

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 1                                 |

Затверджено науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 19.06.2026 р. №5

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для виконання практичних робіт та завдань самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

### **«ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНАСТКА»**

для студентів освітнього рівня «БАКАЛАВР»

денної та заочної форм навчання

спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійна

програма «Комп'ютеризовані технології машинобудування» та

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійна

програма «Комп'ютерний інжиніринг в машинобудуванні»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,

мехатроніки і робототехніки

Кафедра механічної інженерії та автомобільного транспорту

Розглянуто і рекомендовано на  
засіданні кафедри механічної  
інженерії та автомобільного  
транспорту  
протокол від 30.03.2026 р. № 4

Розробник:

Доцент кафедри механічної інженерії та автомобільного  
транспорту ЯНОВСЬКИЙ Валерій

Житомир  
2026

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 2                                   |

Методичні рекомендації для виконання практичних робіт та завдань самостійної роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані технології машинобудування» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійна програма «Комп'ютерний інжиніринг в машинобудуванні». – Житомир .: Державний університет «Житомирська політехніка», 2026. – 128 с.

Розробник: доц. Яновський В.А.

Рецензенти : проф., д.т.н. Полонський Л.Г.  
к.т.н., доц. Ночвай В.М.

Методичні рекомендації призначені для виконання практичних робіт та завдань самостійної роботи з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» денної та заочної форм навчання, спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування» факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки. Рекомендації містять назву, тему та мету практичного заняття, варіанти індивідуальних завдань для виконання самостійної роботи, вимоги до змісту звіту та оформлення роботи.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 3                                   |

## ЗМІСТ

|    |                                                                                                            |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1. | Вимоги до проведення практичних занять                                                                     |  |
| 1. | Практичне заняття №1. Вибір технологічних баз та розробка теоретичної схеми базування заготовки в пристрої |  |
| 2. | Практичне заняття №2. Визначення похибки базування при встановленні заготовок у верстатних пристроях       |  |
| 3. | Практичне заняття №3. Визначення похибки базування при встановленні заготовок у верстатних пристроях       |  |
| 4. | Практичне заняття №4. Розрахунок пневматичного силового приводу затискного механізму верстатного пристрою. |  |
| 5  | Практичне заняття №5. Розрахунок пневматичного силового приводу затискного механізму верстатного пристрою. |  |
| 6  | Практичне заняття №6. Розрахунок самоцентруючих затискних пристроїв з гідропластмасою                      |  |
| 7  | Практичне заняття №7. Розрахунок точності свердлування отворів в кондукторах                               |  |
| 8  | Рекомендована література                                                                                   |  |
| 9  | Додаток А. Поширені схеми базування деталей                                                                |  |
| 10 | Додаток Б. Розрахункові схеми та формули для визначення похибок базування                                  |  |
| 11 | Додаток В. Розрахункові схеми та формули для визначення сил затискання                                     |  |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 4                                 |

## **Вимоги до проведення практичних занять із дисципліни «Технологічна оснастка»**

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 питому вагу мають верстатні пристрої.

Практичні заняття по дисципліні "Технологічна оснастка" дають змогу студенту закріпити та доповнити теоретичні знання, що одержані 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.

Метою даних методичних рекомендацій є допомога студентам в освоєнні методики основ проектування та розрахунків спеціальних верстатних пристроїв, а також ознайомлення з нормативною, довідnikовою та спеціальною літературою, що необхідна для проектування та розрахунку спеціальних верстатних пристроїв.

Практичні заняття виконуються студентами в послідовності виконання основних етапів проектування спеціального пристрою. Методичні рекомендації по кожному практичному заняттю містять: тему, мету та зміст заняття, послідовність його виконання, короткі теоретичні відомості, приклади та пояснення до їх виконання, контрольні питання по темі заняття та варіанти індивідуальних завдань для виконання самостійної роботи,

Самостійне виконання студентами індивідуальних завдань, сприяє більш глибокому розвитку практичних навичок та засвоєння навчального матеріалу, розвиває технічне мислення студентів.

Номер варіантів для виконання індивідуальних завдань відповідає останній цифрі порядкового номера прізвища студента в списку групи, або визначається викладачем.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 5                                 |

Перед кожним практичним заняттям студент повинен ознайомитися по конспекту лекцій, методичних рекомендаціях та навчальній літературі теоретичний матеріал по темі практичного заняття.

Оформлення виконаних індивідуальних завдань кожного практичного заняття виконується на машинописному папері формату А4 (210х297мм) відповідно до вимог для текстових документів по ДСТУ 2.105-79. Звіт по кожному практичному заняттю повинен містити: назву заняття, мету заняття, завдання, результати виконання заданого варіанту завдання або його рішення, висновки.

На кожному наступному практичному занятті студент повинен надати звіт по виконаній роботі, що оформлений згідно вимог методичних вказівок та захистити його. Після виконання всіх запланованих практичних завдань, оформлення звітів та їх захисту, підписані викладачем звіти студент підшиває в один загальний документ, оформлює титульний аркуш і зміст та представляє викладачеві для вирішення питання допуску до іспиту.

Слід пам'ятати, що студент допускається до іспиту по даній дисципліні тільки після виконання всіх практичних занять та оформлення і захисту їх звітів.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 6                                 |

## Практичне заняття № 1

### Вибір технологічних баз та розробка теоретичної схеми базування заготовки в пристрої

#### 1.1. Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань з теорії базування, придбання практичних навичок по вибору технологічних баз, розробки теоретичних схем базування, та ескізній розробці конструкції пристрою по прийнятій схемі базування.

Завдання включає вибір технологічних баз для заданої операції, розробку теоретичної схеми базування та розробку варіанта конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування.

**Завдання.** Для заданих умов та ескізів обробки деталі (див.табл.1.1) вибрати технологічні бази, розробити раціональну теоретичну схему базування та розробити ескізний варіант конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування.

#### 1.2. Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитися з метою та змістом завдання.
2. Ознайомитися з заданим операційним ескізом деталі, змістом операції та технічними вимогами до поверхні що оброблюється (див. табл. 1.1).
3. Встановити тип та модель металорізального верстата на якому виконується обробка заданої деталі.
4. Визначити поверхні деталі, що будуть прийняті за технологічні бази, та вказати їх назву згідно класифікації технологічних баз (установочна, направляюча, опорна тощо).
5. Розробити теоретичну схему базування заготовки при виконанні заданої операції.
6. Розробити ескіз конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 7                                 |

### 1.3. Короткі теоретичні відомості

Задана точність обробки деталі на металорізальних верстатах забезпечується при наданні їй визначеного положення відносно різального інструменту, тобто за рахунок забезпечення правильного її базування в пристрої. Необхідне положення деталі в обраній системі координат забезпечується при накладенні на неї шести двосторонніх геометричних зв'язків, тобто позбавлення її шести ступенів свободи. Ці зв'язки при встановленні деталі в пристрої утворюються шляхом забезпечення постійного контакту її базових поверхонь з нерухомими установочними елементами (опорами) пристосування в шести точках, які називаються *опорними*. *Опорна точка* символізує один з геометричних зв'язків технологічних баз деталі з обраною системою координат.

*Теоретична схема базування* це схема розташування опорних точок на базових поверхнях деталі.

При виборі конструкції опор (установчих елементів), що матеріалізують опорні точки в пристрої, необхідно керуватися наступними положеннями: - при встановленні деталі плоскою базовою поверхнею на площину вона позбавляється трьох ступенів свободи; - при встановленні деталі внутрішньою циліндричною поверхнею на довгий циліндричний палець (оправку) – чотирьох ступенів свободи; - при встановленні на короткий циліндричний палець – двох ступенів свободи; - при встановленні на високий зрізаний палець – двох ступенів свободи; - на низький зрізаний палець – одного ступеня свободи; - при встановленні заготовки довгою конічною поверхнею в конусний отвір вона позбавляється п'яти ступенів свободи.

В залежності від кількості ступенів свободи, що позбавляється деталей при базуванні розрізняють – повне та неповне базування деталі в пристрої.

*Повне базування* забезпечується при встановленні деталі на шість опорних точок (*правило шести точок*). В цьому випадку

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 8                                 |

для базування використовується комплект із трьох технологічних баз (*встановлювальної, направляючої та опорної*).

Більше шести опорних точок для базування використовувати недопустимо, так як при цьому в процесі затискання порушується положення деталі.

*Неповне базування* здійснюється в тих випадках якщо за умовами обробки не вимагається точного положення деталі в певних напрямках, або допускається її поворот відносно якої-небудь осі, тобто немає необхідності в повному її базуванні в пристрої з використанням всього комплекту технологічних баз. При цьому базування деталі здійснюється на п'ять, чотири, а в деяких випадках навіть на три опорні точки.

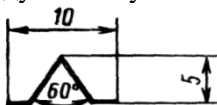
Так як в процесі обробки деталей повинна бути нерухомою в пристрої, тобто позбавлена всіх ступенів свободи, то при неповному базуванні ступені свободи, що залишилися, ліквідуються затисканням (повне базування при неповній орієнтації).

*Теоретичну схему базування* розробляють з врахуванням технічних вимог на виготовлення деталі, а також можливості їх реалізації в конструкції верстатного пристрою.

Усі опорні точки на схемі базування позначаються умовними знаками та нумерують порядковими номерами починаючи з тієї базової поверхні на якій розташована найбільша кількість опорних точок.

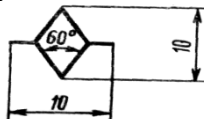
Умовне зображення опорних точок на схемах базування (згідно ДСТУ 2232-93 "Базування та бази в машинобудуванні"), що використовується в технологічній та конструкторській документації:

- на вигляді спереду та збоку:



|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 9                                 |

– на вигляді зверху:



Кількість проєкцій заготовки на схемі базування повинна бути достатньою для чіткого уявлення про розташування опорних точок.

Правильно вибрана схема базування забезпечує необхідне положення деталі при обробці, мінімальну похибку базування, та задану точність обробки.

Приклад виконання теоретичної схеми базування призматичної деталі наведено на рис.1.1.

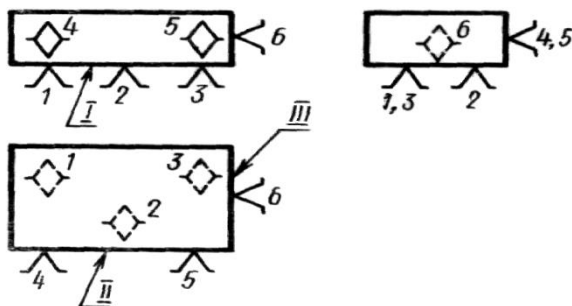


Рис.1.1. Теоретична схема базування призматичної деталі.  
*I* – встановлювальна технологічна база; *II* – направляюча технологічна база; *III* – опорна технологічна база; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – опорні точки.

### 1.3.1. Методичні рекомендації до вибору технологічних баз

Одним із найскладніших і відповідальних етапів проектування технологічних процесів є вибір та призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз залежать: точність виконання розмірів обробки; точність взаємного розташування поверхонь; рівень

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 10                                |

складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; продуктивність процесу обробки деталей. Основні положення, що стосуються теорії базування, термінології та класифікації технологічних баз, викладені в ДСТУ 2232-93 "Базування та бази в машинобудуванні".

Вихідними даними при виборі технологічних баз є: *робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації*. При виборі технологічних баз для конкретної операції обробки деталі, необхідно чітко встановити та сформулювати завдання, що повинні бути вирішені в результаті виконання даної операції. Ці завдання випливають з аналізу вимог робочого креслення та технічних умов на виготовлення деталі.

При виборі технологічних баз *для першої операції* механічної обробки деталі необхідно встановити ті поверхні, що будуть прийняті за бази на наступних операціях. Визначивши технологічні бази для наступних операцій, призначають технологічні бази для першої операції. Такими поверхнями, як правило, є поверхні, від яких задано більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь деталі. В більшості випадків можна реалізувати кілька варіантів базування.

Готових рецептів на цей випадок немає, оскільки кожен із варіантів може мати свої позитивні й негативні сторони, тобто *задача вибору баз носить творчий характер*.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 11                                |

## Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 1.1

| № вар. | Операційний ескіз деталі | Зміст операції                                                                                                       |
|--------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      |                          | Фрезерувати шпоночний паз в розмір $b$ , витримуючи розміри $35h12$ ; $40h12$ ; та кут $\alpha=45^\circ \pm 1^\circ$ |
| 2      |                          | Свердлувати отвір діаметром $d$ , витримуючи розміри $40 \pm 0,05$ і $30 \pm 0,1$                                    |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 12                                |

| №<br>вар. | Операційний ескіз деталі | Зміст<br>операції                                                              |
|-----------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 3         |                          | Свердлувати<br>отвір<br>діаметром 8,<br>витримуючи<br>розмір<br>100±0,1        |
| 4         |                          | Фрезерувати<br>виступ $b$ ,<br>витри-<br>муючи<br>розміри<br>50±0,2 і<br>20h10 |
| 5         |                          | Підрізати<br>торець,<br>витри-<br>муючи<br>розмір<br>30±0,1                    |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 13                                |

| №<br>вар. | Операційний ескіз деталі | Зміст<br>операції                                                                                                            |
|-----------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6         |                          | Розточити<br>ступінчатий<br>отвір,<br>витри-<br>муючи<br>розміри<br>$\varnothing 30H8$ ,<br>$\varnothing 60H6$ і<br>$100h10$ |
| 7         |                          | Фрезерувати<br>паз $b$ ,<br>витримуючи<br>розмір $25h10$                                                                     |
| 8         |                          | Свердлувати<br>отвір $\varnothing 8H8$ ,<br>витримуючи<br>розмір $100h12$                                                    |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 14                                |

| Закінч. табл. 1.1 |                          |                                                                |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| №<br>вар.         | Операційний ескіз деталі | Зміст операції                                                 |
| 9                 |                          | Фрезерувати площину в розмір 20h12                             |
| 10                |                          | Свердлувати два отвори Ø8H8, витримуючи розміри 45h12 і 36±0,1 |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 15                                |

## **Основні рекомендації, що необхідно враховувати при виборі технологічних баз**

**Базові поверхні** мають бути простими за геометричною формою та мати достатню протяжність; деталь повинна займати в пристрої задане їй положення під дією власної ваги, а не в результаті прикладання затискних зусиль.

**Базові поверхні** повинні мати просту геометричну форму для забезпечення однозначності базування; неприпустимо використовувати поверхні зі слідами роз'єму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи та іншими дефектами.

З метою забезпечення правильного взаємного розташування поверхонь що оброблюються відносно тих поверхонь, що не оброблюються чорновими технологічними базами для першої операції обирають ті поверхні, які в готовій деталі залишаються необробленими. На всіх наступних операціях необхідно дотримуватись основних принципів базування: принципу суміщення технологічних, конструкторських та вимірювальних баз, а також принципу сталості баз.

Прийняті технологічні бази повинні забезпечувати можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь. Ця вимога особливо важлива при обробці деталей на верстатах з ЧПУ, поздовжньо-стругальних, поздовжньо-фрезерних верстатах та інших.

Слід відмітити, що одночасно реалізувати наведені рекомендації практично неможливо. Тому перед технологом завжди стоїть завдання відшукати найбільш прийнятний варіант базування, що досягається аналізом переваг та недоліків кожного з можливих варіантів.

### **1.3.2 Послідовність розробки теоретичної схеми базування деталі в пристрої**

1. Виходячи з операційного ескізу деталі та умов виконання заданої операції, необхідно встановити поверхні деталі, що

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 16                                |

будуть використовуватись як технологічні бази. Вибір технологічних баз необхідно виконувати таким чином, щоб забезпечити необхідну орієнтацію та достатню стійкість деталі в пристрої. При цьому необхідно дотримуватись принципу суміщення баз. Кількість технологічних баз визначається вимогами робочого креслення деталі та умовами виконання операції.

2. Із усіх можливих технологічних баз необхідно вибрати головну та вирішити спосіб встановлення деталі в пристрої. За головну базу приймається поверхня, що забезпечує найбільш стійке положення деталі, або від якої задані найбільш точні розміри. Деталь, що встановлена головною базою в пристрої, отримує майже повну орієнтацію, позбавляючись при цьому трьох або чотирьох (п'яти) ступенів свободи.

3. Визначивши, яких ступенів свободи буде позбавлена деталь за допомогою установочних елементів, що реалізують головну базу, та які ступені свободи у неї залишаються, необхідно встановити метод реалізації в пристрої інших технологічних баз. При цьому необхідно враховувати, що кожен новий установочний елемент пристосування не повинен позбавляти заготовку тих ступенів свободи, яких вона уже позбавлена за допомогою інших елементів.

4. Використовуючи операційний ескіз заготовки, на її поверхнях, що прийняті в якості базових, проставити умовні позначення опорних точок та пронумерувати їх, починаючи з головної бази, тобто розробити теоретичну схему базування.

5. Виходячи з розробленої схеми базування, а також геометричної форми, розмірів та шорсткості базових поверхонь заготовки вибрати конструкції установочних елементів та затискних деталей пристрою. Розробити ескіз конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування на заданій технологічній операції.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 17                                |

## 1.4 Приклад виконання завдання.

**Завдання.** Вибрати технологічні бази та розробити теоретичну схему базування деталі при виконанні фрезерної операції. Розробити ескіз конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування.

**Зміст операції:** Фрезерувати паз шириною  $h=12H9$ , витримуючи розміри  $a=30h10$ ,  $b=90h10$ , паралельність осі паза відносно поверхні Б – 0,1 мм, та паралельність дна паза відносно поверхні А – 0,1 мм.

Операційний ескіз деталі наведено на рис.1.2.

### Пояснення до виконання завдання

**Завдання:** При виконанні операції фрезерування призматичного пазу необхідно (див.рис.1.2) витримати розміри  $h=12H9$ ,  $b=90h10$  і  $a=30h10$ . Крім того необхідно забезпечити паралельність дна паза відносно нижньої площини А (конструкторська і вимірювальна база для розміру  $a=30h10$ ) в межах 0,1 мм, а також паралельність осі паза відносно правої бокової площини Б (конструкторська і вимірювальна база для розміру  $b=90h10$ ) в межах 0,1 мм.

### Рішення завдання

Для фрезерування паза вибираємо вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р11. Різальний інструмент – шпоночна твердосплавна фреза  $\varnothing 12e8$  (ГОСТ 16463-80).

На основі проведеного аналізу операційного ескізу деталі, та умов виконання операції за технологічні бази приймаємо площини А, Б та одну з торцевих площин деталі.

За встановлювальну (головну) технологічну базу приймаємо площину А, що являється конструкторською і вимірювальною базою розміру  $a=30h10$ , це дає можливість забезпечити задану точність виконання цього розміру, та технічні вимоги по паралельності дна паза. При цьому буде забезпечено стійке

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 18                                |

положення заготовки в пристрої – вона позбавляється трьох ступенів свободи (див. рис. 1.3).

За направляючу технологічну базу приймаємо площину Б, що є конструкторською та вимірювальною базою розміру  $b=90h10$ , при цьому буде забезпечена точність розміру  $b$ , а також вимоги по паралельності відносно площини Б, а деталь в свою чергу позбавляється ще двох ступенів свободи (див. рис. 1.3).

За опорну технологічну базу приймаємо одну з торцевих поверхонь деталі, що позбавляє її шостого ступеня свободи (див. рис. 1.3).

При такому виборі технологічних буде забезпечено повне базування деталі, тобто вона при встановленні в пристрої позбавляється шести ступенів свободи.

Враховуючи викладені вище рекомендації оформляємо теоретичну схему базування заготовки, що обробляється на фрезерній операції.

Теоретична схема базування заготовки з позначенням опорних точок наведена на рис.1.3.

Ескіз конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування для заданої операції наведено на рис.1.4.

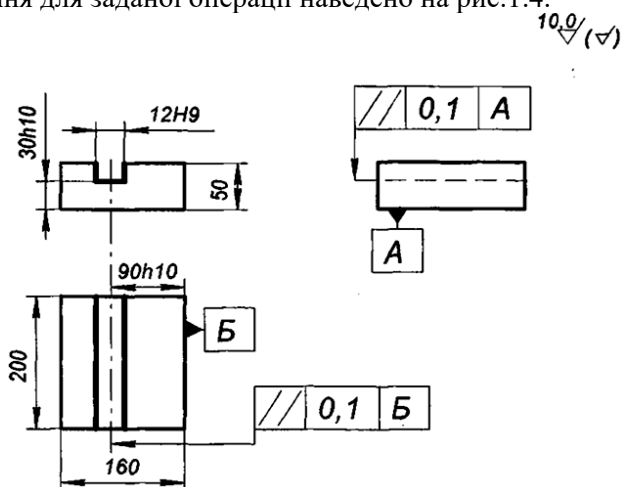


Рис.1.2. Операційний ескіз деталі

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 19                                |

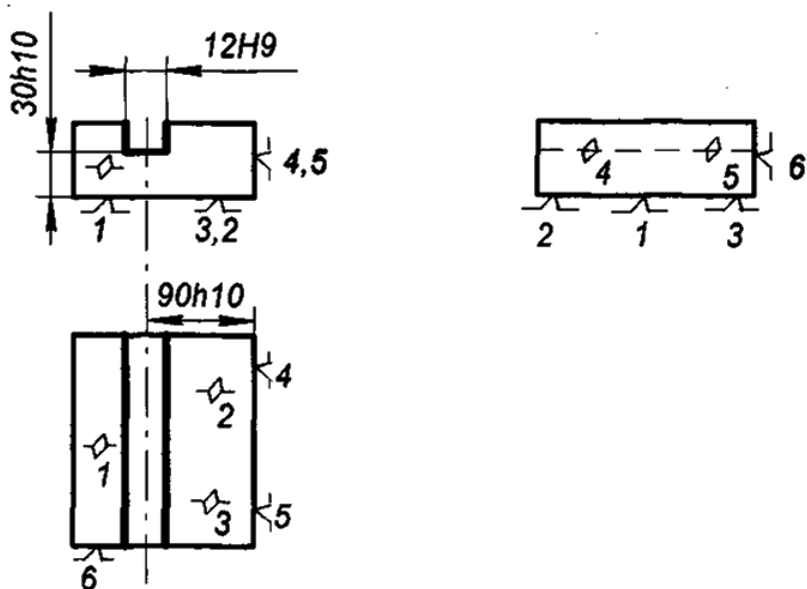


Рис.1.3. Теоретична схема базування деталі

## 1.5 Контрольні питання

1. Основні принципи базування деталей у верстатних пристроях. Поняття “опорна точка”.
2. Основні вимоги при виборі технологічних баз деталі.
3. Теоретична схема базування та послідовність її розробки.
4. Класифікація баз за призначенням.
5. Класифікація технологічних баз.
6. Основні принципи вибору технологічних баз.
7. Вимоги до вибору конструкцій встановлювальних елементів.
8. Повне та неповне базування.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 20                                |

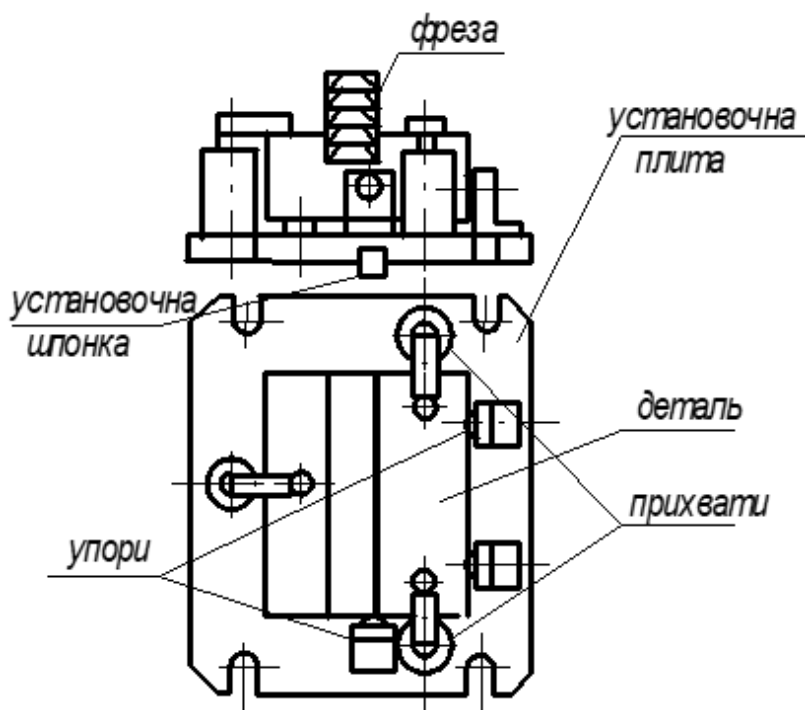


Рис.1.4. Ескіз конструкції верстатного пристрою, що реалізує розроблену теоретичну схему базування.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 21                                |

## Практичне заняття № 2

### Визначення похибки базування при встановленні заготовок у верстатних пристроях

#### 2.1. Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань та придбання практичних навичок по визначенню похибки базування при різних способах встановлення заготовки в пристроях.

Завдання включає визначення похибок базування розмірів, що витримуються при заданій схемі базування заготовки в пристрої.

**Завдання 1.** *Визначити похибки базування розмірів для заданих схем установки. Вихідні дані наведені в табл.2.1*

**Завдання 2.** *Визначити похибки базування розмірів, що витримуються на заданій технологічній операції при вказаній схемі базування заготовки. Вихідні дані представлені в табл. 2.2.*

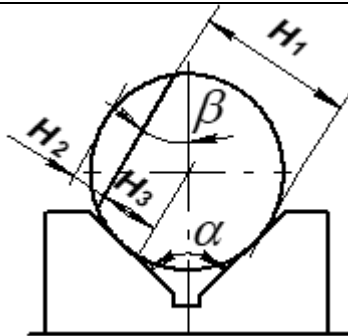
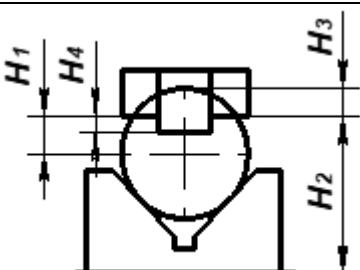
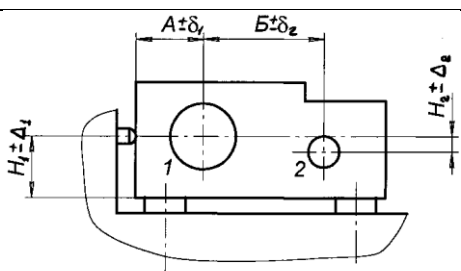
#### 2.2. Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитися з метою і змістом завдання.
2. Ознайомитися з схемами встановлення заготовок ( див. табл. 2.1 і табл. 2.2 ), змістом операції та розробити теоретичну схему базування заготовки в пристрої.
3. Визначити технологічні, конструкторські та вимірювальні бази.
4. Визначити похибки базування розмірів, що витримуються, на вказаній операції та зробити висновки про можливість забезпечення заданої точності обробки.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 22                                |

## Варіанти завдань для самостійної роботи ( Завдання 1 )

Таблиця 2.1

| №<br>вар. | Схема базування заготовки                                                                                                                                 | Визначити                                                                                                        |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         |                                                                          | $\varepsilon_{\delta H1}$<br>$\varepsilon_{\delta H2}$<br>$\varepsilon_{\delta H3}$                              |
| 2         |                                                                         | $\varepsilon_{\delta H1}$<br>$\varepsilon_{\delta H2}$<br>$\varepsilon_{\delta H3}$<br>$\varepsilon_{\delta H4}$ |
| 3         |  <p style="text-align: center;">Отв.1 та 2 оброблюються послідовно</p> | $\varepsilon_{\delta H1}$<br>$\varepsilon_{\delta H2}$<br>$\varepsilon_{\delta A}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$   |

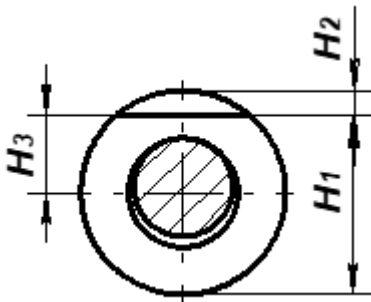
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 23                                |

| №<br>вар | Схема базування заготовки | Визначити                                                                                                                                                            |
|----------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4        |                           | $\varepsilon_{\delta A}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$                                                                                                                 |
| 5        |                           | $\varepsilon_{\delta A}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$<br>$\varepsilon_{\delta C}$<br>$\varepsilon_{\delta E}$<br>$\varepsilon_{\delta M}$ |
| 6        |                           | $\varepsilon_{\delta A}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$<br>$\varepsilon_{\delta C}$                                                         |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 24                                |

| №<br>вар. | Схема базування заготовки | Визначити                                                                                                    |
|-----------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7         |                           | $\varepsilon_{\delta A}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$<br>$\varepsilon_{\delta B}$<br>$\varepsilon_{\delta C}$ |
| 8         |                           | $\varepsilon_{H1}$<br>$\varepsilon_{H2}$<br>$\varepsilon_{H3}$                                               |
| 9         |                           | $\varepsilon_{H1}$<br>$\varepsilon_{H2}$<br>$\varepsilon_{H3}$                                               |

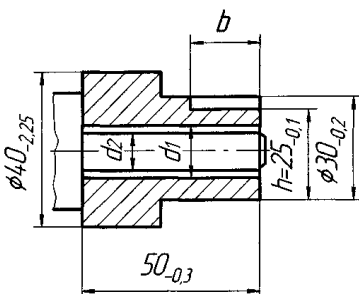
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 25                                |

| №<br>вар. | Схема базування заготовки                                                         | Визначити                                                      |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 10        |  | $\varepsilon_{H1}$<br>$\varepsilon_{H2}$<br>$\varepsilon_{H3}$ |

### Варіанти завдань для самостійної роботи

( Завдання 2 )

Таблиця 2.2

| №<br>вар. | Схема базування заготовки                                                          | Зміст операції.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         |  | <p>Фрезерувати шпоночний паз в розмір <math>b</math> (<math>10 \pm 0,1</math>) і <math>h</math> [деталь встановлена отвором <math>d_1</math> (<math>\varnothing 10^{+0,015}_{-0}</math>) на оправку діаметром <math>d_2</math> (<math>\varnothing 10^{-0,013}_{-0,028}</math>) ]</p> <p>Ексцентриситет вісі отвору <math>e=0,05</math> мм.</p> |

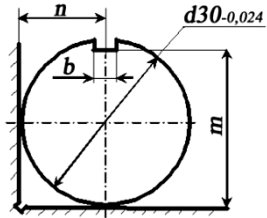
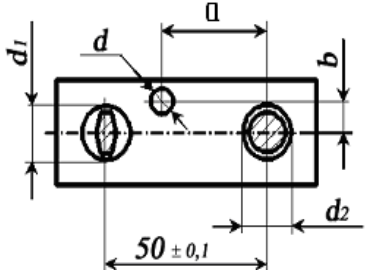
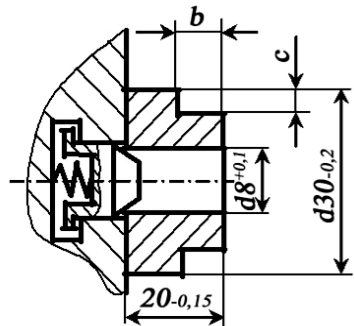
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 26                                |

| №<br>вар. | Схема базування заготовки | Зміст операції.                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2         |                           | Фрезерувати лиску в розмір $h$ ( $10_{-0,05}$ ) і $l$ ( $10 \pm 0,1$ ) (деталь встановлена отвором $d$ на оправку з натягом)                                                                                                                     |
| 3         |                           | Свердлувати отвір діаметром $d$ ( $\phi 5$ H5) витримуючи розміри $a$ і $b$ (деталь встановлена трьома отворами $d_1$ ( $\phi 10^{+0,015}$ ) на зрізані пальці діаметром $d_2$ ( $\phi 10^{-0,025}_{-0,047}$ ) та перпенди – кулярну їм площину) |
| 4         |                           | Свердлувати отвір діаметром $d$ витримуючи розміри $h$ ( $6 \pm 0,05$ ) і $H$ ( $20 \pm 0,1$ ) (отвір паралельний вісі деталі, що встановлена в призмі)                                                                                          |

|                         |                                                                                                                                                                          |         |               |                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                              | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Аркуш ____ / 27                              |

| № вар. | Схема базування заготовки | Зміст операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5      |                           | <p>Свердлувати отвір діаметром <b>d</b> (<math>\varnothing 5 \text{ H8}</math>) витримуючи розміри <b>h</b> (<math>5 \pm 0,05</math>) і <b>H</b> (<math>20 \pm 0,1</math>) (отвір паралельний вісі деталі, що затиснута рухомою призмою)</p>                                                                                                       |
| 6      |                           | <p>Розточити отвір діаметром <b>d</b> (<math>\varnothing 8 \text{ H8}</math>) витримуючи розмір <b>H</b> (<math>30 \pm 0,1</math>) та вимоги по симетричності (отвір симетричний зовнішньому контуру деталі, що затискається рухомою призмою)</p>                                                                                                  |
| 7      |                           | <p>Свердлувати отвір діаметром <b>d</b> (<math>\varnothing 22 \text{ H9}</math>) витримуючи розміри <b>L</b> (<math>60 \pm 0,05</math>) і <b>a</b> (деталь, встановлена отвором <math>d_1 (\varnothing 20^{+0,021})</math> на зрізаний палець діаметром <math>d_2 (\varnothing 20^{-0,021}_{-0,041})</math> та площину паралельну вісі отвору)</p> |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1                                |
|                         |                                                                                                                                                                             |         | Арк ____ / 28                                |

| №<br>вар. | Схема базування заготовки                                                          | Зміст операції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8         |   | Фрезерувати шпонковий паз $b=5$ витримуючи розміри $m$ ( $28 \pm 0,05$ ) і $n$ ( $15 \pm 0,01$ ) (деталь, встановлено в призму)                                                                                                                                                                                                 |
| 9         |   | Свердлувати отвір діаметром $d$ ( $\varnothing 6 \text{ H8}$ ) витримуючи розміри $a$ ( $30 \pm 0,05$ ) і $b$ ( $30 \pm 0,05$ ) (деталь встановлено двома отворами $d_1$ ( $\varnothing 10^{+0,015}$ ) на зрізаний та циліндричний пальці діаметром $d_2$ ( $\varnothing 10^{-0,013}_{-0,028}$ ) та перпендикулярну їм площину) |
| 10        |  | Точити зовнішній контур деталі, витримуючи розміри $c$ ( $4_{-0,1}$ ) і $b$ ( $6 \pm 0,05$ ) (деталь встановлена на плаваючий центр)                                                                                                                                                                                            |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 29                                |

### 2.3. Загальні теоретичні відомості

Однією з основних вимог, що пред'являються до пристроїв, — забезпечення заданої точності обробки деталі при її виготовленні на металорізальному верстаті.

Точність обробки деталі є результатом сукупного впливу ряду складових похибок що виникають в процесі її виготовлення: похибки встановлення деталі ( $\epsilon_y$ ), похибки налагодження верстата ( $\Delta n$ ) та інших похибок, що безпосередньо виникають в процесі обробки.

На точність обробки суттєво впливає похибка базування ( $\epsilon_b$ ), що є складовою частиною похибки встановлення ( $\epsilon_y$ ).

*Похибка базування* -  $\epsilon_b$  представляє собою відхилення практично досягнутого положення заготовки при базуванні від необхідного.

*Похибка базування* -  $\epsilon_b$  має місце *при несуміщенні вимірювальної та технологічної баз заготовки* і визначається як відстань між можливими граничними положеннями вимірювальної бази у різних деталей партії, при їх встановленні в пристрої, яка виміряна в напрямку розміру, що витримується.

Величина похибки базування залежить від прийнятої схеми базування, точності і шорсткості базової поверхні, геометричної форми та точності взаємного розташування поверхонь деталі.

Величину похибки базування визначають за допомогою відповідних геометричних розрахунків. Величина похибки базування для різних схем базування деталі представляється відстанню між граничними положеннями проєкцій вимірювальної бази на напрямок розміру, що виконується.

*Похибка базування*  $\epsilon_b$  не є абстрактною величиною і визначається для конкретного розміру заготовки, що виконується на даній операції та прийнятій схемі базування. Тому біля величини  $\epsilon_b$  у розрахунках обов'язково необхідно вказувати індекс відповідного розміру.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Аркуш ____ / 30                              |

Для зменшення величини похибки базування заготовок в пристосуваннях необхідно зменшувати зазори при посадці заготовки на установочні елементи, суміщати установочні і вимірювальні бази, приймати раціональні розміри та розміщення установочних елементів.

Розглянемо приклади визначення похибок базування для різних схем встановлення заготовок в пристроях (див. рис.2.1.).

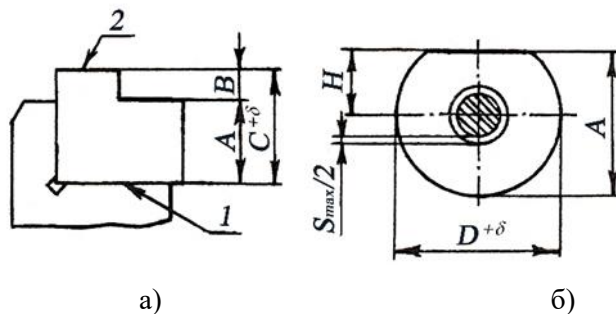


Рис.2.1. Приклади схем встановлення заготовок для визначення похибок базування

На рис. 2.1, а показана схема встановлення заготовки по плоским базовим поверхням, для якої похибка базування розміру  $A$  ( $\epsilon_{6A}$ ) дорівнює нулю, тобто  $\epsilon_{6A}=0$  (так як технологічна і вимірювальна бази суміщені в площині 1); а похибка базування розміру  $B$  ( $\epsilon_{6B}$ ) дорівнює допуску ( $\delta$ ) на розмір  $C$  заготовки тобто  $\epsilon_{6B}=\delta$  (технологічна база 1 не суміщена з вимірювальною базою 2).

На рис. 2.1, б показана установка заготовки базовим отвором на жорстку циліндричну оправку (або палець) пристосування з гарантованим зазором. При цьому між отвором деталі і жорсткою оправкою (пальцем) утворюється зазор, внаслідок якого вимірювальна база розміру  $H$ , що виконується (вісь отвору заготовки) може переміщуватись на величину, що дорівнює

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 31                                |

максимальному діаметральному зазору посадки ( $S_{max}$ ), тобто похибка базування розміру **H**:

$$\varepsilon_{\delta H} = S_{max} = \delta_1 + \delta_2 + S_{min}.$$

Відповідно похибка базування розміру **A**:

$$\varepsilon_{\delta A} = S_{max} + (\delta/2) + 2e = \delta_1 + \delta_2 + S_{min} + (\delta/2) + 2e,$$

де  $\delta$  - допуск на діаметр заготовки,

$\delta_1$  - допуск на діаметр отвору,

$\delta_2$  - допуск на діаметр оправки,

$S_{min}$  - мінімальний діаметральний зазор посадки,

$e$  - ексцентриситет, зовнішньої поверхні заготовки відносно отвору.

### 3.4. Приклад виконання завдання

**Завдання.** Визначити похибку базування розмірів  $15 \pm 0,1$  та  $20 \pm 0,05$ , що витримуються при свердлуванні отвору діаметром  $8^{+0,09}$ . Деталь встановлюється отвором діаметром  $25^{+0,021}$  на зрізаний палець діаметром  $25^{+0,02}_{-0,041}$  і паралельну вісі отвору площину.

Ескіз деталі і схема встановлення її в пристрої показані на рис. 2.2.

**Пояснення до виконання завдання.** На даній операції необхідно витримати розміри  $15 \pm 0,1$  мм і  $20 \pm 0,05$  мм, які визначають положення отвору  $\varnothing 8^{+0,09}$ , що оброблюється. Точність обробки діаметра отвору визначається точністю діаметра свердла.

Похибка базування розміру  $15 \pm 0,1$  ( $\varepsilon_{615}$ ) дорівнює максимальному зазору посадки отвору на палець, тобто:

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 32                                |

$$\varepsilon_{\delta 15} = \delta_1 + \delta_2 + S_{\min},$$

де  $\delta_1 = 0,021$  мм - допуск на діаметр отвору;

$\delta_2 = 0,021$  мм - допуск на діаметр пальця;

$S_{\min} = 0,020$  мм - мінімальний гарантований діаметральний зазор посадки. Звідки:

$$\varepsilon_{\delta 15} = 0,021 + 0,021 + 0,020 = 0,062 \text{ мм.}$$

Похибка базування розміру  $20 \pm 0,05$  дорівнює нулю, так як вимірювальна база даного розміру суміщена з технологічною, тобто  $\varepsilon_{\delta 20} = 0$ .

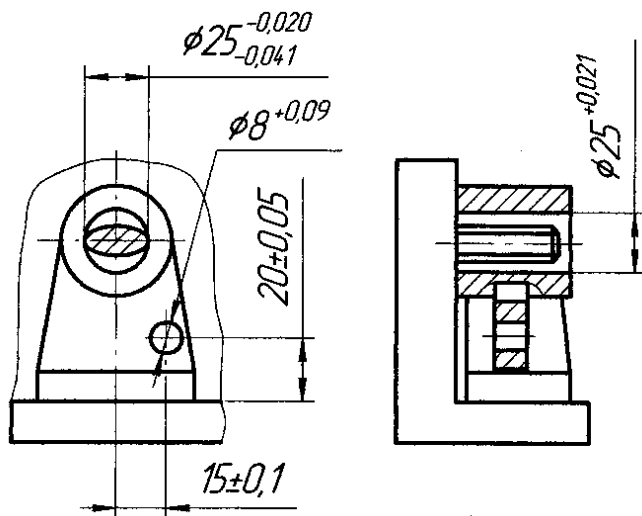


Рис. 2.2. Схема встановлення деталі при свердлуванні отвору  $\varnothing 8^{+0,09}$ .

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 33                                |

**Висновок.** Прийнята схема базування забезпечить задану точність обробки отвору  $\varnothing 8^{+0,09}$ , так як похибки базування розмірів  $15 \pm 0,1$  і  $20 \pm 0,05$ , що визначають його положення на деталі значно менші за величини допусків на ці розміри, тобто:

$$e_{015} = 0,062 \text{ мм} < T_{15} = 0,2 \text{ мм},$$

$$e_{020} = 0 \text{ мм} < T_{20} = 0,1 \text{ мм}.$$

### 3.5. Контрольні запитання

1. Похибка базування і методика її визначення.
2. Шляхи зменшення похибок базування.
3. Розрахунок похибок базування при встановленні деталі по отвору.
4. Розрахунок похибок базування при встановленні деталі по двом отворах і площині.
5. Розрахунок похибок базування при встановленні деталі в призмі.
6. Дайте визначення похибки базування.
7. В якому випадку виникає похибка базування?

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 34                                |

## Практичне заняття №3

Визначення необхідної сили затискання заготовки в пристроях

### 3.1. Мета за зміст заняття

Закріплення теоретичних знань та надбання практичних навичок по визначенню необхідних сил затискання заготовок у пристроях при виконанні різних технологічних операцій механічної обробки.

Заняття передбачає ознайомлення з технічними вимогами до затискних механізмів пристроїв, засвоєння методики розрахунку необхідної сили затискання заготовки в пристрої, ознайомлення з варіантами схем взаємодії сил різання і моментів, та сил затискання при різних видах механічної обробки, а також розрахунок необхідних сил затискання заготовок для заданих операцій механічної обробки.

**Завдання.** Для заданих варіантів встановлення заготовок та схем взаємодії сил різання та їх моментів і сил затискання (див. табл. 3.1.) визначити необхідну силу затискання заготовки в пристрої.

Коефіцієнт тертя заготовки в місцях контакту з опорами пристрою –  $f_2$ , в місцях контакту з затискним елементом –  $f_1$ . Значення коефіцієнтів тертя прийняти за табл. 3.3.

### 3.2. Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з призначенням затискних механізмів в пристроях та основними вимогами до них.
2. Ознайомитись з варіантами схем взаємодії сил різання та їх моментів і сил затискання для різних видів механічної обробки.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 35                                |

## Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 3.1

| №<br>вар. | Схема встановлення заготовки | Вихідні дані                                                                                                                                          |
|-----------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         |                              | $R_1 = 80 \text{ мм}$<br>$R_2 = 60 \text{ мм}$<br>$f_1 = f_2 = 0.1$<br>$M = 2,5 \text{ кН} \cdot \text{мм}$<br>$P_x = 1,1 \text{ кН}$                 |
| 2         |                              | $R_1 = 50 \text{ мм}$<br>$R_2 = 90 \text{ мм}$<br>$f_1 = 0.4$<br>$M = 12 \text{ кН} \cdot \text{мм}$<br>$P_x = 800 \text{ Н}$                         |
| 3         |                              | $P_1 = 2,2 \text{ кН}$<br>$P_2 = 1,0 \text{ кН}$<br>$a = 80 \text{ мм}$<br>$b = 50 \text{ мм}$<br>$f_1 = 0.2$<br>$f_2 = 0.16$<br>$l = 450 \text{ мм}$ |
| 4         |                              | $M = 20 \text{ кН} \cdot \text{мм}$<br>$D = 60 \text{ мм}$<br>$f_1 = 0.2$<br>$f_2 = 0.16$<br>$2\alpha = 90^\circ$                                     |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 36                                |

Продовж. табл. 3.1

| №<br>вар. | Схема встановлення заготовки | Вихідні дані                                                                                                                              |
|-----------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8         |                              | $M = 3 \text{ кН мм}$<br>$D = 60 \text{ мм}$<br>$d = 30 \text{ мм}$<br>$P_x = 400 \text{ Н}$<br>$2\alpha = 90^\circ$<br>$f_1 = f_2 = 0.1$ |
| 9         |                              | $M = 5 \text{ кН мм}$<br>$D = 120 \text{ мм}$<br>$2\alpha = 90^\circ$<br>$f_1 = f_2 = 0.16$                                               |
| 10        |                              | $M = 18 \text{ кН мм}$<br>$P_x = 1,0 \text{ кН}$<br>$d_1 = 50 \text{ мм}$<br>$d_2 = 40 \text{ мм}$<br>$f_1 = f_2 = 0.2$                   |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 37                                |

Закінч. табл. 3.1

| №<br>вар. | Схема встановлення заготовки | Вихідні дані                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5         |                              | $P_1 = 2,0 \text{ кН}$<br>$P_2 = 800 \text{ Н}$<br>$D = 100 \text{ мм}$<br>$d_1 = 15 \text{ мм}$<br>$d_2 = 40 \text{ мм}$<br>$d = 30 \text{ мм}$<br>$a = 40 \text{ мм}$<br>$b = 30 \text{ мм}$<br>$f_1 = 0.2$<br>$f_2 = 0.16$ |
| 6         |                              | $P_1 = 2,1 \text{ кН}$<br>$P_2 = 1,1 \text{ кН}$<br>$D = 80 \text{ мм}$<br>$f_1 = 0.2$<br>$f_2 = 0.15$                                                                                                                        |
| 7         |                              | $d_1 = 50 \text{ мм}$<br>$d = 100 \text{ мм}$<br>$D_1 = 150 \text{ мм}$<br>$f_1 = f_2 = 0.2$<br>$M = 2,0 \text{ кН} \cdot \text{мм}$                                                                                          |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 38                                |

3. Ознайомитись з методикою розрахунку необхідних сил затискання заготовок в пристроях та розрахунку коефіцієнта запасу затискання  $K_3$ .
4. Для заданих варіантів схем встановлення заготовок та взаємодії сил і моментів при різних видах механічної обробки, визначити коефіцієнт запасу затискання, необхідну силу затискання та зробити відповідних висновки.
5. Ознайомитись з методикою розрахунку необхідних сил затискання заготовок в пристроях та розрахунку коефіцієнта запасу затискання  $K_3$ .
6. Для заданих варіантів схем встановлення заготовок та взаємодії сил і моментів при різних видах механічної обробки, визначити коефіцієнт запасу затискання, необхідну силу затискання та зробити відповідних висновки.

### 3.3. Загальні відомості

В процесі механічної обробки на заготовку діють сили та моменти різання, та інші сили, що намагаються змістити та повернути її, а також сили та моменти, що утримують її в пристрої - сили затискання, сили і моменти тертя.

Для забезпечення незмінного положення заготовки в процесі обробки її необхідно надійно затиснути в пристрої, тобто прикласти до неї затискні сили певної величини.

Необхідна величина сили затискання заготовки в пристрої визначається при вирішенні задачі статики на рівновагу твердого тіла, що знаходиться під дією всіх прикладених до нього сил і моментів (сили різання та моменти різання, сили затискання, сили та моменти тертя, сили ваги, інерційні, відцентрові сили, а також реакції опор). При цьому складаються та розв'язуються шість рівнянь статики, в яких алгебраїчні суми проекцій всіх сил на кожен координатну вісь та моменти сил відносно цих осей дорівнюють нулю.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 39                                |

Значення величин сил різання та моментів різання, що виникають в процесі обробки, визначають за формулами теорії різання, або приймають за нормативними матеріалами.

Значення сил та моментів тертя, інерційних та відцентрових сил, реакцій опор визначаються за допомогою відомих формул, що знаходяться в загально технічних довідниках.

Вихідними даними необхідними для розрахунку сил затискання є: схема базування заготовки; величина, напрямок та місце прикладання сил і моментів різання та інших сил, що виникають в процесі обробки; схема затискання заготовки в пристрої, тобто напрямок і точки прикладення сил затискання.

Для забезпечення надійного затискання заготовки в пристрої, розраховані значення сил і моментів, що діють на заготовку в процесі обробки, збільшують на величину коефіцієнта запасу затискання  $K_3$ .

Коефіцієнт запасу затискання  $K_3$  розраховується як добуток ряду коефіцієнтів, що враховують конкретні умови обробки:

$$K_3 = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де  $K_0 = 1,5$  – коефіцієнт гарантованого запасу затискання;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує підвищення сил різання в залежності від стану шорсткості поверхонь, що обробляються;

$K_1 = 1,2$  – при чорновій обробці;

$K_1 = 1,0$  – при чистовій обробці;

$K_2$  – коефіцієнт, що характеризує підвищення сил різання в результаті затуплення різального інструменту (див. табл. 3.2);

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує підвищення сил різання при переривчастому різанні;

$K_3 = 1,2$  – при переривчастому точінні та торцевому фрезеруванні;

|                         |                                                                                                                                                                          |         |               |                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                              | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 40                                |

## Коефіцієнт $K_2$

Таблиця 3.2

| Метод обробки                     | Матеріал заготовки | Складові сили різання та їх моментів | $K_2$    |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------|
| Свердлування                      | Чавун              | Крутний момент, $M$                  | 1,15     |
|                                   |                    | Осьова сила, $P_o$                   | 1,10     |
| Крутний момент, $M$               |                    | 1,3                                  |          |
| Осьова сила, $P_o$                |                    | 1,2                                  |          |
| Чистове зенкерування              |                    | Крутний момент, $M$                  | 1,2      |
|                                   |                    | Осьова сила, $P_o$                   |          |
| Попереднє точіння та розточування | Сталь              | $P_z$                                | 1,0      |
|                                   | Чавун              |                                      |          |
|                                   | Сталь              | $P_y$                                | 1,4      |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,2      |
|                                   | Сталь              | $P_x$                                | 1,6      |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,25     |
| Чистове точіння та розточування   | Сталь              | $P_z$                                | 1,0      |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,05     |
|                                   | Сталь              | $P_y$                                | 1,05     |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,4      |
|                                   | Сталь              | $P_x$                                | 1,0      |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,3      |
| Фрезерування циліндричною фрезою  | Сталь              | $P_z$                                | 1,6-1,8  |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,2-1,4  |
| Фрезерування торцевою фрезою      | Сталь              | $P_z$                                | 1,6-1,8  |
|                                   | Чавун              |                                      | 1,2-1,4  |
| Шліфування                        | Сталь, чавун       | $P_z$                                | 1,15-1,2 |
| Протягування                      |                    | Сила протягування                    | 1,5      |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 41                                  |

$K_4$  – коефіцієнт, що характеризує нестабільність сили затискання в затискному механізмі;

$K_4 = 1,3$  – для затискних механізмів з ручним приводом, а також з пневмо- та гідроциліндрами односторонньої дії;

$K_4 = 1,2$  – для затискання механізмів з приводом від пневмокамер, пневмоважільних систем, та при використанні затискних механізмів з пружними елементами (цангові, мембранні, гідропластмасові та інші);

$K_4 = 1,0$  – при використанні пневмо- та гідроциліндрів двосторонньої дії, електромеханічних, магнітних та вакуумних затискних механізмів;

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономічність ручних затискних механізмів (зручність розташування рукояток та важелів в затискних механізмах з ручним приводом);

$K_5 = 1,2$  – при незручному положенні та куті повороту рукоятки більше  $90^\circ$ ;

$K_5 = 1,0$  – при зручному положенні та малому куті повороту рукоятки;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності крутних моментів, які намагаються повернути заготовку, встановлену плоскою поверхнею на постійні опори.

$K_6 = 1,0$  – при встановленні заготовки на опорні штирі;

$K_6 = 1,5$  – при встановленні заготовки на опорні пластинки;

Якщо в результаті проведеного розрахунку величина коефіцієнта запасу  $K_3$  буде меншою 2,5, то для розрахунку надійності затискання приймають  $K_3 = 2,5$ .

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 42                                |

### Значення коефіцієнта тертя $f$

Таблиця 3.2

| Умови тертя                                                                                                                                                         | $f$                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Встановлення заготовки на опори пристрою:<br>- обробленими поверхнями<br>- необробленими поверхнями                                                                 | 0,16<br>0,2-0,25                           |
| Встановлення заготовок на опори, що мають<br>рифлення                                                                                                               | 0,7                                        |
| При встановленні заготовки в патроні з<br>кулачками:<br>- гладкими<br>- з кільцевими канавками<br>- з взаємноперпендикулярними канавками<br>- з гострими рифленнями | 0,16-0,18<br>0,3-0,4<br>0,4-0,5<br>0,7-1,0 |

Розрахунок необхідної сили затискання в пристрої рекомендується проводити у такій послідовності:

1. Розробити розрахункову схему дії сил та моментів, тобто на схемі базування заготовки, вказати всі сили та моменти, що діють на заготовку в процесі обробки. Розрахункову схему дії сил складають для найбільш несприятливого варіанта розташування різального інструменту з врахуванням максимальних сил різання.

2. Скласти системи рівнянь взаємодії всіх сил та моментів, виходячи з умови рівноваги заготовки, що знаходиться під дією цих сил та моментів.

3. Визначити коефіцієнт запасу затискання заготовки  $K_z$  для заданих умов обробки.

4. Визначити величину сили, необхідної для надійного затискання заготовки при рішенні системи отриманих рівнянь взаємодії сил та моментів.

Необхідні сили затискання визначаються з високою точністю, так як їх завищення приводить до невиправданого збільшення габаритів та ваги пристроїв, до зайвих витрат енергії

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 43                                |

та до збільшення деформації деталі, а зниження – до ненадійного затискання заготовки.

### 3.4 Приклад виконання завдання

**Завдання.** Визначити необхідну силу затискання  $Q$  заготовки в пристрої при свердлуванні отвору, згідно заданої схеми взаємодії сил і моментів різання та сил затискання (див рис. 3.1). Заготовка притискається двома затискними механізмами в точках  $R_1 = 20$  мм, до торцевої кільцевої поверхні з діаметрами  $D = 50$  мм,  $d = 25$  мм.

Сили, що діють на заготовку в процесі обробки:

- момент різання –  $M_P = 10$  кН·мм = 10000 Н·мм;
- вісева сила різання –  $P_x = 1,5$  кН = 1500 Н;

Коефіцієнти тертя (табл. 3.3):

- між установочною поверхнею заготовки та опорами  $f_2 = 0,4$ .
- між прихватами та поверхнею заготовки  $f_1 = 0,16$ .

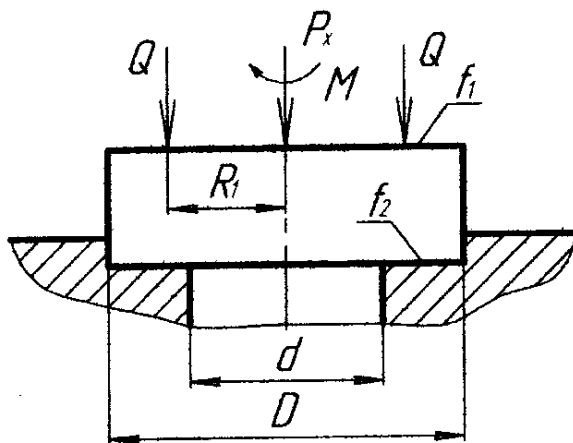


Рис. 3.1. Схема взаємодії сил та моментів для розрахунку необхідної сили затискання

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 44                                |

### Пояснення до виконання завдання:

1. Розробляємо розрахункову схему дії сил та моментів, що діють на заготовку в процесі обробки (див. рис. 3.1)

2. З умови рівноваги заготовки під дією всіх сил та моментів, що виникають в процесі обробки, та з врахуванням коефіцієнту запасу затискання  $K_3$  складаємо рівняння взаємодії моментів різання та моментів тертя:

$$Q_{\Sigma} f_1 R_1 + (Q_{\Sigma} + P_x) \cdot \frac{1}{3} f_2 \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = K_3 M_P$$

3. Визначаємо значення коефіцієнта запасу затискання  $K_3$ :

$$K_3 = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де  $K_0 = 1,5$  – гарантований запас затискання;

$K_1 = 1,2$  – підвищення сил різання при чорновій обробці;

$K_2 = 1,15$  – підвищення сил різання внаслідок затуплення свердла (табл. 3.2);

$K_3 = 1,0$  – обробка (свердлування) здійснюються без удару;

$K_4 = 1,3$  – затискний механізм з ручним приводом;

$K_5 = 1,0$  – рукоятка затискного механізму має зручне розташування;

$K_6 = 1,0$  – заготовка має обмежену поверхню контакту з опорними елементами;

$$K_3 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \approx 2,69$$

Приймаємо  $K_3 = 2,7$ .

4. Виходячи з рівняння моментів та з врахуванням заданих умов обробки визначаємо величину сили  $Q_{\Sigma}$  необхідної для надійного затискання заготовки:

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 45                                |

$$Q_{\Sigma} = \frac{K_3 M_p - \frac{1}{3} P_x f_2 \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{f_1 R_1 + \frac{1}{3} f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}} =$$

$$= \frac{2,7 \cdot 10000 - \frac{1}{3} \cdot 1500 \cdot 0,16 \cdot \frac{50^3 - 25^3}{50^2 - 25^2}}{0,4 \cdot 20 + \frac{1}{3} \cdot 0,16 \cdot \frac{50^3 - 25^3}{50^2 - 25^2}} = 2010,2 \text{ Н}$$

Так як,  $Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2$ , а  $Q_1 = Q_2$  (див. рис. 3.1), то величина сили необхідної для надійного затискання заготовки в пристрої кожним затискним механізмом складає:

$$Q_1 = Q_2 = \frac{Q_{\Sigma}}{2} = \frac{2010,2}{2} = 1005,1 \text{ Н}$$

**Висновок:** Сила, що необхідна для надійного затискання заготовки в пристрої відповідно до заданих умов обробки, складає  $Q_{\Sigma} = 2010,2 \text{ Н}$ . Величина сила затискання кожними затискним механізмом в точці  $R_1 = 20 \text{ мм}$  складає  $Q_1 = Q_2 = 1005,1 \text{ Н}$ . Коефіцієнт запасу затискання, складає  $K_3 = 2,7$ .

### 3.5 Контрольні запитання

1. Характеристика сил, що діють на заготовку при її обробці та методи визначення їх величини.
2. Методика визначення величини необхідної сили затискання.
3. Визначення коефіцієнта надійності затискання. Характеристика параметрів, що впливають на його величину.
4. Послідовність розрахунку необхідної сили затискання в пристрої.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 46                                |

## Практичне заняття № 4

### Розрахунок пневматичного силового приводу затискного механізму верстатного пристрою

#### 4.1. Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань та надбання практичних навичок по розрахунку силових приводів затискних механізмів верстатних пристроїв.

Заняття передбачає ознайомлення з основними характеристиками, класифікацією і конструкціями механізованих затискних механізмів, засвоєння методики їх вибору та розрахунку, з метою забезпечення надійного затискання заготовки в пристрої.

**Завдання.** Для заданих умов обробки, та варіантів конструкцій затискних механізмів з пневмоприводом визначити діаметр пневмоциліндра, що забезпечить задану (необхідну) силу затискання  $Q$  заготовки в пристрої. Варіанти схем конструкцій затискних механізмів та необхідні вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 4.1.

В розрахунках прийняти:

- величина тиску повітря в пневмережі – 0,4 МПа;
- коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) пневмоциліндра –
- $\eta = 0,9 \div 0,95$ ;
- опір пружин – 50Н;
- коефіцієнт тертя в парах силового механізму –  $f = 0,1$ .

#### 4.2. Послідовність виконання завдання

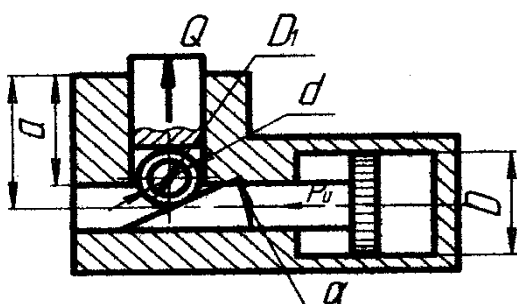
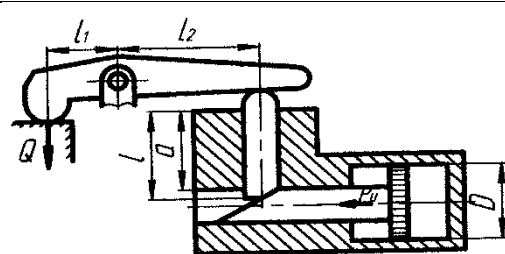
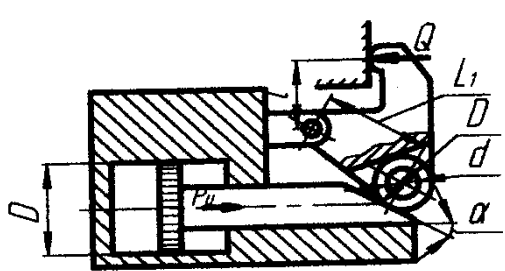
1. Ознайомитись з призначенням, основними характеристиками, класифікацією та конструкціями затискних механізмів верстатних пристроїв.

2. Ознайомитись з методикою розрахунку пневматичних приводів затискних механізмів верстатних пристроїв.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 47                                |

## Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 4.1

| № вар. | Схема затискного механізму                                                          | Вихідні дані                                                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      |    | $Q = 500$<br>кГс<br>$\alpha = 20^\circ$<br>$D_1 = 20$<br>мм<br>$d = 10$ мм<br>$a = 25$ мм<br>$L = 15$ мм     |
| 2      |   | $Q = 800$<br>кГс<br>$\alpha = 20^\circ$<br>$l_1 = 50$ мм<br>$l_2 = 75$ мм<br>$a = 25$ мм<br>$l = 15$ мм      |
| 3      |  | $Q = 300$<br>кГс<br>$\alpha = 20^\circ$<br>$l_1 = 50$ мм<br>$l_2 = 60$ мм<br>$D_1 = 18$<br>мм<br>$d = 08$ мм |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 48                                |

Продовж. табл. 4.1

| №<br>вар. | Схема затискного механізму | Вихідні дані                                                                                                                                    |
|-----------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4         |                            | $Q = 500 \text{ кгс}$<br>$\alpha = 15^\circ$<br>$l_1 = 60 \text{ мм}$<br>$l_2 = 70 \text{ мм}$<br>$h = 30 \text{ мм}$<br>$l = 20 \text{ мм}$    |
| 5         |                            | $Q = 400 \text{ кгс}$<br>$\alpha = 20^\circ$<br>$l_1 = 80 \text{ мм}$<br>$l_2 = 120 \text{ мм}$<br>$d = 08 \text{ мм}$<br>$l = 150 \text{ мм}$  |
|           |                            | $Q = 600 \text{ кгс}$<br>$l_1 = 70 \text{ мм}$<br>$l_3 = 70 \text{ мм}$<br>$l_2 = 50 \text{ мм}$<br>$d = 12 \text{ мм}$<br>$l = 100 \text{ мм}$ |

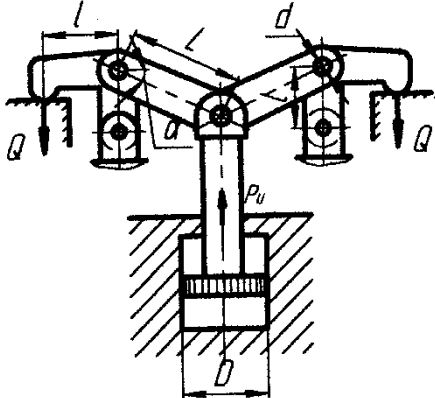
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРЬСКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 49                                |

Продовж. табл. 4.1

| №<br>вар. | Схема затискного механізму | Вихідні дані                                                                                                                                                           |
|-----------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7         |                            | $Q = 400 \text{ кгс}$<br>$\alpha = 20^\circ$<br>$l_1 = 15 \text{ мм}$<br>$K = 10 \text{ мм}$<br>$d = 08 \text{ мм}$<br>$l = 150 \text{ мм}$                            |
| 8         |                            | $Q = 200 \text{ кгс}$<br>$l_1 = 60 \text{ мм}$<br>$l_2 = 40 \text{ мм}$<br>$l_3 = 80 \text{ мм}$<br>$d = 08 \text{ мм}$<br>$l = 40 \text{ мм}$                         |
| 9         |                            | $Q = 300 \text{ кгс}$<br>$\alpha = 15^\circ$<br>$l_1 = 80 \text{ мм}$<br>$l_2 = 50 \text{ мм}$<br>$d = 10 \text{ мм}$<br>$D_1 = 20 \text{ мм}$<br>$l = 200 \text{ мм}$ |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 50                                |

Закінчен. табл. 4.1

| №<br>вар. | Схема затискного механізму                                                        | Вихідні дані                                                                                                                                  |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10        |  | $Q = 200 \text{ кгс}$<br>$\alpha = 20^\circ$<br>$l_1 = 60 \text{ мм}$<br>$d = 08 \text{ мм}$<br>$D_1 = 08 \text{ мм}$<br>$l = 150 \text{ мм}$ |

3. Для заданих варіантів конструкцій затискних механізмів, та умов обробки, встановити їх структуру та розрахувати діаметр пневмоциліндра, що забезпечить задану (необхідну) силу затискання.

4. Скорегувати розраховані величини діаметра пневмоциліндра зі стандартними значеннями, визначити фактичну силу затискання, та зробити відповідні висновки.

### 4.3. Загальні відомості

Затискні механізми верстатних пристроїв використовуються для забезпечення досягнутого при базуванні положення заготовок. При затисканні не повинно змінюватися положення заготовки в пристрої, а також не повинна здійснювати її переміщення в процесі механічної обробки на верстаті.

Необхідна сила затискання заготовки, що розвивається затискним механізмом пристрою забезпечується силовим приводом. Для підвищення ефекту дії силового приводу, а також

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 51                                |

при необхідності зміни напрямку дії затискної сили в конструкціях затискних механізмів пристроїв використовують різні види силових механізмів. Силевий механізм перетворює вихідне зусилля  $P_v$  приводу в затискне зусилля  $Q$  пристрою.

Кожний силевий механізм має один основний елемент, до якого прикладається вихідна сила, і один або декілька допоміжних (затискних) елементів, що передають сили затискання заготовці. Величина сили  $Q$ , що необхідна для надійного затискання заготовки в пристрої залежить від величини вихідної сили  $P_v$  та передаточного відношення сил вибраного затискного механізму.

Силеві механізми бувають простими і комбінованими. Слід відмітити, що в конструкціях верстатних пристроїв найчастіше застосовуються комбіновані затискні механізми, що представляють собою поєднання конструкцій елементарних силових механізмів, наприклад, важільного і гвинтового, важільного і клинового, важільного і клиноплунжерного, тощо.

### Основні характеристики затискних механізмів:

- передаточне відношення сил  $- i_c$ ;
- передаточне відношення переміщень  $- i_n$ ;
- коефіцієнт корисної дії (к.к.д.)  $- \eta$ .

Якщо відомі характеристики елементарних силових механізмів, з яких складається комбінований, то основні характеристики останнього визначаються за формулами:

$$i_c = i_{c1} \cdot i_{c2} \cdot \dots \cdot i_{cn};$$

$$i_n = i_{n1} \cdot i_{n2} \cdot \dots \cdot i_{nn};$$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n.$$

При конструюванні пристроїв після вибору конструкції затискного механізму з механізованим приводом необхідно

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 52                                |

визначити величину вихідної сили  $P_v$  приводу, що забезпечить необхідну силу затиску  $Q$  заготовки в пристрої.

Слід відмітити, що необхідні формули для розрахунку сил та переміщень елементів різних конструкцій затискних механізмів виводяться на основі теоретичних положень курсів “Теоретична механіка” і “Теорія механізмів і машин”, та наведені в довідниковій літературі.

При цьому втрати на тертя визначаються з врахуванням коефіцієнта корисної дії –  $\eta$  або за допомогою спеціальних розрахунків.

Діаметр пневмоциліндра приводу затискного механізму, при відомій величині сили тиску повітря в пневмережі, визначається при розрахунку необхідної величини сили на штоці, що розвиває пневмоциліндр.

Величина сили на штоці пневмоциліндра визначається за формулами:

- для циліндрів односторонньої дії при подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину:

$$P_{шт} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta - P_{пр};$$

- для циліндрів двосторонньої дії при подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину:

$$P_v = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta;$$

- для циліндрів двосторонньої дії подачі стиснутого повітря в штокову порожнину:

$$P_v = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta;$$

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 53                                |

де –  $D, d$  - діаметри циліндра і штока (см);  
–  $p$  - тиск повітря в пневмомережі (МПа), (кг/см<sup>2</sup>);  
–  $\eta$  - к.к.д. пневмоциліндра –  $\eta=0,90 \div 0,95$  ;  
–  $P_{пр}$  - опір пружини (кГ), (Н).

При розрахунках параметри пружини рекомендується вибирати з таким розрахунком, щоб при її граничному стисканні вона чинила опір в розмірі 5 % - 20 % від сили на штоці  $P_v$  в момент затискання.

В проектних розрахунках приводів затискних механізмів при визначенні діаметра  $D$  пневмоциліндра двосторонньої дії – діаметр штока  $d_{шт}$  рекомендується приймати рівним –  $d_{шт} = 0,15 D$ .

Розрахований за формулами розмір діаметра пневмоциліндра  $D$  округляється до ближчого більшого стандартного діаметру. При цьому величини розмірів діаметрів пневмоциліндрів, що регламентуються державними стандартами становлять: 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320 мм (ГОСТ 15608-70, ГОСТ 21307-75).

#### 4.4. Приклад виконання завдання

**Завдання.** Визначити діаметр пневмоциліндра приводу комбінованого затискного механізму, що забезпечить надійне затискання заготовки в пристрої. Конструктивна схема затискного механізму наведена на рис.4.1.

**Вихідні дані:**  $Q=5,0$  кН,  $l_1=50$  мм,  $l_2=75$  мм,  $a=15$  мм,  $l=20$  мм;  $d_1=20$  мм;  $d=10$  мм, коефіцієнт тертя в парах –  $f=0,10$ , к.к.д. важільного механізму –  $\eta_1=0,95$ , опір пружини плунжера  $q=50$  Н, тиск повітря пневмомережі –  $p=0,4$  МПа, к.к.д. пневмоциліндра –  $\eta_2=0,95$ ,  $\alpha = 15^\circ$  – кут нахилу площини клину.

**Пояснення для виконання завдання.** На основі аналізу заданої конструкції комбінованого затискного механізму пристрою (див. рис.4.1) встановлюємо, що він складається з

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 54                                |

важільного і клиноплунжерного елементарних силових механізмів, та пневмоциліндра двосторонньої дії.

Із умови рівноваги важеля затискного механізму визначаємо необхідну силу  $Q_1$  на плунжері клиноплунжерного механізму:

$$Q \cdot l_1 = Q_1 \cdot l_2 \cdot \eta_1, \text{ звідки}$$

$$Q_1 = Q \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{1}{\eta_1} = 5000 \cdot \frac{50}{75} \cdot \frac{1}{0,95} \approx 3510 \text{ Н.}$$

Виходячи з формули для розрахунку сили, що розвиває клиноплунжерний механізм з консольним плунжером та двома роликами, визначаємо необхідну силу  $P_B$  на штоці пневмопривода:

$$P_B = \frac{(Q_1 + q) \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg}(\varphi_{1\text{пр}})]}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) \cdot \operatorname{tg}(\varphi_{2\text{пр}})},$$

де  $q = 50 \text{ Н}$  – опір пружини плунжера;

–  $\alpha = 15^\circ$  – кут нахилу площини клина;

–  $\varphi_{\text{пр}}$  – приведений кут тертя на похилій площині клина (див рис.4.1); що визначається за формулою:

$$\varphi_{\text{пр}} = \operatorname{arctg} f \cdot \frac{d}{d_1} = \operatorname{arctg} 0,10 \cdot \frac{10}{20} = 2,86^\circ;$$

$\operatorname{tg} \varphi_{1\text{пр}}$  – приведений коефіцієнт тертя на опорній поверхні клина;

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 55                                |

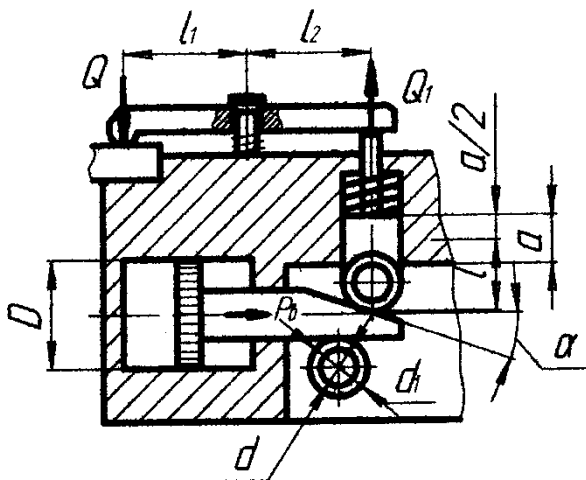


Рис.4.1. Схема для розрахунку затискного механізму.

$$\operatorname{tg} \varphi_{1np} = f \cdot \frac{d}{d_1} = 0,1 \cdot \frac{10}{20} = 0,05;$$

$\operatorname{tg} \varphi_{2np}$  - приведений коефіцієнт тертя в напрямних консольного плунжера (див. рис.4.1)

$$\operatorname{tg} \varphi_{2np} = \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{3l}{a} = f \cdot \frac{3l}{a} = 0,1 \cdot \frac{3 \cdot 20}{15} = 0,4.$$

В результаті розрахунків одержуємо:

$$P_B = \frac{(3510 + 50) \cdot [\operatorname{tg}(15^\circ + 2,86^\circ) + 0,05]}{1 - \operatorname{tg}(15^\circ + 2,86^\circ) \cdot 0,4} = 1510 \text{ Н} = 1,51 \text{ кН}.$$

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 56                                |

Тобто величина необхідної сили на штоці пневмоциліндра, що забезпечить задану силу затискання  $Q=50$  Н заготовки в пристрої, повинна бути  $P_B=1,51$  кН.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра, що забезпечить розраховану силу  $P_B$  на штоці приводу затискного механізму.

$$D = \sqrt{\frac{4 P_B}{\pi \cdot p \cdot \eta_{ц}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 151}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 0,71 \text{ мм.}$$

де –  $\eta_{ц} = 0,95$  – к.к.д. пневмоциліндра приводу.

Згідно державного стандарту ДСТУ приймаємо розмір діаметра пневмоциліндра  $D = 80$  мм.

Визначаємо діаметр штока пневмоциліндра:

$$d_{шт} = 0,15 D = 0,15 \cdot 80 = 12 \text{ мм.}$$

Визначаємо фактичну величину сили на штоці пневмоциліндра (з врахуванням прийнятого стандартного діаметра):

$$P_{B\phi} = \frac{\pi D^2}{4} p \cdot \eta_{ц} = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,95 \approx 1910 \text{ Н} = 1,91 \text{ кН.}$$

Визначаємо фактичну силу затискання заготовки в затискному механізмі верстатного пристрою:

Так як  $Q_{\phi} > Q$ , то умова надійного затискання заготовки затискним механізмом пристрою буде забезпечена.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 57                                |

**Висновок.** Надійне затискання заготовки затискним механізмом пристрою буде забезпечено пневмоциліндром з такими розмірами діаметра циліндра і штока:

$$D=80 \text{ мм, } d_{\text{шт}}=12 \text{ мм.}$$

#### 4.5. Контрольні запитання

1. Класифікація і основні характеристики затискних механізмів пристосувань.
2. Розрахункові формули для клинових і клиноплунжерних механізмів.
3. Розрахунок приведених коефіцієнтів тертя в клиноролікових механізмах.
4. Розрахункові формули шарнірно-важільних і шарнірно-плунжерних механізмів.
5. Методика визначення втрат на тертя в шарнірах.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 58                                |

## Практичне заняття № 5

### Розрахунок основних параметрів пнеумоприводів самоцентруючих патронів токарних верстатів

#### 5.1. Мета та зміст заняття

Закріплення теоретичних знань та набуття практичних навичок по розрахунку пневматичних приводів для різних конструкцій самоцентруючих патронів токарних верстатів.

Заняття передбачає ознайомлення з основними конструкціями самоцентруючих патронів (важільний, клиновий, цанговий), конструкціями пнеумоприводів токарних верстатів (пневмоциліндри та пневмокамери), а також засвоєння методики розрахунку їх основних параметрів, необхідних для проектування.

**Завдання.** Для заданих умов обробки і розмірів заготовки та варіантів конструкцій самоцентруючих токарних механізованих патронів з пнеумоприводом визначити необхідну силу тяги на штоці та основні розміри пнеумопривода, що забезпечить надійне затискання заготовки. Розрахункові схеми конструкцій токарних патронів, а також інші необхідні вихідні дані наведено в табл. 5.1 і табл. 5.2.

Коефіцієнт тертя між робочими поверхнями кулачків патрона та поверхнею заготовки –  $f = 0,25$ . Коефіцієнт тертя у робочих парах патрона –  $f_1 = 0,15$ . Коефіцієнт запасу сили затискання –  $K_3 = 2,5$ .

#### 5.2. Послідовність виконання завдання

1. Ознайомитись з метою і змістом завдання.
2. Ознайомитись з конструкціями та принципами роботи різних видів самоцентруючих токарних патронів (важільний, клиновий, цанговий), пневматичних приводів, та особливостями їх встановлення на токарних верстатах.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 59                                |

3. Для заданих умов обробки визначити необхідну силу затискання деталі в патроні.

4. Визначити необхідну та фактичну силу пневмопривода, та встановити його основні розміри (діаметр пневмоциліндра, діаметр пневмокамери, діаметр штока, довжину ходу штока).

### 5.3. Загальні відомості

В умовах серійного та масового виробництва для затискання штучних деталей на різних видах токарних та токарно-револьверних верстатів широко поширені патрони з пневматичним приводом. За конструкцією такі патрони бувають клинові, важільно-клинові, важільні, цангові (див. табл. 5.2). Патрони встановлюються та кріпляться на передньому кінці шпинделя верстату за допомогою перехідного фланця або безпосередньо на фланцевому кінці шпинделя та приводяться у дію від пневмоциліндра або пневмокамери, що встановлюється та кріпиться на задньому кінці шпинделя верстата. Тяга від приводу до патрона проходить через отвір у шпинделі.

Найбільш розповсюдженими силовими приводами патронів на токарних, токарно-револьверних та круглошліфувальних верстатах, є пневматичні циліндри та пневмокамери.

Розрахунковий робочий тиск повітря  $P$  в пневмомережі приводу приймається рівним – 0,4 МПа (40Н/см<sup>2</sup>).

Діаметри пневматичних циліндрів, що обертаються стандартизовані та утворюють ряд : 100, 125, 160, 200, 250, 320 мм. (ГОСТ 21821-76).

Розрахункові діаметри діафрагм пневмокамер рекомендується вибирати за ГОСТ 9887-61 з ряду: 125,160,200,250, 320, 400 мм.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРЬСКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 60                                |

### Варіанти завдань для самостійної роботи

Таблиця 5.1

| № вар. | Тип конструкції патрона і його розміри                                          | Вихідні дані                                                    | Тип пневматичного привода |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1      | 3 важільним приводом<br>$L = 70$ мм; $L_1 = 90$ мм;<br>$a / \epsilon = 1 / 3,5$ | $D = 120$ мм<br>$D_1 = 100$ мм<br>$P_z = 2$ кН<br>$P_x = 750$ Н | Пневмо-циліндр            |
| 2      | 3 важільним приводом<br>$L = 65$ мм; $L_1 = 80$ мм;<br>$a / \epsilon = 1 / 3,5$ | $D = 100$ мм<br>$D_1 = 120$ мм<br>$P_z = 2$ кН<br>$P_x = 800$ Н | Пневмо-камера             |
| 3      | 3 важільним приводом<br>$L = 65$ мм; $L_1 = 80$ мм;<br>$a / \epsilon = 1 / 3,5$ | $D = D_1 = 100$ мм<br>$M_{pi3} = 70$ кН·мм<br>$P_x = 500$ Н     | Пневмо-циліндр            |
| 4      | 3 клиновим приводом<br>$L = 90$ мм; $L_1 = 70$ мм; $\beta = 15^\circ$           | $D = 50$ мм<br>$D_1 = 60$ мм<br>$P_z = 1$ кН<br>$P_x = 400$ Н   | Пневмо-камера             |
| 5      | 3 клиновим приводом<br>$L = 100$ мм; $L_1 = 80$ мм;<br>$\beta = 15^\circ$       | $D = 60$ мм<br>$D_1 = 50$ мм<br>$P_z = 1$ Кн<br>$P_x = 400$ Н   | Пневмо-циліндр            |
| 6      | 3 клиновим приводом<br>$L = 100$ мм; $L_1 = 80$ мм;<br>$\beta = 15^\circ$       | $D_1 = D = 60$ мм<br>$M_{pi3} = 4$ кН·мм<br>$P_x = 300$ Н       | Пневмо-камера             |
| 7      | Цанговий без упору<br>$\alpha = 30^\circ$                                       | $D = D_1 = 40$ мм<br>$M_{pi3} = 4$ кН·мм<br>$P_x = 400$ Н       | Пневмо-циліндр            |
| 8      | Цанговий без упору<br>$\alpha = 30^\circ$                                       | $D_1 = D = 50$ мм<br>$M_{pi3} = 30$ кН·мм<br>$P_x = 400$ Н      | Пневмо-камера             |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 61                                |

|    |                                          |                                                                             |                |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 9  | Цанговий з упором<br>$\alpha = 30^\circ$ | $D = D_1 = 40 \text{ мм}$<br>$P_z = 500 \text{ Н}$<br>$P_x = 200 \text{ Н}$ | Пневмо-циліндр |
| 10 | Цанговий з упором<br>$\alpha = 30^\circ$ | $D = D_1 = 50 \text{ мм}$<br>$P_z = 500 \text{ Н}$<br>$P_x = 200 \text{ Н}$ | Пневмо-Камера  |

**Позначення в таблиці 5.1:**  $L$  - Виліт кулачка патрону від його опори до точки прикладення сили затискання;  $L_1$  - довжина направляючої частини кулачка;  $a/b$  - співвідношення плечей передаточного важеля патрону;  $\beta$  - кут нахилу пазів ковзної втулки клинового патрона;  $\alpha$  - кут конуса цанги;  $D$  - діаметр поверхні, що затискається;  $D_1$  - діаметр поверхні, що оброблюється;  $P_x, P_z$  - осьова та кругова складові сили різання;  $M_{різ}$  - момент різання.

Схеми конструкцій токарних патронів (важільного, клинового та цангового), та формули для їх розрахунків наведені в табл. 5.2.

#### 5.4. Приклад виконання завдання

**Завдання.** Визначити необхідну силу тяги штока та діаметр пневмоциліндра для надійного затискання заготовки при токарній обробці у трьохкулачковому самоцентруючому важільному токарному патроні для заданих умов обробки.

**Вихідні дані:**

- момент різання  $M_{різ} = 120 \text{ кН} \cdot \text{мм}$  ;
- діаметр заготовки у місці затиску  $D = 150 \text{ мм}$ ;
- коефіцієнт запасу затискання  $K = 2,5$  ;
- коефіцієнт тертя між кулачками патрона та заготовкою  $f = 0,3$ ;
- коефіцієнт тертя між направляючими патрона та кулачками  $f_1 = 0,15$  ;
- виліт кулачка  $L = 70 \text{ мм}$ ;
- довжина направляючої частини кулачка патрона  $L_1 = 90 \text{ мм}$ ;

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 62                                |

- співвідношення плечей передаточного важеля патрона  
 $a/b = 1 : 3,5$ .
- к.к.д. пневмоциліндра  $\eta = 0,95$ ;
- розрахунковий (мінімальний) тиск повітря в пневмомережі  $P_0 = 0,4 \text{ МПа}$  ( $40 \text{ Н/см}^2$ ).

### Пояснення до виконання завдання

Необхідну сумарну силу затискання заготовки кулачками патрона для заданих умов обробки визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{2 \cdot K \cdot M_{\text{пиз}}}{f \cdot D} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 12000}{0,3 \cdot 150} = 13330 \text{ Н}.$$

Розраховуємо величину сили затискання заготовки одним кулачком:

$$Q_1 = \frac{Q}{n} = \frac{13333}{3} = 4444 \text{ Н},$$

де  $n = 3$  - кількість кулачків патрона.

Визначаємо необхідну силу тяги на штоці механізованого приводу патрона, що забезпечує надійне затискання заготовки:

$$P_{np} = k' \cdot \left( 1 + \frac{3L}{L_1} \cdot f_1 \right) \cdot \frac{a}{b} \cdot Q =$$

$$= 1,1 \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot 70}{90} \cdot 0,15 \right) \cdot \frac{1}{3,5} \cdot 13333 \approx 5660 \text{ Н},$$

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 63                                |

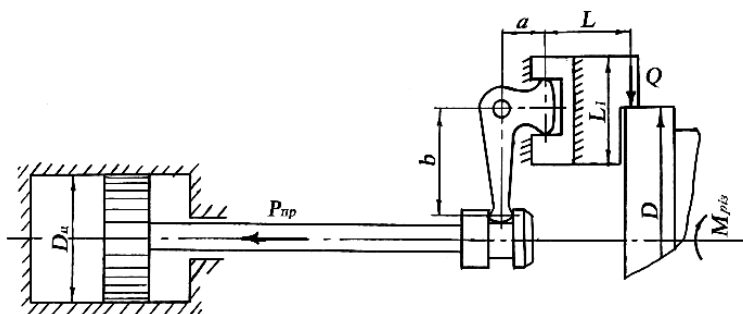


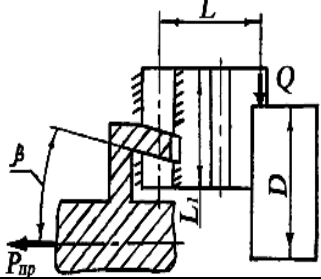
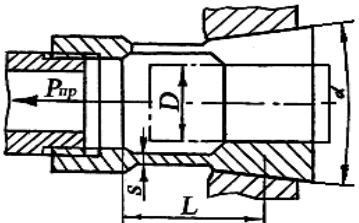
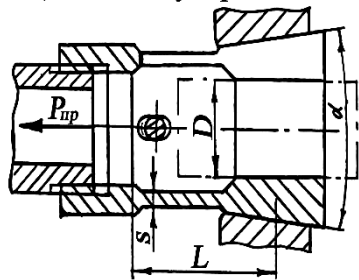
Рис. 5.1 Схема для розрахунку пневмопривода.  
де  $k'$  - коефіцієнт, що враховує додаткові сили тертя в патроні,  
приймаємо  $k'=1,1$  (див. табл. 6.1)

### Схеми конструкцій та формули для розрахунку сили приводу токарних патронів.

Таблиця 5.2

| №<br>п/п | Схема конструкції патрона          | Формули для<br>розрахунку необхідної<br>сили затискання на<br>штоці приводу.                              |
|----------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p><b>З важільним приводом</b></p> | $P_{np} = n \cdot k' \cdot \left(1 + \frac{3L}{L_1} \cdot f_1\right) \cdot$ $\cdot \frac{a}{b} \cdot Q_1$ |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 64                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                     |                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p><b>3 клиновим приводом</b></p>  | $P_{np} = n \cdot k' \cdot \left(1 + \frac{3L}{L_1} \cdot f_1\right) \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) \cdot Q_1$ |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p><b>Цанговий без упору</b></p>   | $P_{np} = 1,07 \cdot Q \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right)$                                   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p><b>Цанговий з упором</b></p>   | $P_{np} = 1,07 \cdot Q \cdot \left[\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) + f\right]$                  |
| <p><b>Позначення у формулах табл.5.2 :</b> <math>Q_1 = K \cdot P_z \cdot \frac{D_1}{n \cdot f \cdot D}</math> - необхідна (розрахункова) сила затискання на кожному кулачку патрона в кгс ;<br/> <math>f_1</math> - коефіцієнт тертя в парах патрона;<br/> <math>Q</math> - необхідне сумарне зусилля затиску;<br/> <math>n</math> - кількість кулачків патрона;<br/> <math>K</math> - коефіцієнт запасу затискання;</p> |                                                                                                                     |                                                                                                                          |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 65                                |

$k$  - коефіцієнт, що враховує додаткові сили тертя в патроні –  
 $k=1,1$ ;

$P_z$ - кругова складова сили різання;

### Позначення у формулах табл.5.2 (закінчення):

$f$ - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків патрона та цанги (для кулачків з гладкою поверхнею  $f=0,25$ ; з кільцевими канавками  $f=0,35$ ; з хрестоподібними канавками  $f=0,45$ ; з односторонньо нарізаними зубцями паралельно осі патрона  $f=0,8$ );

$D_1$ - діаметр поверхні, що оброблюється в мм;

$D$  - діаметр поверхні в місці затискання в мм;

$L$  - виліт кулачка патрона від його опори до точки прикладення сили затискання;

$L_1$ - довжина направляючої частини кулачка;

$\beta$  – кут нахилу клина в град;

$\varphi$ - кут тертя на похилій поверхні клина та цанги в град:  $\varphi = \arctg f_1$ ;

$\alpha$  - кут конуса цанги в град;

1,07 - коефіцієнт, що враховує втрати сили на згин пелюстків цанги.

Діаметр поршня пневматичного циліндра двосторонньої дії, при подачі стисненого повітря в штокову частину циліндра, визначаємо за формулою:

$$P_{np} = \frac{\pi(D_u^2 - d_{um}^2)}{4} \cdot p_B \cdot \eta,$$

де  $\eta = 0,95$  - к.к.д. пневмоциліндра;

$p_B = 0,4$  МПа (40 Н / см<sup>2</sup>)- розрахунковий тиск повітря;

$d_{um}$  = діаметр штока.

Прийнявши попередньо  $d_{um} = 0,15 D_u$ , маємо:

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{np}}{\pi \cdot p_B \cdot (1 - 0,15^2) \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5660}{\pi \cdot 4 \cdot (1 - 0,15^2) \cdot 0,95}} =$$

$$= 13,9 \text{ см} = 139 \text{ мм.}$$

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 66                                |

Приймаємо згідно ГОСТ 21821 - 76 найближче більше значення величини стандартного розміру діаметра поршня пневматичного циліндра та діаметра його штока:  $D_{ц}=160$  мм,  $d_{шт}=32$  мм.

Визначаємо необхідну довжину ходу штока:

$$l_{шт} = S \cdot \frac{6}{a} = 3 \cdot 3,5/1 = 17,5 \text{ мм};$$

де  $S = 3 \div 5$  мм - довжина ходу кулачків патрона, необхідного для встановлення та зняття заготовки.

Визначаємо фактичну силу тяги на штоці пневмоциліндра з прийнятими стандартними розмірами ( $D_{ц}=160$  мм,  $d_{шт}=32$  мм):

$$P_{\phi} = \frac{\pi(D_{ц}^2 - d_{шт}^2)}{4} \cdot p_{\phi} \cdot \eta = \frac{3,14(16,0^2 - 3,2^2)}{4} \cdot 40 \cdot 0,95 \approx 7330 \text{ Н}$$

**Висновок:** Надійне затискання заготовки в самоцентруючому трьохкулачковому патроні для заданих умов обробки на токарному верстаті забезпечить пневмоциліндр з розмірами:  $D_{ц} = 160$  мм,  $d_{шт} = 32$  мм,  $l_{шт} = 17,5$  мм.

## 6.5. Контрольні питання

1. Конструкції патронів з механізованим приводом для затискання деталей на токарних та шліфувальних верстатах.
2. Конструкції пневматичних приводів для затиску деталей при токарній обробці.
3. Методика розрахунку кулачкових патронів з клиновим та важільним приводом.
4. Види та особливості розрахунку цангових патронів.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 67                                |

## Практичне заняття №6

### Розрахунок самоцентруючих затискних пристроїв з гідропластмасою

#### 6.1. 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.

#### 6.2. Послідовність виконання завдання

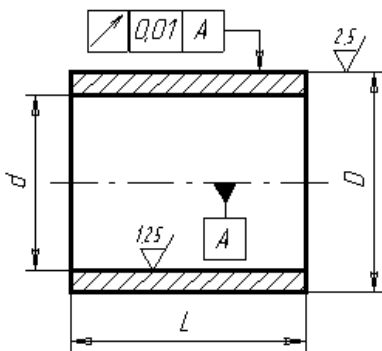
1. Ознайомитись з метою та змістом завдання.
2. Ознайомитись з заданим операційним ескізом заготовки (див. табл.1) та технічними вимогами до нього.
3. Ознайомитись з конструкціями патронів і оправок з гідропластом, їх призначенням, та особливостями їх встановлення на верстатах.
4. Вивчити методику розрахунку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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 68                                |

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                            |

### 6.3. Загальні відомості

Самоцентруючі пристрої з гідропластом забезпечують високу точність центрування заготовок, що оброблюються, значно вищу, 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 та масового виробництва значно підвищує економічну точність обробки,

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 69                                |

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 пристроїв 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 затискає 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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 70                                |

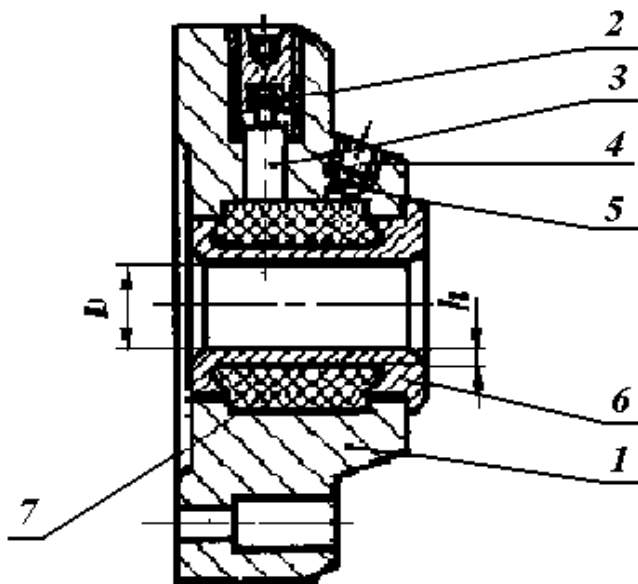


Рис. 6.1. Самоцентруючий патрон з гідропластом

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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 71                                |

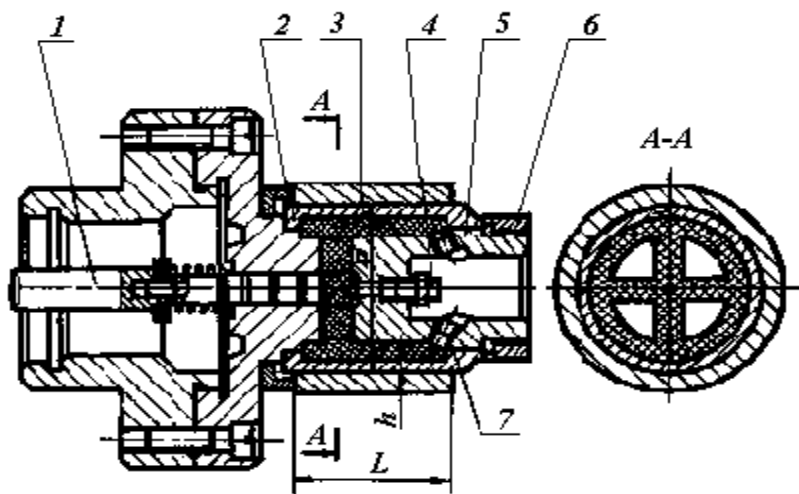


Рис. 6.2. Самоцентруюча оправка з гідропластом та пневматичним приводом

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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 72                                |

Найчастіше для заповнення пристроїв використовуються три марки пластичних мас: СМ, ДМ і МАТИ-1-4. Температура плавлення гідропласту СМ становить 140°...150°С, гідропласту ДМ-120°...130°С, гідропласту МАТИ-1-4-150°...160°С. Перед заливанням розплавленої гідропластмаси пристрій нагрівають вище температури плавлення відповідної марки гідропласту на 10-15° С, 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...4,5кН/см<sup>2</sup> (300...450 кг/см<sup>2</sup>). Менш в'язкий гідропласт ДМ починає просочуватись при розмірі щілини 0,01 мм під тиском 1,25 кН/см<sup>2</sup> (125кг/см<sup>2</sup>).

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 легованих 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

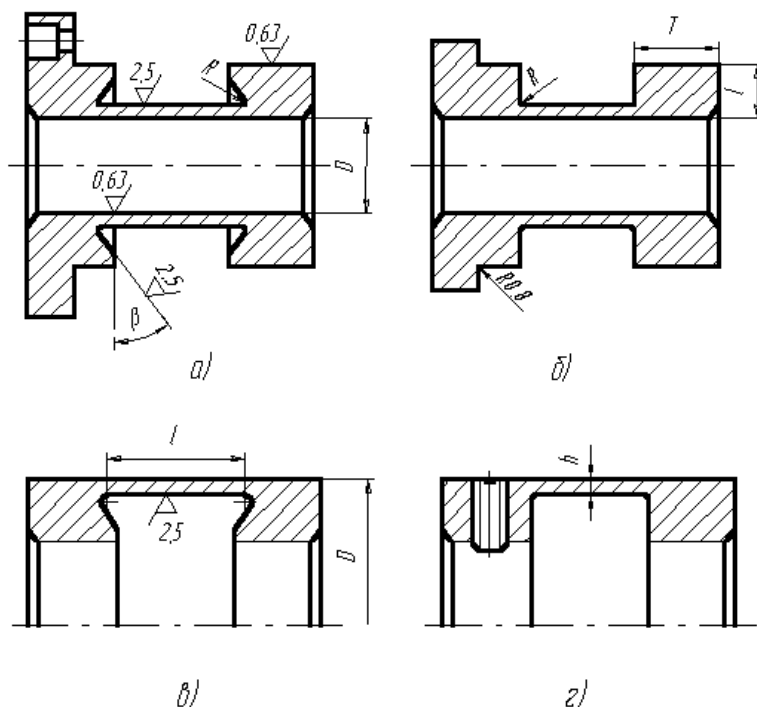
$$t_n = (0,75 \div 0,9) t.$$

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 73                                |

Порожнина втулок під гідроциліндр 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.



|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 74                                |

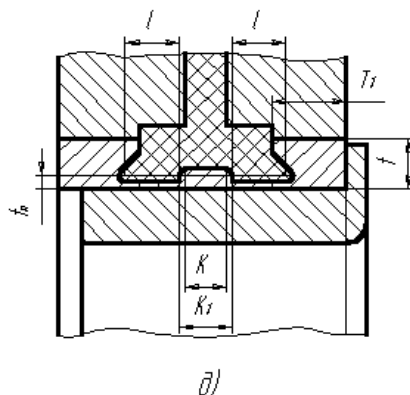


Рис.6.3. Конструкції тонкостінних пружних втулок для патронів і оправок з гідропластом.

З'єднання втулок з корпусом пристрою виконується по посадці з натягом ( $p6$ ,  $r6$ ). При підвищених режимах різання і при обробці великогабаритних деталей тонкостінні втулки додатково кріплять до корпусу гвинтами (див. рис.6.3, з).

Розрахунки та практика використання показують, що самоцентруючі механізми з пружною оболонкою можна використовувати для затискання деталей з базовими поверхнями, виготовленими не нижче 9 квалітету точності.

#### 6.4. Послідовність розрахунку оправок та патронів з гідропластом

При проектуванні патронів і оправок з гідропластом розраховують:

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 75                                |

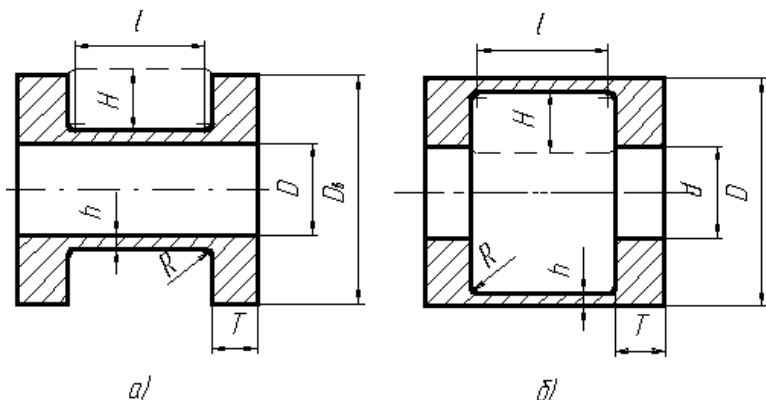


Рис. 6.4. Схеми для розрахунку пружних тонкостінних втулок.

Розрахунки основних параметрів тонкостінних втулок 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:

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

– при затисканні по зовнішній поверхні:

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 76                                |

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  $\sigma_T$  - межа текучості матеріалу втулки Н/мм<sup>2</sup> (кг/мм<sup>2</sup>);

–  $E$  - модуль пружності матеріалу втулки Н/мм<sup>2</sup>(кг/мм<sup>2</sup>);

–  $K = 1,2 - 1,5$  - 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  $\Delta D_{\text{доп}} > S_{\text{max}}$  втулка центрує і затискає деталь, а при  $\Delta D_{\text{доп}} = S_{\text{max}}$  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:

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 77                                |

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

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:

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 78                                  |

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

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 затискання;

–  $D$  - діаметр з'єднання втулка - заготовка;

–  $f$  - коефіцієнт тертя на поверхнях з'єднання;

–  $l$  - довжина тонкостінної частини втулки;

–  $\Psi$  - 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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 79                                |

### Значення коефіцієнту $\psi$

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 |

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

– для коротких втулок при  $l < D/2$ :

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

– 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:

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 80                                |

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

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  $10 \div 20$  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  $\Delta V$  - 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 стиснення гідропласту (0,5 % від початкового об'єму на 100 кгс/см<sup>2</sup> тиску), тобто:

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 81                                |

де  $V$  - початковий об'єм гідроластмаси в пристрої.

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

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

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

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

## 6.5. Приклад виконання завдання

**Завдання.** Розрахувати самоцентруючу оправку з гідроластмасою та пневмоприводом для встановлення та чистової обробки зовнішнього діаметра втулки на токарному верстаті (див. рис.6.5).

*Вихідні дані:* Момент різання  $M_{різ}$ , що виникає в процесі обробки, дорівнює 6000 Н/см (600 кгс·см). Тиск повітря в мережі пневмоприводу – 0,4 МПа (4 кгс /см<sup>2</sup>).

### Пояснення до виконання завдання.

Враховуючи високі вимоги по точності допуску радіального биття втулки (0,01мм), приймаємо установку деталі з базуванням по внутрішньому діаметру (Ø100H7) 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.6.1.

Розрахунок гідроластової оправки зводиться до розрахунку основних розмірів установчої втулки, розмірів діаметра і

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 82                                |

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 ( $\varnothing 100\text{H7}$ ) з посадкою  $f7$ , тобто:  $D = 100 \text{ } f7 \left( \begin{smallmatrix} -0,036 \\ -0,073 \end{smallmatrix} \right)$ .

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

Товщину  $h$  стінки втулки визначаємо за формулою:

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

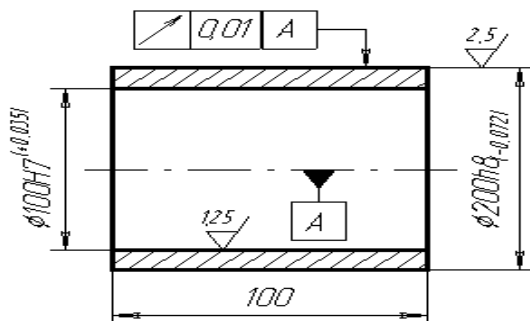


Рис.6.5. Ескіз деталі.

Висота  $H$  порожнини під гідроциліндр:

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 83                                |

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

Визначаємо ширину посадочного паска:

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

Приймаємо  $T = 12 \text{ мм}$ .

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:

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

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.

Визначаємо 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 ( $M_{\text{різ}} = 600 \text{ кгс/см}$ ) визначаємо за формулою:

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 84                                |

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 плунжера  $d_0$  приймаємо в межах  $(1,5 \div 1,8) \sqrt{D}$  :

$$d_0 = 1,8 \sqrt{D} = 1,8 \cdot \sqrt{100} = 18 \text{ мм}.$$

Сила  $P_B$  на плунжері або на штоці пневматичного приводу:

$$P_B = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot P = \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{4} \cdot 128,8 = 328 \text{ кгс} = 3280 \text{ Н}$$

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 85                                  |

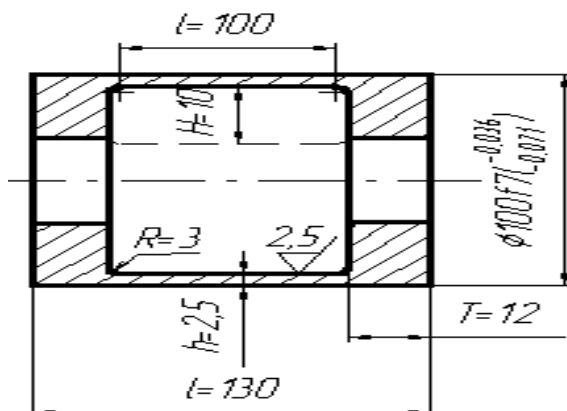


Рис.6.6. Розрахункова схема тонкостінної втулки оправки.

Діаметр поршня пневмоциліндра:

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

$p = 4 \text{ кгс/см}^2$  - тиск повітря в пневммережі, (0,4МПа).

$\eta = 0,85$  – к.к.д. пневмоциліндра.

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

Визначаємо величину ходу поршня і плунжера:

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 86                                  |

де  $\Delta V$  - 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 стиснення 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:

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 87                                  |

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

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 самоцентрівній гідропластній оправці виконується.

### 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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 88                                |

## Практичне заняття № 7

### Розрахунок точності свердлування отворів в кондукторах

#### 7.1. 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 перевірочний 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 6.

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  $E_{\kappa 6} = 0,005$  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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 89                                |

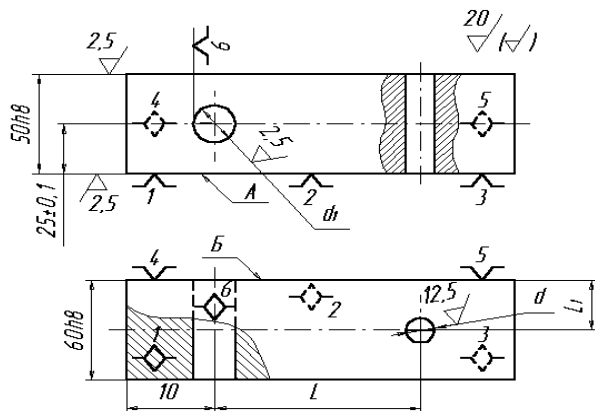


Рис. 7.1. Операційний ескіз деталі

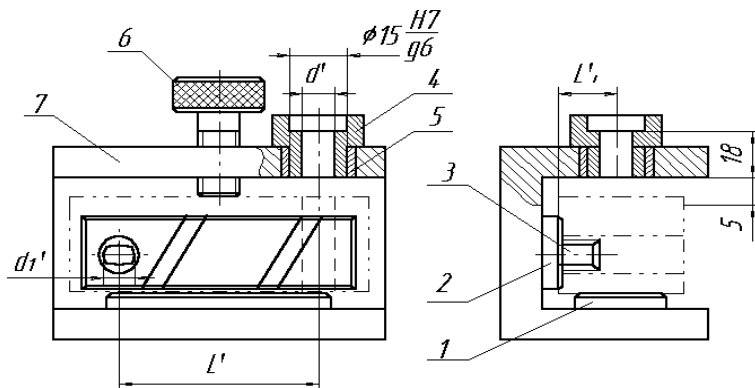


Рис. 7.2. Ескіз кондуктора для свердлування в деталі отвору діаметром  $d$ . (1,2 – встановлювальні пластини; 3 – зрізаний палець; 4 – змінна кондукторна втулка; 5 – постійна (перехідна) втулка; 6 – гвинт затискний; 7 – корпус кондуктора.)

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 90                                  |

**Варіанти завдань**  
Таблиця 7.1.

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 91                                |

## 7.2. 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  $\delta_{Lp}$ , що забезпечується кондуктором.
6. Порівняти величину допуску  $\delta_{Lp}$ , що розрахований з допуском на розмір  $\delta$ , 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  $\delta_{Lp}$ , що очікується.

## 7.3. Загальні 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 розрахунку необхідно проаналізувати. Можливі варіанти зменшення похибки обробки деталі: змінити схему базування або підвищити точність установочних та направляючих елементів конструкції пристрою.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 92                                |

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 данної операції в пристрої.

Точність свердлування отворів в кондукторах залежить від таких основних факторів:

- відхилення відстані між центрами отворів в кондукторній плиті -  $\pm \delta_{LK}$ ;
- 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) -  $D_{зс} - D_{к}$ ;
- 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.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 93                                |

**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  |

#### 7.4 Приклад виконання завдання

**Завдання.** Виконати перевіірочний 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.

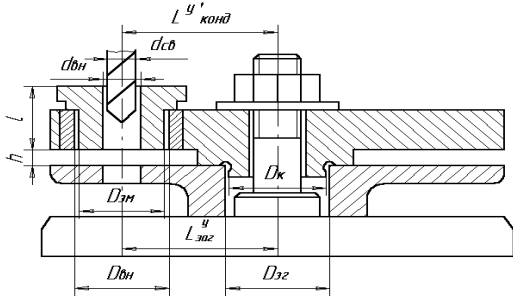
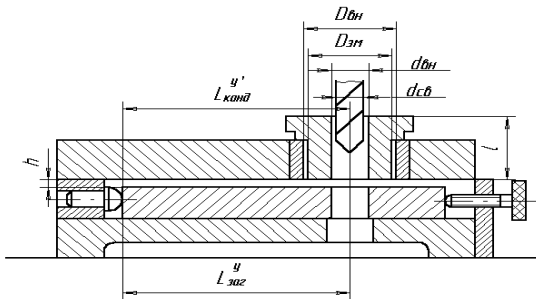
Вихідні дані для розрахунку:

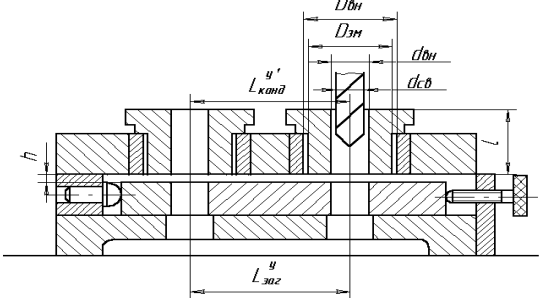
- діаметр отвору в деталі, що свердлується –  $d = 10H11(^{+0,090}_{-0,000})_{мм}$ ;
- діаметр базового отвору в деталі –  $d_1 = 10H9(^{+0,036}_{-0,000})_{мм}$ ;
- відстань між центрами отворів деталі –  $L = 50 \pm 0,1_{мм}$ ;
- відстань до центра отвору  $d$  від базової площини  $B$  –  $L_1 = 10 \pm 0,1_{мм}$ ;
- діаметр отвору змінної кондукторної втулки –  $d = 10F7(^{+0,028}_{+0,013})$ ;
- діаметр зрізаного пальця –  $d_1' = 10g6(^{-0,005}_{-0,014})$ ;

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 94                                |

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

Таблиця 7.2

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |         |                                          |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------|--------------|
| Житомирська політехніка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019 |         | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-2025 |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Випуск                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1                            | Арк. __ / 95 |
| №<br>п/п                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Схема кондуктора і формула для розрахунку величини допуску                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                          |         |                                          |              |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <div></div> $\pm \delta_{L_p} \geq F \cdot \delta_{L_k} \pm 2 \left[ k \frac{D_{\text{вн}} - D_{\text{зм}}}{2} \pm k \frac{d_{\text{вн}} - d_{\text{св}}}{2} \pm m E_{\text{кв}} \pm p (d_{\text{вн}} - d_{\text{св}}) \frac{h + t}{l} \right]$ |                                                                                                                                                                          |         |                                          |              |
| <p align="center"><b>Позначення:</b></p> <p><math>\delta</math> – величина граничного відхилення розмірів кондуктора в мм; <math>D_{3z}</math> – максимальний діаметр базового отвору заготовки в мм; <math>D_k</math> – мінімальний діаметр направляючої частини накладного кондуктора в мм; <math>D_{\text{вн}}</math> – максимальний діаметр отвору під змінну кондукторну втулку в мм; <math>d_{\text{вн}}</math> – максимальний діаметр отвору кондукторної втулки в мм; <math>D_{\text{зм}}</math> – мінімальний посадочний діаметр кондукторної втулки в мм; <math>E_{\text{кв}}</math> – ексцентриситет кондукторної втулки; <math>h</math> – відстань між торцем втулки і заготовкою в мм; <math>t</math> – довжина свердлування в мм; <math>l</math> – довжина прямого отвору кондукторної втулки в мм; <math>F</math> – коефіцієнт, що враховує ймовірне граничне відхилення координат центрів отворів в кондукторі (табл. 7.3); <math>k</math> – коефіцієнт, що враховує найбільш ймовірну межу зазорів в з'єднаннях і найбільш ймовірне зміщення (табл. 7.3); <math>m</math> – коефіцієнт, що враховує найбільш ймовірну величину ексцентриситету змінної втулки (табл. 7.3); <math>p</math> – коефіцієнт, що враховує найбільш ймовірну величину перекосу свердла (табл. 7.3); <math>d_{\text{св}}</math> – мінімальний діаметр свердла в мм.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                          |         |                                          |              |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 96                                |

- 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 –  $d_{св} = 10h8_{(-0,022)} \text{ мм}$ ;
- ексцентриситет кондукторної втулки –  $E_{кв} = 0,005 \text{ мм}$ .

### 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:  $L = 50 \pm 0,1 \text{ мм}$ ;  $L_1 = 10 \pm 0,1 \text{ мм}$ .

Для розміру  $L_1 = 10 \pm 0,1 \text{ мм}$  похибка базування дорівнює нулю  $E_{BL1} = 0$  (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:

$$\pm \delta_{Lp} \geq \pm F \cdot \delta_{Lk} \pm k \cdot \frac{D_{32} - D_k}{2} \pm k \cdot \frac{D_{6H} - D_{3M}}{2} \pm k \cdot \frac{d_{6H} - d_{св}}{2} \pm m \cdot E_{кв} \pm p \cdot (d_{6H} - d_{св}) \cdot \frac{h+t}{l}$$

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  $L' = 50 \pm 0,04 \text{ мм}$  кондуктора (див. рис. 7.2);

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

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 97                                |

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

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

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

$E_{кв} = 0,005$  мм - ексцентриситет 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  $L = 50 \pm 0,1$  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  $L = 50 \pm 0,1$  мм.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 98                                  |

### Контрольні запитання

1. Конструкції та призначення постійних і змінних кондукторних втулок.
2. Посадка різального інструменту у втулках і втулок у корпус кондукторної плити.
- 3 Фактори, що обумовлюють точність обробки деталей в кондукторах.
4. Методи розрахунку свердлувальних кондукторів на точність.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 99                                |

## Рекомендована література

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

2 Яновський В.А. Методичні рекомендації для проведення практичних занять з дисципліни «Проектування технологічного оснащення» та виконання самостійної роботи для студентів освітнього рівня «Магістр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування». – Житомир :Державний університет «Житомирська політехніка», 2024 – 128 с.

3. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп’ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ; уклад. В. П. Приходько, О. В. Литвин. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с. – Назва з екрана. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22775>

4. Приходько, В. П. Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв. Методичні матеріали до виконання курсового і дипломного проєктів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Технології машинобудування» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Приходько В. П. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 89 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47783>.

5. Біланенко, В. Г. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / В. Г. Біланенко, В. П. Приходько, О. О. Мельник ; КПІ

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 100                                 |

ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27740>.

6. Технологічна оснастка : Навчальний посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» /Укл. В.С.Медведєв, В.І.Тулупов, С.Г.Онищук – Краматорськ, ДДМА, 2021. – 108с.

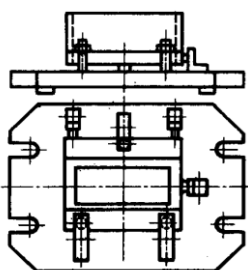
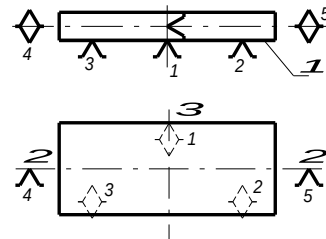
7. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник/ О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. - Житомир: ЖДТУ, 2008 -1014 с.

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 101                               |

## ДОДАТКИ

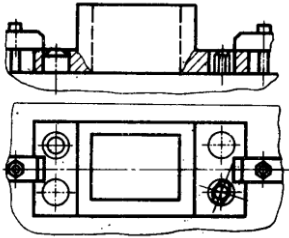
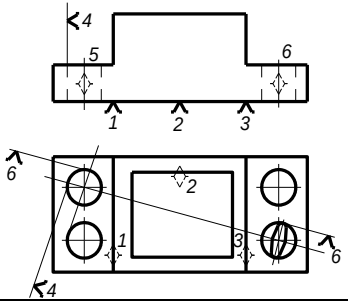
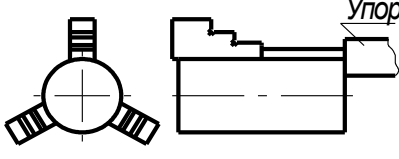
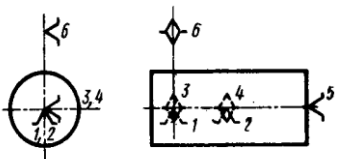
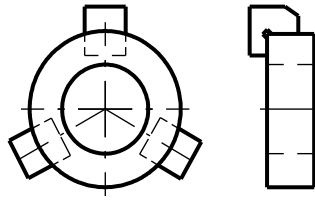
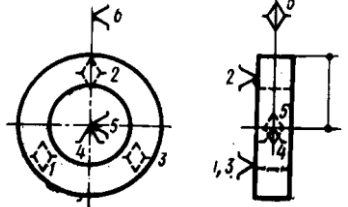
### Додаток А. Поширені схеми базування деталей

(ДСТУ 2232- 93)

| № | Схема встановлення                                              | Теоретична схема базування                                                          |
|---|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Встановлення заготовки по площині основи і двох бічних сторонах |    |
| 2 | Встановлення заготовки по площині (на магнітній плиті)          |  |

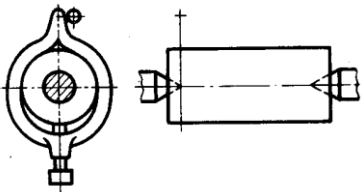
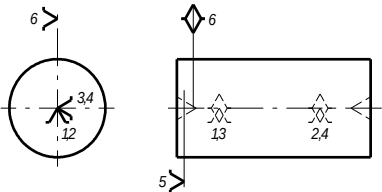
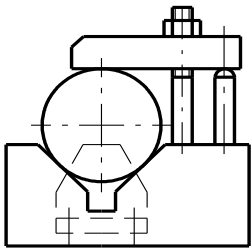
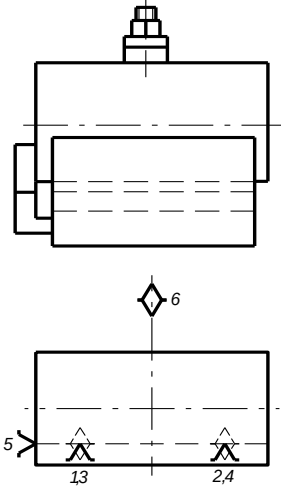
Продовж. дод. А

|                         |                                                                                                                                                                          |         |               |                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                              | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 102                               |

| № | Схема встановлення                                                      | Теоретична схема базування                                                                                                                                              |
|---|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Встановлення заготовки по площині і двом отворах                        |       |
| 4 | Встановлення вала в трикулачковому самоцентрівному патроні ( $l > D$ )  |       |
| 5 | Встановлення диска в трикулачковому самоцентрівному патроні ( $l < D$ ) |   |

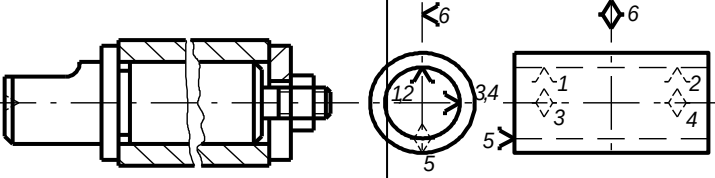
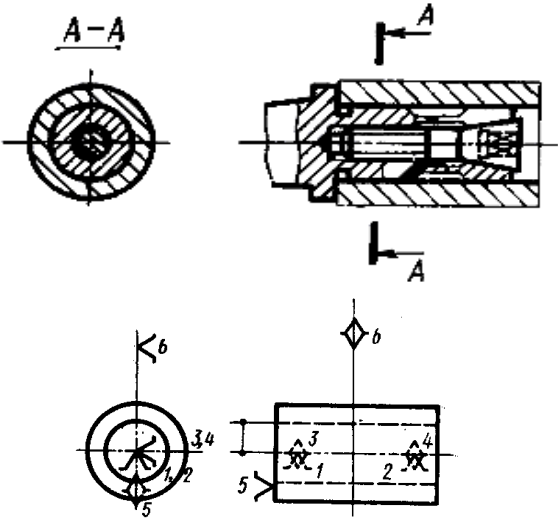
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 103                               |

Продовж. дод.у А

| № | Схема встановлення                                                                 | Теоретична схема базування                                                         |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Встановлення вала в центрах                                                        |                                                                                    |
|   |   |   |
| 7 | Встановлення вала на призму                                                        |                                                                                    |
|   |  |  |

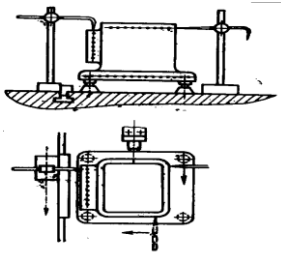
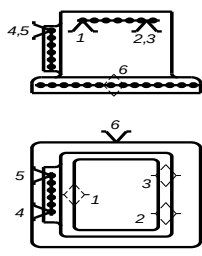
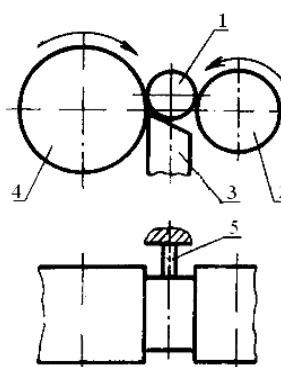
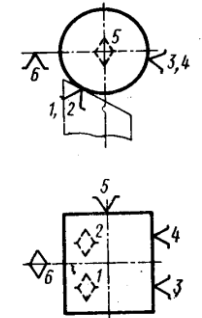
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 104                               |

Продовж. дод. А

| № | Схема встановлення                                                                  | Теоретична схема базування |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 8 | Встановлення втулки на циліндричній оправці<br>(з зазором)                          |                            |
|   |    |                            |
| 9 | Встановлення втулки<br>на розтискній оправці та на оправці з натягом(без<br>зазору) |                            |
|   |   |                            |

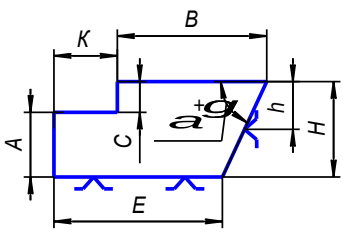
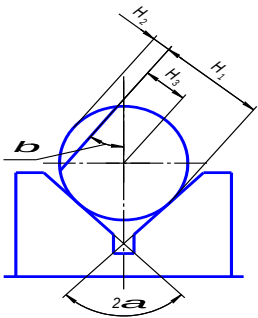
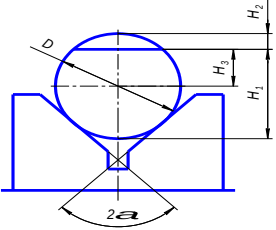
|                         |                                                                                                                                                                              |         |               |                                              |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРЬСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                  | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 105                               |

Закінч. дод. А

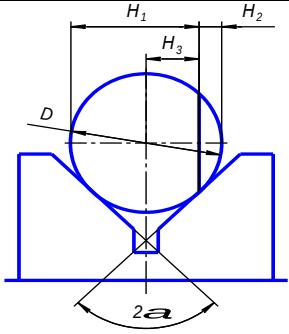
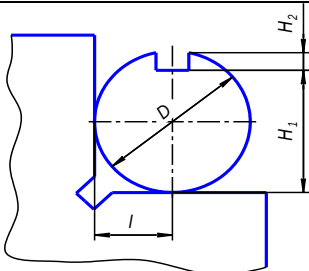
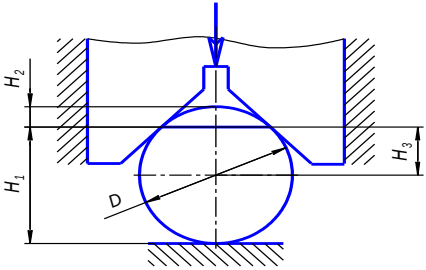
| №  | Схема встановлення                                                                                                                                                                        | Теоретична схема базування                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Встановлення заготовки корпусної деталі з перевіркою її положення по розміточних рисках                                                                                                   |                                                                                    |
|    |                                                                                                          |   |
| 11 | Встановлення заготовки при безцентровому врізному шліфуванні                                                                                                                              |                                                                                    |
|    |  <p>1- заготовка;<br/>2- ведучий круг; 3- опора;<br/>4- шліфувальний круг;<br/>5- повздовжній упор.</p> |  |

|                         |                                                                                                                                                                          |         |               |                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                              | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 106                               |

Продовж. дод. Б

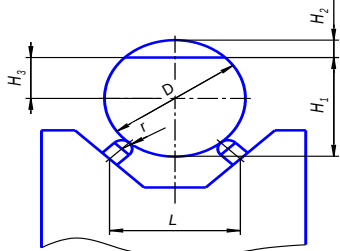
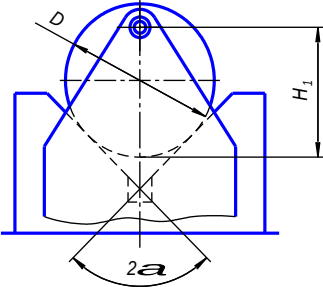
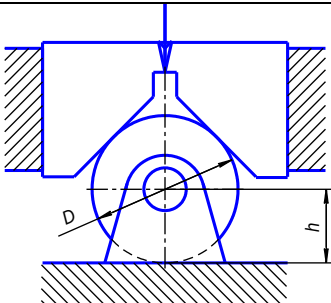
| Додаток Б<br>Формули для розрахунку похибок базування |                                                                                     |        |                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | Схема базування                                                                     | Розмір | Похибка базування $\Delta \varepsilon_6$                                                         |
| 1                                                     | 2                                                                                   | 3      | 4                                                                                                |
| 1                                                     |    | A      | 0                                                                                                |
|                                                       |                                                                                     | B      | $T_h \operatorname{tg} \alpha$<br>при $\alpha \neq 90^\circ$                                     |
|                                                       |                                                                                     |        | 0<br>при $\alpha = 90^\circ$                                                                     |
|                                                       |                                                                                     | C      | $T_H$                                                                                            |
|                                                       |                                                                                     | K      | $T_E$                                                                                            |
| 2                                                     |   | $H_1$  | $0,5T_D \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1 \right)$<br>при $\beta = \alpha \div 90^\circ$ |
|                                                       |                                                                                     |        | $0,5T_D \left( \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} - 1 \right)$<br>при $\beta = 0 \div \alpha$        |
|                                                       |                                                                                     | $H_2$  | $0,5T_D \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1 \right)$                                       |
|                                                       |                                                                                     | $H_3$  | $0,5T_D \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ ,<br>где $T_D$ – допуск на зовнішній діаметр заготовки   |
| 3                                                     |  | $H_1$  | $0,5T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$                                                |
|                                                       |                                                                                     | $H_2$  | $0,5T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$                                                |
|                                                       |                                                                                     | $H_3$  | $0,5 T_D \frac{1}{\sin \alpha}$                                                                  |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 107                               |

| 1 | 2                                                                                  | 3     | 4         |
|---|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|
| 4 |   | $H_1$ | $0,5 T_D$ |
|   |                                                                                    | $H_2$ | $0,5 T_D$ |
|   |                                                                                    | $H_3$ | 0         |
| 5 |   | $l$   | $0,5 T_D$ |
|   |                                                                                    | $H_1$ | 0         |
|   |                                                                                    | $H_2$ | $T_D$     |
| 6 |  | $H_1$ | 0         |
|   |                                                                                    | $H_2$ | $T_D$     |
|   |                                                                                    | $H_3$ | $0,5 T_D$ |

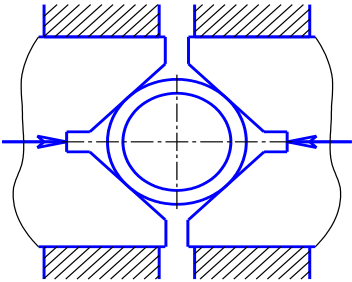
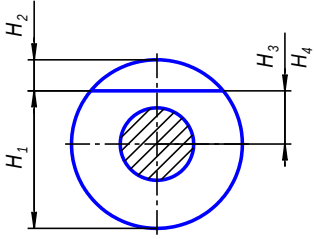
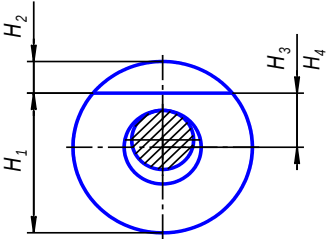
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 108                               |

Продовж. дод. Б

| 1 | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                               | 4                                                                                      |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 |    | $H_1$                                                                                                                                           | $A - 0,5 T_D$                                                                          |
|   |                                                                                     | $H_2$                                                                                                                                           | $A + 0,5 T_D$                                                                          |
|   |                                                                                     | $H_3$                                                                                                                                           | $A$                                                                                    |
|   |                                                                                     | $A = \sqrt{(r + 0,5D_{\min} + 0,5T_D)^2 - 0,5L^2} - \sqrt{(r + 0,5D_{\min})^2 - 0,25L^2}$ <p>де <math>L</math> – відстань між центрами опор</p> |                                                                                        |
| 8 |    | $h$                                                                                                                                             | $0,5 T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$ <p>при <math>h &gt; 0,5D</math></p> |
|   |                                                                                     |                                                                                                                                                 | $0,5 T_D \frac{1}{\sin}$ <p>при <math>h = 0,5D</math></p>                              |
|   |                                                                                     |                                                                                                                                                 | $0,5 T_D \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$ <p>при <math>h &lt; 0,5D</math></p> |
| 9 |  | $h$                                                                                                                                             | $0,5 T_D$ <p>при будь-якому <math>h</math></p>                                         |

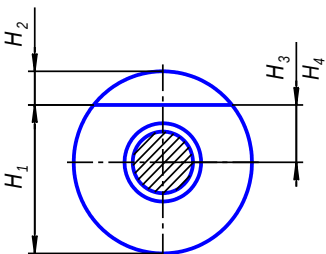
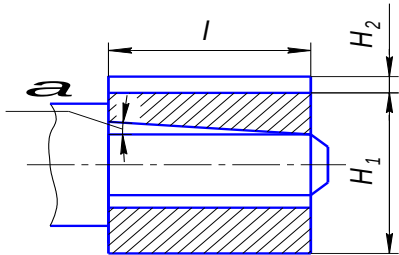
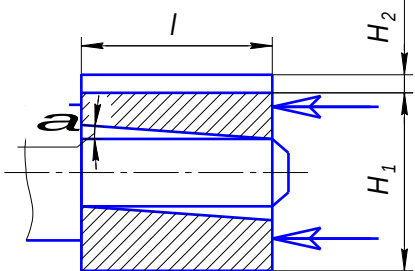
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 109                               |

Продовж. дод. Б

| 1  | 2                                                                                   | 3          | 4                                                                                    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 |    | $e$        | $e$ –<br>ексцентриситет<br>осі отвору<br>відносно<br>зовнішньої<br>поверхні<br>$e=0$ |
| 11 |    | $H_1, H_2$ | $0,5 T_D + 2e$                                                                       |
|    |                                                                                     | $H_3$      | $2e$                                                                                 |
|    |                                                                                     | $H_4$      | 0                                                                                    |
| 12 |  | $H_1, H_2$ | $0,5 T_D + 2e + 0,5\delta_2$                                                         |
|    |                                                                                     | $H_3$      | $2e + 0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$                                                     |
|    |                                                                                     | $H_4$      | $0,5\delta_1 + 0,5\delta_2$                                                          |

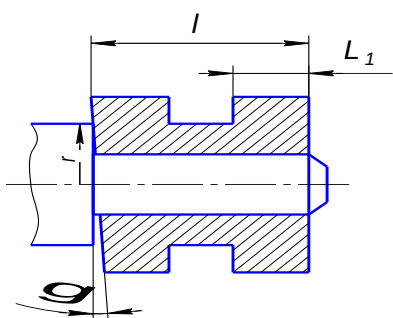
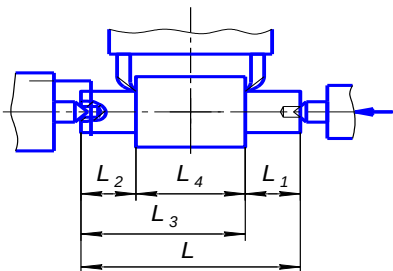
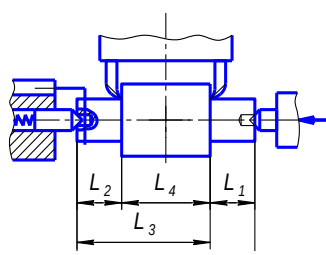
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 110                                 |

Продовж. дод Б

| 1  | 2                                                                                   | 3         | 4                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------|
| 13 |    | H1.       | $0,5T_D + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$                                |
|    |                                                                                     | H3        | $2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$                                         |
|    |                                                                                     | H4        | $\delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$                                              |
| 14 |    | H1,<br>H2 | $0,5 T_D + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta - 2l \operatorname{tg} \alpha$ |
| 15 |  | H1,<br>H2 | $0,5 T_D + 2e + 0,5\delta_2 + l \operatorname{tg} \alpha$                    |

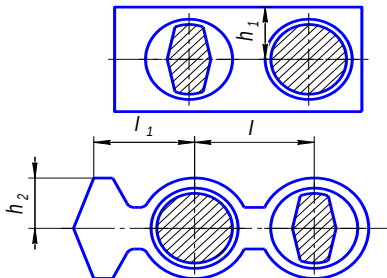
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 111                                 |

Продовж. дод. Б

| 1  | 2                                                                                   | 3               | 4                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 16 |    | $L_1$           | $\delta_1 + 2r \operatorname{tg} \gamma$                   |
| 17 |    | $L_1$           | $\delta_L + \Delta_{\Pi}$                                  |
|    |                                                                                     | $L_2, L_3$      | $\Delta_{\Pi} = \frac{\delta_d}{\operatorname{tg} \alpha}$ |
|    |                                                                                     | $L_4$           | 0                                                          |
| 18 |  | $L_1$           | $\delta_L$                                                 |
|    |                                                                                     | $L_2, L_3, L_4$ | 0                                                          |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 112                               |

Закінч. дод. Б

| 1  | 2                                                                                 | 3     | 4                                                                          |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------|
| 19 |  | $h_1$ | $2\Delta + \delta_1 + \delta_2$                                            |
|    |                                                                                   | $h_2$ | $(2\Delta + \delta_1 + \delta_2) \times \left( \frac{2l_1 + l}{l} \right)$ |

**Примітка:** 1. На схемі 10 – 16 і 19 :  $H_3$  – розмір від поверхні, що оброблюється до осі зовнішньої поверхні;  $H_4$  – до осі отвору;  $e$  – ексцентриситет зовнішньої поверхні відносно отвору;  $\delta_1$  – допуск на діаметр отвору;  $\delta_2$  – допуск на діаметр пальця;  $\Delta$  – мінімальний радіальний зазор посадки заготовки на палець;  $\delta_1$  – допуск на довжину заготовки. 2. Похибка базування в схемах 11–16 включає похибку пристрою  $\Delta \varepsilon_{пр}$ . 3. На схемі 17:  $\delta_d$  – допуск на діаметр центрального гнізда;  $\alpha$  – половина кута центрального гнізда;  $\Delta_{ц}$  – похибка глибини центрального гнізда (просадка центра). При куті центру  $2\alpha = 60^\circ$  просадку центрів  $\Delta_{ц}$  приймають:

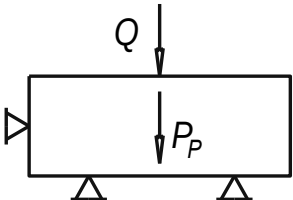
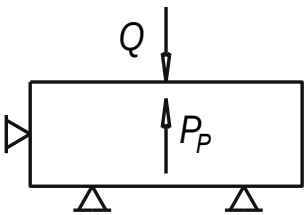
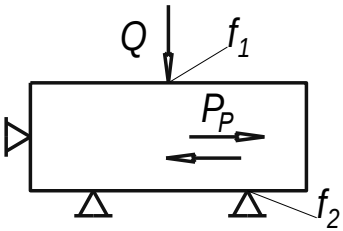
|                                            |         |       |        |         |       |
|--------------------------------------------|---------|-------|--------|---------|-------|
| Найбільший діаметр центрального гнізда, мм | 1;2;2,5 | 4;5;6 | 7;5;10 | 12,5;15 | 20;30 |
| $\Delta_{ц}$ , мм                          | 0,11    | 0,14  | 0,18   | 0,21    | 0,25  |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 113                                 |

### Додаток В

#### Розрахункові схеми та формули для визначення сили затискання

**Q**

| № | Розрахункова<br>схема                                                               | Формули та<br>пояснення до схеми                                                                                                                            |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                                           |
| 1 |    | <p>При <math>P_p = \text{const} - Q = 0</math>;<br/>при <math>P_p = \text{var} - Q &gt; 0</math>.</p> <p>(Для ліквідації зазорів в системі та вібрацій)</p> |
| 2 |    | <p>Для ЗМ:<br/>– типу 1<br/><math>Q = 0,7 K_3 P_p</math>;</p> <p>– типу 2<br/><math>Q = K_3 P_p</math></p>                                                  |
| 3 |  | $Q = K_3 \frac{P_p}{f_1 + f_2}$                                                                                                                             |

|                         |                                                                                                                                                                          |         |               |                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 114                                 |

родовж. дод. В

| 1 | 2 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 |   | <p>Для ЗМ:<br/>– типу 1</p> $Q = K_3 \frac{P_2 + 0,5P_1(f_1 + f_2)}{f_1 + f_2};$ <p>– типу 2</p> $Q = K_3 \frac{P_2 - P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}.$ <p>Якщо <math>P_1 &gt; K_3 P_2</math> та відсутні вібрації, то <math>Q=0</math>.</p>                                                 |
| 5 |   | <p>Для ЗМ:<br/>– типу 1</p> $Q_1 = 0,7 K_3 P_1;$ $Q_2 = K_3 \frac{P_2 - 0,5P_1(f_1 + f_2)}{f_1 + f_2};$ <p>– типу 2</p> $Q_1 = K_3 P_1;$ $Q_2 = K_3 \frac{P_2 + P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2}.$ <p>Силу затискання Q приймають по більшому з розрахованих значень <math>Q_1 Q_2</math></p> |



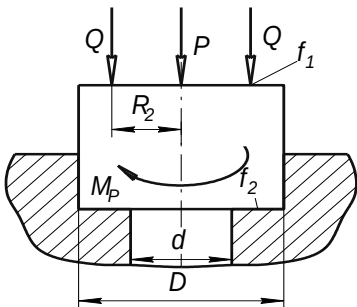
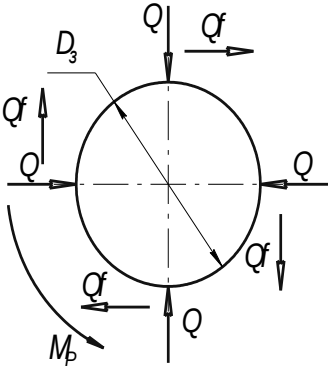
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 116                               |

Продовж. дод. В

| 1 | 2                                                                                                                                                                                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | <p> <math>f</math> – коефіцієнт тертя по поверхні заготовки;<br/> <math>f_1</math> – коефіцієнт тертя при переміщенні заготовки у напрямку сили <math>P_x</math>;<br/> <math>f_2</math> – коефіцієнт тертя торця заготовки з уступами кулачків.         </p> | <p>1. При <math>P_x = 0</math>:</p> $Q = K_3 \frac{2M_p}{n \cdot f_1 \cdot D}$ <p>2. При <math>P_x &gt; 0</math>, у випадку коли заготовка встановлюється без упора торцем:</p> $Q = K_3 \left[ \frac{2M_p}{n \cdot f_1 \cdot D} + \frac{P_x}{n \cdot f_1} \right]$ <p>3. При <math>P_x &gt; 0</math>, у випадку коли заготовка встановлюється з упором торцем в уступ кулачка:</p> $Q = K_3 \frac{M_p - P_x \cdot f_1 \cdot R_1}{n \cdot f \cdot \frac{D}{2} - n \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot R_1}$ <p> <math>R_1</math> – середній радіус розташування поверхні тертя з торцем заготовки.         </p> |

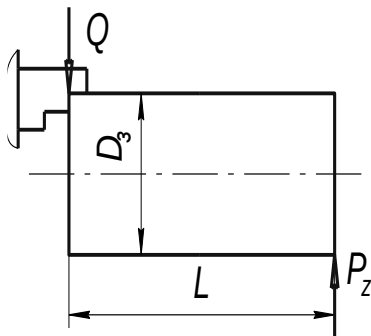
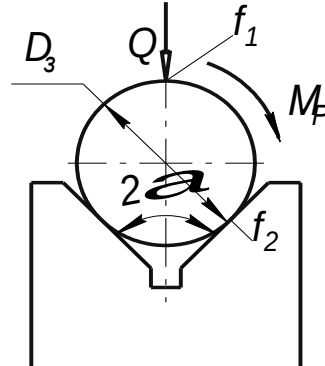
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 117                                 |

Продовж. дод. В

| 1  | 2                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 |   | <p>Для ЗМ:<br/>–типу 1</p> $Q = K_3 \frac{M_p + 0,5(Pf_1R_2 - \frac{1}{3}Pf_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2})}{\frac{1}{3}f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1R_2};$ <p>–типу 2</p> $Q = K_3 \frac{M_p + \frac{1}{3}Pf_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3}f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1R_2}$ |
| 11 |  | <p>Коротка заготовка з діаметром бази D3 (l3 &lt; D3) встановлена в самоцентруючому патроні з n-кулачками</p> $Q = K_3 \frac{2 \cdot M_p}{n \cdot D_3 \cdot f}.$                                                                                                                                          |

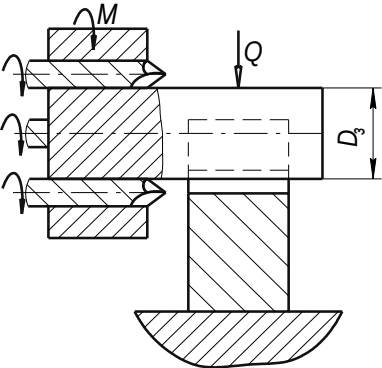
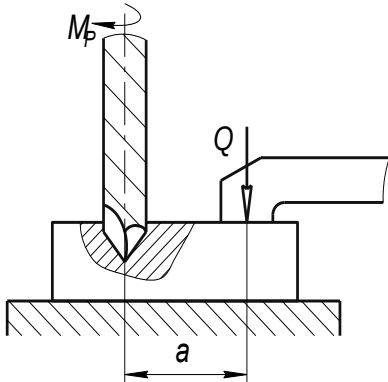
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 118                               |

Продовж. дод. В

| 1  | 2                                                                                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 |                                                                    | <p>Довга заготовка з діаметром бази <math>D_3</math> (<math>l_3 &gt; D_3</math>) консольно встановлена в патроні, кулачки якого мають короткі уступи.</p> <p>Для патронів:</p> <p>– трьохкулачкового</p> $Q = K_3 \frac{1,33 \cdot L \cdot P_z}{D_3 \cdot f}$ <p>– чотирьохкулачкового</p> $Q = K_3 \frac{0,7 \cdot L \cdot P_z}{D_3 \cdot f}$ |
| 13 |  <p><math>P_x</math> – сила, що діє паралельно осі заготовки.</p> | <p>1. При <math>P_x = 0</math>:</p> $Q = K_3 \frac{2M}{D_3 \left( f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha} \right)}$ <p>2. При <math>P_x &gt; 0</math>:</p> $Q = K_3 \frac{2M}{D_3 \left( f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha} \right)} + \frac{P_x}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha}}$                                                                             |

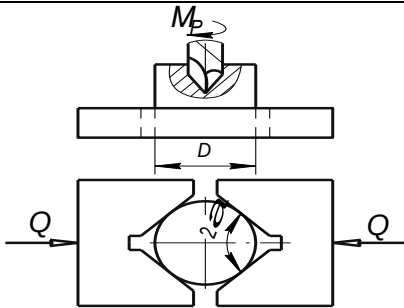
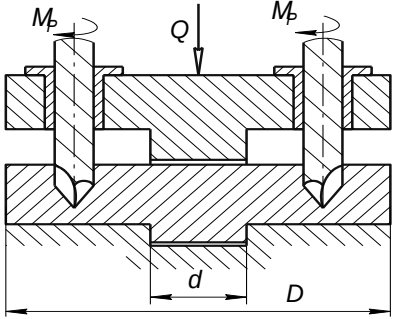
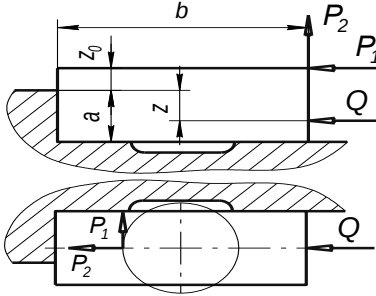
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 119                               |

Продовж. дод. В

| 1  | 2                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14 |   | <p>В заготовці з діаметром бази <math>D_3</math>, що встановлена в призмі з кутом <math>2\alpha</math>, одночасно обробляють декілька отворів осьовим інструментом.</p> <p>1. При <math>P_x = 0</math>:</p> $Q = K_3 \frac{2M}{D_3 \left( f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha} \right)}$ <p>2. При <math>P_x &gt; 0</math>:</p> $Q = K_3 \frac{2M}{D_3 \left( f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha} \right)} + \frac{P_x}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha}}$ |
| 15 |  | $Q = K_3 \frac{M_p}{f \cdot a}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

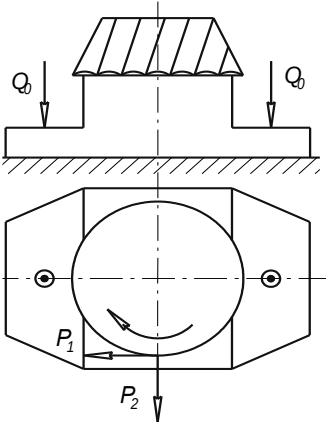
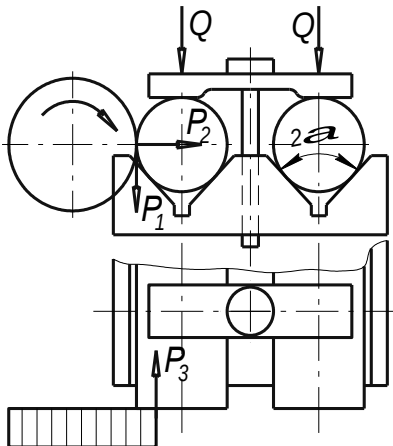
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОКЗ0-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 120                               |

Продовж. дод. В3

|    |                                                                                    |                                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                                  | 3                                                                                |
| 16 |   | $Q = K_3 \frac{M_p \cdot \sin \alpha}{f \cdot D}$                                |
| 17 |   | $Q = K_3 \frac{M_p \cdot n}{\frac{1}{3} f \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$    |
| 18 |  | $Q = K_3 \frac{P_2(b + a \cdot f) + P_1 \cdot Z_0}{a \cdot f^2 + b \cdot f + Z}$ |

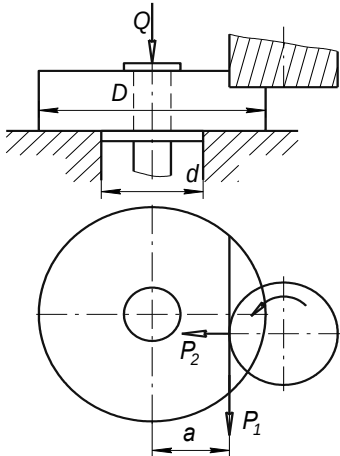
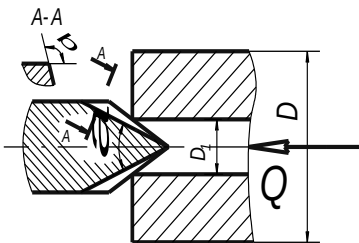
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 121                               |

Продовж. дод. В

| 1  | 2                                                                                  | 3                                                              |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 19 |   | $Q = K_3 \frac{1}{f} \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$ $Q_0 = \frac{Q}{n}$ |
| 20 |  | $Q = K_3 \frac{1}{f} \sin \alpha \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}$ |

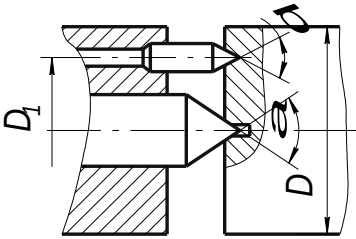
|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск ____                                                                                                                                                                 | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк ____ / 122                               |

Продовж. дод. В

| 1  | 2                                                                                  | 3                                                                                                       |
|----|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 |   | $Q = K_3 \frac{a \sqrt{P_1^2 + P_2^2}}{\frac{1}{3} f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$                      |
| 22 |  | $Q \geq \frac{2P_z \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{D}{D_1}$ |

|                         |                                                                                                                                                                             |         |               |                                              |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|----------------------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 та<br>ДСТУ ISO 21001:2019 |         |               | Ф-20.05-05.02.2/<br>131.00.1/Б/ОК30-<br>2025 |
|                         | Випуск __                                                                                                                                                                   | Зміни 0 | Екземпляр № 1 | Арк __ / 123                                 |

Закінч. дод. В

|    |                                                                                   |                                                                                    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                                 | 3                                                                                  |
| 23 |  | $Q \geq \pi \cdot P_z \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot \frac{D}{D_1}$ |

### Примітка:

. В ЗМ типу 1 існує лінійна залежність між силою затискання і переміщенням, а в ЗМ типу 2 – ця залежність більш складніша.

До ЗМ типу 1 відносяться самогальмівні ЗМ (гвинтові, клинові, ексцентрикові тощо) незалежно від виду приводу (ручний або механізований).

До ЗМ типу 2 відносяться пневматичні, гідравлічні пневмогідравлічні ЗМ прямої дії.

2. У формулах для визначення Q не враховані сили інерції і тяжіння; сили тертя показані не на всіх ескізах.

**Позначення:** Р—сила різання і її складові;

$K_3$  – коефіцієнт запасу затискання;

$f_1$  і  $f_2$  – коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і з ЗМ

$D_3$  – діаметр заготовки;

$L_3$  – довжина заготовки;

$l_1$  – відстань від

$\beta = 90^\circ - 0,5\psi$ ;  $\psi$  — кут конуса при вершині центра

$\varphi_1$  і  $\varphi_2$  — кути тертя відповідно на поверхні конуса центра і пінолі ( $\varphi_1 = \varphi_2 = 3^\circ$ ).