32
Протягування:			
попереднє	7	6...8	2,5...0,63
кінцеве	6	5...6	0,32...0,16
1	2	3	4
Шліфування:			
грубе	10	8...11	2,5...0,63
чистове	6	5...7	0,63...0,32
тонке		2...5	0,32...0,16
Хонінгування:			
попереднє	6	6...7	0,16...0,04
кінцеве	5	5...6	0,02...0,01
Суперфінішування:			
чистове	—	—	
тонке	—	—	

Житомирська політехніка	Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка»
------------------------------------	--

Притирання: грубе	6	6...8	2,5...0,63
чистове	5	5...6	0,63...0,32
оздоблювальне		1...5	0,32...0,08
Полірування: чистове	–	–	0,32...0,04
оздоблювальне	–	–	0,04...0,02
Зубофрезерування, зубодовбання: чорнове	11		R _Z 20...2,5
чистове	6	6...8	2,5...0,63
Шевінгування:	6	–	0,63
Нарізання різи: мітчиком, плашкою	6...8	–	R _Z 20...2,5
різцем, фрезою	5...6	–	2,5...0,63
Шабріння: чистове	–	–	R _Z 20...1,25
тонке	–	–	0,63...0,32

2.2 Попередній та перевірочний розрахунки пристроїв на точність

Для якісної оцінки точності пристроїв необхідно провести розрахунки точності на початковій та кінцевій стадіях проектування. Ці розрахунки носять назву *попередній і перевірочний*.

Попередній розрахунок точності пристрою проводиться на початковому етапі проектування. Йому передують:

розробка теоретичної схеми базування, вибір установочних елементів і попереднє призначення схеми затискання.

Мета попереднього розрахунку точності пристрою – оцінка точності вибраної схеми базування.

В попередньому розрахунку не враховуються:

1. Величина зношування установочних елементів та інших деталей пристрою.
2. Похибка складання пристрою.
3. Похибка встановлення пристрою на столі верстату.
4. Похибка затискання.

Оцінка точності прийнятої схеми базування при попередньому розрахунку пристрою здійснюється за такими умовами:

$$\mathcal{E}_{\bar{\sigma}} \leq [\mathcal{E}_y] < \sqrt{(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2} \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_{\bar{\sigma}} < T\delta - \kappa\omega_{ек} \quad (9)$$

В попередніх розрахунках похибка базування заготовки розраховується з достатньою точністю за відомою методикою. У випадку невиконання розрахункових умов (9) схему базування необхідно змінити або зменшити допуски на розміри установочних елементів.

Перевірочний розрахунок точності пристрою проводиться після закінчення розробки конструкції.

Мета цього розрахунку – кінцева оцінка точності та аналіз її зміни в процесі експлуатації.

Розрахунковою умовою для перевірконого розрахунку є:

$$[\mathcal{E}_y] = \sqrt{\mathcal{E}_\delta^2 + \mathcal{E}_3^2 + \mathcal{E}_{np}^2} \leq \sqrt{(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2} \quad (10)$$

Для проведення перевірконого розрахунку точності пристрою необхідно визначити:

- похибку базування для розмірів заготовки, що визначають положення поверхні, що оброблюється;

- похибки затискання, що виникають в залежності від нестабільності сил затискання, неоднорідності шорсткості поверхонь заготовки, зношення установочних елементів пристрою;

- похибки, що спричинені зношенням установочних елементів пристрою - $\mathcal{E}_{зн}$;

- виконавчі розміри установочних елементів, що забезпечують задану точність обробки.

3 Приклад виконання завдання

Задача 1. На вертикально-фрезерному верстаті фрезерується поверхня втулки, що встановлена на циліндричний палець із буртом (рис. 1). Діаметр базового отвору $D=30^{+0,039}$ мм, діаметр установчого пальця $d=30_{-0,016}^{-0,007}$ мм.

Визначити очікувану точність виконання розмірів A_1 та A_2 , якщо відомо, що складові похибки встановлення

(похибки затискання та положення пристрою) дорівнюють нулю, тобто: $\varepsilon_z = \varepsilon_{п.п.} = 0$. Середню економічну точність метода обробки прийняти рівною $\omega = 0,120$ мм.

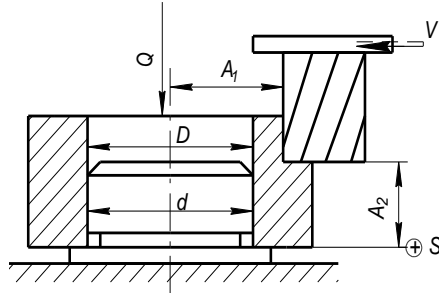


Рис.1. Схема фрезерування втулки (до задачі 1)

3.1 Пояснення до виконання завдання

Виходячи із заданої схеми встановлення заготовки, визначаємо похибку базування виконання розмірів A_1 і A_2 :

Похибка базування розміру A_1 :

$$\varepsilon_{\delta A_1} = S_{\max} = T_D + S_{\min} + T_d = 0,039 + 0,007 + 0,09 = 0,055 \text{ мм.}$$

Похибка базування при виконанні розміру A_2 - $\varepsilon_{\delta A_2} = 0$, так як вимірювальна та технологічна бази у цьому випадку співпадають.

Точність (допуск) виконання розмірів A_1 і A_2 визначаємо за формулою:

$$T_A = \mathcal{E}_y + \omega = \sqrt{\mathcal{E}_{\delta A}^2 + \mathcal{E}_{3A}^2 + \mathcal{E}_{n.n}^2} + \omega.$$

Так як за умовою задачі $\varepsilon_3 = \varepsilon_{п.п.} = 0$, то очікувана точність виконання розмірів A_1 і A_2 (див.рис.1):

$$T_{A_1} = \mathcal{E}_{\delta A_1} + \omega = 0,055 + 0,120 = 0,175 \text{ мм}$$

$$T_{A_2} = \mathcal{E}_{\delta A_2} + \omega = 0 + 0,120 = 0,120 \text{ мм}$$

4 Варіанти завдань для самостійної роботи студентів

Задача 2. Обробка зовнішньої циліндричної поверхні втулки діаметром $120 \pm 0,1$ мм виконується при встановленні її із зазором на жорсткій циліндричній оправці (рис. 2). Базовий отвір втулок має діаметр $60^{+0,035}$ мм. Циліндрична робоча поверхня оправки діаметром $60^{+0,035}$ мм має радіальне биття відносно її конусної поверхні $0,020$ мм, а биття шпинделя верстата складає $0,01$ мм. Точність метода обробки $\omega = 0,05$ мм.

Визначити очікувану точність обробки циліндричної поверхні втулки та її можливе відхилення від співвісності відносно базового отвору.

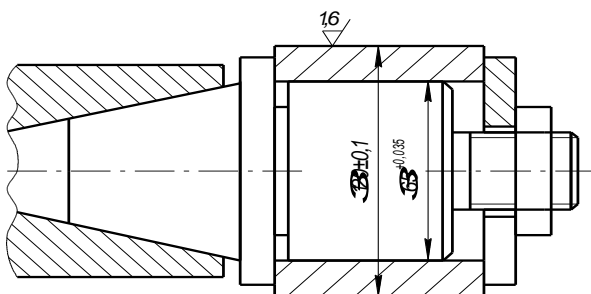


Рис.2. Схема встановлення втулки (до задачі 2)

Задача 3. Для фрезерування паза в розмір A_4 кінцевою фрезою деталь встановлюється в призмах (рис. 3).

Визначити похибки базування для розмірів A_1, A_2, A_3, A_4 . Кут призми $\alpha=90^\circ$. Розмір L_0 між всіма базових циліндричних поверхонь (d_1 та d_2) виконаний із відхиленнями $\pm 0,5T_{L_0}$.

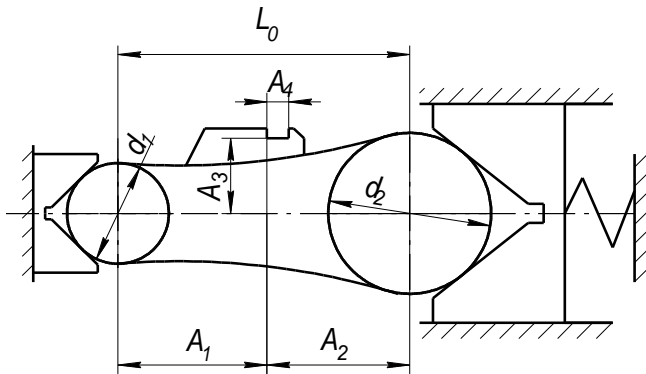


Рис.3. Схема встановлення важеля (до задачі 3)

Задача 4. На горизонтально-фрезерному верстаті набором фрез одночасно проводять обробку поверхонь 1, 2, 3, 4 (рис.4).

Вивести розрахункові залежності для визначення похибки базування при виконанні розмірів A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 та A_6 .

Вказати розміри, на точність виконання яких буде впливати нестабільність сили затискання Q заготовки.

Розміри A_7 та A_8 виконані відповідно з відхиленнями $\pm 0,5T_{A_7}$ та $\pm 0,5T_{A_8}$.

Задача 5. На вертикально-свердлувальному верстаті виконують обробку ступінчатого отвору комбінованим зенкером (рис. 5).

Вивести формули для визначення похибки базування розмірів $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, D_1$, та D_2 .

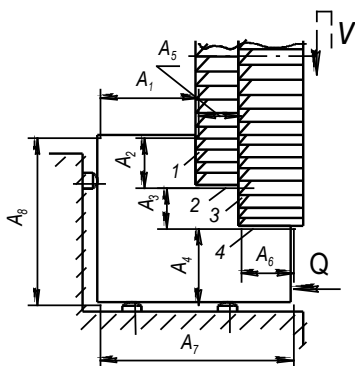


Рис.4. Схема обробки поверхнь заготовки (до задачі 4).

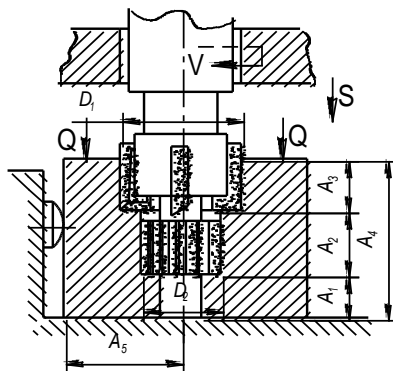


Рис.5. Схема обробки отвору (до задачі 5).

Задача 6. На вертикально-свердлувальному верстаті виконують зенкерування отвору D та підрізьку торця, витримуючи розміри A_1, A_2, A_3, A_4 та D (рис. 6).

Вивести розрахункові залежності для визначення похибки базування при виконанні вказаних розмірів. Розмір A_4 виконаний з відхиленнями $\pm 0,5T_{A_4}$.

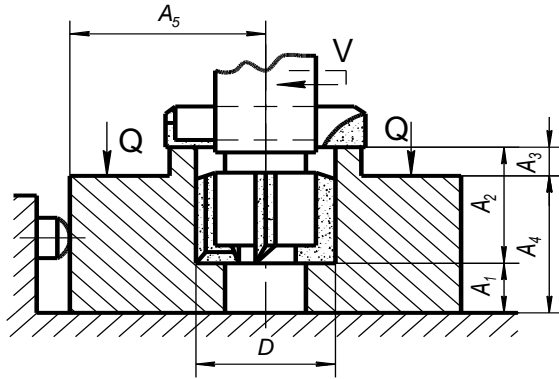


Рис.6. Схема зенкерування отвору (до задачі 6)

Задача 7. При встановленні заготовок на площину та два отвори за допомогою циліндричного d_1 та зрізаного d_2 пальців виконують фрезерування плоских поверхонь 1, 2, 3 та пазу, витримуючи розміри $A_1, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ (рис. 7).

Визначити похибку базування для вказаних розмірів, якщо відомо, що базові отвори заготовки D_1 та D_2 виконані із допуском $TD_1=TD_2=0,013\text{мм}$, установчі пальці d_1 та d_2 - із допуском $Td_1=Td_2=0,009\text{мм}$, а мінімальний зазор у з'єднанні базових отворів із установочними пальцями $S_{1\min}=S_{2\min}=0,007\text{мм}$. Відстань між вісями базових отворів виконано з відхиленням $\pm 0,05\text{мм}$.

Встановити можливість обробки поверхонь 1 та 3 набором фрез, якщо розміри A та A_5 необхідно виконати з точністю $T_A=T_{A_5}=0,15\text{мм}$, а середньоекономічна точність прийнятого методу обробки складає $\omega=0,1\text{мм}$.

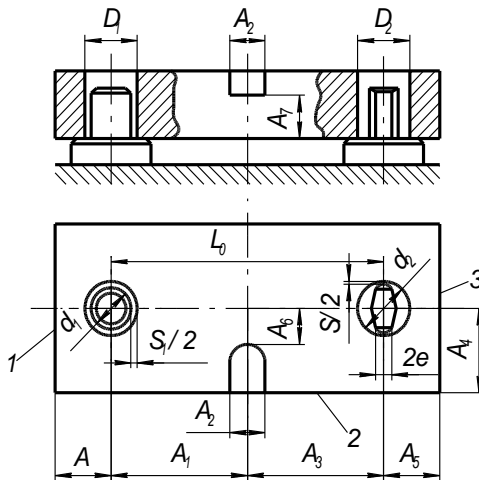


Рис.7. Схема встановлення заготовки при фрезеруванні обробці (до задачі 7).

Задача 8. На горизонтально-протяжному верстаті протягують шпонковий паз (рис. 8).

Необхідно вивести формулу та визначити похибку базування при виконанні розмірів A і B , а також визначити можливе відхилення від перпендикулярності вісі шпонкового пазу відносно вісей отворів D_1 та D_2 , якщо відомо що діаметри базових отворів виконані із допусками $TD_1 = TD_2 = 0,025$ мм, а установчих пальців - із допусками $Td_1 = Td_2 = 0,011$ мм. Мінімальний зазор у з'єднанні базових отворів важеля із установочними пальцями пристрою складає $S_{1min} = S_{2min} = 0,009$ мм.

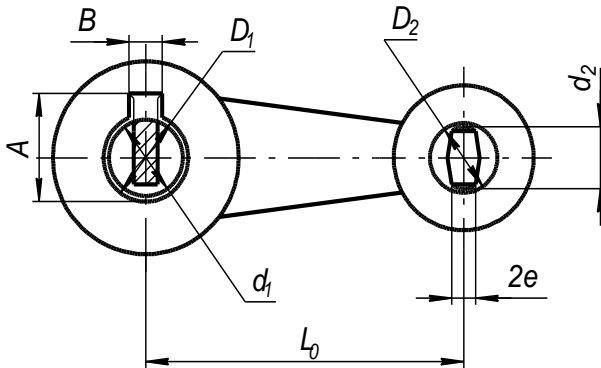


Рис. 8. Схема протягування шпонкового пазу (до задачі 8)

Задача 9. На горизонтально-фрезерному верстаті за два установи виконують фрезерування голівок шатуна, встановленого площиною та двома отворами на циліндричний і зрізаний пальці (рис. 9). Базові отвори виконані в розмір $D_1 = D_2 = 50^{+0,039}$ мм. Установочні пальці виконані у межах поля допуску діаметром $50 f 7 \left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,050 \end{smallmatrix} \right)_{мм}$

Визначити точність виконання розміру 70 голівки шатуна та можливість обробки поверхонь шатуна набором фрез при заданій точності виконання розмірів $45^{+0,4}$ мм. Середня економічна точність обробки $\omega=0,050$ мм.

5 Контрольні питання

1. Як визначити похибку базування заготовки у пристрої?
2. Теоретична схема базування та її виконання.
3. Які похибки входять до складу технологічного допуску?
4. Нормована похибка обробки та як вона визначається?
5. Визначення похибки встановлення заготовки на столі верстата.
6. Середня економічна точність обробки та вона визначається?
7. Попередній розрахунок пристрою на точність та його мета.
8. Перевірочний розрахунок пристрою на точність та його мета.

6 Рекомендована література

1.Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» /Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.

Практичне заняття №2

Вибір раціональних схем базування заготовок при проектуванні пристрою

1 Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань з теорії базування та придбання практичних навичок по визначенню похибок базування та вибору раціональних схем базування заготовки для пристрою, що проектується.

Завдання. Провести аналіз заданих варіантів схем базування заготовки в пристрої, що проектується. Вивести розрахункові залежності похибок базування для заданих варіантів схем встановлення заготовки та встановити раціональний (оптимальний) варіант схеми базування із наведених.

Для заданих схем обробки заготовки розробити теоретичні схеми базування.

1.2 Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з метою і змістом практичного завдання.
2. Ознайомитись зі змістом теоретичних відомостей до виконання практичних завдань.
3. Ознайомитися та проаналізувати наведений приклад виконання практичного завдання.
4. Для заданого варіанта задачі (див. табл.1) провести аналіз наведених варіантів схем базування заготовки в пристрої, що проектується.

5. Вивести розрахункові залежності (формули) похибок базування для заданих схем встановлення заготовки та встановити раціональний (оптимальний) варіант схеми базування із наведених (див.рис.1- рис.12).

5. Для заданої схеми обробки заготовки розробити теоретичні схеми базування.

6. Зробити висновки по роботі.

1.3 Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рис. №	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2 Короткі теоретичні відомості

2.1 Похибки, що виникають при обробці заготовок в пристрої на металорізальному обладнанні.

Заготовка, що встановлюється в пристрої, повинна бути вірно орієнтована відносно різального інструменту та координатних осей металорізального верстата. При цьому точність виготовлення деталі, що встановлюється, залежить від умов функціонування технологічної системи. Остання складається з окремих елементів (верстат – пристрій – інструмент – заготовка), кожний з яких впливає на сумарну похибку обробки.

В результаті впливу складових похибок елементів технологічної системи з'являється відхилення розміру деталі, що оброблюється, від заданого, яке оцінюється технологічним допуском і визначається по формулі:

$$T\delta \geq \sqrt{(\Delta_y)^2 + (\Delta_n)^2 + \mathcal{E}_y + (\Delta_u)^2 + (\Delta_T)^2 + \sum \Delta_\phi}, \quad (1)$$

де $T\delta$ – технологічний допуск на розмір, що виконується;

Δ_y – похибка, що викликана пружними деформаціями технологічної системи під дією сил різання;

Δ_n – похибка налагодження верстата;

\mathcal{E}_y – похибка встановлення деталі в пристрої;

Δ_u – похибка розмірного зношення інструменту;

Δ_T – похибка обробки, що викликана тепловими деформаціями технологічної системи;

$\sum \Delta_\phi$ – сумарна похибка форми поверхні, що оброблюється, від геометричних похибок верстату і деформування заготовки при її затисканні.

З перерахованих складових похибок пристрій вносить відхилення, що визначається похибкою встановлення \mathcal{E}_y . Тому методичні вказівки присвячені визначенню вищевказаної похибки.

Формулою (1) в проектних розрахунках користуватись неможливо. Тому рекомендується використовувати формулу:

$$T\delta \geq \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_{н.обр} \quad (2)$$

де $\mathcal{E}_{н.обр}$ – нормована похибка обробки.

Нормована похибка обробки $\mathcal{E}_{н.обр}$ виникає в процесі обробки деталей внаслідок геометричної неточності

верстата, пружної та теплової деформацій технологічної системи, зношування різального інструмента та інших факторів.

Для виконання розрахунків на стадії проектування пристрою доцільно враховувати величину цієї похибки як деяку частину економічної точності обробки, тобто

$$\mathcal{E}_{н.обр} = k \cdot \omega_{ек}; \quad (3)$$

де $\omega_{ек}$ – величина середньої економічної точності обробки, значення якої для різних видів обробки і відповідних їм квалітетів наведено в табл.1;

k – коефіцієнт, що приймається в межах 0,5...0,8 в залежності від розміру деталі, що розглядається: при цьому чим нижчий квалітет розміру деталі, що розглядується, тим більшою обирається величина k . Для розмірів деталей що оброблюються по 8-му квалітету і вище, $k=0,5$; для розмірів деталей, що оброблюються по 5-му квалітету, $k = 0,8$.

В свою чергу, похибка встановлення \mathcal{E}_y складається з похибки базування $\mathcal{E}_б$, затискання $\mathcal{E}_з$ і похибки положення деталі, що викликана неточністю виготовлення пристрою і зношуванням елементів пристрою $\mathcal{E}_{пр}$.

Так як ці похибки є випадковими величинами, що розподіляються по різним законам, то похибка встановлення заготовки на столі верстата визначається як сума випадкових величин:

$$\mathcal{E}_y = \sqrt{\mathcal{E}_б^2 + \mathcal{E}_з^2 + \mathcal{E}_{пр}^2} . \quad (4)$$

Підставимо формули (3) і (4) у формулу (2), звільнимся від кореня і перегрупуємо члени. В результаті отримуємо:

$$(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2 \geq \mathcal{E}_\sigma^2 + \mathcal{E}_3^2 + \mathcal{E}_{np}^2, \quad (5), \text{ або}$$

$$(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2 \geq \mathcal{E}_y^2, \quad (6), \text{ або}$$

$$(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2 - \mathcal{E}_y^2 + \mathcal{E}_3^2 \geq \mathcal{E}_{np}^2, \quad (7)$$

В залежності від поставлених задач використовуються формули (6) і (7).

Таблиця 1.

Середня економічна точність обробки і шорсткість поверхні, що відповідає різним методам обробки

Метод обробки	Квалітет точності		Шорсткість поверхні (ГОСТ 2309-73)
	Середня економічна точність $\Delta_{ек}$	Межі коливань	
1	2	3	4
Точіння, розточування і стругання: чорнове чистове тонке	13 11 8	11...14 10...11 7...10	R _z 320...R _z 80 R _z 40...1,25 1,25...0,32
Фрезерування: чорнове чистове	11 8	10...13 7...11	R _z 320...R _z 80 R _z 40... R _z 20
Свердління і зенкерування	13	7...14	R _z 20...1,25

Житомирська політехніка	Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка»
------------------------------------	--

Розвертання: попереднє кінцеве	8 6	7...10 5...7	0,63...0,32
Протягування: попереднє кінцеве	7 6	6...8 5...6	2,5...0,63 0,32...0,16
1	2	3	4
Шліфування: грубе чистове тонке	10 6	8...11 5...7 2...5	2,5...0,63 0,63...0,32 0,32...0,16
Хонінгування: попереднє кінцеве	6 5	6...7 5...6	0,16...0,04 0,02...0,01
Суперфінішування: чистове тонке	– –	– –	
Притирання: грубе чистове оздоблювальне	6 5	6...8 5...6 1...5	2,5...0,63 0,63...0,32 0,32...0,08
Полірування: чистове оздоблювальне	– –	– –	0,32...0,04 0,04...0,02
Зубофрезерування, зубодовбання: чорнове чистове	11 6	6...8	R _z 20...2,5 2,5...0,63
Шевінгування:	6	–	0,63

Нарізання різі: мітчиком, плашкою різцем, фрезою	6...8 5...6	— —	Rz20...2,5 2,5...0,63
Шабріння: чистове тонке	— —	— —	Rz20...1,25 0,63...0,32

2.2 Попередній та перевірочний розрахунки пристроїв на точність

Для якісної оцінки точності пристроїв необхідно провести розрахунки точності на початковій та кінцевій стадіях проектування. Ці розрахунки носять назву *попередній і перевірочний*.

Попередній розрахунок точності пристрою проводиться на початковому етапі проектування. Йому передують: *розробка теоретичної схеми базування, вибір установочних елементів і попереднє призначення схеми затискання*.

Мета попереднього розрахунку точності пристрою – ***оцінка точності вибраної схеми базування***.

В попередньому розрахунку не враховуються:

1. Величина зношування установочних елементів та інших деталей пристрою.
2. Похибка складання пристрою.
3. Похибка встановлення пристрою на столі верстату.
4. Похибка затискання.

Оцінка точності прийнятої схеми базування при попередньому розрахунку пристрою здійснюється за такими умовами:

$$\mathcal{E}_{\delta} \leq [\mathcal{E}_y] < \sqrt{(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2} \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_{\delta} < T\delta - \kappa\omega_{ек} \quad (9)$$

В попередніх розрахунках похибка базування заготовки розраховується з достатньою точністю за відомою методикою. У випадку невиконання розрахункових умов (9) схему базування необхідно змінити або зменшити допуски на розміри установочних елементів.

Перевірочний розрахунок точності пристрою проводиться після закінчення розробки конструкції.

Мета цього розрахунку – **кінцева оцінка точності та аналіз її зміни в процесі експлуатації**.

Розрахунковою умовою для перевірконого розрахунку є:

$$[\mathcal{E}_y] = \sqrt{\mathcal{E}_{\delta}^2 + \mathcal{E}_3^2 + \mathcal{E}_{np}^2} \leq \sqrt{(T\delta - \kappa\omega_{ек})^2} \quad (10)$$

Для проведення перевірконого розрахунку точності пристрою необхідно визначити:

- похибку базування для розмірів заготовки, що визначають положення поверхні, що оброблюється;
- похибки затискання, що виникають в залежності від нестабільності сил затискання, неоднорідності шорсткості поверхонь заготовки, зношення установочних елементів пристрою;
- похибки, що спричинені зношенням установочних елементів пристрою - $\mathcal{E}_{зн}$;
- виконавчі розміри установочних елементів, що забезпечують задану точність обробки.

3 Приклад виконання завдання

Завдання. На деталі втулка (див. рис. 1) фрезерується шпонковий паз шириною $b = 18^{+0,1}$. При цьому необхідно забезпечити виконання розмірів $H = 70_{-0,1}$ мм, $l = 90^{+0,1}$ мм, а відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії втулки повинно бути не більше 0,1 мм.

Вибрати та обґрунтувати таку схему встановлення деталі із наведених (див. рис. 2) для якої розрахункові похибки базування для розмірів H , l та відхилення осі пазу S будуть мінімальними і забезпечать задану точність обробки.

Ексцентриситет зовнішньої поверхні деталі ($\varnothing 80_{-0,1}$) відносно отвору ($\varnothing 40^{+0,06}$) дорівнює нулю ($e = 0$).

Середня економічна точність обробки $\omega = 0,060$ мм. Складові похибки встановлення (похибка затискання і похибка положення заготовки) дорівнюють нулю, тобто $\varepsilon_3 = \varepsilon_{н.з.} = 0$.

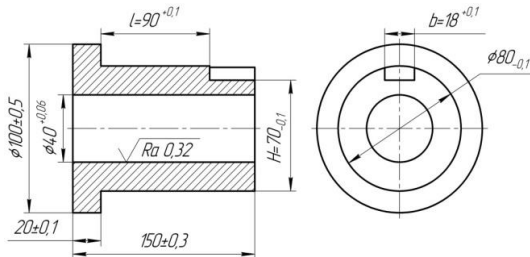


Рис. 1. Ескіз втулки

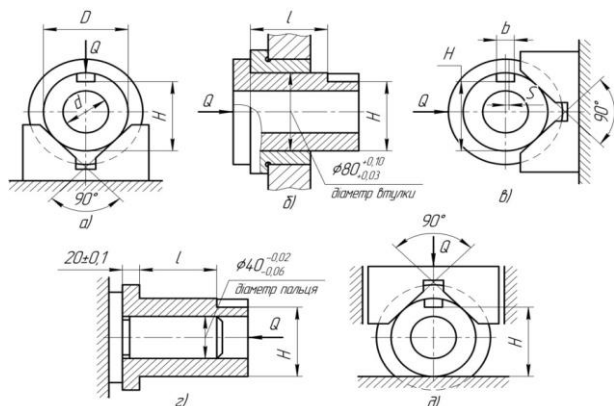


Рис. 2. Варіанти схем встановлення втулки при фрезеруванні пазу.

3.1 Пояснення до виконання завдання

Визначаємо похибки базування для розмірів $H = 70_{-0,1}$ мм і $l = 90^{+0,1}$ мм:

а) Встановлення деталі на призму з вертикальною площиною симетрії:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta H_a} &= 0,5 \cdot T_D \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) \\ &= 0,021 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Очікувана точність (допуск) виконання розміру H :

$$T_{H_a} = \varepsilon_{\delta H_a} + \omega = 0,021 + 0,060 = 0,081 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{\delta l_a} = 0$, – так як технологічна та вимірювальна бази співпадають.

Очікувана точність (допуск) виконання розміру l :

$$T_{l_a} = \varepsilon_{\delta l_a} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

Відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі дорівнює нулю, так як площина симетрії

установочної призми (технологічна база) співпадає з площиною симетрії деталі (вимірювальна база) тобто:

$$\varepsilon_{\delta S_a} = 0. \quad \text{Звідки:}$$

$$T_{S_a} = \varepsilon_{\delta S_a} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

б) Встановлення деталі у втулку:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta H_6} &= 0,5 \cdot T_D + 0,5 \cdot T_{D_{\text{вт}}} = 0,5 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 0,07 \\ &= 0,085 \text{ мм,} \end{aligned}$$

де $T_{D_{\text{вт}}} = 0,07 \text{ мм}$ – допуск на діаметр отвору втулки ($\varnothing 80_{+0,03}^{+0,1}$).

$\varepsilon_{\delta l_6} = 0$, – так як технологічна та вимірювальна бази співпадають.

Очікувана точність виконання розмірів H і l :

$$T_{H_6} = \varepsilon_{\delta H_6} + \omega = 0,085 + 0,060 = 0,145 \text{ мм.}$$

$$T_{l_6} = \varepsilon_{\delta l_6} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

Відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$\varepsilon_{\delta S_6} = T_D + T_{D_{\text{вт}}} = 0,10 + 0,07 = 0,170 \text{ мм.}$$

Очікувана точність відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$T_{S_6} = \varepsilon_{\delta S_6} + \omega = 0,170 + 0,060 = 0,230 \text{ мм.}$$

в) Встановлення деталі на призму з горизонтальною площиною симетрії:

$$\varepsilon_{\delta H_3} = 0,5 \cdot T_D = 0,5 \cdot 0,10 = 0,05 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{\delta l_3} = 0$, – так як технологічна та вимірювальна бази співпадають.

Очікувана точність виконання розмірів H і l :

$$T_{H_3} = \varepsilon_{\delta H_3} + \omega = 0,05 + 0,060 = 0,110 \text{ мм.}$$

$$T_{l_3} = \varepsilon_{\delta l_3} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

Відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$\varepsilon_{6S_2} = 0,5 \cdot T_D \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,071 \text{ мм.}$$

Очікувана точність відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$T_{S_2} = \varepsilon_{6S_2} + \omega = 0,071 + 0,060 = 0,131 \text{ мм.}$$

г) Встановлення деталі на горизонтальний палець

($e = 0$):

$$\varepsilon_{6H_T} = 0,5 \cdot T_{D_0} + 0,5 \cdot T_{D_{\pi}} = 0,5 \cdot 0,060 + 0,5 \cdot 0,040 = 0,050 \text{ мм,}$$

де $T_{D_0} = 0,060 \text{ мм}$ – допуск на діаметр отвору деталі ($\varnothing 40^{+0,06}$);

$T_{D_{\pi}} = 0,040 \text{ мм}$ – допуск на діаметр пальця ($\varnothing 40_{-0,06}^{-0,02}$).

$$\varepsilon_{6l_T} = T_{20} = 0,20 \text{ мм,}$$

де $T_{20} = 0,20 \text{ мм}$ – допуск на розмір $20 \pm 0,1$ деталі.

Очікувана точність виконання розмірів H і l :

$$T_{H_T} = \varepsilon_{6H_T} + \omega = 0,050 + 0,060 = 0,110 \text{ мм.}$$

$$T_{l_T} = \varepsilon_{6l_T} + \omega = 0,200 + 0,060 = 0,260 \text{ мм.}$$

Відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$\varepsilon_{6S_T} = T_{D_0} + T_{D_{\pi}} = 0,060 + 0,040 = 0,100 \text{ мм.}$$

Очікувана точність відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$T_{S_T} = \varepsilon_{6S_T} + \omega = 0,100 + 0,060 = 0,160 \text{ мм.}$$

д) Встановлення деталі за допомогою рухомої призми:

$\varepsilon_{6H_d} = \varepsilon_{6l_d} = 0$ – так як встановлювальна та вимірювальна бази співпадають.

Очікувана точність виконання розмірів H і l :

$$T_{H_d} = \varepsilon_{6H_d} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

$$T_{l_d} = \varepsilon_{6l_d} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

Відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$\varepsilon_{6S_d} = 0$ – так як площина симетрії призми (технологічна база) співпадає з площиною симетрії деталі (вимірювальна база).

Очікувана точність відхилення осі шпонкового пазу S відносно площини симетрії деталі:

$$T_{S_d} = \varepsilon_{6S_d} + \omega = 0 + 0,060 = 0,060 \text{ мм.}$$

Висновок. Аналіз приведених схем встановлення деталі ($a - d$) показує, що:

1. Схеми встановлення a і d забезпечать задану точність виконання розмірів, причому схема d забезпечить максимальну точність виконання розмірів.

2. Схеми встановлення b , v , і z не забезпечать заданої точності виконання розмірів.

4 Завдання для самостійної роботи студентів

Задача 1. За допомогою накладного кондуктора в маточині шестерні виконується свердлування отворів. На рис.3 наведено дві варіанти схем базування накладного кондуктора.

Необхідно визначити, яка із приведених схем встановлення забезпечує вищу точність виконання розміру $R=100\text{мм}$ (при інших рівних умовах).

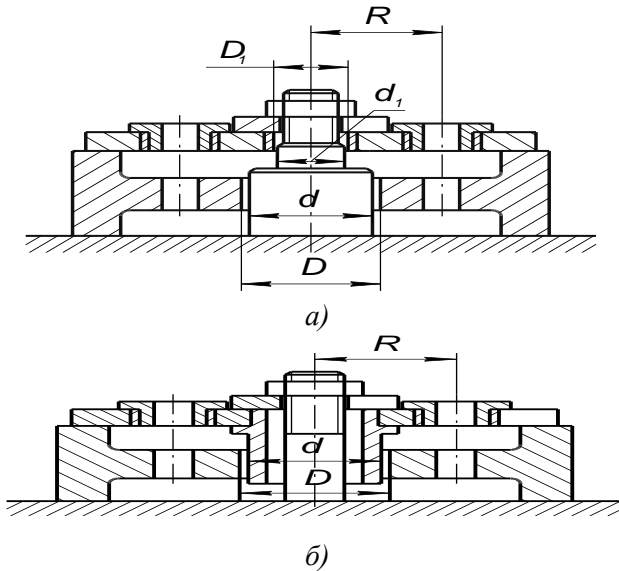


Рис.3. Схеми базування накладного кондуктора

Задача 2. На горизонтально-фрезерному верстаті в головках шатуна набором фрез оброблюються два пази шириною b_1 , та b_2 (рис. 4). Внаслідок неточності виконання розмірів базових поверхонь d_1 , d_2 та міжосевої відстані L_0 виникає відхилення від соосності пазів відносно вісей головок шатуна e_1 та e_2 .

Вивести розрахункові залежності похибок базування \mathcal{E}_{be1} та \mathcal{E}_{be2} для різних варіантів схем встановлення та встановити оптимальний варіант базування шатуна для виконання операції.

Задача 3. Можливі два варіанта встановлення корпусу для одночасної обробки поверхонь 1 і 2 на поздовжньо-фрезерному верстаті (рис. 5). Визначити похибку

базування при виконанні розмірів A_1 , A_2 , A_3 для заданих варіантів схем встановлення корпусу та визначити, яка з них забезпечує найвищу точність виконання розмірів A_1 та A_2 .

Задача 4. При обробці заготовки на горизонтально-фрезерному верстаті набором фрез можливі два варіанти встановлення її у пристрої (рис. 6).

Необхідно визначити яка схема встановлення забезпечує виконання потрібної точності розмірів :

$50^{+0,3}$ мм; $75_{-0,2}$ мм; та $40 \pm 0,1$ мм.

Зовнішня циліндрична поверхня заготовки – $R = 30_{-0,1}$ мм;

діаметр отвору – $D = 30^{+0,021}$ мм. Розмір установочих

пальців – $d = 30_{-0,020}^{-0,007}$ мм, кут призми – $\alpha = 90^\circ$; середня

економічна точність методу обробки $\omega = 0,05$ мм.

Похибками затискання та похибкою розташування пристрою, можна знехтувати тобто $\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_{п.п} = 0$.

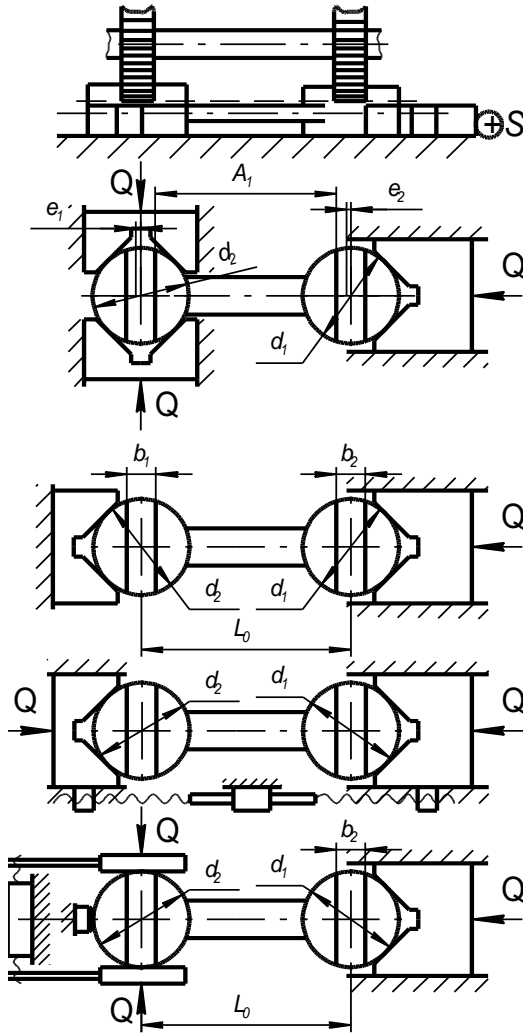


Рис.4. Схеми обробки пазів в голівках шатуна (до задачі 2).

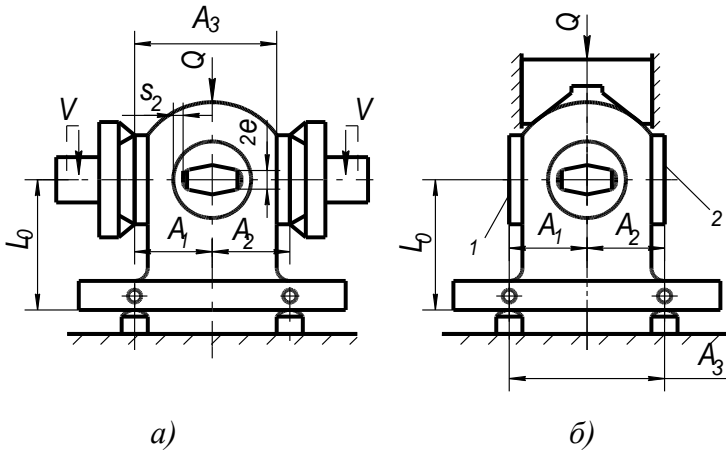


Рис.5 Схеми обробки поверхонь корпусу
(до задачі б).

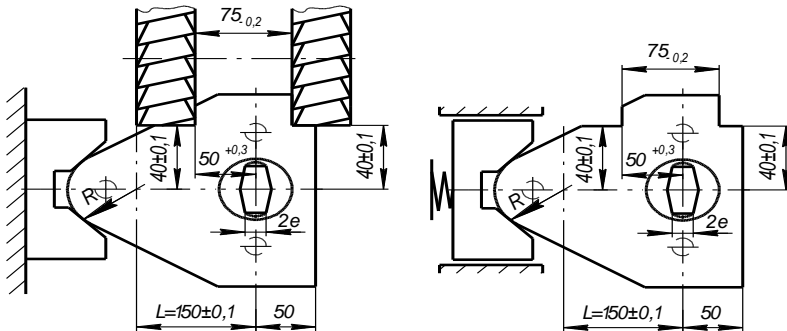


Рис.6. Схеми встановлення заготовки при фрезеруванні
(до задачі 4).

Задача 5. На рис. 7 наведені варіанти схем встановлення шатуна у пристрої для свердлування чотирьох отворів за допомогою кондуктора (кондукторна плита має жорсткий зв'язок із корпусом пристрою). Точність виготовлення поверхонь заготовки – $d = 70_{-0,3}$ мм, $D = 30^{+0,33}$ мм, та їх міжосева відстань $L_0 = 200 \pm 0,005$ мм.

Визначити похибку базування розмірів A_1, A_2, A_3, A_4 та можливе відхилення від співвісності отворів, що оброблюються, відносно площини симетрії базових поверхонь e_1 та e_2 . Встановити яка із наведених схем базування забезпечує найбільшу точність виконання вказаних розмірів. Кут призми – $\alpha = 90^\circ$; діаметр установчих пальців – $30_{-0,016}^{-0,007}$ мм.

Задача 6. Для обробки шпонкового пазу кінцевою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті можливі чотири різні схеми установки заготовок (рис. 6, а, б, в, г).

Вивести розрахункові формули визначення похибки базування для розмірів A_1, A_2 та B_1 , а також встановити похибки базування, що обумовлюють можливість відхилення осі шпонкового пазу відносно площини симетрії заготовки.

Визначити, при яких схемах встановлення можливе виникнення відхилення від паралельності дна шпонкового пазу відносно вісей отворів D_1 і D_2 та за яких умов.

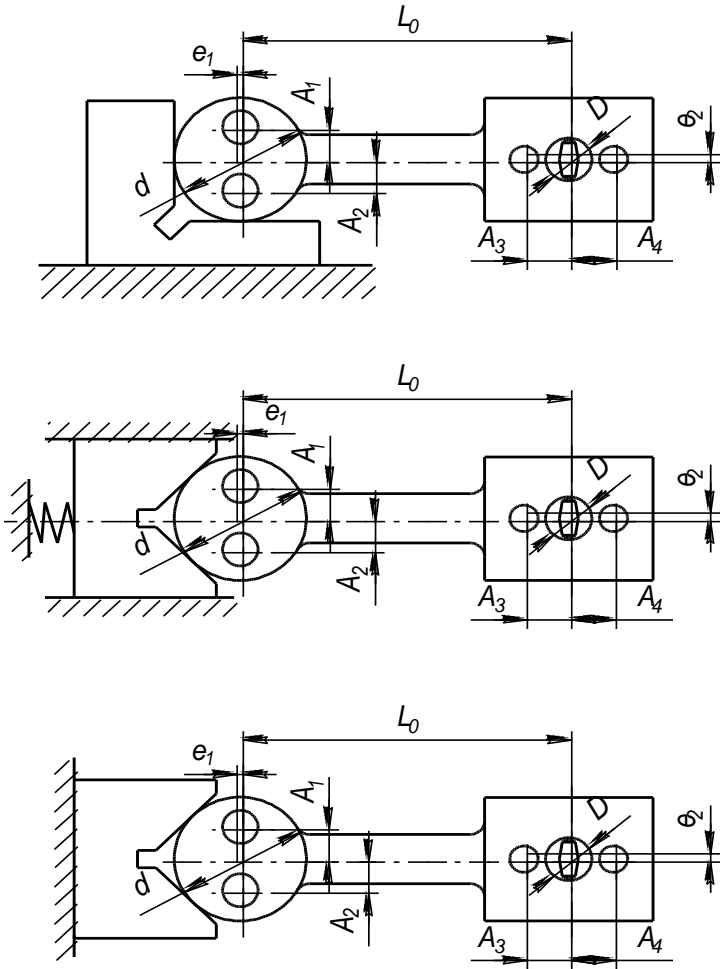


Рис.7 Схеми встановлення шатуна при свердлуванні отворів (до задачі 5)

Задача 7. У циліндричних втулках з зовнішнім діаметром $d = 80_{-0,2}$ мм і внутрішнім $D = 40^{+0,050}$ мм необхідно фрезерувати шпонковий паз шириною $B = 18^{+0,1}$ мм, витримуючи розміри $H = 70_{-0,2}$ мм; $h = 90^{+0,3}$ мм (рис. 9, а, б, в, г, д, е). Зміщення вісі шпонкового паза e відносно діаметральної площини втулки не повинно перевищувати 0,1 мм.

Вибрати таку схему установки, для якої розрахункова залежність, похибка базування для розмірів B , H , h і відхилення від соосності e буде мінімальним та забезпечується досягнення заданої точності обробки. Кут призми $\alpha = 90^\circ$, максимальний зазор при встановленні заготовки на палець або у втулку $S_{\max} = 0,01$ мм. Допуск на встановлення установчого пальця і центруючої втулки дорівнює 0,02 мм. Середньоекономічна точність обробки $\omega = 0,060$ мм. Для розрахунків прийняти $\epsilon_z = \epsilon_{п.п} = 0$.

Задача 8. В торці валів діаметром $65_{-0,2}$ мм, необхідно просвердлити отвір діаметром 12 мм. Положення вісі отвору визначається розміром H , що заданий від контуру циліндричної поверхні вала.

При проектуванні пристрою можливі три варіанти 1, 2, 3 розташування кондукторних втулок у кондукторній плиті відносно призми, в яку встановлюють вал (рис. 10).

Визначити, при якому положенні кондукторної втулки забезпечується мінімальна похибка базування для розміру H . Кут призми $\alpha=90^\circ$.

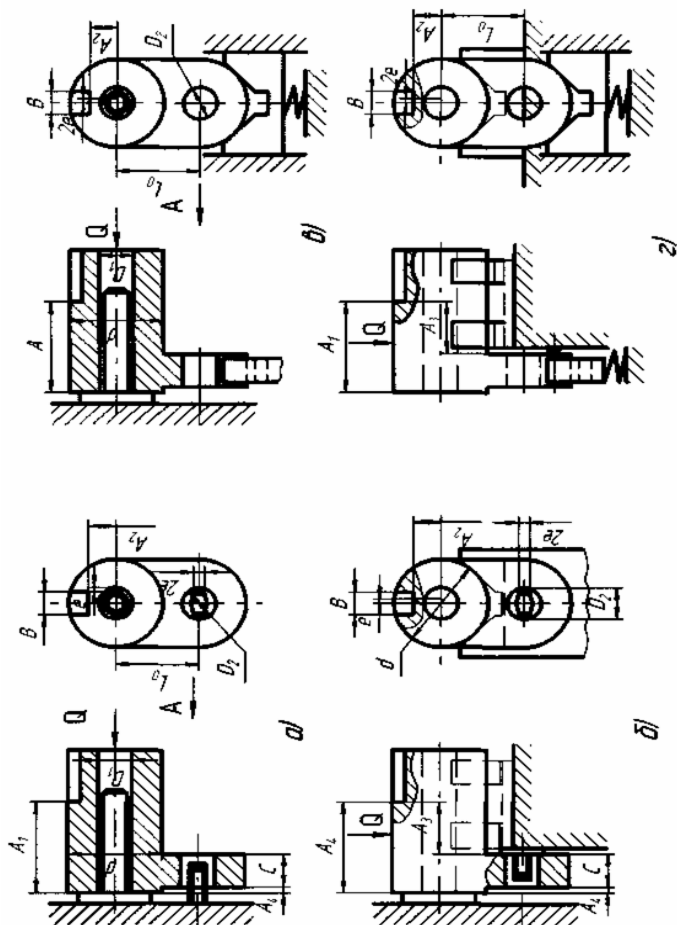


Рис. 8. Схеми встановлення заготовки при обробці шпонкового пазу
(до задачі 6).

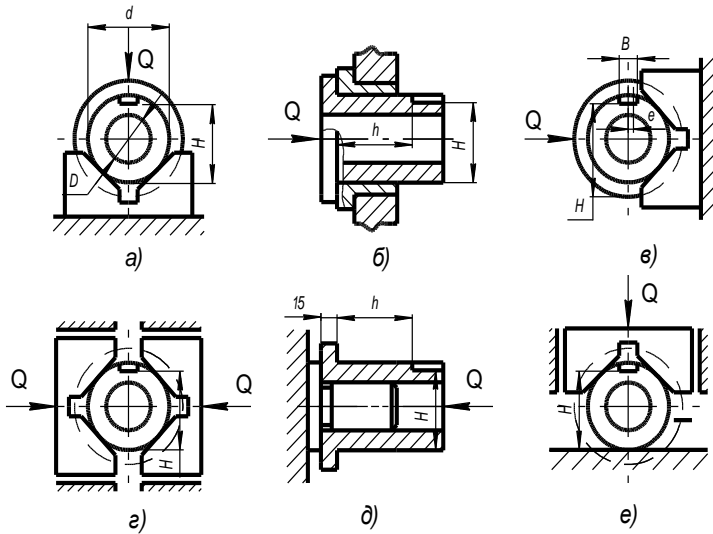


Рис.9. Схеми встановлення заготовки при обробці шпонкового пазу (до задачі 7).

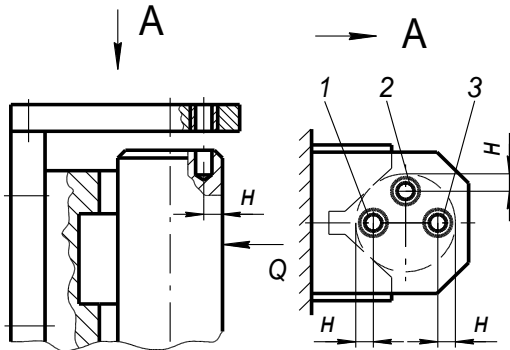


Рис.10. Варіанти схем розташування кондукторної втулки при свердлуванні отвору в торці вала (до задачі 8).

Задача 9. На торцевій поверхні валів, що встановлюються на призму, свердлять два отвори діаметром 10 мм (рис 11).

Необхідно, щоб різниця розмірів H_1 та H_2 , що задані від твірної циліндричної поверхні до осі отвору, що оброблюється, була мінімальною. Розрахувати, при якому розташуванні кондукторних втулок пристрою відносно призми ця вимога буде забезпечена. Діаметр вала $80^{+0,15}$ мм, кут призми $\alpha = 90^\circ$.

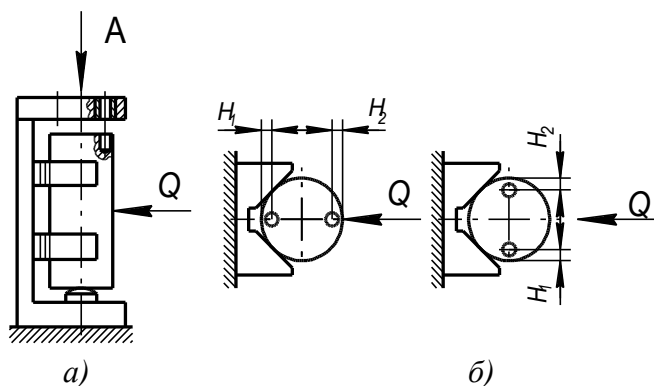


Рис. 11. Варіанти схем розташування кондукторних втулок відносно призми (до задачі 9)

Задача 10. Для фрезерування поверхні 1 та 2 можливі два варіанти встановлення заготовки в пристрої (рис. 12). В якості технологічних баз для встановлення заготовки використовують зовнішню циліндричну поверхню діаметром d , торцеву поверхню та отвір D заготовки. За першим варіантом (рис. 12, а) заготовка встановлюється на призму з упором в торець.

За другим варіантом заготовка встановлюється в отвір центруючої втулки (рис. 12, б).

Вивести формули для визначення похибок базування для розмірів A_1 , A_2 та A_3 , та вибрати оптимальний.

Встановити, на точність виконання яких розмірів буде впливати похибка затискання в наведених варіантах схем встановлення.

Розміри заготовки d та D виконані з допусками T_d та T_D , отвір центруючої втулки D_1 - з допуском - T_{D1} .

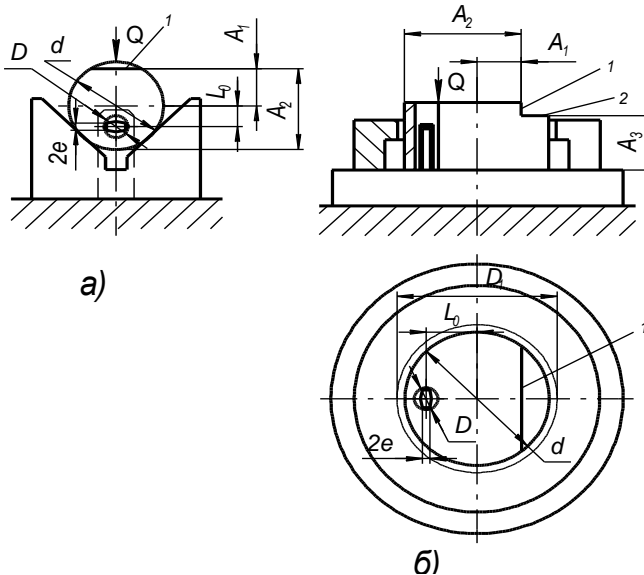


Рис. 12. Варіанти схем встановлення заготовки при фрезеруванні паза (до задачі 10).

7 Контрольні питання

9. Як визначити похибку базування заготовки у пристрої?
10. Теоретична схема базування та її виконання.
11. Які похибки входять до складу технологічного допуску?
12. Нормована похибка обробки та як вона визначається?
13. Визначення похибки встановлення заготовки на столі верстата.
14. Середня економічна точність обробки та вона визначається?
15. Попередній розрахунок пристрою на точність та його мета.
16. Перевірочний розрахунок пристрою на точність та його мета.

6 Рекомендована література:

1. Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» /Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.

Практичне заняття № 3

Визначення похибок затискання заготовок в пристрої

1 Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань та придбання практичних навичок по визначенню похибок затискання заготовки при проектуванні пристрою.

Завдання . Визначити похибки затискання ε_3 заготовки в пристрої, що проектується при найбільшому зношуванні його опор.

1.2 Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з метою і змістом практичного завдання.

2. Ознайомитись зі змістом теоретичних відомостей до виконання практичних завдань.

3. Ознайомитися та проаналізувати наведений приклад виконання практичного завдання.

4. Для заданого варіанта задачі (див. табл.1) визначити:
- похибку затискання внаслідок непостійності сили затискання;
 - похибку затискання внаслідок неоднорідності шорсткості бази заготовки;
 - похибку затискання внаслідок зношення опорної поверхні установчих елементів пристрою;
 - сумарну похибку затискання.
- 5 . Зробити висновки по роботі.

1.3 Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача №	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1

2 Короткі теоретичні відомості

2.1 Розрахунок похибок затискання і похибки виготовлення пристрою

Похибка затискання. Виникає внаслідок пружного і пластичного деформування деталей пристрою і заготовки, що оброблюється. Чисельно воно дорівнює різниці граничних переміщень ($Y_{max} - Y_{min}$) виміральної бази в напрямку розміру, що виконується, під дією сили затискання заготовки.

Схема для визначення похибки затискання наведена на рис.1.

Похибка затискання визначається по формулі:

$$\mathcal{E}_z = (Y_{max} - Y_{min}) \cdot \cos \alpha = Y \cdot \cos \alpha,$$

де α – кут між напрямком розміру, що виконується та напрямком прикладання сили затискання.

Формули для визначення граничних переміщень Y_{max} і Y_{min} приведені в табл. 2.

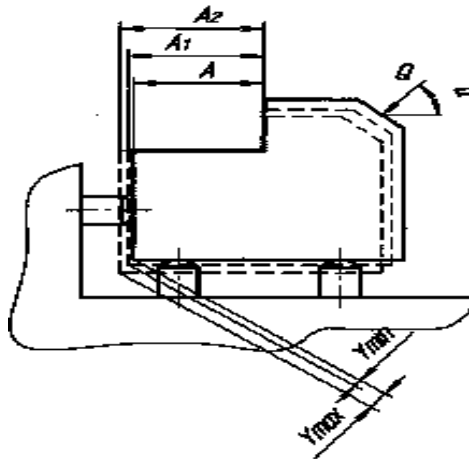


Рис.1. Схема для визначення похибки затискання.

Похибка виготовлення пристрою. Виникає внаслідок неточності виготовлення та складання пристрою $\epsilon_{виг}$, зношування його елементів $\epsilon_{зн}$, та неточності встановленні його на верстаті $\epsilon_{вст}$.

Похибка виготовлення пристрою визначається як сума полів похибок випадкових величин:

$$\epsilon_{пр} = \epsilon_{виг} + \sqrt{3\epsilon_{зн}^2 + \epsilon_{вст}^2}$$

Доцільно $\epsilon_{виг}$ і $\epsilon_{вст}$ задавати при проектуванні пристрою. Вони приймаються в межах:

$$\epsilon_{виг} = 0,01 \dots 0,015 \text{ мм}; \quad \epsilon_{вст} = 0,005 \dots 0,02 \text{ мм}$$

**Формули для визначення граничних переміщень від
сили затискання**

Таблиця 2

Характери- стика встановлю вальних елементів	Матеріал заготовки	Залежність
На опори з сферичною поверхнею радіусом R	Сталь	$Y = \left(0,67 + 0,003\text{HB} + \frac{6,23}{R} \right) \cdot \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,8}$
	Чавун	$Y = \left(2,7 - 0,008\text{HB} + \frac{6,23}{R} \right) \cdot \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,8}$
На опори з рифленою поверхнею діаметром D	Сталь	$Y = (0,38 - 0,004\text{HB} + 0,0034D) \cdot \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,6}$
	Чавун	$Y = (1,76 - 0,0008\text{HB} + 0,03D) \cdot \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,6}$
На гладкі опори і опорні пластини площею F(см ²). Тиск на опори q(МПа)	Сталь	$Y = (0,4 + 0,012F + 0,004R_z -$ $- 0,0016\text{HB}) \cdot \left(\frac{q}{10} \right)^{0,7}$
	Чавун	$Y = (0,776 + 0,5F + 0,016R_z -$ $- 0,0045\text{HB}) \cdot \left(\frac{q}{10} \right)^{0,6}$

Величина зношування встановлювальних елементів пристрою розраховується в залежності від кількості контактів заготовки з опорою в період його експлуатації :

- для точкових установочних елементів:

$$\mathcal{E}_{\text{зн}} = \beta_1 \cdot N^{0,5} \quad (17)$$

- для плоских установочних елементів:

$$\mathcal{E}_{\text{зн}} = \beta_2 \cdot N \quad (18)$$

де N – кількість контактів заготовки з установочними елементами пристрою;

β_1, β_2 – коефіцієнти, що визначаються по табл. 3.

Величину N кількості контактів заготовки з встановлювальними елементами пристрою визначають орієнтуючись на програму випуску деталей.

Значення коефіцієнтів β_1, β_2

Таблиця 3

Вид опор	β_1	Вид опор	β_2
1. Зі сферичною головкою	0,5...2,0	1. З плоскою головкою	0,4...0,8
2. Зі сферичною головкою	0,6...2,5	2. Пластини опорні	0,002...0,004
3. Призми	0,3...0,8	4. Пальці циліндричні	0,001...0,002

Житомирська політехніка	Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка»
----------------------------	---

4.	Пальці ромбічні	0,2...0,6	–	–
----	--------------------	-----------	---	---

3 Приклад виконання завдання

Завдання. Заготовки з чавуну ($R_{max} = 200...300\text{МкМ}$, $HB 170...190$) встановлюють на рифлені опори 7034-0379 ГОСТ 13442-68 ($D = 20\text{мм}$, $t = 2\text{мм}$, $b_1 = 0,5\text{мм}$).

Діюча по нормалі на одну опору сила $Q = 2000 - 300\text{ Н}$.
Допустиме зношення опори $[u] = 300\text{мкМ}$.

Визначити похибки затискання ε_3 при найбільшому зношенні опор пристрою.

3.1 Пояснення до виконання завдання

1. Визначаємо похибку затискання внаслідок непостійності сили затискання за формулою ($\Delta Q = 600\text{Н}$):

$$\varepsilon_3' = \frac{0,15R_{\max}}{Q^{\frac{2}{3}} \left(\frac{t^2}{\pi D^2 b_1^2 HB} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta Q} = \frac{0,15 \cdot 250}{2000^{\frac{2}{3}} \left(\frac{2^2}{\pi 20^2 \cdot 0,5^2 \cdot 180} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 600} = 6\text{мкМ}$$

2. Визначаємо похибку затискання внаслідок неоднорідності шорсткості бази заготовки за формулою:

$$\begin{aligned}\varepsilon''_3 &= 0,46 \frac{Q t^2}{(\pi D^2 b_1^2 HB)^{1/3}} \Delta R_{\max} = \\ &= 0,46 \frac{200 \cdot 2^2}{(\pi 20^2 \cdot 0,5^2 \cdot 180)^{1/3}} 100 = 24,2 \text{ мкм}\end{aligned}$$

3. Визначаємо похибку затискання внаслідок зношення опорної поверхні установчих елементів пристрою за формулою:

$$\begin{aligned}\varepsilon'''_3 &= 0,46 R_{\max} \left[Q t^2 / (\pi D^2 HB) \right]^{1/3} \left[1/b_1^{2/3} - 1/(b_1 + 2u)^{2/3} \right] = \\ &= 0,46 \cdot 250 \left[\frac{2000 \cdot 2^2}{\pi 20^2 \cdot 180} \right]^{1/3} \left[\left(\frac{1}{0,5^{2/3}} \right) - \frac{1}{(0,5 + 2 \cdot 0,33)^{2/3}} \right] = \\ &= 24,7 \text{ мм}\end{aligned}$$

4. Визначаємо сумарну похибку затискання за формулою:

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(\varepsilon'_3)^2 + (\varepsilon''_3)^2} + \varepsilon'''_3 = \sqrt{6^2 + 24,7^2} + 24,7 = 49,65 \quad (\text{мкм})$$

4 Завдання для самостійної роботи студентів

Задача 1. Заготовки з сталі 45 діаметром $50^{+0,2}$ мм, що оброблені точінням ($R_z=30\text{мкм}$, $\Delta R_z=20\text{мкм}$. $V=1,9$; $W_3=$

8мкм, $\Delta W_z = 6\text{мкм}$), встановлюють на призму з кутом $\alpha = 90^\circ$ для фрезування шпонкового пазу. Нормальне навантаження на опору $g = 2000\text{Н/см}$, $\Delta g = 600\text{Н/см}$.

Визначити похибку затискання при експлуатації призми до зношування $u = 0,15\text{мм}$.

Задача 2. Заготовки з чавуну ($E = 140\text{ГПа}$, $\nu = 0,25$, $HV_{170...190}$, $R_{max} = 200...300\text{ мкм}$) встановлюють на сферичні опори ($E_0 = 210\text{ ГПа}$, $\mu_0 = 0,3$, $r = 20\text{ мм}$). Діюча по нормалі на одну опору сила $Q = 2400 \pm 250\text{ Н}$. Допустима величина зношування опори $[u] = 0,2\text{ мм}$.

Визначити похибку затискання при максимальному зношуванні опор пристрою.

Задача 3. Заготовки з чавуну ($E = 140\text{ГПа}$, $\nu = 0,25$, $\sigma_T = 200\text{МПа}$), базова поверхня яких оброблена фрезеруванням ($R_{max} = 40\text{мкм}$, $\Delta R_{max} = 20\text{мкм}$, $\nu = 2$, $b = 2$, $c' = 5$, $\omega = 10\text{мкм}$, $R_B = 4 \cdot 10^5\text{ мкм}$, $\Delta R_B = 10^4\text{ мкм}$) встановлюють на опорні планки ($\Delta = 1000\text{мм}^2$, $E_0 = 210\text{ГПа}$, $\nu_0 = 0,3$) та затискаються.

Визначити похибку затискання, якщо сила, що діє по нормалі на одну опору складає $Q = 5000\text{Н}$ ($\Delta Q = 1500\text{Н}$).

5 Контрольні питання

1. Що таке похибка затискання та як вона розраховується?
2. З яких елементарних похибок складається похибка виготовлення пристрою?
3. Як визначити величину зношування точкових встановлюваних елементів?

4. Як визначити величину зношування плоских встановлюваних елементів?
5. Як визначається допустима величина зношування опори?
6. Як визначити похибки затискання для різних встановлювальних елементів?

6 Рекомендована література

1.Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» /Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.

3.Основи технологій обробки технологій поверхонь деталей машин: підручник / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.

Практичне заняття №4

Визначення міжремонтного періоду роботи пристрою

1 Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань та придбання практичних навичок по визначенню величини лінійного

зношування встановлювальних елементів пристрою, міжремонтного періоду його роботи в процесі експлуатації.

Завдання. Для заданих умов механічної обробки заготовки в пристрої визначити міжремонтний період його роботи.

1.2 Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитися з метою та змістом практичного завдання.

2. Ознайомитись зі змістом теоретичних відомостей до виконання практичних завдань.

3. Ознайомитися та проаналізувати наведений приклад виконання практичного завдання.

4. Для вихідних даних заданого варіанта задачі (див. табл.1) визначити:

- допустиме значення похибки зношування [ϵ_{zn}] ;

- допустиму кількість заготовок [N], що встановлюються, в пристрої до граничного зношування встановлювальних елементів пристрою;

- міжремонтний період Π роботи пристрою, що встановлює необхідність заміни або відновлення його зношених встановлювальних елементів.

5. Дати відповіді на контрольні питання .

6. Зробити висновки по роботі.

1.3 Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 1

Варіант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача №	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
Вихідні дані	2	3	4	1	4	5	8	3	5	8

2 Загальні теоретичні відомості

Точність пристроїв є найважливішим фактором, що забезпечує точність виготовлення деталей.

В процесі експлуатації пристрою зношуються їх встановлювальні та напрямні елементи, в результаті чого вони втрачають точність.

В зв'язку з цим при проектуванні пристроїв важливо вміти визначати *міжремонтний період Π роботи пристрою*.

Лінійне зношування u встановлювальних елементів пристрою (опор) визначає похибку їх зношування - ϵ_{zn} , що визначається за формулами:

$$\epsilon_{zn} = u - \text{для опор, } \epsilon_{zn} = u/\sin\alpha/2 - \text{для призм,}$$

де α -кут призми.

Величина лінійного зношування встановлювальних елементів пристрою u визначається за формулою:

$$u = \frac{N \cdot K_y \cdot (1 + 0,003 \cdot L) \cdot 0,79 \cdot t_M}{m - m_1 \cdot \Pi_1 - m_2 \cdot \frac{0,1 \cdot Q}{F \cdot HV}}$$

де N - кількість заготовок, що встановлюються;

K_y - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

L - довжина шляху ковзання заготовки по опорам пристрою до її упору, мм (визначається виходячи з умов експлуатації пристрою);

t_M - машинний час обробки заготовки в пристрої, хв;

m, m_1, m_2 - коефіцієнти;

Π_1 - критерій зносостійкості;

Q - навантаження на опору, н;

F - площа дотику опори з базовою поверхнею заготовки, мм²;

HV - твердість матеріалу по Віккерсу ($HV \approx 11,6 HRC\text{э}$).

Допустиму кількість заготовок $[N]$, що встановлюються, в пристрої до граничного зношування встановлювальних елементів пристрою знаходимо з рівняння:

$$[N] = \frac{[\varepsilon_H] \cdot \left(m - m_1 \cdot \Pi_1 - m_2 \frac{0,1Q}{F \cdot HV} \right)}{K_1(1 + 0,003L)0,79t_M}$$

Міжремонтний період роботи пристрою Π , що визначає необхідність заміни або відновлення встановлювальних елементів пристрою, визначається за формулою:

$$\text{де } K - \Pi = \frac{12 \cdot K \cdot [N]}{N_P} \text{ коефіцієнт запасу, що}$$

враховує нестабільність зношування установчих елементів ($K = 0,8 \dots 0,85$);

$[N]$ - допустима кількість заготовок, що встановлюється до граничного зношування установочних елементів, що визначається за формулою (11);

N_p - річна програма випуску деталей.

Допустима величина спрацювання $[u]$ визначається допустимою величиною похибки зношування $[\epsilon_{zn}]$:

$[u_{zn}] = [\epsilon_{zn}]$ - для опор і $[u_{zn}] = [\epsilon_{zn}] \cdot \sin \alpha / 2$ - для призм.

Величина зношування $[\epsilon_{zn}]$ в припущенні, що похибки ϵ_{yc} та ϵ_c можна компенсувати налагодженням верстату визначається як:

$$[\epsilon_{zn}] = T_l - \omega - \sqrt{\epsilon_{\sigma}^2 + \epsilon_{\beta}^2} \quad (2)$$

При виконанні операцій обробки різанням на металорізальних верстатах часто застосовують схему встановлення заготовок в пристроях *по плоскій поверхні і отвору* або *по плоскій поверхні і зовнішній циліндричній поверхні*.

При цьому базування заготовок здійснюється на опорні пластинки, на встановлювальні пальці (циліндричні і зрізані), на центруючі втулки з гарантованим зазором, а також циліндричні оправки (з гарантованим зазором або з натягом).

Встановлювальні пальці пристроїв (оправки) при встановленні заготовок з гарантованим зазором виготовляють з полями допусків ***g5, g6, f6, f7, e7***, центруючі втулки - ***G5, G6, F7***, а циліндричні оправки

для установки заготовок з натягом, виготовляють з полями допусків валів n, p, r, s, t по 6-му *квалітету*.

При встановленні заготовок *на отвір з гарантованим зазором* похибка базування ϵ_b являється основною складовою похибки встановлення та визначається величиною зазору між технологічною базою та установочним елементом.

Максимально можливу величину зазору визначають за формулою:

$$S_{max} = T_D + S_{min} + T_d \quad (3)$$

де T_D - допуск отвору заготовки або центруючої втулки;

S_{min} - мінімальний зазор в з'єднанні;

T_d - допуск на розмір установочного елемента або базової поверхні заготовки.

3 Приклад виконання завдання

Завдання. *Визначити міжремонтний період P роботи пристрою, якщо похибка базування $\epsilon_b = 0,08$ мм, похибка затискання $\epsilon_z = 0$, похибки ϵ_y та ϵ_v компенсуються налагодженням верстату.*

Необхідні вихідні відомості про заготовку, пристрій, умови обробки наведені в табл.1 (варіанти 1-8).

3.1 Пояснення до виконання завдання (для варіанта 1, див. табл.1)

1. Визначаємо допустиме значення похибки зношування $[\mathcal{E}_{зн}]$ з рівняння:

$$\begin{aligned} [\mathcal{E}_{зн}] &= T_1 - \omega - \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = 0,2 - 0,1 - \sqrt{0,08 + 0^2} = \\ &= 0,02\text{мм} = 20\text{мкм} \end{aligned}$$

2. Допустиму кількість заготовок $[N]$, що встановлюються, в пристрої до граничного зношування встановлювальних елементів пристрою знаходимо з рівняння:

$$[N] = \frac{[\mathcal{E}_H] \cdot \left(m - m_1 \cdot \Pi_1 - m_2 \frac{0,1Q}{F \cdot HV} \right)}{K_1(1 + 0,003L)0,79t_m},$$

де N - кількість заготовок, що встановлюються;

K_u - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

L - довжина шляху ковзання заготовки по опорам пристрою до її упору, мм (визначається виходячи з умов експлуатації пристрою);

t_m - машинний час обробки заготовки в пристрої, хв;

m, m_1, m_2 - коефіцієнти;

Π_1 - критерій зносостійкості;

Q - навантаження на опору, н;

F - площа дотику опори з базовою поверхнею заготовки, мм^2 ;

HV - твердість матеріалу по Віккерсу ($HV \approx 11,6 HRC \text{э}$).

За даними довідника [29, стор.534, табл.15] знаходимо $m=1818$, $m_1=1014$, $m_2=1309$, критерій зносостійкості $\Pi_1=1,03$ [29, стор.535, табл.18], поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки $K_y=0,94$ [29, стор.537, табл.20].

Підставимо знайдені значення коефіцієнтів у розрахункову формулу:

$$[N] = \frac{20 \cdot \left(1818 - 1014 \cdot 1,03 - 13,09 \frac{0,1 \cdot 10000}{36,1 \cdot 650} \right)}{0,94(1 + 0,003 \cdot 20)0,79 \cdot 1,95} = 9353 \text{шт.}$$

3. Міжремонтний період Π роботи пристрою, що встановлює необхідність заміни або відновлення зношених встановлювальних елементів пристрою, знаходимо за формулою:

$$\Pi_{\kappa} = \frac{12K_1[N]}{N_p} = \frac{12 \cdot 0,85 \cdot 9353}{40000} = 2,4 \text{місяця}$$

де K - коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність зношування установчих елементів ($K = 0,8 \dots 0,85$);

$[N]$ - допустима кількість заготовок, що встановлюється до граничного зношування установочних елементів, що визначається за формулою (11);

N_p - річна програма випуску деталей.

4 Завдання для самостійної роботи студентів

Задача 1. Визначити похибку спрацювання ϵ_{zn} , що визвана зношенням опор після встановлення та обробки 15000 заготовок.

Необхідні вихідні відомості про заготовку, пристрій та умови обробки наведені в табл.1.(варіанти 1-8).

Задача 2. Визначити міжремонтний період Π роботи пристрою, якщо похибка базування $\epsilon_b = 0,08$ мм, похибка затискання $\epsilon_z = 0$, похибки ϵ_y та ϵ_e компенсуються налагодженням верстату.

Необхідні вихідні відомості про заготовку, пристрій, умови обробки наведені в табл.1 (варіанти 1-8).

Задача 3. Визначити міжремонтний період Π роботи пристрою, якщо $\epsilon_b = 0,05$ мм, $\epsilon_z = 0,01$ мм. Похибки що пов'язані з неточністю виготовлення і складання установчих елементів, не компенсуються налагодженням верстата і, виходячи з цього, дорівнюють: $\epsilon_{yc} = 0,01$ мм, $\epsilon_c = 0,012$ мм.

Розрахунок виконати при $N_1=3000$ шт., інші дані наведені в табл.1.(варіанти 1-8).

4.1 Вихідні данні до практичних завдань 1-3

Таблиця 1

№№ варіан тів	Заготовка				
	Матеріал	Твердість	Форма	N_p ,	T_1 ,

Житомирська політехніка	Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка»
------------------------------------	--

			базової	шт.	мм.
1	Сталь негартована	HB 160	Циліндрична	40000	0,2
2	Сталь негартована	HB 200	Циліндрична	100000	0,3
3	Чавун	HB 200	Плоска	55000	0,28
4	Чавун	HB 200	Плоска	70000	0,18
5	Сталь гартована	HRC ₃ 50	Плоска	85000	0,16
6	Чавун	HB 200	Плоска	20000	0,25
7	Сталь негартована	HB 220	Плоска	5000	0,2
8	Чавун	HB 220	Плоска	25000	0,19

4.2 Вихідні данні до практичних завдань 1-3

Продовження табл.1

№№ варіан тів	Пристрій					
	Тип опори	Матеріал	Твердість опори, <i>HV</i>	<i>F</i> , <i>мм</i> ³	<i>Q</i> , <i>H</i>	<i>L</i> , <i>мм</i>
1	2	3	4	5	6	7

Житомирська політехніка	Міністерство освіти і науки України Державний університет «Житомирська політехніка»
----------------------------	---

1	Призма	Сталь 20	650	36,1	10000	20
2	Призма	Сталь 40X	730	28,5	8000	40
3	Пластина опорна	Сталь 20	500	640	9000	50
4	Штир з плоскою голівкою	Сталь 45	700	28,3	400	20
5	Штир з плоскою голівкою	СплавВК8	800	28,3	2400	32
6	Штир зі сферичною голівкою	Сталь У10А	600	2,9	6000	25
7	Штир зі сферичною голівкою	Сталь 20	520	3,36	12000	30
8	Штир із рифленою голівкою	Сталь 40X	570	10	420	45

4.3 Вихідні данні до практичних завдань 1-3

Закінчення табл. 1

№№ варіан тів	Умови обробки		
	Метод обробки	ω , мм	t_m , хв
1	Фрезерування з охолодженням	0,1	1,95
2	Свердління без охолодження	0,12	2

3	Фрезерування без охолодження	0,12	3,2
4	Шліфування без охолодження	0,06	4,7
5	Шліфування з охолодженням	0,06	2,1
6	Фрезерування без охолодження	0,12	1,3
7	Фрезерування з охолодженням	0,1	0,8
8	Точіння без охолодження	0,08	1,2

5. Контрольні питання

1. З якою метою визначають міжремонтний період Π роботи пристрою.
2. Як визначити похибку зношування - ϵ_{zn} , та лінійне зношування встановлювальних елементів пристрою?
3. Як визначити максимально можливу величину зазору при встановленні заготовок по циліндричним поверхням?
4. Як визначити допустиму величину спрацювання $[u]$ встановлювальних елементів пристрою?
5. Рекомендовані поля допусків встановлювальних пальців та циліндричних оправок.
6. Як визначається міжремонтний період Π роботи пристрою?
7. Визначення допустимої кількості заготовок $[N]$, що встановлюються, в пристрої до граничного зношування його встановлювальних елементів.

6 Рекомендована література:

1.Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» /Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ , 2001. – 314 с.

Практичне заняття №5 Розробка технічного завдання на проектування спеціального пристрою

1 Мета заняття - закріплення теоретичних знань та отримання практичних навичок розробки, погодження та затвердження технічного завдання на проектування спеціального пристрою для оснащення технологічної операції.

Завдання. Розробити технічне завдання на проектування спеціального пристрою для встановлення заготовки на заданій технологічній операції механічної обробки.

1.2 Пояснення до виконання практичного заняття

Практичне заняття виконується 4 години в такій послідовності

А. Перший етап виконання заняття – 2 години:

1. Ознайомлення з теоретичними відомостями та змістом роботи, з послідовністю розробки, погодження та затвердження технічного завдання.

2. Ознайомлення зі структурою та змістом технічного завдання.

3. Ознайомлення зі стадіями проектування і етапами проведення робіт по проектуванню пристрою та вимогами до оформлення технічного завдання

4. Провести аналіз прикладу технічного завдання на проектування спеціального пристрою.

Б. Другий етап виконання роботи – 2 години.

1. Провести аналіз структури та змісту заданого технологічного процесу механічної обробки деталі. (встановити вихідні дані) та виявити операцію для якої необхідно розробити спеціальний верстатний пристрій.

2. Розробити технічне завдання на проектування спеціального верстатного пристрою для встановлення деталі на заданій технологічній операції з врахуванням всіх вимог до цього завдання, що викладені в теоретичній частині роботи.

В. Скласти звіт по виконаній роботі – технічне завдання на проектування спеціального пристрою.

Технічне завдання (ТЗ) на проектування студент розробляє для спеціального пристрою, що був розроблений при виконанні курсового проекту з технології машинобудування або конструкторської частини кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 131 «Прикладна механіка».

Завдання необхідно обов'язково погодити з викладачем.

2 Короткі теоретичні відомості

2.1 Основні вимоги до технічного завдання

Технічне завдання (ТЗ) розробляють на основі вихідних вимог замовника - заявки, а також на основі ТЗ на групу однорідної продукції, розробки виробничих процесів механічної обробки, збирання і контролю виробу, результатів виконаних науково-дослідних і експериментальних робіт, аналізу передових досягнень і технічного рівня вітчизняної та зарубіжної техніки (форма заявки на розробку технологічного процесу (ТП) і засобів технологічного оснащення (ЗТО) приведена в додатку А).

Технічне завдання є вихідним документом для розробки конструкції спеціального пристрою та необхідної конструкторсько-технологічної документації.

Вимоги, що включаються в ТЗ повинні забезпечувати розробку конструкції спеціального пристрою на основі досягнень вітчизняної та зарубіжної науки та техніки на передбачений період розробки.

Розробник ТЗ визначає в залежності від особливостей та методичних вказівок кафедри, графіка навчального процесу зміст його завдання, в тому числі технічні, економічні та інші вимоги до конструкції спеціального пристрою, етапи розробки, комплектність конструкторсько-технологічної документації, порядок задачі та приймання робіт.

Технічне завдання не повинно обмежувати ініціативу розробника при пошуку і виборі оптимального вирішення поставленого завдання і містити необхідні і достатні вимоги для розробки конструкції спеціального пристрою

(послідовність розробки, викладу та оформлення ТЗ наведено нижче).

2.2 Послідовність розробки технічного завдання

Технічне завдання виконує розробник, а в окремих випадках ТЗ може бути розроблено замовником. Технічне завдання обов'язково погоджують із замовником. Для розробки ТЗ конструкції спеціального пристрою, за якими відсутній замовник, а також при проведенні ініціативних робіт за планом науково-дослідних або дослідно-конструкторських робіт, ТЗ погоджується з основним споживачем.

Термін погодження ТЗ не повинен перевищувати 15 днів. При необхідності за домовленістю між розробником і замовником в затверджене ТЗ вносять зміни. Забороняється внесення технічних змін ТЗ після подання виробу на приймальні випробування.

2.3 Послідовність викладу та оформлення технічного завдання

2.4 Технічне завдання, як правило, складається з наступних розділів:

- назва і область застосування;
- підстава для розробки;
- мета і призначення розробки;
- джерела розробки;
- технічні вимоги;
- економічні показники;
- стадії і етапи розробки;
- порядок контролю та приймання;

- додатки.

В залежності від виду, призначення і умов розробки і експлуатації конструкції спеціального пристрою допускається уточнювати зміст розділів, вводити нові розділи або об'єднувати окремі з них.

3 Зміст технічного завдання

Назва і область застосування спеціального пристрою.

Вказується назва конструкції спеціального пристрою, коротка характеристика області застосування та загальна характеристика пристрою.

Підстава для розробки.

Вказується повна назва документа, на підставі якого розробляють конструкцію спеціального пристрою, організація, що затвердила цей документ, дата його затвердження, а також назва теми розробки.

Мета і призначення розробки ТЗ:

- *мета розробки* - конструкція спеціального пристрою розробляється вперше, замість застарілого, в навчальних цілях тощо.;

- *призначення розробки* - створення базового зразка, модифікація, модернізація тощо.;

- *завдання, що вирішуються розробкою* конструкції спеціального пристрою - механізація або автоматизація процесу виготовлення виробу (деталі, складальної одиниці, машини), усунення розмітки, підвищення продуктивності праці тощо.

Джерела розробки ТЗ.

Наводиться перелік основних документів (матеріалів) за результатами раніше проведених робіт, перелік зразків, прототипів, які необхідно використовувати при розробці конструкції спеціального пристрою . Ці документи оформляються у вигляді додатку до ТЗ.

4 Технічні вимоги до конструкції пристрою

Розділ повинен складатися з таких основних підрозділів, що вказують відповідні вимоги до конструкції спеціального пристрою .

4.1 Склад конструкції спеціального пристрою та вимоги до його структури.

У розділі вказується назва, призначення та основні складові конструкції спеціального пристрою; вимоги до конструкції спеціального пристрою і його складових частин; вимоги до засобів захисту (від вологи, вібрацій, шуму, шкідливих випарів, корозії та ін.); вимоги до взаємозамінності конструкції спеціального пристрою і його складових частин; вимоги до мастильно-охолоджувальних технологічних засобів, миючих засобів, мастил тощо; вимоги до ліквідації перешкод, що впливають на іншу продукцію.

4.2 Показники призначення.

Вказуються основні технологічні параметри, що визначають цільове використання і застосування конструкції спеціального пристрою (потужність, продуктивність, ККД, вид використовуваного енергоносія, механічні властивості, що досягається точність тощо).

4.3 Вимоги до надійності.

У загальному випадку вказують вимоги до довговічності, безвідмовності, ремонтопридатності.

4.4 Вимоги до технологічності і метрологічного забезпечення конструкції спеціального пристрою та його експлуатації.

Наводяться вимоги виробничої та експлуатаційної технологічності конструкції спеціального пристрою (відповідно до стандартів ЄСТПП), що визначають можливість досягнення заданих показників його якості, що досягаються в умовах його реалізації виготовлення, монтажу, технічного обслуговування і ремонту при мінімальних витратах (часу, коштів, матеріалів тощо) на виконання робіт та високої продуктивності праці. У цьому пункті вказують при необхідності основні контрольовані параметри, вихідні вимоги до методів і засобів їх вимірювань, кваліфікацію персоналу і інші умови контролю та випробування конструкції спеціального пристрою.

4.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

В розділі призводять вимоги до використання стандартних і запозичених складальних одиниць і деталей необхідних при розробці конструкції спеціального пристрою, а також показники рівня його уніфікації.

4.6 Вимоги безпеки.

Вказуються вимоги до забезпечення безпеки при монтажі, експлуатації, обслуговуванні та ремонті, допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень відповідно до діючої системи стандартів з безпеки праці та іншими діючими стандартами і нормативами.

4.7 Естетичні та ергономічні вимоги.

Вказуються вимоги технічної естетики, а також ергономічні вимоги (зручність обслуговування, комфортабельність, зусилля, необхідні для управління і обслуговування тощо).

4.8 Вимоги до патентної чистоти.

Вказуються країни, відносно яких повинна бути забезпечена патентна чистота конструкції спеціального пристрою.

4.9 Вимоги до складових деталей, складальних одиниць, сировини, вихідних і експлуатаційних матеріалів.

Вказуються вимоги до складових частин пристрою, сировини, рідин, мастил, фарб та інших матеріалів, що передбачені для застосування в складі конструкції спеціального пристрою, а також при його виготовленні та експлуатації; фізико-механічні, механічні та інші властивості (міцність, твердість, шорсткість поверхні тощо) вихідних матеріалів; можливість застосування і (або) обмеження в застосуванні дефіцитних матеріалів і продукції, що містить ці матеріали; обмеження в застосуванні складових частин (включаючи покупні), сировини, матеріалів; перелік матеріалів, застосування яких неприпустимо або небажано; вимоги до вихідної конструкції в частині її вдосконалення або модернізації.

4.10 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту.

Залежно від виду і призначення конструкції спеціального пристрою вказуються умови експлуатації, при яких має забезпечуватися його використання з заданими технічними показниками; допустимий вплив кліматичних умов (температури, вологості, атмосферного

тиску, агресивних середовищ, пилу тощо); допустимий вплив механічних навантажень (вібраційних, ударних, скручують, вітрових тощо); час і спосіб підготовки конструкції спеціального пристрою до використання після транспортування і зберігання.

4.11 Додаткові вимоги.

У загальному випадку в цьому розділі можуть вказуватися додаткові вимоги, які не ввійшли в попередні розділи. Наприклад, вимоги, обумовлені навчальною метою використання конструкції спеціального пристрою; вимоги особливого обслуговування або його складових частин; вимоги до маркування (місце і спосіб нанесення, зміст маркування, вимоги до якості маркування), вимоги до упаковки (можливі варіанти і вимоги до консервації й упакуванню, в тому числі вимоги до тари і матеріалів), вимоги до транспортування (умови транспортування і види транспортних засобів, необхідність і способи кріплення при транспортуванні) і зберігання (умови зберігання та складування).

4.12 Вимоги до категорії якості.

Вказують категорію якості на момент впровадження конструкції спеціального пристрою у виробництво, що встановлена на основі карти технічного рівня і якості продукції за ГОСТ 2.116-84.

Примітки. При наявності державних та міждержавних стандартів, що встановлюють вимоги до розроблюваної конструкції спеціального пристрою, в ТЗ на розсуд розробника можуть зазначатися тільки ті вимоги, які перевищують відповідні вимоги цих стандартів або підлягають конкретизації. При цьому в ТЗ повинно обумовлюватись відповідність інших вимог. При наявності аналогічної конструкції спеціального пристрою

в ТЗ можуть бути вказані тільки ті параметри, значення яких відрізняється від відповідних параметрів цієї конструкції.

5 Економічні показники

Вказують орієнтовну ефективність і термін окупності витрат на розробку і освоєння конструкції спеціального пристрою, лімітну ціну, передбачувану річну потребу, а також економічні переваги розроблюваної конструкції в порівнянні з іншими вітчизняними або зарубіжними зразками і аналогами.

6 Стадії проектування і етапи проведення робіт

Необхідні стадії проектування і етапи проведення робіт встановлюються за ГОСТ 2.103-88 (див.табл.1). Поетапні терміни, що вказані в ТЗ, є орієнтовними. Основними термінами виконання робіт вважаються терміни, що встановлені в договорі на виконання дослідно-конструкторських робіт.

У цьому розділі вказують підприємство-виробник пристрою, а також необхідний склад технічної документації на конструкцію спеціального пристрою, перелік документів, який підлягає поданню на експертизу, стадії, на яких вона проводиться, місце її проведення.

Якщо документація не вимагає проведення експертизи, то це вказують в ТЗ.

Стадії проектування та етапи проведення робіт

Таблиця 1

Стадії проектування	Етапи проведення робіт
Технічне завдання	Розробка ТЗ, погодження та затвердження ТЗ на проектування спеціального пристрою
Проектування	Виконання проектно-розрахункових робіт по обґрунтуванню основних елементів конструкції пристрою. Розробка ескізного проекту пристрою.
Розробка конструкторської документації	Розробка загального вигляду конструкції пристрою, Розробка складального креслення конструкції пристрою.

По закінченню робіт виконавець представляє до захисту:

- Технічне завдання;
- Пояснювальну записку;
- Креслення загального вигляду спеціального пристрою.
- Специфікацію

7. Порядок контролю і приймання ТЗ

Наводять перелік документів, що підлягають погодженню і затвердженню на окремих стадіях розробки, перелік організацій, з якими слід погоджувати документи.

Додатки до ТЗ. Додаються копія заявки замовника на розробку ТЗ, перелік науково-дослідних та інших робіт, що обґрунтовують необхідність проведення робіт по розробці конструкції спеціального пристрою, робочих креслень, схеми опису, обґрунтування, винаходи, розрахунки та інші документи, які повинні бути використані при розробці конструкції спеціального пристрою, перелік зацікавлених організацій, з якими погоджують конкретні технічні рішення в процесі розробки, довідкові та інші матеріали.

8 Вимоги до оформлення технічного завдання

Технічне завдання оформляють відповідно до загальних вимог до текстових конструкторських документів за ГОСТ 2.105-95 на аркушах формату А4 за ГОСТ 9327-60 як правило без рамки, основного напису і додаткових граф до неї.

Номери аркушів (сторінок) проставляють у верхній частині аркуша (над текстом).

Приклад розробки ТЗ на проектування спеціального пристрою наведений нижче.

**Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної інженерії
«04» лютого 2024 р

**СПЕЦІАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ПАЗУ В
ШПИНДЕЛІ НАСТІЛЬНОГО СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА**

**Технічне завдання
(приклад)**

Виконавець ТЗ :

студент групи ТМ – 141 _____ Данюк В.М

Керівник _____ доц. Яновський В.А.

Термін виконання: «05» квітня 2024 р.

Житомир
2024

Технічне завдання на проектування спеціального пристрою для фрезерування паза в шпинделі настільного свердлильного верстата

1 Мета і призначення розробки:

Розробити конструкцію спеціального пристрою для фрезерування наскрізного паза в шпинделі свердлильного верстата, що виконується на шпонково-фрезерному верстаті моделі 692Д.

Пристрій повинен забезпечити точність розмірів та шорсткості паза деталі згідно до технічних вимог її робочого креслення, зменшення витрат на встановлення, затискання і зняття заготовки з верстата, зниження собівартості обробки та підвищення продуктивності праці.

Річна програма виготовлення деталей, для яких призначена розробка: 5000 шт/рік

2 Вихідні дані для розробки технічного завдання

Робоче креслення та назва деталі для якої проектується спеціальний пристрій: шпиндель настільного свердлильного верстата (див.додаток А).

Технологічний процес виготовлення деталі шпидель настільного свердлильного верстата.

Назва і область застосування пристрою: Пристрій застосовується в технологічному процесі виготовлення шпинделя настільного свердлильного верстата.

Назва операції: 040 Шпонково-фрезерна.

Зміст операції: Фрезерувати наскрізний паз, витримуючи розміри – $b = 6,3$ мм і $l = 22$ мм.

Карта ескізів на операцію: 040 Шпонково-фрезерна (див. додаток Б).

Назва та модель верстата: *Шпонково-фрезерний, мод. 692Д* (див. додаток В).

Різальний інструмент: *Шпонкова фреза $z=2$, Р6М6, ГОСТ 9140-88*

Маса деталі: *1,1 кг.*

Матеріал деталі: *Сталь 45 ГОСТ 1050 - 88*

Річна програма виготовлення: *5000 шт/рік.*

3 Підстава для проектування

Підставою для проектування спеціального пристрою є завдання, що розроблене на основі розробленого в курсовому проекті з дисципліни «Технології обробки типових деталей» технологічного процесу механічної обробки шпинделя настільного свердлильного верста та затверджена кафедрою прикладної механіки і комп'ютерно-інтегрованих технологій.

4 Мета і призначення пристрою

Пристрій проектується з метою оснащення вертикально-фрезерної операції 045 і призначений для:

- точного встановлення шпинделя відносно різального інструменту - фрези шпонкової $z=2$, Р6М6, ГОСТ 9140-88;

- надійного закріплення різального інструменту в шпинделя під час механічної обробки;

- забезпечення параметрів точності та шорсткості паза, що оброблюється, а також взаємного його розташування відносно інших поверхонь шпинделя (див. креслення деталі - додаток А)

- зниження часових і фізичних витрат робітника, що пов'язані з установкою, закріпленням і зняттям заготовки.

5 Джерела проектування

Робоче креслення деталі – шпindelь.

Технічні вимоги на виготовлення деталі.

Технологічний процес механічної обробки шпindelя.

Методичні вказівки кафедри ПМ і КІТ по розробці технічного завдання на проектування спеціального пристрою.

Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. Підручник. – К.: Кондор. 2008. - 726 с.

Станочные приспособления: Справочник. В 2-х томах Под ред.Б.Н.Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984.

6 Технічні вимоги до конструкції пристрою

6.1 Склад конструкції спеціального пристрою та вимоги до його структури

В конструкції пристрою повинні бути передбачені встановлювальні елементи; затискні елементи; механізований силовий привід; елементи, що визначають положення різального інструменту; елементи управління пристроєм; корпусні елементи;

Конструкція пристрою та його складових елементів повинні відповідати вимогам державних стандартів, вказаних в методичних вказівках кафедри і довідковій літературі з проектування пристроїв та забезпечувати мету та призначення;

Маса пристрою не повинна перевищувати 15 кг;

Габаритні розміри пристрою повинні забезпечувати можливість його встановлення та затискання на робочому столі шпонково-фрезерного верстата моделі 692Д.

Технічна характеристика верстата представлена в додатку Б.

Конструкція швидкозношувальних деталей пристрою повинна забезпечувати їх швидку заміну.

Видалення стружки не повинно створювати труднощі.

Мастильно-охолоджуюча технологічна рідина не повинна скупчуватися на деталях та складальних одиницях пристрою.

Для встановлення пристрою на верстаті розміри і конфігурація основної бази його корпусу повинна бути виконана у відповідності до розмірів посадочних місць верстата.

6.2 Показники призначення пристрою

Параметри розмірів заготовки, що надходить для обробки на пристрої:

- габаритні розміри заготовки - $35h9x320$;
- матеріал заготовки - сталь 45 ГОСТ 1050-88;
- шпонково-фрезерна операція є однією із завершальних у технологічному процесі виготовлення шпинделя, тому всі зовнішні поверхні (крім шліцьових) оброблені;
- на деталі є легкопошкоджувальні зовнішні поверхні з шорсткістю $Ra 0,8$ мкм.

Умови обробки, режими різання, штучний час згідно операційної карти на операцію складають:

$$S_z = 0,03 \text{ мм/об}, z = 2, n = 800 \text{ об/хв}, S_{xв} = 48 \text{ мм/хв}.$$

Річна програма випуску деталей - 5000 шт. на рік.

Тип виробництва - серійний.

Коефіцієнт завантаження пристрою - 0,54.

Джерело енергії силового приводу – стиснене повітря $p = 0,4-0,6$ Мпа.

6.3 Вимоги до надійності пристрою

Термін служби пристрою - 2 роки.

Необхідно забезпечити ремонтопридатність конструкції пристрою.

Збереженість - пристрій повинен бути готовий до експлуатації після розконсервації без додаткових заходів.

6.4 Вимоги до технологічності

Конструкція пристрою повинна забезпечувати вільний доступ до місць та деталей, що вимагають контролю, регулювання та технічного обслуговування, простоту і зручність налагодження різального інструменту на розмір обробки; швидку і легку заміну зношених деталей.

Конструкція повинна забезпечувати зручність видалення стружки і залишків МОР. Деталі, що входять до конструкції пристрою повинні мати мінімальні розміри і просту геометричну форму і виготовлятися найбільш простими і раціональними методами обробки.

6.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

У конструкції пристрою повинні бути максимально використані стандартні деталі та складальні одиниці.

6.6 Вимоги до безпеки конструкції пристрою

Конструкція пристрою має відповідати загальним вимогам державної системи стандартів безпеки праці (ССБП), викладеним в державних та міждержавних стандартах, навчально-методичній та довідковій літературі з проектування пристроїв.

6.7 Естетичні та ергономічні вимоги

Конструкції пристрою повинна створювати враження цілісної технічної системи.

Органи управління пристрою повинні забезпечувати безпеку та зручність користування ними.

6.8 Вимоги до складових деталей, складальних одиниць, сировини, вихідних і експлуатаційних матеріалів

При виборі матеріалів для виготовлення деталей конструкції пристрою слід керуватися рекомендаціями, наведеними в методичній та довідковій літературі. Не застосовувати препарати та матеріали, утилізація яких ускладнена або забруднює навколишнє середовище.

6.9 Умови експлуатації пристрою

Пристрій обслуговується верстатником 4-го розряду. Допускається використовувати пристрою відразу після транспортування або зберігання, видаливши консерваційні мастила.

6.10 Стадії проектування і етапи проведення робіт

Термін виконання робіт – 15 днів з дня затвердження завдання на проектування пристрою.

Стадії проектування та етапи проведення робіт наведені в табл.1.

По закінченню робіт по проектуванню виконавець представляє до захисту:

Технічне завдання;

Пояснювальну записку;

Складальне креслення спеціального пристрою;

Специфікацію.

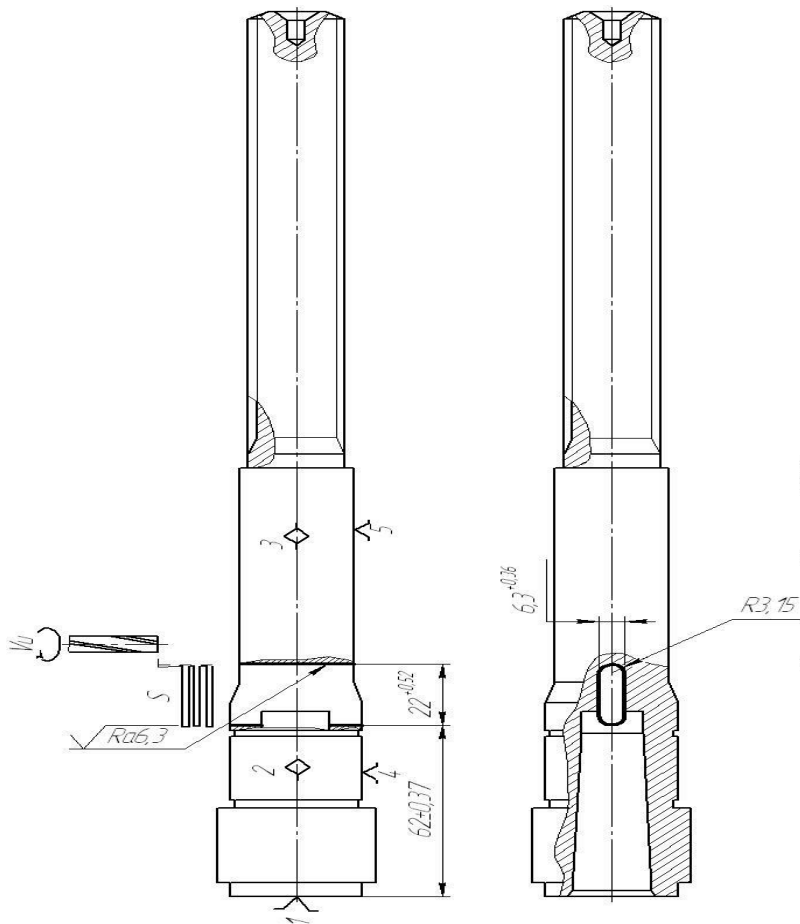
7 Контрольні питання

1. Мета розробки та призначення технічного завдання.
2. Основні вимоги до технічного завдання.
3. Послідовність розробки технічного завдання.
4. Зміст технічного завдання.
5. Технічні вимоги до конструкції пристрою.
6. Стадії проектування і етапи проведення робіт.
7. Економічні показники при розробці ТЗ.
8. Порядок контролю і приймання ТЗ.
9. Вимоги до оформлення технічного завдання

Стадії проектування та етапи проведення робіт

Стадії проектування	Етапи проведення робіт
Технічне завдання	Розробка ТЗ, погодження та затвердження ТЗ на проектування спеціального пристрою
Проектування	Виконання проектно-розрахункових робіт по обґрунтуванню основних елементів конструкції пристрою. Розробка ескізного проекту пристрою.
Розробка конструкторської документації	Розробка загального вигляду конструкції пристрою, Розробка складального креслення конструкції пристрою.

ДОДАТОК Б



ДОДАТОК В

Технічна характеристика шпонково-фрезерного
верстата мод. 692Д

Розміри робочої поверхні вертикального столу, мм	250x1000
Найбільший діаметр встановлюваної заготовки, мм	75
Ширина оброблюваного паза, мм	4-25
Максимальна глибина паза, мм	26
Поздовжнє переміщення фрезерної головки, мм	5-400
Поздовжнє переміщення гільзи шпинделя, мм	100
Найбільше переміщення столу, мм:	
поздовжнє	650
вертикальне	350
Величина розбивки оброблюваного паза під час калібрування, мм	0,01-1,0
Межі робочих подач фрезерної головки, мм / хв:	
- поздовжньої	20-1400
- вертикальної	16-140
- вертикальної при маятниковому циклі	0,05-0,5
Межі частот обертання шпинделя, хв	400-4000
Потужність електродвигунів приводів, встановлених на верстаті, кВт:	
шпиндел	2,2
гідроприводу	1,1
Габаритні розміри верстата, мм	1510x1900x22
Маса верстата, кг	2250

Верстат моделі 692Д призначений для фрезерування закритих шпонкових пазів мірними і немірними кінцевими фрезами шириною від 4 до 25 мм.

ДОДАТОК Д



Рис.1. Шпонково-фрезерний верстат мод. 692Д

7 Рекомендована література

1.Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» /Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.

3.Основи технологій обробки технологій поверхонь деталей машин: підручник / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.

Практичне заняття №6

Розрахунок самоцентруючих затискних пристроїв з гідропластмасою

1 Мета та зміст заняття

Ознайомлення з конструкціями самоцентруючих затискних пристроїв з гідропластмасою. Вивчення та засвоєння методики їх розрахунку.

Завдання включає вибір конструкції та розрахунок основних параметрів самоцентруючого затискного пристрою з гідропластмасою для чистової обробки заданої заготовки на токарному верстаті.

Завдання. Розрахувати основні параметри конструкції самоцентруючої оправки з гідропластмасою та пневмоприводом, що призначено для базування та затискання на токарному верстаті втулки, при виконанні операції чистового точіння зовнішнього діаметра D . Вихідні дані та варіанти завдань наведено в табл. 6.1.

2 Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з метою та змістом завдання.
2. Ознайомитись з заданим операційним ескізом заготовки (див. табл.1) та технічними вимогами до нього.
3. Ознайомитись з конструкціями патронів і оправок з гідропластом, їх призначенням, та особливостями їх встановлення на верстатах.
4. Вивчити методику розрахунку основних параметрів патронів та оправок з гідропластом.
5. Викреслити ескіз конструкції та виконати розрахунок самоцентруючої оправки з гідропластмасовим

затискувачем для базування та затискання втулки з заданими параметрами на чистовій токарній операції та зробити необхідні висновки.

Варіанти завдань

Таблиця 6.1

Операційний ескіз заготовки	№ вар.	d, мм	D, мм	L, мм	Момент різання $M_{різ}$, Н·см
	1	100	120	100	6000
	2	100	120	90	6500
	3	90	110	80	5500
	4	90	120	70	5000
	5	80	100	60	4500
	6	80	110	80	4800
	7	70	80	100	4000
	8	70	90	90	4600
	9	60	70	100	3500
	10	60	80	90	3800

3 Загальні теоретичні відомості

Самоцентруючі пристрої з гідропластом забезпечують високу точність центрування заготовок, що оброблюються, вона значно вища що досягається за допомогою самоцентруючих пристроїв інших конструкцій: кулачкових і цангових патронів, циліндричних і конічних оправок тощо.

Використання таких пристроїв для встановлення та обробки високоточних деталей в умовах серійного, великосерійного та масового виробництва значно підвищує економічну точність обробки, якість продукції, зменшує брак, спрощує технологію виготовлення та підвищує продуктивність обробки.

На практиці широке використання на чистових (викінчувальних) операціях обробки деталей на токарних та круглошліфувальних верстатах отримали різні конструкції самоцентруючих патронів з гідропластом. Базування і затискання деталі при цьому здійснюється по внутрішній або зовнішній поверхні пружної тонкостінної втулки, що розтискається (при базуванні по внутрішній поверхні), або стискається (при базуванні по зовнішній поверхні).

Оправки і патрони з гідропластмасою забезпечують точність центрування в межах 0,005...0,01 мм. Висока точність центрування забезпечується тим, що сила затискання розподіляється рівномірно по всій базовій поверхні та відсутністю в таких оправках і патронах додаткових деталей, точність яких впливає на точність центрування.

На рис. 6.1 наведена конструкція самоцентруючого патрона з гідропластом, що призначений для встановлення циліндричних заготовок по зовнішній поверхні. Патрон складається із корпусу 1, що встановлюється та закріплюється на планшайбі шпинделя верстата, натискного гвинта 2 з шестигранним отвором під ключ, плунжера 3, центруючої і затискної тонкостінної втулки 6. Між корпусом і втулкою розміщено гідропласт 7. Гвинт 4 і конусна заглушка 5 закривають отвір, через який при заливці гідропласта із порожнини пристрою

виходить повітря. При обертанні гвинта 2 гідропласт деформує тонкостінну частину втулки 6. Остання в свою чергу центрує і затискує деталь, що встановлюється в патроні.

В *самоцентруючій оправці*, конструкція якої зображена на рис.6.2, гідропласт стискається штоком-плунжером 1, що переміщається від пневмопривода токарного або шліфувального верстата.

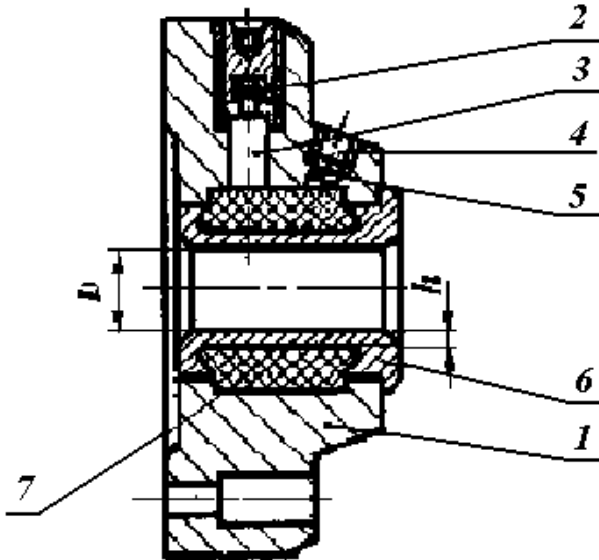


Рис..1. Самоцентруючий патрон з гідропластом

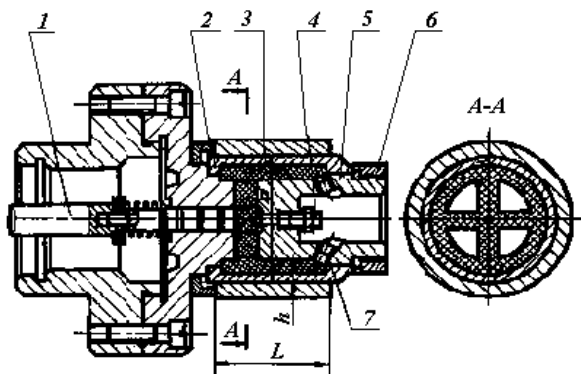


Рис. 2. Самоцентруюча оправка з гідропластом та пневматичним приводом

Тонкостінна втулка 2 встановлюється на корпус 5 оправки з натягом і додатково закріплюється гайкою 6. Гвинт 4 обмежує хід плунжера 1 праворуч і запобігає виникненню у втулці залишкових деформацій. В подібних конструкціях обмежується також і хід плунжера 1 ліворуч. Гвинти 7 закривають отвори, що необхідні для виходу повітря при заливці гідропластмаси в корпус оправки.

Спосіб центрування деталей, що встановлюються за допомогою тонкостінних пружних втулок та гідропластмаси вважається найбільш ефективним по забезпеченню точності обробки. Однак використання цього способу пов'язано з певними труднощами по створенню герметичності з'єднання тонкостінної втулки з корпусом пристрою. В деяких випадках замість гідропластмаси можливе використання машинних мастил високої в'язкості, при цьому герметичність з'єднання забезпечується за рахунок точних посадок і якісних ущільнювачів.

Гідропластмаса (пластична маса, подібна до м'якої гуми) є з'єднанням ряду хімічних елементів і має велику в'язкість. Вона не просочується в щілини навіть при великих тисках і в той же час рівномірно передає тиск на стінку втулки.

Найчастіше для заповнення пристроїв використовуються три марки пластичних мас: СМ, ДМ і МАТИ-1-4. Температура плавлення гідропласту СМ становить $140^{\circ}\dots 150^{\circ}\text{C}$, гідропласту ДМ- $120^{\circ}\dots 130^{\circ}\text{C}$, гідропласту МАТИ-1-4- $150^{\circ}\dots 160^{\circ}\text{C}$. Перед заливанням розплавленої гідропластмаси пристрій нагрівають вище температури плавлення відповідної марки гідропласту на $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$, що необхідно для забезпечення кращої плинності пластичної маси в процесі заливки.

Величина просочування гідропласту крізь щілини в рухомих з'єднаннях пристрою залежить від розмірів щілин та величини тиску. Так, наприклад, гідропласт СМ починає просочуватись крізь щілини розміром 0,03; 0,02 і 0,01 мм під тиском $3,0\dots 4,5\text{кН/см}^2$ ($300\dots 450\text{кг/см}^2$). Менш в'язкий гідропласт ДМ починає просочуватись при розмірі щілини 0,01 мм під тиском $1,25\text{кН/см}^2$ (125кг/см^2).

Основною деталлю в самоцентруючих пристроях з гідропластмасою є пружна тонкостінна втулка. Для виготовлення втулок діаметром до 40 мм використовується сталь 40Х з термообробкою до HRC 35...40, а при діаметрі більше 40 мм - сталь У7А з термообробкою до HRC 33...36. Із легуваних сталей використовуються сталі марок 30ХГС, 12ХНЗА тощо.

На рис.6.3 зображені типові конструкції тонкостінних втулок для патронів та оправок. Для збільшення довжини l тонкостінної частини виконують піднутрення втулки з кутом $\beta = 35 - 45^{\circ}$ і радіусом $R \geq h$. В цьому випадку

величину опорного бурта частково збільшують і приймають $T_1 = 1,25T$ (див. рис.6.3. а, б, в).

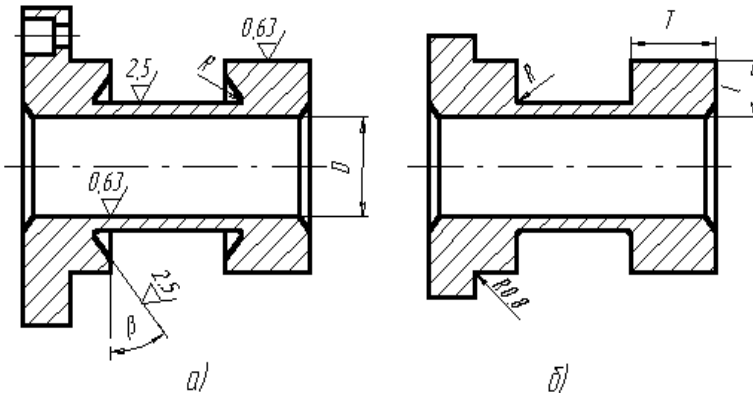
При більшій довжині заготовок, що оброблюються та для заготовок з виточкою в середній частині базової поверхні використовують центруючу втулку з кільцем жорсткості (рис.6.3 д). Ширина K кільця приймається конструктивно або в залежності від ширини проточки K_1 заготовки, що оброблюється, а товщина кільця приймається рівною

$$t_n = (0,75 \div 0,9) t.$$

Порожнина втулок під гідропласт з метою зниження втрат на тертя обробляється з шорсткістю $R_a = 2,5$ мкм, а поверхня з'єднання втулки з деталлю – $R_a = 0,63$ мкм.

Допустима різностінність тонкостінної частини втулки:

- при $D < 40$ мм не більше $\pm 0,03$ мм;
- при $D > 40$ мм не більше $\pm 0,05$ мм.



4 Послідовність розрахунку оправок та патронів з гідропластом

При проектуванні патронів і оправок з гідропластом розраховують:

- розміри пружних тонкостінних втулок;
- розміри натискних гвинтів та плунжерів.

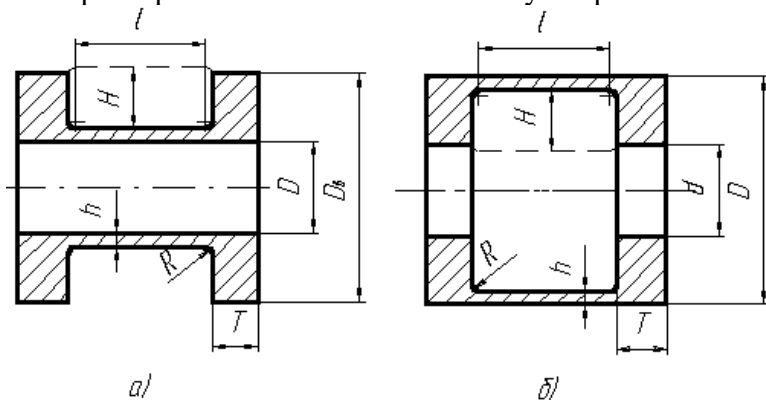


Рис. 4. Схеми для розрахунку пружних тонкостінних втулок.

Розрахунки основних параметрів тонкостінних втулок (див.рис.6.4) проводиться в такій послідовності:

1. Встановлюється посадочний діаметр пружної втулки D , що дорівнює номінальному діаметру базової поверхні заготовки, що оброблюється. Допуск на зовнішній діаметр D тонкостінної втулки призначають по посадці з зазором 6-7 квалітету точності ($g6, g7, f7$).

2. Визначається довжина l тонкостінної частини втулки. Вона приймається рівною довжині базового посадочного розміру деталі.

3. Визначається максимальний посадочний зазор S_{\max} між заготовкою і установчою поверхнею втулки до затискання:

– при затисканні по внутрішній поверхні:

$$S_{\max} = D_{\text{заг.мак}} - D_{\text{вт.мін.}}$$

– при затисканні по зовнішній поверхні:

$$S_{\max} = D_{\text{вт.мак}} - D_{\text{заг.мін.}}$$

4. Розраховується допустима величина пружної деформації тонкостінної втулки $\Delta D_{\text{доп}}$ (збільшення або зменшення діаметру D в її середній частині) за формулою:

$$\Delta D_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T \cdot D}{E \cdot K},$$

де – σ_T - межа текучості матеріалу втулки Н/мм² (кг/мм²);
– E - модуль пружності матеріалу втулки Н/мм²(кг/мм²);
– $K = 1,2 - 1,5$ - коефіцієнт запасу міцності ;
– D - номінальний діаметр втулки в мм;
Для легованих сталей рекомендується:

$$\Delta D_{\text{доп}} \approx (0,002 \div 0,003) D, \text{ мм}$$

При $\Delta D_{\text{доп}} > S_{\max}$ втулка центрує і затискає деталь, а при $\Delta D_{\text{доп}} = S_{\max}$ здійснюється тільки центрування деталі.

5. Визначають розміри окремих елементів пружної тонкостінної втулки.

Товщину h стінки втулки визначають в залежності від діаметра D і довжини l за формулами, що наведені в табл.6.2.

Визначення товщини h стінки пружної втулки

Таблиця 6.2

Довжина тонкостінної частини втулки	Формула для розрахунку h в мм	
	При $D < 50$ мм	При $D > 50$ мм
$l > D/2$	$h = 0,015 D + 0,50$	$h = 0,025 D$
$D/2 > l > D/4$	$h = 0,010 D + 0,50$	$h = 0,020 D$
$D/4 > l > D/8$	$h = 0,010 D + 0,25$	$h = 0,015 D$

Ширина посадочного кільця T визначається за формулою:

$$T \approx 2,5 \cdot \sqrt[3]{D}.$$

Радіус закруглення:

$$R \approx (0,03 - 0,05) D.$$

Висота робочої порожнини H під заповнення гідропластмасою визначається за формулою: $H = 2 \cdot \sqrt[3]{D}$, при цьому половину висоти порожнини рекомендується

утворювати у втулці, а другу половину - в корпусі пристрою (див. рис.6.4.).

Інші розміри тонкостінної пружної втулки приймаються конструктивно або використовуючи довідникові дані.

6. Визначають максимальний обертовий момент обертання, що передається втулкою:

$$M_{\max} = 100 \cdot D \cdot h \cdot \sqrt{\frac{2h}{D}} \cdot \delta, \text{Н/см};$$

де – D – номінальний діаметр втулки (см);

– h – товщина стінки втулки (см);

– $\delta = \Delta D_{\text{доп}} - S_{\max}$ – натяг, що виникає при затисканні заготовки (мм).

7. Розраховується величина тиску гідропластмаси, що необхідний для надійного утримання заготовки на втулці:

$$P = P_1 + P_2,$$

де – P_1 – величина тиску, що забезпечує первинний контакт оболонки втулки з базовою поверхнею заготовки;

– P_2 - величина тиску, що залежить від сил різання.

Величину тиску P_1 розраховується за формулами:

$$\text{– при } l > 0,3 D \quad P_1 = \frac{2S_{\max} \cdot E \cdot h}{D^2}, \text{ кг/см}^2$$

$$- \text{при } l < 0,3 D \quad P_1 = \frac{1,25 \cdot S_{\max} \cdot E \cdot h}{D^2 \cdot \frac{l}{D}}, \text{ кг/см}^2,$$

Величина тиску P_2 визначається з умови рівності моментів від сил різання і сил тертя на поверхні контакту заготовки з втулкою відносно осі оправки за формулою:

$$P_2 = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot l \cdot \Psi},$$

де Q - приведена сила на поверхні втулка-заготовка, що визначається по величині моменту різання $M_{\text{різ}}$ або по осьовій складовій силі різання P_x за формулами:

$$Q = \frac{2 \cdot K_3 \cdot M_{\text{різ}}}{D \cdot f} \quad \text{або} \quad Q = \frac{K_3 \cdot P_x}{f};$$

де K_3 - 1,5 ÷ 2,5 - коефіцієнт запасу затискування;

- D - діаметр з'єднання втулка - заготовка;

- f - коефіцієнт тертя на поверхнях з'єднання;

- l - довжина тонкостінної частини втулки;

- Ψ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу величини тиску по довжині втулки і

залежить від співвідношення $\frac{h}{D/2}$ і $\frac{l}{D/2}$ та

визначається по таблиці 6.3.

8. Визначають довжину l_K контакту базової поверхні заготовки з втулкою в момент, затискування:

- для коротких втулок при $l < D/2$:

$$l_K = l \left(1 - \frac{P_1}{P} \right);$$

Значення коефіцієнту ψ

Таблиця 6.3.

Відносна товщина втулки $h/D/2$	Відносна довжина втулки $l/D/2$								
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,03	0,54	0,6	0,69	0,82	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93
0,04	0,53	0,57	0,63	0,78	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93
0,05	0,56	0,58	0,60	0,73	0,85	0,86	0,88	0,90	0,91
0,06	0,53	0,55	0,59	0,71	0,81	0,85	0,87	0,89	0,90

– для довгих втулок при $l > D/2$:

$$l_K = l - 2,73 \sqrt{D \cdot h} \cdot \frac{P_1}{P}.$$

При $S_{\max} = 0$ $P_1 = 0$, то відповідно $l_K = l$.

При збільшенні величини зазору величина l_K зменшується і відповідно, зменшується надійність затискання.

Точне центрування і надійне затискання заготовки забезпечується при умові:

$$a = l_K / l = 0,5 \div 0,8 ;$$

де a - коефіцієнт довжини контакту.

9. Визначають розміри і величину ходу плунжера, що забезпечить необхідну для надійного затискання заготовки величину тиску гідропластмаси.

Діаметр d_0 плунжера визначають по формулі:

$$d_0 = (1,5 \div 1,8) \sqrt{D}.$$

Діаметр плунжера приймають конструктивно в межах 10÷20 мм; довжину робочої поверхні плунжера приймають рівною $(1,8 \div 2)d_0$. Спряження плунжера з отвором в корпусі оправки виконується по посадці H7/h6 або H6/g5.

Величина ходу плунжера l_n визначається за формулою:

$$l_n = \frac{4 \cdot (\Delta V + V_1)}{\pi \cdot d_0},$$

де ΔV - збільшення об'єму робочої порожнини за рахунок зміни діаметру втулки при її деформації на величину S_{\max} ,

$$\Delta V \approx \pi (D \pm 2h) \cdot l \cdot \frac{S_{\max}}{2},$$

При цьому знак плюс приймається при базуванні деталей по зовнішній циліндричній поверхні, а знак мінус - по внутрішній циліндричній поверхні;

- V_1 - об'єм, що утворився за рахунок стискання гідропласту (0,5 % від початкового об'єму на 100 кгс/см² тиску), тобто:

$$V_1 = 0,005 V \cdot \frac{P_1 + P_2}{100},$$

де V - початковий об'єм гідропластмаси в пристрої.

10. Розраховують необхідну величину сили на плунжері P_B , що забезпечить розраховану величину тиску гідропластмаси:

$$P_B = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot P,$$

де P – розрахункова величина сили гідропластмаси (див.п.7).

За вихідним зусиллям P_B визначають параметри механізованого привода верстата, що забезпечить надійне затискання деталі.

5 Приклад виконання завдання

Завдання. Розрахувати параметри самоцентруючої оправки з гідропластмасою та пневмоприводом для встановлення та чистової обробки зовнішнього діаметра втулки на токарному верстаті (ескіз втулки див. рис.6.5).

Вихідні дані: Момент різання $M_{\text{різ}}$, що виникає в процесі обробки, дорівнює 6000 Н/см (600 кгс·см). Тиск повітря в мережі пневмоприводу – 0,4 МПа (4 кгс /см²).

5.1 Пояснення до виконання завдання.

Враховуючи високі вимоги по точності допуску радіального биття втулки (0,01мм), приймаємо установку деталі з базуванням по внутрішньому діаметру ($\varnothing 100H7$) на самоцентруючій оправці з гідроластмасою. В цьому випадку забезпечується точність центрування заготовки в межах 0,005 - 0,01 мм.

Прийнята конструкція самоцентруючої оправки наведена на рис.6.2.

Розрахунок гідроластової оправки зводиться до розрахунку основних розмірів установчої втулки, розмірів діаметра і величини ходу плунжера, сили на плунжері P_v , розміри діаметра поршня пневмоциліндра привода.

В якості матеріалу втулки приймаємо сталь 30ХГСА ($\sigma_T = 850 \text{ Н/мм}^2$; $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$), твердість після термообробки HRC 35 ...40.

Діаметр установочної поверхні тонкостінної втулки D (див. рис.6.4) приймаємо рівним внутрішньому діаметру деталі ($\varnothing 100H7$) з посадкою $f7$, тобто: $D = 100 f7 \begin{pmatrix} -0,036 \\ -0,073 \end{pmatrix}$.

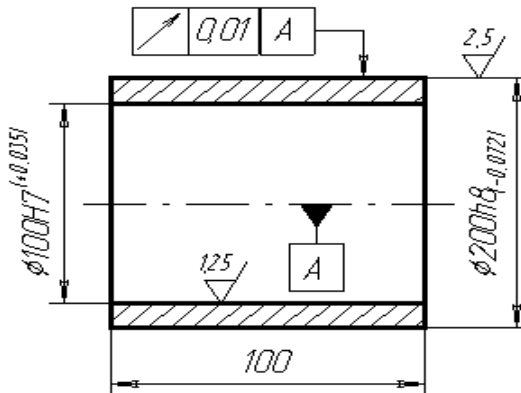


Рис.5. Ескіз деталі.

Довжину l тонкостінної частини втулки приймаємо рівною довжині базового розміру отвору деталі, тобто: $l = 100$ мм.

Товщину h стінки втулки визначаємо за формулою:

$$h = 0,025 D = 0,025 \cdot 100 = 2,5 \text{ мм.}$$

Висота H порожнини під гідропласт

$$H = 2 \cdot \sqrt[3]{D} = 2 \cdot \sqrt[3]{100} = 9,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо $H=10$ мм, при цьому розмір H розподіляється симетрично між втулкою і корпусом оправки.

Визначаємо ширину посадочного пасака:

$$T \approx 2,5 \cdot \sqrt[3]{100} = 11,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $T = 12$ мм.

Максимальний діаметральний зазор між установчою поверхнею втулки D і базовою поверхнею деталі, тобто величину деформації, при якій установочна поверхня втулки торкається заготовки, знаходимо за формулою:

$$S_{\max} = D_{\text{вир.мак}} - D_{\text{вт.мін}} = 100,035 - 99,927 = 0,11 \text{ мм.}$$

Допустима величина пружної деформації втулки:

$$\Delta D_{\text{доп}} = \frac{\sigma_T \cdot D}{E \cdot K} = \frac{85 \cdot 100}{2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4} = 0,29 \text{ мм}$$

де $K = 1,4$ - коефіцієнт запасу міцності.

Визначасмо тиск гідропластмаси P_1 , що необхідний для створення первинного контакту оболонки з заготовкою:

$$P_1 = \frac{2 \cdot S_{\max} \cdot E \cdot h}{D^2} = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,25 \cdot 0,011}{10^2} = 116 \text{ кгс/см}^2 = 1160 \text{ Н/см}^2$$

Величину тиску гідропластмаси P_2 , що залежить від величини моменту різання ($M_{\text{різ}} = 600 \text{ кгс/см}$) визначасмо за формулою:

$$P_2 = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot l \cdot \Psi},$$

де – Q – приведена сила на поверхні втулка-заготовка:

$$Q = \frac{2K_3 \cdot M_{\text{різ}}}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 600}{10 \cdot 0,1} = 2400 \text{ кгс} = 24000 \text{ Н},$$

- $\psi = 0,6$ - коефіцієнт, що визначається по табл.8.3;
- $f = 0,1 \div 0,16$ - коефіцієнт тертя між поверхнями втулки і заготовки (приймаємо $f = 0,1$);
- $K_3 = 1,5 \div 2,5$ - коефіцієнт запасу затискання (приймаємо $K_3=2$).

$$P_2 = \frac{2400}{3,14 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,6} = 12,8 \text{ кгс/см}^2 = 128 \text{ Н/см}^2$$

Величина сумарного тиску гідропластмаси, що необхідна для надійного затискання заготовки на втулці:

$$P = P_1 + P_2 = 116 + 12,8 = 128,8 \text{ кгс/см}^2 = 1288 \text{ Н/см}^2$$

Діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4P_B}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 328}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 11,1 \text{ см} = 111 \text{ мм.}$$

p - 4 кгс/см² - тиск повітря в пневмережі, (0,4МПа).
 $\eta = 0,85$ – к.к.д. пневмоциліндра.

Приймаємо за ГОСТ 21821-76 найближче більше стандартне значення діаметра пневмоциліндра рівним – $D = 125$ мм.

Визначаємо величину ходу поршня і плунжера:

$$l_n = \frac{4 \cdot (\Delta V + V_1)}{\pi \cdot d_0^2}$$

де ΔV - збільшення об'єму робочої порожнини під гідропластмасу за рахунок зміни діаметру втулки на величину S_{\max} ,

$$\Delta V = \pi (D - 2h) \cdot l \cdot \frac{S_{\max}}{2} = 3,14 \cdot (10 - 2 \cdot 0,25) \cdot 10 \cdot \frac{0,011}{2} = 1,64 \text{ см}^3$$

V_1 - об'єм , що утворився за рахунок стискання гідропласту:

$$V_1 = 0,005 V \cdot \frac{P_1 + P_2}{100} = 0,005 \cdot 324 \cdot \frac{128,8}{100} = 2,08 \text{ см}^3$$

де V - початковий об'єм гідропластмаси в пристрої:

$$V = \left[\frac{\pi \cdot (D - 2h)^2}{4} \cdot l - \frac{\pi \cdot (D - 2h - 2H)^2}{4} \cdot l \right] \cdot 1,2,$$

$$V = \left[\frac{3,14 \cdot (10 - 2 \cdot 0,25)^2}{4} \cdot 10 - \frac{3,14 \cdot (10 - 2 \cdot 0,25 - 2 \cdot 1)^2}{4} \cdot 10 \right] \cdot 1,2 =$$

$$= 324 \text{ см}^3$$

де – 1,2 - коефіцієнт, що враховує заповнення каналів пристрою гідропластмасою.

Звідки величина ходу поршня і плунжера:

$$l_n = \frac{4 \cdot (\Delta V + V_1)}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{4 \cdot (1,64 + 2,08)}{3,14 \cdot 1,8^2} = 1,46 \text{ см.}$$

Визначаємо довжину контакту l_K поверхні заготовки з втулкою, при затисканні:

$$l_K = l - 2,73 \cdot \sqrt{D \cdot h} \cdot \frac{P_1}{P} = 100 - 2,73 \cdot \sqrt{100 \cdot 2,5} \cdot \frac{116}{128,8} = 61 \text{ мм.}$$

Визначаємо коефіцієнт довжини контакту заготовки з втулкою:

$$a = l_K / l = 61/100 = 0,61$$

Висновок: так як $0,5 < a = 0,61 < 0,8$ то умова надійного затискання і точного центрування втулки на самоцентруючій гідропластній оправці виконується.

6 Контрольні питання

1. Конструкції самоцентруючих патронів і оправок з гідроластмасою.
2. Параметри, що розраховуються при конструюванні самоцентруючих механізмів з гідроластом.
3. Особливості методики розрахунку гідроластових затискачів.
4. Точність центрування, що забезпечують пристрої з гідроластмасою.
5. Як розрахувати необхідну величину сили на плунжері пневмоциліндра P_v , що забезпечить розраховану величину тиску гідроластмаси?
6. Яка умова надійного затискання і точного центрування втулки на самоцентруючій гідроластній оправці?

7 Рекомендована література

1.Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2.Основи технологій обробки технологій поверхонь деталей машин: підручник / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.

Практичне заняття № 7

Розрахунок точності свердлування отворів в кондукторах

1 Мета та зміст заняття

Засвоєння методики розрахунку точності обробки заготовки, що забезпечується пристроєм.

Завдання включає проведення аналізу основних факторів, що впливають на точність обробки заготовки в кондукторах та виконання перевірного розрахунку точності розташування отвору деталі, що оброблюється в кондукторі.

Завдання. Виконати перевірений розрахунок забезпечення точності свердлування в кондукторі отвору діаметром d .

Операційний ескіз деталі та ескіз кондуктора представлені на рис.7.1, рис.7.2.

Деталь встановлюється в кондукторі за допомогою двох взаємно перпендикулярних площин A та B на установочні пластини 1 і 2 та отвору діаметром d_1 на зрізаний палець з діаметром d'_1 і затискається гвинтом $б$.

Свердло в кондукторі направляється за допомогою змінної кондукторної втулки 4 , що встановлюється в постійній втулці 5 кондукторної плити з посадкою $H7/g6$.

Ексцентриситет кондукторної втулки $E_{кв}=0,005$ мм.

Допуск на діаметр свердла загального призначення по ГОСТ 885-64 прийняти $h8$.

Решта розмірів, що необхідні для виконання операції свердлування та варіанти індивідуальних завдань для проведення розрахунків представлені в табл. 7.1.

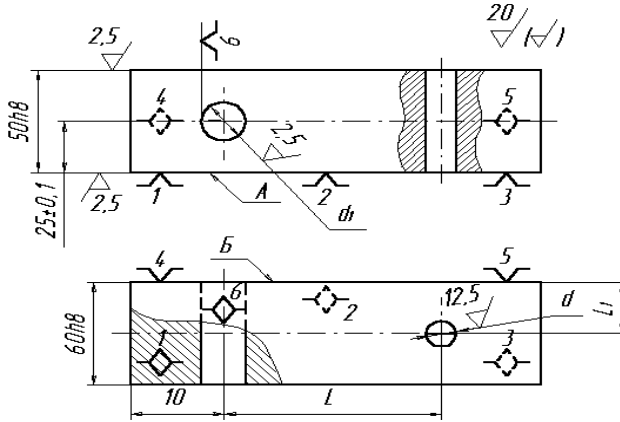


Рис. 7.1. Операційний ескіз деталі

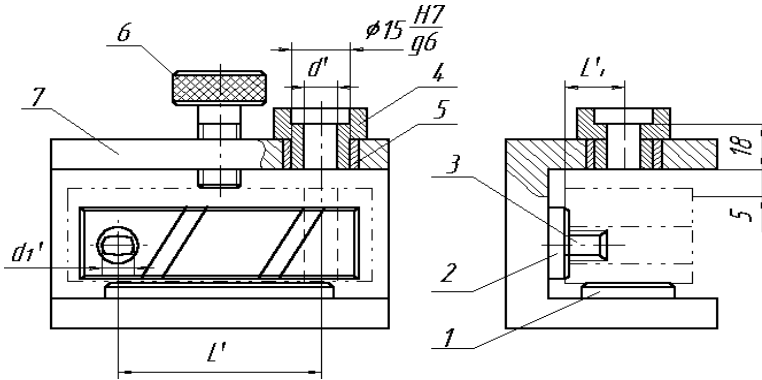


Рис. 7.2. Ескіз кондуктора для свердлування в деталі отвору діаметром d .

1,2 – установочні пластини; 3 – зрізаний палець;
4 – змінна кондукторна втулка; 5 – постійна (перехідна)
втулка; 6 – гвинт затискний; 7 – корпус кондуктора.

Варіанти завдань

Таблиця 7.1.

№ вар.	Розміри деталі в мм					Розміри кондуктора в мм				
	d	d_1	L	L_1		d'	d_1'	L'	L_1'	
1	5H8	10H9	150±0,2	30±0,1		5F7	10f7	150±0,02	30±0,02	
2	5H9	10H8	160±0,15	35±0,05		5G7	10g6	160±0,02	35±0,02	
3	6H10	10H9	170±0,25	40±0,15		6F8	10f6	170±0,05	40±0,03	
4	6H9	12H8	180±0,15	45±0,05		6G6	12g7	180±0,02	45±0,02	
5	8H9	12H8	190±0,2	30±0,1		8F7	12f7	190±0,02	30±0,02	
6	8H8	16H7	100±0,15	25±0,05		8G7	16g6	100±0,02	25±0,02	
7	10H8	14H8	160±0,25	30±0,15		10F8	14f6	100±0,02	30±0,03	
8	10H9	14H8	150±0,3	35±0,1		10F7	14g7	150±0,05	35±0,02	
9	12H10	16H9	120±0,3	40±0,1		12G7	16g6	120±0,05	40±0,02	
10	12H8	16H7	150±0,25	45±0,05		12G6	16g6	150±0,05	45±0,02	

2 Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з метою і змістом завдання.
2. Ознайомитись з операційним ескізом деталі (рис. 7.1), ескізом конструкції кондуктора (рис. 7.2), та варіантами завдань (табл. 7.1).
3. Встановити розміри, що витримуються на заданій операції, та виділити ті розміри, точність яких залежить від конструкції пристрою (кондуктора).
4. Для перевірки на точність вибрати один з розмірів з найменшим допуском або з найбільшими значеннями складових сумарної похибки обробки.
5. Розрахувати по відповідній для даного типу кондуктора формулі (див. табл. 7.2) сумарну величину допуску δ_{Lp} , що забезпечується кондуктором.
6. Порівняти величину допуску δ_{Lp} , що розрахований з допуском на розмір δ , що перевіряється. При цьому повинна виконуватись умова забезпечення точності свердлування отвору в кондукторі – $\delta_{Lp} \leq \delta$.
7. При невиконанні умови забезпечення точності передбачити заходи, що підвищать точність обробки, та перерахувати величину допуску δ_{Lp} , що очікується.

3 Загальні теоретичні відомості

Перевірочний розрахунок пристрою на точність виконують після розробки схеми базування та затискання деталі в пристрої і вибору типу та розмірів установочних і направляючих елементів конструкції пристрою, а також вибору конструкції затискного механізму та встановлення типу його приводу (ручний, механізований, тощо).

Про одержанні незадовільних результатів розрахунки необхідно проаналізувати. Можливі варіанти зменшення похибки обробки деталі: змінити схему базування або підвищити точність установочних та направляючих елементів конструкції пристрою.

Перевірку конструкції пристрою на точність виконують виходячи з умови, що сума можливих складових похибок, що виникають при обробці деталі, не повинна перевищувати величину допуску на той розмір деталі, що повинен бути витриманим при виконанні даної операції в пристрої.

Точність свердлування отворів в кондукторах залежить від таких основних факторів:

- відхилення відстані між центрами отворів в кондукторній плиті - $\pm \delta_{Lк}$;
- величини зазору в посадочному отворі для змінної кондукторної втулки - $D_{вн} - D_{зм}$;
- величини зазору між циліндричною направляючою частиною кондукторної плити та базовим отвором заготовки (для накладних кондукторів) - $D_{зг} - D_{к}$;
- величини зазору в направляючому отворі кондукторної втулки під свердло - $d_{вн} - d_{св}$;
- ексцентриситету отвору кондукторної втулки - $E_{кв}$;
- довжини свердлування - t ;
- довжини направляючого отвору кондукторної втулки - l ;
- відстані між нижнім торцем кондукторної втулки і торцем заготовки - h .

Для забезпечення необхідної точності кондуктора розміри - $D_{к}$, $D_{вн}$, $D_{зм}$, і $d_{вн}$ необхідно вибирати із розрахунку забезпечення мінімальних зазорів при складанні. Ексцентриситет кондукторної втулки не

повинен перевищувати $0,005 \div 0,01$ мм. Відстань h приймають рівною $(0,3 - 1,0)d_{св}$ в залежності від діаметра свердлування, умов видалення стружки, та матеріалу деталі, що оброблюється. Формули для розрахунку точності свердлування для різних конструктивних схем кондукторів приведені в таблиці 7.2.

Значення коефіцієнтів F, k, m, p , що входять до формул розрахунку точності свердлування.

Таблиця 7.3.

Точність кондуктора	Коефіцієнти			
	F	k	m	p
Нормальна	0,8	0,5	0,4	0,35
Підвищена	0,8	0,35	0,4	0,2

4 Приклад виконання завдання

Завдання. Виконати перевірочний розрахунок на точність кондуктора для свердлування отворів діаметром d в деталі.

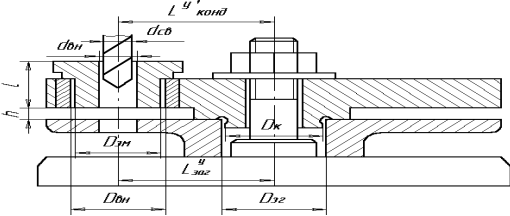
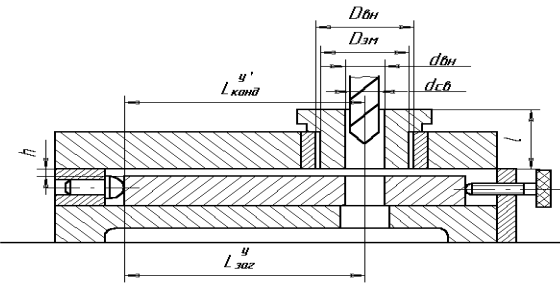
Ескіз деталі і ескіз конструкції кондуктора наведено на рис. 7.1 і рис. 7.2.

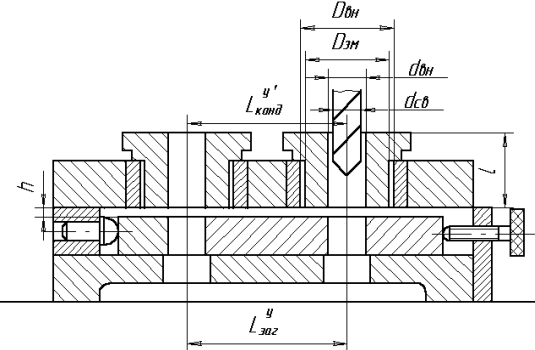
Вихідні дані для розрахунку:

- діаметр отвору в деталі, що свердлується – $d = 10H11(+0,090)$ мм;
- діаметр базового отвору в деталі – $d_1 = 10H9(+0,036)$ мм;
- відстань між центрами отворів деталі – $L = 50 \pm 0,1$ мм;
- відстань до центра отвору d від базової площини B – $L_1 = 10 \pm 0,1$ мм;

Формули для розрахунку величини допуску (точності свердлування), що забезпечується кондуктором.

Таблиця 7.3

№ п/п	Схема кондуктора і формула для розрахунку величини допуску
1	 $\pm \delta_{Lp} \geq F \cdot \delta_{Lk} \pm k \cdot \frac{D_{\text{зс}} - D_{\text{к}}}{2} \pm k \cdot \frac{d_{\text{вн}} - d_{\text{св}}}{2} \pm m \cdot E_{\text{кв}} \pm p \cdot (d_{\text{вн}} - d_{\text{св}}) \cdot \frac{h+t}{l}$
2	 $\pm \delta_{Lp} \geq F \cdot \delta_{Lk} \pm k \cdot \frac{D_{\text{вн}} - D_{\text{зс}}}{2} \pm k \cdot \frac{d_{\text{вн}} - d_{\text{св}}}{2} \pm m \cdot E_{\text{кв}} \pm p \cdot (d_{\text{вн}} - d_{\text{св}}) \cdot \frac{h+t}{l}$

№ п/п	Схема кондуктора і формула для розрахунку величини допуску
3	 $\pm \delta_{Lp} \geq F \cdot \delta_{LK} \pm 2 \left[k \frac{D_{вн} - D_{зм}}{2} \pm k \frac{d_{вн} - d_{св}}{2} \pm m E_{кв} \pm p (d_{вн} - d_{св}) \frac{h+t}{l} \right]$
<p>Позначення:</p> <p>δ – величина граничного відхилення розмірів кондуктора в мм; $D_{зг}$ – максимальний діаметр базового отвору заготовки в мм; $D_{К}$ – мінімальний діаметр направляючої частини накладного кондуктора в мм; $D_{вн}$ – максимальний діаметр отвору під змінну кондукторну втулку в мм; $d_{вн}$ – максимальний діаметр отвору кондукторної втулки в мм; $D_{зм}$ – мінімальний посадочний діаметр кондукторної втулки в мм; $E_{кв}$ – ексцентриситет кондукторної втулки; h – відстань між торцем втулки і заготовкою в мм; t – довжина свердлування в мм; l – довжина прямого отвору кондукторної втулки в мм; F – коефіцієнт, що враховує ймовірне граничне відхилення координат центрів отворів в кондукторі (табл. 7.3); k – коефіцієнт, що враховує найбільш ймовірну межу зазорів в з'єднаннях і найбільш ймовірне зміщення (табл. 7.3); m – коефіцієнт, що враховує найбільш ймовірну величину ексцентриситету змінної втулки (табл. 7.3); p – коефіцієнт, що враховує найбільш ймовірну величину перекосу свердла (табл. 7.3); $d_{св}$ – мінімальний діаметр свердла в мм.</p>	

- діаметр отвору змінної кондукторної втулки – $d = 10F7 \begin{pmatrix} +0,028 \\ +0,013 \end{pmatrix}$;
- діаметр зрізаного пальця – $d_1' = 10g6 \begin{pmatrix} -0,005 \\ -0,014 \end{pmatrix}$;
- відстань між осями зрізаного пальця і кондукторної втулки – $L' = 50 \pm 0,04 \text{ мм}$;
- відстань від осі кондукторної втулки до вертикальної установчої пластини 2 – $L_1' = 10 \pm 0,04 \text{ мм}$;
- діаметр свердла – $d_{св} = 10h8 \begin{pmatrix} -0,022 \end{pmatrix} \text{ мм}$;
ексцентриситет кондукторної втулки – $E_{кв} = 0,005 \text{ мм}$.

5 Пояснення до виконання завдання

1. Із розмірів деталі, що необхідно витримати на заданій операції, встановлюємо ті розміри, точність яких залежить від пристрою.

До них відносяться такі розміри: $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$; і $L_1 = 10 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Для розміру $L_1 = 10 \pm 0,1 \text{ мм}$ похибка базування дорівнює нулю $E_{бL_1} = 0$ (вимірювальна база B є технологічною), а для розміру $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$ похибка базування дорівнює максимальному діаметральному зазору посадки отвору діаметром $d_1 = 10H9$ на зрізаний палець розміром $d_1' = 10g6$, тобто перевірці підлягає забезпечення виконання розміру $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$, в деталі, що оброблюється.

2. Величину допуску (на розмір $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$), що буде забезпечений кондуктором при свердлуванні отвору $d = 10H11$, знаходимо як для кондуктора 1-го типу (табл. 7.2) по формулі:

$$\pm \delta_{Lp} \geq \pm F \cdot \delta_{Lk} \pm k \cdot \frac{D_{32} - D_k}{2} \pm k \cdot \frac{D_{вн} - D_{3м}}{2} \pm k \cdot \frac{d_{вн} - d_{св}}{2} \pm m \cdot E_{кв} \pm p \cdot (d_{вн} - d_{св}) \cdot \frac{h+t}{l}$$

де $F = 0,8$; $k = 0,5$; $m = 0,4$; $P = 0,35$ - коефіцієнти ймовірності (див. табл. 7.3);

$\delta_{Lk} = \pm 0,04$ - допуск розміру $L' = 50 \pm 0,04$ мм кондуктора (див. рис. 7.2);

$D_{32} = 10,036$ мм - максимальний діаметр базового отвору деталі (див. рис. 7.1);

$D_k = 9,986$ мм - мінімальний діаметр установочного зрізаного пальця;

$D_{3м} = 14,983$ мм - мінімальний посадочний діаметр змінної кондукторної втулки;

$d_{вн} = 10,028$ мм - максимальний діаметр направляючого отвору кондукторної втулки;

$E_{кв} = 0,005$ мм - есцентриситет кондукторної втулки;

$h = 5$ мм - відстань між торцем кондукторної втулки і заготовкою;

$t = 25$ мм - довжина свердлування;

$l = 18$ мм - довжина направляючого отвору кондукторної втулки;

$D_{вн} = 15,018$ мм - максимальний діаметр отвору під змінну кондукторну втулку;

$d_{св} = 9,978$ мм - мінімальний діаметр свердла.

Якщо підставити дані значення у розрахункову формулу, що наведена вище, то отримаємо:

$$\begin{aligned} \pm \delta_{Lp} &= 0,8 \cdot 0,04 \pm 0,5 \cdot \frac{10,038 - 9,986}{2} \pm \\ &\pm 0,5 \cdot \frac{15,018 - 14,983}{2} \pm 0,5 \cdot \frac{10,028 - 9,978}{2} \pm 0,4 \cdot 0,005 \pm \\ &\pm 0,35 \cdot (10,028 - 9,978) \cdot \frac{5 + 25}{18} = \pm 0,097 \text{ мм} \end{aligned}$$

3. Порівнюємо величину розрахованого допуску, що забезпечується кондуктором, $\delta_{Lp} = \pm 0,097$ з допуском на розмір деталі, що виконується $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Висновок: Так як $\delta_L = \pm 0,097 < \delta_d = \pm 0,1$ то кондуктор забезпечить задану точність розташування отвору $d = 10H11$ по розміру $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$

6 Контрольні запитання

1. Конструкції та призначення постійних, змінних та швидкозмінних кондукторних втулок.
2. Посадка різального інструменту у кондукторних втулках
3. Посадка кондукторних та перехідних втулок у корпус кондукторної плити.
4. Параметри, що впливають на точність обробки отворів у кондукторах.
5. Методи розрахунку кондукторів на точність.
6. Розрахунки основних розмірів кондукторних втулок.
7. Конструкційні матеріали для виготовлення кондукторних втулок.
8. Термообробка кондукторних втулок.

7 Рекомендована література

1.Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник.- К.: «Кондор», 2008.- 726с.

2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» та «Металорізальні верстати та системи» /Під ред. В.І. Аверченкова та П.П. Мельничука. – Житомир: ЖІТІ , 2001. – 314 с.

3.Основи технологій обробки технологій поверхонь деталей машин: підручник / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2017. – 266 с.