

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков

Технологічна оснастка Розрахунки. Проектування.

**Навчальний посібник
для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка»,
133 «Галузеве машинобудування»**

Харків
НТУ "ХПІ"
2024

УДК 621.7

Я47

Рецензенти:

Купріянов О.В., д-р. техн. наук, проф., Українська інженерно-педагогічна академія;

Клочко О.О., д-р. техн. наук, проф., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

*Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ»,
протокол № 7 від 15 вересня 2023 р.*

як навчальний посібник для студентів спеціальностей
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»

Яковенко І.Е.

Я 47 Технологічна оснастка. Розрахунки. Проектування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 232с.

ISBN 978-617-05-0462-3

Розглянуто призначення та класифікація технологічної оснастки, її основні принципи проектування та необхідні розрахунки на стадії технологічної підготовки машинобудівного виробництва. Детально розглянуто етапи проектування затискних пристроїв металорізальних верстатів. Наведено приклади найбільш типових схем базування заготовки та розрахункових схем зусиль, що потрібні для затиску заготовок, які найчастіше використовуються при проектуванні затискних пристроїв, а також приклади розрахунків параметрів точності пристроїв в залежності від схеми базування, базових і затискних елементів та ін. Розглянуто типові конструкції різноманітних приводів, які забезпечують затиск заготовки та розрахунки їх параметрів. Розібрано уніфіковані конструкції елементів пристроїв на вимоги до них. Призначено для студентів усіх форм навчання спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» та інших спеціальностей галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Іл. 150. Табл. 3. Бібліогр. -23 назв. Додат. 7

УДК 621.7

ISBN 978-617-05-0462-3

© І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков

© НТУ «ХПІ», 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ	8
1.1. Призначення технологічної оснастки.	8
1.2. Класифікація технологічної оснастки.....	10
1.3. Універсальні пристрої (УП).....	16
1.3. Спеціалізовані пристрої.....	17
1.4. Універсально-збірні пристрої (УЗП).....	19
1.5. Спеціальні пристрої.	23
1.6. Ієрархічна класифікація пристроїв.....	25
2 МЕТОДИКА ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ	27
2.1. Загальні принципи проєктування пристроїв.	27
2.2. Загальна структура компонування верстатного пристрою.....	29
2.3. Загальна послідовність проєктування пристроїв.....	31
2.3.1. Визначення типу пристрою.....	31
2.3.2. Проєктування схеми базування заготовки.	33
2.3.3. Проєктування схеми закріплення заготовки.	35
2.3.4. Проєктування допоміжних та додаткових технологічних елементів.	36
2.3.5. Виконання ескізного проєкту пристрою.	37
2.3.6. Розрахунок параметрів точності пристрою.....	37
2.3.7. Розрахунок міцності елементів пристроїв.....	38
2.3.8. Остаточне оформлення конструкторської документації пристрою.	39
2.3.9. Техніко-економічні розрахунки ефективності використання пристрою.	40
3 РОЗРОБКА СХЕМИ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВКИ	41
3.1. Способи базування заготовки.	41
3.2. Концепція базової поверхні. Види баз.....	42
3.3. Схеми базування заготовки.....	44
4 ЕЛЕМЕНТИ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ	56

4.1. Настановні елементи пристроїв.....	56
4.1.1. Вимоги до конструкції настановних елементів.	56
4.1.2. Точкові опори.	57
4.1.3. Опорні пластини та опорні шайби.	59
4.1.4. Настановні призми.	60
4.1.5. Настановні пальці.	62
4.1.5. Настановні центри.....	64
4.2. Затискні елементи пристроїв.	65
4.2.1. Призначення затискних пристроїв.	65
4.2.2 Класифікація затискних пристроїв.....	66
4.2.3. Методи силового замикання елементів затискання та заготовки.	68
4.2.4. Основні вимоги до затискних механізмів.	71
4.2.5. Елементарні затискні механізми.	73
4.2.5.1. Гвинтові затискачі.....	74
4.2.5.2. Клинові та клиноплунжерні затискачі.	78
4.2.5.3. Ексцентрикові затискачі.....	84
4.2.5.4. Важільні затискні пристрої.	88
4.2.5.5. Важельно-шарнірні механізми.	93
4.2.5.6. Механізм із байонетним замком.....	95
4.2.5.7. Цангові затискні пристрої.	96
4.2.5.8. Втулка конічна розрізна.	98
4.2.5.9. Гідропластові затискачі.	98
4.2.5.10. Прихоплювачи.....	101
4.3. Корпуси пристроїв.	104
5 ПРИВОДИ ЗАТИСКНИХ ПРИСТРОЇВ	108
5.1. Пневматичний привід.	108
5.1.1. Поршневі пневмоприводи.	110
5.1.2. Діафрагмові приводи.	116
5.1.3. Камерні приводи.	119
5.2. Гідравлічний привід.....	120

5.3. Пневмогідравлічні приводи.	124
5.4. Механо -гідравлічні приводи.	128
5.5. Електрогідравлічний привід.	130
5.6. Вакуумні приводи.	131
5.7. Електромеханічні приводи.	133
5.8. Електромагнітні та магнітні приводи.	134
5.8.1. Електромагнітні приводи.	134
5.8.2. Приводи з урахуванням постійних магнітів.	136
5.8.3. Електроімпульсні магнітні приводи.	138
5.9. Відцентрово-інерційні приводи.	139
5.10. Приводи, що використовують кінематику верстатів.	140
5.10.1. Приводи від частин верстата, що рухаються.	140
5.10.2. Приводи від сил різання.	141
5.11. Системи закріплення заготовок холодом.	142
6. РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ У ПРИСТРОЮ	144
6.1. Зусилля, які діють заготовку.	144
6.2. Методика визначення зусиль затиску.	145
6.2.1. Затискний пристрій запобігає зсуву заготовки під дією сили різання.	148
6.2.2. Затискні пристрої запобігають повороту заготовки.	152
6.2.3. Затискні пристрої запобігають повороту заготовки під дією бічних сил.	156
6.2.4. Затискні пристрої, що запобігають розкріпленню заготовок при одночасному впливу кількох сил і моментів.	158
6.3. Коефіцієнт запасу.	161
7 ПОХИБКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК У ПРИСТРОЯХ	165
7.1. Похибка встановлення.	165
7.2. Похибка базування.	166
7.3. Похибка закріплення.	178
7.4. Похибка пристрою.	180

7.4.1. Похибка виготовлення.....	181
7.4.2. Похибка зношування.	181
7.4.3. Похибка встановлення пристрою.....	183
8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ	188
Література	194
Додаток 1. Приклади типових схем базування заготовок	197
Додаток 2. Умовні позначення настановних елементів.....	200
Додаток 3. Розрахункові схеми клиноплунжерних механізмів	204
Додаток 4. Типові схеми розрахунку похибки базування	206
Додаток 5. Похибки пристрою для розрахунку точність.....	210
Додаток 6. Схеми та розрахункові формули для визначення зусиль затиску заготовки	214
Додаток 7. Схеми та розрахункові формули для визначення зусиль на приводі механізму затискання заготовки	219

ВСТУП

Прогресивне виробництво оснастки вимагає, передусім, глибокого знання принципів та вміння визначати ті дії для операції механообробки, які необхідні для виробництва конкретної деталі.

Albert A. Dowd, 1922

President DOWD Engineering Company;

Member American Society of Mechanical Engineers

Технологічна оснастка є ключовим елементом у рамках технологічної підготовки виробництва, забезпечує конкретні технологічні операції необхідними системами, пристроями, інструментами для успішної реалізації виробничих завдань із випуску високоякісної продукції.

Основи наукового підходу до створення технологічного оснащення заклад Albert A. Dowd у своїй книзі “ Jigs and Fixture ” у 1922 році, де узагальнив та дав подальший розвиток розрізненим інженерним дослідженням, пов'язаним із призначенням, основами конструювання, принципами проєктування та сферою використання технологічного оснащення. Науково-технічний прогрес вносить постійні корективи в процес створення нових, більш ефективних конструкцій, а також при проєктуванні нових елементів технологічного оснащення, проте, багато з наведених у книзі конструкцій та принципів схем елементів технологічного оснащення використовуються і в теперішній час.

Курс «Технологічне оснащення» є подальшим продовженням курсу «Технологічні основи машинобудування» для студентів машинобудівного спрямування за спеціалізаціями «Металорізальні верстати та системи» та «Технологія автоматизованого виробництва» та інших напрямів інженерних спеціальностей «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування», які пов'язані з машинобудуванням. Посібник спрямовано на більш глибоке вивчення основних питань, які відносяться до технологічної підготовки машинобудівного виробництва.

Предметом дисципліни є система знань та практичних навичок, які пов'язані із завданнями вибору уніфікованого технологічного оснащення, розрахунками та проєктуванням спеціальних настановно-затискних пристроїв та іншого оснащення (інструментального, контрольно-вимірювального, складального та ін.), необхідного для виконання технологічних операцій.

Основна увага у посібнику приділяється розгляду загальних питань технологічної підготовки машинобудівного виробництва, пов'язаних з технологічним оснащенням різних верстатних систем для всіх етапів виробництва різних типів, починаючи від загальних теоретичних питань базування заготовки та інструменту, впливу технологічного оснащення на точність механічної обробки, інтенсифікацію виробництва й продуктивність виробничих систем та закінчуючи визначенням ефективності застосування технологічного оснащення.

Велика увага приділяється питанням проектування та застосування настановно-затискних верстатних пристроїв, як одного з основних та найбільш трудомістких елементів технологічного оснащення. На підставі системи класифікації пристроїв за сферою використання та принципами конструювання і виготовлення пропонуються варіанти вибору типу пристроїв для вирішення конкретних завдань у ході технологічної підготовки виробництва.

Детально розглядається структурно-компонувальна схема настановно-затискних пристроїв для механічної обробки, призначення, принцип дії та конструкція типових використовуваних елементів та вузлів. Аналізується взаємозв'язок між об'єктом обробки та параметрами основних елементів пристрою у процесі базування заготовки та її закріплення.

Для розширення практичних навичок розглянуто принципіві схеми та робота конкретних конструкцій настановно-затискних пристроїв, систем допоміжного інструменту, систем автоматичного та ручного контролю деталей, як у процесі обробки, так і після його закінчення.

1 ПОНЯТТЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

1.1. Призначення технологічної оснастки.

Проектування технологічної оснастки та її раціональна експлуатація є одним із найважливіших завдань для сучасного виробництва. Технологічна оснастка, використовувана до виконання різних робіт у машинобудуванні, має особливості залежно від виду виробництва та розв'язуваних завдань. Вона використовується при виконанні ремонтних робіт, в одиничному, серійному, масовому виробництвах, при обробці на універсальних верстатах, верстатах-автоматах та автоматизованих верстатних системах.

Під технологічною оснасткою розуміють засоби технологічного оснащення, що доповнюють технологічне обладнання, для виконання певної частини технологічного процесу. Верстатні пристрої є одними з основних елементів оснащення металообробного виробництва, що дозволяють розширювати технологічні можливості та ефективно використовувати у виробничому процесі верстати загального призначення. У категорію технологічного оснащення входить як самостійне обладнання, так і додаткові компоненти, що вбудовуються, функція яких відбивається на якості виробничого процесу.

Головні завдання технологічного оснащення полягають у підтримці нормативної якості виробів, інтенсифікації виробництва, гнучкості обладнання, мінімізації та полегшенні праці обслуговуючого персоналу, забезпечення безпеки робіт та ін. Досягаються ці цілі з допомогою ефективнішого виконання підготовчих операцій з допомогою елементів оснащення, розширення технологічних можливостей верстатів, скорочення часу на обробку заготовок та інших поліпшень виробничого процесу.

Таким чином, застосування технологічної оснастки дозволяє:

1. Усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити її точність.

Однозначне положення заготовки в просторі, відсутність суб'єктивних факторів розмітки, більш висока точність положення заготовки, ніж при ручній розмітці, це дозволяє підвищити точність обробки. Так, наприклад, використання цангового патрона в порівнянні з 3-х кулачковим дозволяє підвищити точність форми оброблених зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь деталей типу втулки. Це пояснюється рівномірним розподілом тиску на заготовку з боку патрона та відповідно меншою деформацією. Застосування кондукторного пристрою дозволяє підвищити точність форми з одного боку, а з іншого, виключити операцію розмітки. Використання ділильних пристроїв дозволяє

забезпечити високу точність при виконанні циклічних переходів на технологічній операції.

2. Збільшити продуктивність праці в операції.

Установка без вивіряння та закріплення заготовок з використанням автоматичних механізмів затиску, спеціальна конструкція затискних пристроїв – все це значно скорочує допоміжний час на технологічній операції. Використання багатомісних пристроїв дозволяє обробити за одну установку кілька деталей. Використання агрегатної свердлильної головки дозволяє виконати одночасно свердління кількох отворів

3. Застосувати технічно обґрунтовані норми часу та скоротити кількість робітників, необхідних для випуску продукції.

Всі допоміжні процеси встановлення заготовок та інструменту можна розбити на елементарні переходи, деякі з них автоматизувати, та нормувати їх із високим ступенем точності для серійного та масового виробництва.

4. Полегшити умови роботи та забезпечити її безпеку.

Безпека передбачається в самій конструкції пристрою (самогальмуючи клинові механізми затиску, структура управління механізмами затиску та ін.)

5. Розширити технологічні можливості устаткування.

Застосування люнетів дозволяє максимально інтенсифікувати процес обробки без втрати геометричної точності та точності форми зовнішньої циліндричної поверхні, що обробляється. Використання спеціальних свердлильних головок на багатофункціональних фрезерних верстатах дозволяє виконати свердління з високими швидкостями різання (частота обертання свердла - $n = 4000...5000$ об/хв, а у деяких випадках до 15000 об/хв.).

6. Організувати багатостатне обслуговування.

Скорочення часу виконання допоміжних переходів під час виконання тривалих технологічних операцій дозволяє обслуговувати одним працівником ще кілька верстатів у період виконання обробки.

7. Вирішувати відразу кілька технологічних завдань.

Застосування кондукторної плити дозволяє збільшити геометричну точність і точність розташування отворів, обробляти нетехнологічні отвори (похилі) і, одночасно з цим, виключити операцію розмітки (кернення).

8. Зменшити собівартість продукції.

Зрештою, всі перераховані вище фактори дозволяють скоротити технологічну собівартість обробки.

Як вихідні дані конструктор пристроїв повинен мати:

- креслення заготовки та деталі з технічними вимогами їх приймання;
- операційні креслення на попередню та операцію, що виконується;
- операційні карти технологічного процесу обробки цієї деталі.

Службове призначення пристрою – це максимально уточнене і чітко сформульоване завдання, для вирішення якого воно призначене.

1.2. Класифікація технологічної оснастки.

Класифікація технологічного оснащення має велике практичне значення. За допомогою класифікації вирішують питання типізації, уніфікації, стандартизації самих пристроїв та їх елементів, визначають потреби у пристроях за номенклатурою. Вона є основою розробки інформаційно-пошукових систем САПР.

Нині існує низка класифікацій. Більшість із існуючих класифікацій використовують фасетну (багатоаспектну) систему класифікації. У разі фасетної класифікації вибирається ознака, за яким проводять класифікацію всієї вибірки, а таких аспектів може бути безліч. Загальноприйнятими нині можна назвати такі ознаки:

- цільове призначення пристрою;
- технологічний процес, що використовується;
- ступінь механізації та автоматизації;
- ступінь спеціалізації та уніфікації.

Зупинимося докладно кожної з перелічених класифікацій.

1. За цільовим призначенням.

Базовий поділ технологічного оснащення проводиться за ознакою призначення. Зокрема, існують контрольні, складальні, верстатні, кріпильні та перемішуючі елементи обладнання.

На рисунку 1.1 представлено схему взаємодії різних елементів технологічного оснащення у виробничому процесі. Пунктирними лініями зазначені необов'язкові елементи технологічного оснащення, які застосовуються в різних технологічних процесах для підвищення продуктивності (багатошпindelні насадки), забезпечення траєкторії руху інструменту (копіри), точності обробки (кондуктори, люнети, ті ж багатошпindelні насадки) та ін.

Контрольна оснастка служить як допоміжний компонент на етапі проведення ревізії виготовленого продукту щодо відповідності технічним умовам і стандартам. Складальні пристрої підвищують ефективність компонування готових елементів в єдину конструкцію, прилад або комплекс. Найбільш поширена у машинобудуванні верстатна технологічна оснастка, наявність якої позначається на підвищенні певних характеристик виробу - наприклад, міцності, зносостійкості або довговічності підшипника. Додаткові кріпильні пристрої, у свою чергу, покращують техніку фіксації тих же заготовок у процесі обробки або переміщення в межах виробничого майданчика.

Відповідно, оснащення, яке переміщує заготовку, є елементом логістичної інфраструктури та відповідає за стабільність та чіткість руху продукції по тій же конвеєрній лінії.

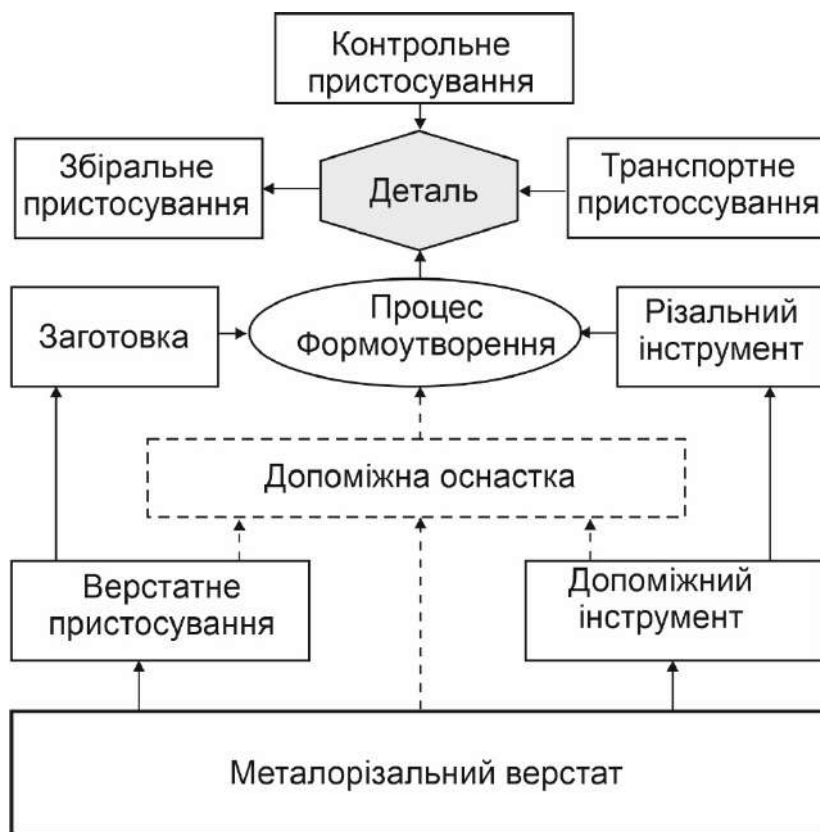


Рисунок 1.1 – Технологічна система формоутворення

Таким чином, відповідно до найбільш поширеної класифікації за цільовим призначенням пристрої ділять на п'ять груп:

1. Верстатні пристрої використовують для встановлення та закріплення оброблюваних заготовок на верстатах відповідно до вимог технологічної операції. Залежно від виду механічної обробки розрізняють токарні, свердлильні, фрезерні, розточувальні, шліфувальні та ін. Вони є найчисленнішою групою і становлять 70-80% загальної кількості пристроїв (рис.1.1).

2. Пристрої для встановлення та закріплення ріжучого інструменту (рис.1.2) - характеризуються великою кількістю нормалізованих конструкцій, що пояснюється нормалізацією та стандартизацією самих робочих інструментів та конструкцій верстатів. Пристрої першої та другої груп є складовими частинами технологічної системи (див. рис.1.1).



Рисунок 1.2 – Пристрої для встановлення та закріплення різального інструменту:
 а) – різцетримач; б) – свердлильний патрон; в) головка револьверна

3. Складальні пристрої (рис.1.3) - використовують для з'єднання деталей, що сполучаються, і складальних одиниць, кріплення базових деталей (складальних одиниць) збіраного виробу, попереднього деформування пружних елементів, що збираються (пружин, ресор і т. д.), виконання складальних операцій, що вимагають застосування великих сил (клепка, вальцювання, запресування тощо) або зварювальних робіт та ін.



Рисунок 1.3 – Складальний пристрій для зварювальних робіт

4. Контрольні пристрої (рис.1.4) - застосовують для контролю заготовок, проміжного та остаточного контролю деталей, що обробляються, а також для перевірки зібраних складальних одиниць і машин.



Рисунок 1.4 – Контрольний пристрій для перевірки параметрів підшипника

Контроль деталей виконується за розміром, формою та взаємним розташуванням поверхонь (рис.1.5).



Рисунок 1.5 – Контрольні пристрої

5. Пристрої для захоплення, переміщення та переорієнтації оброблюваних заготовок (рис.1.6). Застосовуються в автоматизованих верстатних системах, при комплексній механізації обробки та обробці важких і незручних формою заготовках. Наприклад, пристрої-супутники для автоматичних ліній, захвати для транспортування колінчастих валів та ін.



Рисунок 1.6 – Пристрій для переміщення та переорієнтації оброблюваних заготовок (на прикладі блоку циліндрів)

II. За технологічним процесом, у якому вони використовуються:

1. Токарні, свердлильні, розточувальні, фрезерні та інші технологічні операції.
2. Затискачі, настановні та робочі пристрої поза конкретною технологічною операцією.
3. Для перевірки заготовок деталей та складальних одиниць на контрольних операціях.
4. Для захвату, переміщення, перевертання деталей та виробів, що збираються, операції транспортування.

III За ступенем механізації та автоматизації

1. Ручні.

Використовуються в основному для одиничного виробництва під час операцій на універсальному устаткуванні без системи управління ходом виконання операції.

2. Механічні.

Робота ґрунтується на принципах механізованого управління. Для цього використовуються гідравлічні або пневматичні приводи (рідше - електричні).

3. Напівавтоматичні.

Є перехідним варіантом від ручного керування пристроєм до автоматичного. Тобто, частина допоміжних переходів виконується оператором вручну, а частина автоматично.

4. Автоматичні.

На етапі розвитку технологічних процесів оснащення дедалі частіше наділяється функціями автоматизації. Важливо, що приводним джерелом автоматизації все частіше є основне обладнання, яке за одним принципом управляє і технологічним оснащенням, і своїми основними вузлами. При цьому технологічне оснащення може працювати і за комбінованою моделлю, і в напівавтоматичному режимі. У такому випадку передбачається і частково реалізований принцип механізованого управління. Так чи інакше, але практично всі сучасні машинобудівні підприємства активно переходять або перейшли на застосування концепції автоматизованого управління.

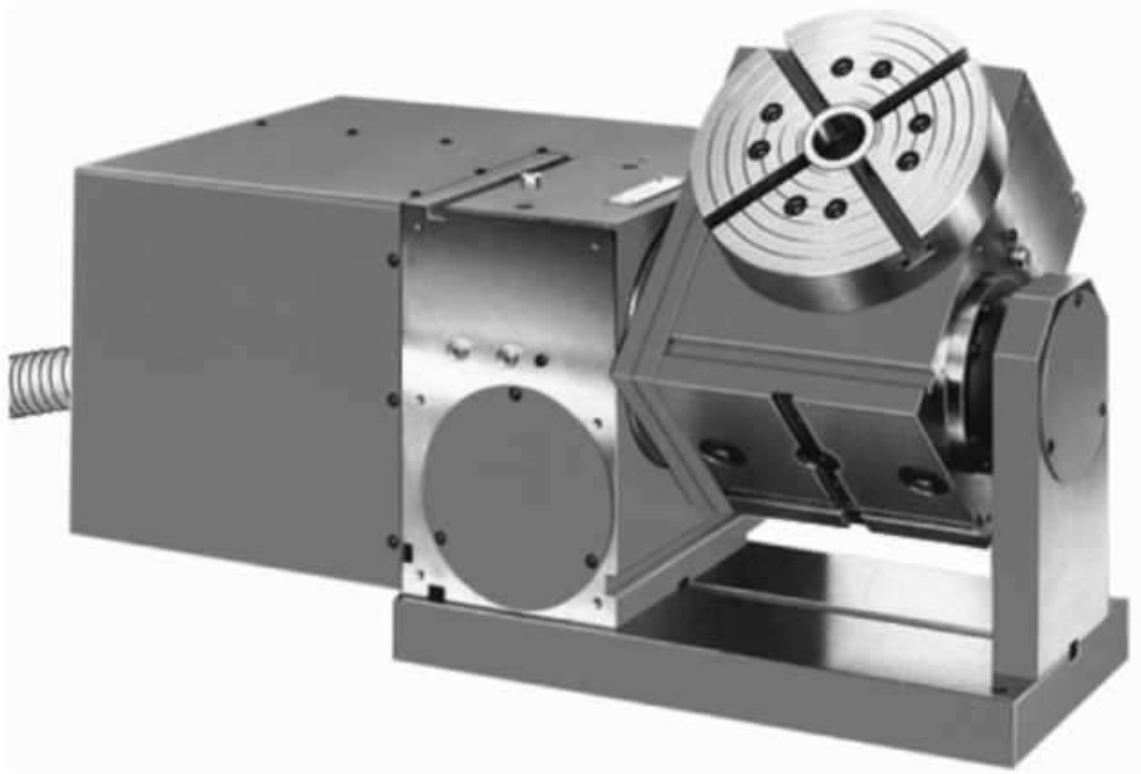


Рисунок 1.7 - Універсальний пристрій для обробки поверхонь заготовок різних діаметрів під різними кутами

IV За ступенем спеціалізації та уніфікації

1. Універсальні
2. Спеціалізовані
3. Спеціальні

1.3. Універсальні пристрої (УП).

Даний тип пристроїв застосовують для встановлення та закріплення заготовок, різних за формою та габаритними розмірами, що обробляються на різних металорізальних верстатах, у одиничному та дрібносерійному виробництвах. До них відносяться різні патрони, центри, машинні лещата, ділильні головки та ін. Характерний приклад варіантів універсального пристрою наведено на рисунку 1.7.

Універсальні безналагоджувальні пристрої (УБП) - використовують для закріплення заготовок широкої номенклатури та різної конфігурації. Відмінна риса УБП – невід'ємна приналежність до верстатів. Цими пристроями верстати комплектуються при постачанні обладнання, але є можливість їх зміни при необхідності. Без цих пристроїв верстати працювати не можуть. Конструкції УБП стандартизовані (понад 40 державних стандартів). Виготовляються спеціалізованими або верстатобудівними підприємствами.

УБП призначені для одиничного та дрібносерійного виробництва, а при малих коефіцієнтах завантаження однією операцією (менше 0,5) рентабельні у всіх типах виробництва.

Представники системи УБП: центри та напівцентри, оправки, універсальні лещата, токарні патрони, універсальні патрони, магнітні патрони, універсальні поворотні та ділильні столи, головки, цангові пристрої, плити, повідкові пристрої, стояки кондукторні та ін. (рис.1.8).

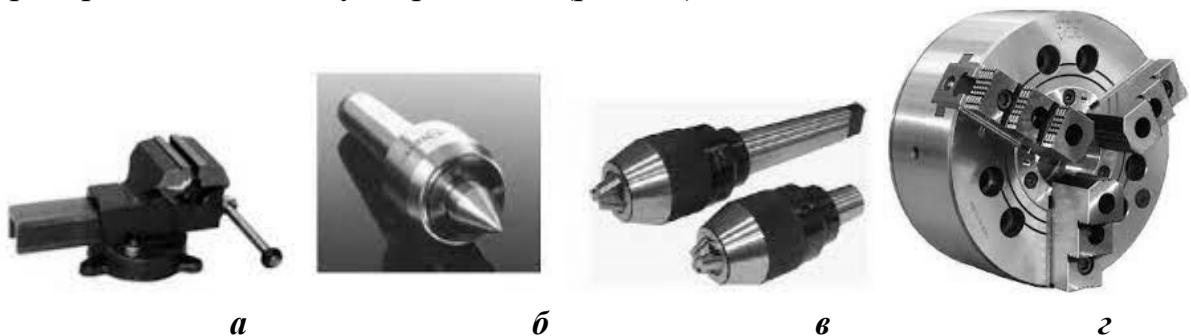


Рисунок 1.8 - Універсальні безналагоджувальні пристрої: а) лещата; б) центр, що обертається; в) цанговий патрон; г) трикулачковий патрон

Налаштування УБП здійснюється за рахунок регулювання затискних елементів оснастки. УБП зазвичай забезпечує базування лише за наявності контролю та вивірки за невисоких вимог щодо точності та взаємозамінності.

УБП – знаходяться в експлуатації до повного фізичного зносу.

Переваги УБП: мінімальні витрати часу на підготовку до роботи та висока універсальність. Недолік – зворотний бік універсальності – значні втрати допоміжного часу.

Універсально-налагоджувальні пристрої (УНП) застосовують для встановлення та закріплення певної групи схожих за формою заготовок деталей, що обробляються на токарних, фрезерних, свердлильних та інших верстатах. Універсально-налагоджувальні пристрої складаються з двох частин: універсальної (постійної) і налагоджувальної (змінної). Універсальна частина включає корпус, силовий привід і базові елементи для встановлення змінних налагоджень. Налагоджувальна частина складається зі змінних наладок, що виготовляються відповідно до форми і габаритних розмірів деталей, що обробляються. Трудомісткість виготовлення змінних наладок УНП на 60-70 % менша за трудомісткість виготовлення спеціальних пристроїв для встановлення таких же деталей. Універсальну частину УНП використовують багаторазово, що значно скорочує терміни та вартість підготовки виробництва під час випуску нових машин. При зміні об'єкта виробництва утилізуються тільки змінні наладки, а базова частина, не зношена фізично, використовується в комплекті з іншими налатками для обробки заготовок інших деталей. За рахунок цього досягається значна економія металу та інших засобів. До нормалізованих пристроїв, на базі яких збирають УНП, відносяться машинні лещата, скальчасті кондуктори, пневматичні патрони зі змінним кулачками, планшайби з переставними косинцями для розточування на токарному верстаті деталей складної форми і т. д. УНП застосовують у серійному виробництві; на верстатах з ЧПУ – у дрібносерійному виробництві.

Застосування УНП дозволяє значно збільшити оснащеність операцій технологічного процесу.

1.3. Спеціалізовані пристрої.

Спеціалізовані безналагоджувальні пристрої (СБП) - використовують для закріплення заготовок, близьких за конструктивно-технологічними ознаками, з однаковими базовими поверхнями, що вимагають однакової обробки. При здійсненні однотипних операцій на цих пристроях необхідно здійснювати регулювання окремих елементів. До таких пристроїв відносяться: пристрої для групової обробки деталей типу валиків, втулок, фланців, дисків, кронштейнів, корпусних деталей та ін.

Спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП) складаються з двох частин. Перша частина – базовий агрегат та друга частина – спеціальна змінна наладка. Базовий агрегат, як правило, несе основну базову поверхню, на яку встановлюють спеціальні змінні налагодження під заготовки, що обробляються. У багатьох випадках базовий агрегат має одну або кілька допоміжних базових поверхонь для встановлення на них спеціальних змінних наладок, призначених

для спрямування ріжучого інструменту, затискача механізму заготовки та інших деталей і складальних одиниць.

Після встановлення змінної наладки базовий агрегат перетворюється на закінчений пристрій для виконання конкретної операції з виготовлення конкретної деталі. Спеціальна змінна наладка проєктується та виготовляється з урахуванням специфіки конкретної заготовки, при цьому враховуються оптимальні умови її встановлення у пристрої. У деяких конструкціях спеціалізованих налагоджувальних пристроїв переналагодження здійснюється не тільки шляхом заміни спеціальних змінних елементів, а й шляхом плавного або ступінчастого регулювання рухомих частин базового агрегату.

Область застосування СНП охоплює всі типи серійного виробництва у умовах групової обробки заготовок. На рисунку 1.9 наведено схему налагодження пристрою для обробки шатунів.

Елементами, що настроюються, є пальці, взаємне розташування і конструкція яких забезпечує базування шатуна, витримуючи розміри D_1 , D_2 , H (за рахунок конструкції пальців) і L (за рахунок конструкції базової плити).

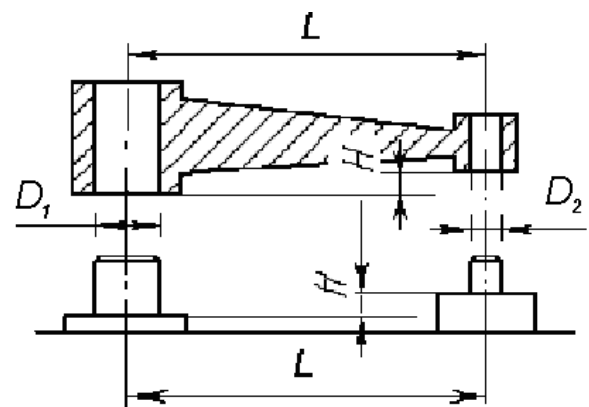
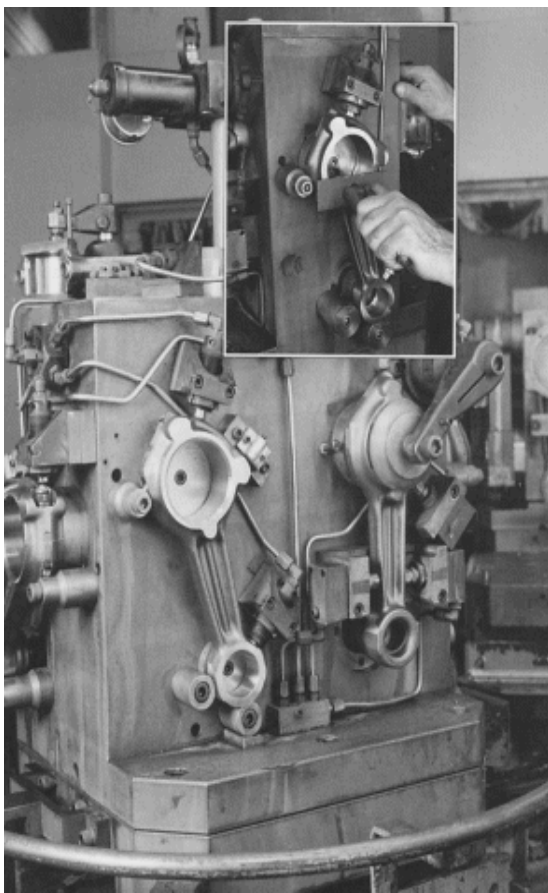


Рисунок 1.9 – Встановлення шатуна на спеціалізованому пристрої

1.4. Універсально-збірні пристрої (УЗП).

До цього класу відносяться пристрої, що компонуються з нормалізованих деталей і вузлів. Кожне компонування УЗП має всі основні властивості спеціального пристрою: призначене для обробки конкретної деталі на певній операції і забезпечує базування заготовки без вивіряння з необхідною точністю. Приклад можна побачити на рисунку 1.10.

Застосування УЗП дозволяє:

- збільшити коефіцієнт оснащення виробництва за рахунок застосування пристроїв замість складних ручних розмічувальних операцій;
- покращити точність та якість виготовлення деталей машин;
- підвищити продуктивність праці;
- застосувати групову обробку деталей;
- організувати технологічне оснащення виробництва за мінімальних витрат матеріальних, тимчасових і коштів;
- скоротити терміни підготовки виробництва та прискорити випуск нових виробів.

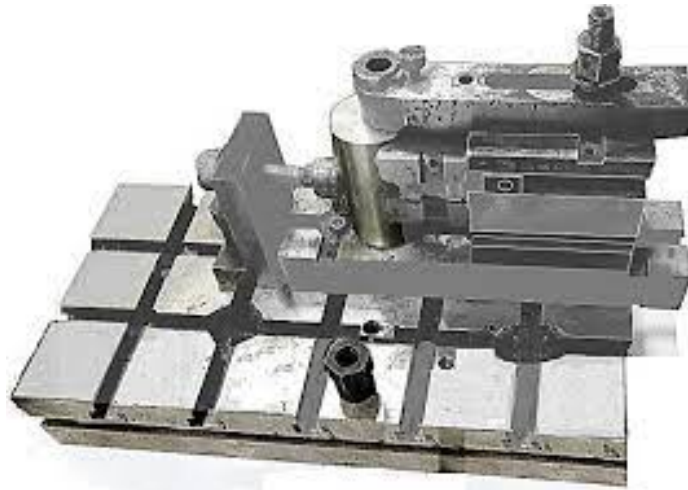


Рисунок 1.10 - Універсально-збірний пристрій

До недоліків УЗП необхідно віднести:

- обробка на знижених режимах через обмежену жорсткість пристроїв;
- велика маса пристроїв;
- великі початкові капітальні витрати;
- обмеження за габаритами оброблюваних заготовок;
- практично неможливо обробляти заготовку з кількох сторін (можливість лише за наявності поворотного оснащення).
- обмеження точності обробки через похибку компонування та складання пристроїв порівняно зі спеціальними пристроями.

Після закінчення потреби в такому пристрої воно розбирається на складові деталі і вузли, які можуть бути використані для компонування інших пристроїв. Відмінною особливістю УЗП є хрестоподібне взаємно-перпендикулярне розташування Т-подібних і шпонкових пазів на поверхнях, що сполучаються.

Основні деталі та складальні одиниці, з яких компонується УЗП умовно поділяються на сім груп:

- 1) базові деталі (плити прямокутні та круглі, косинці);
- 2) корпусні деталі (опори, призми, підкладки тощо);
- 3) настановні деталі (шпонки, штирі, пальці тощо);
- 4) притискні деталі (прихоплювачі, планки);
- 5) кріпильні деталі (болти, шпильки, гвинти тощо);
- 6) різні деталі (вушка, виделки, хомутики, осі, рукоятки тощо);
- 7) складальні одиниці (поворотні головки, кронштейни, центрові бабки та ін.).

Комплекти УЗП відрізняються один від одного за кількістю елементів у комплекті, можливістю використання механізованих приводів, варіантами базування на столі верстата та ін. Компонування централізовано механізованих пристроїв мають важливу перевагу в порівнянні з компоновками, механізація яких здійснюється за допомогою пневмо- або гідрофікованих притисків, що стоять окремо.

На рисунку 1.11 наведено частину елементів гідрофікованого комплекту УЗП.



Рисунок 1.11 – Елементи гідрофікованого комплекту УЗП

Виготовлення пристрою з деталей УЗП включає:

- розробку схеми складання пристрою відповідно до виду технологічної операції обробки деталі та верстата;
- складання пристрою з нормалізованих деталей;
- використання зібраного пристрою для виготовлення деталі на відповідному верстаті;
- розбирання пристрою;
- розкладку деталей УЗП для зберігання.

Головна перевага УЗП – можливість підвищення технологічної оснащеності виробництва, підвищення продуктивності та забезпечення виробництва спеціальної технологічної оснастки у найкоротші терміни. Швидкість агрегування забезпечується за рахунок: універсальності конструкцій, високої точності та взаємозамінності елементів. Технічно та економічно обґрунтований рівень оснащеності виробництва забезпечується з найменшими витратами. Він може бути збільшений у 10-15 разів у порівнянні з рівнем оснащеності при використанні НВП.

Цикл складання УЗП у 40 - 50 разів (за часом) та 10-15 разів (за трудомісткістю) менший за цикл виготовлення спеціального оснащення. Досяжна точність обробки в УЗП становить 7-8 квалітет.

Витрати оснащення УЗП різко зростають зі збільшенням періоду запуску та тривалості часу перебування виробу у виробництві. Тому УЗП ефективна і рекомендується в одиничному та дрібносерійному виробництві, невеликій трудомісткості при незначній кількості запусків. При використанні замість ручних затискачів гідравлічних або пневматичних затискачів - УЗП можна застосовувати і у багатосерійному виробництві. На верстатах з ЧПУ УЗП застосовуються в одиничному та дрібносерійному виробництві.

Більшість оснастки УЗП посідає частку свердлильних верстатів (60%) і 30% - фрезерних, 7% - токарних, 3% - інших.

Комплект з 15...25 тис. елементів дозволяє зібрати 200-250 верстатних пристроїв одночасно. Мінімальний комплект складається з 1200 – 2600 елементів, з нього протягом року можна зібрати 200 – 300 пристроїв.

Частіше за все у виробництві використовують 3 серії УЗП, що характеризуються габаритними розмірами деталей та складальних одиниць, шириною кріпильних та шпонкових пазів, відстанями між осями, діаметром настановних отворів. Серія визначається по ширині паза шпонки або по діаметру кріпильних елементів (серія 8, 12, 16мм). УЗП з пазами 8 мм (УЗП-8) рекомендовано використовувати для заготовок масою до 5 кг, УЗП-12 – до 60 кг, УЗП-16 – до 3000 кг.

Термін використання комплекту деталей та вузлів УЗП приблизно 25 років.

Збірно-розбірні пристрої (ЗРП) - є різновидом оснащення багаторазового застосування. У ЗРП елементом фіксації є циліндричний палець і точний отвір (в УЗП фіксація деталей здійснюється системою «шпонка – точний паз»). Цей спосіб фіксації має ряд експлуатаційних та технологічних переваг:

- параметри точності компонування пристрою більш високі і ці параметри зберігаються в процесі експлуатації;

- великогабаритні компонування пристроїв можна створювати на монолітній плиті, що забезпечує підвищену жорсткість системи, що дозволяє працювати на більш високих режимах обробки.

Технологічною перевагою фіксації «палець — точний отвір» є можливість виготовлення великогабаритних базових деталей та складальних одиниць (плит, косинців тощо).

У ЗРП передбачений як традиційний спосіб базування оброблюваних заготовок на заздалегідь виготовлені на заводі-споживачеві деталі, так і спосіб базування за допомогою спеціальних змінних наладок. Спеціальна змінна наладка має підготовлені поверхні для встановлення заготовки, що обробляється, в компонуванні пристрою.

До групи базових складальних одиниць для компонування ЗРП відносяться прямокутні та круглі плити як механізовані, так і немеханізовані, різні типи косинців. Прямокутні немеханізовані плити є прямою призмою. На верхній поверхні призми є сітка координатно-фіксуєчих отворів, точність яких відповідає 7-му квалітету. Отвори призначені для фіксації на плиті спеціальних змінних наладок, установно-кріпильних та інших елементів або заготовок, що обробляються. Крім того, вони можуть бути використані як «нульова точка» при встановленні пристрою на верстаті з ЧПУ.

Для кріплення змінних наладок, установно-кріпильних та інших елементів ЗРП або оброблюваних заготовок на верхній поверхні передбачені поздовжньо-спрямовані Т-подібні пази. Для підвищення загальної жорсткості плити пази виконані лише в одному напрямку.

Компонування механізованих пристроїв ЗРП на базі прямокутних плит з гідравлічним приводом мають деякі переваги перед компонуваннями аналогічних пристроїв на базі немеханізованих прямокутних плит - шланги не виступають над робочою поверхнею плити. Це полегшує встановлення заготовок та знімання оброблених деталей, а також прибирання стружки.

З деталей та складальних одиниць ЗРП розроблено два спеціалізовані комплекти - перший комплект призначений для оснащення свердлильних та фрезерних верстатів з програмним управлінням, другий - для багатоопераційних та розточувальних верстатів з ЧПУ.

ЗРП, незважаючи на певну схожість з УЗП, суттєво відрізняються від них. Так, ЗРП збирають зазвичай на період випуску певного виробу. Після обробки партії заготовок пристрій знімають зі верстата і зберігають до запуску в обробку нової партії, розбирають його тільки при зміні об'єкта виробництва. Тому вимоги до зносостійкості складальних одиниць та деталей цієї системи значно нижчі, ніж до зносостійкості деталі УЗП. Для їх виготовлення застосовують дешевші матеріали. Так, плити, косинці, губки, підставки виконують із чавуну ВЧ 50-2 або сталей 45 та 20.

Якщо деталі ЗРП допрацьовують при складанні, то в плитах, планшайбах косинцях дозволяється робити кріпильні та базові отвори, проводити обробку базових та робочих поверхонь.

1.5. Спеціальні пристрої.

Цей клас є пристроями, які не підлягають переналагодженню і призначені для певної технологічної операції: обробки конкретної заготовки або з'єднання конкретних деталей при складанні.

Спеціальні пристрої використовують у масовому та багатосерійному виробництві. У середньосерійному виробництві застосовують групові СП для одноразової обробки групи заготовок або збирання вузлів аналогічної конструкції, але різного типорозміру. Спеціальні пристрої трудомісткі і дорогі у виготовленні, оскільки їх одержують методами одиничного виробництва. Крім того, при зміні об'єкта виробництва їх, як правило, доводиться списувати незалежно від ступеня їхнього фізичного зносу. Трудомісткість їх виготовлення досягає 80% тривалості циклу технологічної підготовки виробництва. Для підвищення продуктивності СП нерідко частково або повністю автоматизують.

У таблиці 1.1 наведено основні показники та порівняльні характеристики розглянутих вище спеціальних та універсальних пристроїв

Таблиця 1.1 - Основні показники спеціальних та універсальних пристроїв

Група	Призначення	Ступінь оборотності у виробничому циклі	Підготовка пристроїв для виробництва
Спеціальні за сприяння	Масове багатосерійне виробництво	Необоротні	Повна конструкторська розробка, виготовлення та налагодження
Збірно-розбірні пристрої	Середньо-багатосерійне виробництво	Складові вузли, деталі та корпус у розібраному вигляді оборотні (допускають багаторазове використання)	Складання та налагодження на базі стандартизованих вузлів та деталей. Не виключено часткове доопрацювання вузлів
Універсально-збірні пристрої	Одиничне дрібносерійне виробництво	Складові вузли та деталі в розібраному вигляді є оборотними	Купують у порядку загальних закупок
Спеціалізовані налагоджувальні пристрої	Середньо-крупносерійне виробництво	Оборотна основна частина пристрою	Повна або часткова конструкторська розробка, виготовлення та налагодження
Спеціалізовані безналагоджувальні пристрої	Багатосерійне масове виробництво	Необоротні	Повна конструкторська розробка, виготовлення та налагодження
Універсально-налагоджувальні пристрої	Середньо-крупносерійне виробництво	Оборотна основна частина пристрою. Змінні налагодження спеціального призначення необоротні	Розробка, виготовлення та налагодження налагоджувальних пристроїв
Універсальні без налагоджувальні пристрої	Одиничне дрібносерійне виробництво	Цілком оборотні	Постачаються зі верстатами
Універсальні пристрої	Одиничне дослідницьке виробництво	Цілком оборотні	Купують у порядку загальних закупок

1.6. Ієрархічна класифікація пристроїв.

Перелічені класифікації пристроїв, як говорилося вище, відносяться до фасетного типу і характеризують ту чи іншу функціональну та конпонувальну сторону технологічного оснащення.

Ієрархічна система класифікації більш прийнятна з метою типізації, уніфікації та стандартизації.

Структура ієрархічної класифікації показано на рисунку 1.12. Така класифікація проводиться за ознаками, що відображають службове призначення та загальні елементи в конструкціях пристроїв. Оскільки будь-який пристрій призначено насамперед для базування і закріплення, тобто для встановлення об'єкта у просторі (заготовки, деталі, складальної одиниці), то ієрархічну класифікацію пристроїв починають за характеристиками комплектів баз, якими об'єкти базування встановлюються в пристрої.

Як перша ознака прийнято кількість об'єктів, що встановлюються в пристрої. Відповідно до цього всі пристрої поділяються на два класи: одномісні та багатомісні. Далі кожен клас ділиться за типом комплекту баз (друга ознака) на три підкласи. У перший підклас входять пристрої, в яких об'єкти базуються комплектом баз, що є поєднанням реальних поверхонь. До другого підкласу відносяться пристрої, в яких об'єкти базуються комплектом баз, що є різними поєднаннями площини, осі і центру симетрії. До третього підкласу відносяться пристрої, в яких об'єкти базуються комплектом баз, що є поєднанням реальних поверхонь з елементами симетрії. Далі кожен підклас пристроїв ділиться на групи по поєднанню поверхонь, що утворюють комплект баз об'єкта базування (третья ознака). Кожна група пристроїв у свою чергу поділяється на дві підгрупи за наявністю або відсутністю регульованих опор (четверта ознака).

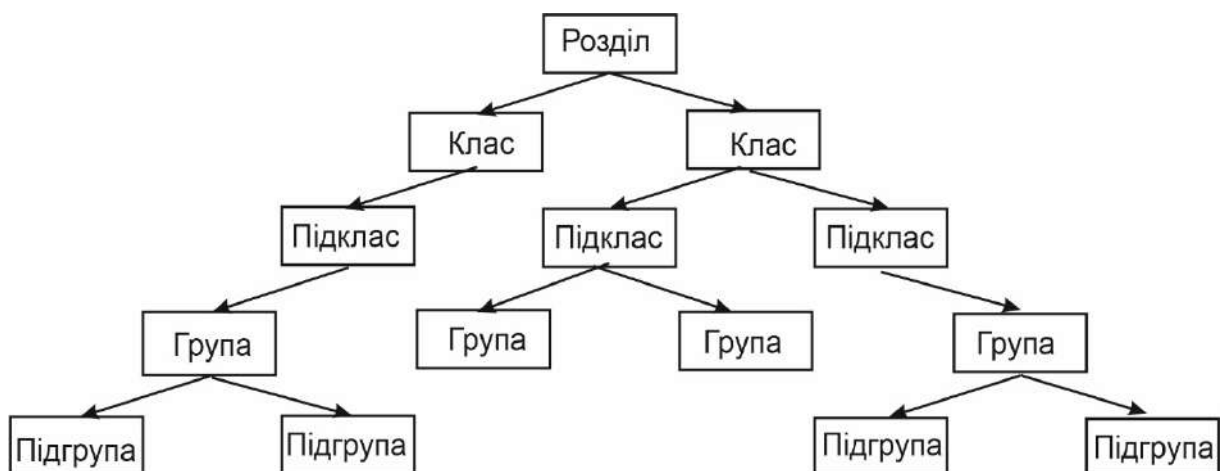


Рисунок 1.12 – Ієрархічна система класифікації

Далі ознаками класифікації є:

- схема силового замикання (п'ята ознака), можливі її варіанти розрізняються числом координатних площин, побудованих на комплекті допоміжних баз пристроїв, на які діють сили;
- число затискних елементів (шоста ознака), найбільше яких не може перевищувати шести, а найменше – одного;
- тип приводу (сьома ознака);
- число напрямних елементів (восьма ознака).

Таким чином, наведена класифікація ґрунтується на ознаках, що розкривають службове призначення пристрою та його конструктивне рішення, що забезпечує виконання цього призначення.

Такий підхід дозволяє автоматизувати та спростити пошук інформації про пристрій за кодом з восьми груп цифрових значень, здійснювати повний або неповний пошук на частковий збіг. Це дозволяє за наявності постійно поповнюваної бази конструктивних рішень пристроїв знаходити аналоги з різним рівнем деталізації, що значно скорочує час як проектування ручного, так і проектування з використанням існуючих моделей в CAD/CAM системах.

Запитання для самоконтролю

1. *За яким принципом класифікується технологічне оснащення?*
2. *Чого дозволяє досягти правильне використання технологічного оснащення?*
3. *Що відноситься до технологічного оснащення?*
4. *Як класифікується технологічне оснащення за цільовим призначенням?*
5. *На які групи діляться верстатні пристрої за рівнем спеціалізації?*
6. *Назвіть сферу застосування спеціальних пристроїв. У чому їхня особливість?*
7. *Які типи переналагоджуваних пристроїв вам відомі?*
8. *У чому перевага застосування універсального технологічного оснащення?*
9. *Які переваги ієрархічної класифікації технологічного оснащення?*
10. *На які групи діляться універсальні верстатні пристрої? У чому їхня особливість?*
11. *Які переваги універсальних складальних пристроїв?*
12. *У чому недоліки універсальних складальних пристроїв?*

2 МЕТОДИКА ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ

2.1. Загальні принципи проєктування пристроїв.

Базування заготовки у процесі обробки є найважливішим аспектом машинобудування. Правильне встановлення та закріплення заготовки гарантує, що заготовка залишається надійно зафіксованою під час обробки, запобігає вібрації, виникнення неточності обробки та потенційної небезпеки для працівника. Розглянемо основні фундаментальні принципи проєктування пристроїв для механічної обробки.

Стабільність.

Основна мета базування заготовки – забезпечити її врівноваженість. Його слід надійно утримувати на місці, щоб запобігти будь-якому руху або вібрації під час обробки. Заготовка не повинна зміщуватися, обертатися або вібрувати, оскільки це може призвести до неточності розмірів або форми поверхні, що формується, або навіть пошкодження заготовки, поломки інструменту або верстата.

Простота

При проєктуванні пристрою необхідно приділяти особливу увагу максимальній простоті конструкції, необхідно обґрунтування будь-якого ускладнення. По можливості використовуються готові конструкторські рішення, а за їх відсутності, існуючі компоувальні рішення пристроїв аналогів.

Доступність.

При забезпеченні стабільності заготовка також має бути доступною для механічної обробки. Зона установки заготовки (зона обробки) повинна бути легко доступна для налаштування, вимірювання та заміни інструментів, не викликаючи збоїв у процесі обробки деталі або збирання вузла. Затискачі або пристрої не повинні перешкоджати переміщенню інструменту, а заготовка повинна розташовуватися так, щоб необхідні поверхні деталі було можливо обробити без зміни положення. Під час встановлення заготовки та відкріплення деталі затискні елементи повинні відсуватися на достатню відстань, щоб не перешкоджати доступу до зони обробки.

Точність.

Базування заготовки має забезпечувати точне позиціонування заготовки у системі координат верстата. Забезпечення правильного положення гарантує, що операції обробки дають точні та стабільно повторювані результати. Точність має вирішальне значення у галузях, де потрібні жорсткі допуски.

Сумісність матеріалів

При проектуванні необхідно враховувати характеристики матеріалу заготовки та затискних компонентів. Їхня сумісність з точки зору теплового розширення, жорсткості та твердості може запобігти таким проблемам, як деформація деталі під час обробки. Це важливо для того, щоб затискні елементи не пошкоджували та не деформували заготовку, особливо при роботі з делікатними матеріалами, такими як пластмаси або м'які метали.

Зусилля затиску

Пристрій повинен забезпечувати високу міцність, жорсткість та стійкість пружної системи. Зусилля затиску має бути, з одного боку, достатнім для надійного утримання заготовки, а з іншого, не надмірної, оскільки надмірна сила може деформувати або зашкодити заготовку. Дуже важливо розрахувати відповідну силу затиску з урахуванням матеріалу та зусиль обробки, що додаються. Досягнення правильного балансу між зусиллям затиску та запобіганням деформації заготовки може виявитися непростим завданням. М'які губки або спеціальні пристрої, що відповідають формі заготовки, можуть допомогти більш рівномірно розподілити затискне зусилля.

Модульність

У багатьох пристроях, що особливо переналагоджуються, доцільно використовувати модульні системи затиску заготовки. Ці системи дозволяють швидко та легко вносити зміни до налаштувань під час роботи з різними деталями або прототипами. Тобто, необхідне дотримання принципу агрегування та застосування порад бажаних розмірів, максимального використання стандартизованих, уніфікованих та нормалізованих складових частин, та елементів пристрою, мінімізація використання оригінальних деталей та вузлів. Такий підхід дозволяє заощадити час та підвищити продуктивність.

Доступність відведення стружки та охолоджуючої рідини

При проектуванні пристрою необхідно вибрати варіант, який не перешкоджає потоку охолоджуючої рідини і видалення стружки. Ефективна евакуація стружки та потік СОТР необхідні для підтримки терміну служби інструменту та якості оброблюваних поверхонь деталей.

Безпека

Безпека під час базування заготовки завжди має бути пріоритетом. Затискні компоненти повинні бути надійними і утримуватися в хорошому стані, щоб уникнути нещасних випадків у механічному цеху. Принципова структура пристрою повинна забезпечувати стабільність положення заготовки навіть за аварійного виходу з ладу механізованих силових вузлів, які забезпечують закріплення заготовки.

Економічна ефективність

Прагнучі до точності та стабільності, також важливо враховувати економічну ефективність. При проектуванні необхідно вибирати найбільш відповідне структурно-компонувальне рішення закріплення заготовок для конкретного застосування, щоб мінімізувати, з одного боку, час встановлення заготовки та втрати матеріалу, а з іншого, час на проектування та виробництво пристрою. Необхідно також враховувати подальші витрати на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт пристрою.

Стандартизація.

В умовах високопродуктивного виробництва стандартизація базових налаштувань процесу установки заготовок може скоротити час налагодження пристрою та забезпечити стабільну якість деталей.

Гнучкість

Системи базування та закріплення заготовок повинні бути адаптовані до різних форм та розмірів заготовок. Регульовані пристрої та варіанти швидкозмінної установки основних елементів пристрою можуть підвищувати гнучкість і, зрештою, економічну ефективність.

Моніторинг

На деяких сучасних верстатах встановлені пристрої, які включають датчики або системи моніторингу, призначені для відстеження сили затиску, положення заготовки або вібрації при обробці в режимі реального часу. Ці системи можуть допомогти запобігти помилкам при обробці і покращити управління технологічним процесом.

Таким чином, раціональне базування та закріплення деталей у машинобудуванні є найважливішим аспектом забезпечення якості, точності об'єкту обробки та безпеки виробничого процесу.

2.2. Загальна структура компоновання верстатного пристрою.

При встановленні заготовки в пристрій вирішуються два завдання:

1. Орієнтація заготовки у просторі, здійснювана базуванням.
2. Надання заготовки нерухомості, що досягається закріпленням.

У деяких пристроях ці функції можуть бути поєднані. Такі пристрої або їх окремі елементи називають установчо-затискними (трикулачковий патрон, цангові затискачі, гідропластові оправки та втулки, тощо).

Верстатний пристрій є одним з основних елементів технологічного оснащення машинобудівного виробництва. У загальному випадку компоновання верстатного пристрою включає ряд обов'язкових елементів, а також додаткові

елементи, які спрощують процес установки і закріплення деталі, підвищують точність обробки, забезпечують надійність роботи.

На рисунку 2.1 наведено укрупнену компоувальну структуру верстатного пристрою.

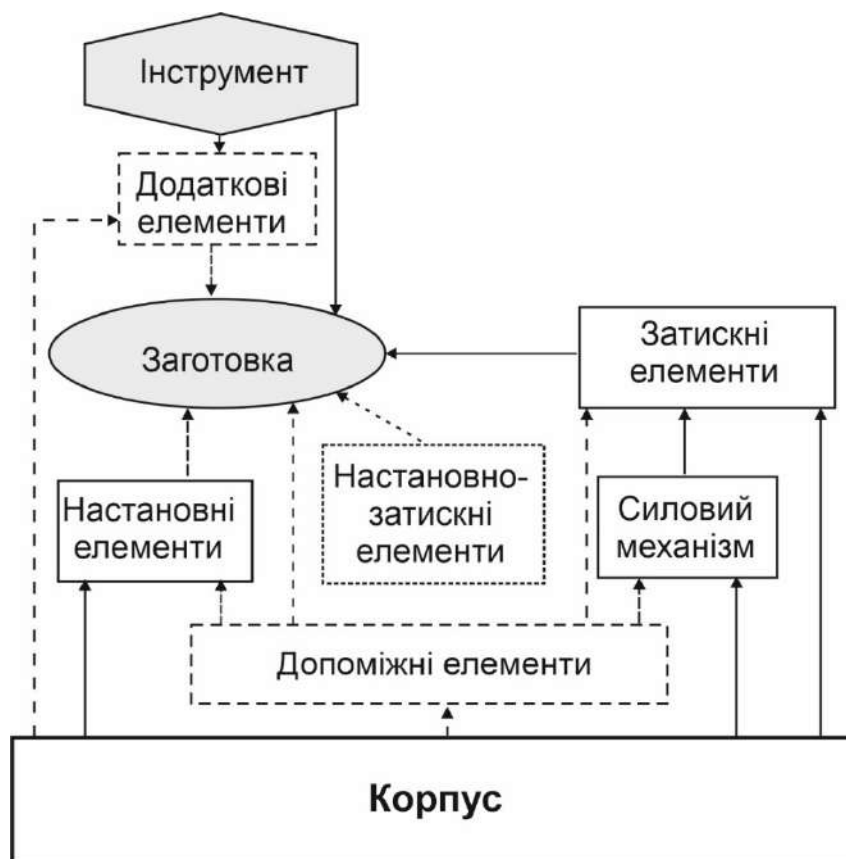


Рисунок 2.1 – Загальна структура компоування верстатного пристрою

Якщо розглядати верстатний пристрій з точки зору функціонального призначення, то всі елементи поділяються на:

1) настановні (базуючі) елементи, які визначають положення заготовки в пристрій та реалізують обрану схему базування (опори, пластини, призми, пальці тощо) ;

2) затискні елементи - це пристрої та механізми для закріплення заготовки, що забезпечують невідривність її базових поверхонь від настановних елементів у процесі обробки;

3) установно-затискні пристрої виконують одночасно функції настановних і затискних елементів (наприклад, три-кулачковий самоцентруючий патрон, лещата). Їх застосовують для підвищення точності положення координатної системи технологічної бази щодо координатної системи пристрою при установці. Наставні елементи в такому механізмі повинні бути рухомими у напрямку затиску, а для збереження настановних властивостей, закон їх відносного руху повинен бути однаково реалізований у конструкції пристрою;

4) силові механізми та пристрої, які забезпечують необхідну силу закріплення (механічні, електричні, пневматичні, гідравлічні та ін.), а також їх використовують для механізації та автоматизації прийомів завантаження та вивантаження заготовок, повороту пристрою;

5) додаткові елементи для спрямування ріжучого інструменту та визначення його положення у процесі обробки (кондукторні втулки, копіри тощо);

6) допоміжні елементи та пристрої, які призначені для зміни положення заготовки у пристрої (поворотні столи, ділильні головки), а також для з'єднання між собою елементів пристроїв та регулювання їх положення (стойки, регульовані та додаткові опори тощо);

7) корпуси, на яких закріплені всі інші елементи.

Суцільними лініями на рисунку зображені елементи, які обов'язково присутні у верстатному пристрої у тому чи іншому вигляді. Пунктирними лініями позначені елементи, які можуть входити в конструкцію пристрою залежно від умов обробки, конфігурації деталі, зусиль затискання заготовки, необхідної точності обробки. Установно-затискні пристрої винесені в окрему групу елементів і пристроїв, тому що вони можуть замінювати групи установлювальних і затискних елементів, що застосовуються окремо. Додаткові та допоміжні елементи та вузли можуть розташовуватися безпосередньо на пристрої, а можуть встановлюватися безпосередньо на верстаті (на рисунку зв'язки між такими елементами показані пунктирними лініями).

2.3. Загальна послідовність проєктування пристроїв.

На підставі досвіду проєктування пристроїв для металорізальних верстатів сформувався загальна послідовність проєктування, яка спирається на розглянуті вище принципи та складається з кількох етапів.

2.3.1. Визначення типу пристрою.

Аналізуючи креслення оброблюваної деталі, виділяють поверхні, що обробляються на цій операції, можливі технологічні бази, поверхні під затискні елементи; вивчають форму, розміри, координати взаємного розташування поверхонь (осей), вимоги до точності та шорсткості обробки.

У цьому спочатку аналізуються варіанти використання пристроїв при виконанні технологічних операцій при обробці аналогічних деталей. Найбільш переважним варіантом є використання універсальних безналагоджувальних пристроїв, спочатку вбудованих у верстат (патрони токарних верстатів, оправки зубофрезерних верстатів та ін.), або універсальні пристрої для виконання аналогічних операцій (тиски, центри, універсальні оправки).

Якщо цей варіант не реалізується і необхідно спроектувати пристрій для конкретної операції, то переходять до наступних етапів проектування: додатково вивчають креслення виробу, зміст і структуру технологічної операції; попередньо розробляють схеми базування та закріплення заготовки; схеми налагодження; вивчають характеристики верстата, на якому планується обробка; вибирають спосіб і підведення ріжучого інструменту та рідини, що охолоджує; вибирають механізовані засоби встановлення виробу (при необхідності). Також, враховують тип виробництва, положення робітника щодо обладнання та пристрою, розмір партії виробів та ін.

На підставі обсягу випуску, типу виробництва та за коефіцієнтом завантаження пристрою і орієнтовним терміном експлуатації попередньо визначають найбільш рентабельний тип пристрою, який необхідно спроектувати (рис. 2.2).

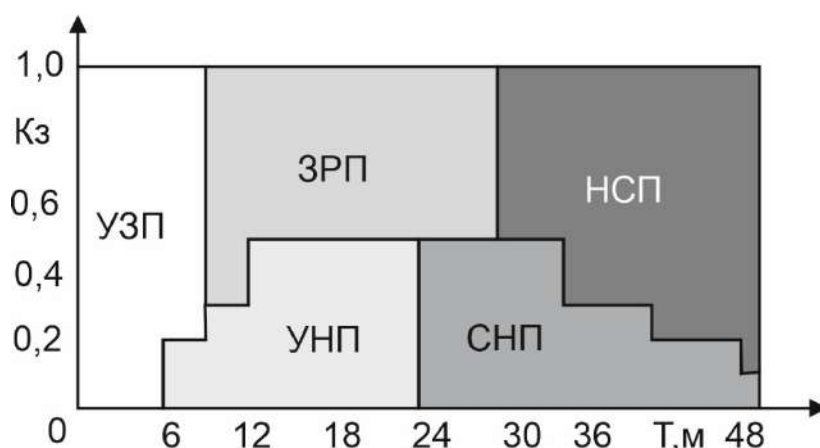


Рисунок 2.2 - Зони рентабельності застосування пристроїв різних систем:
 1-універсально-збірні пристрої (УЗП); 2-збірно-розбірні пристрої (ЗРП);
 3-універсально-налагоджувальні пристрої (УНП); 4-спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП); 5-нерозборні спеціальні пристрої (НСП);
 Кз – коефіцієнт завантаження; Т – час експлуатації пристрою, міс.

При виборі точності, яку повинен забезпечити пристрій, слід керуватися тим, що кожна система верстатних пристроїв забезпечує встановлення заготовки без вивірювання в регламентованому діапазоні. З вивіркою заготовки або доопрацюванням настановних елементів «за місцем» після збирання верстатного пристрою діапазон точності установки заготовок розширюється. Це притаманно всім систем верстатних пристроїв:

- 1) УБП – 10...12-й квалітети, у деяких конструкціях або з вивіркою до 8-го квалітету;
- 2) УЗП – 9...10-й квалітети;

- 3) УНП – 8...9-й квалітети, з доопрацюванням до 6-го квалітету;
- 4) СНП – 8...9-й квалітети, з доопрацюванням до 6-го квалітету;
- 5) ЗРП – 7...8-й квалітети з доопрацюванням до 6-го квалітету;
- 6) НСП – 6...7-й квалітети, з доопрацюванням до 5-го квалітету.

У сучасному верстатобудуванні точність універсальних безналагоджувальних пристроїв постійно зростає і зараз вже є приклади використання патронів, які забезпечують точність позиціонування в межах 9...10-го, а іноді і 8-го квалітетів.

При виборі верстатного пристрою за конструктивними особливостями необхідно на підставі раніше обраної системи визначити кілька аналогів, а потім розрахувати їх коефіцієнти технологічності:

$$K = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} + \frac{1}{m}$$

де p – кількість деталей у конструкції верстатного пристрою;

q – кількість стиків між деталями у верстатному пристрої;

m – кількість пар тертя між деталями, що переміщуються.

Чим вище значення коефіцієнта, тим більш технологічний пристрій.

Витрати на технологічну оснастку входять до складу собівартості продукції, тому застосування такої оснастки має забезпечувати підвищення продуктивності праці, зниження собівартості виробів, підвищення якості та інше.

2.3.2. Проектування схеми базування заготовки.

Для обраного типу пристроїв проводиться огляд та аналіз існуючих конструкцій, що використовуються для виконання аналогічних операцій. Аналізується доцільність застосування конструкцій з точки зору можливості встановлення на верстаті, схеми базування, застосування механізованого або автоматизованого закріплення заготовки, схеми затиску та ін.

При проектуванні спеціальних пристроїв аналізуються типові схеми базування заготовки під час виконання тих чи інших операцій, які дозволяють автоматично забезпечити параметри точності одержуваної поверхні. При виборі поверхонь, які можуть використовуватися як базові при встановленні заготовки, слід дотримуватися кількох принципів, що забезпечують точність, стабільність і надійність у процесах механічної обробки або збирання.

На початкових етапах обробки, коли всі поверхні є необробленими, здійснюється вибір так званих чорнових баз. При цьому необхідно враховувати таке:

- якщо у деталей після остаточної обробки деякі поверхні залишаються чорновими, рекомендується приймати їх за настановні базові поверхні на першій операції і від них обробляти поверхні, які потім використовуються як настановні

бази, цим забезпечується взаємна ув'язка комплексів чорнових та оброблених поверхонь;

- під час виконання на ранніх стадіях операцій шліфування за чорнові базові поверхні слід приймати поверхні з найменшими припусками, що виключає можливість появи браку через недостатній припуск на цих поверхнях при подальшій обробці.

- чорнові базові поверхні мають бути по можливості рівними та чистими, не можна приймати за базові поверхні ті місця, де були розташовані прибутки, літники, роз'єм опоки (у виливках) або роз'єм штампів (у поковках), тому що поверхня, яка використовується як основна база, повинна забезпечувати найбільшу врівноваженість і жорсткість заготовки при обробці.

При виборі базових поверхонь на чистових операціях основна увага приділяється забезпеченню точності обробки, при цьому як базові поверхні розглядаються такі:

- як базові поверхні доцільно використовувати поверхні (або осі), які забезпечують сталість конструкторської, технологічної та вимірювальної бази, що забезпечує автоматичне забезпечення точності розміру оброблюваної поверхні, якщо таке неможливо, необхідно вибирати як базову поверхню таку, яка може максимально відповідати вимогам точності поверхні, що формується;

- необхідно враховувати функціональні вимоги до деталі, а також те, як пристрій буде розташовувати і утримувати заготовку під час обробки, якщо заготовка має симетричні елементи, необхідно оцінити можливість використання симетричних поверхонь, як базові, що дозволяє спростити конструкцію пристрою та скоротити час на встановлення заготовки;

- доцільно дотримуватись принципу сталості бази, тому що при зміні баз в ході технологічного процесу точність обробки знижується через похибку взаємного розташування нових і тих технологічних баз, що застосовувалися раніше (правильність вибору базових поверхонь перевіряється на етапі розрахунку точності, яку дозволяє забезпечити спроектований пристрій);

- базова поверхня та її опорна конструкція повинні бути достатньо жорсткими, щоб витримувати сили та вібрації, що виникають під час механічної обробки чи складання, без вигину та деформації, якщо таке неможливо, необхідно передбачити додаткові елементи пристрою (додаткові опори) або технологічної оснастки (люнети);

- базові поверхні повинні володіти певною сумісністю з настановними та затискними елементами пристрою, що зменшує похибку закріплення та забезпечує більш високу надійність, тому доцільно використовувати такі базові поверхні, для яких розроблені та уніфіковані настановні та затискні елементи

(при цьому необхідно переконатись, що базова поверхня сумісна з цими елементами);

- базові поверхні повинні мати певну термічну стабільність, бо у деяких випадках, особливо при інтенсивному формуванні точних поверхонь, температурна стабільність базової поверхні може бути важливою для запобігання змінам розмірів через теплове розширення або стиснення;

- як базові необхідно вибирати поверхні, що забезпечують легку доступність як для притисків, так і для опор та інших настановних або позиціонуючих елементів пристрою, тому що легкий доступ спрощує налаштування пристрою та знижує ризик появи браку під час обробки.

Розглянуті вище принципи призначення базових поверхонь справедливі не тільки при проєктуванні верстатних пристроїв, а й інших елементів технологічної оснастки.

Спираючись на розглянуті принципи та рекомендації щодо вибору базових поверхонь розробляється теоретична схема базування. Типові схеми базування заготовок, що найчастіше зустрічаються на практиці, приведено у Додатку 1.

Теоретична схема базування являє собою схему розташування на технологічних базах заготовки ідеальних опорних точок та умовних точок, що символізують позиційні зв'язки заготовки з прийнятою системою координат (опорні поверхні пристроїв, координатні площини верстата тощо). Побудова теоретичних схем базування буває доцільною при проєктуванні технологічних операцій обробки відповідальних і точних заготовок, для полегшення розрахунків очікуваних похибок взаємного розташування поверхонь, що обробляються. При цьому схема базування може бути певною інструкцією або завданням для конструктора технологічної оснастки щодо створення його доцільної конструкції.

Варіанти позначення різних елементів базування і закріплення заготовки на схемах, а також типові схеми базування і закріплення заготовок, що найчастіше зустрічаються на практиці, приведено у Додатку 2.

На підставі вибраних базових поверхонь, їх геометричної форми та розмірів визначають та підбирають типи та розміри настановних елементів (бажано з уніфікованого ряду стандартних розмірів), їх число та взаємні положення. Після чого розробляють загальну схему компоновки положення заготовки в пристрої і габаритні параметри пристрою.

2.3.3. Проєктування схеми закріплення заготовки.

2.3.3.1. Після вибору базових поверхонь розраховуються силові характеристики процесу різання та вибирають місця застосування сили затиску.

Розробляють принципову схему затискання заготовки, та виконують силовий розрахунок. Силовий розрахунок зазвичай ілюструється схемою із зазначенням сил і моментів, що виникають при обробці, зусиль затиску, реакцій опор, сил тертя, моментів, що діють, плечей дії сил та інших даних, необхідних для визначення необхідних зусиль затиску. Силовий розрахунок закінчується вибором елементів затиску (бажано уніфікованих), для неуніфікованих елементів приймаються типові конструкції затискних елементів, визначаються їх геометричні параметри та проводяться розрахунки на міцність.

Затискні елементи повинні мати можливість самовстановлюватися при затиску, поверхня робиться рифленою при контакті з чорновими поверхнями заготовки або мати захисні прокладки при контакті з чисто обробленими поверхнями. При відкріпленні деталі затискні елементи повинні відсуватися від деталі на достатню відстань, щоб не перешкоджати витягу з пристрою.

2.3.3.2. На підставі прийнятого типу пристрою, принципової схеми затиску, розрахованих силових характеристик та конструкції затискних елементів, типу та можливостей виробництва вибирають тип затискного приводу, визначають його основні параметри з урахуванням заданого часу на установку. Для автоматизованих приводів підбирають конкретний типорозмір приводу з нормалізованого ряду, який забезпечує необхідне зусилля закріплення (зазвичай вибирається пристрій, який забезпечує затискання заготовки з верхньої межі типорозмірного ряду).

2.3.4. Проектування допоміжних та додаткових технологічних елементів.

2.3.4.1. Спочатку, на цьому етапі визначають типи та розміри додаткових елементів для спрямування та контролю положення ріжучого інструменту (якщо це передбачено технологічним процесом). Якщо такі елементи необхідні, і вони пов'язані з пристроями, встановлюються розташування та спосіб закріплення цих елементів щодо базових. Положення таких додаткових елементів не повинно ускладнювати встановлення заготовки у пристрій та подальший затиск заготовки. У тих випадках, коли такі елементи не є безпосередньо частиною пристрою та не встановлюються на корпусі (наприклад, качальні кондукторні плити на агрегатних верстатах), необхідно передбачити систему базування цих додаткових елементів безпосередньо на пристрої для забезпечення точності обробки.

2.3.4.2. Визначають конструкції та розміри допоміжних елементів і пристроїв (підпори, що підводяться, стояки, кронштейни для кріплення затискних і направляючих елементів). До цих елементів можна віднести корпус пристрою. Найчастіше корпус робиться литим або коробчастою форми з ребрами

жорсткості. Всі поверхні для кріплення настановних, затискних та допоміжних елементів піднімаються у вигляді платиків над загальною поверхнею корпусу. Корпус повинен мати напрямні (базуючі) елементи для точної установки пристрою на верстаті (напрямні шпонки, пальці); вуха для кріплення пристрою Т-подібними болтами; масивні пристрої повинні мати рим-болти для закріплення троса при установці пристроїв на верстаті (якщо це необхідно).

2.3.5. Виконання ескізного проєкту пристрою.

Спочатку виконують ескізну розробку варіантів загального виду пристрою та уточнюють параметри обраного варіанта конструкції. При цьому уточнюють розміри деталей, допуски з'єднань, просторове розташування поверхонь та осей. Складають кінематичні, електричні, пневматичні та інші схеми, необхідні для остаточного оформлення конструкторської документації виготовлення пристрою. Ескізний проєкт необхідний також для виконання розрахунків на міцність і оцінки точності пристрою.

2.3.6. Розрахунок параметрів точності пристрою.

Після відпрацювання конструкторської схеми пристрою та її ескізного опрацювання виконують розрахунок на точність пристрою за вибраним параметром. Напрямок розрахункового параметра пристрою повинен збігатися з напрямком виконуваного розміру при обробці заготовки. При отриманні на оброблюваній заготовці розмірів у кількох напрямках пристрою можна розраховувати тільки по одному параметру у напрямку найбільш точного за допуском і найбільш відповідального за кресленням. Залежно від конкретних умов як розрахункові параметри можуть виступати:

- допуск паралельності та перпендикулярності робочої поверхні настановних елементів до поверхні корпусу пристрою, що контактує з верстатом;
- допуск кутових та лінійних розмірів;
- допуск співвісності (ексцентриситет);
- допуск перпендикулярності осей циліндричних поверхонь тощо.
- допуск розташування втулок кондуктора щодо настановних поверхонь пристрою;
- допуск міжцентрових відстаней між кондукторами та втулками;
- допуск перпендикулярності або паралельності осей втулок щодо робочої поверхні настановних елементів та опорної поверхні корпусу пристрою.

У тих випадках, коли автоматичне отримання розміру неможливе і виникає похибка пристрою, здійснюють розбивку значення розрахункового параметра похибки на допуски розмірів елементів пристрою, які утворюють розмірний

ланцюг положення заготовки щодо інструменту. Методика розрахунку допусків розмірів елементів розмірного ланцюга вибирається залежно від необхідної точності обробки, кількості елементів розмірного ланцюга, формі організації складального процесу пристрою та ін.

За точністю виконання розміри пристрою можна розбити на три групи:

Перша група - розміри елементів і сполучень, що безпосередньо визначають точність обробки (відстань між осями кондукторних втулок свердлувального пристрою, відхилення від паралельності робочої площини настановних елементів і площини корпусу пристрою, що контактує зі столом верстата, та ін.), а також розміри настановних елементів. Склад цієї групи визначають з аналізу технологічних розмірних ланцюгів по кожному показнику точності, що витримується на операції, в яких розміри пристрою є складовими ланками.

Допуски розмірів елементів першої групи зазвичай приймаються у 2 - 3 рази меншими, ніж розмірів, що витримуються при обробці заготовки. Це забезпечує у ряді випадків досить надійне виконання заданих розмірів заготовки та необхідний ресурс роботи пристрою до граничного зношування його елементів.

Друга група - розміри деталей та сполучення пристроїв, похибки яких не впливають на точність обробки (розміри сполучення затискних пристроїв та приводів, виштовхувачів та інших допоміжних елементів і механізмів). Допуски на розміри елементів другої групи визначають залежно від призначення механізму, а також характеру та умов роботи сполучення, що розглядається.

Зазвичай тут допуски беруть за 7-9 квалітетами точності.

Третя група - розміри оброблених і необроблених поверхонь деталей пристроїв, що не сполучаються. Вільні розміри виконують за 14 квалітетом точності для оброблених і за 16 квалітетом для необроблених поверхонь.

2.3.7. Розрахунок міцності елементів пристроїв.

Для навантажених деталей виконується розрахунок на міцність. Зазвичай це одна-дві деталі пристрою, які конструктор може визначити як найбільш уразливі елементи пристрою (зазвичай це важелі, осі, різьбові з'єднання тощо). Розрахунок здійснюється за загальноприйнятими методиками розрахунків на міцність. При проектуванні габаритних пристроїв, які мають у своєму складі нежорсткі елементи, виконується додатковий розрахунок на жорсткість, так як жорсткість конструкції пристрою є важливим фактором, що впливає на отримання заданої точності обробки деталей (заготовок).

Насамперед, жорсткість забезпечується у напрямку дії сил закріплення та різання. Для підвищення жорсткості слід застосовувати конструкції з малим числом стиків, зменшувати зазори в з'єднаннях та усувати позацентрову

програму навантаження. Переважні цілісні або зварні конструкції деталей, менш бажані збірні конструкції.

Вібраційна стійкість також служить забезпеченню заданої точності обробки деталей. Непостійність сили різання і неоднорідність жорсткості верстатних пристроїв та інших елементів пружної технологічної системи визначають виникнення вібрацій, які часто є самозбуджуючими (автоколиваннями).

В результаті підвищується шорсткість поверхні, що обробляється, погіршуються умови роботи ріжучого інструменту, і посилюється динамічний характер сили різання. Якщо частота власних коливань пристрою збігається з частотою коливань при різанні, виникає резонанс, у якому амплітуда коливань сильно зростає. Зону резонансу доцільно зміщувати в ділянку високих швидкостей різання, одночасно підвищуючи жорсткість пристроїв і їх частоту власних коливань. Однак, розрахунок пристроїв на вібростійкість складний і, як правило, виконується у виняткових випадках.

У сучасних CAD системах проектування (Solidworks, ANSYS, AutoCAD та ін.) розрахунки на міцність виконуються з використанням внутрішніх систем типових розрахунків на міцність, стійкість, статичні деформації та ін. Ці розрахунки виконуються при проектуванні окремих деталей чи вузлів пристрою, якщо це потрібно.

2.3.8. Остаточне оформлення конструкторської документації пристрою.

На даному етапі спочатку виконують графічне оформлення загальних видів (складальних) конструкції пристрою. При використанні CAD систем найбільш доцільним є розробка параметричних 3D моделей оригінальних деталей пристрою із зазначенням рекомендованих розмірів і допусків поверхонь, що сполучаються. Це дозволить надалі відпрацювати складання пристрою з використанням можливостей систем автоматизованого проектування.

Після цього остаточно відпрацьовують конструкцію, розробляють 3D моделі або графічне оформлення робочих креслень деталей, загальних чи складальних видів конструкції. Формують технічні умови складання, встановлення та експлуатації пристрою. На кресленні загального виду пристрою слід наводити:

- технічні умови його складання та експлуатації із зазначенням точності у зібраному вигляді за вибраними параметрами;
- необхідності обробки окремих елементів у зборі для забезпечення заданої точності;
- види фарбування та інших покриттів;
- періодичність контрольних оглядів та перевірок точності;

- порядок та правила догляду за пристроями (очищення, змащування, заміна елементів, умови зберігання);
- вимоги до транспортування, встановлення на верстаті, регулювання та ін.

2.3.9. Техніко-економічні розрахунки ефективності використання пристрою.

На підставі всієї отриманої раніше інформації виконують техніко-економічні розрахунки доцільності та ефективності застосування (модернізації, заміни) пристрою. Для спеціальних пристроїв певна складність полягає в тому, що точні економічні показники безпосередньо виробництва пристрою ще невідомі, тому розрахунок цієї складової ведеться укрупнено або на основі системи аналогів. Економічне порівняння варіантів пристрою закінчують розрахунком річного економічного ефекту та терміну окупності нового, більш прогресивного пристрою.

У загальному випадку на машинобудівному підприємстві конструкцію пристрою за принциповою схемою, запропонованою технологом, розробляє конструктор, що спеціалізується на конструюванні технологічного оснащення.

Запитання для самоконтролю

- 1. У чому полягає принцип модульності пристрою?*
- 2. У чому полягає принцип доступності пристрою?*
- 3. Які завдання розв'язуються при встановленні заготовки в пристрій?*
- 4. Які основні елементи формують структуру пристрою?*
- 5. Які функції виконують настановно-затискні пристрої? приклади.*
- 6. Які функції виконують додаткові елементи пристрою?*
- 7. Навіщо потрібні базуючі елементи пристрою?*
- 8. На чому ґрунтується вибір типу пристрою?*
- 9. Яка загальна послідовність проєктування пристрою?*
- 10. Які вимоги пред'являються до чорнових основ пристрою?*
- 11. Які поверхні доцільно розглядати як базові при чистовій обробці?*

3 РОЗРОБКА СХЕМИ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВКИ

Оброблювану деталь базують та закріплюють у пристрої по відповідних поверхнях. Багато поверхонь, що обмежують оброблювану деталь, можна поділити на підмножини функціональних і вільних поверхонь. До першої групи відносяться поверхні, що виконують у процесі обробки якусь робочу функцію: базові, поверхні під затискачі, оброблювані поверхні. Всі інші відносяться до другої групи. Базові поверхні визначаються під час проєктування технологічного процесу. Від правильності вибору схеми базування, виду та точності настановних елементів пристрою залежить точність обробки на даній технологічній операції. Принципи вибору базових поверхонь для різних етапів обробки при проєктуванні верстатних пристроїв були розглянуті у попередньому розділі.

3.1. Способи базування заготовки.

При механічній обробці заготовок на верстатах базуванням прийнято вважати надання заготовки необхідного положення щодо нерухомих елементів верстата, що визначають траєкторію руху різального інструменту. Залежно від заданої технологічної операції може знадобитися повна або часткова орієнтація заготовки в просторі щодо обраної системи координат (ріжучого інструменту або нерухомих частин верстата). При повної орієнтації заготовці надається певне і єдине можливе положення у пристрої. При частковій орієнтації за умовами обробки не потрібна точна установка заготовки або допускається її довільне положення, або поворот щодо будь-якої осі (наприклад, встановлення кільця або диска в кулачках патрона, встановлення плоскої деталі на магнітному столі шліфувального верстата та ін.). Це дозволяє спростити не тільки настановну схему, а й конструкцію пристрою загалом.

Установку заготовок з використанням технологічних баз виробляють трьома способами.

Перший спосіб полягає в тому, що базові поверхні заготовки щільно притискають до настановних елементів пристрою. Число опор (точок), на які встановлюють заготовку, при повному базуванні має дорівнювати шести (правило шести точок); їхнє взаємне розташування має забезпечувати стійку установку заготовки у пристрої. Для цієї мети відстань між опорами слід вибирати по можливості великим і, у всякому разі, таку, щоб під дією сили тяжіння не виникало перекидального моменту заготовки.

Другий спосіб, що використовується при обробці заготовок малої жорсткості або недостатньої їх стійкості внаслідок малої протяжності базових поверхонь, передбачає збільшення числа опорних точок (більше шести).

Третій спосіб базування застосовується на устаткуванні з ЧПУ (верстатах та координатно-вимірювальних машинах). Після встановлення заготовки в пристрої перевіряють фактичне положення ряду поверхонь заготовки. Відхилення в теоретичному положенні за цією поверхнею може бути компенсовано зсувами і поворотами столу верстата, що відповідає корекцією керуючої програми.

В одиничному та дрібносерійному виробництвах при обробці на універсальних верстатах для установки деталі, як правило, використовуються найпростіші настановні елементи, типу підкладок, клинів, притискних планок, різних стояків, а також універсальні пристрої, такі як: патрони, лещата, ділильні головки.

При установці деталей за допомогою таких елементів у багатьох випадках необхідна ретельна вивірка поверхні обробки щодо траєкторії ріжучого інструменту. Після цього заготовці надається стійкий нерухомий стан за допомогою універсальних затискних пристроїв.

При використанні пристроїв, що забезпечують суміщення координатних систем заготовки та ріжучого інструменту, необхідні розміри виходять автоматично. У цьому випадку після закріплення деталі на настановних елементах пристрою траєкторія переміщення ріжучого інструменту збігається з формоутворювальною для поверхні заготовки.

3.2. Концепція базової поверхні. Види баз.

У декартові системі координат при повному базуванні деталей позбавляється 6-ти ступенів свободи: переміщення щодо трьох координатних осей та обертання навколо них.

Базування – це надання заготовки необхідного положення щодо вибраної системи координат.

База - це поверхня або поєднання поверхонь, лінії або точки, що належить заготовки, що виконує ту ж функцію, і використовуються при базуванні.

Опорна точка - це точка, що символізує один із зв'язків заготовки з обраною системою координат.

Схема базування - це схема розташування опорних точок на базах заготовки.

Всі опорні точки позначаються умовними значками з порядковим номером, починаючи з бази, яка має найбільшу кількість опорних точок. При накладенні, в будь-якій проекції, однієї опорної точки на іншу зображується одна опорна

точка, а поруч ставиться два номери. На рисунку 3.1 показано умовне позначення опорних точок (рис.3.1,а) та схема базування деталі на площині з двома призмами, що переміщуються до центру (рис.3.1,б).

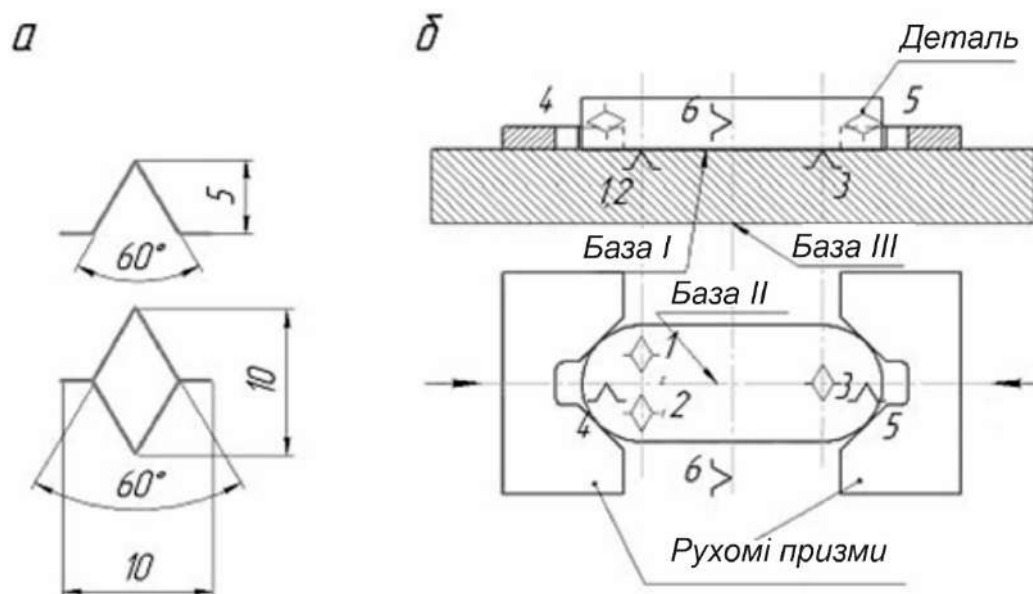


Рисунок 3.1 – Умовне позначення опорних точок на схемі базування

Число проєкцій заготовки на схемі базування має бути достатнім для чіткого визначення розташування кожної опорної точки.

Бази поділяються на конструкторські, технологічні та вимірювальні.

Конструкторська база — це база використовується для визначення положення деталі чи складальної одиниці у виробі.

У свою чергу, конструкторські бази поділяються на основні та допоміжні.

Основна конструкторська база - це база, що належить даної деталі та використовується для визначення її положення у виробі.

Допоміжна конструкторська база - це база, що належить даної деталі або складальної одиниці і використовується для визначення положення деталей і вузлів, що приєднуються до неї.

Технологічна база - це база, що використовується для визначення положення заготовки у процесі виготовлення чи ремонту.

Вимірювальна база - це база, що використовується для визначення відносного положення заготовки та вимірювального інструменту.

На рисунку 3.2 зазначено вимірювальні бази B_A та B_B для розмірів А та В, тобто, поверхні, від яких виконуються виміри після обробки.

За характером прояви бази поділяються на явні та приховані.

Явна база – це база заготовки у вигляді реальних поверхонь, розмічальних ліній чи точок.

Прихована база - це база заготовки у вигляді уявної площини, осі або точки.

Щоб базувати заготовку, тобто. однозначно визначити її положення у просторі, необхідно позбавити її 6-ти ступенів свободи, за допомогою введення координатних зв'язків, позначених опорними точками.

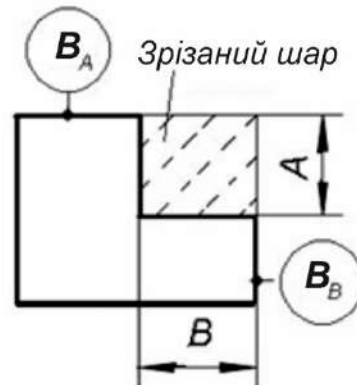


Рисунок 3.2 – Розташування вимірювальних баз

Докладніше про основні принципи базування заготовок та класифікації баз можна переглянути в [1].

У цьому посібнику нас більше цікавлять саме технологічні бази, які різняться щодо позбавлення заготовки кількості ступенів свободи (переміщення вздовж та обертання навколо координатних осей).

Установча база (У) позбавляє заготовку 3-х ступенів свободи: переміщення вздовж однієї осі координат та обертання навколо 2-х інших.

Напрямна база (Н) позбавляє заготовку 2-х ступенів свободи: переміщення вздовж одного та обертання навколо іншого.

Опорна база (О) позбавляє заготовку одного ступеня свободи: переміщення уздовж координатної осі або обертання (використовується опис поворотна (П) обертання навколо певної осі).

Подвійна напрямна (Д) база позбавляє тіло 4-х ступенів свободи: переміщення вздовж 2-х координатних осей та обертання навколо цих осей.

Подвійна опорна (іноді її називають *центруюча* (Ц)) база позбавляє заготовку 2-х ступенів свободи: переміщення вздовж 2-х координатних осей.

3.3. Схеми базування заготовки.

Як зазначалося вище, при автоматичному отриманні розміру на верстатах необхідна орієнтація заготовки щодо ріжучого інструменту досягається за допомогою пристрою. Якщо за умовами обробки положення поверхні має визначатися у всіх напрямках, тобто задані три координатні розміри та три

параметри за кутовим розташуванням, то застосовують схему повного базування з позбавленням заготовки шести ступенів свободи.

Якщо поверхня, що обробляється, задана меншою кількістю координат, то немає необхідності застосовувати повне базування. У цьому випадку досить позбавити тіло п'яти, чотирьох або трьох ступенів свободи. Таке базування деталі називають неповним. При цьому пристрій виходить значно простіше і дешевше. Для грубої орієнтації заготовки у напрямі необумовленим базуванням служать риси на поверхні, позначки на верстаті, неточні (чи неконтрольовані) упори тощо.

Прикладом такого базування є фрезерування відкритих пазів і площин, обробка при плоскому шліфуванні деталей, встановлених на магнітному столі, обробка зовнішніх циліндричних і фасонних поверхонь, коли вісь поверхні та вісь обертання заготовки збігаються та ін.

Найчастіше як бази використовують плоскі та циліндричні поверхні в різних поєднаннях, рідше - конічні та сферичні.

Розглянемо кілька основних схем базування заготовки у пристрої.

Схема 1. Базування заготовки комплектом плоских поверхонь (координатний кут). Повне базування У-Н-О (рис.3.3). Комплект баз: настановна або установча (точки 1, 2, 3 – позбавляють заготовку повороту навколо осей X , Y та переміщення вздовж осі Z); напрямна (точки 4, 5 - позбавляють заготовку повороту навколо осей Z і переміщення вздовж осі X), опорна (точка 6 - позбавляє заготовку переміщення вздовж осі Y).

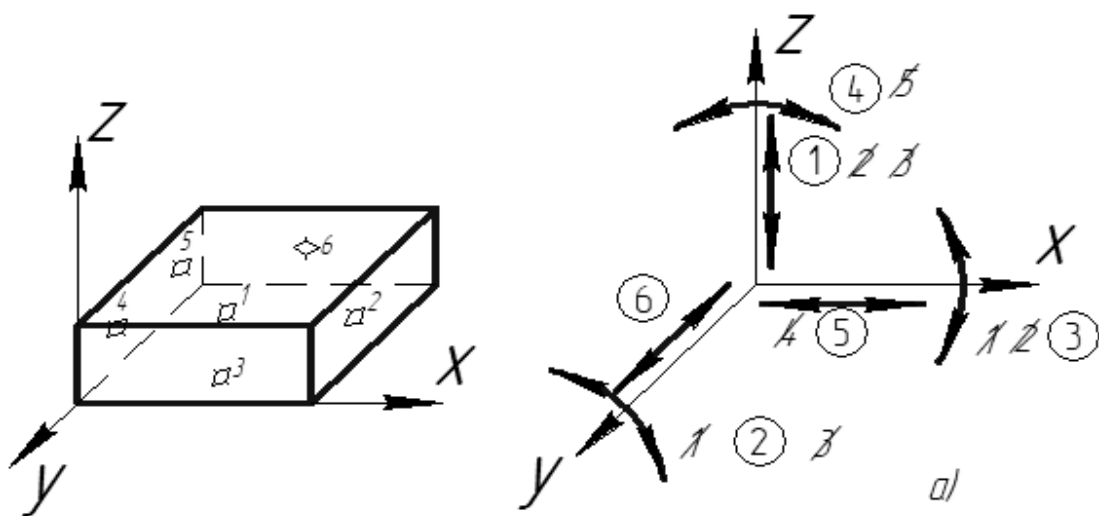


Рисунок 3.3 – Базування призматичної заготовки в «координатний кут»

Схема 2. Базування призматичної заготовки по площині та двома пальцями – циліндричному та зрізаному (ромбічному). Повне базування У-Н-О чи У-Н-П (рис.3.4). Комплект баз: установка або настановна (точки 1, 2, 3 позбавляють заготовку повороту навколо осей X , Y і переміщення вздовж осі Z); подвійна опорна або центруюча (точки 4, 5 позбавляють заготовку переміщення вздовж осей X , Y), поворотна (точка 6 - позбавляють заготовку повороту навколо осі Z).

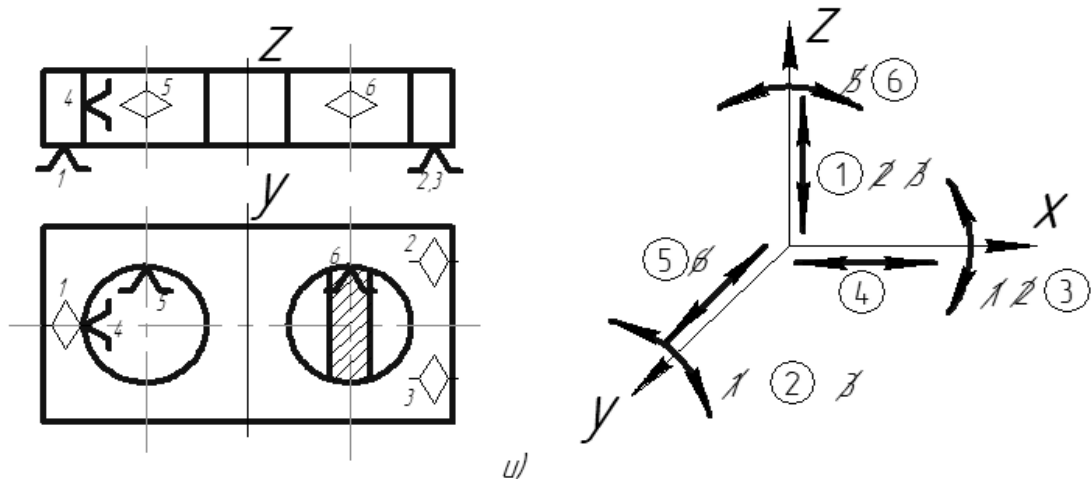


Рисунок 3.4 - Базування призматичної заготовки по площині та двома пальцями

Розглянута схема установки має ряд переваг у порівнянні з іншими схемами базування корпусних деталей:

- дозволяє найповніше реалізувати принцип сталості баз для різних операцій технологічного процесу (яких для корпусної деталі може бути досить багато);
- дозволяє досить просто здійснювати передачу та фіксацію заготовок на потокових та автоматичних лініях;
- забезпечує вільний доступ різального інструменту до оброблюваної заготовки з різних сторін (в принципі доступні 5 сторін обробки).

Застосування цих поєднань визначається точністю діаметрів і взаємного розташування базових отворів та необхідною точністю відносних відстаней і поворотів оброблюваних поверхонь, що необхідно витримати при виконанні операції.

Схема 3. Базування довгої циліндричної заготовки призмах. Неповне базування Д-О (рис.3.5). Комплект баз: подвійна напрямна (точки 2, 3, 4, 5 - позбавляють заготовку повороту навколо осей, Z і переміщення вздовж осей, Z); опорна (точка 1 позбавляє заготовку переміщення вздовж осі X).

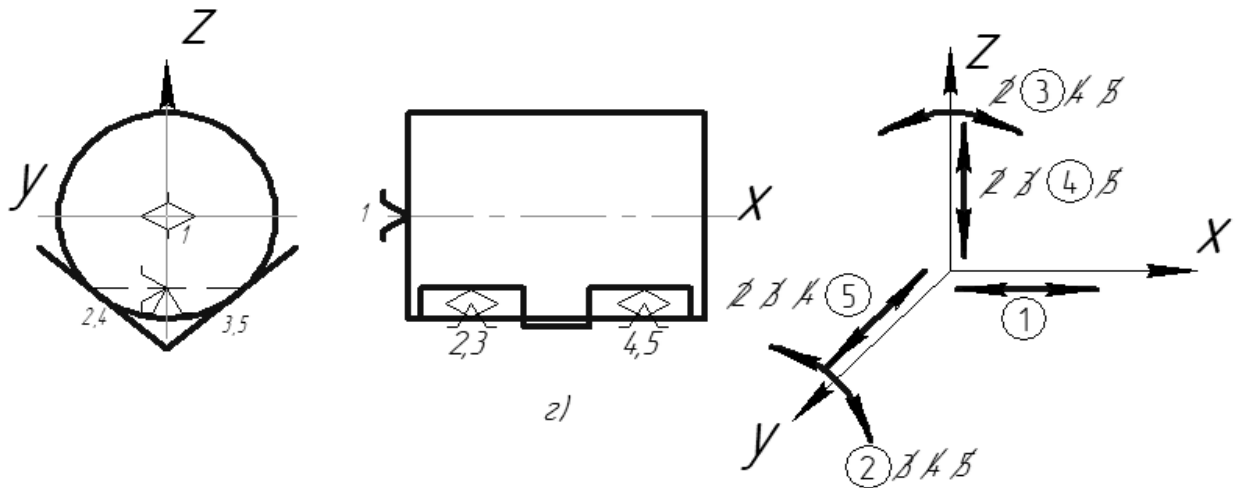


Рисунок 3.5 - Базування циліндричної заготовки у призмах

На рисунку 3.6 наведено схему базування заготовки по довгій циліндричній поверхні у втулці. Формула базування та ж, що і в першому випадку, тільки як базова поверхня використовується циліндричний отвір втулки. Аналогічна схема базування досить часто використовується в цангових патронах верстатів автоматів, причому як опорна база використовується вільний кінець заготовки (прутка), який подається до упору, що відводиться в подальшому після базування та закріплення заготовки.

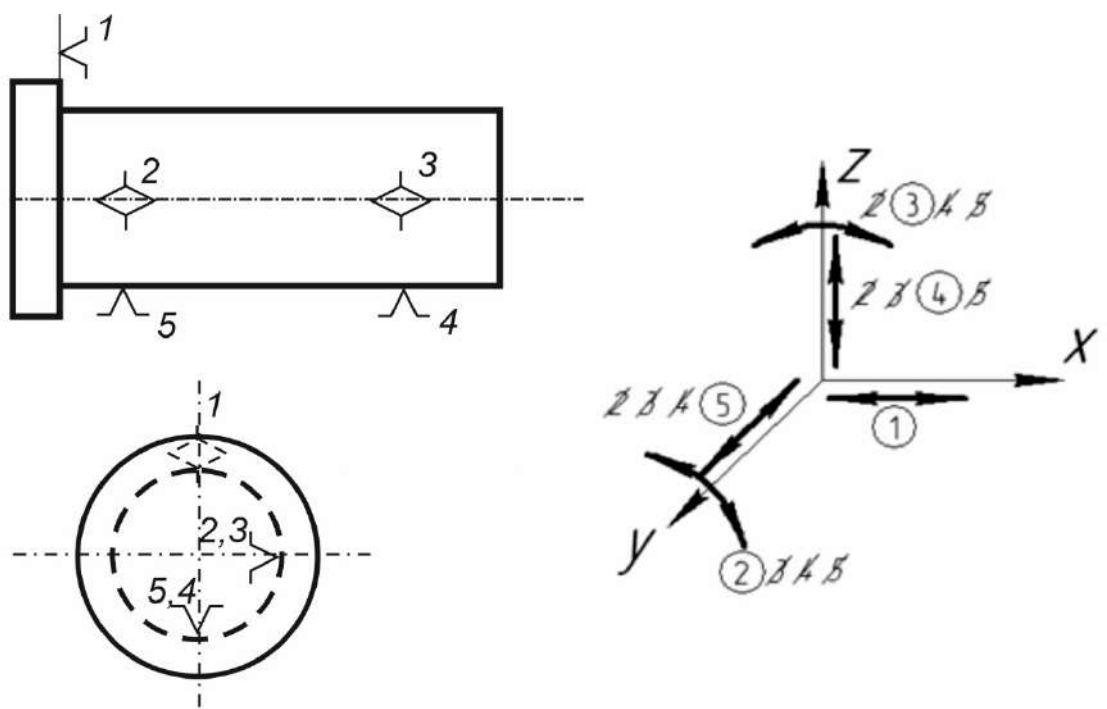


Рисунок 3.6 – Базування циліндричної заготовки у втулці з упором у торець

Для обох схем за необхідності фіксації положення заготовки щодо осі циліндра використовується додатково поворотна база, положення якої визначається конфігурацією деталі.

Схема 4. Базування корпусної деталі з головним отвором в конусах. Неповне базування Д-О (рис.3.7). Комплект баз: подвійна напрямна (точки 1, 2, 3, 4); опорна (точка 6), при необхідності фіксації положення заготовки щодо осі головного отвору використовується додатково поворотна база 5, яка визначається конфігурацією деталі.

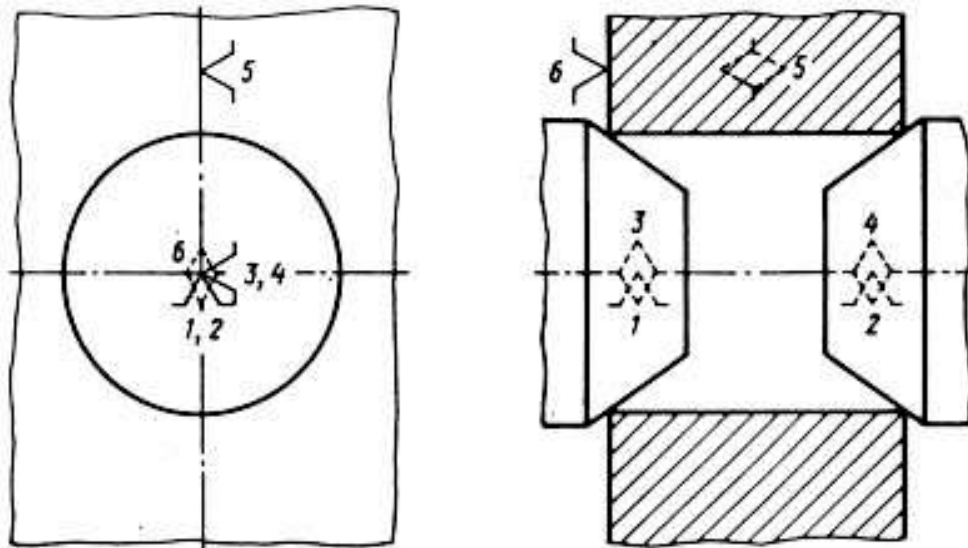


Рисунок 3.7 – Базування корпусної деталі в конусах

Схема 5. Базування циліндричної заготовки у центрах токарного верстата. Неповне базування Д-О (рис.3.8). Комплект баз: подвійна напрямна (точки 2, 3, 4, 5 - позбавляють заготовку повороту навколо осей Y, Z і переміщення вздовж осей Y, Z) є неявною базою; опорна (точка 1 позбавляє заготовку переміщення вздовж осі X , в якості бази виступає конічна поверхня, що запобігає переміщення заготовки вздовж осі центрів) при необхідності фіксації положення заготовки щодо осі центрів використовується додатково поворотна база, яка визначається конфігурацією деталі.

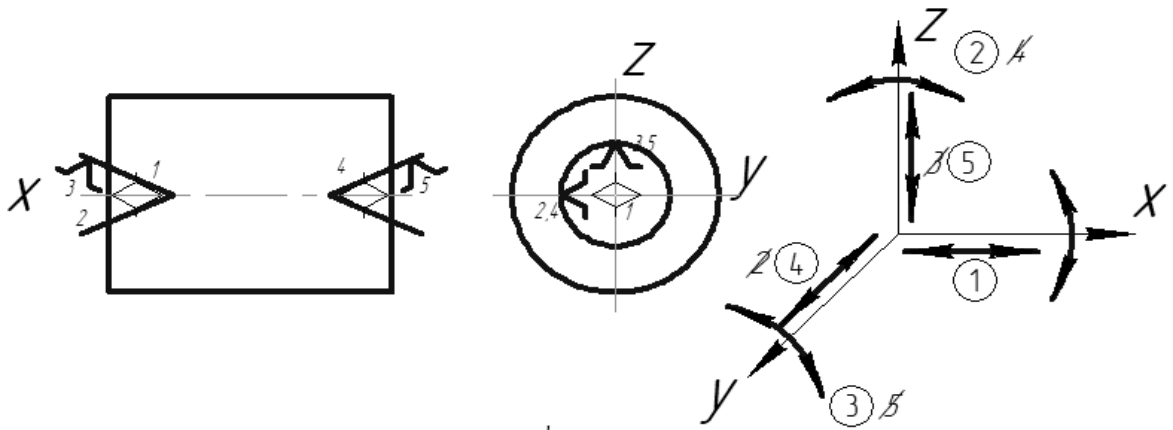


Рисунок 3.8 - Базування циліндричної заготовки у центрах

При такій схемі базування точність осьового розміру залежить від точності виготовлення лівого центруючого отвору деталі по глибині. У цьому випадку можливість усунення лівого торця деталі і буде похибкою базування. Коли на заготовці необхідно отримати точні осьові розміри, використовуються схеми базування з плаваючим центром і автономною опорою в осьовому напрямку. Неповне базування Д-О (рис.3.9). Комплект баз: подвійна напрямна (точки 1, 2, 4, 5) є неявною базою; опорна (точка 3).

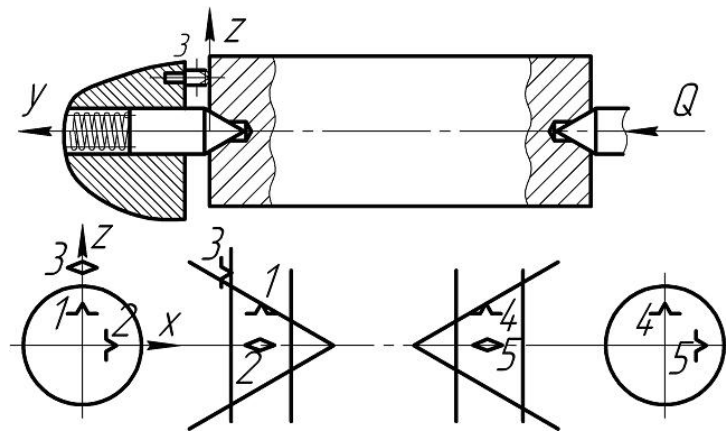


Рисунок 3.9 – Встановлення деталі на плаваючий центр

Схема 6. Базування деталі типу «Сережка» на площині та призмі. Повне базування У-Ц-П (рис.3.10). Комплект баз: настановна (точки 1, 2, 3 позбавляють заготовку повороту навколо осей X , Y і переміщення вздовж осі Z) є явною - це площина щоби сережки; направляюча або центруюча (точки 4, 5 позбавляють заготовку переміщення вздовж осей X , Y) і опорна або поворотна (точка 6 - позбавляє заготовку повороту навколо осі Z) є неявними базами - осями симетрії деталі.

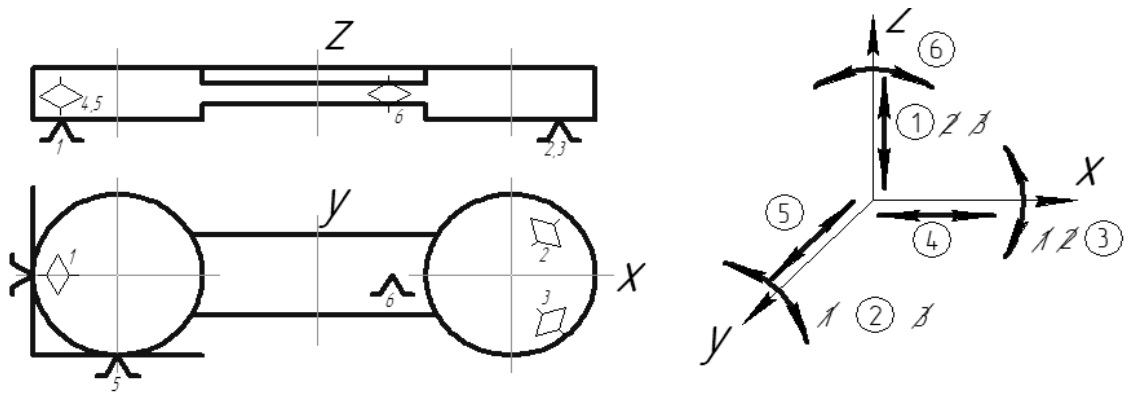


Рисунок 3.10 - Базування деталі типу «Сережка» на площині та призмі

У деяких випадках заготовки 7 такого типу базуються з використанням самозатискних призм 8, що забезпечує більш високу точність положення заготовки щодо осей симетрії деталі (рис.3.11).

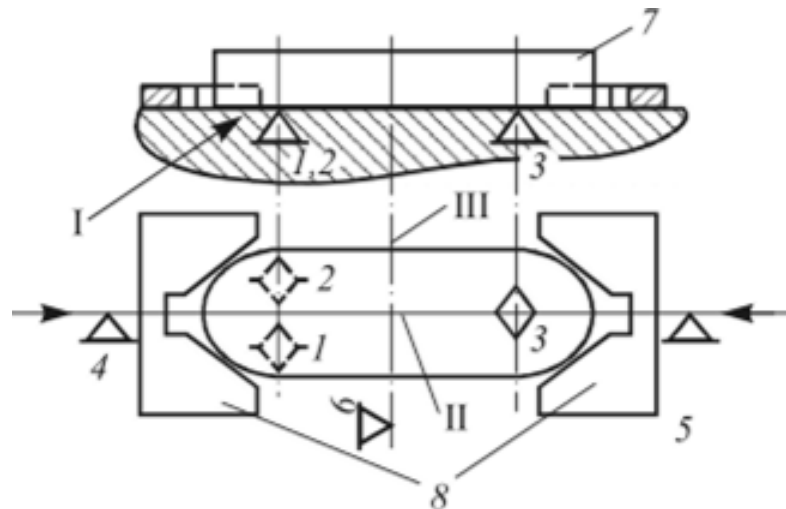


Рисунок 3.11 - Базування деталі типу «Сережка» у самоцентруючих призмах

Схема 7. Базування циліндричної заготовки по отвору та торцю. Неповне базування У-Ц (рис.3.12). Комплект баз: установка або настановна (точки 1, 2, 3 – позбавляють заготовку повороту навколо осей X, Y та переміщення вздовж осі Z) є явною - це основа (торець) диска; напрямна (центруюча, точки 4, 5 - позбавляють заготовку переміщення вздовж осей X, Y) є неявною базою – віссю симетрії деталі.

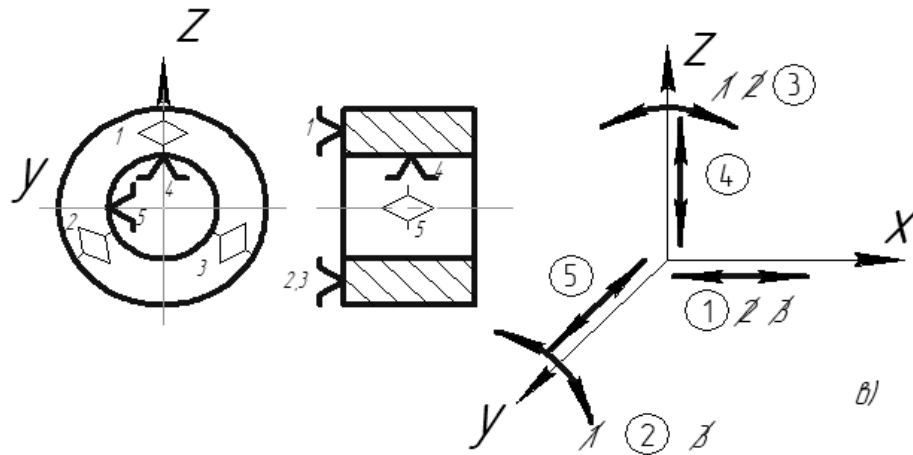


Рисунок 3.12 – Базування циліндричної заготовки по отвору та торцю

При необхідності фіксації заготовки щодо обертання навколо осі Z використовується опорна (поворотна) база (точка b - позбавляє заготовку повороту навколо осі Z) Опорна база b виконана у вигляді елемента, що підводиться, причому, у варіанті А - показана явна база у вигляді поверхні паза, а у варіанті Б показана неявна база - вісь симетрії паза (рис.3.13).

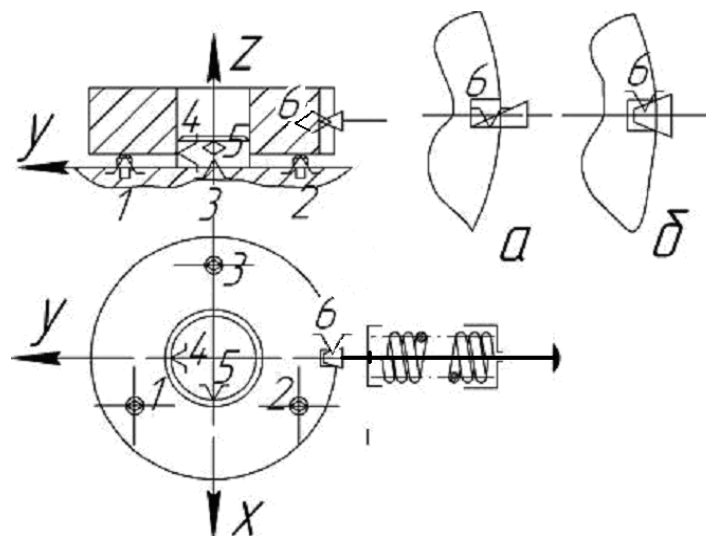


Рисунок 3.13 – Базування циліндричної заготовки по отвору та торцю з фіксацією повороту навколо центральної осі

Схема 8. Базування циліндричної заготовки (диска) на площину і центрування двома призмами, що сходяться. Неповне базування У-Ц (рис.3.14). Комплект баз: установча або настановна (торцева поверхня, точки 1, 2, 3 - позбавляють заготовку повороту навколо осей Z , Y і переміщення вздовж осі X); напрямна (центруюча, точки 4, 5 - позбавляють заготовку переміщення вздовж осей Z , Y), це неявна база, як центр перетину осей.

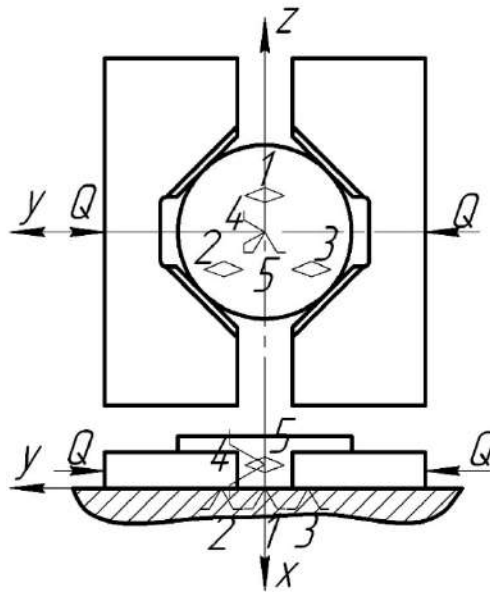


Рисунок 3.14 – Базування циліндричної заготовки на площину і центрування двома призмами, що сходяться.

Схема 9. Базування циліндричної заготовки (диска) у горизонтальній призмі. Повне базування У-Ц (рис.3.15). Комплект баз: установка або настановна (торцева поверхня, точки 1, 2, 3 - позбавляють заготовку повороту навколо осей X, Z і переміщення вздовж осі Y); напрямна (центруюча, точки 4, 5 - позбавляють заготовку переміщення вздовж осей X, Z) – це неявна база, як центр перетину осей; опорна (поворотна точка б - позбавляє заготовку повороту навколо осі Y) -явна база.

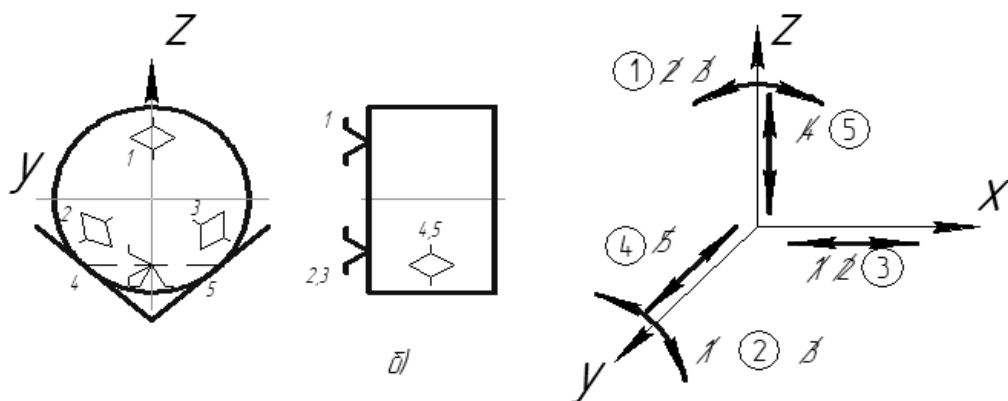


Рисунок 3.15 – Базування циліндричної заготовки у призмі з упором у п'яту

При необхідності фіксації повороту заготовки щодо осі X використовується явна (якщо використовується поверхня паза, див. рис.3.10,а) або неявна (якщо використовується вісь паза, див. рис.3.10,б) опорна база (поворотна, точка б - позбавляють заготовку повороту навколо осі Y).

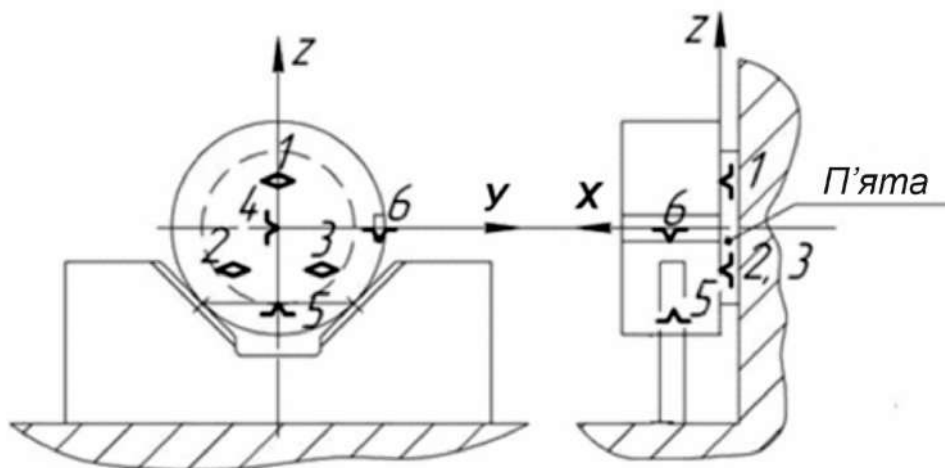


Рисунок 3.16 – Базування короткої циліндричної заготовки у призмі з фіксацією від повороту

Особистим варіантом такої схеми базування є встановлення коротких циліндричних заготовок в установчо-затискних патронах, що самоцентрують заготовку. У цьому випадку торці кулачків виступають як настановна база, а бічні поверхні кулачків як центруюча.

Схема 10. Базування циліндричної заготовки за допомогою довгого центрального отвору. Неповне базування Д-О (рис.3.17). Комплект баз: подвійна напрямна (точки 2, 3, 4, 5 - позбавляють заготовку повороту навколо осей Y , Z і переміщення вздовж осей Y , Z); опорна (точка 1 позбавляє заготовку переміщення вздовж осі X). За необхідності фіксації положення заготовки щодо осі циліндра використовується додатково поворотна база, положення якої визначається конфігурацією деталі. Реалізується дана схема переважно з використанням різних оправок.

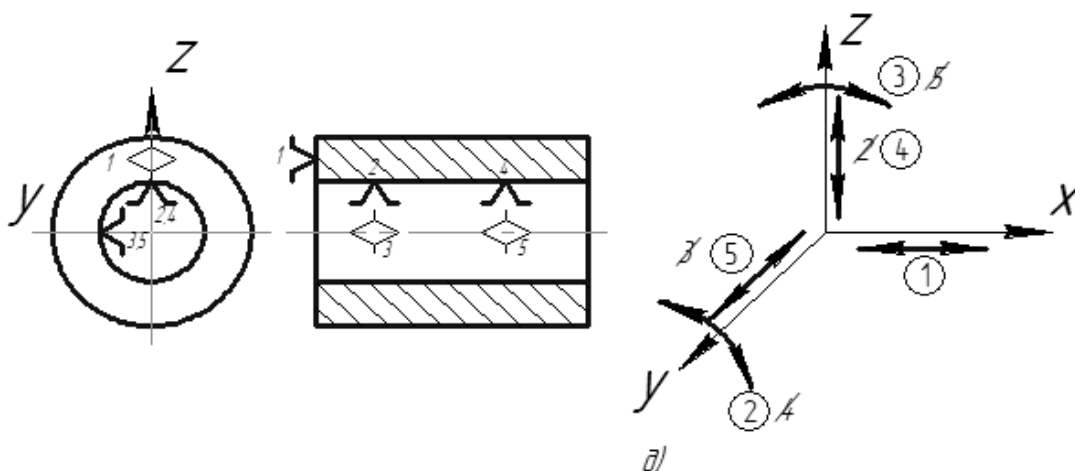


Рисунок 3.17 - Базування циліндричної заготовки з центральним отвором на оправці

Схема 11. Базування заготовки на столі за площиною базової поверхні. Неповне базування У (рис.3.18). Комплект баз: установча або настановна (площина основи, точки 1, 2, 3 - позбавляють заготовку повороту навколо осей X, Z і переміщення вздовж осі Y). Для грубої орієнтації заготовки у напрямі необумовленим базуванням служать риски на пристрої, позначки на верстаті, неточні (чи неконтрольовані) упори тощо. Так, наприклад, при фрезеруванні верхньої площини деталі, забезпечуючи розмір Az , заготовка встановлюється на три точки технологічної базової поверхні. При цьому необхідно щоб зона обробки, обмежена шириною циліндричної фрези ($B_{фр}$) і довжиною робочого ходу ($L_{рх}$), перекривала поверхню, що обробляється. Аналогічне базування виконується при плоскому шліфуванні деталей, встановлених на магнітній плиті.

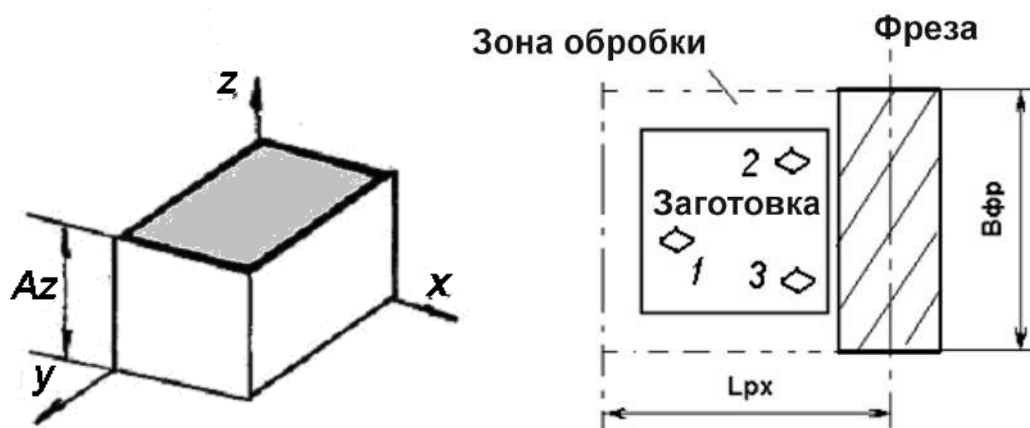


Рисунок 3.18 - Базування заготовки по площині основи на столі верстата

При обробці інших поверхонь, що утворюють розмірні зв'язки зі сторонами деталі та вимагають повного базування, використовуються розглянуті вище схеми.

Запитання для самоконтролю

1. *Яке призначення опорних точок?*
2. *Що таке схема базування?*
3. *Які завдання розв'язуються при встановленні заготовки в пристрої?*
4. *Як класифікуються бази за призначенням?*
5. *Що таке конструкторська, технологічна та вимірвальна бази?*
6. *Які основні засади базування?*
7. *Як класифікуються бази по ступеням свободи, що позбавляють при цьому?*
8. *Як здійснюється базування призматичних деталей?*
9. *Як виконується базування на довгих циліндричних поверхнях?*
10. *Як виконується базування на коротких циліндричних поверхнях?*
11. *Як базується заготовка з використанням центрових отворів?*
12. *Як виконується базування по площині та двох отворах? У чому переваги такого базування?*
13. *Що таке повне та спрощене базування?*
14. *Коли призначаються основні та додаткові опори?*

4 ЕЛЕМЕНТИ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

Як зазначалося вище, до складу практично всіх верстатних пристроїв входять настановні, затискні, додаткові елементи, силовий механізм та корпус (див. рис.3.1). Умовні позначення елементів верстатних пристроїв, що вказуються на картах ескізів, схемах встановлення заготовки та іншої технологічної документації, наведено у Додатку 1

Розглянемо докладніше ці елементи.

4.1. Настановні елементи пристроїв.

У процесі проєктування пристрою необхідно керуватися міркуваннями максимального використання нормалізованих настановних елементів і, тільки якщо використання нормалізованих елементів при проєктуванні спеціальних пристроїв неможливо, проєктувати оригінальні елементи зберігаючи принципи формування опорних поверхонь характерних для нормалізованих елементів (в основному це стосується геометричних параметрів і способу кріплення елемента у корпусі).

4.1.1. Вимоги до конструкції настановних елементів.

Настановними елементами називаються деталі та механізми пристрою, що забезпечують правильне та однозначне положення заготовки щодо інструменту або орієнтуючого пристрою складального виконавчого механізму.

Тривале збереження точності розмірів цих елементів та їх взаємного розташування необхідно враховувати під час конструювання та виготовлення пристроїв.

Вимоги до настановних елементів (*НЕ*):

1) число та розташування настановних елементів повинно забезпечувати необхідну орієнтацію заготовки згідно з прийнятою в технологічному процесі схемою базування, а також її врівноваженість;

2) при використанні чорнових баз з шорсткістю $Rz > 20$ настановні елементи доцільно виконувати з обмеженою опорною поверхнею з метою зменшення впливу похибок цих баз на врівноваженість заготовки;

3) настановні елементи по можливості не повинні пошкоджувати технологічні бази заготовки, що особливо важливо при її встановленні на точні базові поверхні, що не піддаються подальшій обробці;

4) настановні елементи мають бути жорстко зафіксовані. Для підвищення жорсткості кріплення доцільно покращувати якість сполучення настановних

елементів з корпусом пристрою, застосовуючи шліфування, а в окремих випадках шабріння або притирання поверхонь стику;

5) для підвищення зносостійкості опори використовують сталі марок У8А, 20, 20Х з подальшою термічною обробкою - загартуванням до твердості $58\div 62$ HRC. Настановні елементи з низьковуглецевих конструкційних сталей марок 20, 20Х попередньо цементують на глибину $0,8\div 1,2$ мм. Для зменшення зношування робочі поверхні настановних елементів, що контактують з базовими поверхнями заготовок або деталей (вузлів), хромують або, використовуючи метод наплавлення, наносять на поверхню твердий сплав. Несучі поверхні опор доцільно шліфувати, доводячи шорсткість до $Ra < 0,63$;

б) з метою спрощення та прискорення ремонту пристрою його настановні елементи повинні бути легкозмінними.

Основні настановні елементи характеризуються тим, що кожен із них реалізує одну чи кілька опорних точок для базування заготовки. Будучи відповідним чином розміщеними в пристрої, вони утворюють необхідну при обраному способі базування сукупність опорних точок. Розрізняють також основні опори та допоміжні. До основних опор відносяться: опорні штирі, пальці, пластини, центри, призми. У свою чергу основні опори бувають регульованими та встановлюються і служать для базування деталі або заготовки в пристрої. Допоміжні опори застосовують задля базування, а підвищення стійкості і жорсткості деталі чи заготовки в пристрої. Крім того, опори бувають нерухомими, рухомими, плаваючими та регульованими.

4.1.2. Точкові опори.

Основні точкові опори використовують для встановлення невеликих за розмірами заготовок (рис.4.1) під час базування плоскими поверхнями. Опори зі сферичною опорною поверхнею служать для встановлення на них деталей та заготовок із необробленими базами. Деталі та заготовки з обробленими базами встановлюють на опори з плоскою опорною поверхнею. Опори з насіченою опорною поверхнею, як правило, є бічними опорами або служать для встановлення по чорнових базах. Розміри зазначених поверхонь настановних елементів наводяться у довідковій літературі для всіх нормалізованих елементів (опор, пластин, пальців, призм тощо.).

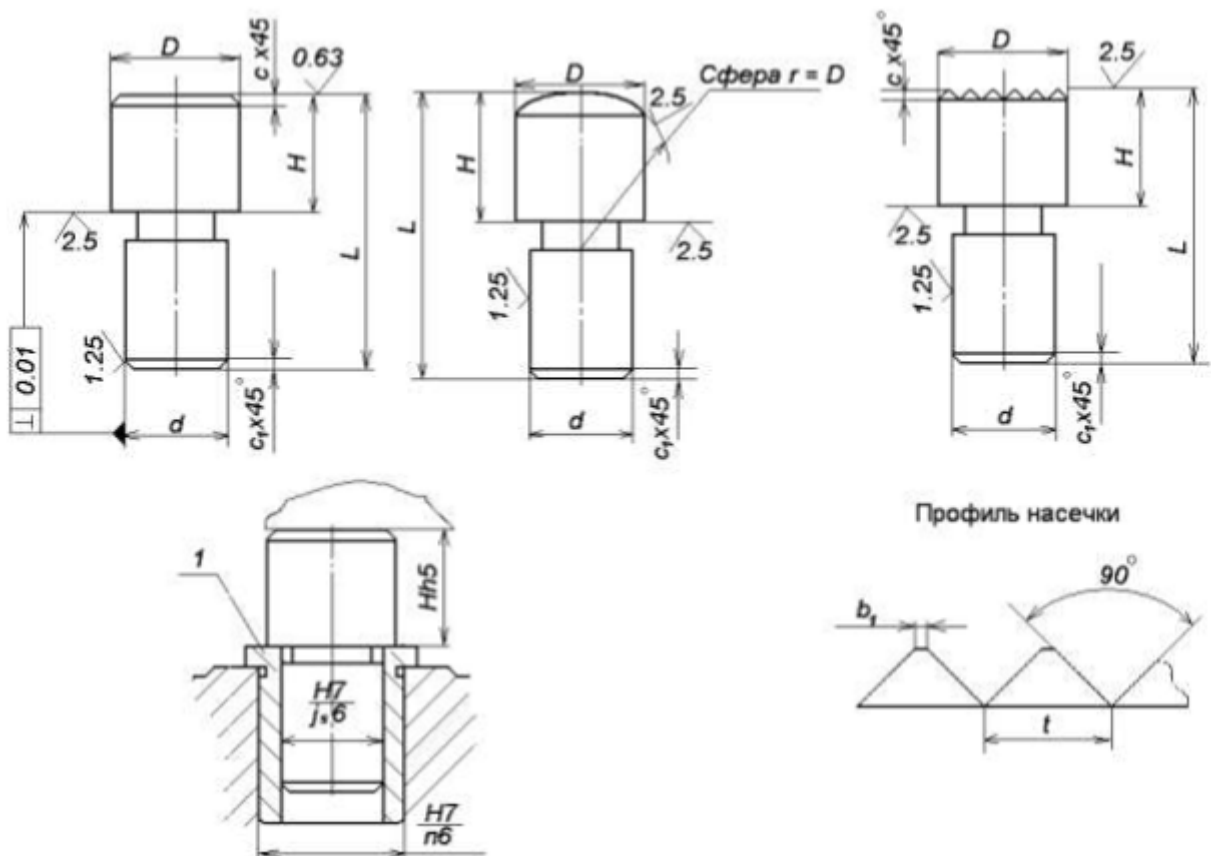


Рисунок 4.1 – Точкові опори

Точкові опори запресовують безпосередньо в корпус пристрою або через сталеву загартовану втулку 1 (рис.4.2), що підвищує ремонтпридатність пристрою. Верхні торці втулок 1 шліфують, що дозволяє не шліфувати додатково опори.

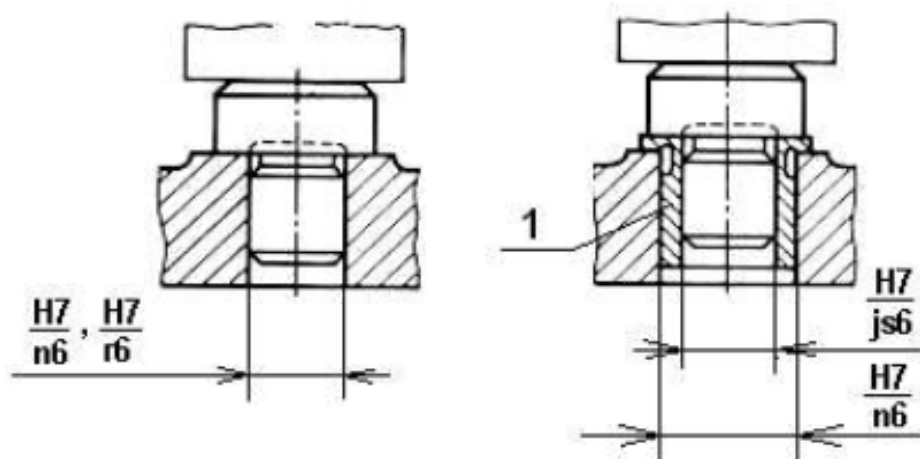


Рисунок 4.2 – Варіанти встановлення точкових опор у корпусі пристрою:
а) безпосередньо; б) через перехідну втулку

Регульовані опори бувають гвинтові та клиноплунжерні (рис. 4.3-4.4). Їх застосовують в якості як основних, так і допоміжних опор.

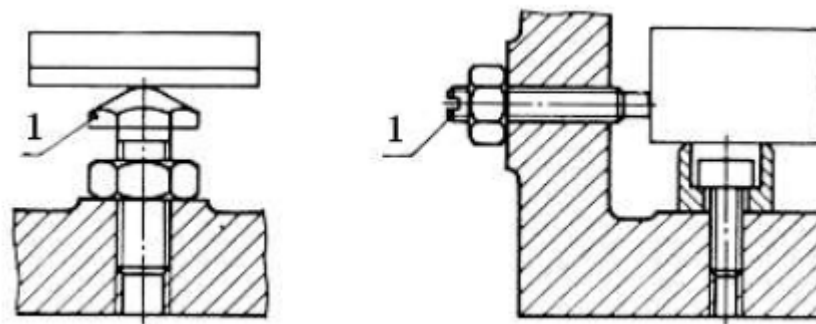


Рисунок 4.3 - Регульовані гвинтові опори: 1 – гвинт, що регулює положення

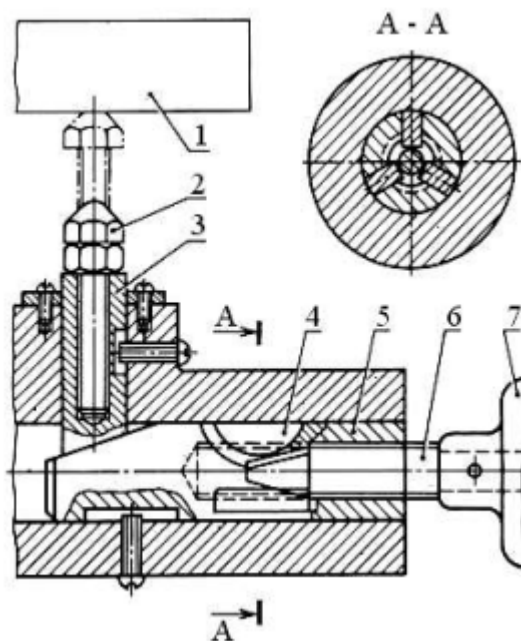


Рисунок 4.4 - Одноточкова клинова опора, що підводиться: 1-деталь; 2 – регульований гвинт; 3 – плунжер; 4 – шпонка; 5 – клин; 6 – гвинт; 7 – рукоятка.

Як і основні, ці опори служать для встановлення заготовок необробленими поверхнями при великих змінах припуску на механічну обробку, а також при вивірці заготовок по розмічувальним рисам.

4.1.3. Опорні пластини та опорні шайби.

Опорні шайби (рис. 4.5) та опорні пластини (рис.4.6) служать для встановлення заготовок по остаточно обробленим поверхням. Шайби використовують для встановлення дрібних, а пластини – середніх та великих за розмірами заготовок. Опорні пластини без пазів (виконання 1) служать бічними та верхніми опорами, а опорні пластини з пазами (виконання 2) - нижніми опорами (для кращого розміщення в пазах стружки).

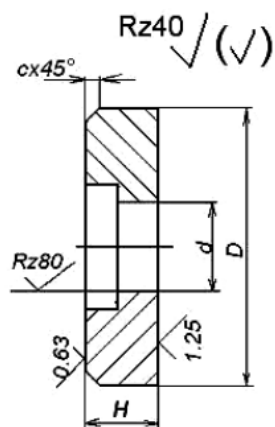


Рисунок 4.5 – Опорна шайба

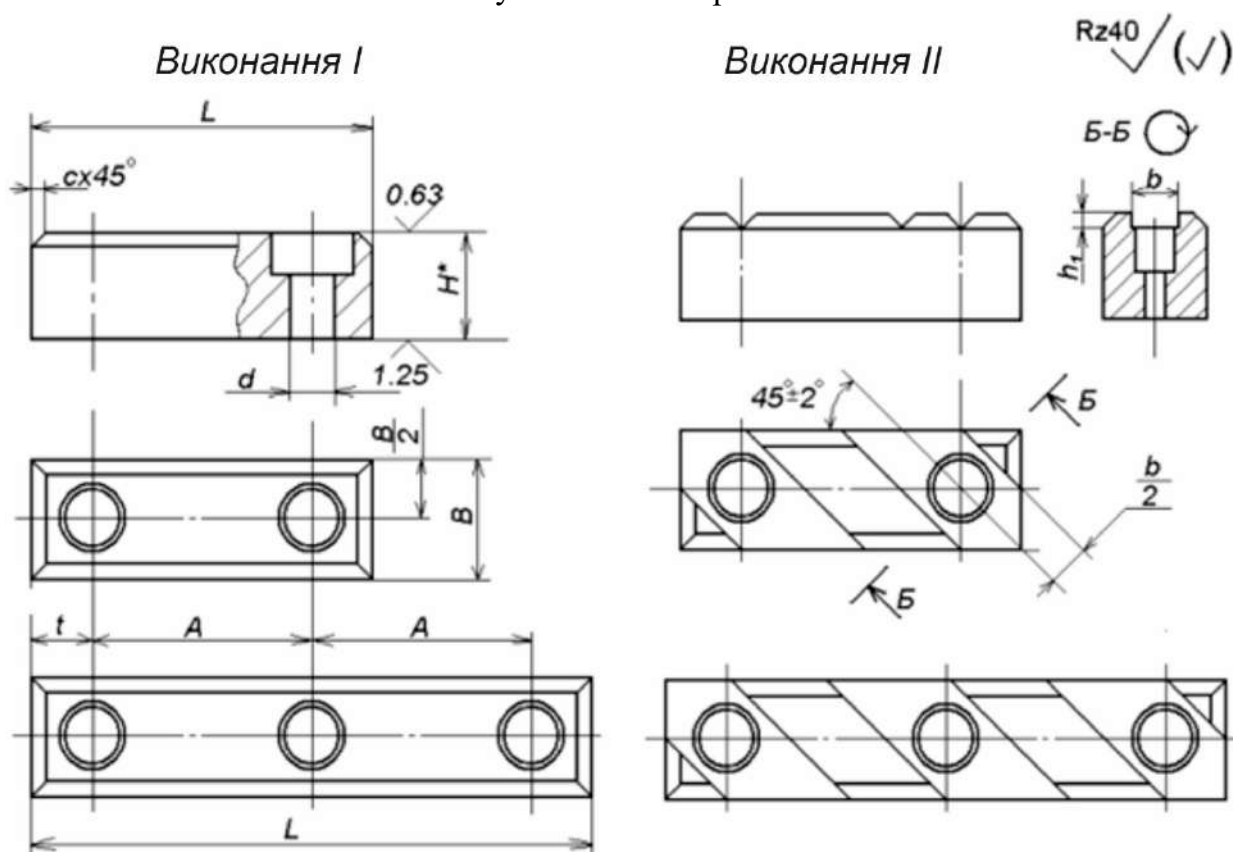


Рисунок 4.6 – Опорні пластини

4.1.4. Наст ановні призми.

Заготовки типу тіла обертання зовнішніми поверхнями встановлюють у призми — настановні елементи з робочою поверхнею у вигляді паза, утвореного двома площинами, нахиленими одна до одної під певним кутом. Конструкції та розміри призм для встановлення коротких заготовок нормалізовані (рис.4.7).

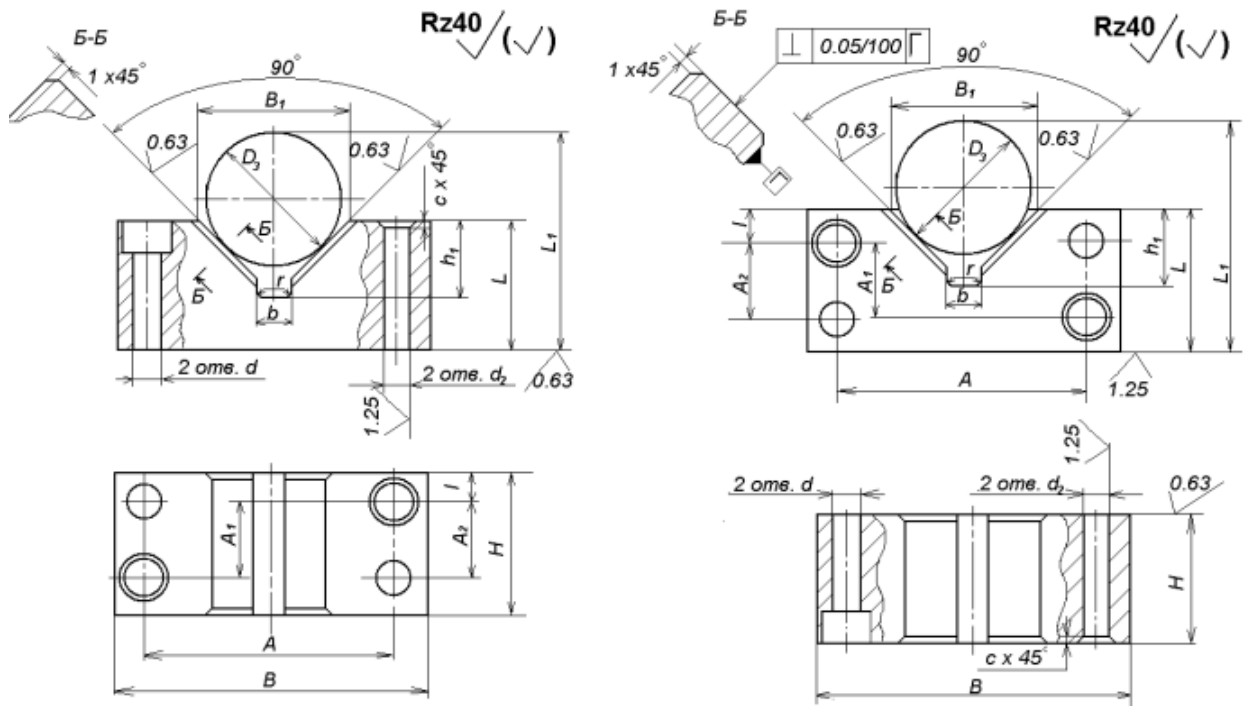


Рисунок 4.7 – Опорні призми з горизонтальним та бічним кріпленням

У пристроях використовують призми з кутами α , рівними 60° , 90° та 120° . Найбільшого поширення набули призми з $\alpha=90^\circ$. Призми з $\alpha=120^\circ$ застосовують, коли заготовка не має повної циліндричної поверхні і по невеликій дузі кола потрібно визначити положення осі деталі. Заготовка, яка розташована на таких призмах, має невелику врівноваженість. Призми з кутом $\alpha=60^\circ$ застосовують для підвищення врівноваженості в тому випадку, коли є значні сили різання, що діють паралельно осі призми. Торцеві поверхні виконують з високими показниками шорсткості поверхні з метою забезпечення точності базування в осьовому напрямку при упорі торцевої поверхні щаблі валу в торець призми.

При встановленні заготовок із чисто обробленими базами застосовують призми з широкими опорними поверхнями, а з чорновими базами – з вузькими опорними поверхнями.

Довгі заготовки встановлюють за двома перерізами у нестандартних призмах із роз'єднаними робочими ділянками (рис.4.8).

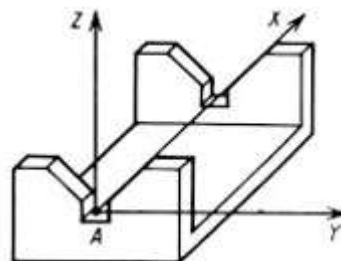


Рисунок 4.8 – Призми для встановлення заготовок великої довжини

Якщо базові поверхні мають однакові геометричні параметри (шийки під посадки підшипників на валу), можливе застосування двох однакових стандартних призм, рознесених по довжині валу.

Якщо за умовами обробки для підвищення жорсткості системи ВПЗІ довгу заготовку необхідно поставити на кілька призм, то дві з них роблять жорсткими (основні опори), а інші підводяться (допоміжні опори). Призми, як і опори, можуть бути регульованими.

4.1.5. Настановні пальці.

Базування заготовки по двох циліндричних отворах - на пальці і площину - забезпечують необхідну точність установки. Збільшення числа пальців не дає підвищення точності обробки.

За конструктивним виконанням розрізняють пальці настановні: циліндричні з упором; зрізані із упором (рис 4.9); циліндричні та циліндричні зрізані; постійні циліндричні та зрізані; змінні циліндричні та зрізані; високі циліндричні та зрізані

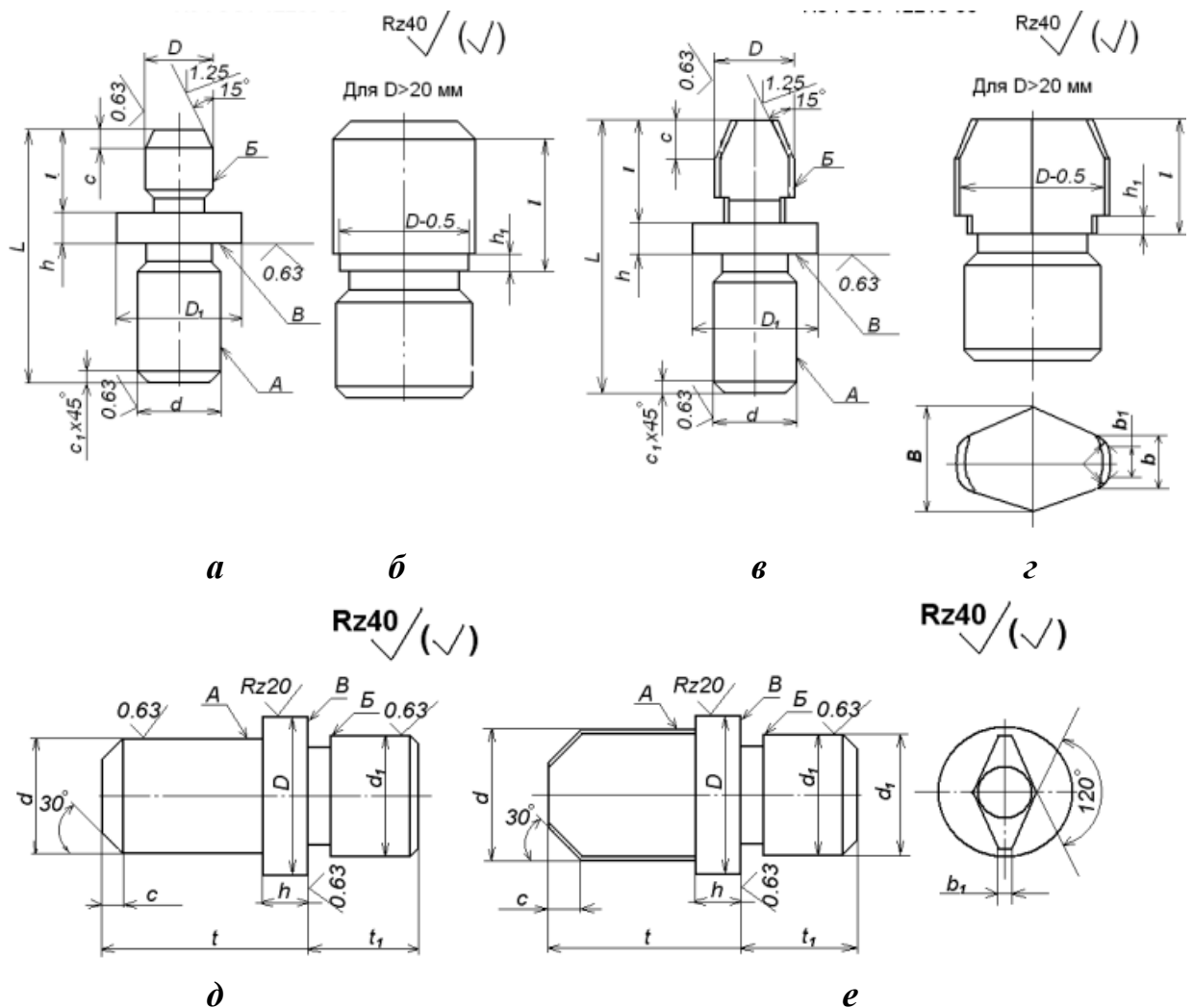


Рисунок 4.9 - Пальці настановні: циліндричні з упором (а) та без (б); зрізані з упором (в) та без (г); високі циліндричні з упором (д); високі зрізані з упором (е)

Розрізняють три відмінні одна від одної схеми установки деталей з використанням настановних пальців.

1. Коли за головну базу приймають торець деталі 2 (рис.4.10,а), то її встановлюють на низькому пальці 1. Торець деталі є настановною базою, отвір – подвійною опорною.

2. Коли за основну базу приймають отвір деталі, її встановлюють високому пальці (рис.4.10,б). У схемі - отвір постає як подвійна напрямна база, а торець, як опорна.

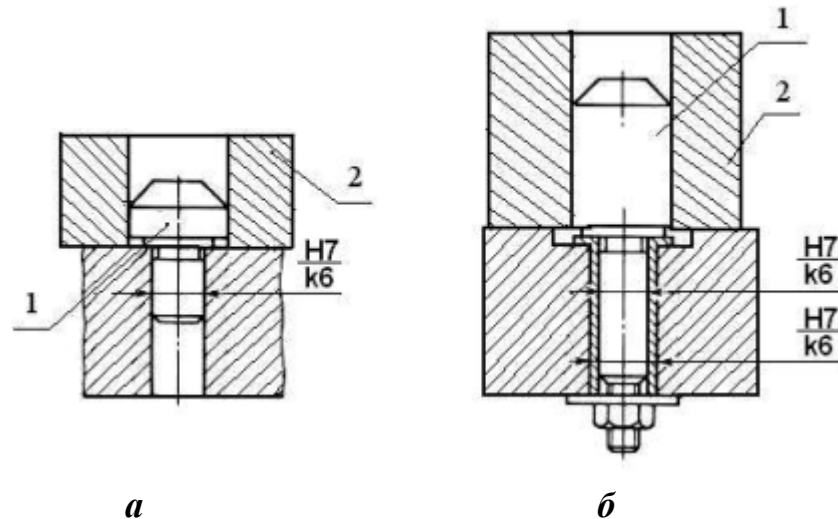


Рисунок 4.10 - Схеми встановлення деталі на пальцях:

а) на низькому настановному пальці; б) на високому настановному пальці

3. Коли установка заготовки проводиться за двома отворами та площиною (рис.4.11). Ця схема застосовується для встановлення деталей типу корпусів, плит та рам. Базові отвори в заготовках обробляють не нижче JT8. За площиною заготовку встановлюють на опорні пластини або шайби. Щоб уникнути заклинювання заготовки один палець використовують циліндричний, а другий - зрізаний. Зрізаний палець дозволяє збільшити зазор між пальцем та отвором деталі у напрямку розміру L між осями отворів. Для підвищення точності обробки настановні пальці розміщують на якомога більшій відстані один від одного. Зрізаний палець розташовують великою піввіссю по нормалі до лінії центрів.

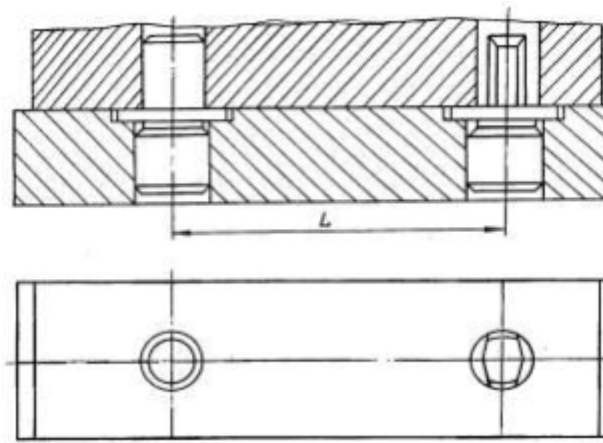


Рисунок 4.11 - Схема установки заготовки по плоскості та двох отворів на два настановні пальці

4.1.5. Настановні центри.

Для установки заготовок по центровим отворах використовують центри з кутом при вершині 60° (рис. 4.12).

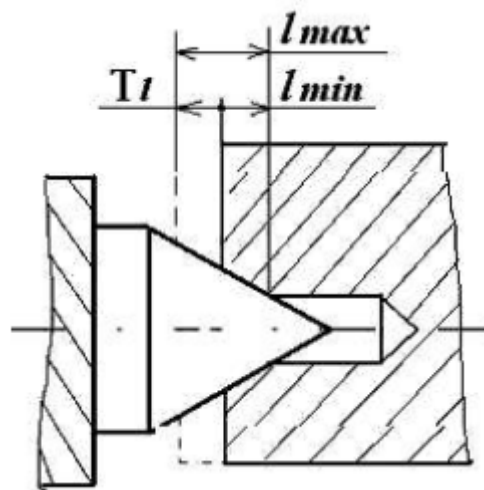


Рисунок 4.12 – Конструкція опорної поверхні твердого центру

Застосовують жорсткі або зрізані центри та ті, що обертаються. Для деталей типу труб і гільз, що встановлюються конічною фаскою великого діаметра, застосовують грибкові центри. При необхідності передачі моменту, що крутить, робочі поверхні центрів виконують рифленими.

При встановленні на жорсткі передні центри виникає похибка базування для лінійних розмірів, обумовлена допуском на глибину зацентрування T_1 (рис.4.12). Для виключення цієї складової похибки базування застосовують плаваючий передній центр (рис.4.13). В цьому випадку центр 1 має можливість завдяки пружині переміщуватися в осьовому напрямку до упору заготовки в торець втулки 2, при цьому установча та вимірювальні бази поєднуються.

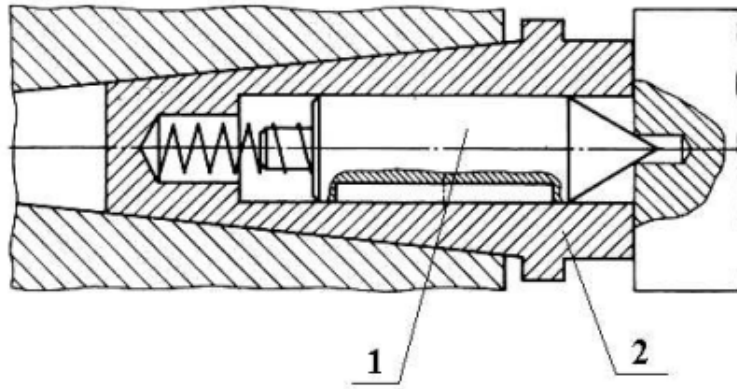


Рисунок 4.13 - Схема установки на плаваючий передній центр

4.2. Затискні елементи пристроїв.

4.2.1. Призначення затискних пристроїв.

Для отримання необхідної точності та продуктивності формоутворення в технологічній системі верстата повинні забезпечуватись координатний зв'язок елементів та збереження їх заданого положення при різних збуреннях. Затискні механізми за певного закону формоутворення жорстко фіксують зв'язок між заготовкою і різальним інструментом, які розташовані на рухомих робочих органах верстата. Тому основне призначення затискних механізмів пристроїв - забезпечення надійного контакту (невідривності) заготовки або деталі, що збирається, з установочними елементами, попередження її зміщення в процесі обробки щодо формотворчого інструменту або руху складання.

Затискний механізм створює силу закріплення заготовки, що визначається з умови рівноваги всіх сил, прикладених до неї.

Необхідність застосування затискних пристроїв виключається лише у трьох випадках.

- 1) заготовка має велику масу, порівняно з якою сили різання малі.
- 2) сили, що виникають при обробці, спрямовані так, що не можуть порушити положення заготовки, досягнуте під час базування.
- 3) заготовка, встановлена в пристрій, вже позбавлена всіх ступенів свободи. Наприклад, при свердлінні отвору у прямокутній планці, що закладається в ящиківий кондуктор.

У серійному та дрібносерійному виробництві проєктують оснастку з використанням універсальних затискних механізмів або спеціальних з ручним приводом. У тих випадках, коли потрібні великі сили закріплення заготовок, доцільно застосовувати механізовані затискачі.

У механізованому виробництві використовують затискні механізми, у яких прихоплювачі автоматично відводяться убік. Цим забезпечується вільний доступ до настановних елементів для очищення їх від стружки та зручність переустанови заготовок.

В автоматизованому виробництві використовуються механізми автоматичного закріплення заготовки (нині дедалі частіше застосовується і автоматичне завантаження заготовки). Це дозволяє автоматизувати повний цикл обробки та керувати ним з єдиного центру (зазвичай це розширена система керування верстатом).

4.2.2 Класифікація затискних пристроїв.

При класифікації затискних пристроїв як класифікаційні ознаки використовуються різні характеристики пристрою.

Згідно з однією з них, як структурна класифікаційна ознака, прийнята конструкція затискного пристрою. Конструкції затискних пристроїв складаються з трьох основних частин: контактного елемента, приводу та силового механізму.

Контактні елементи служать для безпосередньої передачі затискного зусилля на заготовку. Їх конструкція дозволяє розосередити зусилля, запобігаючи зім'яттю поверхонь заготовки.

Привід служить для перетворення певного виду енергії у вихідне зусилля W , що передається силовому механізму. Типи приводів верстатних пристроїв ми розглянемо надалі.

Силовий механізм - необхідний для перетворення отриманого вихідного затискного зусилля W безпосередньо на зусилля затиску Q . Перетворення проводиться механічно, тобто за законами теоретичної механіки

Відповідно до наявності або відсутності в пристрої цих складових частин затискні механізми верстатних пристроїв поділяються на три групи.

Перша група.

Відносяться затискні пристрої, що мають у своєму складі всі перераховані основні частини: силовий механізм і привід, який забезпечує переміщення контактного елемента та створює вихідне зусилля W , що перетворюється силовим механізмом на затискне зусилля Q . Дана група пристроїв найбільш характерна для всіх типів сучасного машинобудівного виробництва, оскільки дозволяє значною мірою автоматизувати та механізувати процес завантаження, базування та закріплення заготовки, здійснити управління процесом обробки з єдиного центру металорізального обладнання та технологічного оснащення (рис.4.14,а).

Друга група.

Входять затискні пристрої, що складаються лише з силового механізму та контактної елемент, який приводиться в дію безпосередньо робітникам, що додає вихідне зусилля W на плечі l . Ці пристрої іноді називають затискним пристроєм з ручним приводом, які широко застосовуються в одиничному та дрібносерійному виробництві (рис.4.14,б).

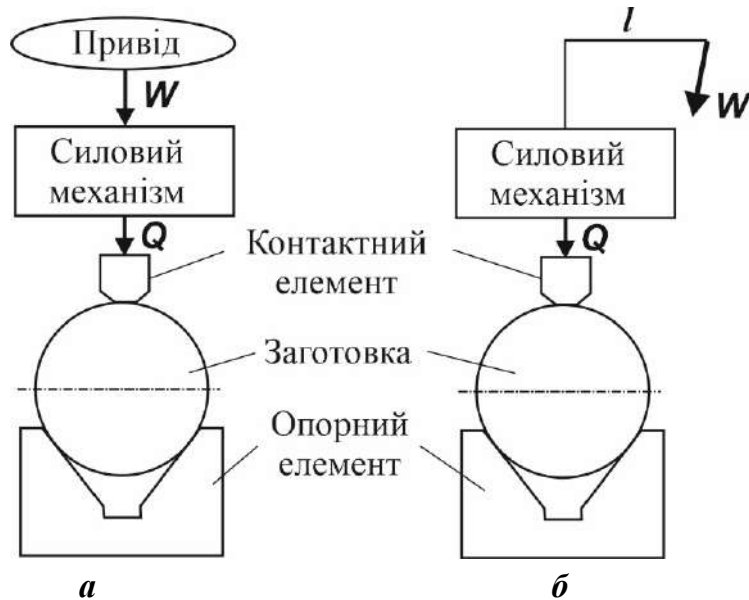


Рисунок 4.14 – Схеми затискних пристроїв із силовим механізмом

Третя група

Відносяться затискні пристрої, які у своєму складі не мають силового механізму, а використовувани приводи лише умовно можна назвати приводами, так як вони не викликають переміщень елементів затискного пристрою і тільки створюють затискне зусилля Q , яке в цих пристроях є рівномірно розподіленим навантаженням w , що безпосередньо діє на заготовку, яке створено або в результаті атмосферного тиску, або за допомогою магнітного силового потоку. До цієї групи належать вакуумні та магнітні пристрої (рис.4.15). Застосовуються у виробничих процесах на всіх типах виробництва, переважно під час реалізації неповної схеми базування.



Рисунок 4.15 - Схема затискання без силового механізму

За характером замикання силового пристрою затискні механізми діляться:

- 1) з непружним силовим замиканням внаслідок дії зовнішніх сил W_3 протягом усього періоду роботи механізму в затиснутому стані, тобто силовий контур затискного механізму відкритий і завжди пов'язаний з джерелом та перетворювачами енергії;
- 2) з пружним силовим замиканням за рахунок потенційної енергії, що стискається, при розтисканні пружної ланки у вигляді пружини або пакета тарілчастих пружин;
- 3) з геометричним замиканням, при якому сила затиску визначається натягом (пружною деформацією) ланцюга, відключеного від приводу, у бік об'єкта закріплення;
- 4) з фрикційним замиканням у вигляді самогальмування, що визначається геометрією передавальних ланок, які забезпечують затиск за рахунок сили тертя після відключення від приводу;
- 5) комбіновані, що включають перераховані вище пристрої в різних поєднаннях.

4.2.3. Методи силового замикання елементів із затисненням та заготівки.

Непружне силове замикання здійснюється за допомогою зусиль від тиску рідини, газу, магнітних, відцентрових та електростатичних сил. Це визначає його стабільність незалежно від відхилення розмірів заготовки, можливість безступінчастого та автоматичного регулювання сили затиску зміною тиску, напруженості магнітного або електростатичного поля, зміною центру ваги інерційної системи тощо (рис.4.16).

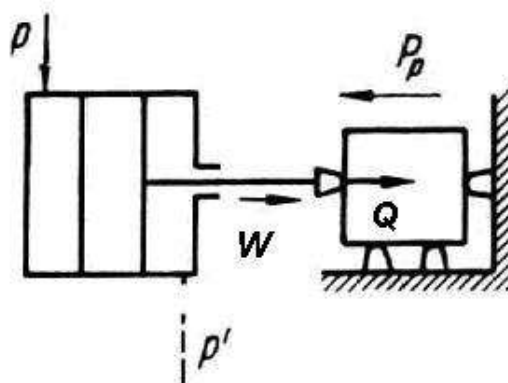


Рисунок 4.16 – Схема непружного силового замикання

Недоліком непружного силового замикання є великий витрата енергії та низька надійність. У таких системах необхідно використовувати додаткові запобіжні пристрої, що забезпечують нерозкріплюваність заготовки, при відключенні джерела енергії.

Пружне силове замикання здійснюється якимось пружним елементом, наприклад, пружиною, а розжим - тиском рідини або повітря. Однак такі механізми незручні для автоматичного регулювання сили затиску при коливаннях розміру поверхні, що затискається. Стабілізація сили затиску при цьому досягається збільшенням довжини пружини або підбором пакета пружин з нелінійною характеристикою.

У таких затискачах силове замикання (рис.4.17) здійснюється без перетворювальних і самогальмуючих передатних ланок. В цьому випадку осьова сила від приводу W дорівнює силі затиску Q .

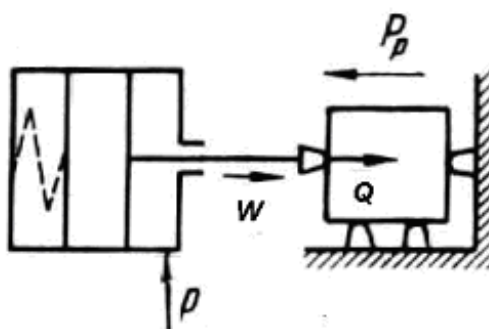


Рисунок 4.17 – Схема пружного силового замикання

Ці механізми можуть використовуватися з додатковими передавально - підсилювальними ланками (рис.4.18). Більш надійні пристрої із замкнутим силовим контуром (кулачкові, клинові, цангові та ін.).

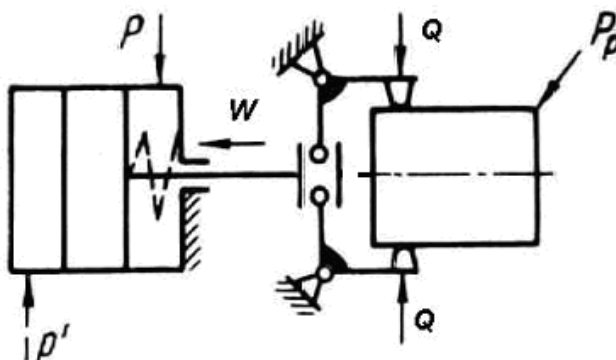


Рисунок 4.18 – Схема пружного силового замикання з додатковими ланками

Геометричне замикання здійснюється за рахунок форми робочої поверхні деталей - кулачків K (рис.4.19) та муфт затиску M_z , що мають фасонну ділянку з підйомом і ділянку постійного радіусу або висоти, на якій відбувається замикання.

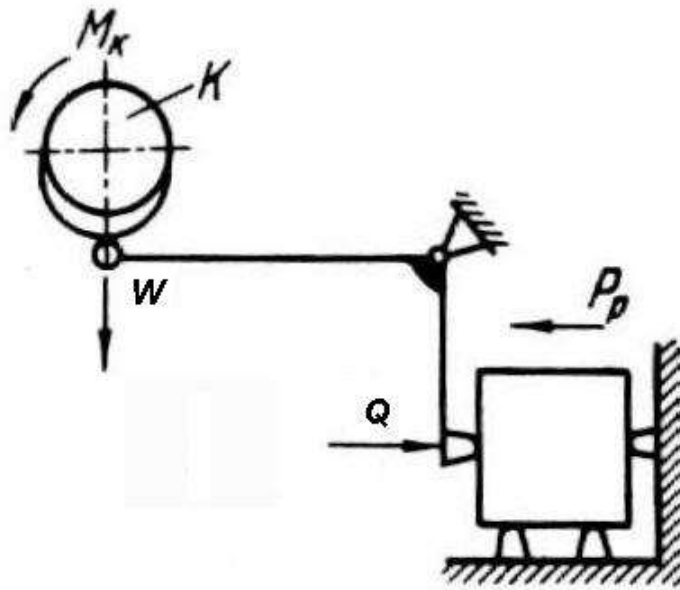


Рисунок 4.19 – Схема геометричного силового замикання

Геометричне замикання може бути жорстким, тобто без додаткової пружної ланки (рис.4.19), і пружною, тобто з додатковою пружною ланкою $УЗ$ (рис.4.20), що має лінійну або нелінійну характеристику.

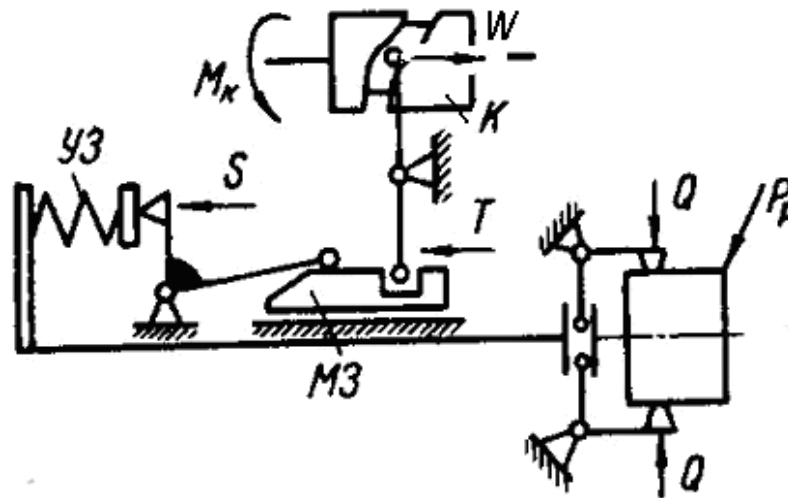


Рисунок 4.20 – Схема геометричного силового замикання з додатковою пружною ланкою

Система затискних механізмів може мати кілька елементів з геометричним замиканням, наприклад, кулачок K на розподільчому валу та муфта $МЗ$ на шпинделі (рис.4.20), що широко поширене на токарних пруткових автоматах. Основними перевагами геометричного замикання є швидкодія, економічність і надійність, а недоліком - нестабільність сили затиску, що залежить від відхилень розмірів деталей, що затискаються, та жорсткості ланок механізмів затиску.

Фрикційне замикання У цих затискних механізмах (з самогальмуванням) всі недоліки попередніх розглянутих схем відсутні. У цих механізмах використовуються гвинтові ВП, черв'якові або зубчасті ЗП (рис.4.21,а) та клинові Кл передачі (рис.4.21,б).

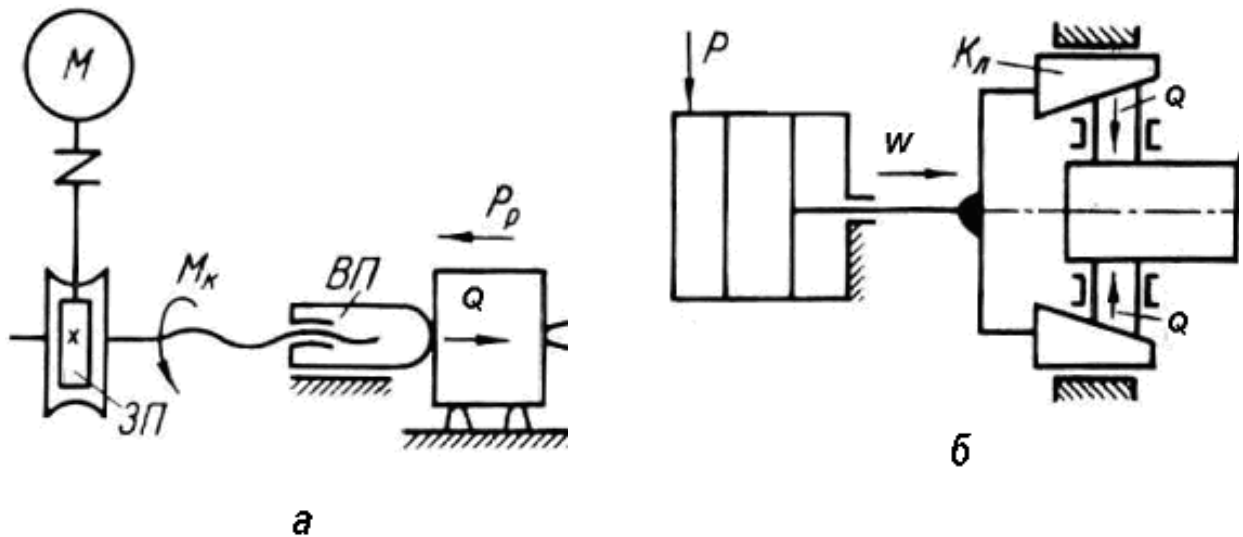


Рисунок 4.21 – Схеми затискних механізмів із фрикційним замиканням

Основними перевагами таких затискних механізмів є великий хід і можливість забезпечити вільний доступ до зони обробки при встановленні заготовки. Постійність сили затиску може забезпечуватися запобіжною ланкою (муфта граничного моменту або напірний золотник). До недоліків таких затискних механізмів слід віднести інтенсивне зношування самогальмуючих елементів.

Затискні механізми з пружним, геометричним і фрикційним замиканням більш економічні, оскільки мають закритий силовий контур, відключений від джерела енергії.

Використовуються також затискні механізми змінної структури, до яких можна віднести багатофункціональні, що самоналаштовуються, з автоматичним регулюванням характеристик і з автоматичним перемиканням кінематичних ланцюгів.

4.2.4. Основні вимоги до затискних механізмів.

Насамперед необхідно розглянути які силові навантаження виникають у процесі обробки і як вони можуть впливати на поведінку силового механізму та його складових елементів.

При механічній обробці на заготовку діють:

- 1) сили та моменти різання
- 2) об'ємні сили - сила тяжкості заготовки, відцентрові та інерційні сили.

3) сили, що діють у точках контакту заготовки з пристроєм – сила реакції опори та сила тертя

4) другорядні сили, до яких відносяться сили, що виникають при відведенні ріжучого інструменту (свердла, мітчики, розгортки) від заготовки при поверненні кристалічних ґрат у вихідний стан за рахунок пружності матеріалу.

При складанні на деталі, що збираються, діють складальні сили і сили реакції, що виникають в точках контакту поверхонь, що сполучаються.

Розглянуті силові характеристики не повинні впливати на основне призначення верстатного пристрою – надання заготовки однозначного положення у просторі та забезпечення її нерухомості у процесі обробки.

Це висуває певні вимоги до затискних пристроїв:

1) при затиску не порушується положення заготовки, задане їй під час базування, це задовольняється раціональним вибором напрямку та місць застосування сил затиску;

2) затискач не повинен викликати деформації заготовок, що закріплюються у пристрої, або пошкодження (змінання) їх поверхонь;

3) сила затиску має бути мінімально необхідною, але достатньою для забезпечення фіксованого положення заготовки щодо настановних елементів пристроїв у процесі обробки та виключення вібрацій системи ВПЗІ;

4) сила затиску має бути постійною протягом усієї технологічної операції, а також сила затиску має бути регульованою;

5) затискні пристрої повинні бути швидкодіючими, зручними в обслуговуванні, при цьому закріплення та розкріплення заготовки повинно виконуватись з мінімальними витратами часу та енергії;

6) затискний механізм повинен бути простим за конструкцією, компактним, максимально зручним та безпечним у роботі, для цього він повинен мати мінімальні габаритні розміри та містити мінімальну кількість знімних деталей; пристрій керування затискним механізмом має розташовуватися з боку робітника;

7) сили різання не повинні сприйматися безпосередньо затискними елементами, особливо в системах без елементів, що самогальмують;

8) на багатомісних пристроях, а також при затиску однієї заготовки в кількох точках затискні зусилля мають бути однаковими.

Для задоволення цих вимог необхідно вибрати раціональну схему установки заготовки та конструкції установчих елементів, які забезпечать: однозначне положення деталі та відсутність деформації заготовки в процесі обробки; тип та конструкції затискних пристроїв; місце їх розташування; величину та напрямок сил притиску заготовки.

4.2.5. Елемент арні зат искні механізмаи.

Елементарним затискним механізмом називають частину затискного пристрою, що складається з контактного елемента та силового механізму. До елементарних затискних пристроїв відносяться найпростіші механізми, які безпосередньо використовуються для закріплення заготовок або як проміжні ланки у складних затискних системах. До них відносяться гвинтові, клинові, ексцентрикові, важільні, цангові та інші затискачі. При конструюванні пристроїв за необхідною силою закріплення заготовки встановлюють основні розміри затискного пристрою і визначають вихідну силу (момент) на рукоятці або силовому вузлу приводу пристрою.

Класифікація елементарних затискних механізмів наведена на рисунку 4.22.

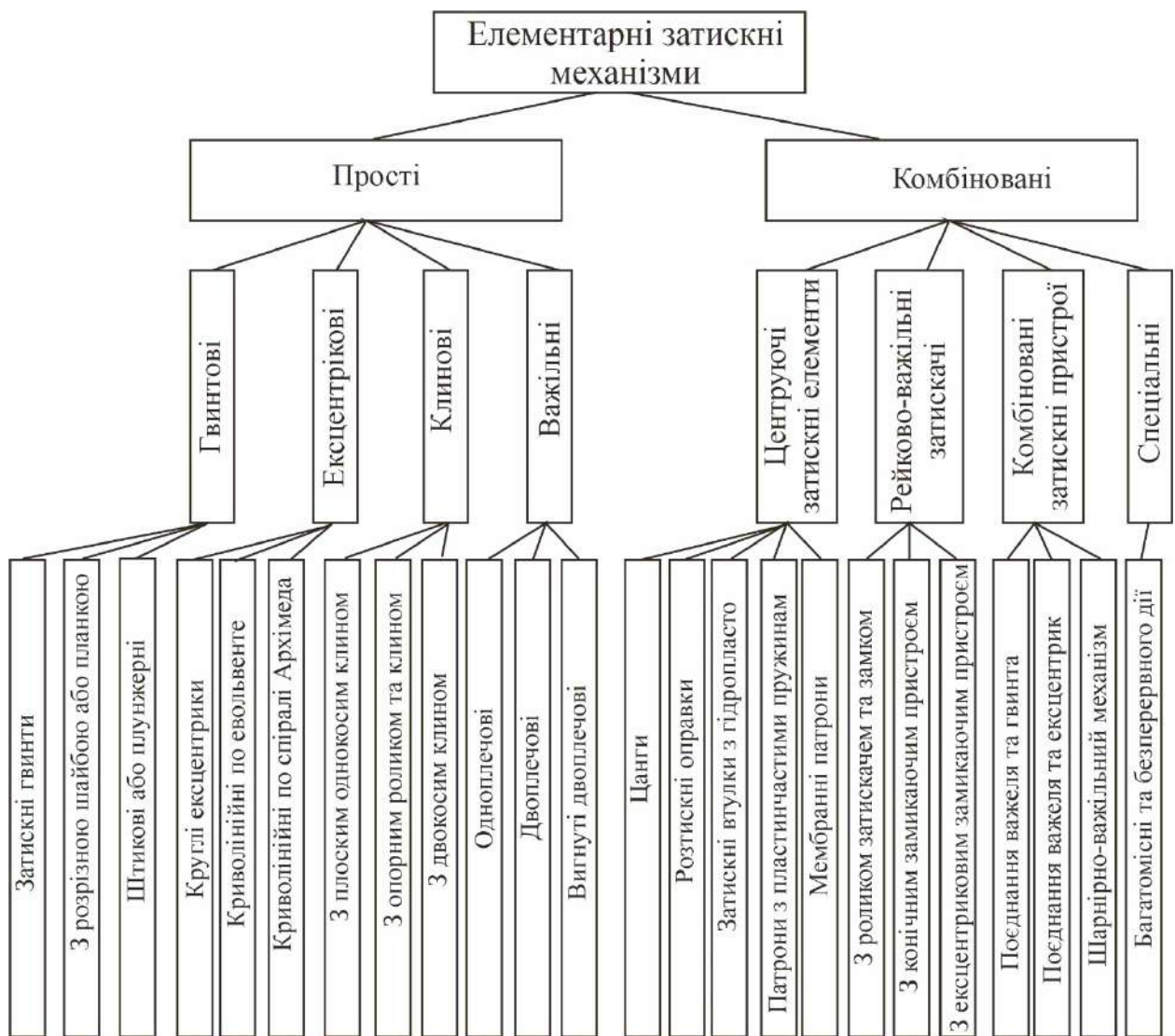


Рисунок 4.22 – Класифікація елементарних затискних механізмів

Основними параметрами, за якими виконується вибір затискачів для технологічних пристроїв, є сила або момент, що крутить, на вході і виході затиску, величина переміщення робочого елемента, тип рушія, вид використовуваної енергії, маса, габарити та ін.

Переважно основне завдання вибору затиску полягає у визначенні потрібної сили або моменту, що крутить, силового рушія по заданій силі притиску заготовки.

Для будь-якого затиску можна записати рівняння сил у вигляді

$$Q = W \cdot i$$

де W – зусилля, яке передається від силового рушія (приводу) на вхід затиску; Q – затискне зусилля, яке отримують механізми, що безпосередньо затискають заготовку; i – передатне відношення зусиль у цьому механізмі.

Рівняння для визначення переміщень робочих елементів затискача буде

$$S_Q = S_W \cdot i_n$$

де S_W – переміщення, що передаються від силового приводу на вхід затискача; S_Q – переміщення, які отримують механізми, що безпосередньо затискають заготовку; i_n – передатне відношення переміщень затиску.

Передаточні відношення складних затискачів визначають як твори простих, з яких вони складені

$$i_k = \prod_{j=1}^n i_j; \quad i_{n_k} = \prod_{j=1}^n i_{n_j};$$

а наведені вище рівняння набувають вигляду:

$$Q = W \prod_{j=1}^n i_j; \quad S_Q = S_W \prod_{j=1}^n i_{n_j};$$

де n – кількість простих затискачів, що утворюють складний механізм.

Розглянемо докладніше типи елементарних механізмів затиску, що найчастіше використовуються у машинобудуванні.

4.2.5.1. Гвинт ові затискачі.

Гвинтові затискачі застосовуються в пристроях з ручним та механізованим закріпленням заготовок, а також на автоматичних лініях при використанні пристроїв-супутників.

Заготовки закріплюють безпосередньо гвинтом (гайкою) або за допомогою шайб, прихоплювачів та планок (рис.4.23). Застосування прихоплювачів дозволяє закріплювати заготовку в необхідному місці, отримувати перевагу в силі або в переміщенні.

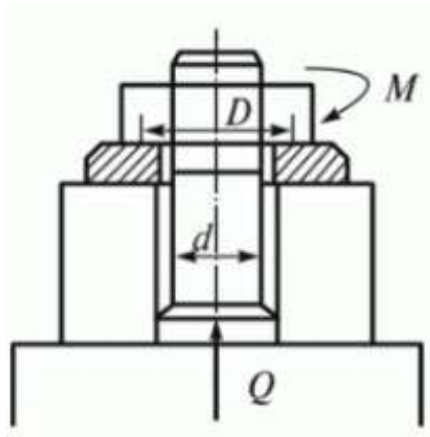


Рисунок 4.23 – Приклад гвинтового затискача заготовки

Від виду різьблення та торця гвинта (гайки) залежить сила закріплення заготовки (при заданому моменті M на приводі). Перевага надається метричному різьбленню, що має високий коефіцієнт тертя, який підвищує надійність від самовідгвинчування. Різьблення з великим кроком дозволяють швидше закріпити заготовку, а з дрібним - більш надійні при обробці заготовок з ударами, вібрацією, змінними навантаженнями. Різьблення для гвинтових затискачів, як правило, виготовляють 6, 7, 8 ступенів точності. Гвинти та гайки для гвинтових затискних механізмів виготовляють із сталі 45 з термообробкою до жорсткості HRC 30-35.

Ці затискні пристрої прості, компактні та надійні в роботі. Недоліком таких затискачів є слабкий ступінь механізації та автоматизації, а також необхідність контролю зусилля затискача при використанні ручного закріплення заготовок, що особливо важливо при закріпленні тонкостінних заготовок.

При проектуванні гвинтових затискачів виконуються такі розрахунки:

1. Визначається номінальний діаметр гвинта:

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{\sigma}},$$

де C - коефіцієнт виду різьблення (для основного метричного різьблення $C = 1.4$); Q - зусилля, що передається гвинтом, σ - напруження розтягування або стиснення (для гвинтів із сталі 45, $\sigma = 80 \dots 100$ МПа).

Надалі діаметр заокруглюють до найближчого більшого стандартного значення.

2. Розраховується момент (M), що розвивається на рукоятці або маховику, для отримання заданого зусилля закріплення Q . При цьому враховується момент опору в різьбленні (M_p) та момент опору на опорному торці гайки або гвинта (M_T):

$$M = M_p + M_T$$

Момент опору у різьбленні визначається за формулою:

$$M_P = r_{cp} \cdot Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho),$$

де r_{cp} – середній радіус різьблення, α – кут підйому різьблення; ρ - кут тертя в різьбленні. При цьому:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{S}{2\pi r_{cp}},$$

де S – крок різьблення.

Якщо на торці гвинта опорна поверхня має вигляд кільця із зовнішнім діаметром D_H і внутрішнім d_B , то момент тертя на опорному торці визначається за формулою:

$$M_T = F \cdot R_{TP}$$

У загальному випадку радіус тертя визначається за такою формулою:

$$R_{TP} = \frac{1}{3} \cdot \frac{D_H^3 - d_B^3}{D_H^2 - d_B^2}$$

Сила тертя дорівнює:

$$F_{TP} = Q \cdot f$$

Тоді,

$$M_T = \frac{1}{3} Q \cdot f \cdot \frac{D_H^3 - d_B^3}{D_H^2 - d_B^2}$$

де f - коефіцієнт тертя;

Момент опору на торці гвинта або гайки $M_T = P_e \cdot l$ визначається залежно від форми поверхонь, що сполучаються (рис. 4.24).

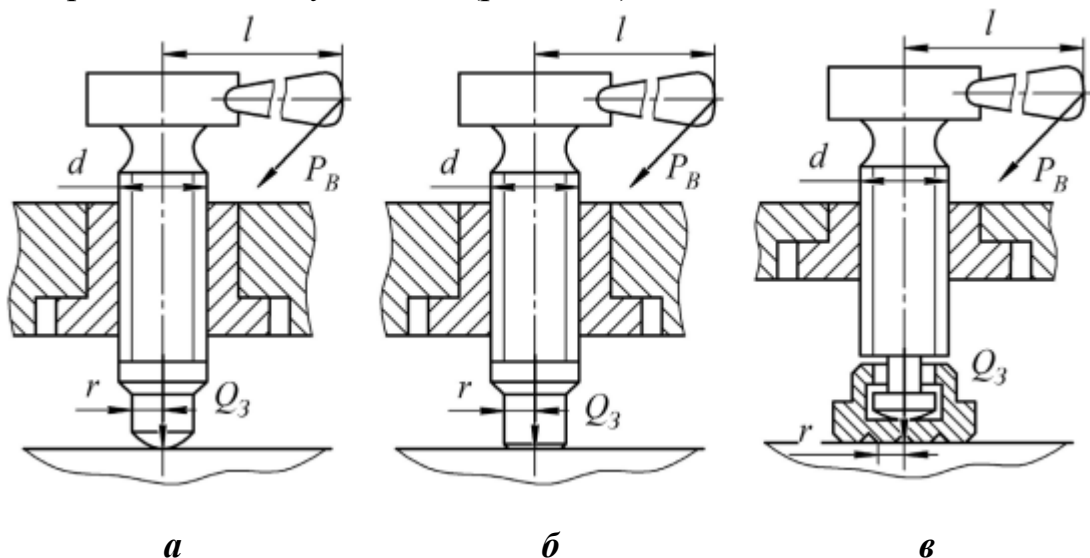


Рисунок 4.24 – Опорні поверхні гвинтових затискачів

Для випадку (рис.4.24,*a*), коли площа контакту гвинта з поверхнею, що затискується, мала (сферична опора) $M_T = 0$

При затиску плоскою п'ятою з діаметром D (рис.4.24,*б*) момент на торці буде:

$$M_T = Q \cdot f \cdot \frac{D}{3}$$

При передачі затискного зусилля через конічну поверхню (рис. 4.26. *в*):

$$M_T = Q \cdot f \cdot r \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

У пристроях зазвичай застосовують різьблення від М8 до М42. Для гвинтів у цьому діапазоні параметрів момент опору в різьбленні можна визначити за спрощеними формулами:

$$M_T = 0.1 \cdot d \cdot Q$$

Для затискних механізмів з гайкою приймають момент затискання.

$$M = 0.25 \cdot d \cdot Q$$

П'яти служать для захисту поверхонь заготовок від вм'ятин. Перехідні втулки для натискних гвинтів підвищують ремонтпридатність. Рукоятки та головки гвинтових затискачів нормалізовані, їх вибирають з урахуванням вимог ергономіки та необхідної величини моменту на гвинті.

Основним недоліком гвинтових затискних пристроїв, при звичайному конструктивному виконанні, є великий час, що витрачається на загвинчування та згвинчування.

Тому застосовуються різні швидкодіючі затискачі.

На рисунку 4.25,*a* показаний механізм з розрізною шайбою. Після розміщення заготовки 3 на площині та центральному пальці (без зняття гайки) розрізна шайба 2 вводиться в проміжок між гайкою 1 і заготовкою 3. Після цього виконується поворот гайки на 1 – 2 витка для створення затискного зусилля. Аналогічно працює механізм із поворотним прихоплювачом (рис.4.25,*б*). В обох випадках діаметр гайки повинен бути меншим за діаметр отвору у заготовці.

Затискні гвинти та гайки виготовляють із сталей 45, 40Х, 35 з твердістю торцевої поверхні HRC 33...38.

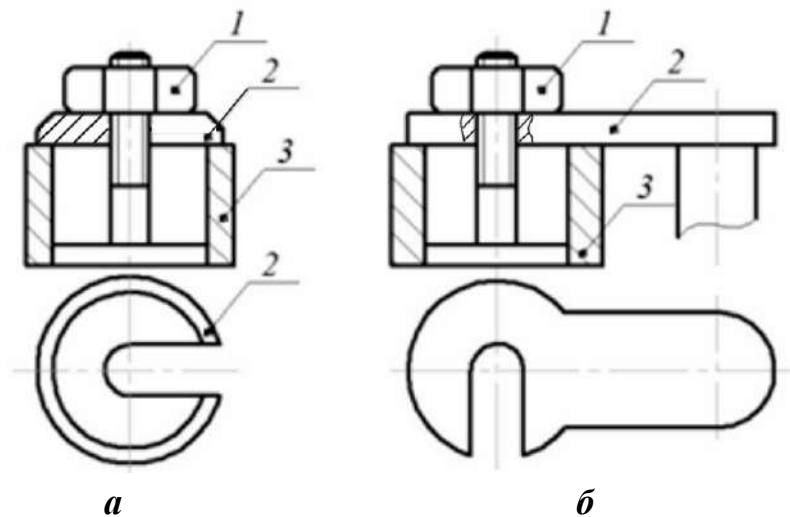


Рисунок 4.25 – Механізми, що скорочують час закріплення

4.2.5.2. Клинові та клиноплунжерні затискачі.

Клинові затискачі, як правило, застосовують як проміжну ланку в складних затискних системах, в індивідуальному виробництві можуть застосовуватися для безпосереднього затискання заготовки. Клинові та клиноплунжерні самоцентруючі механізми застосовують у конструкціях оправок.

Переваги:

- простота та компактність конструкції;
- зручність у налагодженні та експлуатації;
- здатність до самогальмування (крім механізмів з роликами);
- сталість сил закріплення, які залежать від допуску на розмір заготовки.

Недоліки:

- зосереджений характер сил закріплення, що ускладнює використання цих механізмів для обробки нежорстких заготовок;
- низька надійність, яка залежить від характеру клинового сполучення, форми поперечного перерізу плунжерів та пазів під плунжери, зазорів між плунжерами та пазами, захищеності механізму від стружки.

У пристроях в основному застосовують плоскі клинові механізми, які бувають одно і двоскошими, з тертям ковзання, кочення або комбінованого тертя.

На рисунку 4.26 наведено схеми клиноплунжерних затискних механізмів із двоопорним плунжером без ролика (рис.4.26,а); з двоопорним плунжером та роликом (рис.4.26,а); з одноопорним плунжером та трьома роликами (рис.4.26,в); з двома одноопорними (консольними) плунжерами та роликами (рис.4.26,г). Такі затискні механізми надійні в роботі, прості у виготовленні і можуть мати властивість самогальмування при певних кутах скошу клину.

При розрахунку клинового механізму вирішуються завдання:

- вибирається робочий кут нахилу клину α ;
- визначається необхідне затискне зусилля W , що дозволяє отримати необхідну силу затиску Q ;
- розраховується величина переміщення клину, залежно від довжини ходу плунжерів.

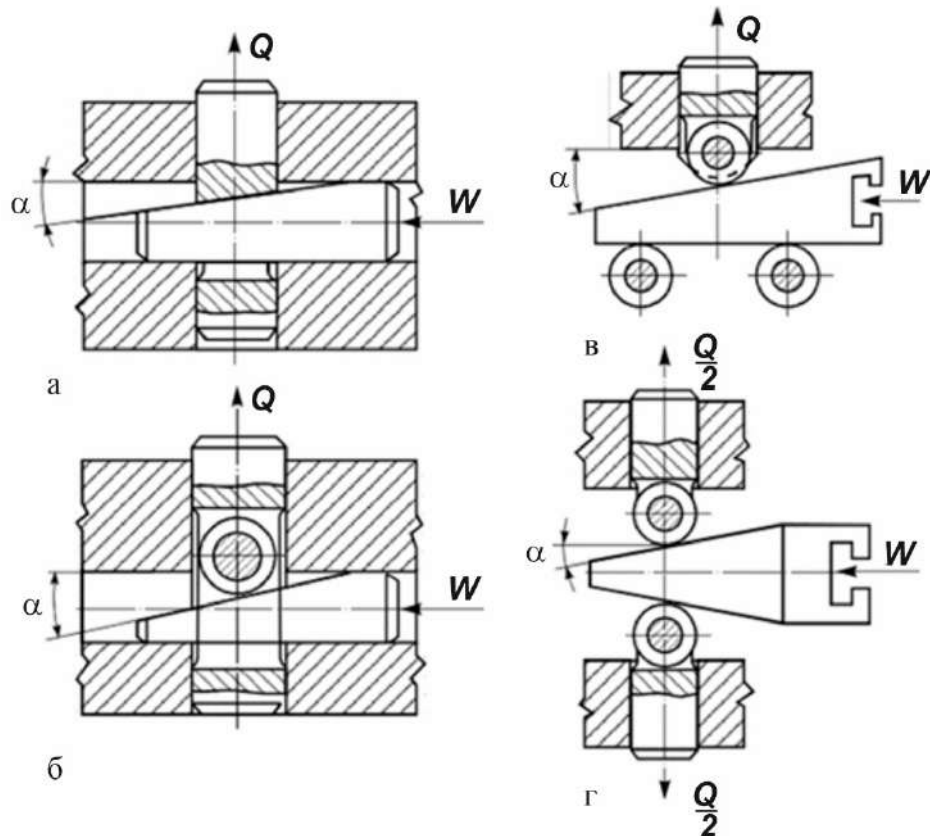


Рисунок. 4.26 - Схеми клиноплунжерних затискних механізмів

Зазвичай при конструюванні пристрою прагнуть створити самогальмуючий клиновий механізм. При цьому має забезпечуватись умова самогальмування, за якої

$$\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2,$$

де φ_1 - кут тертя між плунжером та клином; φ_2 - кут тертя між клином і опорною поверхнею.

Для клинового механізму з тертям ковзання у двох ланках $\alpha \leq 15^\circ$; при комбінованому терні $\alpha \leq 8^\circ 30'$; при терті кочення у двох парах $\alpha \leq 5^\circ 40'$.

Застосування роликів дозволяє збільшити к.к.д. механізму, зробити його роботу плавною без заїдань та зривів.

Розглянемо методику визначення затискного зусилля односкосого клинового механізму (рис.4.27). Затискний механізм при закріпленні заготовки в

пристрої знаходиться в стані силової рівноваги. Наше завдання знайти співвідношення між вихідною силою W та силою затиску Q (без урахування тертя у напрямних плунжера).

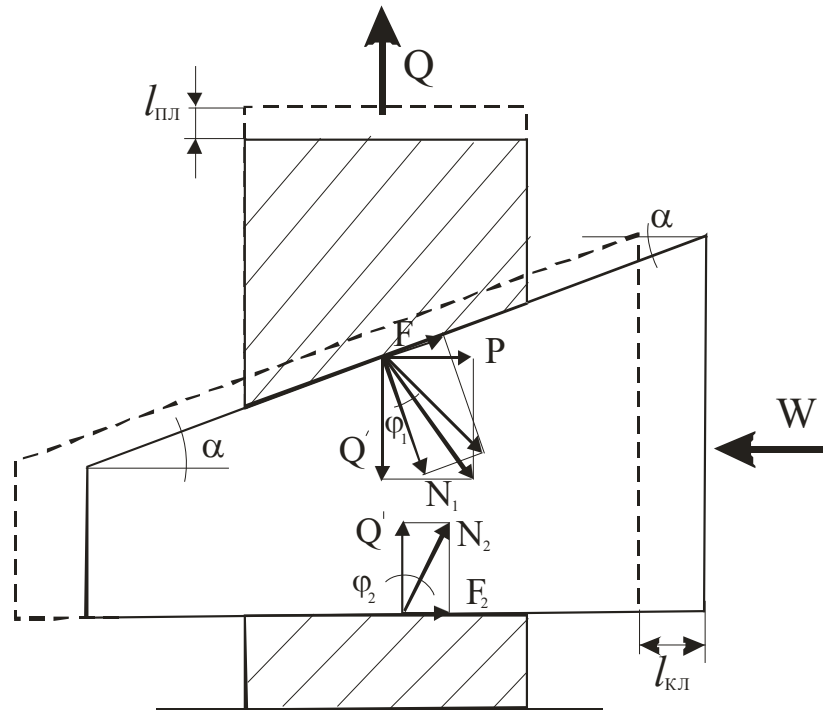


Рисунок 4.27 – Розрахункова схема клину

$$W = P + F_2,$$

де – P – опір переміщенню клину з боку плунжера:

$$P = Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$$

F – сила тертя у парі «клин – опора»

$$F_2 = Q \cdot \operatorname{tg}\varphi_2$$

Тоді,

$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]$$

Визначення величини переміщення клину $l_{\text{кл}}$ виконується по довжині ходу плунжера $l_{\text{пл}}$ з прямокутного трикутника з катетами $l_{\text{пл}}$ та $l_{\text{кл}}$.

Оскільки $\operatorname{tg}\alpha = \frac{l_{\text{пл}}}{l_{\text{кл}}}$, то $l_{\text{кл}} = \frac{l_{\text{пл}}}{\operatorname{tg}\alpha}$

Розрахунок вихідного зусилля при обліку втрат на тертя у плунжері виконується за розрахунковою схемою (рис. 4.28).

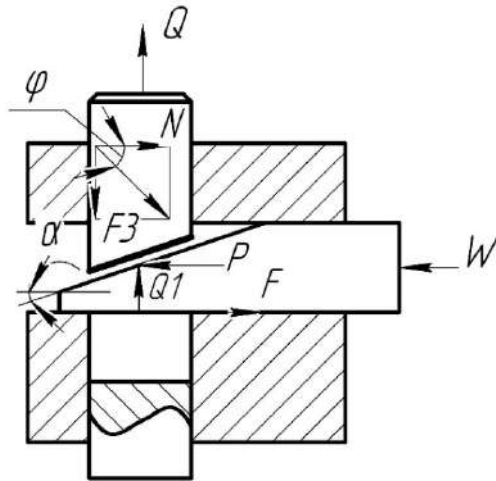


Рисунок 4.28 – Розрахункова схема для клинового механізму

При цьому виходимо з того, що:

$$P = N$$

З розглянутої раніше схеми рисунку 4.28 визначимо:

$$Q_1 = \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}$$

$$P = (N) = Q_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$$

Тоді,

$$Q = \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2} - \frac{W}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2} \cdot \operatorname{tg}\varphi_3 (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1))$$

Звідки,

$$Q = W \cdot \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg}\varphi_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2},$$

де φ_3 – кут тертя між плунжером та опорною поверхнею.

Розглянемо клин двосторонньої дії (рис.4.29). У цьому випадку вихідне зусилля W розподіляється на два плунжери, і сили затиску Q визначатиметься залежно від кутів α .

$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1) + \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi_2)],$$

де α_1 та α_2 - кути нахилу робочих поверхонь ; φ_1 та φ_2 – кути тертя на цих поверхнях.

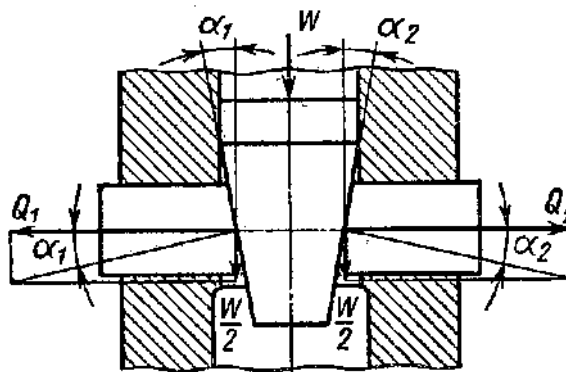


Рисунок 4.29 – Клин двосторонньої дії

Якщо клин зробити з одним кутом, що забезпечує умови самогальмування α_p , то для переміщення плунжера на величину підведення плунжера h_p він повинен переміститися на величину l_p . При цьому хід клину буде значним, що призводить до збільшених габаритів пристрою та втрат часу при затиску заготовки. Для усунення цього недоліку клин роблять із двома кутами підйому (рис.4.30). На ділянці підведення плунжера до заготовки h_n кут визначається умовами роботи механізму без заклинювання α_n тоді хід клину l_n буде менше. На робочій ділянці параметри клину залишаються незмінними, що забезпечують умови самогальмування α_p .

Комбінований клин дозволяє зменшити довжину ходу l_n і, відповідно, час на підведення плунжера.

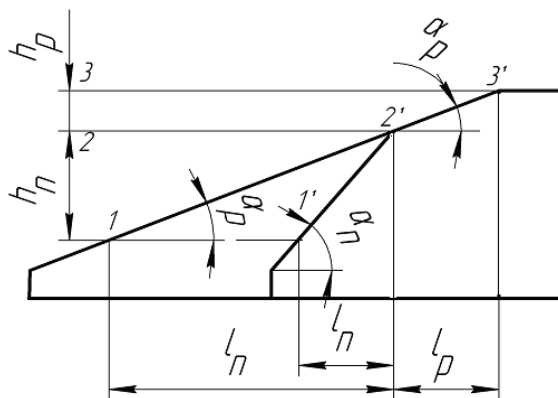


Рисунок 4.30 – Розрахункова схема комбінованого клину

Торцевий кулачок може розглядатися як різновид клинового механізму (рис.4.31), у якого плоский односкосий клин розташований на циліндрі радіуса r_{cp} . (у деяких джерелах торцевий кулачок розглядається як плоский ексцентриковий затискач з відповідною схемою розрахунку).

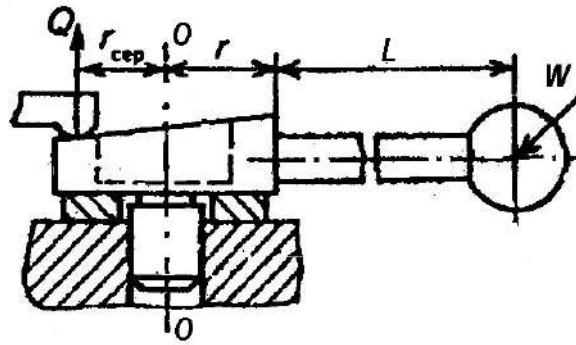


Рисунок 4.31 – Торцевий кулачок

Для створення сили затиску Q кулачок повинен обертатися навколо осі OO силою W , прикладеної на ручці довжиною L . Силу W можна визначити за формулою:

$$W = Q \frac{r_{cp}}{L + r} (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2)$$

Передатні відносини сили різних типів основних клинових механізмів, які необхідні для силового розрахунку клинового або клиноплунжерного механізму, можуть бути отримані на підставі Додатка 2.

Прикладом реалізації розглянутих вище клиноплунжерних механізмів може бути схема клиноплунжерного токарного патрона (рис.4.32).

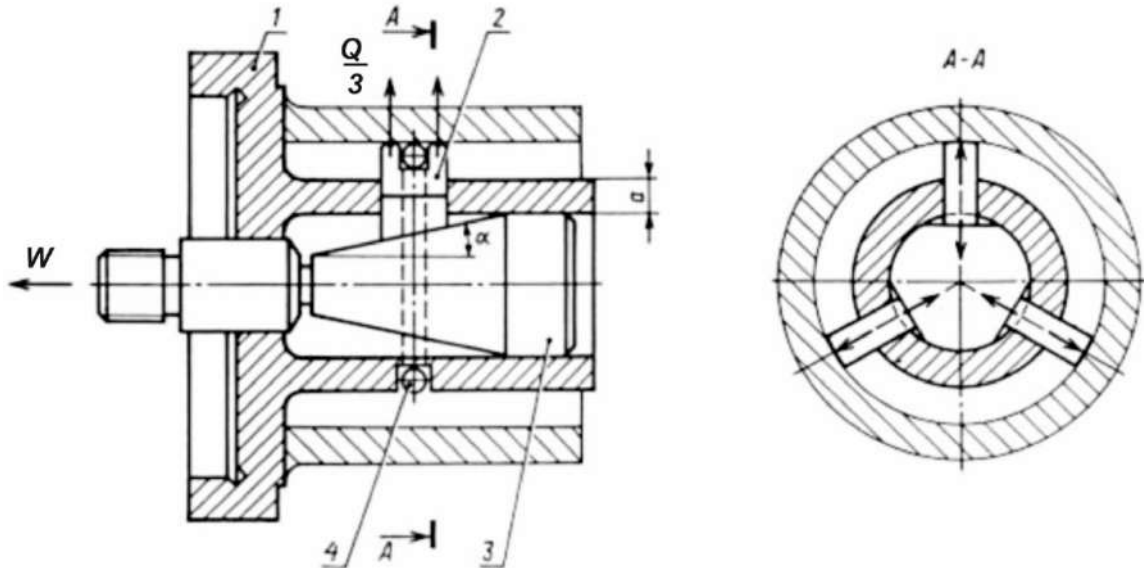


Рисунок 4.32 – Кліноплунжерний токарний патрон

При русі клину 3 з тяговим зусиллям W плунжери 2 переміщуються в корпусі 1 в радіальному напрямку і, за допомогою дії кульок 4 на поверхню центрального отвору, фіксують заготовку.

Варіанти найбільш типових розрахункових схем клиноплунжерних механізмів приведено в Додатку 3.

4.2.5.3. Ексцент рикові зат искачі.

Ексцентрикові затискні механізми використовуються як для безпосереднього затискання заготовок, так і складних затискних систем.

Переваги:

- простота та компактність конструкції;
- широке використання у конструкції стандартизованих деталей;
- зручність у налагодженні;
- здатність до самогальмування;
- швидкодія (час спрацьовування приводу близько 0,04 хв).

Недоліки:

- зосереджений характер сил, що дозволяє застосовувати ексцентрикові механізми закріплення нежорстких заготовок;
- сили закріплення круглими ексцентриковими кулачками нестабільні та суттєво залежать від розмірів заготовок;
- знижена надійність у зв'язку з інтенсивним зношуванням ексцентрикових кулачків.

У пристроях застосовуються два типи ексцентрикових механізмів:

1. Кругові ексцентрики.
2. Криволінійні ексцентрики.

Тип ексцентрика визначається формою кривої робочому ділянці.

Робоча поверхня кругових ексцентриків – коло постійного діаметра зі зміщеною віссю обертання. Відстань між центром кола та віссю обертання ексцентрика називається ексцентриситетом (e).

Розглянемо схему кругового ексцентрика (рис.4.33). Лінія, що проходить через центр кола O_1 і центр обертання O_2 кругового ексцентрика, ділить його на дві симетричні ділянки. Кожна із них це клин, розташований на колі, описаному з центру обертання ексцентрика. Кут підйому ексцентрика α (кут між поверхнею, що затискається, і нормаллю до радіусу обертання) утворюють радіус кола ексцентрика R і радіус обертання r проведені зі своїх центрів в точку торкання з деталлю.

Кут підйому робочої поверхні ексцентрика визначається залежністю:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e \cdot \cos \rho}{R + e \cdot \sin \rho}$$

де, e - ексцентриситет; ρ - кут повороту ексцентрика.

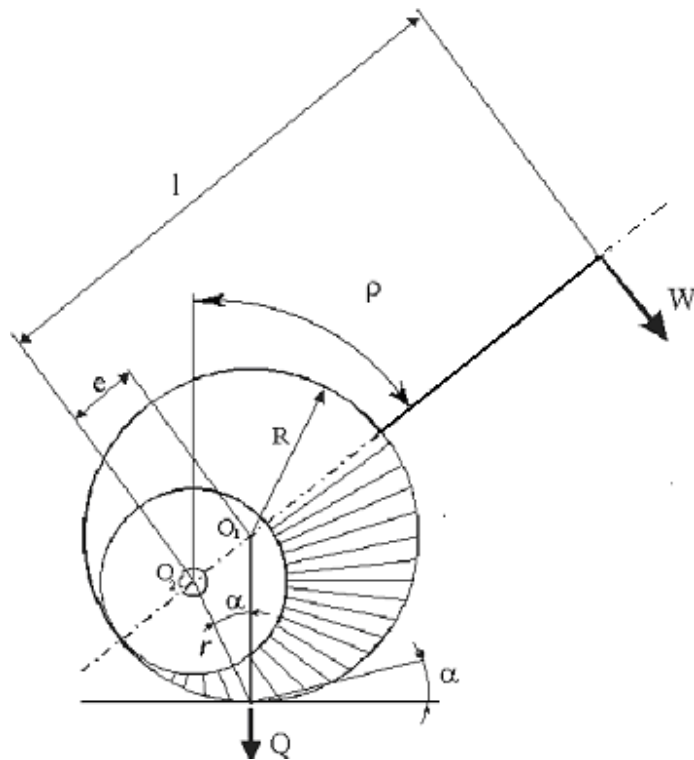


Рисунок 4.33 - Розрахункова схема ексцентрика

Величину ексцентриситету рекомендують визначати за формулою:

$$2 \cdot e = S_1 + T + S_2 + y,$$

де S_1 - зазор для вільного введення заготовки під ексцентрик ($S_1=0,2... 0,4$ мм); T – допуск до розміру заготовки у бік затиску; S_2 - запас ходу ексцентрика, що оберігає його від переходу через мертву точку ($S_2=0,4...0,6$ мм); y – деформація у зоні контакту;

$$y = \frac{Q}{J},$$

де Q - зусилля у місці контакту ексцентрика; J - жорсткість затискного пристрою,

До недоліків кругових ексцентриків відноситься зміна кута підйому *при* повороті ексцентрика (отже, і зусилля затиску). На рисунку 4.34 наведено профіль розгортки робочої поверхні ексцентрика за його повороті на кут ρ . На початковій стадії при $\rho=0^\circ$ кут підйому $\alpha=0^\circ$. При подальшому повороті ексцентрика кут збільшується, досягаючи максимуму (α_{Max}) при $\rho=90^\circ$. Подальший поворот призводить до зменшення кута α і при $\rho=180^\circ$ кут підйому знову дорівнює нулю $\alpha=0^\circ$

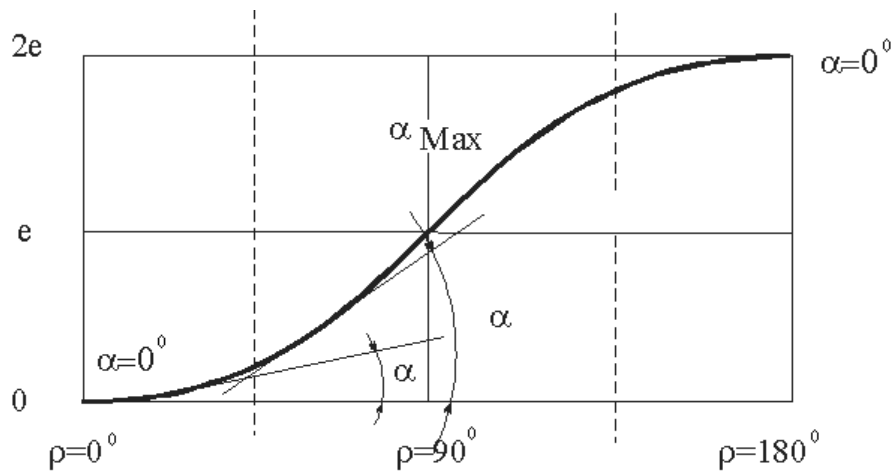


Рисунок 4.34 – Розгортка ексцентрика

Рівняння сил у круговому ексцентриці з достатньою для практичних розрахунків точністю можна записати, за аналогією з розрахунком зусиль плоского односкосного клину з кутом α у точці контакту. Тоді зусилля на рукоятці завдовжки можна визначити за формулою:

$$W = Q[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2] \frac{r}{l},$$

де l - відстань від осі обертання ексцентрика до точки докладання зусилля W ; r - відстань від осі обертання до точки контакту (Q); φ_1 - кут тертя між ексцентриком та заготовкою; φ_2 - кут тертя на осі обертання ексцентрика.

Рекомендується використовувати ділянку ексцентрика (див. рис.4.34) від 30° до 135° . На цій ділянці кут підйому змінюється трохи, що дозволяє зменшити коливання затискного зусилля.

Самогальмування кругових ексцентриків забезпечується відношенню його зовнішнього діаметра D до ексцентриситету $\frac{D}{e} \geq 14$. Це ставлення називають характеристикою ексцентрика.

Круглі ексцентрики виготовляють із сталі 20Х, цементують на глибину $0,8 \div 1,2$ мм і потім гартують до твердості HRC 55...60. Розміри круглого ексцентрика слід застосовувати з урахуванням стандартів. Стандартні кругові ексцентрики мають розміри $D=32 \div 80$ мм і $e=1,7 \div 3,5$ мм. До недоліків кругових ексцентриків слід віднести невеликий лінійний хід, мінливість кута підйому, а отже, і затискного зусилля при закріпленні заготовок з великими коливаннями розмірів у напрямку затиску.

На рисунку 4.35 показаний нормалізований ексцентриковий прихоплювач для затискання заготовок. Оброблювана заготовка 3 встановлена на нерухомих

опорах 2 і притискається до них планкою 4. При затиску деталі до ручки ексцентрика 6 прикладається зусилля W на плечі L і він повертається щодо своєї осі, спираючись на п'яту 7. Виникаюча при цьому на осі ексцентрика сила F_e передається через планку 4 деталі та одночасно стискає пружину 1.

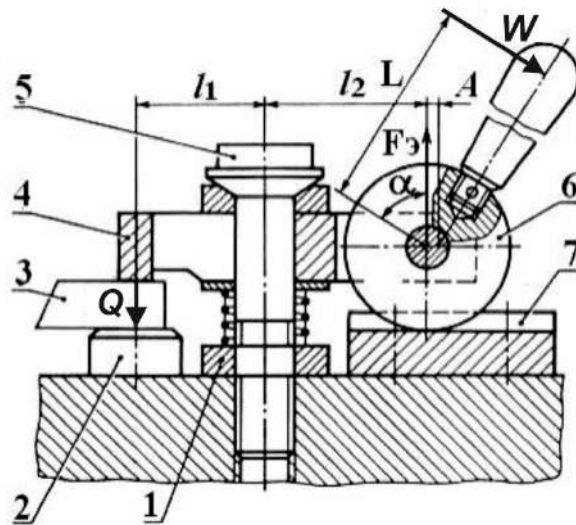


Рисунок 4.35 – Нормалізований ексцентриковий прихоплювач

Залежно від розмірів планки (l_1 та l_2) ми отримаємо затискне зусилля Q . Планка 4 притискається до гвинта 5 пружиною. Ексцентрик 6 з планкою 4 після розтискання деталі переміщується праворуч.

Криволінійні кулачки, на відміну від кругових ексцентриків, характеризуються сталістю кута підйому, що забезпечує однакові самогальмуючі властивості при будь-якому куті повороту кулачка.

Робоча поверхня таких кулачків виконується у вигляді логарифмічної або архімедової спіралі.

При робочому профілі у вигляді логарифмічної спіралі радіус-вектор кулачка (p) визначається залежністю:

$$p = Ce^{aG}$$

де C - постійна величина; e - основа натуральних логарифмів; a – коефіцієнт пропорційності; G – полярний кут.

Якщо використовується профіль, виконаний з архімедової спіралі, то

$$p = aG$$

Якщо перше рівняння подати в логарифмічному вигляді, воно, як і друге рівняння, в декартових координатах представлятиме пряму лінію. Тому побудову кулачків з робочими поверхнями у вигляді логарифмічної або архімедової спіралі можна виконати з достатньою точністю просто, якщо значення p , взяті за графіком у декартових координатах, відкласти від центру кола в полярних координатах. При цьому діаметр кола підбирають залежно від необхідної величини ходу ексцентрика h (рис. 4.36).

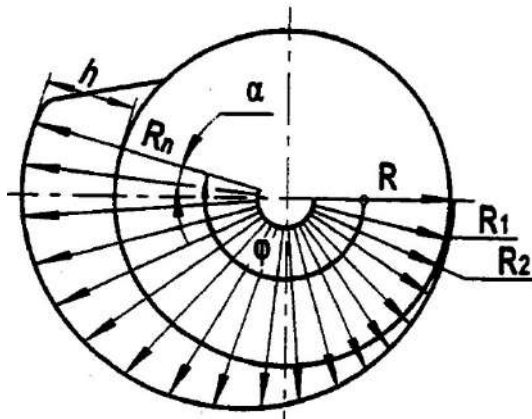


Рисунок 4.36 – Профіль криволінійного кулачка

Такі ексцентрики також виготовляють зі сталей 35 і 45. Зовнішні робочі поверхні термообробки піддають до твердості HRC 55÷60. Основні розміри криволінійних ексцентриків нормалізовані.

На рисунку 4.37 наведено кілька типових схем затискання з використанням ексцентрикових механізмів.

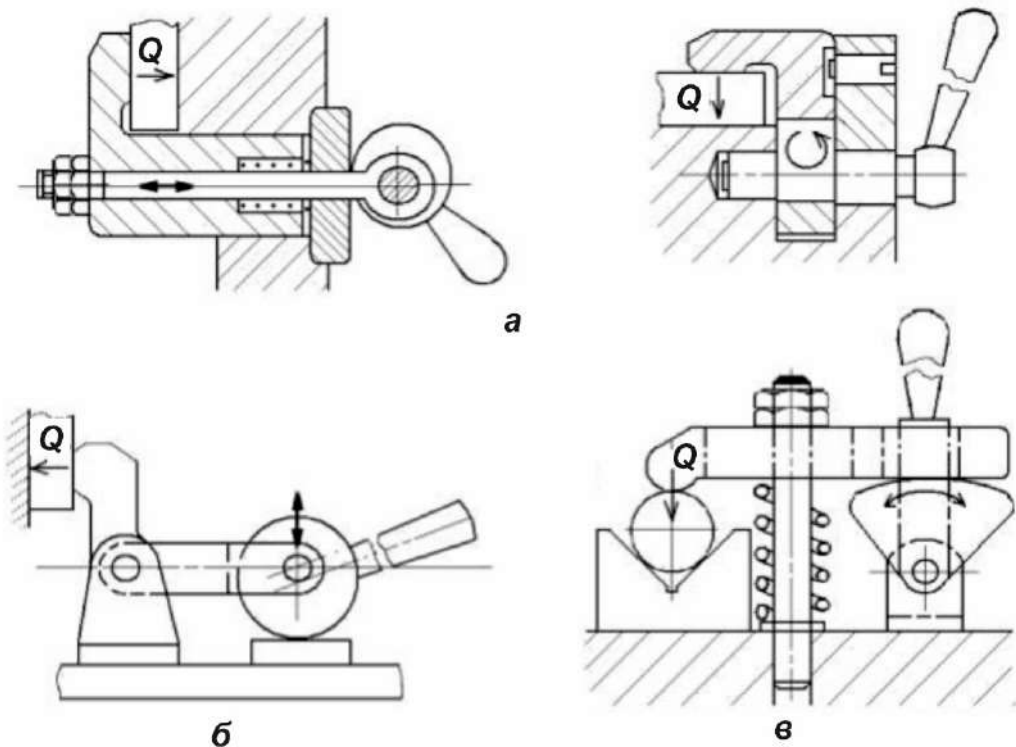


Рисунок 4.37 Види ексцентрикових затискних механізмів:

а – з Г-подібними прихоплювачами; б - важільний; в - з ексцентриковими секторами

4.2.5.4. Важільні затискні пристрої.

Затискні важільні пристрої найчастіше застосовуються в складних затискних системах. Важільні механізми можуть використовуватися для зміни

величини та напрямку вихідного зусилля, а також передачі вихідного зусилля на кілька точок. Такі багатоланкові механізми важеля дозволяють виконати одночасний притиск декількох заготовок або однієї заготовки в двох або більше точках.

При розрахунку важільних механізмів можуть застосовуватися дві методики: спрощена, при якій втрати на тертя враховуються за допомогою узагальненого коефіцієнта та уточнена, при якій втрати на тертя розраховуються у всіх поверхнях, що контактують.

Розрахунок важелів зводиться до визначення вихідного зусилля W , що забезпечує отримання заданого зусилля притиску Q .

Розглянемо приклади спрощеного розрахунку за схемами, представленими рисунку 4.38.

Для першого варіанта (рис.4.38,а) рівняння рівноваги буде:

$$W \cdot l_1 \cdot \eta = Q \cdot (l_1 + l_2)$$

де η - узагальнений коефіцієнт, що враховує втрати на тертя.

Тоді,

$$W = \frac{Q \cdot (l_1 + l_2)}{l_1 \cdot \eta}$$

Для другого варіанта (рис.4.38,б) рівняння рівноваги буде:

$$W \cdot l_1 \cdot \eta = Q \cdot l_2$$

Звідки,

$$W = \frac{Q \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta}$$

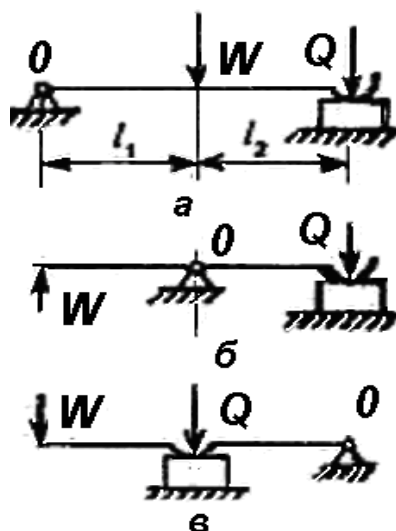


Рисунок 4.43 – Розрахункові схеми важелів

Для третього варіанта (рис.4.38,в) рівняння рівноваги буде:

$$W \cdot (l_1 + l_2) \cdot \eta = Q \cdot l_2$$

Звідки,

$$W = \frac{Q \cdot l_2}{(l_1 + l_2) \cdot \eta}$$

При уточненому розрахунку враховуються втрати на тертя у місцях контакту важеля з натискними елементами, що передають вихідне зусилля W , у точці контакту із заготовкою, де передається зусилля Q , і навіть на осі важеля, тобто у точках, пов'язаних з нерухомими елементами пристрою та деталі (рис.4.39). Складаються рівняння рівноваги, у тому числі і визначається вихідне зусилля W .

Розглянемо прямий двоплечий важіль, вісь обертання якого розташована на одному рівні з точками контакту на заготовці та плунжері. За такої схеми втрат від тертя в точках контакту з плунжером та заготовкою немає. Рівняння рівноваги складаємо щодо точки з урахуванням моменту тертя на осі.

Реакцію на осі важеля N буде:

$$N = Q + W$$

Момент тертя на осі (M_o) визначатиметься коефіцієнтом тертя на осі (f_o) та радіусом осі (r):

$$M_o = N \cdot f_o \cdot r$$

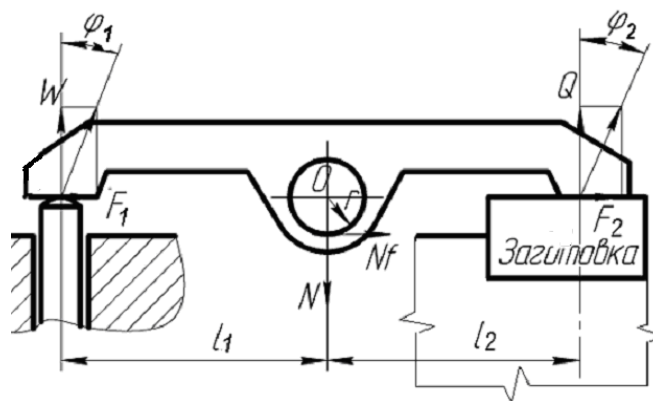


Рисунок 4.39 – Схема розрахунку прямого важеля

Для визначення вихідного зусилля W при відомій силі затиску Q складемо рівняння рівноваги щодо осі обертання:

$$W \cdot l_1 - N \cdot f_o \cdot r - Q \cdot l_2 = 0$$

$$W \cdot l_1 = W \cdot f_o \cdot r + Q \cdot f_o \cdot r + Q \cdot l_2$$

Звідки,

$$W = \frac{Q \cdot f_o \cdot r + Q \cdot l_2}{l_1 - f_o \cdot r}$$

або

$$W = \frac{Q(f_0 \cdot r + l_2)}{l_1 - f_0 \cdot r}$$

У важільних системах при зміщеній осі обертання щодо точок контакту (рис.4.40) необхідно також враховувати моменти, що виникають від сил тертя в точках контакту.

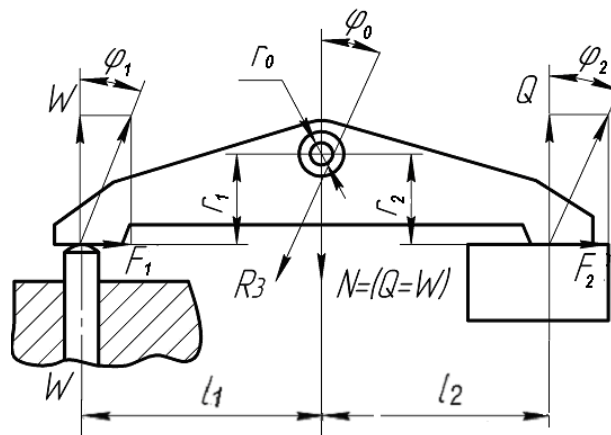


Рисунок 4.40 – Схема розрахунку прямого важеля зі зміщеною віссю

За такої схеми закріплення виникають сили тертя у місці контактів плунжера з важелем F_1 і важеля з заготовкою F_2 . Тоді моменти в цих точках дорівнюватимуть:

$$M_1 = F_1 \cdot r_1 = W \cdot f_1 \cdot r_1 \quad \text{і} \quad M_2 = F_2 \cdot r_2 = Q \cdot f_2 \cdot r_2$$

На осі важеля також виникає момент тертя:

$$M_0 = R_3 \cdot \rho = R_3 \cdot r_0 \cdot f_0,$$

де ρ – радіус тертя; r_0 – радіус осі; f_0 - коефіцієнт тертя на осі, $f_0 = 0,18 \div 0,20$.

Кут відхилення сили R_3 з достатньою точністю можна прийняти рівним:

$$\varphi_0 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

Силу R_3 визначається за такою формулою:

$$R_3 = \frac{W + Q}{\cos \varphi_0}$$

Умова рівноваги важеля щодо осі обертання матиме вигляд:

$$W \cdot l_1 - Q \cdot l_2 - F_1 \cdot r_1 - F_2 \cdot r_2 - R_3 \cdot \rho = 0$$

або

$$W \cdot l_1 - Q \cdot l_2 - W \cdot f_1 \cdot r_1 - Q \cdot f_2 \cdot r_2 - R_3 \cdot \rho = 0$$

Тоді,

$$W = Q \frac{l_2 + f_2 \cdot r_2 + \frac{\rho}{\cos \varphi_0}}{l_1 + f_1 \cdot r_1 - \frac{\rho}{\cos \varphi_0}}$$

Розглянемо кутовий важіль (рис.4.41).

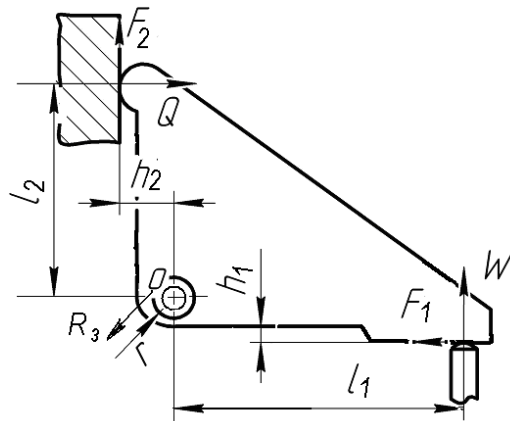


Рисунок 4.41 – Схема розрахунку кутового важеля

Рівняння рівноваги щодо осі обертання важеля матиме вигляд:

$$W \cdot l_1 - Q \cdot l_2 - F_1 \cdot h_1 - F_2 \cdot h_2 - R_3 \cdot \rho = 0$$

Сили тертя у точках контакту будуть:

$$F_1 = W \cdot f_1 \text{ і } F_2 = Q \cdot f_2$$

Тоді,

$$W \cdot l_1 - Q \cdot l_2 - W \cdot f_1 \cdot h_1 - Q \cdot f_2 \cdot h_2 - (Q + W) \cdot f_0 \cdot \rho = 0$$

Звідки,

$$W = \frac{Q \cdot (l_2 + f_2 \cdot h_2 + \rho \cdot f_0)}{l_1 - f_1 \cdot h_1 - \rho \cdot f_0}$$

Для двоплечих важелів сила тертя на осі може також визначитися з силового багатокутника з використанням коефіцієнтів впливу сил Q і W залежно від геометрії важеля і відстаней до точок контакту. У цьому випадку із силового багатокутника розраховується наближене значення зусилля на осі обертання важеля R_3 .

При

$$l_1 < l_2 \quad R_3 \approx 0,96 W + 0,4 Q,$$

тоді,

$$W = Q \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + 0,4 \rho}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - 0,96 \rho}.$$

При

$$l_1 = l_2 \quad R_3 \approx 1,41 Q,$$

тоді,

$$W = Q \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + 1,41 \rho}{l_1 - h_1 \cdot f_1}$$

При

$$l_1 > l_2 \quad R_3 \approx 0,4 Q + 0,96 W,$$

тоді,

$$W = Q \frac{l_2 + h_2 \cdot f_2 + 0,96 \rho}{l_1 - h_1 \cdot f_1 - 0,4 \rho}$$

4.2.5.5. Важільно-шарнірні механізми.

За конструкцією важільно-шарнірні механізми поділяються на:

- а) одноважільні шарнірні механізми;
- б) двоважільні шарнірні механізми односторонньої дії;
- в) двоважільні шарнірні механізми двосторонньої дії.

Схема одноважільного шарнірного механізму з роликком представлена на рисунку 4.42.

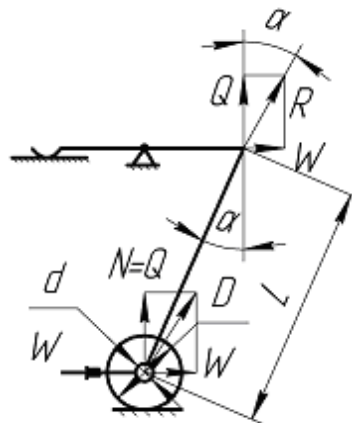


Рисунок 4.42 – Схема розрахунку одноважільного шарнірного механізму

З умови рівноваги:

$$W = Q \cdot [tg(\alpha + \beta) + tg\varphi_{1np}]$$

$$Q = \frac{W}{tg(\alpha + \beta) + tg\varphi_{1np}}$$

де Q – сила затиску; W - сила, прикладена до важільно-шарнірного механізму;
 α - кут нахилу; $\beta = \arcsin f \frac{d}{L}$ - додатковий кут до кута нахилу, що враховує

втрати на тертя у шарнірах; $tg\varphi_{1np} = tg\varphi_1 \frac{d}{D}$ - наведений коефіцієнт тертя кочення, що враховує втрати на тертя у роликовій опорі; d - діаметр осей шарнірів; D - зовнішній діаметр ролика; f - коефіцієнт тертя ковзання в шарнірах на осі ролика; $tg\varphi_1$ - коефіцієнт тертя ковзання на опорі ролика.

Запас ходу визначається залежністю:

$$S_Q = L \cdot (1 - \cos \alpha)$$

Для двоважільних шарнірних механізмів односторонньої дії без плунжера (рис.4.43):

$$W = Q \cdot 2 \cdot tg(\alpha + \beta)$$

$$Q = \frac{W}{2 \cdot tg(\alpha + \beta)}$$

Запас ходу двоважільного шарнірного механізму односторонньої дії:

$$S_Q = 2 \cdot L \cdot (1 - \cos \alpha)$$

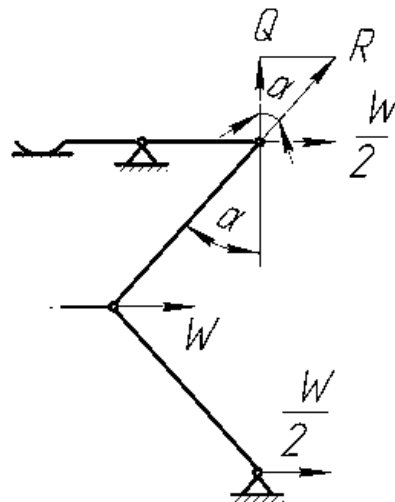


Рисунок 4.43 – Схема розрахунку двоважільного шарнірного механізму односторонньої дії

Розрахункова схема двоважільного шарнірного механізму двосторонньої дії показано на рисунку 4.44

В цьому випадку,

$$W = Q \cdot tg(\alpha + \beta)$$

$$Q = \frac{W}{tg(\alpha + \beta)}$$

Запас ходу двоважільного шарнірного механізму двосторонньої дії:

$$S_Q = 2 \cdot L \cdot (1 - \cos \alpha)$$

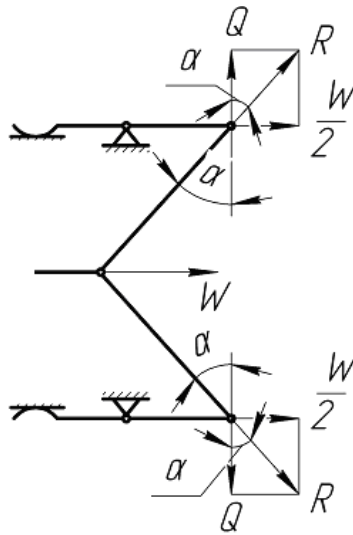


Рисунок 4.44 – Схема розрахунку двоважільного шарнірного механізму двосторонньої дії

4.2.5.6. Механізм із байонетним замком.

Дія плунжерного затиску з байонетним замком (рис. 4.45) заснована на самогальмуючому ефекті у пазу плунжера, розташованому під кутом α :

$$WL = PR,$$

де,

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

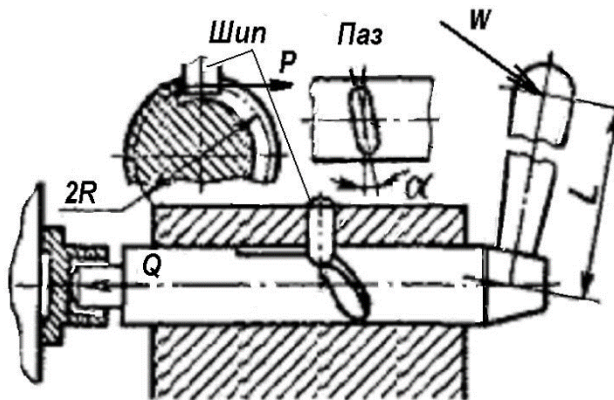


Рисунок 4.45 – Байонетний затискач

де W - сила, прикладена до ручки; Q - осьова сила на плунжері; α - кут підйому паза; P - окружне зусилля на плунжері.; φ — кут тертя, який характеризує тертя між шипом і пазом байонета, отримаємо:

$$WL = QR \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

або

$$W = \frac{QRtg(\alpha + \varphi)}{L}$$

Тертя на плоскому торці утворює додатковий момент M_T . Розрахунок повного моменту з урахуванням тертя на торці аналогічний розрахункам на торці гвинтового затискача. У нашому прикладі торець має сферичну поверхню при цьому $M_T = 0$.

4.2.5.7. Цангові затискні пристрої.

Цангові затискачі застосовують для установки по зовнішнім та внутрішнім поверхням. При цьому можуть використовуватись механізми без осевого упору (пруткові автомати) або з упором.

Цанги є різні пружинні гільзи різної конструкції. Їх застосовують для встановлення заготовок по зовнішніх і внутрішніх циліндричних і шліцевих поверхнях. Кількість та форма пелюсток цанги може бути різною залежно від сфери застосування цангового затиску (рис. 4.46).

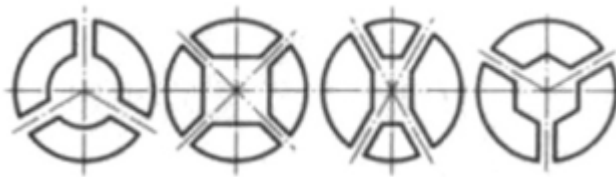


Рисунок 4.46 – Конструкція та форма пелюсток цанг

Число пелюсток цанги залежить від її робочого діаметра та профілю базової поверхні заготовки або деталі, що збирається. При $d < 30$ мм цанга має три пелюстки, при $30 < d < 80$ мм – чотири, при $d > 80$ мм – шість. Якщо базова поверхня - шліцева, то число пелюсток дорівнює числу шліців і форма пелюстки повторює профіль западини шліців. Аналогічно при затисканні некруглої заготовки профіль западини пелюстки повторює профіль квадратної, прямокутної або шестигранної заготовки, що затискається.

Виготовляють цанги з високовуглецевої сталі У10А і термічно обробляють до твердості HRC 58÷62 у місцях губок та HRC 39÷45 у хвостовій частині. Кут конуса $2\alpha = 30^\circ \div 40^\circ$.

Цанги забезпечують концентричність установки від 0,02 до 0,05 мм. Базову поверхню заготовок для закріплення в цангах слід обробляти за точністю JT6÷JT9. У токарних пруткових автоматах використовуються цанги для закріплення заготовок з меншим квалітетом.

При закріпленні заготовки без осевого упору можливе її зміщення на величину:

$$y = \frac{\delta}{2} \operatorname{tg} \alpha$$

де α - кут нахилу цанги; δ – зазор між цангою та заготовкою.

Розглянемо тягнучий цанговий механізм для встановлення заготовки без осьового упору (рис. 4.47). Осьова сила W необхідна для затягування цанги, що забезпечує зусилля затиску Q визначається залежністю:

$$W = (P_1 + Q) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

Розрахунок виконується з використанням закономірностей, розглянутих при розрахунку затискачів у клинових механізмах з кутом підйому α (половина кута конуса цанги) та коефіцієнтом тертя на конусній поверхні $f = \operatorname{tg} \varphi$ де φ - кут тертя.

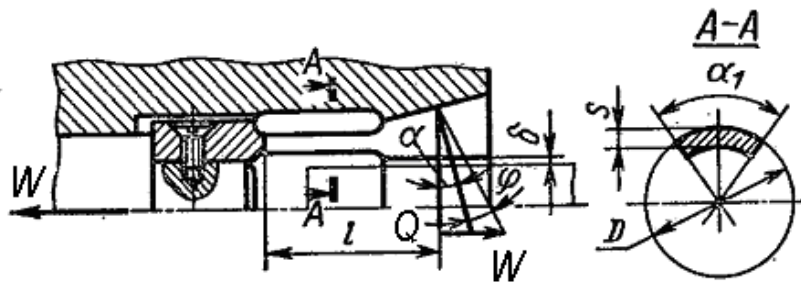


Рисунок 4.47 – Схема розрахунку цанги, що тягне, без упору

P_1 – сила, що стискає пелюстки цанги до зіткнення з поверхнею заготовки

$$P_1 = 3 \frac{E \cdot J \cdot f \cdot z}{l^3}$$

де E - модуль пружності матеріалу цанги; l - відстань від площини зачепила пелюстка цанги до середини конуса, що затискає цанги; f - стріла прогину пелюстки ($f = \delta$); δ – зазор між цангою та заготовкою (до початку затиску); z – число пелюсток цанги; J – момент інерції у перерізі закріпленої частини пелюстки.

При встановленні заготовки в цангу з осьовим упором до розрахункової залежності додається сила тертя на поверхні контакту цанги з заготовкою з урахуванням коефіцієнта тертя, $f_1 = \operatorname{tg} \varphi_1$

Тоді,

$$W = (P_1 + Q) [(\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1)]$$

Розрахунок штовхаючої цанги здійснюється за аналогічною методикою з урахуванням усіх чинних сил.

4.2.5.8. Втулка конічна розрізна.

У такому затискному механізмі зусилля від конічної втулки передається на контактну поверхню із заготовкою (рис.4.48). Заготовка 1 встановлюється на зовнішню циліндричну поверхню втулки 2, яка має розріз. Отвір втулки виконано конічним з кутом нахилу α . Втулка встановлена на конічній поверхні валу 3. Тяга 4 через шайбу 5 створює натяг в поєднанні втулки з отвором заготовки. Залежність між затискною силою Q і зусиллям на тязі W визначається аналогічно до розрахунку сил клину односторонньої дії:

$$W = Q \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]$$

де φ_1 - кут тертя на конусній поверхні; φ_2 - кут тертя на поверхні, що затискає.

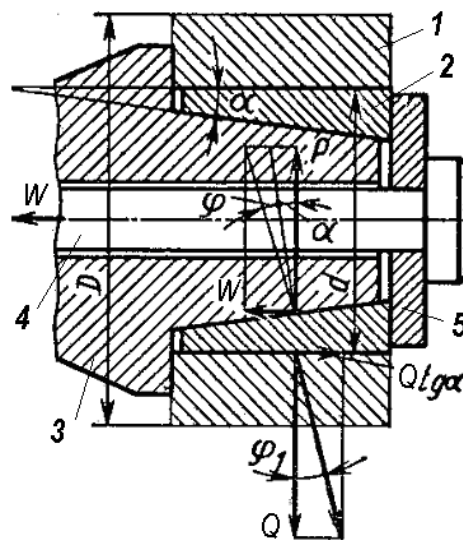


Рисунок 4.48 – Схема розрахунку конічної втулки

4.2.5.9. Гідропласт ові затискачі.

Принцип дії цих механізмів ґрунтується на властивості гідропласту рівномірно передавати гідростатичний тиск на всі стінки порожнини. При цьому гідропласт повинен задовольнити таким вимогам:

- 1) не проникати в зазори, без спеціальних ущільнюючих пристроїв;
- 2) рівномірно і без помітних втрат передавати тиск на значні відстані;
- 3) зберігати свої властивості протягом заданого часу в певних інтервалах температур і не вступати в реакції з металами.

За схемою дії механізми із застосуванням гідропласту поділяються на дві групи:

- а) багатоланкові, у яких тиск передається завдяки системі ковзних плунжерів;
- б) самоцентруючі з пружною оболонкою у вигляді тонкостінної втулки.

Багатоланкові гідропластові затискачі

Багатоланкові гідропластові механізми використовуються для перетворення та передачі вихідного зусилля на кілька точок за допомогою робочих плунжерів. Розрахункова схема багатоланкового механізму представлена на рисунку 4.49

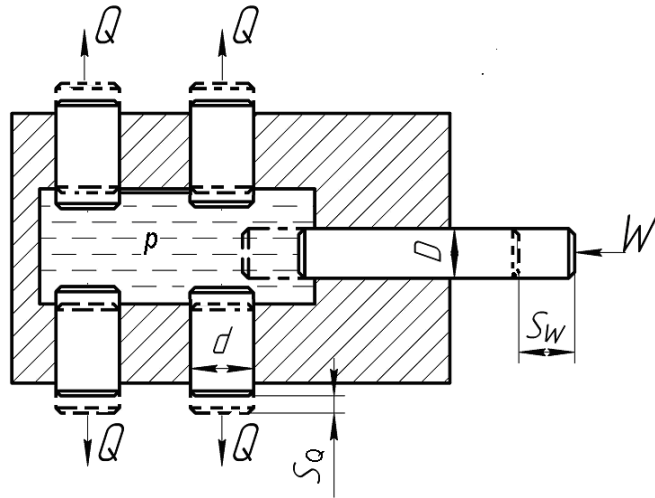


Рисунок 4.49 - Багатоланковий гідропластовий механізм

Вихідне зусилля на натискному плунжері W , необхідне для отримання заданого зусилля Q на робочих плунжерах однакового діаметра, визначається виходячи з умови сталості тиску всередині порожнини.

$$\rho = W \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta \quad \text{та} \quad \rho = Q \frac{\pi d^2}{4},$$

де D - діаметр натискного плунжера; d - діаметр робочого плунжера; η - к.к.д., рівний $0,90 \div 0,95$.

Тоді,

$$W \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta = Q \frac{\pi d^2}{4},$$

звідки,

$$W = Q \cdot \eta \frac{d^2}{D^2}$$

Величина переміщення натискного плунжера визначається виходячи з сталості об'єму U гідропласту в порожнині механізму $U = \text{const}$

$$S_w \cdot \frac{\pi D^2}{4} = S_o \frac{\pi d^2}{4} \cdot z,$$

де S_w - переміщення натискного плунжера; S_o - переміщення робочого плунжера; z - число робочих плунжерів.

Тоді,

$$S_w = S_Q \cdot z \cdot \frac{d^2}{D^2}$$

Гідроластові затискачі з пружною оболонкою.

У гідроластових механізмах з пружною оболонкою (самоцентруючих) затискач деталі виконується при деформації тонких стінок втулки під впливом тиску в порожнині. При цьому створюється натяг у зоні контакту втулки із заготовкою. Розрахункова схема самоцентруючого механізму (тонкостінна втулка) представлена на рисунку 4.50.

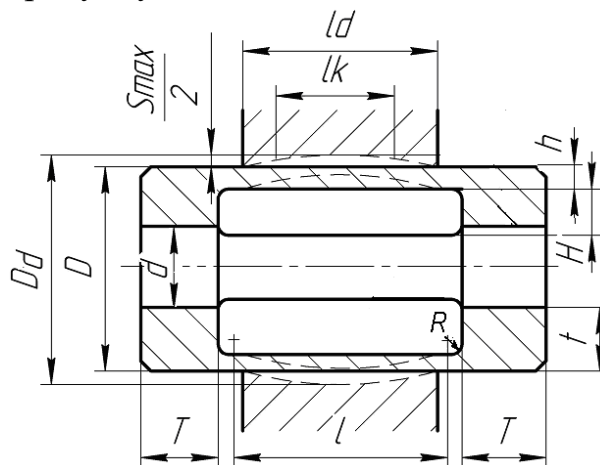


Рисунок 4.50 – Схема розрахунку тонкостінної самоцентруючої втулки

Розрахунок втулки виконується при відомих параметрах заготовки, що встановлюється, і умовах її закріплення. Довжина тонкостінної частини визначається залежно від довжини деталі l_d

$$l = (1,0 \div 1,3) l_d$$

Товщина тонкостінної частини втулки h визначається за таблицею залежно від співвідношення довжини тонкостінної частини l і діаметра втулки D .

Характеристика втулки включає такі поняття, як «довга втулка» при $l > 2l_0$ та «коротка втулка» при $l < 2l_0$, де

$$2l_0 = 2,6 \cdot D \sqrt{\frac{h}{D}}$$

Допустима пружна деформація ΔD для «довгої втулки» визначається за формулою:

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

де σ_T та E – відповідно межа плинності та модуль пружності матеріалу втулки;
 K – коефіцієнт запасу ($K=1,2 \div 1,5$).

Для «коротких втулок»

$$\Delta D = \frac{\sigma_T}{E \cdot K} D \cdot [1 - \varphi(x)],$$

де

$$x = 0.9 \cdot \frac{l}{\sqrt{\pi D}},$$

а $\varphi(x)$ визначається за таблицями довідкової літератури.

Затискний натяг:

$$\delta = \Delta D - S_{max}$$

Гідростатичний тиск при $l > 0,3D$:

$$p = \frac{2\Delta D \cdot E \cdot h}{D^2}$$

при $l < 0,3D$:

$$p = \frac{1,25 \cdot \Delta D \cdot E \cdot h}{D \cdot l}$$

Максимальний крутний момент, що передається заготовки, визначається:

$$M_{max} = 500 \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D} \delta \cdot D^2}$$

Зусилля затиску, що протидіє осьовому зміщенню:

$$Q = 10^4 \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D} \delta \cdot D}$$

4.2.5.10. Прихоплювачи.

У пристроях часто використовуються прихоплювачи різної форми. Прихоплювачи досить прості за конфігурацією, забезпечують необхідну надійність затискання заготовки, можуть використовуватися як у пристроях з ручним затискачем, так і в механізованих та автоматизованих пристроях. При розрахунках зусиль у таких механізмах слід враховувати сили тертя, що виникають на напрямних прихоплювачів. Розглянемо приклад розрахунку Г-подібного прихоплювачу, притискання якого виконується за допомогою гайки (рис. 4.51).

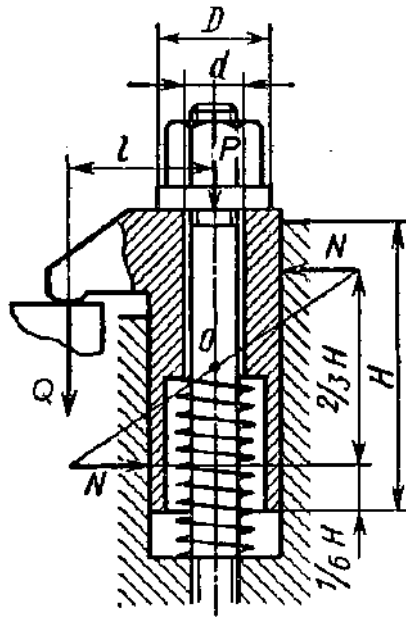


Рисунок 4.51 – Схема розрахунку Г-подібного прихоплювачу

Залежність між силою затиску Q і осьовою силою P визначають з рівності моментів відносно точки O , тобто.

$$Q \cdot l = \frac{2}{3} N \cdot H$$

У цій рівності нормальні сили (реакції) N є рівнодіючими силами, що прагнуть перекосити прихоплювач під дією осьової сили P .

За законом силових трикутників рівнодіючі N прикладені до прихоплювачу на відстані, що дорівнює $H/3$ від вершини трикутника.

Таким чином, із зазначеної рівності моментів слід:

$$N = \frac{3P \cdot l}{2H}$$

З іншого боку, сила $Q = P + F$. де $F = 2Nf$ — сила тертя, де f - коефіцієнт тертя на поверхні прихоплювачу, що направляє.

Підставляючи в цю рівність значення N , отримаємо

$$F = \frac{3P \cdot l}{H} \cdot f$$

але $Q = P + F$, отже,

$$Q = P \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot l \cdot f}{H} \right)$$

З урахуванням опору пружини Pn

$$Q = (P - Pn) \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot l \cdot f}{H} \right)$$

Для досягнення необхідної осьової сили Q за допомогою гайки, що затягує, необхідний момент складе:

$$M = (P - P_n) \cdot \left(\frac{d_p}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{1}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \cdot f_T \right),$$

де

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

і d_p – середній діаметр різьблення; α - кут нахилу різьблення; φ - кут тертя у різьбленні; f_T – коефіцієнт тертя на торці гайки.

Для полегшення встановлення заготовок прихоплювачі важільних механізмів виконують поворотними, відкидними та пересувними. За конструкцією вони можуть бути прямолінійними відсувними (рис.4.52,а) і поворотними (рис.4.52,б), відкидними (рис.4.52,в) з опорою, що хитається, вигнутими (рис.4.52,г) і комбінованими (рис.4.52,д).

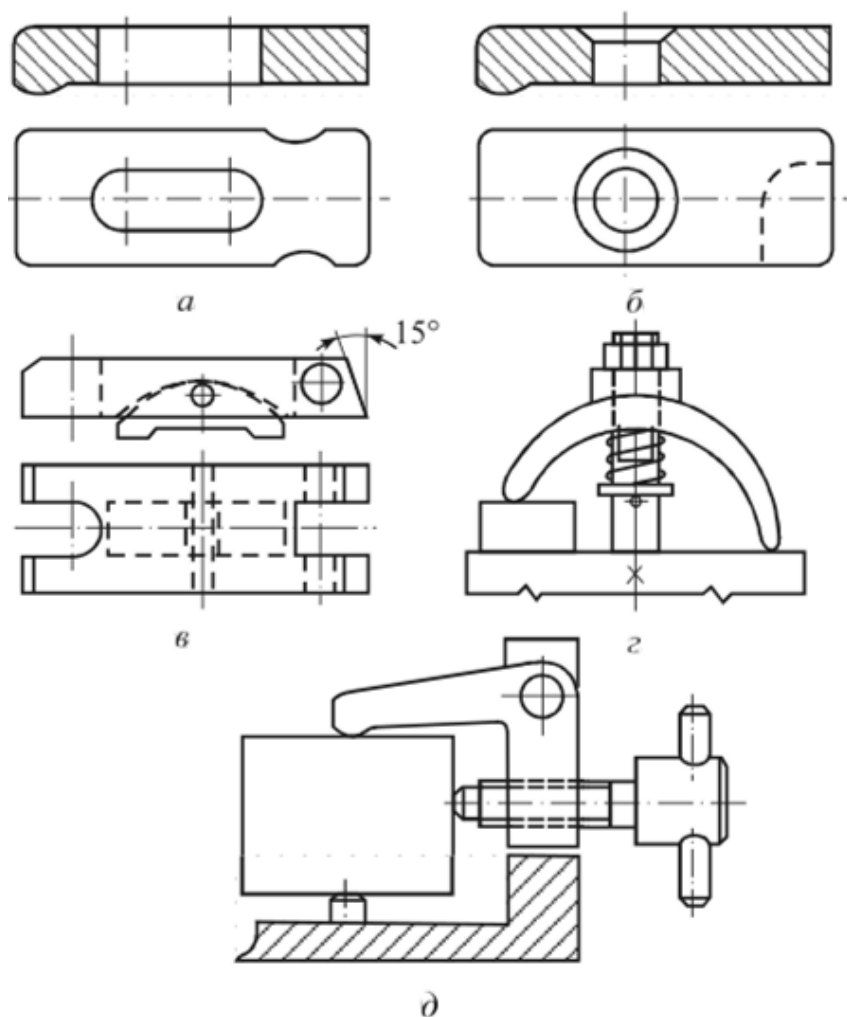


Рисунок 4.52 - Різновиди прихоплювачів

Приклад конструкції пристрою з важільним механізмом і з прихоплювачом, що відводиться із зони обробки, показаний на рисунку 4.53. Така схема пристрою широко використовується у механізованому виробництві.

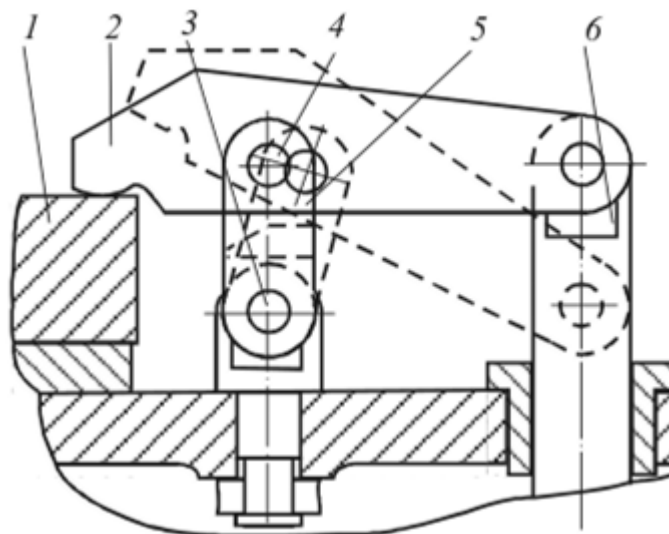


Рисунок 4.53 - Затискний механізм важеля з відведеним прихоплювачом

Під час розкріплення заготовки шток 6 переміщається вниз, при цьому прихоплювач 2 повертається на осі 4. Остання спільно з сережкою 5 повертається навколо осі 3 і займає положення, показане штриховою лінією. Таким чином прихоплювач 2 відводиться із зони завантаження заготовок.

4.3. Корпуси пристроїв.

Корпус є базовою деталлю, що поєднує всі елементи пристрою. На корпусі монтують настановні елементи, затискні пристрої, деталі для спрямування інструменту, а також допоміжні деталі та механізми. Корпус приймає сили обробки та закріплення заготовки.

Вимоги до корпусів пристроїв:

- бути жорстким і міцним за мінімальної ваги, тому що сприймає сили обробки та закріплення заготовки;
- бути зручним для очищення від стружки та відведення охолоджуючої рідини;
- забезпечувати швидку та зручну установку та знімання заготовок;
- забезпечувати встановлення та закріплення (пристрою) на верстаті без вивіряння; для цього передбачають напрямні елементи - пазові шпонки та центруючі бурти;
- забезпечувати безпеку роботи (неприпустимі гострі кути та малі просвіти між рукоятками та корпусом, що призводять до защемлення рук робітника);
- має бути простим у виготовленні.

– трудомісткість виготовлення корпусу та його собівартість повинні бути мінімальними.

Для кращого відведення ЗОТР та видалення стружки необхідно передбачати похилі поверхні та уникати поглиблень та важкодоступних місць. Корпус пристрою на столі верстата найчастіше кріплять за допомогою болтів, що заводяться в Т-подібні пази столу, або за допомогою прихоплювачів.

При конструюванні корпусів необхідно передбачити:

1) виступаючі платики для закріплення сталевих опорних пластин та пальців, на які встановлюються вироби;

2) достатні проміжки між заготовкою та стінками корпусу, що дозволяють вільно закладати та виймати заготовки з пристрою;

3) можливість легкого видалення стружки, особливо у закритих корпусах кондукторів;

4) наявність елементів для правильної установки та закріплення пристроїв.

Корпуси пристроїв виготовляють литтям, зварюванням, куванням, різанням при використанні сортового прокату, а також збиранням з елементів на гвинтах або з гарантованим натягом. Якщо сили різання невеликі, корпус можна виконати з епоксидних смол литтям в разові форми. Сучасне машинобудування використовує адитивні технології для виробництва корпусів пристроїв.

Для виготовлення корпусів зазвичай застосовують сірий чавун СЧ12 і СЧ18, сталь Ст3. В окремих випадках (для корпусів поворотних пристроїв) легкі сплави на алюмінієвій основі, а також магнієві сплави, які мають малу щільність, що важливо для полегшення переміщення важких або поворотних пристроїв.

Недолік чавунних корпусів полягає в можливості їхнього короблення, тому після попередньої механічної обробки їх піддають старінню.

Стандартизація заготовок чавунних корпусів дозволяє з простих форм заготовок корпусів без обробки або з невеликою обробкою збирати різні форми корпусу для фрезерних і свердлильних пристроїв, які використовують для обробки деталей різних розмірів.

При використанні збірних корпусів, що складаються з окремих елементів, з'єднаних механічно, ефективно застосування клейових технологій. Клейовий прошарок завтовшки 0,05...0,15 мм не тільки підвищує міцність і жорсткість стиків, але й добре гасить вібрації, що виникають при механічній обробці.

Зварні сталеві корпуси використовують переважно у пристроях для обробки великих деталей. Заготовки деталей для зварних корпусів розмічають та вирізають із сортової сталі товщиною 8-10мм. Зварні сталеві корпуси в порівнянні з литими чавунними мають меншу вагу, простіше у виготовленні та коштують дешевше.

До недоліків зварних корпусів відноситься деформація при зварюванні, тому в деталях корпусу виникають залишкові напруги, що впливають на точність зварного корпусу. Для зняття залишкової напруги зварні корпуси проходять відпал. Для більшої жорсткості до зварних корпусів приварюють куточки, що використовують як ребра жорсткості. Значно рідше застосовують корпуси з алюмінію та пластмаси.

Базовими елементами корпусів пристроїв, які встановлюються на стіл верстата, зазвичай є квадратна або прямокутна основа, яка, як правило, служить опорною площиною, та шпонка (або пальці). Швидка та точна установка пристрою на столі верстата забезпечується за допомогою направляючих шпонок 1, що вводяться в Т-подібний паз 2 столу верстата (рис.4.54). Шпонки виконують у вигляді коротких сухарів, пригорнутих до нижньої поверхні корпусу. Для зменшення впливу зазорів на перекося пристрою відстань між шпонками призначають можливо більшою.

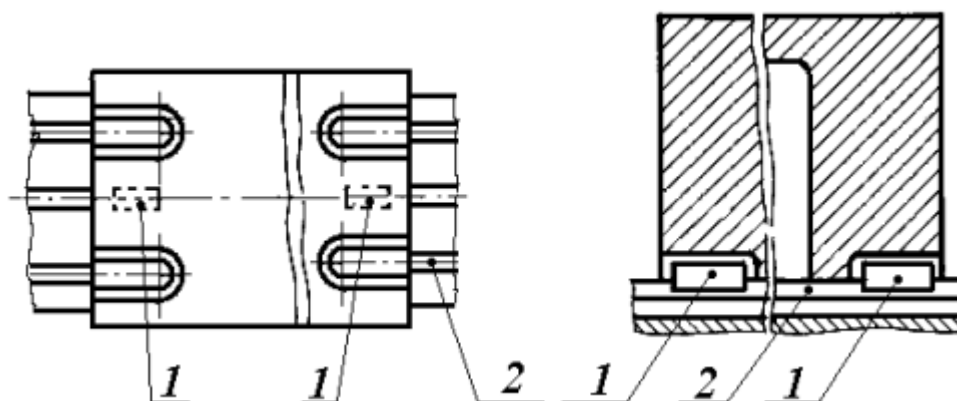


Рисунок 4.54 – Базування корпусу на столі верстата

Корпус пристрою (рис.4.54) кріпиться на столі верстата болтами, які головками входять у Т-подібні пази столу, а верхнім кінцем з гайкою входять у вуха корпусу пристрою, тому верстатні пристрої повинні мати вуха для кріпильних болтів з квадратними або прямокутними головками.

Запитання для самоконтролю

1. Як підрозділяються елементи пристроїв за функціональним призначенням?
2. Які типи точкових опор застосовуються під час базування заготовок? Коли вони використовуються?
3. Для чого застосовують перехідні втулки при встановленні точкової опори у корпус пристрою?
4. Назвіть основні види настановних елементів пристрою
5. Коли застосовують настановні пластини та шайби?
6. Які кути використовують у настановних призмах і для яких випадків?
7. Коли застосовуються високі настановні пальці?
8. Коли використовуються зрізані пальці?
9. Які вимоги висувають до настановних елементів?
10. Від чого залежить кількість точок затискання деталі під час обробки?
11. Переваги та недоліки застосування ексцентриків.
12. Коли використовувати затискні пристрої недоцільно?
13. Які методи силового замикання елементів затискання та заготовки використовуються у пристроях?
14. Які вимоги висуваються до затискних механізмів?
15. Як розраховується зусилля затиску у гвинтових механізмах?
16. У чому переваги клинових та клиноплунжерних механізмів?
17. Що таке самогальмуючий клиновий механізм?
18. У чому переваги та недоліки ексцентрикових затискачів?
19. Які типи важелів ви знаєте? У чому різниця у розрахункових схемах таких пристроїв?
20. Як працює байонетний затискач?
21. Як розраховується зусилля затискача для гідропластових механізмів?
22. Які вимоги висуваються до корпусів пристроїв?

5 ПРИВОДИ ЗАТИСКНИХ ПРИСТРОЇВ

Для закріплення заготовок у пристроях із затискними пристроями першої та третьої груп використовуються пневматичні, гідравлічні, електромеханічні, електромагнітні, магнітні, вакуумні, електростатичні та пружинні приводи. Вибір приводу верстатного пристрою визначається конструкцією верстата, розмірами партії оброблюваних деталей, їх конструкцією та іншими факторами. Застосування пневматичних, гідравлічних та електромеханічних приводів забезпечує можливість підвищення продуктивності обробки також за рахунок автоматизації підведення-відведення (а при необхідності та повороту) елементів затиску.

5.1. Пневматичний привід.

У пневматичних приводах використовується енергія стиснутого повітря. На заводах у спеціальних компресорних цехах готується стиснене повітря, яке під тиском $0,4 \div 0,6$ МПа надходить трубопроводами до споживачів. Розрахунок на міцність елементів пневмоприводу виробляють при тиску $P=0,6$ МПа, а величину зусилля P_i при тиску $P = 0,4$ МПа.

Для надійної роботи пневмоприводу необхідно забезпечити відділення вологи, можливість внесення мастильного матеріалу, захист від перевищення чи падіння тиску стисненого повітря. Комплект пристроїв, що забезпечують роботу пневмоприводів, зветься пневмоналадка. Пневматичний привід складається з пневмодвигуна, повітропроводів та пневматичної апаратури різного призначення.

Типові пневмоналадки включають:

1. Силкові вузли (пнеumoциліндри, діафрагмові приводи, камери);
2. Елементи підготовки стисненого повітря (фільтр, вологовідділювач, маслянка);
3. Запобіжна апаратура (реле тиску, зворотний клапан);
4. Регулююча та вимірювальна апаратура (регулятор тиску, розподільний кран, манометр);
5. Сполучна апаратура (муфти, штуцери, трубопроводи)

Атмосферне повітря містить багато вологи та механічних домішок, від яких стиснене повітря має бути очищене. З цією метою на компресорній станції встановлюються спеціальні сушарки та фільтри, в яких повітря осушується та очищається.

Крім того, встановлюються спеціальні водовідділювачі та фільтри безпосередньо у кожного пристрою, в яких осаджуються водяні краплі, отримані від конденсації повітря, та затримуються механічна домішка та іржа. Чим суші

та чистіше буде стиснене повітря, тим менше засмічуватимуться і краще працюватимуть розподільні золотники та пневматичні циліндри, тим надійніше працюватиме все пристрої в цілому.

Розглянемо схему підключення до повітряної мережі пневмоциліндра (рис. 5.1). Стиснене повітря від компресора подається в трубопроводи цеху 1, що мають відведення до верстатів 2. Трубопровід має невеликий кут нахилу для збору та переміщення конденсату до відстійника 3.

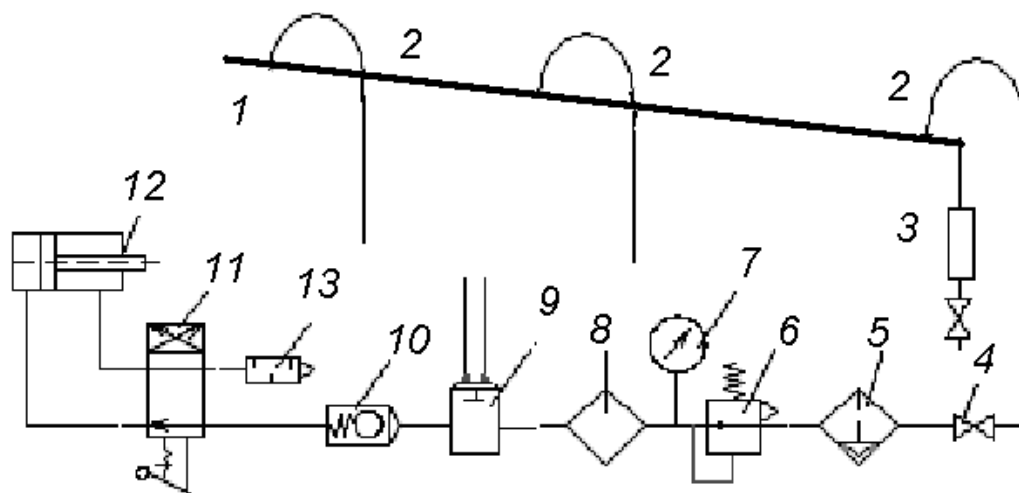


Рисунок 5.1 – Схема підключення пневмоциліндра.

Накопичену вологу з відстійника зливають, відкриваючи кран 4. Відведення до верстатів 2 слід виконувати з верхньої частини труби для зменшення кількості вологи, що надходить до пневмоприводів. Далі стиснене повітря через вентиль надходить у фільтр – вологовідділювач 5. Редукційний клапан 6 призначений для регулювання тиску стисненого повітря. За допомогою манометра 7 здійснюється контроль тиску стисненого повітря, що подається в пневмоциліндр. Мастило розпилювач 8 забезпечує подачу мастил в потік стисненого повітря. Реле 9 призначено для контролю тиску стисненого повітря та подачі сигналу для відключення електродвигунів верстата при падінні тиску нижче допустимої межі. Далі через зворотний клапан 10 повітря подається до розподільного крана 11 і в порожнині циліндра 12. Для очищення повітря, що стравлюється, від масляного туману і зменшення рівня шуму слід використовувати спеціальні фільтри-глушники 13.

Для безпеки роботи пневматичних пристроїв застосовують реле тиску, що здійснює блокування приводу затискача заготовок з верстатом. При падінні тиску в пневмосистемі пристроїв реле тиску відключає електродвигун верстата.

Переваги пневмоприводу:

- 1) простота конструкції завдяки можливості використання централізованого джерела стисненого повітря;
- 2) велика швидкість спрацьовування порівняно з гідроприводом;
- 3) відпрацьоване повітря не потребує відведення через спеціальні труби;
- 4) пред'являються менші вимоги щодо герметичності;
- 5) робота пневмосистем меншою мірою залежить від змін температури;
- 6) відсутня небезпека виникнення коротких замикань, які часто спостерігаються при користуванні електроенергією;
- 7) труби повітропроводів не замерзають.

Недоліки пневмоприводу:

- 1) великі габарити;
- 2) шум під час роботи;
- 3) зміна сили затиску при коливаннях тиску в мережі;
- 4) небезпека відриву деталі від базових елементів у разі раптового падіння тиску у мережі.

Головним недоліком пневматичних приводів є низький тиск робочого середовища - повітря, що обмежує вихідне зусилля, яке передається на силовий механізм.

Пневматичні приводи доцільно використовувати лише за відсутності просторових обмежень, у разі незнімності пристроїв з верстата, тобто у спеціальних пристроях для багатосерійного та масового виробництва або в універсально-налагоджувальних пристроях для дрібносерійного виробництва.

Силові вузли пневматичних приводів поділяються на:

- за видом пневмодвигуна - на поршневі, діафрагмові та камерні;
- за схемою дії – на одно- та двосторонні;
- за методом компоновання з пристроєм – на приставні, агреговані та вбудовані;
- по виду установки – на стаціонарні, обертові та гойдаючі;
- за кількістю приводів – на одинарні та здвоєні.

5.1.1. Поршневі пневмоприводи.

У цих приводах силовим пристроєм є циліндр, усередині якого переміщується поршень. Зусилля, що розвивається на штоку, визначається тиском у пневмомережі та площею активної поверхні поршня.

До переваг таких приводів варто віднести швидкість дії (0,5÷1,2с), постійність зусилля затиску та можливість його регулювання, простоту конструкції та експлуатації, незалежність працездатності від коливань температури довкілля.

Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму при застосуванні пневмоприводу становить $0,1 \div 2 \text{ м/с}$. При менших швидкостях можуть виникати вібрації та нерівномірність ходу.

Недоліками пневмоприводу є досить низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом (через застосування низького тиску повітря), нерівномірність переміщення робочих органів, особливо при змінних зусиллях, неможливість зупинки в середині ходу.

Циліндри виготовляються одно- та двосторонньої дії. Типовий пневматичний циліндр двосторонньої дії з одностороннім штоком (рис. 5.3) складається з поршня 1 ущільненого гумовим кільцем; 2 кришок 3 і 4 з'єднаних з гільзою 5 шпильками. Шток 7 закріплений на поршні 1 та направляється бронзовою втулкою 8, а ізоляція робочої зони від зовнішнього середовища виконується манжетою 9. Манжета 9 утримується кришкою 10.

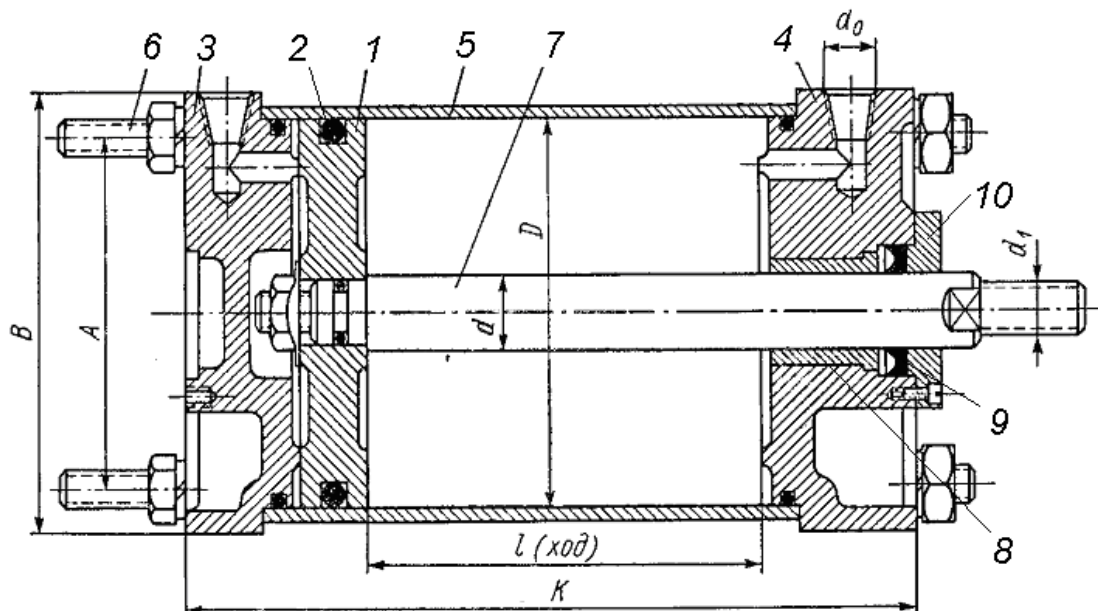


Рисунок 5.3 – Пневматичний циліндр

Сила на штоку двостороннього пневмоциліндру (рис.5.4,а) при затиску (W_{px}) визначається за формулою

$$W_{px} = \frac{\pi D_u^2}{4} p \cdot \eta,$$

де D_u - діаметр пневмоциліндра ; p – тиск стисненого повітря, $p = 0,3 \div 0,6 \text{ МПа}$; η – к.к.д.. що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85 \div 0,9$.

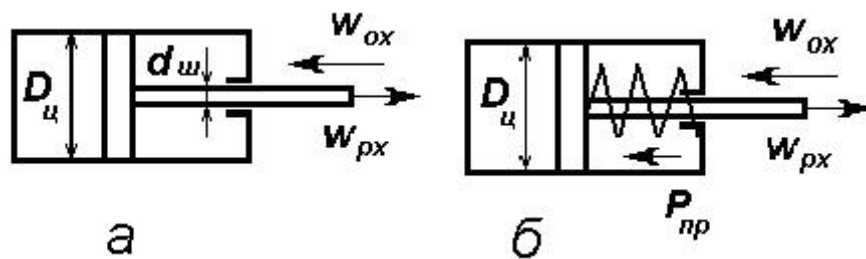


Рисунок 5.4 – Розрахункові схеми пневмоциліндрів

При зворотному ході поршня сила W_{ox} визначається за такою формулою (рис.5.4,а):

$$W_{ox} = \frac{\pi(D_u^2 - d_w^2)}{4} p \cdot \eta,$$

де d_w - діаметр штока пневмоциліндру.

У циліндрах односторонньої дії зворотний хід здійснюється пружиною. Це забезпечує економію стисненого повітря до 40%.

Сила на штоку одностороннього пневмоциліндру (рис.5.4,б) при затиску (W_{px}) визначається за формулою:

$$W_{px} = \frac{\pi D_u^2}{4} p \cdot \eta - P_{пр},$$

де $P_{пр}$ - зусилля пружини;

$$W_{ox} = P_{пр}$$

Вибір пружини виконується з урахуванням зусиль, необхідних на розтискання та повернення механізмів у вихідне положення.

Точніший розрахунок пневмоциліндрів може виконуватися з урахуванням конструкцій ущільнень на поршні та штоку.

В односторонньому пневмоциліндрі зусилля на штоку при ущільненні поршня одним круглим гумовим кільцем (рис.5.5) можна визначити за формулою:

$$W = \frac{\pi D_u^2}{4} p - (T_k \cdot \pi \cdot D_{ц} + P_{пр}),$$

де T_k - питома жорсткість в контактї гумового кільця з гільзою, визначається за таблицями залежно від - відносного стиснення кільця (%)

$$\alpha = \frac{v}{d} \cdot 100,$$

де d – діаметр перерізу ущільнюючого кільця

$$v = \frac{D_o - D_{ц}}{2},$$

де D_0 - зовнішній діаметр кільця у вільному стані.

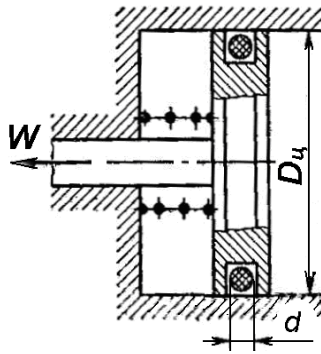


Рисунок 5.5 – Схема ущільнення гумовим кільцем

Зусилля на штоку при ущільненні манжетою (рис. 5.6) можна визначити за формулою

$$W = \frac{\pi D_u^2}{4} \rho - (D_u \cdot \pi \cdot b \cdot f \cdot p + P_{np}),$$

де b – ширина контакту манжети із циліндром; f – коефіцієнт тертя у цьому поєднанні.

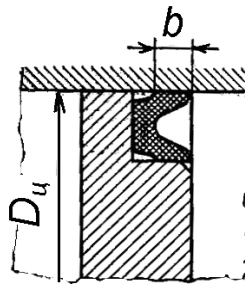


Рисунок 5.6 – Схема ущільнення манжетою

Вихідне зусилля у двосторонньому пневмоциліндрі при ущільненні поршня та штока гумовими кільцями (по одному кільцю) буде

$$W = \frac{\pi D_u^2}{4} \rho - (T_K \cdot D_u + T'_K \cdot d_{ш}) \cdot \pi,$$

де T_K - питома жорсткість в контактї гумового кільця в кришці зі штоком.

Вихідне зусилля у двосторонньому пневмоциліндрі при ущільненні поршня та штока манжетами (поршень із двома манжетами) буде

$$W = \frac{\pi D_u^2}{4} \rho - (2D_u \cdot b \cdot f + d_{ш} \cdot b_{ш} f_2) \rho \cdot \pi,$$

де $b_{ш}$ - ширина контакту манжети з плунжером; f_2 – коефіцієнт тертя у поєднанні манжети зі штоком.

При розрахунку пневматичних поршневих циліндрів на міцність визначаються товщина стінок циліндра, кількість та діаметр шпильок (болтів) для кріплення його кришок та діаметр різьблення на штоку.

Зазвичай при розрахунку на міцність товщини стінок циліндра отримуються занадто незначні величини. Циліндри зі стінками таких розмірів не мають жорсткості, необхідної для експлуатації. Тому стіни вибираються з конструктивних міркувань.

Внутрішній діаметр шпильок (болтів) для кріплення кришок розраховується за такою формулою:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\alpha W}{2\pi \cdot z \cdot [\sigma_p]}}$$

де d_1 - внутрішній діаметр різьблення; α – коефіцієнт затяжки ($\alpha \sim 2,25$); W - сумарне осьове зусилля, що діє на шпильки (болти); z – число шпильок (болтів);

Пневмоциліндри, що обертаються, застосовуються переважно для приводів пристроїв токарних, круглошліфувальних і зубообробних верстатів. Пневмоциліндр (рис.5.7,а) встановлюється на задньому кінці шпинделя і обертається разом із ним. Подача стисненого повітря виконується через муфту M . На шпинделі закріплена кришка $б$, яка приєднана гвинтами до корпусу приводу 5 .

Усередині корпусу розміщені поршень 4 зі штоком 3 . У корпусі 5 встановлений валик 2 , закріплений гайкою 1 , на якому змонтована муфта розподілу повітря M . Вона встановлена (рис.5.7,б) на кульці підшипнику 9 . Ізоляція робочих зон від зовнішнього середовища виконується манжетками 11 . Манжети фіксуються завзятими шайбами 8 та кільцями 10 з отворами, призначеними для подачі стисненого повітря. В отвір валика 2 запресовано порожнистий стрижень 12 , яким в пневмоциліндр проходить повітря. Корпус 7 з'єднаний з кришкою гвинтами муфти. У різьбові отвори $K1/4$ встановлюються штуцери для приєднання резинотканевих шлангів, що підводять стиснене повітря. Переміщення штока вліво відбувається при подачі стисненого повітря через лівий отвір каналами $а, б, в, м$. При цьому поршень 4 переміщує шток 3 і через різьбове з'єднання тягу, пов'язану з патроном. Переміщення поршня вправо відбувається при подачі стисненого повітря каналами $д, е, ж$.

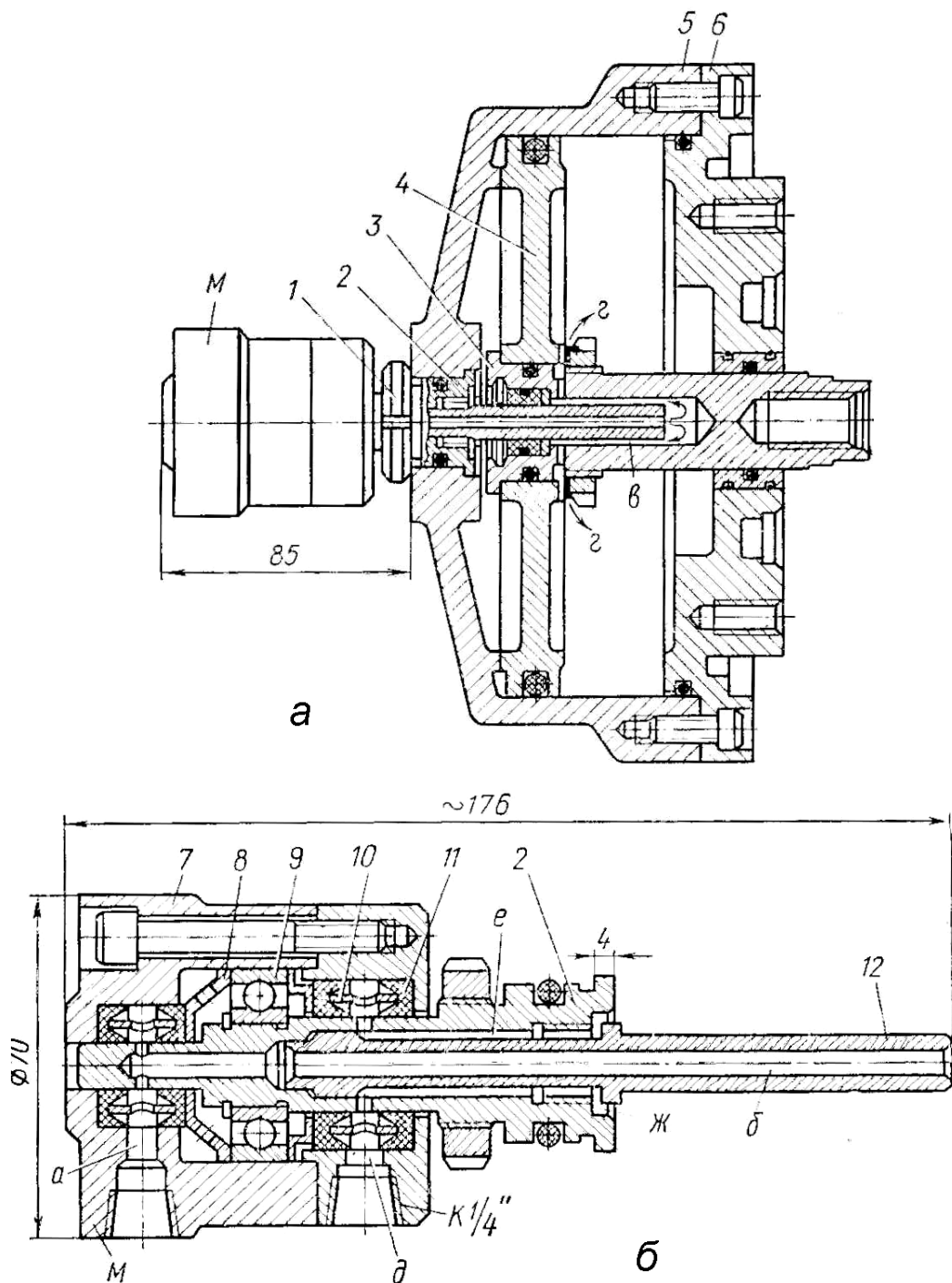


Рисунок 5.7 – Пневмоциліндр, що обертається (а) і муфта (б)

Для забезпечення безударної та плавної роботи пневмоциліндру слід призначити робочу швидкість переміщення поршня в межах $0,2 \div 1 \text{ м/с}$. Наприкінці ходу поршня бажано передбачати гальмування та зниження швидкості до $0,05 \div 0,1 \text{ м/с}$, що забезпечує безударну роботу пневмоприводу.

До пневматичних циліндрів усіх типів пред'являється ряд технічних вимог, які повинні забезпечувати герметичність при тиску стисненого повітря $0,6 \text{ МПа}$. Випробування на міцність проводяться при тиску $1,0 \text{ МПа}$, при цьому виток повітря через тіла кришок, різьблення і стикам, а також через ущільнення поршня

і штока не допускаються. Випробування на працездатність проводять при переміщенні штока з одного крайнього положення в інше в діапазоні робочих тисків $0,2 \div 0,6$ МПа, причому переміщення повинні бути плавними, без ривків і заїдань. Зусилля, що розвивається поршнем циліндра під час його переміщення при тиску $0,6$ МПа, щонайменше 85% від максимального розрахункового.

При монтажі та експлуатації пневматичні циліндри мають бути надійно закріплені на місці їх встановлення. Всі види кріплення циліндрів, крім шарнірного, слід здійснювати за допомогою болтів або шпильок з рівномірною їх затяжкою. При монтажі потрібно суворо дотримуватися паралельності осі циліндра до напрямних руху робочого органу.

5.1.2. Діафрагмові приводи.

Діафрагмовий пневматичний привід являє собою силовий вузол однієї та двосторонньої дії. Односторонній привід (рис. 5.8,а) складається із двох штампованих чашок 3 і 6, між якими затиснута еластична діафрагма 2. Товщина діафрагми становить $4 \div 10$ мм. Шток 4 діаметром d має шайбу 2 діаметром d_1 , у яку упирається пружина 4.

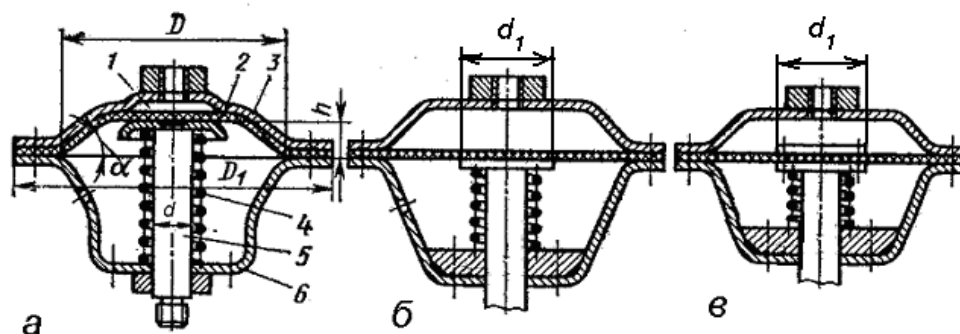


Рисунок 5.8 – Конструкції пневмокамер

За конструктивними особливостями такі приводи бувають з діафрагмою тарілчастого типу (або опуклі) (рис.5.8,а), з плоскою діафрагмою з прогумованої тканини (рис. 5.8,б) та плоскою защемленою діафрагмою з листової гуми з тканинною прокладкою(рис.5.8,в).

Стисне повітря, що надходить у верхню порожнину, надає тиск на поверхню перегородки і переміщає її. Особливістю діафрагмових приводів є і те, що з розтягування перегородки збільшується її опір (рис.5.9). Зрештою навіть без навантаження на штоку переміщення його припиняється при рівності зусилля, яке розвивається під дією стисненого повітря з одного боку, та пружних сил розтягування діафрагми (і зусилля пружини в односторонніх приводах), з іншого боку.

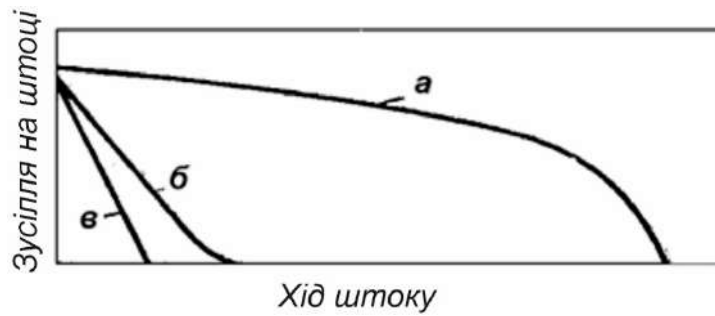


Рисунок 5.9 – Силві характеристики діафрагм

Величини переміщень штока залежить від конструкції діафрагми.

На рисунку 5.10 наведено можливі переміщення для тарілчастої діафрагми (а), плоскої (б) та защемленої з гумовою перегородкою (в).

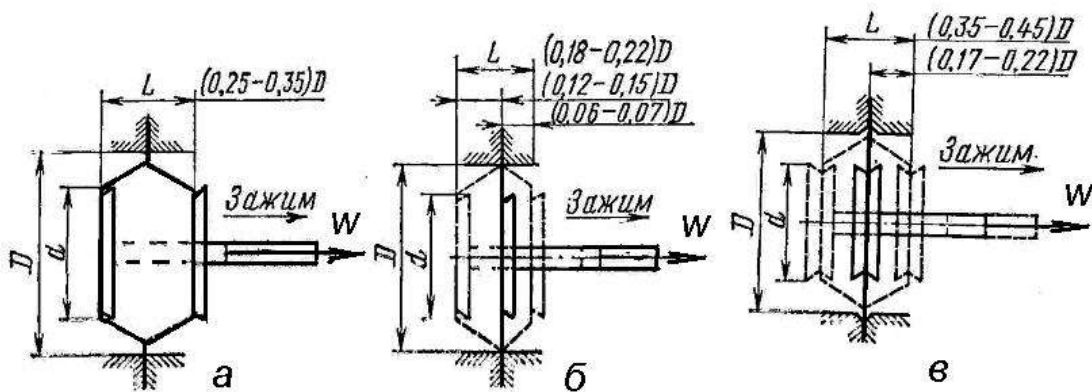


Рисунок 5.10 – Переміщення у діафрагмових приводах

Як видно з вищевикладеного, зусилля на штоку W залежить від положення діафрагми при затиску. Для одностороннього діафрагмового приводу її можна визначити за формулою:

$$W = W_1 + W_2 - P_{np},$$

де W_1 – зусилля на шайбі штока, W_2 – зусилля на діафрагмі.

При цьому,

$$W_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot p,$$

для односторонніх пневмокамер прямого ходу штока.

Для приводів із чашковою діафрагмою розрахункова формула буде:

$$W = C \cdot p \cdot D^2,$$

де C - коефіцієнт, що враховує співвідношення D/d_1 та величину усунення штока від вихідного положення L (робочого ходу).

Наближений розрахунок зусилля на штоку односторонньої пневмокамери можна виконати за формулами:

для тарілчастих та плоских діафрагм із прогумованої тканини у вихідному положенні штока,

$$W = \frac{\pi \cdot (D + d_1)^2}{16} \cdot p - P_{np}$$

при зміщенні тарілчастих діафрагм на $L=0,3 D$ та плоских діафрагм на $L = 0,07 D$ розрахункова формула буде

$$W = \frac{0.75 \cdot \pi \cdot (D + d_1)^2}{16} \cdot p - P_{np};$$

для плоских гумових діафрагм у вихідному стані

$$W = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p}{4} - P_{np}$$

при зміщенні діафрагми на $L=0,22D$ зусилля буде

$$W = \frac{0.9 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot p}{4} - P_{np}$$

Конструкція пневмокамери представлена рисунку 5.11.

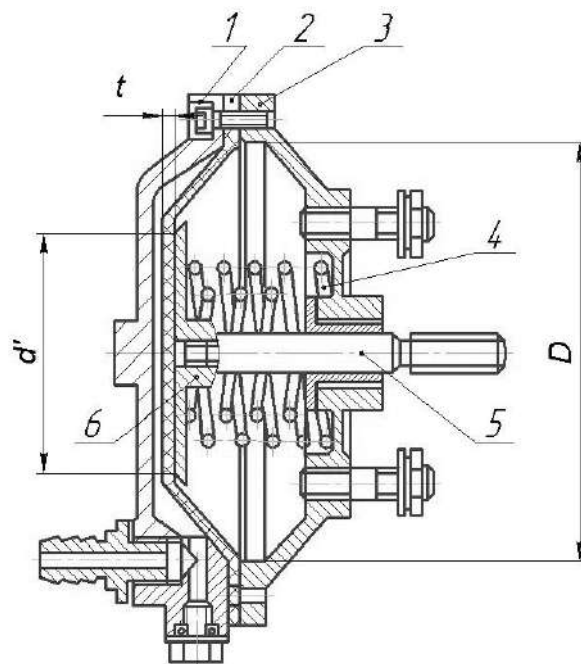


Рисунок 5.11 – Пневмопривід із тарілчастою діафрагмою

Типова пневмокамера складається з кришки 1, корпусу 3, між якими закріплено діафрагму 2. Стиснене повітря надходить у ліву порожнину пневмокамери, тисне на діафрагму і опорне кільце 6 і переміщує шток 5. При випуску стисненого повітря з робочої порожнини приводу штока, діафрагма повертається у вихідне положення під дією пружини 4. Матеріалом діафрагми може бути прогумована тканина.

5.1.3. Камерні приводи.

У цьому приводі затискне зусилля створюється гумовою камерою, що роздувається стисненим повітрям. Під тиском повітря камера, вкладає в порожнину пристрою, розширюється і переміщає один або кілька штоків. Коли повітря з камери випускається, вона осідає, а штоки повертаються пружинами у вихідне положення.

Такі двигуни зазвичай виконуються односторонньої дії. Їх доцільно застосовувати у випадках, коли не потрібно значного зусилля, але необхідно привести в дію ряд затискачів (4 та більше). Вони можуть бути рекомендовані для закріплення тонкостінних деталей, що мають більшу довжину.

Як камера двигуна можуть бути використані шланги різних діаметрів. Найбільш надійно працюють камери, які виконані з алюмінієвих шлангів. Ці шланги виготовляються з мастилобензостійкої гуми, зміцненої тканинними прокладками. Схематична компоновка пристрою з камерою з дюритового шлангу показана на рисунку 5.12.

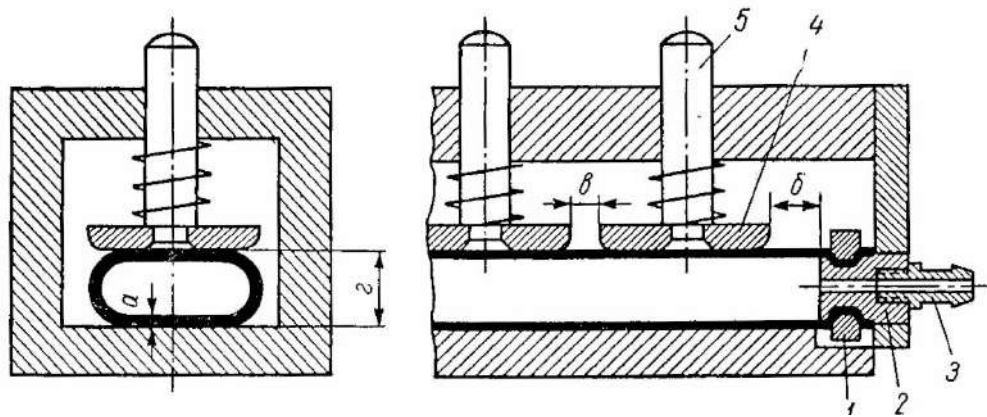


Рисунок 5.12 – Пневмопривід камерний

Кінці шлангу закладаються металевими заглушками 2 за допомогою хомутиків 1. В одну із заглушок ввернуто штуцер 3, що підводить стиснене повітря. Шланг лежить у корпусі пристрою. На верхню поверхню шлангу спирається кілька колодок, в яких закріплені штоки 5. При подачі повітря шланг 4 прагне змінити овальну форму перерізу на круглу і при цьому піднімає колодки зі штоками.

Зусилля камерних двигунів W можна вважати постійним по всій довжині. Воно може бути визначене за формулою

$$W = S \cdot p - P_{np},$$

де S - площа зіткнення колодки штока з камерою; p - тиск стисненого повітря в мережі; P_{np} - зусилля поворотної пружини.

На рисунку 5.13 наведено приклад пристрою зі шланговими камерами.

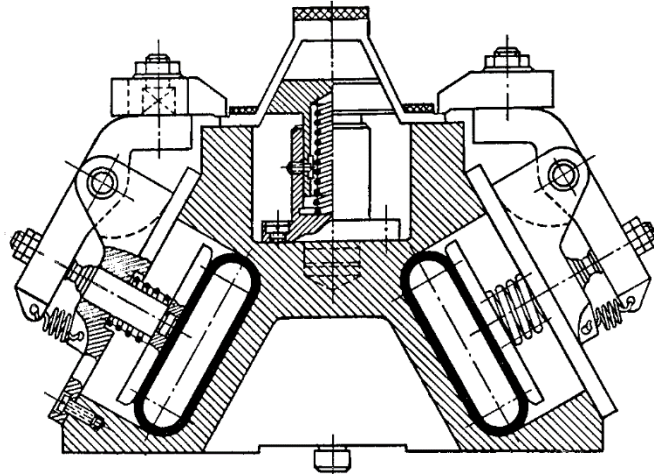


Рисунок 5.13 – Пристрій із камерними пневмоприводами

Такі камери дозволяють здійснити рівномірне затискання заготовок, що мають значну довжину. Пристрої для довгих деталей слід проєктувати складовими з кількох секцій. Секції повинні бути з'єднані між собою повітропроводом та керуються від одного крана.

Переваги пневмокамер:

- 1) робоча камера не обробляється і набагато дешевше за пневмоциліндри;
- 2) герметичні;
- 3) довговічні.

Недоліки:

- 1) малий перебіг поршня;
- 2) мінливість сили затиску;
- 3) діаметральні розміри більше осьових.

5.2. Гідравлічний привід.

У верстатних пристроях застосовують об'ємні гідроприводи, робочим середовищем для яких є масло. Гідропривід (рис.5.14) зазвичай включає: гідронасос 1, резервуар для масла 2, апаратуру управління (розподільник 3), контрольно-регулююча апаратура 4 (запобіжні та зворотні клапани, редукційні клапани, дроселі, манометри та ін.), гідроциліндри 5 і трубопроводи 6.

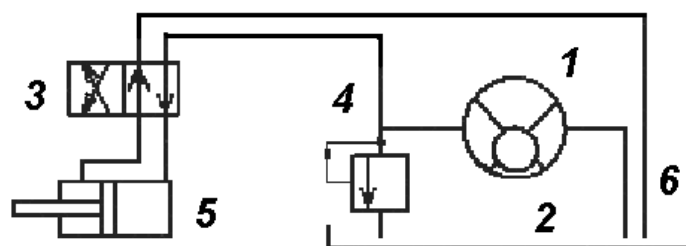


Рисунок 5.14 – Схема гідравлічного приводу

Залежно від призначення та потужності гідравлічний привід може обслуговувати один пристрій, групу з трьох-п'яти пристроїв на декількох верстатах або групу з 25...35 пристроїв, встановлених на різних верстатах цеху. Джерело енергії в гідроприводах верстатних пристроїв може бути механічним, пневматичним або електричним, відповідно розрізняють механогідравлічні, пневмогідравлічні та електрогідравлічні приводи.

Переваги гідроприводів:

1) діаметри робочих гідроциліндрів значно менше, ніж у пневмоциліндрів, що розвивають таке ж саме зусилля;

2) високий тиск робочої рідини в циліндрах (100МПа і вище) дозволяє передавати силу затиску затискним елементам безпосередньо штоком циліндрів, виключаючи застосування силових механізмів;

3) у гідравлічних пристроях шляхом застосування індивідуальних циліндрів конструкційно простіше здійснювати багатоточкові затискачі;

4) робоче середовище (масло) забезпечує змащування частин гідроциліндра, що труться;

5) працює плавно, безшумно;

6) забезпечує задану продуктивність та точність

Недоліки гідроприводів:

1) складність гідроустановки, необхідність у додатковій площі для її розміщення та кваліфікованого обслуговування;

2) високі вимоги до точності виготовлення деталей гідроприводу і тому вищу вартість порівняно з пневмоприводом;

3) наявність витоків мастила у сполученнях;

4) необхідність постійного утримання тиску в мережі через витоки і тому підвищену витрату енергії;

5) небезпека вириву заготовки у разі раптового падіння тиску в мережі.

При застосуванні гідроприводу оптимальним вважається тиск у межах $5 \div 10$ МПа, однак останнім часом застосовується і більш високий – до $16 \div 20$ МПа. Робочі швидкості становлять від 0,01 до 1 м/с.

На рисунку 5.15 показані нормалізовані гідроциліндри двосторонні (а), штовхаючи односторонні (б) та односторонні, які тягнуть (в) з діаметрами штоків від 40 до 100 мм.

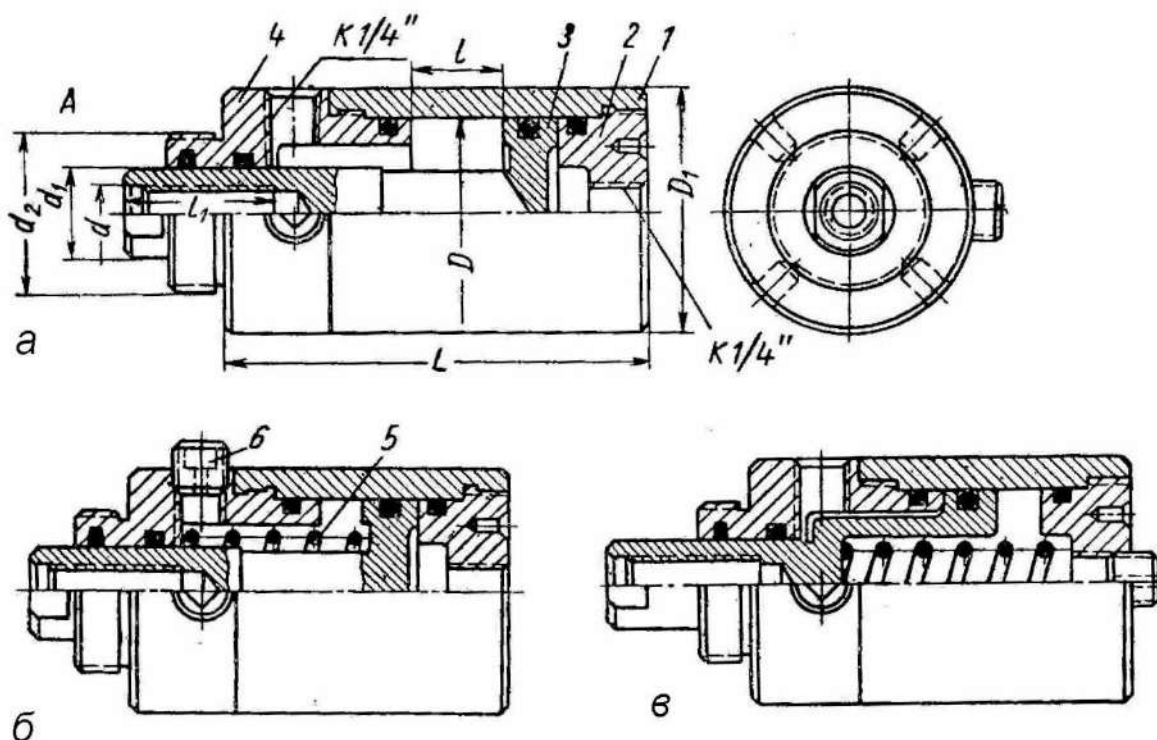


Рисунок 5.15 – Типові конструкції гідроциліндрів

Гільза 1 закрита з двох сторін кришками 2 та 4 з ущільненням гумовими кільцями. Поршень 3 з круглим гумовим кільцем переміщається на відстань l . В односторонніх гідроциліндрах повернення поршня у вихідне положення виконується пружинами 5, при цьому в пробці б виконано отвори для зв'язку неробочої порожнини з атмосферою.

Розрахунок зусиль на штоку виконується аналогічно до пневмоприводів. При подачі мастила в порожнину, де немає штоку (рис.5.15,а), штовхаюче зусилля W_1 буде

$$W_1 = \frac{\pi D^2}{4} p_{ж} \cdot \eta_{Г},$$

де D - діаметр поршня; $P_{ж}$ тиск масла; $\eta_{Г}$ - К.К.Д гідроциліндра $\eta_{Г}=0,85 \div 0,9$.

Відповідно, при подачі мастила в штокову порожнину, зусилля W_2 буде:

$$W_2 = \frac{\pi(D - d_{ш})^2}{4} p_{ж} \cdot \eta_{Г},$$

де $d_{ш}$ - діаметр штока перед поршнем.

Зусилля на штоку односторонніх гідроциліндрів визначається з урахуванням опору пружин у стислому стані $P_{пр}$. Для тих, де шток штовхає (рис.5.15,б) воно буде:

$$W_1 = \frac{\pi D^2}{4} p_{ж} \cdot \eta_{Г} - P_{пр}$$

Для тих, де тягне:

$$W_2 = \frac{\pi(D - d_{ш})^2}{4} p_{ж} \cdot \eta_{Г} - P_{пр}$$

Продуктивність насосів (л/хв) для гідравлічних пристроїв залежить від довжини робочого ходу поршня l та часу його переміщення на цю відстань.

$$V = \frac{W \cdot l}{1000 \cdot t \cdot p \cdot \eta_1},$$

де η_1 - об'ємний К.К.Д гідросистеми, що враховує витоку масла.

Потужність насоса (кВт) розраховують за формулою

$$N = \frac{V \cdot p}{612 \cdot \eta_2},$$

де η_1 - загальний к.к.д. насоса.

Час спрацьовування насоса (хв) визначають за спрощеною формулою:

$$t = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4 \cdot 10^3 \cdot V}$$

На рисунку 5.16 показано компонування гідроприводу 1 з поворотним прихоплювачом 2 . У верхньому положенні прихоплювач повернутий таким чином, що відкривається вільний доступ при встановленні заготовки.

При переміщенні штока гідроциліндра вниз прихоплювач спочатку повертається в робоче положення, а потім виконує затискач деталі. Таке переміщення прихоплювачу забезпечує криволінійний паз 3 , яким ковзає циліндричний хвостовик гвинта 4 .

На рисунку 5.17 наведено приклади використання гідроциліндрів стандартного виконання для різних варіантах верстатних пристроїв.

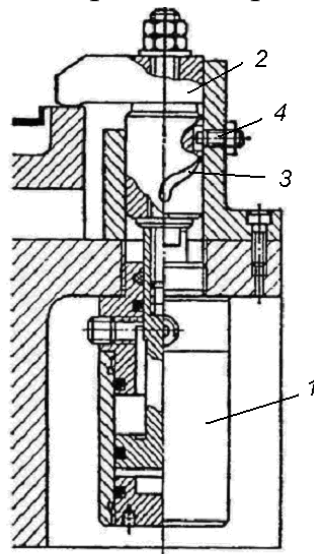


Рисунок 5.16 – Гідропривід із поворотним прихоплювачом

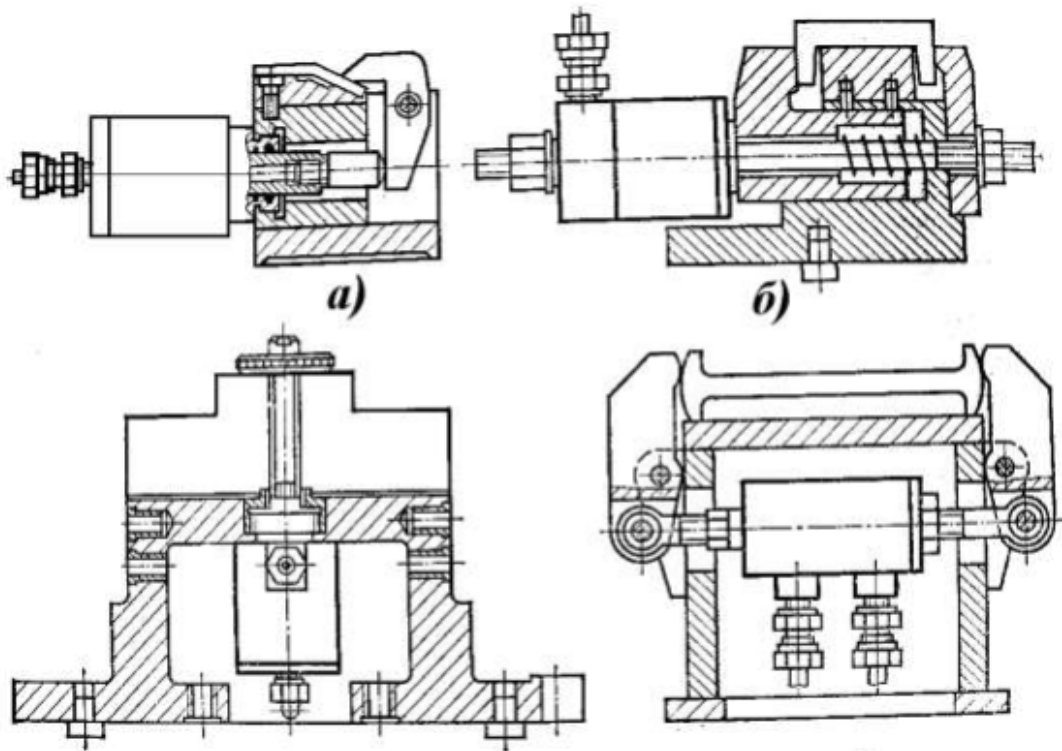


Рисунок 5.17 - Приклади застосування стандартних гідроциліндрів для верстатних пристроїв: а – односторонньої дії з суцільним штоком; б – односторонньої дії з порожнім штоком; в – двосторонньої дії; г – двосторонньої дії укороченого

5.3. Пневмогідрравлічні приводи.

У пневмогідрравлічному приводі вихідною енергією є потенційна енергія стисненого повітря $p_{п.}$, яка перетворюється через зусилля на шторі пневмоциліндра W в енергію стиснутої рідини p_p , а потім уже в силу на штоку Q (рис.5.18).



Рисунок 5.18 – Структурна схема пневмогідрравлічного приводу

У таких перетворювачах одночасно використовуються переваги пневмо- та гідроприводу. Принципову схему пневмогідрравлічного приводу показано на рисунку 5.19. Стиснене повітря подається в циліндр 1, шток якого є поршнем гідроциліндра 2. Під дією зусилля на штоку гідроциліндра 2 створюється тиск. Мاستило з циліндра 2 надходить трубопроводом 3 в робочий гідроциліндр 4, на штоку якого створюється зусилля Q . Зворотний хід поршнів циліндрів 1 і 4

здійснюється за рахунок зусиль пружин 5 і 6. Якщо робочий хід поршнів великий, зворотний хід може здійснюватися стисненим повітрям. Резервуар 7 служить для поповнення витоків мастила в системі. В даному випадку робочий циліндр 4 встановлюється окремо і пов'язаний трубопроводом з пневмогідропідсилювачем.

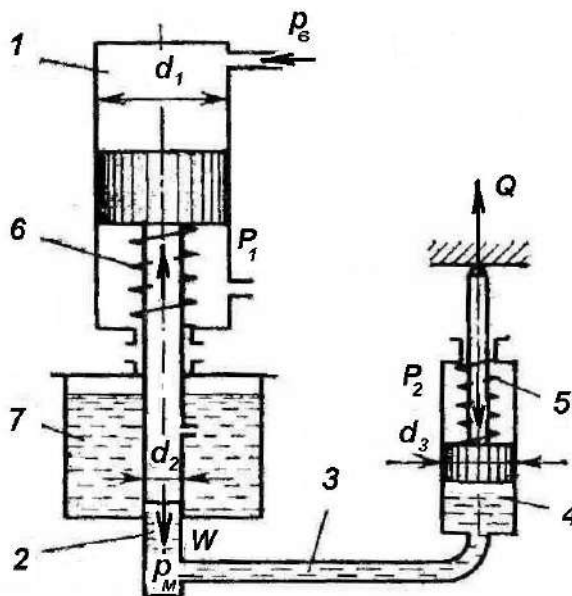


Рисунок 5.19 – Принципова схема приводу із винесеним циліндром

Розрахунок зусилля на штоку гідроциліндра виконується під час розгляду силової рівноваги системи. При цьому на структурній схемі слід вказати опір пружин у пневмоциліндрі P_1 і робочому гідроциліндрі P_2 (рис.5.20).

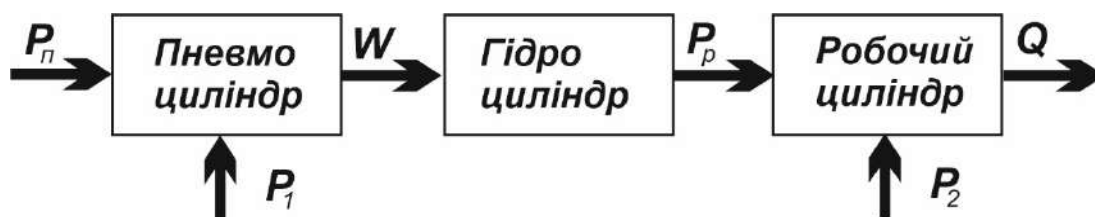


Рисунок 5.20 – Структурна схема пневмогідралічного приводу з урахуванням опору пружин

Зусилля W на плунжері d_1 визначається тиском стисненого повітря в мережі p та залежить від к.к.д. пневмоциліндру $\eta_{пц}$ з урахуванням зусилля пружини P_1 за формулою:

$$W = \frac{\pi d_1^2}{4} p_6 \cdot \eta_{пц} - P_1$$

З іншого боку, тиск мастила в системі p_m залежить від діаметра плунжера d_2 .

$$W = \frac{\pi d_2^2}{4} p_m$$

звідки

$$p_m = \frac{4W}{\pi d_2^2}$$

Тоді зусилля на штоку робочого циліндра d з урахуванням к.к.д. гідроциліндра $\eta_{гц}$ та зусилля пружини P_2 буде:

$$Q = \frac{\pi d_3^2}{4} p_m \cdot \eta_{гц} - P_2$$

Конструктивно пневмогідропривід може бути виконаний у вигляді єдиного блоку (рис.5.21).

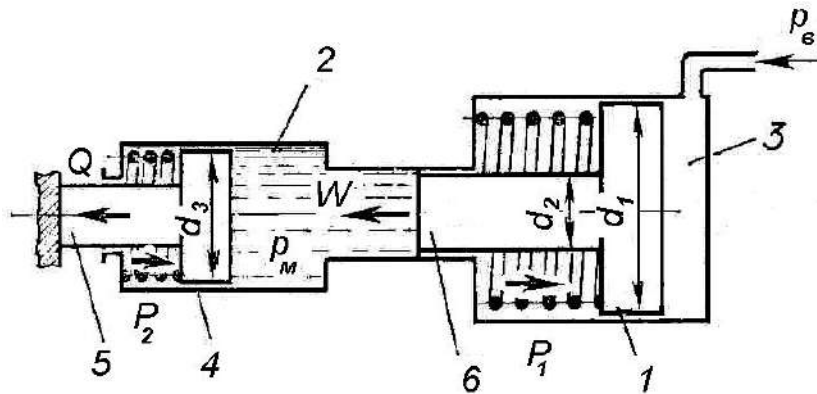


Рисунок 5.21 – Принципова схема пневмо-гідралічного приводу з перетворювачем прямої дії у вигляді єдиного блоку

Розрахунок такого пневмо-гідропідсилювача виконується аналогічно розглянутому вище.

Співвідношення переміщень штоків пневмоциліндра $L_{пц}$ та поршня гідроциліндра $L_{гц}$ визначається при рівності об'ємів мастила в штоковій порожнині та робочому гідроциліндрі:

$$U_{шт} = U_{гц}$$

$$U_{шт} = L_{пц} \cdot \frac{\pi d_2^2}{4}; \quad U_{гц} = L_{гц} \cdot \frac{\pi d_3^2}{4}$$

або

$$L_{пц} \cdot \frac{\pi d_2^2}{4} = L_{гц} \cdot \frac{\pi d_3^2}{4},$$

звідки

$$L_{\text{ГЦ}} = L_{\text{ПЦ}} \cdot \frac{d_3^2}{d_2^2}$$

Істотним недоліком розглянутих вище приводів є великий хід пневмоциліндру, якій необхідний для отримання відносно невеликих переміщень штока гідроциліндру.

Для усунення цього недоліку розроблено ряд конструкцій, що дозволяють здійснити попереднє швидке підведення штока, а тиск рідини збільшувати тільки в кінці ходу гідроциліндра. Пневмогідролічні перетворювачі послідовної дії забезпечують більший тиск мастила та більший хід робочих органів гідроциліндрів у порівнянні з перетворювачами прямої дії. Перетворювач послідовної дії відрізняється від перетворювача прямої дії наявністю в ньому порожнини низького тиску мастила.

Приклад такої конструкції показаний на рисунку 5.22.

Поршень 3 у циліндрі 2 під тиском повітря, що надходить через штуцер 10, переміщається вліво, створюючи у порожнини 16 гідроциліндра 2, яка заповнена мастилом, невеликий тиск.

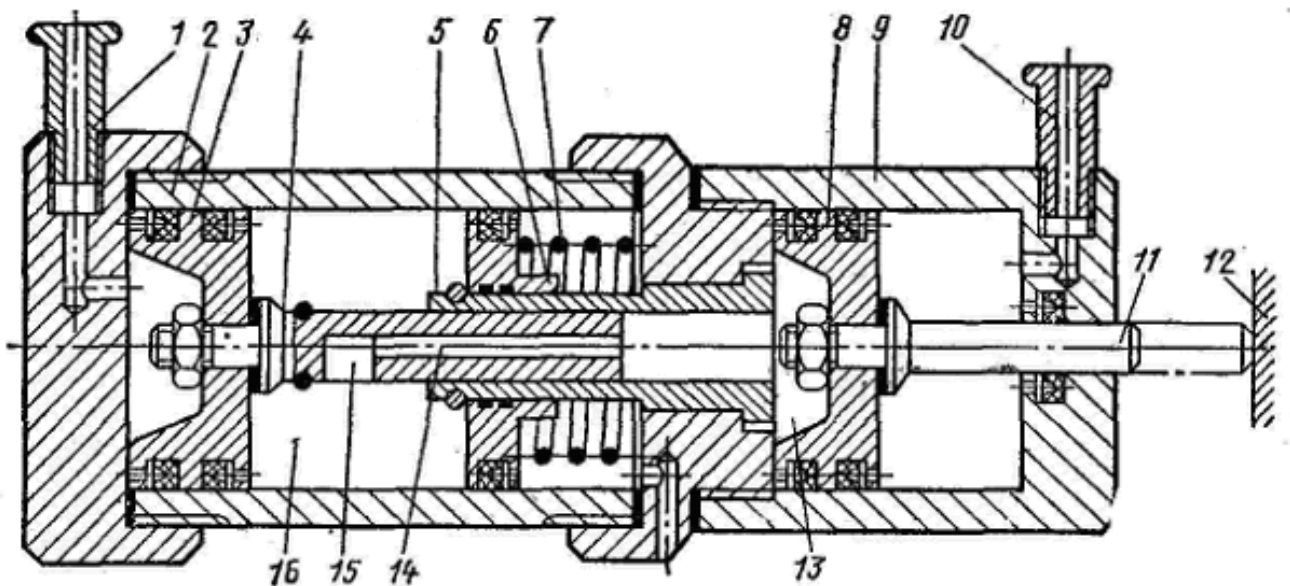


Рисунок 5.22 – Пневмогідролічний привод

Цей тиск створюється за рахунок стиснення пружини 7 рухомою шайбою 6. Мастило через вікно 15 та канал 14 у штоку 4 витісняється в порожнину 13 гідроциліндра 9. При цьому поршень 8 переміщається швидко вправо до контакту штока 11 з заготовкою 12. Збільшення тиску мастила в гідроциліндрі 9 досягається в кінці ходу поршня 3 коли вікно 15 штока 4 повністю увійде до втулки 5. Зворотний хід приводу здійснюється за рахунок подачі стисненого повітря в циліндр 9 через штуцер 10. При рівності діаметрів пневмо- і

гідроциліндрів така конструкція дозволяє отримати на штоку гідроциліндру силу у $200 \div 250$ разів більшу, ніж на штоку пневмоциліндра.

5.4. Механо -гідрравлічні приводи.

У механо -гідрравлічних приводах (рис.5.23) тиск мастила в робочій порожнині гідроциліндра створюється при переміщенні плунжера, що отримує рух від гвинтової, рідше важільної (рис.5.24), передачі. Високий тиск мастила створюється за рахунок невеликого зусилля робочого ($100 \div 150\text{Н}$), що прикладається до ручки насоса. Компактні та недорогі механогідрравлічні приводи, що не потребують зовнішнього джерела енергії (за винятком зусилля робітника), є найпростішим засобом механізації затискачів верстатних пристроїв.

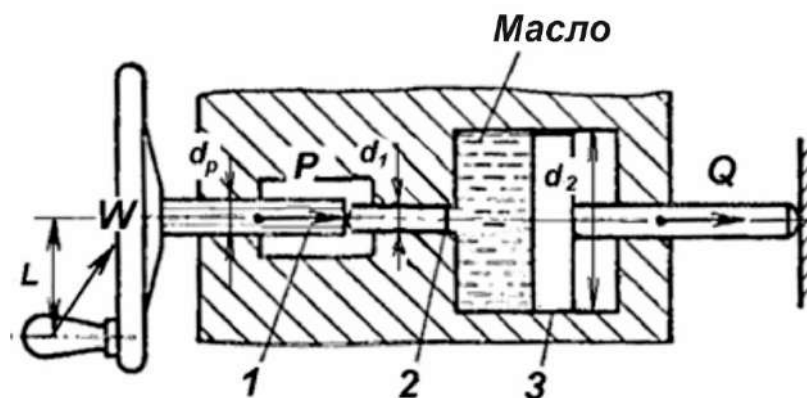


Рисунок 5.23 – Механо -гідрравлічний привод

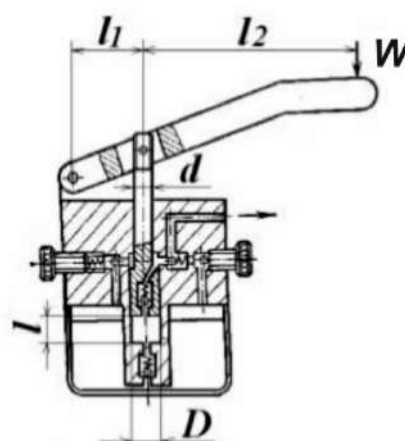


Рисунок 5.24 – Схема важільного насосу

Визначення параметрів механо-гідрравлічного приводу виконується аналогічно методиці розглянутої вище. Структурну схему такого механізму з гвинтовою передачею показано на рисунку 5.25.

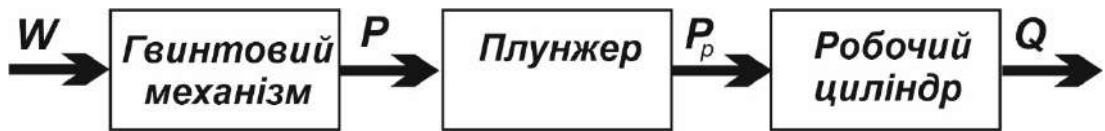


Рисунок 5.25 – Структурна схема механо-гідравлічного приводу з гвинтовою передачею

Як приклад розрахунку розглянемо варіант проєктування приводу з гвинтовою передачею (див.рис.5.23).

Спочатку розраховується момент, що розвивається на маховику, щоб одержати зусилля P . При цьому повинен враховуватися момент опору в різьбленні (M_p) та момент опору на опорному торці гайки або гвинта (M_T).

$$M = M_p + M_T$$

Момент опору у різьбленні визначається за формулою (див. п 5.2.1)

$$M_p = P \cdot \frac{d_p}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_p)$$

де d_p - середній діаметр різьблення, α - кут підйому різьблення; φ_p - кут тертя в різьбленні.

Момент опору на торці гвинта відсутній, тому що контакт виконується по сферичній поверхні $M_T = 0$

З урахуванням параметрів маховика визначимо момент від зусилля W на плечі L :

$$M = W \cdot L, \quad \text{або} \quad W \cdot L = P \cdot \frac{d_p}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_p)$$

Тоді

$$P = \frac{2W \cdot L}{d_p \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_p)}$$

Переміщення плунжера з діаметром d_1 створює тиск у циліндрі з олією. При цьому враховуються втрати на тертя в плунжерній парі $\eta_{пп}$.

$$P_m = \frac{4P}{\pi d_1^2} \cdot \eta_{пп}$$

Затискне зусилля визначається діаметром робочого поршня d_2 з урахуванням к.к.д. гідроциліндра $\eta_{гц}$.

$$Q = \frac{\pi d_2^2}{4} P_m \cdot \eta_{гц}$$

5.5. Електрогідравлічний привід.

Електрогідравлічні приводи, що складаються з електродвигуна, насоса, редукційного клапана і регулятора тиску, можуть бути використані лише за наявності в затискних пристроях ланок, що самогальмуються та забезпечують роботу насоса тільки в періоди циклу затискання і розтискання заготовки, так як при постійній роботі насоса відбувається інтенсивне нагрівання мастила, отже, збільшення її витоку та падіння тиску.

На рисунку 5.26 показано схему електрогідравлічного приводу верстатного пристрою.

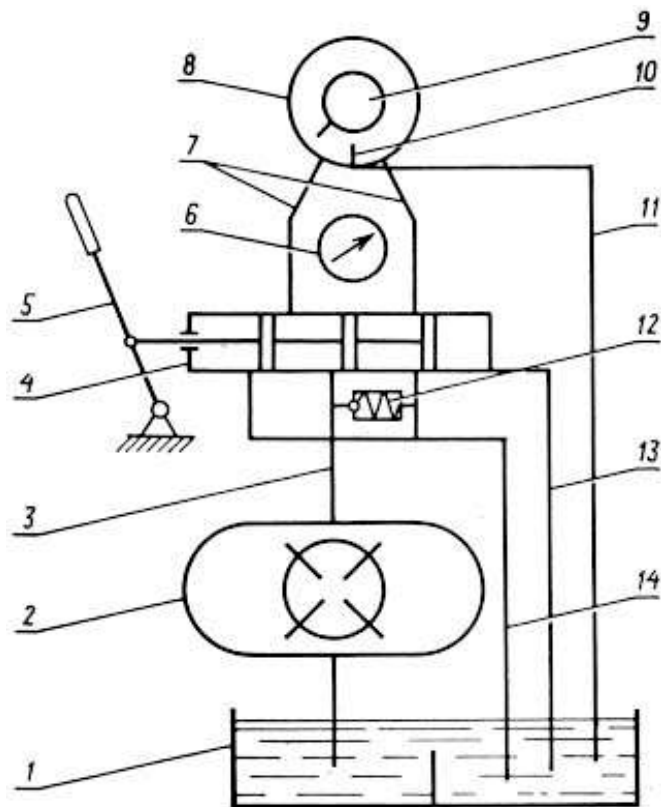


Рисунок 5.26 - Схема гідроприводу

При переміщенні рукоятки 5 у крайнє положення перемикається золотник 4 і включається електродвигун лопатевого насоса 2. Мастило з бака 1 трубопроводом через лопатевий насос 2 і трубопровід 3 подається в золотник 4, звідки трубопроводами 7 надходить у праву або ліву порожнину лопатевого циліндра 8.

При подачі мастила у праву порожнину циліндра лопатки з ротором 9 повертаються до упору 10 і витісняють масло з лівої порожнини. Масло через лівий трубопровід 7 золотника 4 по трубопроводу 14 стікає в бак 1. При перемиканні рукоятки 5 золотника 4 в інший бік масло надходить у ліву

порожнину циліндра 8, а з його правої порожнини і золотника 4 трубопроводом 14 зливається в бак 1.

Мастило, яке просочилося із золотника 4, відводиться по трубопроводу 13 в бак. Необхідний тиск мастила в гідросистемі регулюється клапаном 12 та вимірюється манометром 6. Всі підшипники кочення змащуються маслом, яке накопичується від витoku в прикріпленому до муфти кожусі, і трубопроводом 11 відводиться в бак 1.

За відсутності самогальмованих механізмів у затискних механізмах пристроїв застосовують гідроаккумулятори, які служать для накопичення енергії робочого середовища, що знаходиться під тиском. Насос включається тільки в період затискання-розтискання заготовки. Під час обробки тиск підтримується акумулятором. Гідроаккумулятори також гасять поштовхи тисків, що виникають у гідроприводі.

5.6. Вакуумні приводи.

У вакуумних затискних пристроях під настановною поверхнею деталі створюється розрядження, і заготовка притискається надлишковим атмосферним тиском. Конструкції вакуумних приводів прості, тому що в них не потрібно створення спеціальних механічних пристроїв для закріплення заготовок, що обробляються. Особливо зручне застосування вакуумних приводів для закріплення плоских тонкостінних заготовок із діамагнітних матеріалів.

Відкріплення заготовки здійснюється сполученням вакуумної порожнини з атмосферою.

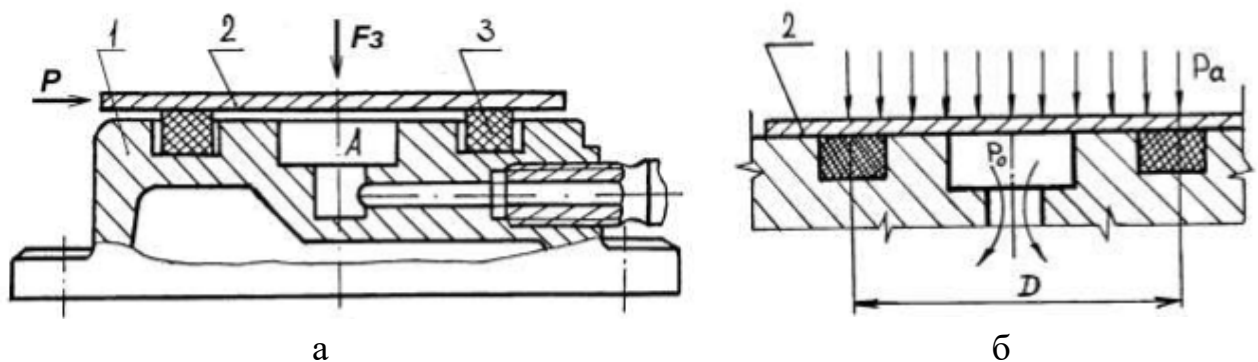


Рисунок 5.27 – Схема вакуумного приводу пристрою із заготовкою у віджатому (а) та притисненому (б) станах

При встановленні тонкостінної заготовки з чистою шліфованою базою допускається застосування пристроїв без ущільнень. У цьому випадку на установочній площині пристрою робиться ряд дрібних, тісно розташованих

отворів, через які повітря відсмоктується і відбувається багатоточковий притиск заготовки. При цьому заготовка, деформуючи шнур, щільно притискається до опорної поверхні пристрою з силою $F_{np} = F_z$.

У цьому випадку відсутнє витріщання і жолоблення пластин. Досліди показали, що активна площа отворів повинна бути більшою за їхню сумарну площу на величину $0,5 \div 0,8$ площі перемичок (великі значення поправок відповідають великим значенням Ra поверхні плити).

Зусилля, що притискає заготовку W визначається величиною залишкового тиску в порожнині під заготовкою і корисною площею вакуумної порожнини

$$W = (p_a - p_o) \cdot F \cdot K - P_{yn},$$

де p_a - атмосферний тиск; p_o - залишковий тиск у камері після розрядження ($p_o = 0,010 \div 0,015$ МПа); F - корисна площа притиску (площа, обмежена гумовим ущільненням, або сумарна площа отворів у кришці); K - коефіцієнт герметичності вакуумної системи ($K=0,8 \div 0,85$); P_{yn} - зусилля, необхідне для подолання пружності гумового ущільнення для повного контакту поверхонь деталі та пристрою.

Найчастіше вакуум для індивідуальних та групових установок створюється поршневими одно- та двоступінчастими насосами. При використанні поршневих насосів між ними та пристроєм передбачають фільтр (при операції сухого шліфування) або вологовідділювач (при операції мокрого шліфування).

На рисунку 5.28 наведено принципову схему такої установки.

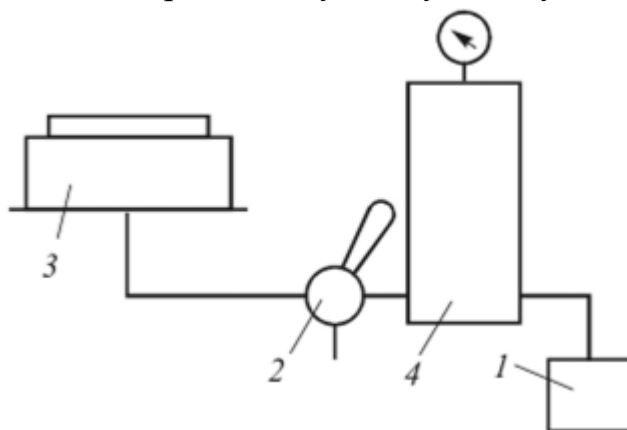


Рисунок. 5.28 - Монтажна схема вакуумних приводів

Насос 1 може бути приєднаний до пристрою 3 безпосередньо або через проміжний резервуар 4 , що дозволяє скоротити допоміжний час, знизити необхідну потужність насоса і підвищити безпеку роботи при вимушеній зупинці насоса. Управління закріпленням та відкріпленням заготовок здійснюється спеціальним краном 2 .

5.7. Електромеханічні приводи.

Привід є електродвигунним пристроєм з муфтою тарування крутного моменту. Ці приводи використовують у пристроях верстатів токарно-револьверної групи, агрегатних верстатів, як приводи гвинтових затискачів пристроїв-супутників автоматичних ліній. Схема такого приводу наведено на рисунку 5.29.

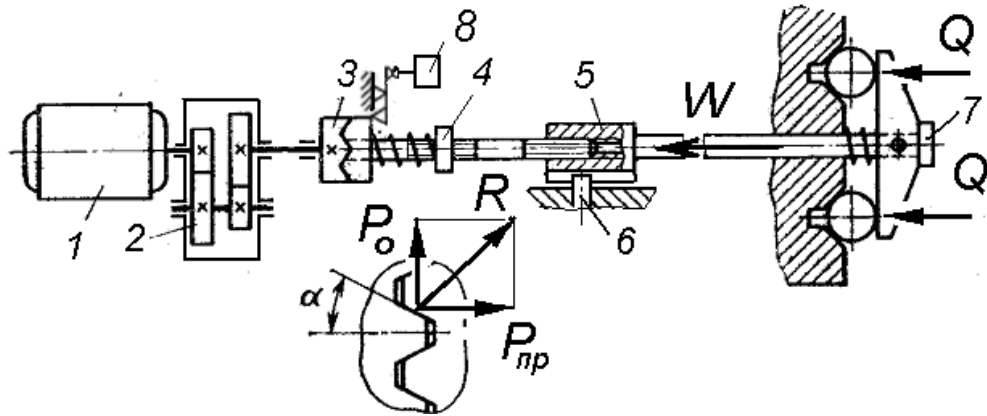


Рисунок 5.29 – Схема електромеханічного приводу

Від електродвигуна 1 через редуктор 2 та кулачкову муфту 3 обертання передається на гвинт 6, який переміщає гайку 5 з тягою затискного механізму 7. Штифт 6 запобігає повороту тяги пристрою. Зусилля на тязі W регулюється за допомогою муфти 3.

При досягненні необхідної сили затиску права половина муфти 3 зупиняється і переміщується вправо, стискаючи пружину 4. Кінцевий вимикач 8 відключає електродвигун. Величину граничного значення зусилля на тязі W встановлюють, змінюючи попередню зтяжку пружини гайкою 4. Задаючи момент M , який повинна передати муфта 3 для отримання необхідної сили W , можна визначити силу попередньої зтяжки пружини $P_{пр}$

$$P_{пр} = \frac{M}{r_{cp}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \varphi)$$

де r_{cp} - середній радіус розташування кулачків муфти; α - кут нахилу зубів муфти, зазвичай $\alpha = 30 \div 45^\circ$; φ - кут тертя на поверхнях контакту зубів.

У свою чергу, момент у гвинтовій парі (див. п.5.4)

$$M = W \cdot \frac{d_p}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_p)$$

Розкріплення заготовки здійснюється під час реверсування електродвигуна.

Переваги електромеханічного приводу:

- 1) вони споживають енергію тільки під час затискання або розтискання заготовки;
- 2) велика потужність за невеликих габаритів;
- 3) відсутні джерела тиску робочого середовища (мастила або повітря);
- 4) легко автоматизується;
- 5) висока надійність;
- 6) низька ціна.

Недоліки:

- 1) обмеженість застосування у багатомісних пристроях через наявність складних передавальних механізмів;
- 2) небезпека виникнення коротких замикань.

5.8. Електромагнітні та магнітні приводи.

Такі приводи призначені для закріплення плоских сталевих і чавунних заготовок при їх обробці на металорізальних верстатах, а також при слюсарній обробці. Магнітні затискачі при експлуатації, в порівнянні з механічними, мають ряд переваг:

- рівномірний розподіл сили тяжіння по всій опорній поверхні заготовки, що різко знижує похибку закріплення;
- високу жорсткість пристрою;
- вільний доступ до оброблюваних поверхонь заготовки;
- зручність керування приводом.

Основою магнітного пристрою є магнітна система, що включає постійні магніти або намагнічує котушки і магнітопроводи, що ведуть енергію до робочої поверхні.

Залежно від джерела затиску магнітні пристрої можуть бути двох видів: електромагнітні (з живленням від електрода через намагнічуючу котушку) і з постійними магнітами (автономної дії).

5.8.1. Елект ромагніт ні приводи.

Електромагнітні затискні приводи застосовують зазвичай у пристроях плит та планшайб на шліфувальних та фрезерних верстатах. На рисунку 5.30 показано схему електромагнітної плити.

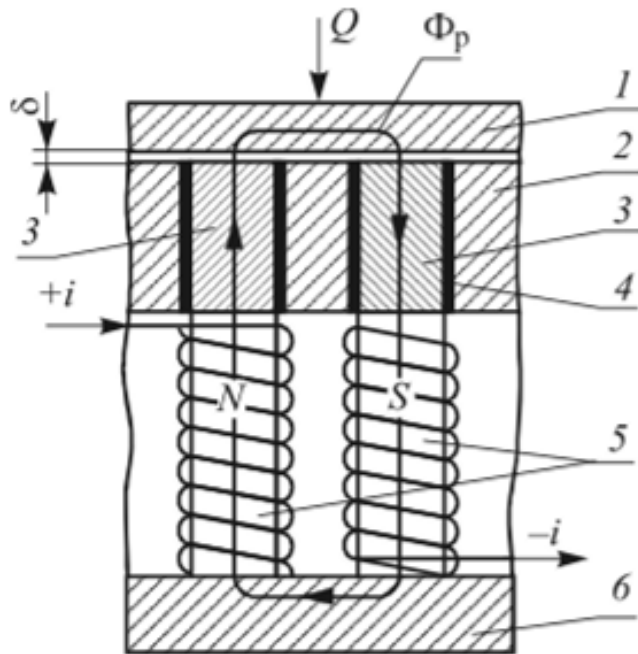


Рисунок 5.30 – Схема електромагнітного приводу

Затискання заготовки 1 на установчій поверхні пристрою виробляє робочий магнітний потік Φ_p , що є частиною повного магнітного потоку, утвореного електромагнітними котушками або постійними магнітами. Потік Φ_p підводиться до робочого зазору по сталевим магнітопроводам. Магнітний ланцюг, по якому проходить магнітний потік, повинен бути замкнутий.

В електромагнітному пристрої (рис. 5.30) такий магнітний ланцюг складається з електромагнітних котушок 5 і магнітопроводу 3. Основа 6 пристрою являє собою частину сердечника електромагнітної котушки, яка в даному випадку розділена на дві частини. Щоб магнітний потік йшов тільки через робочий зазор, магнітопроводи 3 ізолювані від корпусу 2 немагнітною прокладкою 4.

Сила затискання заготовки залежить від матеріалу, габаритних розмірів шорсткості опорної поверхні заготовки та від характеристики магнітної плити. Необхідно враховувати, що при малій товщині заготовки не весь магнітний потік замикається через неї, частина його розсіюється в навколишній простір. Зі збільшенням товщини заготовки сила затискання збільшується, а при товщинах, більших за ширину полюсників - стабілізується. Зі збільшенням висоти мікронерівностей базової поверхні заготовки збільшується повітряний зазор між заготовкою і полюсником і сила затискання зменшується.

Силу затискання при закріпленні в магнітному полі можна визначити за формулою:

$$W = 4.06 \frac{\Phi^2}{S}$$

де 4,06 – коефіцієнт розрахунку; Φ - величина магнітного потоку, що перетинає опорну поверхню заготовки, Вб; S – площа, на яку цей потік поширюється (активна площа полюсників).

Електромагнітні пристрої стандартизовані, зазвичай їх випускають на спеціалізованих заводах. Значне розширення можливостей застосування електромагнітних плит дають перехідники, що встановлюються на плиту. Перехідники дають можливість закріплювати заготовки, що мають складну форму базової поверхні або плоскі заготовки під кутом.

Область застосування - кріплення дрібних, середніх та великих деталей при плоскому та круглому шліфуванні, а також при фрезеруванні порівняно плоских заготовок та виробів.

Переваги:

- а) практично необмежені розміри;
- б) можливість регулювання сили затискання;
- в) максимальна сила затискання для великих деталей;
- г) висока якість розмагнічування виробів після обробки.

Недоліки:

- а) необхідність постійного підведення енергії кабелем;
- б) необхідність в електронній системі керування;
- в) високе поле над пристроєм, що притягує стружку;
- г) небезпека зриву заготовки під час аварійного зникнення живлення під час обробки.

5.8.2. Приводи з урахуванням постійних магнітів.

Магнітні затискні пристрої мають постійні магніти (рис.5.31) ізольовані немагнітними прокладками 2 і скріплені з проставками 3 немагнітними зв'язками (алюмінієвими заклепками) в загальний блок.

У магнітному пристрої (рис. 5.31) магнітний ланцюг, по якому проходить робочий потік, складається з постійних магнітів 5, магнітопроводу 3, оброблюваної заготовки 1, магнітопроводу 7 і підстави 6. Магнітопроводи 3, 7 ізольовані від корпусу 2 немагнітними прокладками

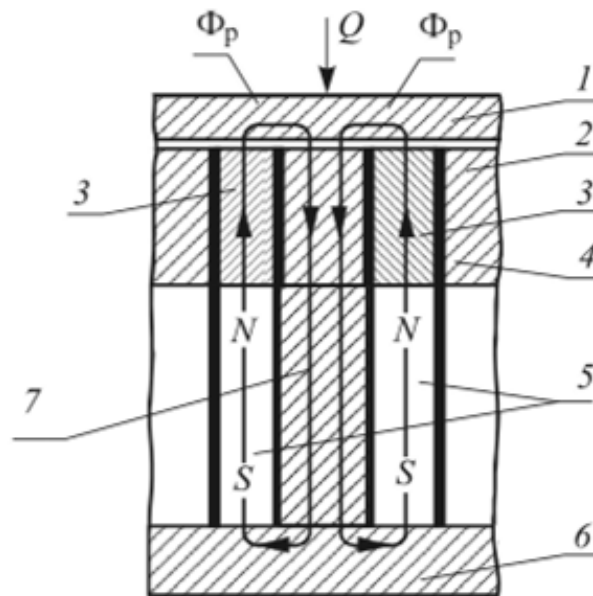


Рисунок 5.31 – Магнітні приводи

У магнітних пристроях заготовка є частиною магнітопроводу. Опір магнітопроводу залежить від магнітної проникності матеріалу, тому як електромагнітні, так і магнітні пристрої застосовують для затиску заготовок, виготовлених з матеріалу з великою магнітною проникністю. Велику магнітну проникність мають незагартовані сталі, меншу - чавуни, дуже невелику - загартовані та леговані сталі.

Магнітні приводи мають переваги перед електромагнітним, тому що у них відсутнє живлення струмом, а отже, більша безпека в роботі та менша вартість експлуатації.

Особливості конструкції та застосування магнітних пристроїв залежать від типу використовуваних у них магнітів. За енергетичними характеристиками постійні магніти, що використовуються в магнітному оснащенні, можуть бути поділені на три групи.

Перша: з енергією, що припадають на $1 \text{ м}^3 = 5 \div 15 \text{ кДж}$ (ферити) Такі магніти через низькі значення магнітної індукції не можуть самостійно служити полюсами пристрою і потребують сталевих концентраторів магнітної енергії, через що використовуються в сталевій арматурі.

Друга: з енергією на $1 \text{ м}^3 = 20 \div 40 \text{ кДж}$ (литі магніти).

Матеріали литих магнітів - сплави: алюмінієво-нікелекобальтозалізні, алюмінієво-нікелезалізні

Третя: з енергією на 1 м^3 вище 40 кДж (керамічні магніти).

Керамічні магніти виготовляють шляхом порошкової металургії, тобто. спіканням під високим тиском оксиду заліза та вуглекислого барію, тому вони й одержали назву «керамічні».

Переваги магнітних пристроїв (порівняння з електромагнітними):

- 1) незалежність (автономність) від зовнішнього джерела енергії у процесі експлуатації, що підвищує безпеку роботи;
- 2) надійність роботи в 3 - 4 рази вище;
- 3) жорсткість плити майже вдвічі вища, ніж у електромагнітних;
- 4) плита допускає більше перешліфовок, ніж у електромагнітних;
- 5) можливість дистанційного керування та регулювання зусилля затискання, що дозволяє досить легко автоматизувати процес закріплення;
- 6) немає деформацій, зумовлених наявністю внутрішніх джерел теплоти, що підвищує точність обробки;
- 7) постійне підвищення енергетичних та експлуатаційних характеристик за рахунок використання нових магнітотвердих матеріалів;
- 8) сила тяжіння магнітних плит однакових габаритів майже в 2 рази більша, ніж електромагнітних.
- 9) щодо невисока вартість.

Недоліки:

- 1) наявність рухомих елементів;
- 2) необхідність докладання значних зусиль при включенні та вимкненні;
- 3) необхідна висока якість контактних поверхонь магнітів та базових настановних поверхонь заготовок.

5.8.3. Елект роімпульсні магніт ні приводи.

В електроімпульсних магнітних плитах сердечником котушок на відміну електромагнітних плит є постійні литі магніти.

Після встановлення заготовки на плиту в котушку подають короткочасні (протягом 0,5с) імпульси струму, внаслідок чого магнітна система, що складається з постійних магнітів, магнітопроводів і заготовки, намагнічується і заготовка притягується до дзеркала плити. Для відключення плити в котушку подають загасаючі по амплітуді імпульси струму полярності, що чергується, в результаті чого магнітна система розмагнічується.

Переваги електроімпульсних магнітних плит:

- 1) відсутність рухомих елементів;
- 2) велика питома сила затискання;
- 3) простота управління та автоматизації, можливість дистанційного управління;
- 4) безпека (при відключенні енергії деталі утримуються за рахунок енергії постійних магнітів);

5) можливість регулювання зусилля тяжіння у межах.

Недоліки:

1) неавтономність (наявність струмопроводів);

2) наявність внутрішнього джерела теплоти (котушка) та дефіцитних магнітотвердих матеріалів.

5.9. Відцентрово-інерційні приводи.

Ці приводи застосовують на токарних верстатах із високими швидкостями обертання шпинделя. Переваги цих приводів у тому, що вони не вимагають додаткових джерел енергії, прості у виготовленні та експлуатації, включаються автоматично (рис.5.32).

У корпусі *1* на осях *2* розміщені важелі *3*, пов'язані з тягою *6*, що йде до патрона. На важелі *3* встановлені тягарці *5*, які можуть по гвинтовому хвостовику переміщатися щодо осі обертання важеля на відстань l_2 .

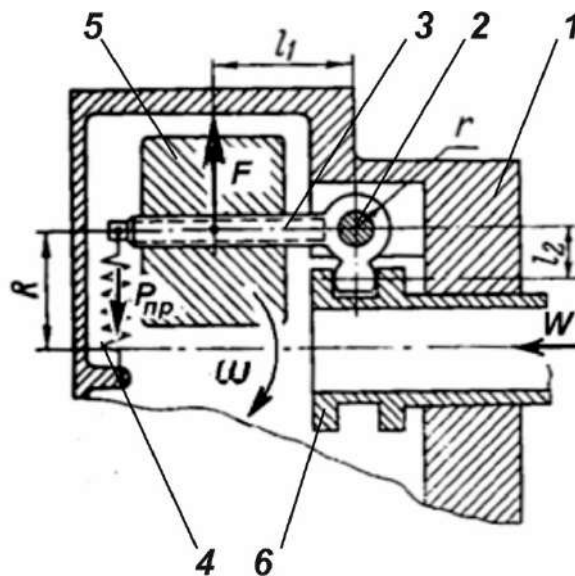


Рисунок 5.32 – Відцентрово-інерційний привід

При обертанні корпусу (разом зі шпинделем) тягарці розходяться, повертаючи важіль навколо осі *2*, і переміщують тягу із зусиллям W , яка приводить у дію затискний механізм патрона. Повернення тягарців та розкріплення заготовки проводиться пружинами *4*, при зниженні обертів шпинделя. Регулювання сили затискання виконується під час переміщення тягарців важелями. Величина відцентрової сили F визначається за формулою:

$$F = \frac{G \cdot R \cdot \omega^2}{g}$$

де G – вага тягарця; R – радіус розташування тягарця щодо осі обертання; ω – кутова швидкість обертання шпинделя; g – прискорення сили тяжіння.

Тягове зусилля розраховують за формулою

$$W = (F - P_{np}) \frac{l_1}{l_2} \cdot n \cdot \eta_p,$$

де P_{np} - зусилля опору пружини; l_1 та l_2 – плечі важеля (рис. 5.27); n – кількість тягарців; η_p – коефіцієнт втрат у механізмі.

Переваги таких приводів у тому, що вони:

- не потребують додаткового джерела енергії;
- прості у виготовленні та експлуатації;
- вмикаються автоматично.

5.10. Приводи, що використовують кінематику верстатів.

5.10.1. Приводи від частин верстатів, що рухаються.

На свердлильних та фрезерних верстатах для затиску заготовок часто використовують рух подачі. Затискний механізм у цьому випадку обов'язково містить пружну ланку (пружину, мембрану тощо), необхідну для компенсації коливань розмірів заготовок.

На рисунку 5.33 показаний приклад використання подачі обертового столу фрезерного верстата для приводу затискних механізмів кількох пристроїв. На планшайбі 9, що обертається, закріпленої на осі 10, є отвори, в які вставляються заготовки 2. Разом з планшайбою обертаються затискні механізми, що складаються з плунжерів 11, шарнірних важелів 7, 8, штоків 6 і рухомих призм 3. На нерухомій базі столу в зоні обробки закріплений копір 12 зі скосом. Коли чергова деталь підходить до зони обробки, плунжер 11 піднімається по копіру і через шарнірно-важільний механізм і мембрану 4 призмою 3 затискає заготовку. Після закінчення обробки плунжер 11 зіскакує з копіра, пружина 5 повертає систему у вихідне положення, а готова деталь через отвір a в підставі столу провалюється в бункер.

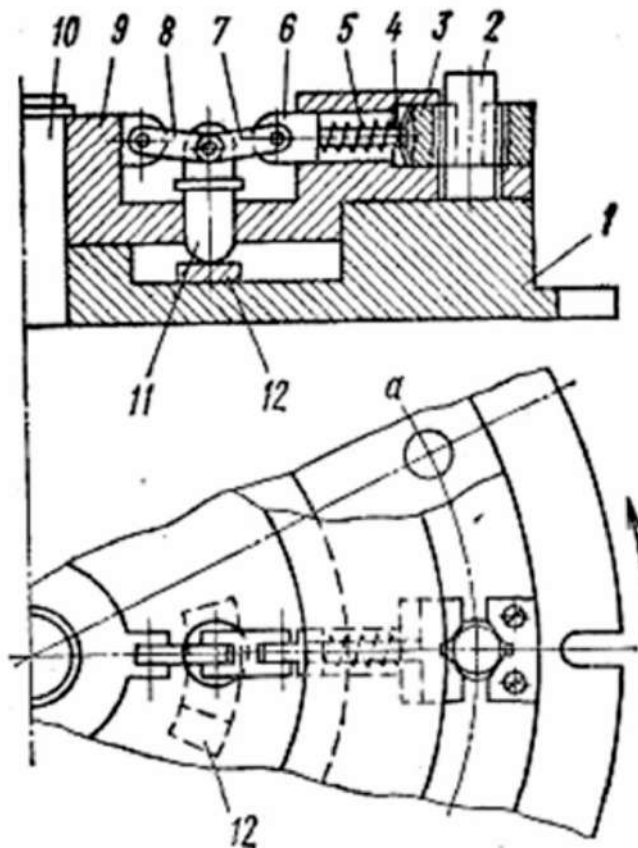


Рисунок 5.33 - Схема затиску заготовок на столі карусельно-фрезерного верстата з приводом від обертання столу

5.10.2. Приводи від сил різання.

Прикладом приводу від сил різання може служити повідковий самозатискний патрон *1* з ексцентриковими кулачками *2*, що застосовується на токарних багаторізцевих верстатах (рис.5.34). Заготовку *6* встановлюють у центрах. При встановленні кулачки пружинами *4* притискаються до заготовки. При різанні сила P_2 прагне повернути заготовку, а разом з нею кулачки (навколо осі *3*), внаслідок чого заготовка заклинюється між кулачками. Для забезпечення рівномірного затиску кулачки монтуються на плаваючому повзуні *5*. Для відкріплення заготовки її слід повернути проти годинникової стрілки при зупиненому шпинделі. Кут підйому спіралі кулачків $12 \div 20^\circ$.

Ці патрони затискають заготовку тим сильніше, що більше сила P_2 . При проектуванні таких набойів необхідно правильно вибрати ексцентриситет кулачків, виходячи з умов надійного закріплення заготовок зі зміною діаметра в межах допуску; величину ексцентриситету кулачка визначають за формулою для кругового ексцентрика.

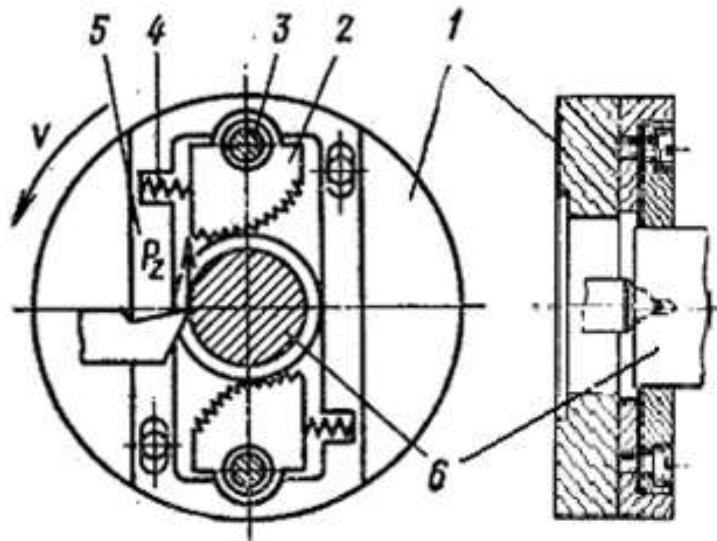


Рисунок 5.34 – Схема токарного повідкового патрона із приводом від сил різання

5.11. Системи закріплення заготовок холодом.

Технологія закріплення заготовок холодом - інноваційний підхід для вирішення складних завдань з фіксації заготовок без механічного впливу:

- крихкі заготовки (кераміка, пластик, скло, полімерні матеріали тощо);
- дрібні заготовки з будь-яких матеріалів;
- пористі матеріали з алюмінію та скловолонна, що застосовуються в авіабудуванні.

Закріплення проводиться на платі, що заморожує, на робочу поверхню якої попередньо розпоршено тонкий шар води або нанесений спеціальний гель. Під час процесу закріплення відбувається заморожування водного шару та утворюється тонка крижана плівка, яка міцно утримує заготовку на робочій поверхні плати. При цьому заготовка не відчуває механічних навантажень та не деформується. Для зняття заготовки достатньо пристрій перевести на режим нагрівання робочої поверхні.

Ця технологія успішно використовується при механічній обробці на фрезерному, токарному та гравірувальному обладнанні. Для всіх пристроїв існує одне обмеження: при використанні заборонено подачу ЗОТР у зону обробки.

Запитання для самоконтролю

1. *Переваги та недоліки пневмоприводу.*
2. *Переваги та недоліки пневмокамер.*
3. *Коли застосовують пневмоциліндри, що обертаються ?*
4. *Переваги та недоліки гідроприводу.*
5. *Які джерела енергії існують у гідроприводах?*
6. *Призначення та конструкції гідроаккумуляторів.*
7. *Конструкція та застосування пневмогідроприводу*
8. *Переваги та недоліки електромеханічного приводу.*
9. *Переваги та недоліки електромагнітних пристроїв.*
10. *Переваги та недоліки магнітних пристроїв*
11. *Конструкція та сфера застосування вакуумного приводу.*
12. *Як класифікують силові приводи?*
13. *Переваги та недоліки пневматичних приводів.*
14. *Класифікація пневмоприводів.*
15. *Переваги та недоліки гідроприводів.*
16. *Застосування пневмогідролічних приводів.*
17. *Особливості роботи камерних приводів.*
18. *Як працюють вакуумні затискні пристрої?*
19. *Як працюють електромеханічні приводи?*
20. *Електромагнітні приводи та їх застосування.*
21. *Переваги та недоліки приводів із постійними магнітами.*
22. *Де застосовуються відцентрово-інерційні приводи?*
23. *Особливості роботи повідкового патрона у процесі затискання заготовки.*

6. РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ У ПРИБРОЮ

На відміну від базування, коли на заготовку накладаються різна кількість зв'язків і вона позбавляється трьох, чотирьох, п'яти або шести ступенів свободи, при закріпленні вона повинна бути позбавлена всіх шести ступенів свободи. Затискний пристрій повинен забезпечити надійну врівноваженість (нерозкріплюваність) заготовки за всіх силових впливів на неї.

6.1. Зусилля, які діють заготовку.

Під час обробки на заготовку впливають різні силові чинники, що зумовлює її можливе усунення положення, заданого при базуванні. За величиною, напрямом дії та місцем застосування вони можуть бути постійними та змінними. Основними факторами, що впливають на заготовку при обробці, є: зусилля різання, маса заготовки, відцентрові, інерційні сили та їх моменти.

Сила різання може змінюватися за величиною, напрямом та точками контакту в зоні різання. Вона може зростати від нуля до найбільшого значення під час врізання інструменту та зменшується до нуля під час його виходу із зони різання. Вона може змінюватись навіть під час постійного режиму різання. Точка прикладання сили різання під час обробки безперервно переміщується вздовж оброблюваної поверхні.

Сила різання збільшується при затупленні ріжучого інструменту. При обробці гранованих деталей і при точінні уривчастих поверхонь сили різання мають динамічний характер. Аналогічні умови виникають при довбанні, струганні, фрезеруванні та ін.

Маса заготовки завжди враховується при використанні вертикальних і нахилених настановних елементів, а також поворотних та перекидальних пристроїв.

При горизонтальному стаціонарному розташуванні заготовки масу враховують, якщо її вплив на систему становить більше 10% від сили різання.

Не закріплюють під час обробки заготовки, які мають масу значно більшу, ніж сили різання. Наприклад, при обробці малих отворів у деталях типу „станина” на радіально-свердлильному верстаті тощо.

Відцентрові сили виникають при зміщенні центру ваги встановленої заготовки щодо осі обертання. Величини відцентрових сил та їх моментів за динамічного дисбалансу можуть досягати значної величини і навіть

перевищувати зусилля різання. Це характерно для обробки деталей типу „Колінчастий вал” та ін. Розрахунок відцентрової сили виконують за формулою:

$$F_{цб} = mR\omega^2 = mR\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2,$$

де $F_{цб}$ - відцентрова сила, Н; m – маса заготовки, кг; R – радіус усунення центру тяжіння, м; n – частота обертання заготовки, хв⁻¹.

Інерційні сили виникають за наявності великих прискорень під час зворотно-поступальних рухів заготовки, різкого прискорення або гальмування при обертанні. Силу інерції визначають за формулою:

$$P = am = \frac{d^2L}{dt^2} m,$$

де P - сила інерції, Н; a - прискорення руху заготовки, м/с²; L - пройдена відстань, м; t - час, с;

Зміну кутової швидкості визначає момент сили інерції:

$$M = \frac{d^2\varphi}{dt^2} j,$$

де M - момент сили інерції, Нм; j - момент інерції заготовки, Нм/с²;

$\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ - кутове прискорення її руху, 1/с².

Постійне кутове прискорення визначає момент сили інерції

$$M = \frac{\omega}{t} j$$

де ω - швидкість обертання, с⁻¹

6.2. Методика визначення зусиль затиску.

Зусилля затискання заготовки визначають як при проектуванні нових пристроїв, так і під час перевірки можливості закріплення на існуючих пристроях, зокрема, при використанні універсальних та переналагоджуваних технологічних пристроїв. Методика визначення зусиль затиску зводиться до наступного:

- визначається схема базування та тип настановних елементів;
- вибирається схема закріплення та вид затискного пристрою;
- визначається величина, напрямок та найменш сприятливі точки докладання зусиль, що діють при обробці;
- визначаються напрями та точки докладання зусиль затиску;

- складається розрахункова схема силових впливів на заготовку;
- виконується аналіз діючої схеми з погляду можливих видів розкріплення заготовки, тобто складається гіпотеза розкріплення.

Визначення зусиль затиску виконується під час вирішення завдань статичної рівноваги на рівновагу твердого тіла. Стосовно кожного виду потенційно можливого розкріплення заготовки складаються рівняння статичної рівноваги.

$$\sum M_{обр} \leq \sum M_{сопр}$$

$$\sum P_{обр} \leq \sum P_{сопр} ,$$

де $\sum M_{обр}$ і $\sum P_{обр}$ - сумарний момент та зусилля, що прагнуть розкріпити заготовку (провернути, перекинути, відірвати від опор, зрушити з місця та ін.); $\sum M_{сопр}$ і $\sum P_{сопр}$ - сумарний момент та зусилля, що протидіють розкріпленню.

Щодо розрахунку зусиль затиску в пристроях ці рівняння набувають вигляду:

$$\sum M_{обр} = K \sum M_{сопр}$$

$$\sum P_{обр} = K \sum P_{сопр} ,$$

де $K > 1$ – коефіцієнт запасу, який забезпечує надійність закріплення з допомогою врахування низки випадкових чинників.

Під дією всіх сил заготовка повинна бути у стані рівноваги.

Надалі кожне складене рівняння перетворюють на вигляд одного рівняння з одним невідомим, де невідомим є зусилля затиску Q .

У складних схемах гіпотеза розкріплення може включати кілька потенційно можливих видів розкріплення. Тоді для кожного виду розкріплення розраховується необхідне зусилля Q_i , а для пристрою приймається Q більше за абсолютною величиною.

Жорсткість технологічних пристроїв повинна бути такою, щоб запобігти можливому зміщенню заготовки із заданого початкового положення під дією всіх зовнішніх сил.

Розрахунок зусиль різання виконується відповідно до виду обробки та застосовуваного різального інструменту за різними методиками.

Схеми установки заготовок переважно вибирають в такий спосіб, щоб заготовка займала стійке положення у пристрої ще до застосування сили затиску. Це забезпечують правильним розміщенням настановних елементів щодо центру ваги заготовки. При закріпленні заготовки не порушується положення, задане під час базування. Ця умова визначається вибором місця застосування та напрямом затискного зусилля.

У деяких випадках для забезпечення ефективного затискання заготовки використовують упори, які сприймають зусилля, що виникають при обробці та закріпленні.

Упори можуть застосовуватися, якщо під час обробки сила різання має велике значення і спрямована вздовж або паралельно до поверхонь настановних елементів.

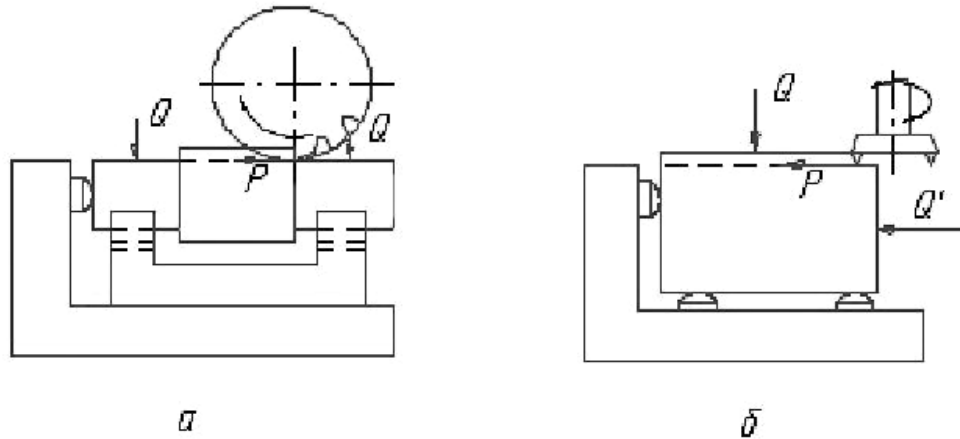


Рисунок 6.1. – Схеми технологічних пристроїв з використанням упорів

Наприклад, при фрезеруванні паза в циліндричній заготовці, встановленій у призмах (рис. 6.1,а) зусилля різання спрямоване паралельно до установчих поверхонь призм. Без осевого упору утримання заготовки під час різання потребує значного зусилля, що може призвести до пошкодження поверхні у місцях застосування сил. Використання осевого упору, який приймає на себе дію сили різання, дає можливість значно зменшити силу затиску Q .

Упори можуть застосовуватися, якщо на заготовки відсутня поверхня, до якої можна докласти зусилля затискача, що забезпечує її притискання до бази. При фрезеруванні верхньої площини призматичної заготовки (рис. 6.1,б) додати зусилля затиску зверху неприпустимо, оскільки вся ця поверхня підлягає обробці. Застосування упору дає можливість змінити напрямок і місце застосування сили затискання Q' .

Розглянемо приклади розрахунку затискних зусиль для різних схем встановлення та закріплення заготовок. У всіх прикладах не враховуються еластичність затискного пристрою.

6.2.1. Затискний пристрій запобігає зсуву заготовки під дією сили різання.

Заготовки встановлені за схемою призматичного тіла. Визначення необхідних зусиль затиску виконуємо за спрощеними розрахунковими схемами, що відображають лише характер силової взаємодії в системі.

Якщо на заготовку діють зусилля різання P_p і зусилля затиску Q , спрямовані на опори (рис.6.2,а), і обробка не супроводжується значними вібраціями, що впливають на якість обробленої поверхні, то можна прийняти $Q = 0$. Така схема обробки характерна операцій прошивки або протягування

При аналогічній схемі обробки, якщо зусилля різання спрямоване вгору (рис.6.2,б), можливий відрив заготовки від опор. Гіпотеза розкріплення – усунення заготовки у вертикальному напрямку.

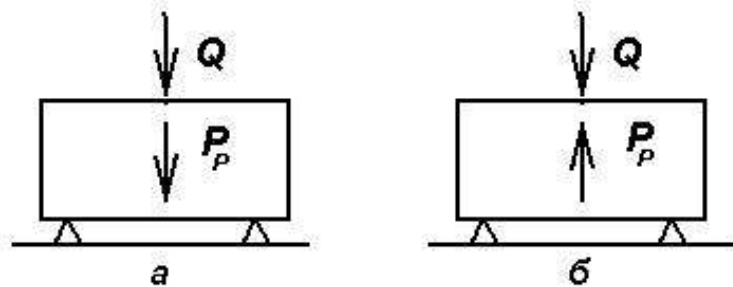


Рисунок 6.2. – Розрахункові схеми при притиску заготовки до опор та відриву від опор

Рівняння рівноваги у загальному вигляді буде:

$$P_{обр} \cdot \kappa = P_{сопр} ,$$

або в позначеннях схеми:

$$P_p \cdot \kappa = Q$$

При дії на заготовку зусиль різання, спрямованих вздовж опор (рис. 6.3,а), можливе її зміщення у напрямку дії цього зусилля P_p .

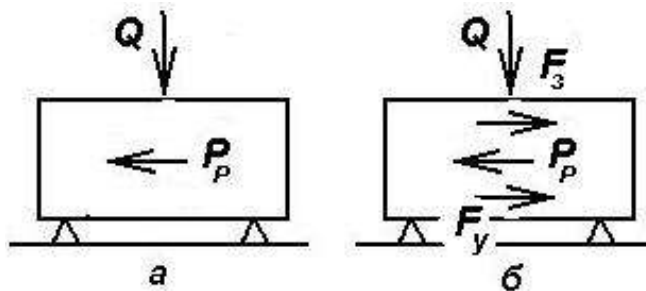


Рисунок 6.3.– Схема впливу зусиль при обробці (а) та розрахункова схема (б) при зсуві заготовки на опорах

Для вирішення цього завдання нанесемо на схему зусилля, що протидіють зміщенню заготовки. Це будуть зусилля тертя в точках контакту заготовки (рис.6.3,б) із затискними (F_z) та настановними елементами (F_y). Рівняння рівноваги у загальному вигляді буде:

$$P_{обр} \cdot k = P_{сomp}$$

Тому, що $P_{обр} = P_p$ та $P_{сomp} = F_z + F_y = Qf_z + Qf_y$ рівняння набуває вигляду:

$$P_p \cdot k = Qf_z + Qf_y$$

Тоді зусилля затиску буде

$$Q = \frac{P_p \cdot k}{f_z + f_y},$$

де f_z та f_y – коефіцієнти тертя відповідно в затискних та настановних елементах пристрою.

Розглянемо приклад (рис.6.4), коли зусилля різання розкладається на дві складові: вертикальну (P_e) та горизонтальну (P_z).

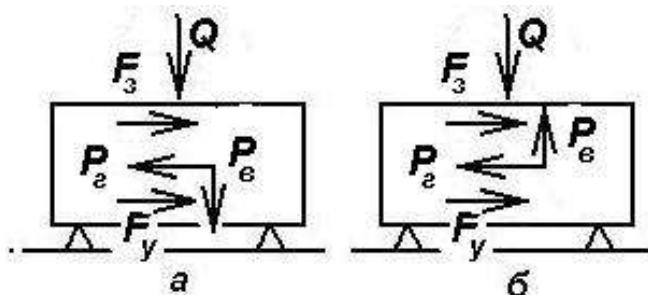


Рисунок 6.4 – Розрахункові схеми при зсуві з притиском заготовки до опор (а) та зсуву з відривом від опор (б)

У тому випадку, коли вертикальна складова спрямована вниз (рис. 6.4,а) має місце одна гіпотеза розкріплення - зсув заготовки на опорах. Рівняння рівноваги у загальному вигляді буде

$$P_{обр} \cdot k = P_{сomp}$$

$$P_{обр} = P_z$$

З урахуванням того, що зусилля, що притискає заготовку до опор, буде $N = Q + P_e$ можемо записати

$$P_{сomp} = F_z + F_y = Qf_z + Nf_y = Qf_z + (Q + P_e)f_y$$

і рівняння набуває вигляду

$$P_2 \cdot k = Qf_3 + (Q + P_e)f_y$$

Тоді зусилля затиску буде:

$$Q = \frac{P_2 \cdot k - P_e \cdot f_y}{f_3 + f_y},$$

У випадку, коли вертикальна складова спрямована вгору (рис.6.4,б), мають місце два потенційно можливих види розкріплення: зсув на опорах від зусилля P_2 і відрив від опор, під дією зусилля P_e . У цьому випадку вирішуються два завдання щодо визначення зусиль затиску для кожного випадку розкріплення.

1. Зсув на опорах. Рішення аналогічне попередньому. Тільки в нашому випадку зусилля притиску до опор буде $N = Q - P_e$.

Тоді зусилля затиску буде

$$Q_1 = \frac{P_2 \cdot k + P_e \cdot f_y}{f_3 + f_y}$$

2. Відрив від опор. Вище вже було розглянуто аналогічну розрахункову схему рисунку 6.4,б.

$$Q_2 = P_e \cdot k$$

Для подальших силових розрахунків пристрою приймається зусилля Q більше абсолютної величини.

Якщо зусилля різання зміщені щодо настановних елементів, то можливе перекидання (поворот) заготовки щодо точки O (рис. 6.5,а).

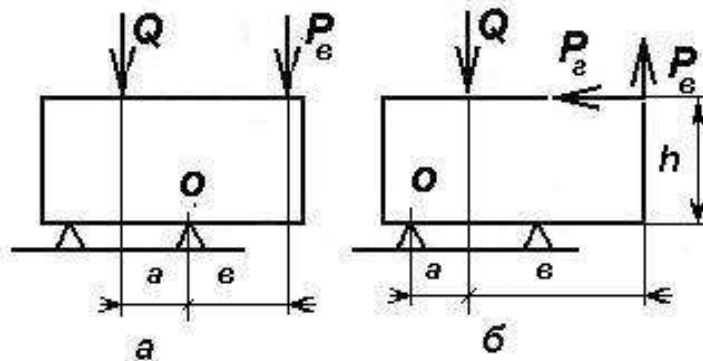


Рисунок 6.5 – Схеми розташування зусиль при перекиданні (а) заготовки та при зрушенні з перекиданням (б)

У цьому випадку розглядається рівняння моментів від сил, які діють на заготовку:

$$M_{обр} \cdot k = M_{сopp},$$

де

$$M_{обр} = P_{\epsilon} \cdot \epsilon \quad \text{та} \quad M_{собр} = Q \cdot a .$$

Тоді рівняння рівноваги буде:

$$P_{\epsilon} \cdot \epsilon \cdot k = Q \cdot a$$

Затискне зусилля визначається за формулою

$$Q = \frac{P_{\epsilon} \cdot \epsilon \cdot k}{a}$$

У другому випадку (рис. 6.5,б) на заготовку діють вертикальна (P_{ϵ}) і горизонтальна (P_2) складові зусилля різання. Можливі два види розкріплення: перекидання (поворот) щодо точки О та зсув на опорах.

Розглянемо першу гіпотезу, на яку складемо рівняння рівноваги як

$$M_{обр} \cdot k = M_{собр}$$

де $M_{обр} = P_{\epsilon} \cdot (a + \epsilon) + P_2 h$, а $M_{собр} = Q \cdot a$.

Тоді рівняння рівноваги буде:

$$[P_{\epsilon} \cdot (a + \epsilon) + P_2 \cdot h] \cdot k = Q \cdot a$$

Затискне зусилля для першої гіпотези розкріплення визначається за формулою

$$Q_1 = \frac{P_{\epsilon} (a + \epsilon) + P_2 \cdot h}{a} \cdot k$$

Зсув може походити від впливу горизонтальної складової зусилля різання P_2 . Перешкоджати зсуву будуть сили тертя в затискних (F_3) та настановних (F_y) елементах. Складаємо рівняння сил:

$$P_{обр} \cdot k = P_{собр}$$

Враховуючи, що

$$P_{обр} = P_2$$

Зусилля, що притискає заготовку до опор, буде

$$N = Q - P_{\epsilon}$$

Тоді маємо

$$P_{собр} = F_3 + F_y = Qf_3 + Nf_y = Qf_3 + (Q - P_{\epsilon})f_y$$

Рівняння набуває вигляду:

$$P_2 \cdot k = Qf_3 + (Q - P_{\epsilon})f_y$$

Зусилля затиску буде:

$$Q_2 = \frac{P_z \cdot k + P_e \cdot f_y}{f_z + f_y},$$

Для розрахунку пристрою приймаємо зусилля Q більше за абсолютною величиною.

6.2.2. Затискні пристрої запобігають повороту заготовки.

Розглянемо приклад обробки циліндричної заготовки у трикулачковому патроні (рис.6.6.). Такі пристрої відносяться до настановно-затискних. Вони поєднують функції базування і закріплення під час переміщення кулачків до центру. При цій установці точки контакту заготовки із затискними елементами будуть знаходитися на радіальній та торцевій частинах кулачка. Кожен кулачок розвиває зусилля Q . При обробці на заготовку діють момент різання M і осьове зусилля P , спрямоване на патрон.

Гіпотезою розкріплення буде можливий поворот заготовки навколо своєї осі.

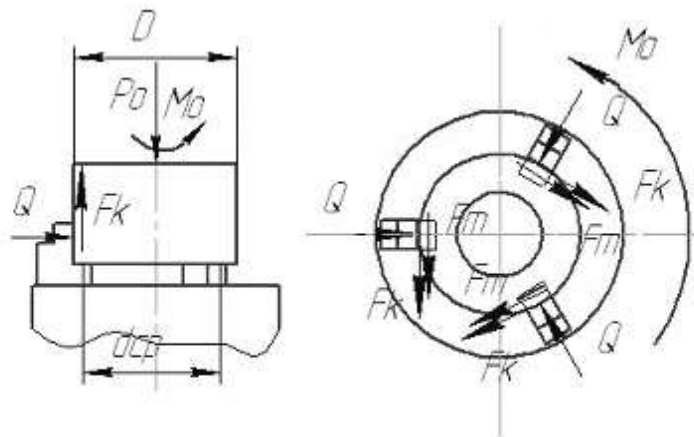


Рисунок 6.6 – Схема встановлення заготовки у патроні

Складемо рівняння моментів:

$$M_{обр} \cdot k = M_{собр}$$

$$M_{обр} = M_o$$

Момент опору включає момент від сил тертя F_k на кулачках - M_k і момент від сил тертя F_m на торцях кулачків - M_m . Точка застосування сил тертя на кулачці F_k розташована на циліндричній поверхні заготовки на радіусі $D/2$. Для визначення точки застосування сили тертя на торці F_m приймаємо середину горизонтального майданчика кулачка, розташовану на радіусі $d_{cp}/2$.

Тоді:

$$M_{\text{сomp}} = M_{\kappa} + M_m = 3F_{\kappa} \cdot \frac{D}{2} + 3F_m \cdot \frac{d_{\text{cp}}}{2} =$$

$$3Qf_{\kappa} \cdot \frac{D}{2} + 3 \cdot \frac{1}{3} Nf_m \cdot \frac{d_{\text{cp}}}{2}$$

де f_{κ} і f_m - коефіцієнти тертя на бічній поверхні і на торці кулачка; N – сумарне зусилля, з яким притискається заготовка до торців кулачків (кожен кулачок приймає 1/3 цього зусилля). Воно залежить від сил тертя в кулачках, що перешкоджають осьовому зусиллю притискати заготовку до горизонтальних поверхонь кулачків.

$$N = P_o - 3F_{\kappa} = P_o - 3Qf_{\kappa}$$

Тоді рівняння можна записати у вигляді

$$M_o \cdot k = 3Qf_{\kappa} \cdot \frac{D}{2} + (P_o - 3Qf_{\kappa})f_m \cdot \frac{d_{\text{cp}}}{2}$$

Розрахункова залежність буде

$$Q = \frac{M_o \cdot k - P_o \cdot f_m \cdot \frac{d_{\text{cp}}}{2}}{3 \left[\left(f_{\kappa} \cdot \frac{D}{2} \right) - \left(f_{\kappa} \cdot f_m \cdot \frac{d_{\text{cp}}}{2} \right) \right]}$$

Розглянемо приклад установки циліндричної заготовки на три точкові опори (рис.6.7), розташовані на радіусі R_2 з centruванням по внутрішньому діаметру. Притискання деталі виконується двома прихоплювачами, розташованими на радіусі R_1 .

Під час обробки на заготовку діють момент M_o та осьове зусилля P_o , спрямоване на опори.

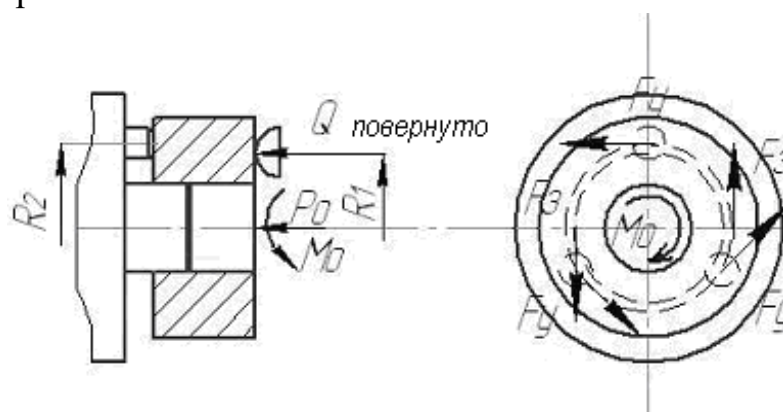


Рисунок 6.7 – Схема встановлення заготовки на циліндричний палець та точкові опори

При такому встановленні можливий поворот заготовки навколо своєї осі. Загальне рівняння моментів буде:

$$M_{обр} \cdot k = M_{собр}$$

де $M_{обр} = M_o$ - момент опору включає момент від сил тертя F_y на точкових опорах M_y та момент від сил тертя F_3 на затискних елементах M_3 . Радіус докладання сил тертя на точкових опорах R_2 , а на затискних елементах R_1 .

Тоді

$$M_{собр} = M_3 + M_y = F_3 \cdot R_1 + F_y \cdot R_2 = Qf_3 \cdot R_1 + Nf_y \cdot R_2$$

де N - сумарне зусилля, з яким притискається заготовка до точкових опор.

$$N = P_o + Q$$

Тоді рівняння можна записати у вигляді:

$$M_o \cdot k = Qf_3 \cdot R_1 + (P_o + Q)f_y \cdot R_2$$

Розрахункова залежність буде:

$$Q = \frac{M_o \cdot k - P_o \cdot f_y \cdot R_2}{f_3 \cdot R_1 + f_y \cdot R_2}$$

Розглянемо аналогічну схему установки (рис.6.8), де замість точкових опор використовується кільцева п'ята.

Відмінність у розрахунках буде зумовлена тим, що замість радіусу R_2 вводиться наведене значення, так званий, радіус тертя $R_{тр}$, який визначається за формулою:

$$R_{тр} = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$$

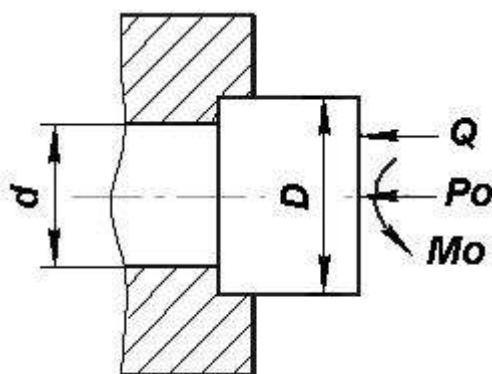


Рисунок 6.8 – Схема встановлення на п'яту

Тоді розрахункова формула буде:

$$Q = \frac{M_o \cdot k - P_o \cdot f_y \cdot R_{mp}}{f_3 \cdot R_1 + f_3 \cdot R_{mp}}$$

Розглянемо приклад установки циліндричної деталі діаметром D в призмі (рис.6.9). Під час обробки на заготовку діють момент M_o , що прагне повернути її щодо осі, і осьове зусилля, яке прагне зрушити її на опорах. Тому розглядаємо дві гіпотези розкріплення: поворот та зсув.

Повороту деталі (рис.6.9,б) протидіють моменти від сил тертя в точках контакту заготовки з призмою F_1 і F_2 , і заготовки із затискним елементом F_3 .

Для розрахунку сил тертя на призмі спочатку визначимо величину нормальної складової N поверхні контакту. Враховуючи, що кут призми α та реакції на кожній площині призми - $Q/2$.

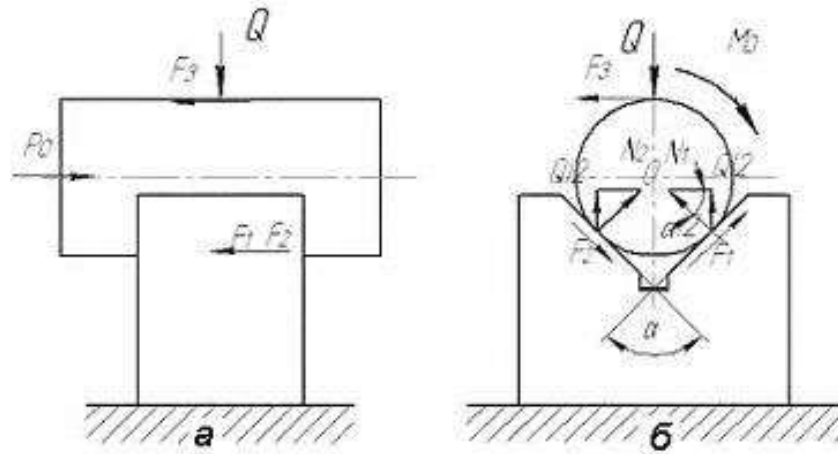


Рисунок 6.9. Схема встановлення заготовки на призму

з $\sin \alpha/2 = \frac{Q}{2N}$ отримаємо $N = \frac{Q}{2 \cdot \sin \alpha/2}$

Тоді

$$F_1 = F_2 = \frac{Q \cdot f_y}{2 \cdot \sin \alpha/2}$$

Загальне рівняння рівноваги буде

$$M_{обр} \cdot k = M_{сomp}$$

$$M_{\text{conp}} = M_3 + M_y = F_3 \cdot \frac{D}{2} + F_1 \cdot \frac{D}{2} + F_2 \cdot \frac{D}{2} =$$

$$Qf_3 \cdot \frac{D}{2} + 2Nf_y \cdot \frac{D}{2} = Qf_3 \cdot \frac{D}{2} + 2 \frac{Qf_y}{2\text{Sin}\alpha/2} \cdot \frac{D}{2}$$

Розрахункова формула для першої гіпотези розкріплення (запобігання повороту) буде:

$$Q_1 = \frac{2M_o \cdot k}{D \left(f_3 + \frac{f_y}{\text{Sin}\alpha/2} \right)}$$

Для визначення зусилля запобігання зсуву (рис. 6.9,а) заготовки на опорах (друга гіпотеза розкріплення) розглянемо рівняння сил:

$$P_{\text{обр}} \cdot k = P_{\text{conp}}$$

$$P_{\text{обр}} = P_o$$

$$P_{\text{conp}} = F_3 + 2F_y = Qf_3 + 2Nf_y = Qf_3 + 2 \frac{Q \cdot f_y}{2\text{Sin}\alpha/2}$$

Тоді зусилля затиску буде:

$$Q_2 = \frac{P_o \cdot k}{f_3 + \frac{f_y}{\text{Sin}\alpha/2}}$$

Для подальших розрахунків пристрою приймається Q більше абсолютної величини.

6.2.3. Затискні пристрої запобігають повороту заготовки під дією бічних сил.

Розглянемо приклад, у якому заготовка встановлена за схемою призматичного тіла на точкові опори (рис. 6.10). Притиск виконується зусиллям Q , спрямованим у центр тяжіння опорного трикутника в точку А. На заготовку діє бічна сила, що прагне повернути її на площині щодо точки O .

Момент, що прагне повернути деталь, визначається як

$$M_o = P_o \cdot h$$

У кожній з точок контакту заготовки зусилля тиску у своїх радіусах створюють моменти опору. При цьому момент опору в точці А буде:

$$M_A = F_A \cdot r_A = Q \cdot f_2 \cdot r_A$$

де f_2 - коефіцієнт тертя між заготовкою та елементами затиску; r_A - радіус розташування точки затиску.

Момент опору на опорах дорівнюватиме:

$$M_y = F_1 \cdot r_1 + F_2 \cdot r_2 + F_3 \cdot r_3$$

або

$$M_y = \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot r_1 + \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot r_2 + \frac{Q}{3} \cdot f_1 \cdot r_3$$

де f_1 - коефіцієнт тертя між заготовкою та настановними елементами; r_1, r_2, r_3 - радіуси розташування опорних точок.

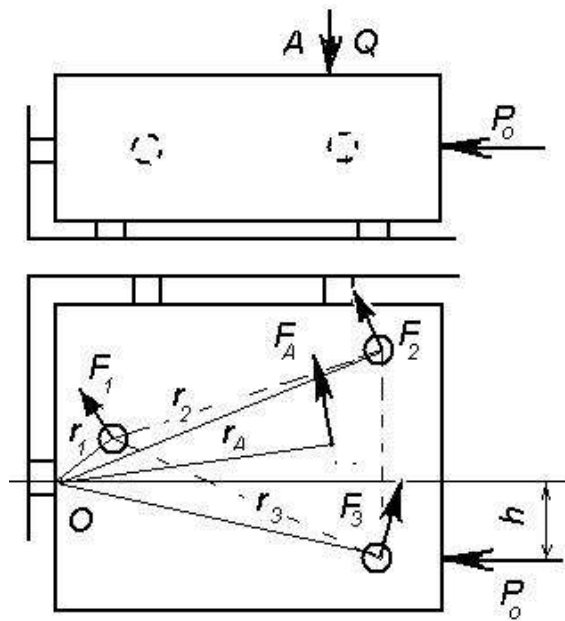


Рисунок 6.10 – Схема встановлення заготовки на площину

Після підстановки отримаємо розрахункову формулу

$$Q = \frac{P_o \cdot k}{f_1/3 (r_1 + r_2 + r_3) + f_2 \cdot r_A}$$

Якщо точка докладання сили притиску не співпадає з центром маси опорного трикутника, реакції в опорах будуть різні. Їх співвідношення визначаються за таблицями або під час вирішення завдань статки на рівновагу плоскої фігури:

$$Q = \frac{P_o \cdot k}{f_1(a r_1 + b r_2 + c r_3) + f_2 \cdot r_A}$$

де a, b, c - коефіцієнти, що враховують місце докладання сили притиску щодо центру маси опорного трикутника.

6.2.4. Затискні пристрої, що запобігають в розкріпленню загот овок при одночасному впливу кількох сил і моментів.

Розглянемо приклад, коли на заготовці, встановленій за схемою призматичного тіла, фрезерується верхня площина (рис.6.11). Зусилля різання можна представити двома складовими: горизонтальною (P_2) та вертикальною (P_6). Заготовка має значну вагу (G), яка враховується при розрахунках. Затискач виконується плунжером на бічну поверхню заготовки із зусиллям Q .

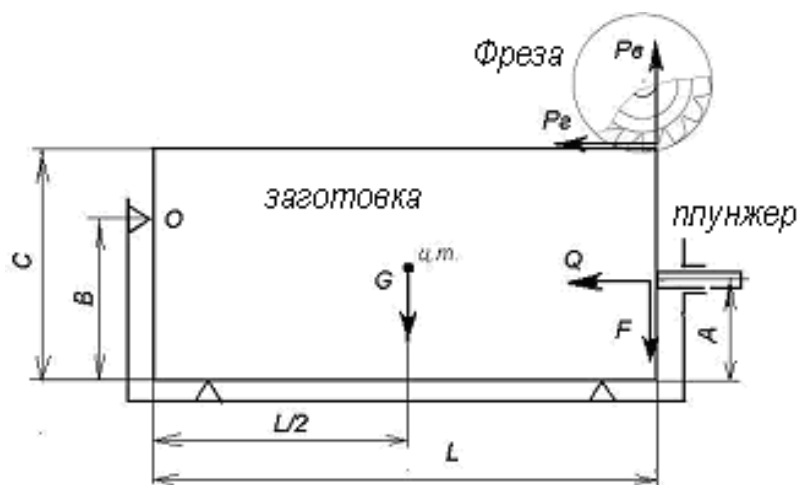


Рисунок 6.11 – Розрахункова схема при фрезеруванні площини

При такій установці можливе перекидання деталі (поворот щодо точки O) при дії моменту від складових сили різання P_6 на плечі L та P_2 на плечі ($U = C - B$). Перешкоджають перекиданню моменти від сили затиску Q на плечі ($E = B - A$), сили тертя F на плечі L і ваги заготовки G на плечі $L/2$.

Послідовність розрахунку

$$M_{обр} \cdot k = M_{сopr}$$

де

$$M_{обр} = P_6 \cdot L + P_2 \cdot (C - B) = P_6 \cdot L - P_2 \cdot U$$

Момент опору буде:

$$M_{сopr} = M_1 + M_2 + M_3 = Q(B - A) + F \cdot L + G \cdot L/2$$

Тоді рівняння можна записати у вигляді:

$$(P_6 \cdot L + P_2 \cdot U) \cdot k = Q \cdot E + Qf_3 \cdot L + G \cdot L/2$$

Розрахункова залежність буде:

$$Q = \frac{(P_g \cdot L + P_z \cdot U) \cdot k - GL/2}{E + f_3 \cdot L}$$

Розглянемо кілька прикладів для багатоінструментальної обробки.

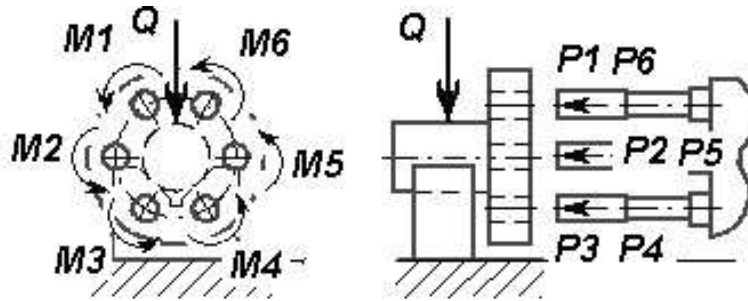


Рисунок 6.12 – Розрахункова схема при обробці кількома осьовими інструментами

У циліндричній заготовці, встановленій у призмі (рис. 6.12), одночасно обробляються кілька отворів осьовими ріжучими інструментами (свердлами, зенкерами, розгортками, мітчиками тощо) з паралельним розташуванням їх осей обертання і з незначною їх радіальною жорсткістю (на подовжених оправках і без кондукторних втулок). У цьому випадку на заготовку діє сумарний момент та сумарне зусилля різання.

$$M_{обр} = M1 + M2 + M3 + \dots + Mn = \sum_{i=1}^n M_i$$

$$P_{обр} = P1 + P2 + P3 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$$

При цьому можливі два види розкріплення: поворот навколо осі та зсув на призмі. Подальше рішення аналогічне до завдання, показаного на рисунку 6.9.

Тоді,

$$Q_1 = \frac{2k \sum_{i=1}^n M_i}{D \left(f_3 + \frac{f_y}{\sin \alpha/2} \right)}$$

і

$$Q_2 = \frac{k \sum_{i=1}^n P_i}{f_3 + \frac{f_y}{\sin \alpha/2}}$$

Для розрахунку пристрою приймаємо зусилля Q більше за абсолютною величиною.

Розглянемо приклад розточування кількох отворів у заготовці, встановленої за схемою призматичного тіла (рис.6.13). Заготовка притискається до опор зусиллям Q .

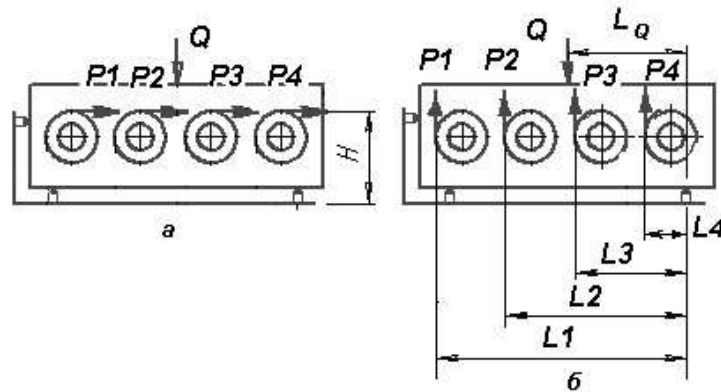


Рисунок 6.13 – Розточування отворів в заготовці

При такій установці можливі два види розкріплення: зсув та перекидання

Зсув на опорах може статися, коли всі різці розташовані вертикально, а зусилля різання спрямовані горизонтально вздовж опор. В цьому випадку сумарне зусилля обробки буде:

$$P_{обр} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i$$

Розв'язання такого завдання, аналогічно розглянутому вище на рисунку 6.3. Зусилля затиску визначається залежністю

$$Q_1 = \frac{k \cdot \sum_{i=1}^n P_i}{f_z + f_y}$$

де f_z і f_y - коефіцієнти тертя відповідно між заготовкою - затискними та настановними елементами.

Другий вид розкріплення має місце при горизонтальному розташуванні різців, коли зусилля різання спрямовані нагору. У цьому випадку виникає момент від сил різання P_i на плечах L_i , що перекидає заготовку щодо точки O .

$$M_{обр} \cdot k = M_{conp}$$

$$M_{обр} = P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_3 L_3 + \dots + P_n L_n = \sum_{i=1}^n P_i L_i$$

$$M_{conp} = Q L_Q$$

Тоді

$$Q_2 = \frac{k \cdot \sum_{i=1}^n P_i L_i}{L_Q}$$

Силу затискання заготовки можна значно зменшити, якщо ріжучий інструмент розташувати так, щоб зусилля різання компенсували один одного.

6.3. Коефіцієнт запасу.

Коефіцієнт запасу (коефіцієнтом надійності закріплення) враховує фактори, які можуть впливати на надійність закріплення заготовки у пристрої. До цих факторів належать:

1. Можливість збільшення зусилля різання проти прийнятим.
2. Можливість зменшення зусилля затиску порівняно з розрахунковим.
3. Визначеність розрахункової схеми.

Сумарний коефіцієнт запасу k одержують диференційовано, як добуток окремих складових

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

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу, враховує можливість підвищення сили різання за рахунок таких випадкових факторів, як сколювання різальної кромки інструменту, наявності в заготовки раковин, твердих включень, абразивних частинок та ін. Для звичайних умов роботи приймають $k_0 = 1,3$, у відповідальних випадках $k_0 = 1,5$.

k_1 - враховує можливість підвищення сили різання за рахунок нерівномірності припуску, що знімається; для чорнової обробки $k_1 = 1,2$; для чистової – $k_1 = 1,0$;

k_2 - враховує можливість підвищення сили різання при затупленні різальних кромок інструменту та залежить від виду обробки, матеріалу заготовки та складових сили різання. Він вибирається із таблиці 6.1;

k_3 - враховує можливість підвищення сили різання за умов ударного характеру (переривчастого виду) обробки. $k_3 = 1,0$ - за умов плавного різання; $k_3 = 1,2$ - при переривчастому різанні;

k_4 - враховує сталість (можливість зменшення) затискного зусилля за різних видів затиску; $k_4 = 1,0$ для всіх механізованих приводів (пневматичних, гідравлічних, магнітних тощо); $k_4 = 1,2$ - для ручних затискачів (гвинтових та ексцентрикових).

k_5 - характеризує ручні затискачі з погляду зручності роботи. При зручному розташуванні рукоятки закріплення заготовки та її повороті в межах 90° - $k_5 = 1,0$; в інших випадках – $k_5 = 1,2$.

k_6 – враховує визначеність розрахункової схеми. У тому випадку, коли визначення сил затиску здійснюється з точним обліком місць контакту заготовки

із затискними та настановними елементами пристрою $k_6 = 1,0$. Наприклад, під час встановлення на точкові опори з гарантованою поверхнею контакту $k_6=1,0$. А при встановленні на плоску опору з невизначеною поверхнею контакту $k_6 = 1,5$. В інших випадках приймаються проміжні значення.

Розмір k може коливатися не більше $1,5 \dots 8,0$. Якщо $k < 2,5$ то при розрахунку надійності закріплення його слід прийняти $k = 2,5$.

Наприклад, визначимо коефіцієнт запасу для розрахунку зусиль затискання деталі у фрезерному пристрої. Виконується чорнова обробка торцевою фрезою зі вставними зубами верхньої площини деталі. Установку деталі виконано за схемою призматичного тіла на планках (установча технологічна база). Затискач важільних прихоплювачів з пневматичним приводом.

Тоді тут:

$k_0 = 1,3$ – нормальні умови обробки;

$k_1 = 1,2$ – чорнове фрезерування;

$k_2 = 1,4$ - визначається за таблицею 6.1;

$k_3 = 1,2$ - переривчастий характер різання при фрезеруванні;

$k_4 = 1,0$ - механізований затискач;

$k_5 = 1,0$ - механізований затискач;

$k_6 = 1,3$ – тому, що установка на планки не дозволяє точно визначити положення поверхонь, що контактують.

Тоді $k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$,

або $k = 1.3 \cdot 1.2 \cdot 1.4 \cdot 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.3 = 3.4$

Таблиця 6.1 – Коефіцієнт обліку можливості підвищення сили різання при затупленні різальних кромок інструменту

Метод обробки	Компоненти сил різання	Коефіцієнт k_2	Матеріал заготовки
Свердління	Крутний момент	1,15	Чавун
	Осьова сила	1,0	
Попереднє зенкерування	Крутний момент	1,3	Чавун допускає знос по задній грані до 1,5 мм.
	Осьова сила	1,2	
Чистове зенкерування	Крутний момент	1,2	Чавун допускає знос по задній грані до 0,7...0,8 мм.
	Осьова сила	1,2	
Попереднє та чистове точіння та розточування	P_z	1,0	сталь
		1,0	чавун
	P_y	1,4	сталь
		1,2	чавун
	P_x	1,6	сталь
		1,25	чавун
Чистове точіння та розточування	P_z	1,0	сталь
		1,05	чавун
	P_y	1,05	сталь
		1,4	чавун
	P_x	1,0	сталь
		1,3	чавун
Попереднє та чистове фрезерування циліндричне	Окружна сила	1,6...1,8	для в'язких матеріалів
		1,2...1,4	для твердих сталей та чавуну
Попереднє та чистове фрезерування торців	Тангенціальна сила	1,6...1,8	для в'язких матеріалів
		U...1,4	для твердих сталей та чавуну
Шліфування	Окружна сила	1,15...1,2	для всіх матеріалів
Протягання	Сила - протягання	1,5	для всіх матеріалів знос по задньому кордоні до 1,5

Запитання для самоконтролю

- 1. Які зусилля діють на заготовку під час обробки?*
- 2. Як змінюється сила різання під час обробки?*
- 3. Коли враховуються відцентрові зусилля під час обробки?*
- 4. Коли враховуються інерційні зусилля під час обробки?*
- 5. Яка методика розрахунку затискних зусиль?*
- 6. У чому полягає методика визначення затискних зусиль під час зсуву заготовки?*
- 7. У чому полягає методика визначення затискних зусиль при повороті заготовки.*
- 8. У чому полягає методика визначення затискних зусиль при бічному впливі зусиль різання.*
- 9. У чому полягає методика визначення затискних зусиль за одночасної дії кількох зусиль та моментів.*
- 10. Від чого залежить коефіцієнт запасу?*
- 11. Як визначається коефіцієнт запасу?*

7 ПОХИБКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК У ПРИСТРОЯХ

Деталі на будь-якій стадії обробки та в готовому вигляді мають відхилення від точної геометричної форми та номінальних розмірів, заданих кресленням. Сумарна похибка будь-якого розміру складається з первинних похибок, які прийнято поділяти на три групи:

1. Похибка встановлення деталі на верстаті.
2. Похибка налаштування верстата.
3. Похибка обробки.

Похибка установки виникає у процесі розміщення заготовки на верстаті у пристрої. Це відхилення фактично досягнутого положення заготовки при встановленні необхідного.

Похибка налаштування виникає в процесі встановлення ріжучого інструменту на розмір або регулювання копіїв та упорів для автоматичного отримання розмірів на верстаті. У верстатах із ЧПУ до таких похибок, крім того, відносять похибки позиціонування супорта, похибки позиціонування револьверної головки, похибка компенсації зносу інструменту.

Похибка обробки виникає у процесі обробки. Вона обумовлена геометричною точністю верстата, пружними деформаціями технологічної системи під час обробки, температурними деформаціями та зносом ріжучого інструменту.

У умовах серійного та багатосерійного виробництва обробка заготовок проводиться на верстатах, налаштованих на виконання заданого розміру. В цьому випадку з'являється поняття настроювальної бази, від якої здійснюється налаштування ріжучого інструменту. Відхилення настроювальної (НБ) та вимірювальною (ВБ) бази у процесі установки заготовки в пристрій буде однією зі складових загальної похибки обробки. У свою чергу необхідно враховувати зв'язок між технологічними (ТБ) та настроювальними (НБ) базами заготовки.

7.1. Похибка встановлення.

Похибка встановлення заготовки у пристрої ε_y включає такі складові, як похибка базування заготовки ε_δ , похибка закріплення ε_z і похибка пристрою ε_{np} . Враховуючи випадковий характер цих складових, похибка установки визначається залежністю:

$$\varepsilon_y = \sqrt{(K_1\varepsilon_\delta)^2 + (K_2\varepsilon_z)^2 + (K_3\varepsilon)^2},$$

де K_1, K_2, K_3 - коефіцієнти розсіювання випадкових величин. Враховуючи, що у нашому випадку має місце закон нормального розподілу ($K_p = 1$), розрахункова формула буде:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon^2}$$

7.2. Похибка базування.

Похибка базування ε_0 - це відхилення фактично досягнутого положення заготовки під час базування від необхідного. Вона визначається як різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту. Похибка базування може включати три складові:

1. Похибка, яка залежить від способу завдання виконуваного розміру на заготовки. При збігу технологічної та вимірювальної баз ця складова дорівнює нулю. В інших випадках розглядаються геометричні завдання щодо її визначення.

2. Похибка розташування самої вимірювальної бази, пов'язана з відхиленнями розмірів та похибками форми настановної поверхні деталі (наприклад, ексцентриситет або некруглість циліндричної поверхні або нерівність настановної площини).

3. Похибка положення вимірювальної бази в результаті можливих зсувів заготовки щодо настановних елементів (наприклад, наявність гарантованого зазору у поєднанні жорсткого пальця та отвору тощо)

Слід пам'ятати, що похибка базування, як й інші, розглядається для заданого розміру чи форми поверхні. У випадку для визначення похибки базування необхідно вирішити геометричне (тригонометричне) завдання, вихідними даними якого є положення базових і формованих поверхонь, траєкторія інструменту тощо.

Тому, визначення похибки базування ε_0 слід виконувати в такій послідовності:

- виконати аналіз схеми установки заготовки в пристрої;
- вибрати систему координат та визначити призначення поверхонь заготовки, що використовуються під час базування;
- визначити положення опорної точки, що визначає положення заготовки при отриманні даного розміру в обраній системі координат та вказати технологічну базу;
- визначити положення вимірювальної бази для даного розміру;
- визначити можливі відхилення, пов'язані з розташуванням технологічної та вимірювальної баз;
- визначити можливість зсувів вимірювальної бази при встановленні заготовки на опорах;
- визначити похибки настановної поверхні заготовки;

- визначити сумарну похибку базування на розмір обробки.

Розглянемо приклад визначення похибок базування для операції фрезерування уступу до деталей типу «Стояк» (рис. 7.1). У процесі обробки необхідно витримати розміри A та B .

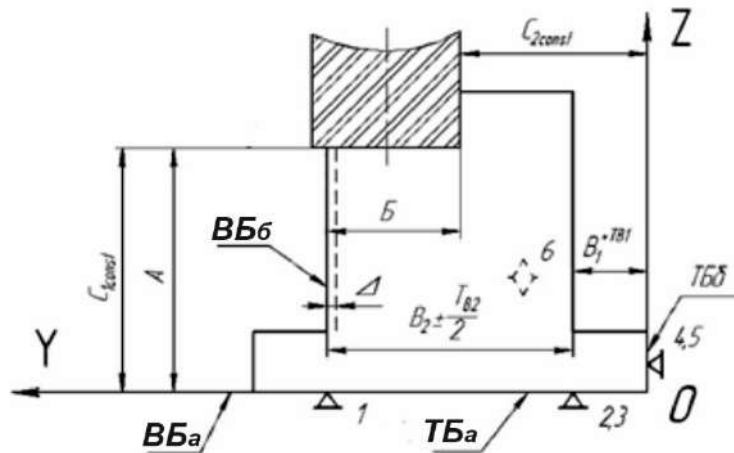


Рисунок 7.1 – Встановлення деталі під час фрезерування.

На схемі (рис.7.1) відповідно до вищевказаних рекомендацій внесено всі необхідні позначення.

Вибираємо систему координат XYZ . Виконаємо аналіз схеми встановлення та визначаємо розташування технологічних та вимірювальних баз для розмірів A та B

Визначаємо похибки базування на розмір обробки A

$\epsilon_{\delta A} = 0$, тому, що вимірювальна VB_a та технологічна бази TB_a збігаються.

Для розміру B вимірювальна база VB_B та технологічна TB_B не збігаються. При встановленні заготовки в пристрої вимірювальна база розміру B може зміститися в межах Δ . Це і є похибка базування розміру B . Таким чином, похибка базування дорівнює сумі допусків на розміри, від технологічної бази до вимірювальної.

$$\epsilon_{\delta B} = T_{B1} + T_{B2}$$

Розглянемо приклад розв'язання задачі визначення похибки базування при обробці фрезою ступінчастої поверхні на втулці, встановленої на кільцеву опору і жорсткий короткий циліндричний палець (рис. 7.2). Установку на один палець зазвичай проводять по посадкам: $\frac{H7}{l7}$; $\frac{H9}{f9}$ або $\frac{H7}{f7}$; установку на два пальці - за посадками $\frac{H7}{f7}$ або $\frac{H7}{l7}$.

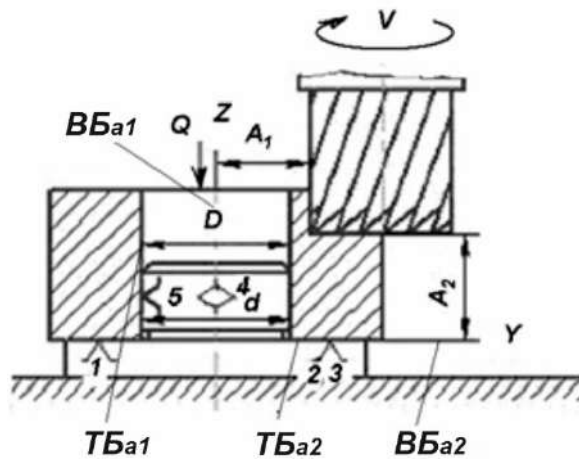


Рисунок 7.2 – Встановлення заготовки на п'яту та палець

Діаметр базового отвору $D_B = 30^{+0.039}_{-0.007}$ мм, діаметр пальця $d = 30_{-0.016}$ мм.

Потрібно визначити похибку базування розмірів A_1 та A_2 .

Рішення:

Спочатку виберемо систему координат, визначимо технологічні бази і розставимо опорні точки на заготовки відповідно до розташування настановних елементів пристрою.

Закріплення заготовки, тобто. створення нерухомості при обробці забезпечується додатком затискного зусилля Q .

При даній установці для розміру A_1 технологічна $ТБа_1$ і вимірювальна база $ВБа_1$ не збігаються: вимірювальна база $ВБа_1$ - вісь отвору, технологічна $ТБа_1$ - циліндрична поверхня отвору. При установці заготовок на палець із гарантованим зазором можливе зміщення заготовки на величину зазору між пальцем та отвором. Максимально можливе значення зазору визначається мінімальним зазором у парі - S_{min} , допуском на розмір пальця - Td і допуском на отвір - TD .

$$S_{max} = TD + Td + S_{min}$$

У нашому прикладі

$$S_{max} = 0.039 + 0.009 + 0.007 = 0.055 \text{ мм}$$

таким чином,

$$\varepsilon_{\delta A_1} = S_{max} = 0.055 \text{ мм}$$

Для розміру A_2 технологічна $ТБа_2$ та вимірювальна $ВБа_2$ бази збігаються.

Отже,

$$\varepsilon_{\delta A_2} = 0$$

При встановленні цієї заготовки на розтискний палець забезпечується збіг технологічної та вимірювальної баз, тому що переміщення зовнішньої поверхні

розтискного пальця на однакову відстань від центру, дозволяє поєднати центри пальця та отвори заготовки. Тепер подвійна опорна технологічна база буде прихована – центр кола деталі.

При цьому

$$\varepsilon_{\delta A_1} = 0$$

Розглянемо приклад установки заготовки на три точкові опори та два циліндричні пальці.

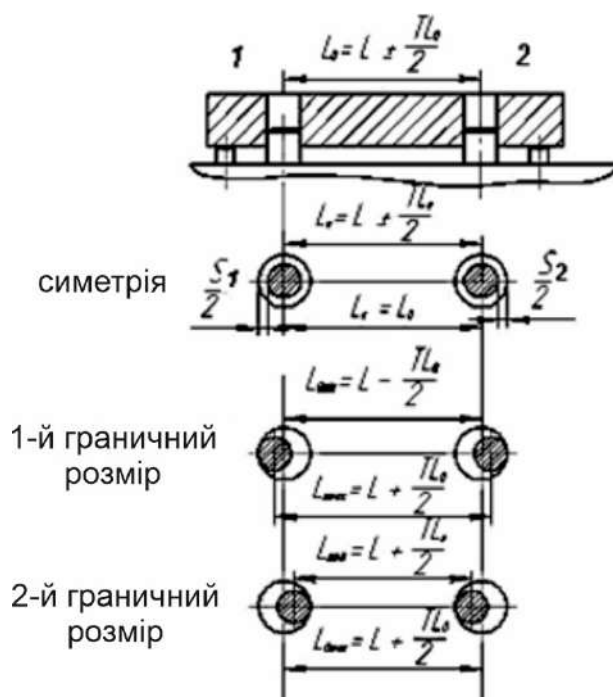


Рисунок 7.3 – Розрахункова схема установки на два циліндричні пальці

При коливанні міжосьових відстаней отворів та пальців між двома граничними розмірами (рис.7.3) установка заготовки на два циліндричні пальці можлива за наявності гарантованого зазору у поєднаннях пальців та отворів.

$$L_{o \max} - L_{n \min} \leq \frac{S_{1 \min}}{2} + \frac{S_{2 \min}}{2}$$

$$L_{o \max} - L_{n \min} = L + \frac{TL_0}{2} - L + \frac{TL_n}{2} = \frac{TL_0}{2} + \frac{TL_n}{2}$$

$$\frac{TL_0}{2} + \frac{TL_n}{2} \leq \frac{S_{1 \min}}{2} + \frac{S_{2 \min}}{2}$$

$$TL_0 + TL_n \leq S_{1 \min} + S_{2 \min}$$

Умова можливості встановлення на два циліндричні пальці, при якому сума полів допусків на розпорядження отворів і пальців не повинна перевищувати суми мінімальних зазорів у поєднаннях «палець – отвір».

Похибка базування при такій установці пов'язана з можливістю зміщення деталі в межах максимального зазору в парах «палець - отвір» і можливістю повороту деталі при установці.

Похибка базування в напрямку L визначається величиною максимального зазору, у тому поєднанні, де він менший за абсолютною величиною.

Якщо $S_{2min} > S_{1min}$, то $\varepsilon_b(L) = S_{1min}$

Похибка у кутовому напрямку визначається із розрахункового трикутника (рис. 7.4)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1min} + S_{2min}}{2L}$$

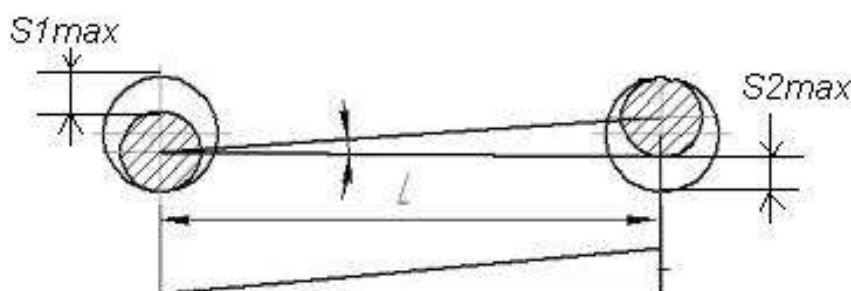


Рисунок 7.4 – Розрахункова схема визначення кутового положення деталі

Приклад:

Діаметр отвору: $d_0 = 12^{+0,019}$

Діаметр пальця: $d_n = 12_{0,033}^{-0,016}$

Відстань між пальцями: $L_0 = 400^{+0,02}$

Визначити: TL_n

$$S_{1min} = S_{2min} = 0,016 \quad S_{min} = d_{0min} - d_{nmax} = 0,016$$

$$TL_0 + TL_n \leq S_{1min} + S_{2min} \quad 0,2 + TL_n \leq 0,016 + 0,016$$

$$TL_n = 0,012$$

Приймаємо $TL_n = 0,1$

Визначаємо похибку базування у напрямку кута α (рис.7.5)

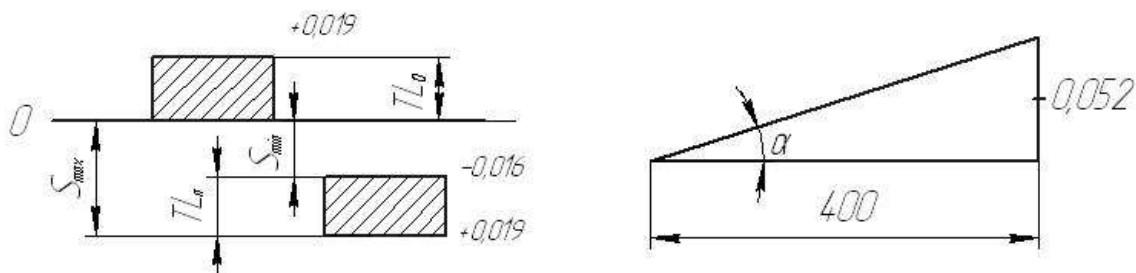


Рисунок 7.5 – Поля допусків та розрахунковий трикутник

$$S_{1min} = S_{2min} = 0,052 \varepsilon_{\delta(L)} = S_{1min} = S_{2min} = 0,52 \text{ мм}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{0,052}{400} = 0,00013$$

Щоб зменшити розрахункові мінімальні зазори і тим самим підвищити точність базування, замість другого циліндричного пальця встановлюють зрізаний (ромбічний) палець (рис.7.7). При цьому збільшиться зазор у напрямку розміру L . На рисунку 7.7 наведено позначення

d – діаметр кола, в яке вписаний ромбічний палець,

b – ширина пальця,

$\frac{x}{2}$ - умовний половинчастий зазор,

Встановлено, що мінімальний зазор на ромбічному пальці визначається залежністю

$$x = \frac{d}{b} S_{2min}$$

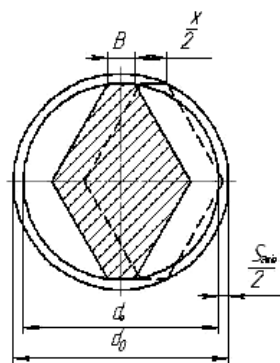


Рис. 7.6. - Ромбічний палець

Залежність $\frac{d}{b} = k$ називають коефіцієнтом розширення можливості установки.

Тоді

$$TL_0 + TL_n \leq S_{1min} + x$$

$$TL_0 + TL_n \leq S_{1min} + \frac{d}{b} S_{2min}$$

Це і є умова можливості встановлення на циліндричний та зрізаний (ромбічний) пальці.

Теоретично слід приймати ширину пальця b якнайменше, проте, надмірне зменшення ширини b циліндричної ділянки пальця призводить до значного зносу і зменшення міцності. Тому ширина пальця визначається залежністю:

$$b \leq \frac{S_{2\min} d}{TL_0 + TL_n - S_{1\min}}$$

При використанні циліндричного та зрізаного пальців похибка базування у напрямку L дорівнює максимальному зазору на циліндричному пальці. Похибка базування в кутовому напрямку визначається, як і двох циліндричних пальців.

Розглянемо приклад визначення похибки базування під час обробки шпонкового паза (рис.7.7). Циліндричну деталь встановлено на горизонтальну призму. Розмір паза може бути заданий як H_1 , H_2 , H_3 .

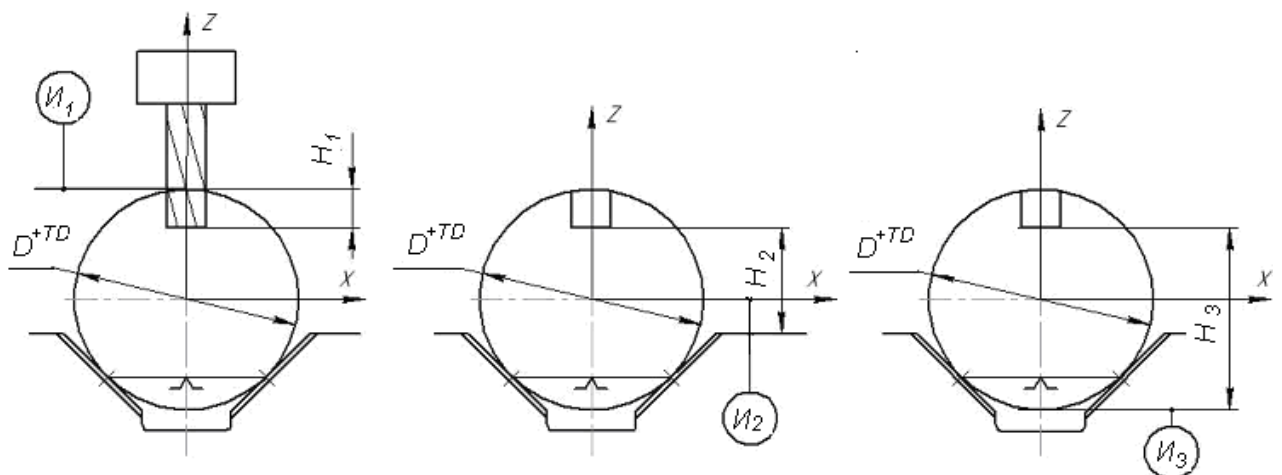


Рисунок 7.7 - Встановлення деталей у призмах

У всіх 3-х випадках (рис.7.7) технологічні бази не збігаються з вимірювальними, тому для розмірів H_1 , H_2 , H_3 похибка базування не дорівнює нулю.

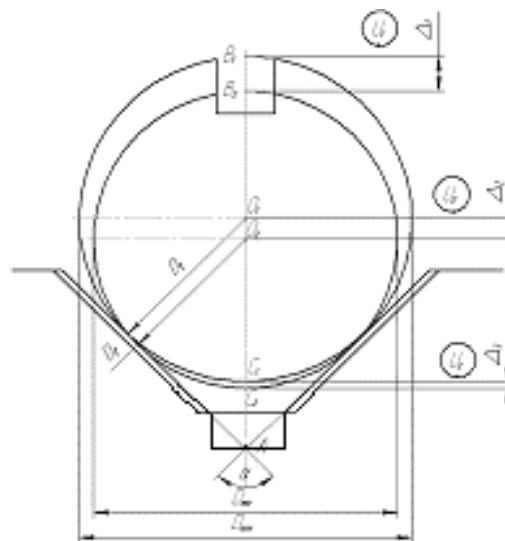


Рисунок 7.8 – Встановлення у призми

Для визначення похибки базування зробимо схему (рис.7.8), у якій зобразимо установку призми двох заготовок граничних розмірів (D_{max} і D_{min}).

1) Δ_1, Δ_2 та Δ_3 - зміщення вимірювальних баз для розмірів H_1, H_2 , та H_3 . Розглянемо геометричну задачу щодо похибки базування для розміру H_1 .

$$\Delta_1 = AB_1 - AB_2 = (AO_1 + O_1B_1) - (AO_2 + O_2B_2)$$

З трикутника AT_1D_1 визначимо

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{O_1D_1}{AO_1} \quad \text{звідки} \quad AO_1 = \frac{O_1D_1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

тоді

$$\Delta_1 = \left(\frac{O_1D_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + O_1B_1 \right) - \left(\frac{O_2D_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} + O_2B_2 \right)$$

або в параметрах розмірів деталі, запишемо

$$\Delta_1 = \left(\frac{D_{max}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{D_{max}}{2} \right) - \left(\frac{D_{min}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{D_{min}}{2} \right) = (D_{max} - D_{min}) \left(\frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{1}{2} \right) = TD \left(\frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

отже,
$$\varepsilon_{\delta H1} = TD \left(\frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

приймавши $k_1 = \left(\frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right)$

тоді
$$\varepsilon_{\delta H1} = T_D \times k_1$$

Аналогічно визначимо похибку базування для другого розміру H_2

$$\Delta_2 = AO_1 - AO_2 = \frac{O_1D_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{O_2D_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{D_{max}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{D_{min}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = (D_{max} - D_{min}) \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = TD \left(\frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

отже,
$$\varepsilon_{\delta H2} = \frac{TD}{2 \sin \frac{\alpha}{2}};$$

або
$$\varepsilon_{\delta H2} = T_D \times k_2$$

$$\text{де } k_2 = \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Для розміру H_3 похибка базування визначимо аналогічно.

$$\Delta_3 = AO_1 - AC_1 = (AO_1 - O_1 C_1) - (AO_2 - O_2 C_2) = \left(\frac{O_1 D_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + O_1 C_1 \right) - \left(\frac{O_2 D_2}{\sin \frac{\alpha}{2}} + O_2 C_2 \right) =$$

$$\left(\frac{D_{\max}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{D_{\max}}{2} \right) - \left(\frac{D_{\min}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{D_{\min}}{2} \right) = (D_{\max} - D_{\min}) = \left(\frac{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right) TD \left(\frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{1}{2} \right);$$

отже,

$$\varepsilon_{\delta H_3} = TD \left(\frac{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

$$\varepsilon_{\delta H_3} = T_D \times k_3,$$

$$\text{де } k_3 = \left(\frac{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

Похибка базування при такій установці прямо пропорційна допуску на діаметр деталі TD і зворотно пропорційна куту призми α . Це видно з таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Значення коефіцієнтів при різних кутах призми

Кут α	60°	90°	120°	180°
k_1	1,5	1,21	1,07	1,0
k_2	1,0	0,7	0,58	0,5
k_3	0,5	0,2	0,08	0

Розглянемо приклад установки заготовки до призми ($\alpha=90^\circ$), повернуту на 45° (рис.7.9).

При відхиленнях діаметра заготовки від правильної геометричної форми вимірювальна база може займати різні положення у межах цих похибок (рис.7.10)

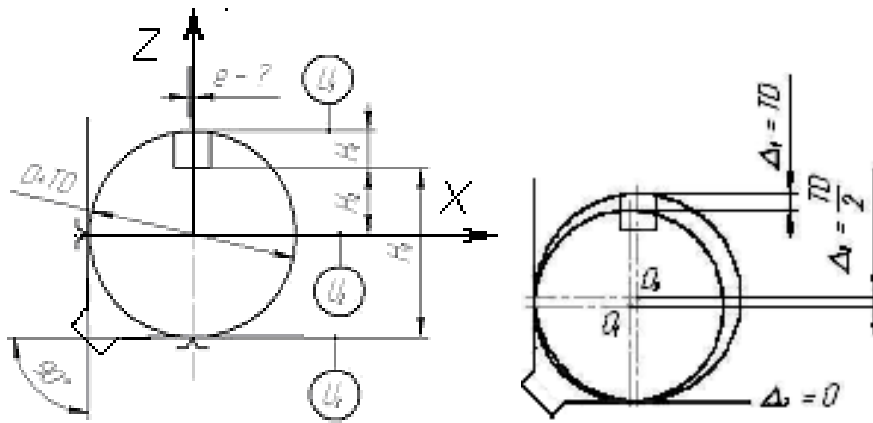


Рисунок 7.9 – Розташування баз та розрахункова схема при встановленні деталі у похилий призмі

Похибки базування для розмірів H_1, H_2, H_3 будуть визначатися зсувами $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ вимірювальних баз щодо технологічних баз.

$$\Delta_1 = TD \quad \Delta_2 = \frac{TD}{2} \quad \Delta_3 = 0$$

Зміщення паза щодо осі симетрії деталі визначається як

$$e = \frac{TD}{2}$$

Визначимо аналогічні похибки при повороті такої призми на 90° (рис.7.11)

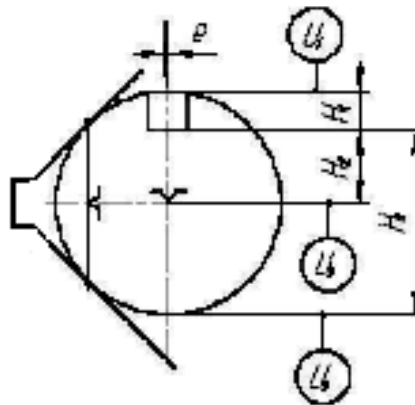


Рисунок 7.10 – Розташування баз під час встановлення деталі в призму

$$\varepsilon_{\delta H1} = \frac{TD}{2}, \quad \varepsilon_{\delta H2} = 0, \quad \varepsilon_{\delta H3} = \frac{TD}{2}, \quad e = TD \left(\frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

Розглянемо вплив похибки форми базової поверхні на похибку її становища призми. Якщо поперечний переріз заготовки має похибку форми у вигляді еліптичності, її вісь займає різне положення по висоті та в горизонтальному напрямку для різних кутових положень заготовки (рис.7.11).

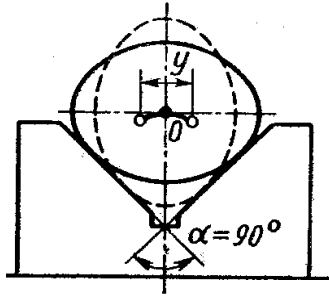


Рисунок 7.11 – Похибка форми базової поверхні

На рисунку показано траєкторію руху осі заготовки при обертанні в призмі з кутом $\alpha = 90^\circ$. Для двох показаних положень вісь заготовки лежить у точці O . Переміщення осі в горизонтальному напрямку $y = \sqrt{2}(a - b)$, де a і b велика та мала півосі еліпсу.

У заготовок, отриманих штампуванням, можуть бути похибки форми, викликані зсувом штампів і недоштампування, що викликає некрутлість. Недоштампування заготовки, що викликає збільшення її розміру, перпендикулярного до площини роз'єму штампів, зміщує заготовку відносно осі симетрії призми (рис. 7.12).

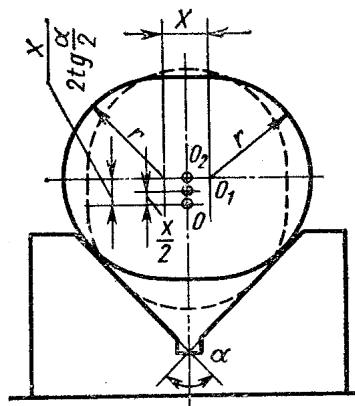


Рисунок 7.12 – Похибка циліндра після штампування

Для положення заготовки, показаного штриховою лінією, зміщення її осі O_1 дорівнює половині величини недоштампування $\Delta = \frac{x}{2}$, а положення, показаного суцільною лінією

$$\Delta = \frac{x}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

При цьому вісь відноситься до заготовок при $x = 0$.

Ще одним поширеним випадком необхідності обліку похибки базування ϵ_b є похибка, що виникає при встановленні заготовки валу на «жорсткий» центр.

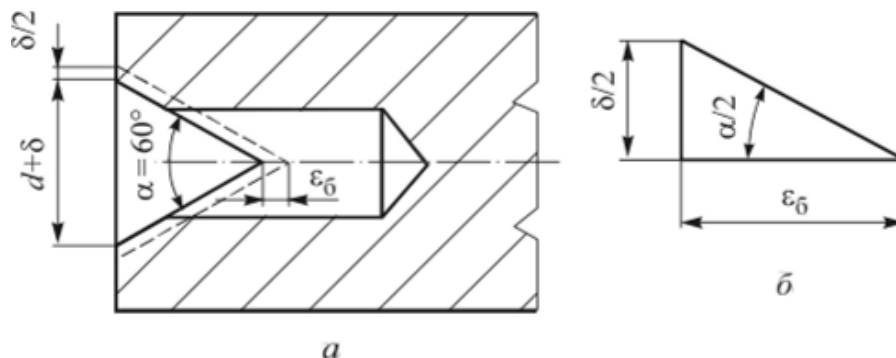


Рисунок 7.13 - Схема виникнення похибки базування під час встановлення заготовки на «жорсткий» центр

Ця похибка визначається із схеми (рис. 7.13,а), як катет прямокутного трикутника (рис. 7.13,б).

$$\Delta_u = \frac{\delta}{2 \operatorname{tg} \alpha/2}$$

Похибка базування при встановленні заготовки на «плаваючий» центр $\epsilon_b=0$.

Таким чином, з метою зменшення впливу глибини зацентрування на точність лінійних розмірів необхідно базувати заготовку на «плаваючий» центр.

При обробці заготовок в патронах з цангою, що втягується, необхідно враховувати можливість виникнення похибки в розмірах по довжині, тому що при затиску цанга відтягує заготовку від леза інструменту або опорної поверхні лінійного переміщення на величину, що залежить від допуску на діаметр базової поверхні (рис.7.14).

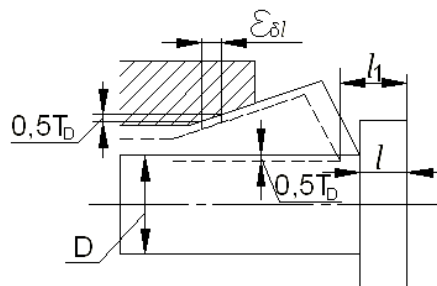


Рисунок 7.14 - Схема виникнення похибки базування при закріпленні заготовки в патроні з цангою, що втягується.

$$\epsilon_{\delta l} = \frac{0,5T_D}{\operatorname{tg} \alpha};$$

де α - кут конуса цанги.

Щоб уникнути цього у конструкції верстатів пруткових автоматів передбачається фіксація положення заготовки цангою, що подає, до повного затиску заготовки основною цангою або використання патронів з висувним цанговим механізмом.

Розрахункові формули для визначення похибки базування для найбільш поширених схем базування заготовки та положення оброблюваної поверхні щодо базових представлені у Додатках 4 та 5, а також у довідковій літературі.

7.3. Похибка закріплення.

Похибка закріплення - це різниця між найбільшою і найменшою величинами проєкцій зміщення вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру в результаті докладання затискного зусилля.

Розглянемо приклад. Заготовка встановлена за схемою призматичного тіла (рис.7.13). Обробляється поверхня, яка задана розміром A . Створення нерухомості під час обробки забезпечується зусиллям Q , прикладеним до похилої поверхні, яка є вимірювальною базою для розміру A .

У процесі обробки партії деталей похила поверхня може зміщуватися. Якби це зміщення було постійною величиною, його можна було б компенсувати відповідною налагодженням верстата. У тому випадку, коли величина цього зсуву носить випадковий характер і знаходиться в межах від Y_{min} до Y_{max} , вона розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{3A} = \Delta = (y_{max} - y_{min}) \cos \alpha.$$

де, y_{max} , y_{min} - максимальне та мінімальне зміщення поверхні заготовки під дією зусилля затиску Q ; α – кут між напрямком зусилля Q та напрямом розміру A

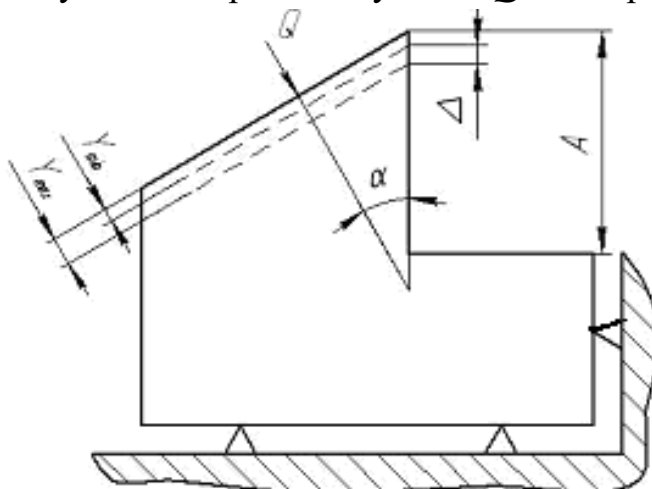


Рисунок 7.15. - Розрахункова схема для визначення похибки закріплення

Усунення вимірювальної бази відбувається в результаті деформації окремих ланок ланцюга, через які передається зусилля: заготовка, настановні елементи, корпусні деталі пристрою.

Залежність контактних деформацій y для стиків має вигляд

$$y = C Q^n,$$

де C - коефіцієнт, що залежить від виду контактуючих поверхонь, від шорсткості та твердості поверхневого шару заготовки. Для партії деталі він знаходиться в межах від C_{min} до C_{max} ; n - показник ступеня $n < 1$ (звичайно в діапазоні 0,3... 0,5).

Графік контактних деформацій при коливанні зусилля затиску Q_{min} до Q_{max} і відхилення коефіцієнта від C_{min} до C_{max} показаний на рисунку 7.16. Відхилення носять випадковий характер і підпорядковуються закону нормального розподілу.

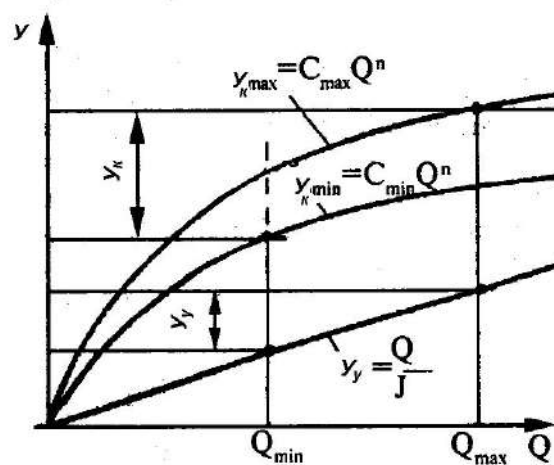


Рисунок 7.16 – Графіки контактних та пружних деформацій

Контактні деформації визначаються

$$Y_{\delta o} = C_{max} Q_{max}^n - C_{min} Q_{min}^n$$

Пружні деформації залежить від сумарної жорсткості системи j деталі.

$$Y_y = \frac{Q}{j} \quad \text{у нашому випадку} \quad Y_y = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{j}$$

Тоді сумарна похибка може бути визначена як:

$$Y_{\Sigma} = \sqrt{y_k^2 + y_y^2}$$

З графіку видно, що необхідно прагнути сталості зусилля затиску, яке характеризується відхиленням:

$$k = \frac{Q_{max}}{Q_{min}},$$

де k - коефіцієнт розкиду (постійності) зусиль затиску;

При ручному затиску $k_p = 1,3$; при механізованому $k_m = 1,0$.

У довідковій літературі наводяться формули визначення похибки закріплення при встановленні на різні опорні елементи.

При встановленні плоскою базою на опорні пластини похибка закріплення для будь-якого розміру A перпендикулярного опорам визначається за формулою:

$$\varepsilon_{3A} = \left[(K_{R_z} R_z + K_{HB} \cdot HB) + C_1 \right] \left(\frac{Q}{9.8} \right)^n \frac{1}{F^m}$$

При встановленні на призму

$$\varepsilon_{3A} = \left[\left(K_{R_z} R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \left(\frac{Q}{19.6 \cdot l} \right)^m$$

При установці по центровим отворах:

$$\varepsilon_{3A} = C \cdot \left(\frac{P}{9.8} \right)^{0.5}$$

де HB – твердість матеріалу заготовки за Брінеллем; Q – нормальна сила притиску заготовки до опори, Н; F – площа контакту опори із заготовкою, см²; l – довжина лінії контакту заготовки із призмою, см; R_z – Параметр шорсткості поверхні заготовки, мкм; P – складова сили різання, у напрямі якої виконується зсув, Н; K_{R_z} , K_{HB} , C_1 , C , n , m – коефіцієнти та показники ступеня, які залежать від конструкції та матеріалу опор.

Для зменшення похибки закріплення необхідно виконати таке:

1. застосовувати кут α , що прагне 90°;
2. застосовувати затискні пристрої, що забезпечують сталість затискних зусиль;
3. зменшувати кількість стиків у напрямку виконуваного розміру;
4. збільшувати жорсткість стиків з допомогою попереднього натягу;
5. прагнення однорідності настановних поверхонь заготовки.

7.4. Похибка пристрою.

Похибка пристрою - це сумарна похибка, яка викликає відхилення положення заготовки від заданого за рахунок таких факторів, як похибки виготовлення та збирання настановних елементів пристрою (ε_i), похибки, пов'язаної зі зносом настановних елементів ($\varepsilon_{изн}$), і похибкою положення пристрою на станині верстата ($\varepsilon_{пол}$). Підсумовування цих складових виконується за формулою

$$\varepsilon_{пр} = \sqrt{\varepsilon_u^2 + \varepsilon_{изн}^2 + \varepsilon_{пол}^2}$$

7.4.1. Похибка вигот овлення.

Похибка виготовлення характеризує неточність положення настановних елементів пристрою.

При використанні одного пристрою ця похибка є систематичною постійною похибкою, яку можна компенсувати (частково або повністю) відповідним налагодженням верстата.

При використанні кількох однакових пристроїв або багатомісного пристрою ця величина стає випадковою, не компенсованою і повинна враховуватися при розрахунку точності розміру.

Виготовлення базових деталей пристрою, настановних елементів та їх складання виконується з певними допусками, які є джерелом даної похибки. При цьому положення заготовки може змінюватися в межах можливих переміщень настановних поверхонь пристрою.

Розглянемо приклад обробки площини деталі у багатомісному пристрої (рис. 7.17). Заготовка встановлена за схемою призматичного тіла на точкові опори. Положення установчої технологічної бази деталі залежить від висоти розташування контактних поверхонь точкових опор, які визначаються допуском на розташування площини пристрою H і точності виконання висоти опор. Відхилення Δ і буде похибкою виготовлення оброблюваного розміру A .

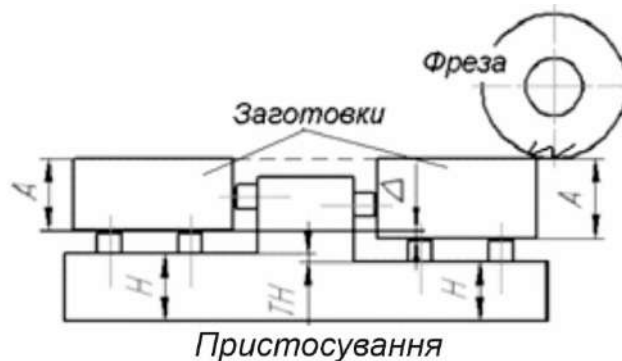


Рисунок 7.17 – Встановлення деталі у багатомісний пристрій

В умовах сучасного виробництва точність виготовлення знаходиться в межах $\varepsilon_i \approx 15$ мкм (в окремих випадках $\varepsilon_i \approx 10$ мкм).

7.4.2. Похибка зношування.

У процесі експлуатації настановні елементи пристрою зношуються, причому інтенсивність зносу залежить від площі контакту деталі з настановним елементом, від якості настановної поверхні деталі (шорсткість, якість поверхневого шару), від наявності абразивного матеріалу, твердих включень, що

потрапляють в зону контакту. Вимірюють знос у напрямку виконуваного розміру.

Залежно від форми та площі поверхні контакту настановного елемента та заготовкою можливі два види зносу. При встановленні на опори з малою початковою поверхнею контакту: сферичні (рис. 7.18,а), рифлені (рис. 7.18,б), та ромбічні пальці, призми (рис. 7.18,г), інтенсивність зносу змінюється і може бути виражена залежністю

$$S = \beta_1 N^n,$$

де S - лінійне зношування опори, мм; β_1 - коефіцієнт, що залежить від конструкції опори, N - кількість установок і знімання заготовки на опорі, n - показник ступеня, визначається експериментально. Для розрахунків можна приймати в межах від 0,4 до 0,6.

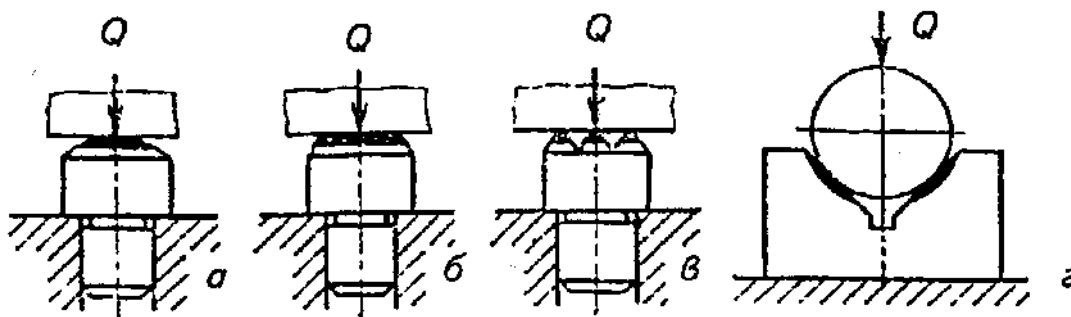


Рисунок 7.18 – Зношування настановних елементів

Графік зміни зносу показаний на рисунку 7.19 (крива I). При цьому коефіцієнти I для опор знаходяться в межах: для сферичної поверхні від 0,5 до 2,0; для рифленої поверхні від 0,6 до 2,5; для призми від 0,3 до 0,8; для ромбічних пальців від 0,2 до 0,6.

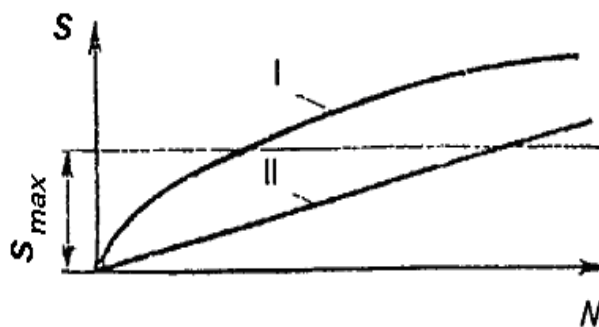


Рисунок 7.19 – Характер зносу настановних елементів

При розвиненій опорній поверхні (плоскі опори, настановні планки, циліндричні пальці (рис.7.18) зношування має лінійний характер (рис.7.19, крива II)).

$$S = \beta_2 N$$

де β_2 - Коефіцієнт форми опори знаходиться в межах: для плоскої поверхні від 0,004 до 0,008; для опорних пластин від 0,002 до 0,004; для циліндричних пальців від 0,001 до 0,002.

Велике значення β приймається за більш важких умов роботи: за величиною притискного зусилля, довжиною шляху зсуву деталі при встановленні, абразивним впливом та ін. Всі значенні β наведені для опор зі сталей 20, 20Х, 45.

Для збільшення стійкості опорну поверхню хромують, що призводить до збільшення стійкості у 2-3 рази. У тих випадках, коли необхідна тривала робота настановних елементів без заміни, використовують пластини з твердого сплаву, які дозволяють зменшити зношування в 7-10 разів.

На виробництві визначають гранично допустиме зношування (S_{\max}) за кількістю оброблених деталей або за часом роботи пристрою і примусово виконують заміну настановних елементів. Для розрахунків приймають $\varepsilon_{изн} \approx \varepsilon_{изг}$.

7.4.3. Похибка вст ановлення прист рою.

Похибка пристрою - це похибка пристрою щодо траєкторії ріжучого інструменту. Вона виникає в результаті перекосів та зсувів при багаторазових установках та зняттях пристрою зі верстата.

У масовому та багатосерійному виробництвах, коли пристрій на верстаті встановлюється на тривалий період часу, ця похибка може бути компенсована відповідним налагодженням верстата.

У поодиноких та дрібносерійних виробництвах при періодичній установці та знятті пристроїв, що використовуються для обробки різних партій деталей, ця похибка стає випадковою і не компенсованою. Ця похибка має місце при використанні змінних пристроїв, пристроїв-супутників автоматичних ліній, при установці пристроїв на змінних палетах автоматизованих виробничих комплексів.

Похибка положення пристрою визначається похибкою базування пристрою на верстаті ($\varepsilon_{б.ин.}$), похибкою закріплення пристрою ($\varepsilon_{з.ин.}$) і похибкою зносу базових елементів пристрою ($\varepsilon_{зн.ин.}$).

$$\varepsilon_{пол} = \sqrt{\varepsilon_{б.пр}^2 + \varepsilon_{з.пр}^2 + \varepsilon_{изн.пр}^2}$$

Базування пристрою на верстатах виконується за тими самими правилами, що й базування заготовки. При цьому використовуються різні види настановних елементів.

Наприклад, при базуванні пристрою на столі фрезерного, свердлильного або розточувального верстата використовують Т-подібні пази столу верстата. На цих

столах середній паз виконується більш точним і служить для базування пристрою, бічні для кріплення.

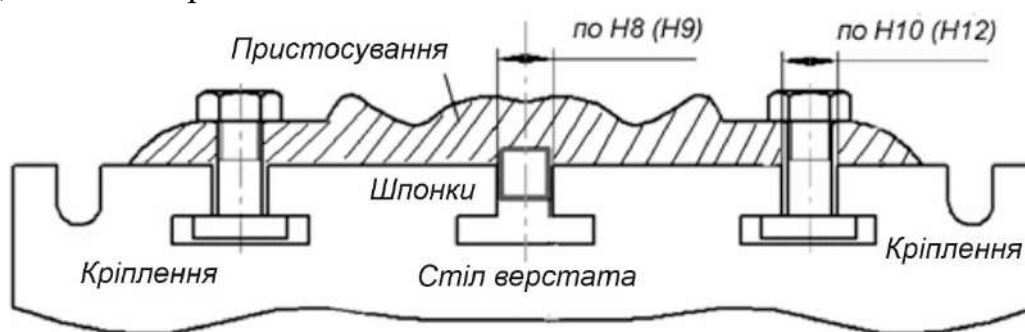


Рисунок 7.20 – Встановлення пристрою на столі верстата

Як правило, на нижній площині пристрою встановлюються два елементи (шпонки або циліндричні пальці), за допомогою яких визначається положення пристрою у поперечному та кутовому положеннях (рис.7.20).

Базування пристроїв аналізується за тими ж методиками, що і базування деталей при встановленні в пристрої. Схема розташування опорних точок показано на рисунку 7.21.

Для визначення положення пристрою в поздовжньому напрямку по осі X використовується стаціонарна опора на столі верстата (точка б).

При такій установці можлива похибка базування в поперечному напрямку по осі Y , яка залежить від величини зазору в поєднанні "шпонка - паз столу", і $\varepsilon_{б.пр(y)} = S_{max}$. Перекіс пристрою визначається так само, як і перекіс заготовки, встановленої на площину та два пальці.

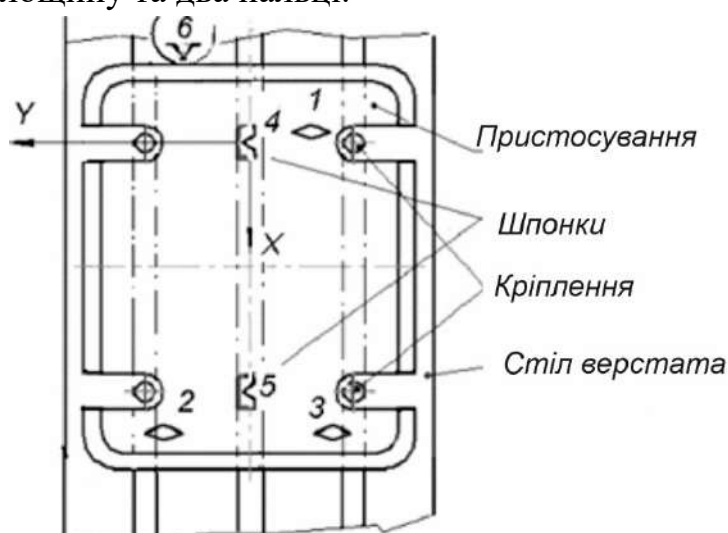


Рисунок 7.21. – Схема розташування настановних та кріпильних елементів на столі верстата

При встановленні пристроїв на столах верстатів, що мають центральний отвір і поперечний паз, в пристроях передбачають або два пальці, або палець і шпонку (рис. 7.22). При такій установці в обраній системі координат палець позбавляє пристрій двох переміщень по осях X і Y , а шпонка визначає кутове положення щодо осі Z .

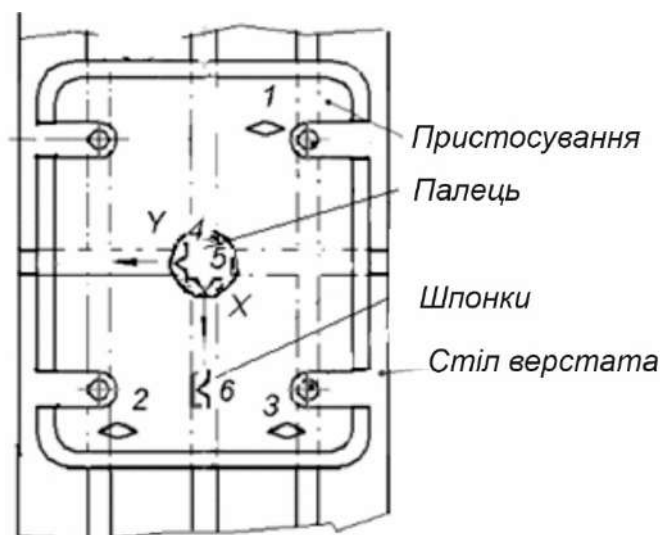


Рисунок 7.22 – Встановлення пристрою на стіл із центральним отвором

При встановленні пристроїв на столах агрегатних верстатів використовуються циліндричні пальці, встановлені на нижній площині пристрою. Схема базування показано на рисунку 7.23.

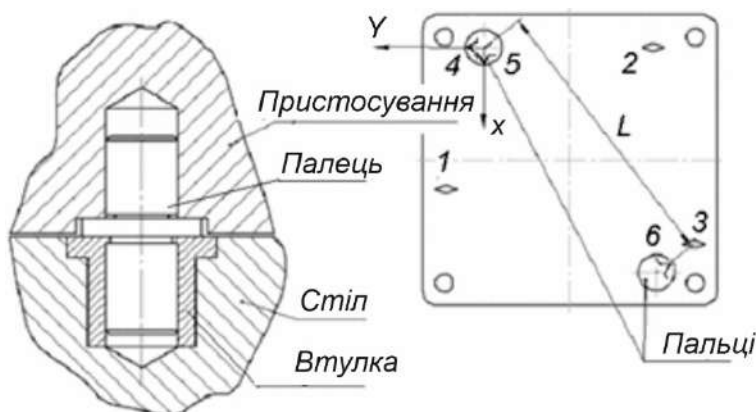


Рисунок 7.23 – Встановлення пристрою за допомогою пальців

Похибки у напрямку осей X та Y будуть рівні

$$\varepsilon_{\delta(x)} = S_{max} \quad \varepsilon_{\delta(y)} = S_{max}$$

Кут можливого повороту пристрою визначається залежністю:

$$tg \alpha = \frac{S_{\max 1} + S_{\max 2}}{2L}$$

У масовому виробництві при незмінному закріпленні пристрою на верстаті зменшення похибки закріплення постійна у часі та доводиться вивіркою до певного мінімуму. Тобто, вона може бути компенсована налаштуванням верстата. У серійному виробництві – періодично змінюють пристрої на верстатах, величина $\varepsilon_{зпр}$ стає при цьому некомпенсованою та випадковою. Те саме відбувається на автоматичних лініях при використанні пристроїв-супутників. На величину $\varepsilon_{зпр}$ додатково впливає знос поверхонь сполучення при регулярній зміні пристроїв у серійному виробництві.

Похибки закріплення пристрою пов'язані з можливими зміщеннями при деформаціях пружної системи. Для його визначення необхідно проаналізувати в якому напрямку це зміщення можливе, і чи впливає воно на точність виконуваного розміру.

У тих випадках, коли при встановленні та знятті пристрою зношуються настановні елементи та поверхні, що визначають положення пристрою на верстаті, необхідно проаналізувати, чи буде цей знос впливати на точність оброблюваних розмірів. Величина зносу залежить від програми випуску виробів, їх конструкції, розмірів, матеріалу та маси заготовки, стану її базової поверхні, а також умов встановлення заготовки в пристрої та зняття її.

Зношування опор обмежують розрахунковою величиною зносу і контролюють при плановій періодичній перевірці пристроїв. Якщо зношування досягає гранично допустимої величини, роблять зміну опор. У розглянутих вище прикладах зносу піддаються настановні пальці та шпонки. Опорна поверхня пристрою практично не зношується.

Запитання для самоконтролю

1. Чим визначається похибка розміру?
2. Дати визначення похибки установки.
3. Дати визначення похибки базування.
4. У чому полягає методика визначення похибки базування?
5. У чому особливості установки та визначення похибки базування при встановленні заготовки на два циліндричні пальці?
6. У чому особливості встановлення та визначення похибки базування при встановленні заготовки на циліндричний та зрізаний пальці?
7. Як визначається похибка базування під час встановлення циліндричної заготовки у призмі?
8. Як зменшити чи усунути похибку базування?
9. Що таке похибка закріплення та як її визначають?
10. Як зменшити чи усунути похибку закріплення?
11. Дати визначення похибки пристрою.
12. Дати визначення похибки виготовлення.
13. Дати визначення похибки зношування.
14. Які існують види зносу настановних елементів?
15. Дати визначення похибки базування пристрою.
16. Навести приклади встановлення пристрою на столі верстата.
17. Які елементи більш за все зношуються при установці пристрою на столі верстата?

8. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

Точно визначити економічну ефективність застосування технологічної оснастки досить складно, оскільки на ці розрахунки впливає значна кількість факторів, деякі з них не завжди можна оцінити числом (безпека роботи, підвищення точності та якості деталей тощо) або отримати конкретні розрахункові значення цих факторів на ранній стадії проектування оригінального оснащення або вибору існуючого універсального.

І, якщо для пристроїв, які виконують встановлення та закріплення заготовок у процесі обробки або збирання, існують рекомендації щодо вибору типу пристрою (див. рис.2.1) та подальшого розрахунку ефективності його застосування на виробництві, то для решти технологічного оснащення (інструментальні системи; оснащення для спрямування інструменту, оснащення, що розширює технологічні можливості верстатів та ін.) таких рекомендацій у довідковій літературі практично не існує. Кожне підприємство вирішує необхідність застосування такої оснастки на підставі власних потреб та виробничого досвіду. Наприклад, вирішити проблему забезпечення необхідної точності обробки довгих валів можна кількома методами: зниження режимів обробки та збільшення кількості проходів (зниження зусилля різання); застосування спеціального різального інструменту (зміна напрямку дії зусилля різання); використання додаткового оснащення у вигляді люнета (підвищення жорсткості системи ВПЗІ у зоні обробки). Вибір конкретного методу залежить від багатьох чинників (стан устаткування, потужності інструментального господарства підприємства, програми випуску, можливість та потреба випуску деталей з аналогічними характеристиками, кваліфікація працівників тощо.).

У багатьох випадках оцінити ефективність застосування технологічної оснастки можна за допомогою зниження показника відсотка бракованих деталей після обробки. Однак, у цьому випадку встановити таку ефективність можливо тільки після випуску контрольної партії деталей і те, тільки в тому випадку, якщо встановлено, що оснастка, що використовується, реально впливає на появу бракованих деталей. Інакше її застосування не призводить до очікуваних результатів, стає помилкою і призводить до економічних втрат.

У загальному випадку техніко-економічні показники та методика розрахунку економічної ефективності застосування технологічного оснащення спираються на декілька показників:

- коефіцієнт завантаження одиниці технологічної оснастки (K_3);
- витрати на технологічну оснастку при виконанні операцій (B);
- економії від застосування оснащення з витратами на її виготовлення та експлуатацію (E).

Коефіцієнт завантаження дозволяє оцінити перспективи використання оснастки у виробничому процесі, що дозволяє для уніфікованих збірно-розбірних пристроїв у серійному виробництві прогнозувати обсяг та терміни випуску партій різних деталей між переналагодженням пристрою на новий типорозмір.

У загальному випадку K_3 визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{T_{шт} * N}{F_0}$$

де $T_{шт}$ - штучно-калькуляційний час виконання технологічної операції; N – запланована місячна програма на одиницю оснастки (кількість повторів операцій); F_0 - місячний фонд часу роботи оснастки (верстата).

У масовому виробництві, коли технологічна оснастка не змінюється і устаткування налаштовано на випуск однієї й тієї продукції, K_3 збігається із завантаженням верстата і $K_3 \rightarrow 1,0$.

У серійному виробництві, що вище K_3 , то ефективніше використовується оснащення. При $K_3 > 0,8$ необхідно використовувати ще один дублюючий пристрій оснастки.

Сумарні витрати на технологічну оснастку операцій визначають залежно від її типу та можливості використання на різних операціях виробничого циклу.

Для нерозбірних спеціальних пристроїв (НСП) та уніфікованих безналагоджувальних пристроїв за можливості групової обробки (виконання кількох операцій):

$$B_{нсп} = \frac{C_{нсп}}{P_r}$$

де $C_{нсп}$ - собівартість пристрою; P_r – кількість згрупованих на пристрої операцій (при груповій обробці).

Для універсально-налагоджувальних пристроїв (УНП та СНП) необхідно враховувати амортизацію основної, безналагоджувальної частини оснастки:

$$B_{снп} = C_n + \frac{A_{снп}}{P_o}$$

де C_n - собівартість виготовлення змінної частини налагодження; $A_{снп}$ - амортизаційні відрахування за постійну частину; P_o - кількість наладок, закріплених за постійною частиною.

Для універсально-збірних пристроїв (УЗП) є невеликі відмінності в залежності від сфери використання оснастки:

а) якщо УЗП є спеціальним пристроєм:

$$V_{узп} = C_{узп} + \left(C_v \cdot P_c + \frac{A_{узп}}{P_n} \right) \cdot T$$

де $C_{узп}$ - собівартість складання компонентування УЗП; T - час знаходження виробу у виробництві; P_c – кількість збірок у аналізованій період; C_v - витрати за час експлуатації при використанні оснастки; $A_{узп}$ – річні амортизаційні відрахування на елементи компонентування УЗП; P_n - нормативна кількість збірок на рік.

б) якщо УЗП використовується як налагоджувальний пристрій:

$$V_{узпн} = C_n + \left(\frac{C_c \cdot P_c}{P_o} + \frac{A_{узпн}}{P_n + P_o} \right) \cdot T$$

де C_n - собівартість виготовлення налагодження; P_o – кількість закріплених налагодок, шт; P_n – нормативна кількість збірок на рік; C_c - вартість збирання пристрою; P_c - реальна кількість збірок; $A_{узпн}$ – річні амортизаційні відрахування на елементи УЗП; T - час знаходження виробу у виробництві.

Аналогічно і для збірно-розбірних спеціальних пристроїв (УРП) враховується сфера їх застосування:

а) якщо УРП використовується як спеціальний пристрій:

$$V_{срп} = \frac{C_n + C_c + A_{срп} \cdot T}{P_o}$$

де C_n - собівартість виготовлення спеціальних деталей; C_c - вартість складання пристрою; $A_{срп}$ – річні амортизаційні відрахування на елементи УЗП; T - час знаходження виробу у виробництві.

б) якщо УРП використовується як налагоджувальний пристрій:

$$V_{српн} = C_n + \frac{C_c + A_{срп} \cdot T}{P_o}$$

Для універсально-безналагоджувальних пристроїв (УБП) враховуються лише амортизаційні відрахування:

$$V_{убп} = \frac{A_{убп} \cdot T}{P_k}$$

де $A_{убн}$ - амортизаційні відрахування; PK - кількість операцій, що оснащуються; T - час знаходження виробу у виробництві, рік.

Для оцінки ефективності застосування технологічного оснащення найчастіше використовується показник економії від використання оснастки, який розраховується шляхом зіставлення економії від застосування оснастки з витратами на її виготовлення та експлуатацію:

$$E \geq B$$

де E - Очікувана економія від впровадження технологічного оснащення; B – витрати на оснастку.

Сумарна економія від впровадження технологічної оснастки може включати кілька складових:

$$E = E_T + E_{бр} + E_d$$

де E_m - очікувана економія від впровадження технологічної оснастки за рахунок скорочення часу обробки; $E_{бр}$ - очікувана економія від впровадження технологічної оснастки за рахунок скорочення відсотка браку; E_d - очікувана економія від впровадження технологічної оснастки за рахунок додаткових переваг, які в кожному конкретному випадку можуть бути різними (підвищення точності обробки та скорочення часу на наступні складальні роботи, можливість багатOVERSTATного обслуговування, зниження необхідної кваліфікації працівників тощо).

Розрахунок додаткової економії від запровадження технологічної оснастки залежить від конкретної виробничої ситуації підприємства і у цьому посібнику не розглядається.

У тому випадку, коли ефективність використання пристрою виражається скороченням основного та/або допоміжного часу виконання операції, умова ефективного використання виражається формулою:

$$E_T = (T_{шт} - T_{шт}^n) \cdot a_m \cdot N \cdot q$$

де $T_{шт}$ - штучно-калькуляційний час виконання операції без технологічного оснащення або з існуючим оснащенням, хв; $T_{шт}^n$ – очікуваний штучно-калькуляційний час на операції після впровадження проєктованого технологічної оснастки; a_m - собівартість однієї верстато-хвилини; N – запланована місячна програма випуску виробів; q - кількість місяців роботи.

$$a_m = a_{пер} + a_{пп} + a_{пост}$$

де $a_{пер}$ – змінні витрати, пропорційні зміни часу обробки (вони включають заробітну плату виробничих робітників з нарахуваннями на неї); $a_{пп}$ – зміно - постійні витрати, які також змінюються пропорційно до часу обробки (сюди

входять витрати на амортизацію та експлуатацію верстата та універсальних пристроїв); a_{nocm} – інші (непрямі) постійні цінові витрати.

Для випадку, коли ефективність використання пристрою досягається за рахунок скорочення відсотка браку виробів, що випускаються, розрахунок очікуваної економії визначається за формулою:

$$E_{бр} = [K_{брн} \cdot (\varphi_{стон} - \varphi_{нтон}) + K_{брв} \cdot (\varphi_{стов} - \varphi_{нтов})] \cdot N \cdot C_B$$

де $K_{брн}$, $K_{брв}$ - коефіцієнт, що враховує стадію виготовлення деталі або виробу для невивиправного та виправного шлюбу відповідно; $\varphi_{стон}$, $\varphi_{стов}$ – відсоток шлюбу при виконанні операції без технологічного оснащення або з існуючим оснащенням для невивиправного та виправного браку відповідно; $\varphi_{нтон}$, $\varphi_{нтов}$ – очікуваний відсоток браку на операції після впровадження технологічної оснастки для невивиправного та виправного браку відповідно; C - собівартість однієї деталі; N – запланована програма випуску виробів.

Значення коефіцієнта $K_{бр}$ залежить від типу виробництва, стадії виконання технологічного процесу, виду браку (виправний чи непоправний). Чим пізніше виконується технологічна операція в ході технологічного процесу, тим більше значення коефіцієнта.

Для виробів з високою собівартістю при браку, що виправляється, може проводитися розрахунок додаткових витрат на виправлення браку.

Основною проблемою при використанні даної методики розрахунку ефективності є визначення собівартості пристрою залежно від його типу (проектування, виготовлення, налагодження) на ранніх стадіях розрахунку, коли ще немає схем компоновання, складу елементів, типів приводу та ін.

У цьому випадку застосовуються різні методики укрупненого розрахунку на підставі собівартості прототипу (пристрою аналога) та коригування її поправочними коефіцієнтами на габарити, складність конструкції, заявлену точність позиціонування тощо. Як порівняльні характеристики можуть використовуватися маса виробу, кількість елементів у виробі та ін.

Наприклад, один з варіантів наближеного розрахунку вартості верстатного пристрою можна виконати за формулою:

$$S = C \cdot K_d \cdot K_z \cdot K_m \cdot K_t$$

де S - собівартість виготовлення пристрою; C – вартість пристрою аналога; K_d - коефіцієнт, що враховує кількість деталей у пристрої порівняно з аналогом; K_z - коефіцієнт, що враховує складність пристрою в порівнянні з аналогом; K_m - коефіцієнт, що враховує масу деталей у пристрої порівняно з аналогом; K_t - коефіцієнт, що враховує точність деталей у пристрої порівняно з аналогом.

Такий розрахунок за укрупненою методикою дозволяє якісно оцінити ефективність у тому випадку, коли E набагато більше.

У тих випадках, коли величини E і B можна порівняти додатковий аналіз доцільності застосування нового технологічного оснащення, або за рахунок введення в розрахунки нових додаткових даних, або за рахунок розгляду характеристик оснастки, які безпосередньо не впливають на ефективність використання, виражену в грошовій формі (додаткова безпека робіт, поліпшення умов праці та ін.).

Застосування технологічної оснастки або вдосконалення її компонентів часто призводять до перебудови всього технологічного процесу, у зв'язку з тим, що виключаються або видозмінюються окремі операції. У цьому випадку зіставляють собівартість механічної обробки деталі, яка залежить від оснащення, не за окремими операціями, а за сукупними процесами виготовлення деталей, вузлів, агрегатів і машин загалом.

Такі розрахунки досить об'ємні, залежить від великої кількості чинників, тому є об'єктом дослідження економічних дисциплін і не розглядаються у цьому посібнику.

Запитання для самоконтролю

- 1. Які якісні техніко-економічні показники можуть бути покращені за рахунок застосування технологічної оснастки?*
- 2. Які кількісні показники застосування технологічної оснастки дають змогу підвищити економічну ефективність виробничого процесу?*
- 3. У чому проявляється складність точної оцінки економічної ефективності застосування технологічної оснастки?*
- 4. Які техніко-економічні показники використовують при оцінці ефективності застосування технологічної оснастки?*
- 5. Що дозволяє оцінити коефіцієнт завантаження одиниці технологічної оснастки?*
- 6. Як розраховуються сумарні витрати на використання нерозбірних спеціальних пристроїв?*
- 7. Як розраховуються сумарні витрати на використання універсально-налагоджувальних пристроїв?*
- 8. Як розраховуються сумарні витрати на використання універсально-складальних пристроїв?*
- 9. Коли застосовується спрощений розрахунок вартості нової технологічної оснастки?*
- 10. Які параметри зазвичай враховуються за спрощеного розрахунку пристрою?*

Література

1. Jigs and Fixtures / Albert A. Dowd, Frank W. Curtis – New York: “McGraw-Hill Book Company”, 1922 – 312p/
2. Яковенко, І.Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів напрямку 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: «Діса плюс», 2022. – 424 с.
3. Яковенко, І.Е. Гнучкі виробничі системи: навчальний посібник для студентів напрямку 131 – Прикладна механіка / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, О. М. Шелковой. Харків: «Діса плюс», 2019. – 246 с.
4. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений : учебник для вузов / В. С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1983. – 277 с.
5. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1975. – 656 с.
6. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – М. : Машиностроение, 1979. – 303 с.
7. Кузнецов, Ю. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. Н. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – М.: Машиностроение, 1983. – 359 с.
8. Боженко, Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: посібник / Л. І. Боженко. – Львів: Світ, 2001.–296с.
9. Андреев, Г. Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков., А. Г. Схиртладзе. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 415 с.
10. Кузнецов, Ю. Н.Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монографія/ Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. ЭльДахаби. – Габрово: «Васил Априлов», 2010. – 724 с.
11. Кузнецов, Ю.М. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів: монографія/ Ю.М. Кузнецов, Б.І. Придальний. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 352 с.
12. Гевко, Б.М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. Навчальний посібник / Б.М. Гевко, М.Г. Дичковський, А.В. Матвійчук – К. : Кондор, 2009. – 220 с.
13. Боровик, А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. – К.: «Кондор». 2008. - 726с.
14. Пермяков А.А., Яковенко И.Э. К вопросу об унификации установочно зажимных приспособлений агрегатированного оборудования //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія:

Технології в машинобудуванні. – Харків. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 33 (1205). – 166 с. – с.38-43

15. Іванов В.О., Дегтярьов І.М., Яковенко І.Е. Експериментальні дослідження верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології у машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 66–74. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X.

16. Косов, Н. П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие для вузов./ Н. П. Косов, А. Н Исаев., А. Г. Схиртладзе – М.: Машиностроение, 2005. - 304 с.

17. Справочник технолога-машиностроителя. / Дальский А.М., Косилова А.Г., Мещерякова Р.К., Суслов А.Г. и др. 5-е издание, перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 2003. Т.1 – 910 с., Т.2 – 943 с.

18. Кравченко С.И. Требования к конструкции и критерии оценки параметров универсальных сборно-разборных приспособлений / С.И. Кравченко, О.В. Бондарь // Зб. наук. пр. Полтавського нац. техн. ун-ту ім. Ю. Кондратюка. Сер. Галузеве машинобудування, будівництво. – Вип. 5 (35). – Полтава, 2012. – С. 49–53.

19. Конструкции универсальных сборно-разборных приспособлений для сборочно-сварочных работ (УСРП-С) [Текст] / А.Я. Мовшович, К.А. Изотова, Ю.А. Черная, О.В. Бондарь // Машинобудування: зб. наук. пр. Української інженерно-пед. акад. – № 9. – Х., 2012. – С. 148–161.

20. Пермяков А.А. Оптимизация присоединительных размеров универсальных сборно-разборных переналаживаемых приспособлений / А.А. Пермяков, Е.А. Фролов, О.В. Бондарь // Открытые информационные и компьютерные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 78. – Х., 2017. – С. 75-82.

21. Бондар О.В. Технологічне забезпечення якості збірно-зварних робіт при використанні переналагоджуваних пристосувань в умовах багатомономенклатурного машинобудівного виробництва // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Харків.: НТУ «ХПІ». - 2017. – 210с.

22. Yakovenko I.E., Permyakov A.A., Kharchenko O.S. Development of the component base of unified assembly and parts of installation clamping devices. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні / Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. - № 1 (2022): p.21-26. [https://doi.org/10.20998/2079-004X.2022.1\(5\).03](https://doi.org/10.20998/2079-004X.2022.1(5).03)

23. Edward G. Hoffman Jig and Fixture Design. Fifth Edition. / Clifton Park – Cengage Learning: Delmar – 2004- 386p.

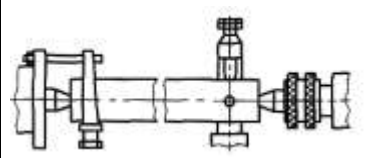
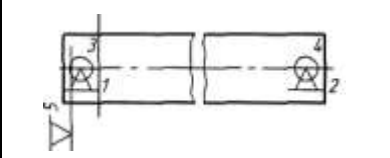
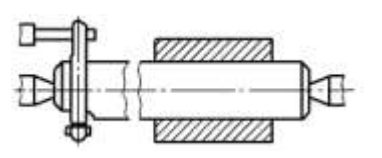
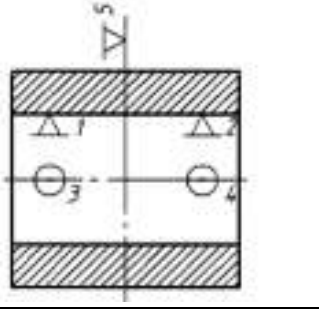
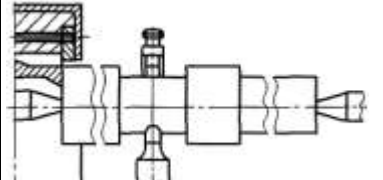
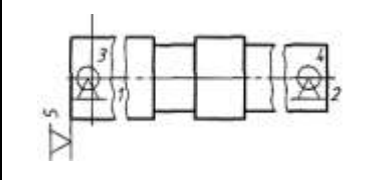
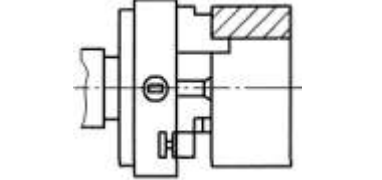
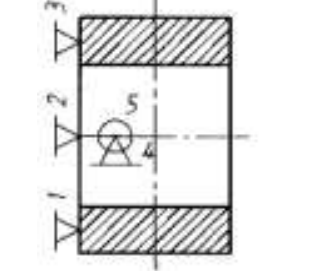
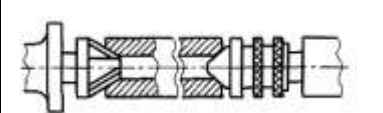
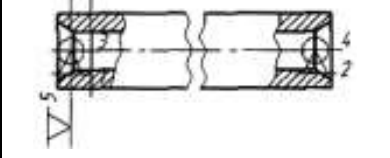
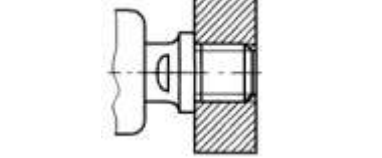
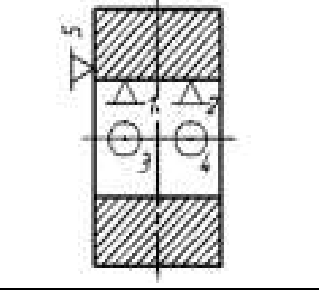
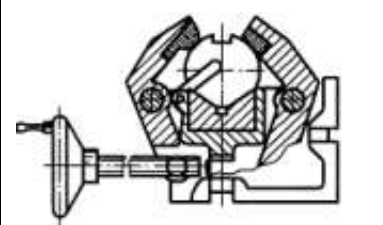
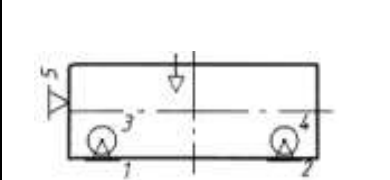
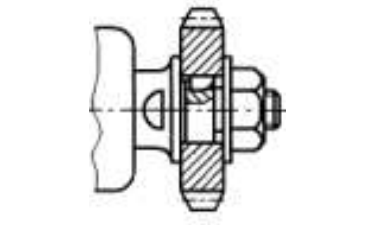
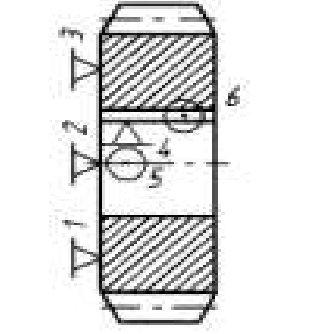
24. Новіков Ф. В. Теоретичні основи фінішної механічної обробки [Електронний ресурс]: монографія / Ф. В. Новіков. – Дніпро : ЛІРА, 2023. – 340с.

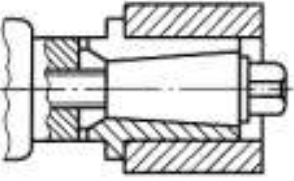
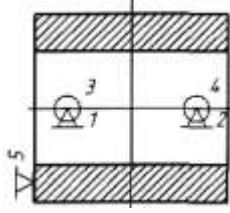
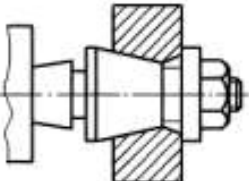
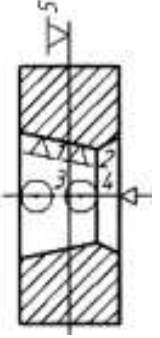
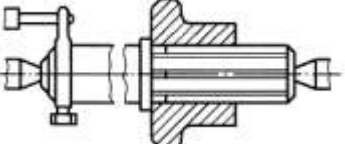
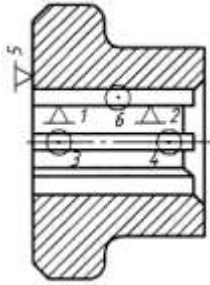
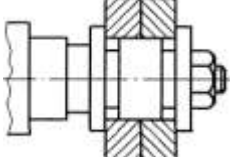
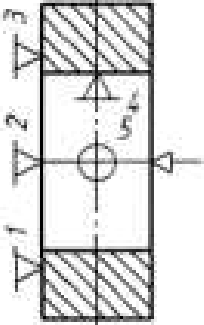
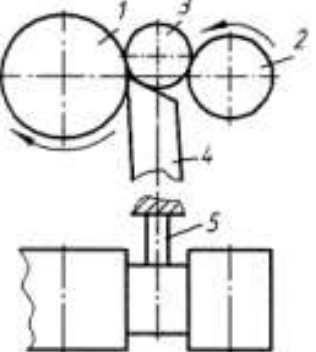
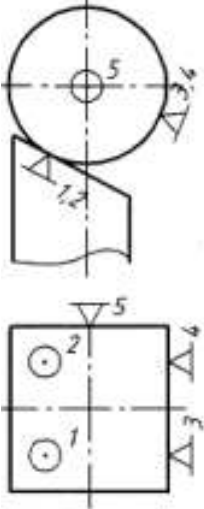
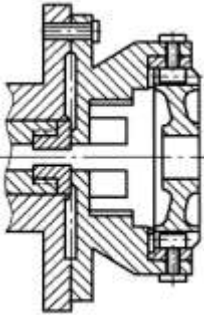
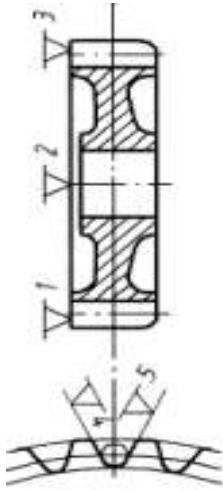
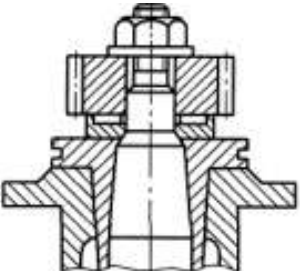
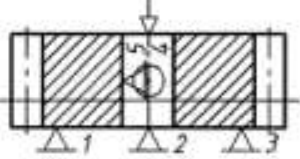
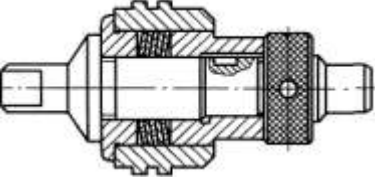
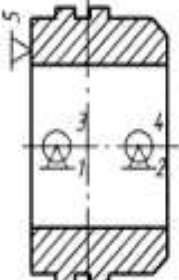
25. Новіков Ф. В. Теплові та механічні процеси металообробних технологій [Електронний ресурс]: монографія / Ф. В. Новіков. – Дніпро : ЛІРА, 2022. – 412с.

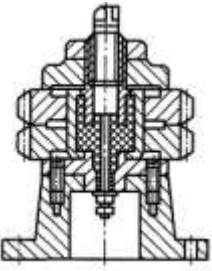
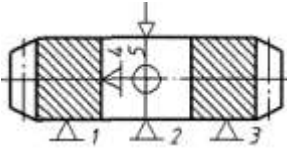
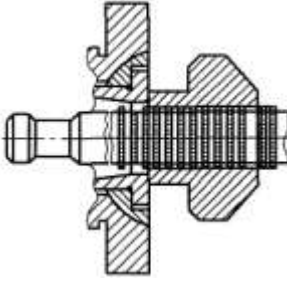
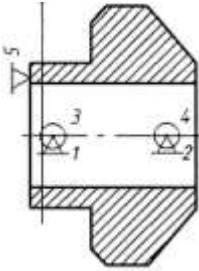
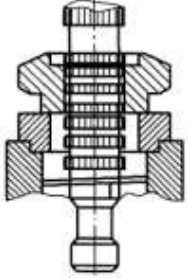
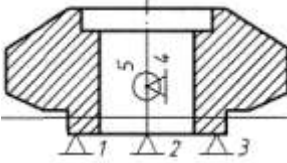
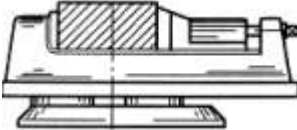
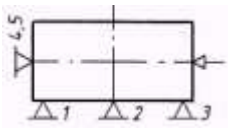
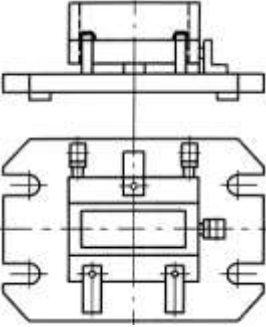
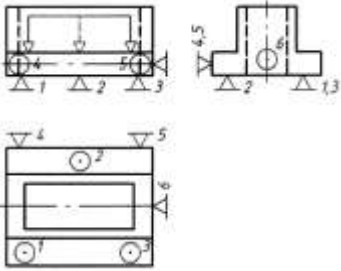
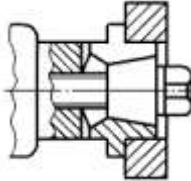
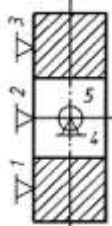
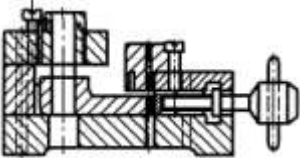
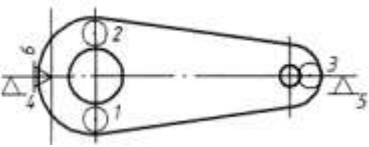
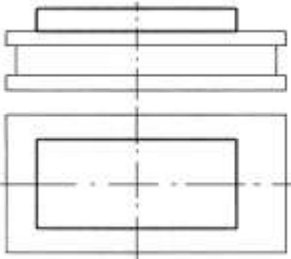
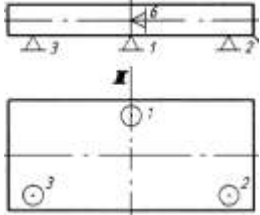
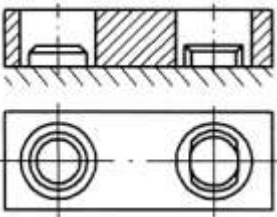
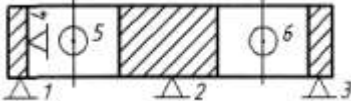
26. Новіков Ф. В. Технічна механіка : навч. посіб. / Ф. В. Новіков, Д. Ф. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2023. -328с.

Додаток 1. Приклади типових схем базування заготовок

Таблиця Д1.1 - Позначення опор на видах

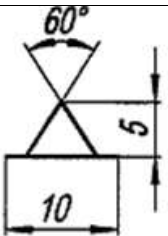


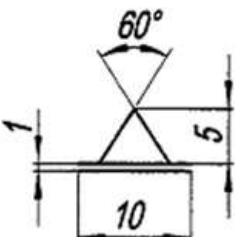
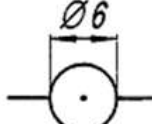

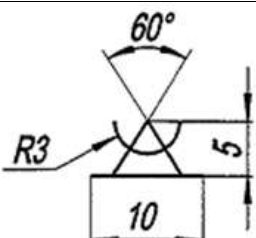
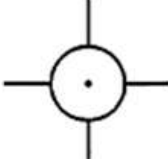
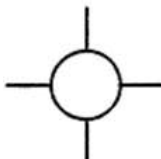
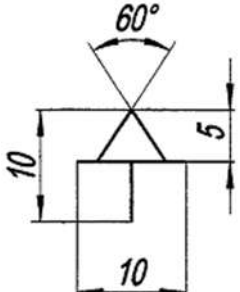


Схема встановлення	Теоретична схема базування	Схема встановлення	Теоретична схема базування
У центрах з повідцем, центром, що обертається, і рухомим люнетом		На конічній оправці	
			
У повідковому патроні, із звичайним центром та нерухомим люнетом		У патроні з центральним отвором	
			
У грибковому центрі, що обертається		На довгій різьбовій оправці	
			
На призмах із упором у торець		На циліндричній оправці зі шпонкою та з упором у торець	
			

На цанговій оправці з упором у торець		На конічній оправці	
			
На шліцьовій оправці з упором торець		На опорній поверхні та короткій циліндричній оправці	
			
У довгій призмі з упором у торець		На опорній поверхні та центруванні по короткому циліндру	
			
На опорній поверхні та короткому циліндрі		По довгому циліндрі з упором у торець	
			

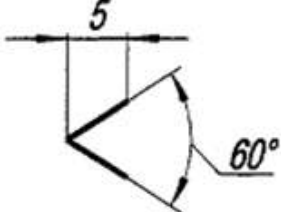
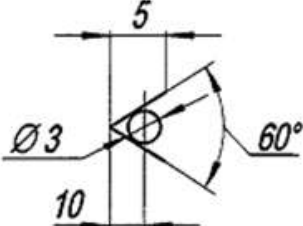
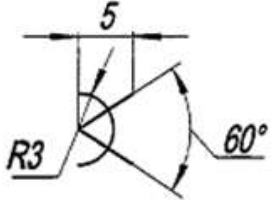
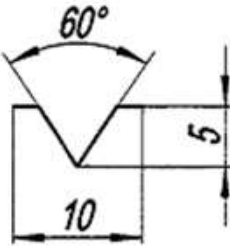


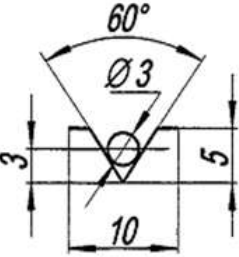


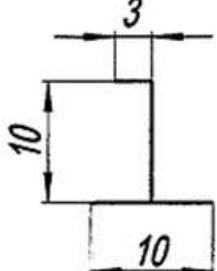


На опорній поверхні та короткому циліндрі		По довгому циліндрі з упором у торець	
			
На опорній поверхні та короткому циліндрі		На опорній поверхні та плоскій напрямній	
			
На опорній поверхні по плоскій напрямній з упором у торець		На опорній поверхні по короткому циліндру	
			
На опорній поверхні з центруючими призмами		На опорній поверхні	
			
На опорній поверхні по короткому циліндру та поворотному пальцю			
			

Додаток 2. Умовні позначення настановних елементів

Таблиця Д.2.1 – Позначення опор на видах

Схема	Позначення опор на видах		
	Спереду, ззаду	Зверху	Знизу
Нерухома			
Рухлива			
Плаваюча			
Регулююча			

Таблиця Д.2.2 – Позначення настановних елементів на видах

Схема	Позначення опор на видах		
	Спереду, ззаду, зверху, знизу	Зліва	Праворуч
Центр нерухомий		Без позначення	Без позначення
Центр, що обертається		Без позначення	Без позначення
Центр плаваючий		Без позначення	Без позначення
Оправка циліндрична			
Оправка кулькова			
Патрон повідковий			

Таблиця Д.2.3 – Позначення опор на видах

Форма робочої поверхні	Позначення форми на видах	Форма робочої поверхні	Позначення форми на видах
Плоска		Сферична	
Циліндрична (кулькова)		Призматична	
Конічна		Ромбічна	
Тригранна			

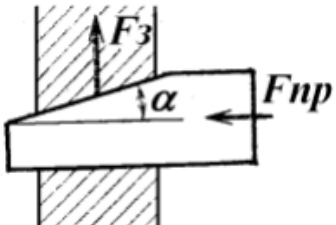
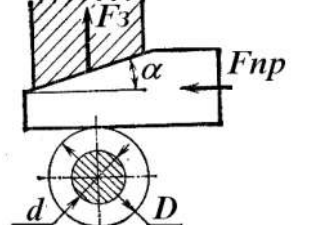
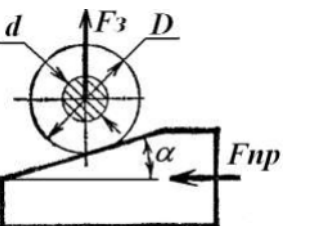
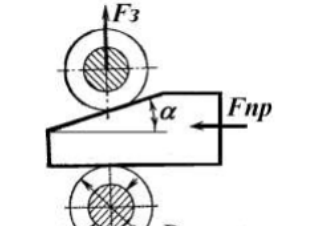
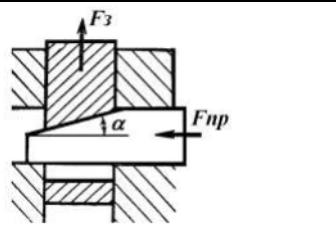
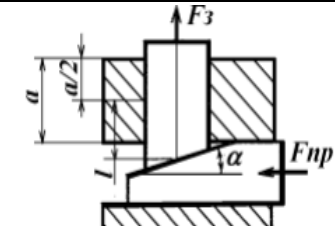
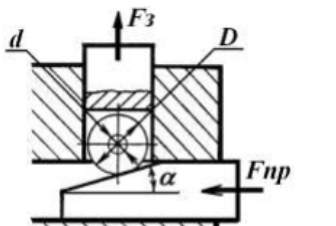
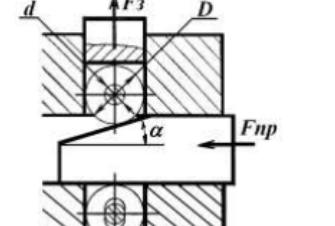
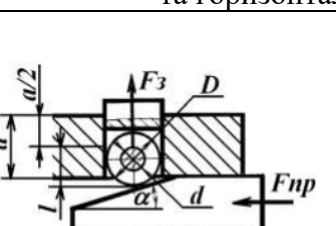
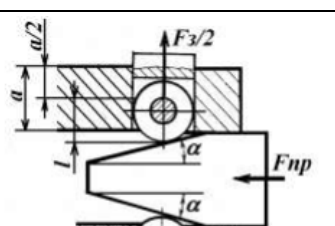
Таблиця Д.2.4 - Позначення силових пристроїв затискача

Тип затискача	Позначення пристрою
Пневматичний	Р
Гідравлічний	Н
Електричний	Е
Магнітний	М
Електромагнітний	ЕМ
Інші	Без позначення

Таблиця Д.2.5 – Приклади нанесення позначень опор, затискачів, пристроїв

Спосіб встановлення	Схема позначення	Спосіб встановлення	Схема позначення
Центр нерухомий		Центр рифлений	
Центр плаваючий		Центр, що обертається	
Центр зворотний, що обертається з рифленою поверхнею		Патрон повідковий	
Люнет рухливий		Люнет нерухомий	
Опора циліндрична		Опора конічна, роликів	
Оправка різбова, циліндрична, із зовнішнім різбленням		Оправка шліцьова	
Оправка цангова		Затискач пневматичний з циліндричною рифленою робочою поверхнею	
Опора регульована зі сферичною опуклою робочою частиною		У лещатах із призматичними губками та пневматичним затискачем	
У кондукторі з центруванням на циліндричний палець, з упором на три нерухомі опори і застосуванням електричного пристрою подвійного затиску зі сферичними робочими поверхнями		У трикуладковому патроні з упором у торець і механічним затиском, з підтиском обертвовим центром і додатковою опорою у вигляді рухомого люнета	

Додаток 3. Розрахункові схеми клиноплунжерних механізмів

Схема	Розрахунок значення i_c	Схема	Розрахунок значення i_c
Клинові затискні механізми			
З тертям ковзання на похилій та горизонтальній площинах клинів		З тертям ковзання на похилій поверхні та з роликком на горизонтальній	
	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}$		$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_{1np}}$
З роликком на похилій поверхні та з тертям ковзання на горизонтальній поверхні		З роликками на похилій та горизонтальній поверхні	
	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1}$		$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_{1np}}$
Клиноплунжерні затискні механізми			
З двоопорним плунжером без роликів		З одноопорним плунжером без роликів	
	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \times \operatorname{tg}\varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}$		$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \times \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}$
З одноопорним плунжером та роликком на похилій поверхні		З двоопорним плунжером та роликком на похилій та горизонтальній поверхні	
	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \times \operatorname{tg}\varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_1}$		$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \times \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_{1np}}$
З одноопорним плунжером та роликками на похилій та горизонтальній площинах		Двоплунжерний з роликками на похилих поверхнях	
	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \times \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_{1np}}$		$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \times \operatorname{tg}\varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg}\varphi_{np}}$

Примітки:

φ та φ_1 – кути тертя відповідно на похилій та горизонтальній поверхнях клину;

$\varphi_{np} = \arctg (d/ D) \operatorname{tg} \varphi$ та $\varphi_{1np} = \arctg (d/D) \operatorname{tg} \varphi_1$ - наведені кути тертя відповідно на похилій та горизонтальній поверхнях клину;

φ_2 та $\varphi_{2np} = \arctg (3 * l / a) \operatorname{tg} \varphi_2$ – кути тертя відповідно двоопорного та одноопорного плунжерів; зазвичай $\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'$; $\varphi_{np} = \varphi_{1np} = 2^\circ 50'$; $\varphi_{2np} = 11^\circ 50'$;

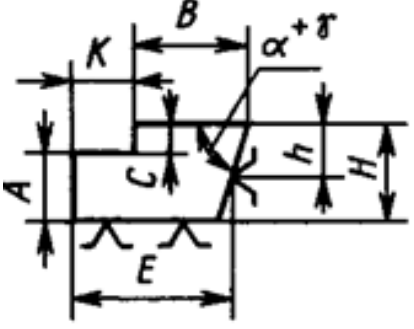
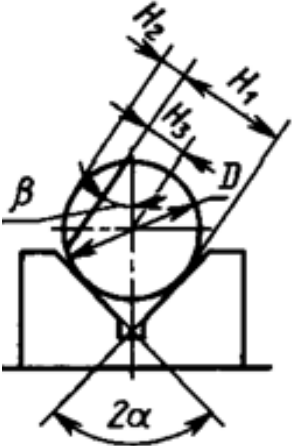
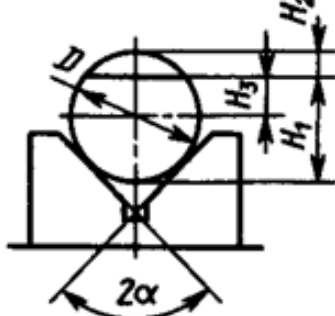
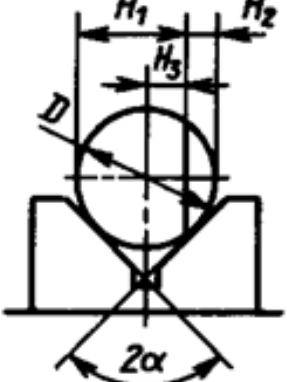
D і d – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри роликів (у конструкціях клинових затискних механізмів використовують стандартні ролики та осі, у яких $D = 22 \dots 26$ мм, а $d = 10 \dots 12$ мм, зазвичай $d/D = 0,5$);

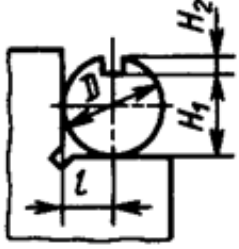
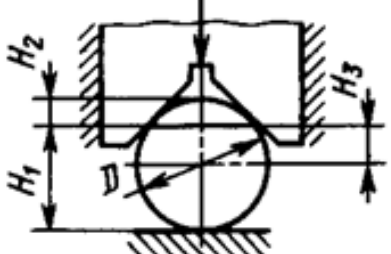
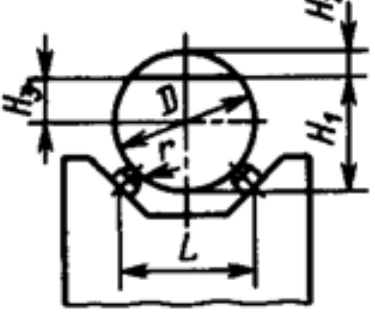
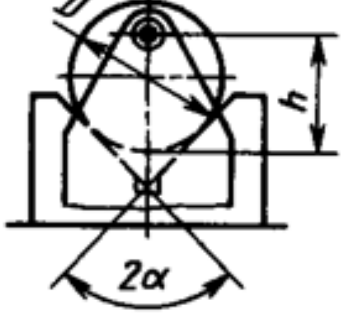
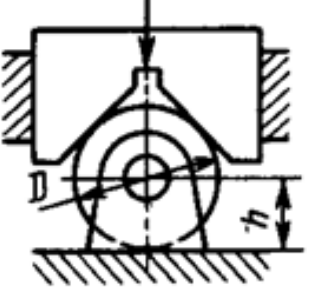
a - Довжина бічної опори плунжера;

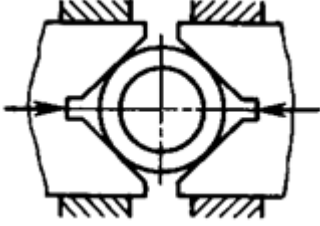
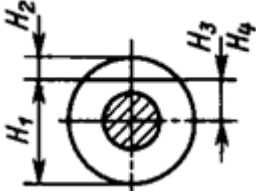
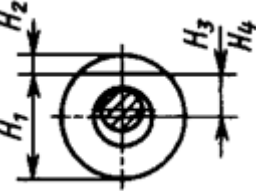
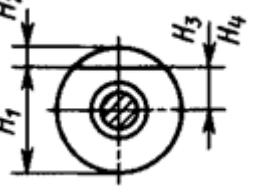
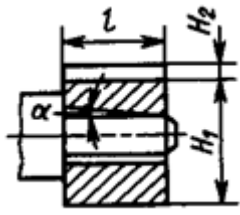
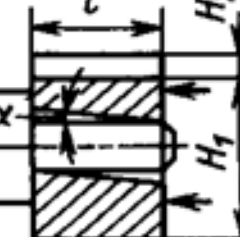
l – відстань від сили F_3 до середини бічної опори плунжера

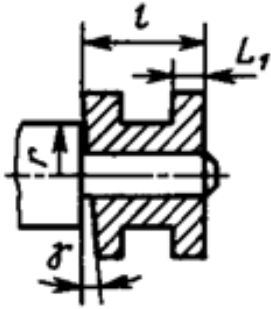
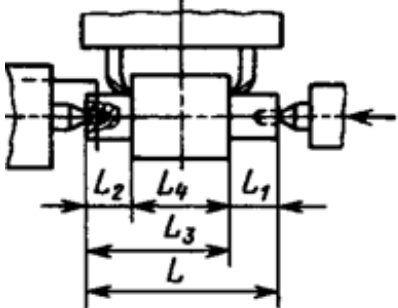
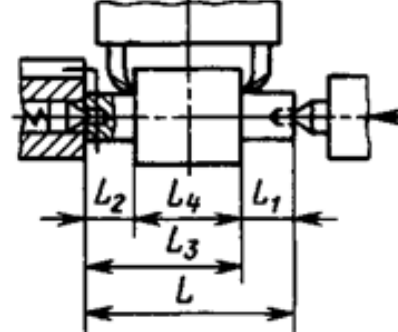
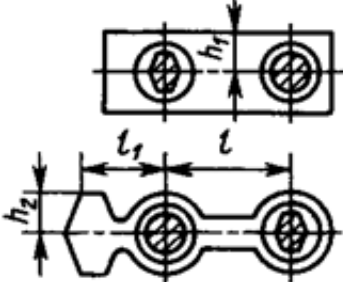
Додаток 4. Типові схеми розрахунку похибки базування

Таблиця Д.4.1 – Похибка базування за різних схем установки заготовок

Опис базування	Схема встановлення	Розмір	Похибка базування
По двох плоских поверхнях (Обробка уступу)		A	0
		B	$Th \cdot \operatorname{tg} \alpha$ при $\alpha \neq 90^\circ$
		C	0 при $\alpha = 90^\circ$
		K	TE
По зовнішній циліндричній поверхні (У призмах при обробці площини або паза)		H₁	$0,5 TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1 \right)$ при $\beta = \alpha \neq 90^\circ$
			$0,5 TD \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \right)$ при $\beta = 0^\circ \neq \alpha$
		H₂	$0,5 TD \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} + 1 \right)$
По зовнішній циліндричній поверхні (У призмах при обробці площини або паза)		H₁	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$
		H₂	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$
		H₃	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} \right)$
По зовнішній циліндричній поверхні (У призмах при обробці площини або паза)		H₁	$0,5 TD$
		H₂	$0,5 TD$
		H₃	0

По зовнішній циліндричній поверхні (У призмі в «кут» при обробці площини або паза)		I	0,5 TD
		H ₁	0
		H ₂	TD
По зовнішній циліндричній поверхні (На площині та при затиску призмою)		H ₁	0
		H ₂	TD
		H ₃	0,5 TD
По зовнішній циліндричній поверхні (У призмах зі сферичними опорами при обробці площини або паза)		H ₁	A – 0,5 TD
		H ₂	A + 0,5 TD
		H ₃	A
		$A = \sqrt{(r + 0,5D_{min} + 0,5TD)^2 - 0,5L^2} - \sqrt{(r + 0,5D_{min})^2 - 0,25L^2}$	
По зовнішній циліндричній поверхні (У призмах при свердлінні отвору по кондуктору)		h	0,5 TD $\left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1\right)$ при h > 0,5D
			0,5 TD $\left(\frac{1}{\sin \alpha}\right)$ при h = 0,5D
			0,5 TD $\left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1\right)$ при h < 0,5D
По зовнішній циліндричній поверхні (На площині та при затиску призмою при свердлінні отвору по кондуктору)		h	0,5 TD

По зовнішній циліндричній поверхні (При затиску самоцентруючими призмами)		e	0
По отвору (На палець установочний циліндричний або оправку із зазором при обробці площини або паза)		H₁; H₂	$0,5TD+2e+\delta_1+\delta_2+2\Delta$
		H₃	$2e+\delta_1+\delta_2+2\Delta$
		H₄	$\delta_1+\delta_2+2\Delta$
По отвору (На палець установочний циліндричний або оправку із зазором та односторонньому притисканні при обробці площини або паза)		H₁; H₂	$0,5TD+2e+0,5\delta_2$
		H₃	$2e+0,5\delta_1+0,5\delta_2$
		H₄	$0,5\delta_1+0,5\delta_2$
По отвору (На палець настановний циліндричний з натягом або розтискну оправку при обробці площини або паза)		H₁; H₂	$0,5TD+2e$
		H₃	$2e$
		H₄	0
По отвору (На палець або оправку із зазором при обробці площини або паза та торець неперпендикулярний осі базового отвору)		H₁; H₂	$0,5TD+2e+\delta_1+\delta_2+2\Delta-2l \operatorname{tg}\alpha$
По отвору (На палець або оправку з одностороннім притисканням при обробці площини або паза та торець неперпендикулярний осі базового отвору)		H₁; H₂	$0,5TD+2e+0,5\delta_2+l \operatorname{tg}\alpha$

<p>По отвору (На палець або оправку без зазору при обробці площини або паза та торець неперпендикулярний осі базового отвору)</p>		<p>L_1</p>	<p>$\delta_1 + 2r \operatorname{tg} \gamma$</p>
<p>По центровим отворам (На жорсткий передній центр)</p>		<p>L_1</p>	<p>$\delta_L + \Delta_u$</p>
		<p>$L_2; L_3$</p>	<p>$\Delta_u = \frac{\delta_d}{2 \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right)}$</p>
<p>По центровим отворам (На плаваючий передній центр)</p>		<p>L_1</p>	<p>δ_L</p>
<p>По двох отворах (На пальцях при обробці верхньої поверхні)</p>		<p>h_1</p>	<p>$2\Delta + \delta_1 + \delta_2$</p>
		<p>h_2</p>	<p>$(2\Delta + \delta_1 + \delta_2) \left(\frac{2l_1 + l}{l} \right)$</p>

Примітка

TD – допуск на зовнішній діаметр заготовки;

L – відстань між центрами опор;

e – ексцентриситет осі отворів щодо зовнішньої поверхні;

δ_1 – допуск на діаметр отвору;

δ_2 – допуск на діаметр пальця;

δ_l – допуск на довжину заготовки;

δ_d – допуск на діаметр центрального отвору (просідання центру);

Δ – мінімальний радіальний зазор посадки заготовки на палець;

Δ_u – Похибка глибини центрального отвору;

Додаток 5. Похибки пристрою для розрахунку точність

Таблиця Д.5.1 - Похибка установки ϵ_y заготовок в патронах і на оправках уздовж осі без вивірки, мкм

Тип пристрою	Квалітети обробки бази заготовки	ϵ_y
Оправка -цангові при діаметрах бази заготовок, мм: до 50 св. 50 до 200 -циліндричні для встановлення заготовок з гарантованим зазором та з закріпленням гайкою по торцю.	 7-9 8-10 -	 20 50 10
Патрони - трикулачкові з термічно не обробленими кулачками або розрізними втулками при діаметрах бази заготовок до 120 мм. - двокулачкові при діаметрах бази заготовок до 200 мм: - гвинтові - рейкові	при зазорі до закріплення 0,02-0,10 мм 10-12 10-12	 10-120 50-100 15-40
Примітки: 1. При застосуванні пневматичного та гідравлічного приводів похибки установки зменшуються на 20-40% порівняно із зазначеними. 2. Похибки установки заготовок у цанговому та трикулачковому патронах див. табл. 2. 3. Термічно не оброблені кулачки і втулки застосовують для обробки партії заготовок трохи більше 80-120 одиниць.		

Таблиця Д.5.2 - Похибка встановлення ϵ_y заготовок у цанговому та трикулачковому патронах уздовж осі без вивірювання, мкм

Заготовка	Діаметр бази заготовок, мм								
	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 260	Св.260 до 500
Пруток - калібрований з точністю до 12 квалітету	У цанговому патроні								
	30	40	50	60	70	80	-	-	-
	У трикулачковому патроні								
Пруток гаряче - катаний : зі шліфованою базою; з базою, - отриманою чистовим точінням	До 70	80-130	100- 150	150- 190	200- 250	300- 350	420-520		
	10			15			25		30
	30			50			80		100
Лиття за - виплавлюваними моделями або в оболонкову форму; з базою, що отримується напівчистовим точінням	50			80			100		120
Лиття в металеву форму; штампована на кривошипному пресі	80			100			120		150

Примітки:

1. При установці в цангових патронах одиничних заготовок замість прутків ϵ_y збільшується на 10-30 мкм в порівнянні з зазначеною.
2. При встановленні в патронах з рухомою цангою (III роду) ϵ_y становить 5-20 мкм.
3. Підтисканням заготовок при закріпленні в патронах ϵ_y можна зменшити на 20-30% порівняно із зазначеною.
4. У патронах з пневматичним та гідравлічним приводами ϵ_y зменшується на 20-40% порівняно із зазначеною.

Таблиця Д.5.3 - Похибки установки ϵ_y заготовок плоскою поверхнею (на пальці і пластини), мкм

Заготовка	Пальці						Пластини					
	Найбільший розмір заготовки за нормаллю до обробленої поверхні, мм											
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120
зі шліфованою базою	$\frac{60}{35}$	$\frac{70}{40}$	$\frac{80}{50}$	$\frac{90}{55}$	$\frac{100}{60}$	$\frac{110}{70}$	$\frac{20}{15}$	$\frac{30}{20}$	$\frac{40}{25}$	$\frac{50}{30}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{70}{50}$
лита під тиском; з базою, отриманою чистовим або тонким фрезеруванням або струганням	$\frac{70}{55}$	$\frac{80}{60}$	$\frac{90}{65}$	$\frac{100}{70}$	$\frac{110}{80}$	$\frac{120}{100}$	$\frac{30}{25}$	$\frac{40}{30}$	$\frac{50}{35}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{70}{50}$	$\frac{80}{60}$
лита за моделями, що виплавляються, або в оболонкову форму; з базою, що отримується чорновим фрезеруванням або струганням	$\frac{80}{65}$	$\frac{90}{70}$	$\frac{100}{75}$	$\frac{110}{80}$	$\frac{120}{90}$	$\frac{130}{110}$	$\frac{40}{35}$	$\frac{50}{40}$	$\frac{60}{50}$	$\frac{70}{55}$	$\frac{80}{60}$	$\frac{90}{70}$
лита в металеву форму	—	$\frac{100}{80}$	$\frac{110}{90}$	$\frac{120}{100}$	$\frac{130}{110}$	$\frac{140}{120}$	$\frac{55}{50}$	$\frac{60}{55}$	$\frac{70}{60}$	$\frac{80}{65}$	$\frac{90}{70}$	$\frac{100}{80}$
лита в піщану форму машинного формування за металевими моделями; штампована, гарячекатана	$\frac{90}{70}$	$\frac{100}{90}$	$\frac{125}{100}$	$\frac{150}{120}$	$\frac{175}{140}$	$\frac{200}{160}$	$\frac{90}{70}$	$\frac{100}{80}$	$\frac{110}{90}$	$\frac{120}{100}$	$\frac{135}{110}$	$\frac{150}{120}$

Примітка.

У чисельнику - для пристроїв із немеханізованими гвинтовим та ексцентриковим затискним механізмами, у знаменнику – для пристроїв із пневматичним приводом.

При встановленні заготовок з вивіркою відповідна похибка установки $\epsilon_{y,v}$ виникає через неточність вивірки за ризиками розміток або безпосередньо по поверхнях заготовки. Похибка ϵ_y включає також і похибку закріплення ϵ_z . При укрупнених розрахунках на точність обробки похибку установки з вивіркою ϵ_y можна визначити за таблицями Д.5.4-Д.5.6.

Таблиця Д.5.4 - Похибка встановлення ϵ_y заготовок у лещатах, мкм

Тиски	Спосіб встановлення	ϵ_y
гвинтові	на підкладці: у вільному стані	100-200
	із постукуванням при закріпленні	50-80
ексцентрикові	на підкладці	40-100
	без підкладки	30-50
Примітки: 1. При постійній силі закріплення зазначені похибки зменшуються на 30-50%. 2. Розмір заготовки по нормалі до губок лещат до 60 мм.		

Таблиця Д.5.5 - Похибка установки $\epsilon_{y,v}$ заготовок на столі верстата з вивіркою по плоскій поверхні, мм

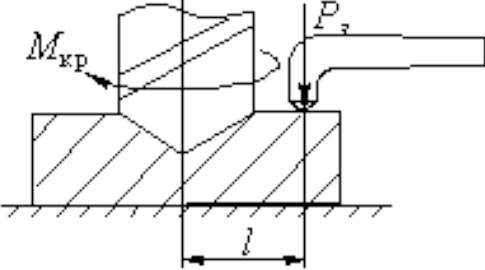
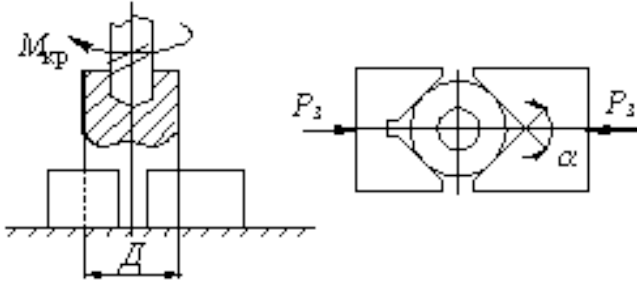
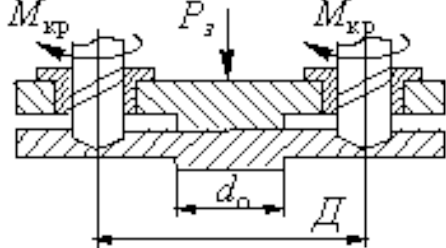
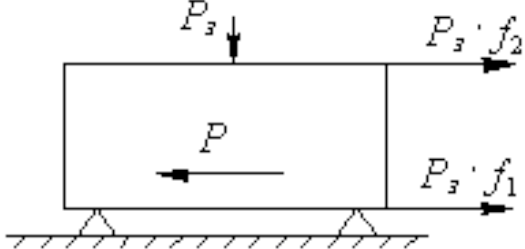
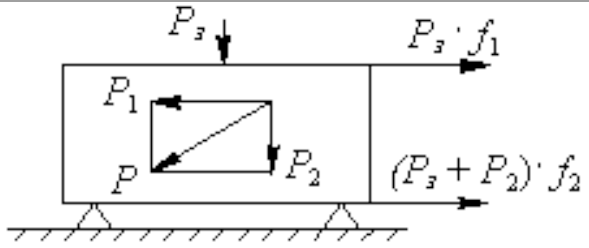
Спосіб вивіряння	Найбільший розмір плоскої поверхні, м			
	До 1	Св. 1 до 3	Св. 3 до 6	Св. 6
по розмітці голкою	0,5	1	2	3
Індикатором плоскої поверхні, обробленої струганням або фрезеруванням:				
чорновим	0,15	0,2	0,4	0,6
чистовим	0,05	0,03	0,10	0,15

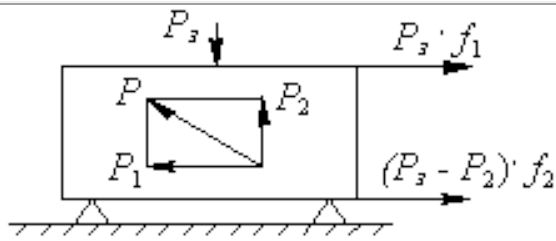
Таблиця Д.5.6 - Похибки установки $\epsilon_{y,v}$ заготовок з циліндричної бази з вивіркою, мм

Спосіб вивіряння	Тип заготовки (за масою)		
	дрібні	середні	великі
голкою	0,5/1,0	1,0/1,8	2,0/3,0
індикатором	0,02-0,04	0,03-0,06	0,05-0,08
Примітки: 1. Методи встановлення та вивіряння наведені в табл. 7. 2. У чисельнику при вивірці голкою по поверхні необробленої, а знаменнику – по поверхні, обробленої напівчистовим точінням. 3. Вивіряння індикатором на поверхні, обробленої чистовим точінням.			

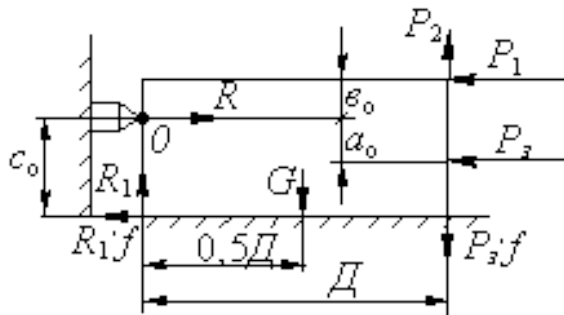
Додаток 6. Схеми та розрахункові формули для визначення зусиль затиску заготовки

Таблиця Д.6.1 - Схеми визначення затискного зусилля P_3 для різних видів обробки.

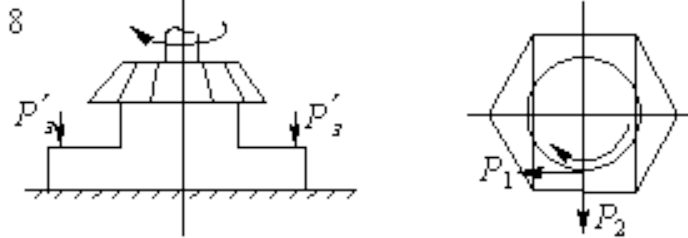
	$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр}}{f_1 \cdot l}$
	$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{f_1 \cdot D}$
	$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot n}{\frac{1}{3} f_1 \cdot \left(\frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} \right)}$
	$P_3 = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}$
	$P_3 = \frac{K \cdot (P_1 - P_2 f_2)}{f_1 + f_2}$



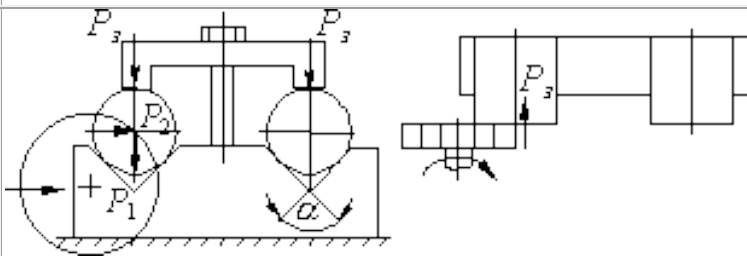
$$P_3 = \frac{K \cdot (P_1 + P_2 f_2)}{f_1 + f_2}$$



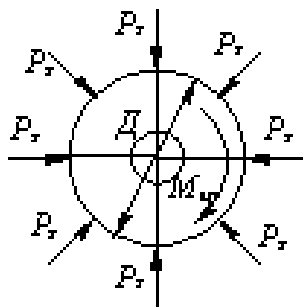
$$P_3 = \frac{K \cdot [P_2(f_1 \cdot l_0 + D) + P_1 \epsilon_0]}{f_1 + f_2} - \frac{G(f_1 \cdot c_0 + 0,5D)}{f_1 + f_2}$$



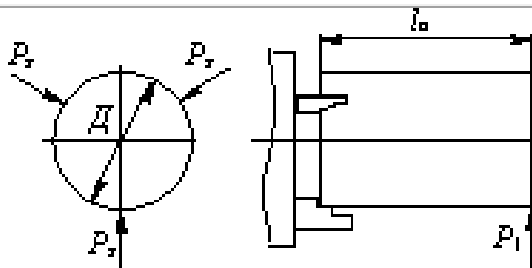
$$P_3 = \frac{K}{f_1 \cdot n_1} \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$$



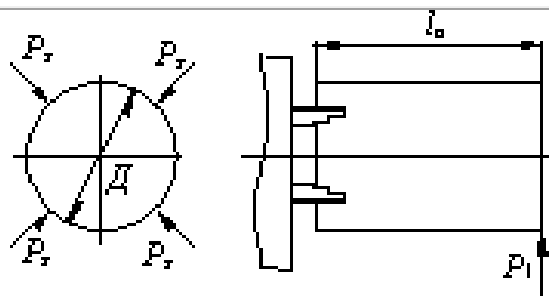
$$P_3 = \left(\frac{K}{f_1} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right) \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}$$



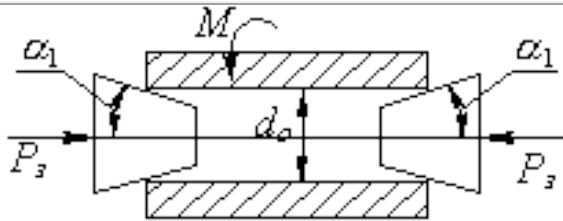
$$P_3 = \frac{2K \cdot M_{\varphi}}{n_1 \cdot D \cdot f_1}$$



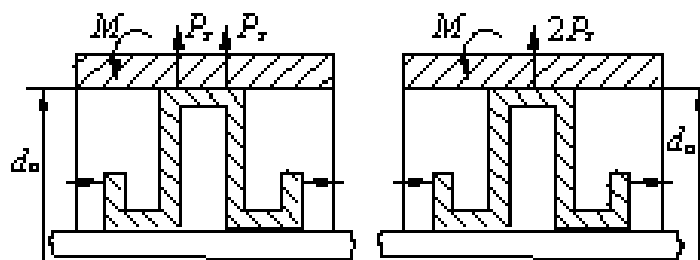
$$P_3 = \frac{K \cdot P_1 \cdot l_0}{0,75 \cdot D \cdot f_1}$$



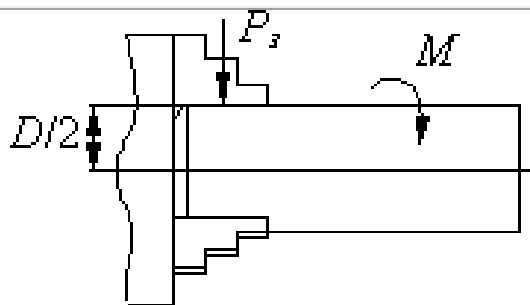
$$P_3 = \frac{K \cdot P_1 \cdot l_0}{1,42 \cdot \varnothing \cdot f_1}$$



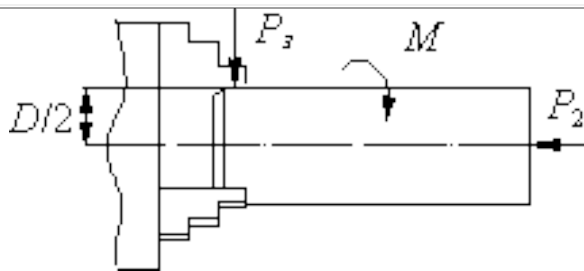
$$P_3 = \frac{2K \cdot M \cdot \sin \alpha_1}{d_0 \cdot f_1}$$



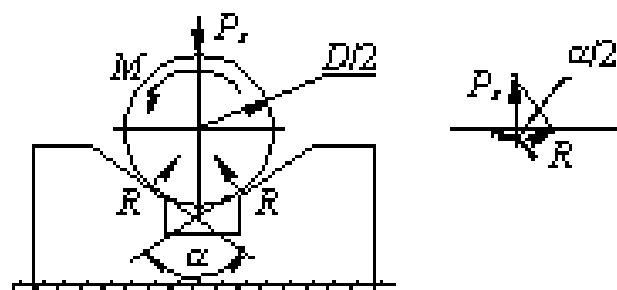
$$P_3 = \frac{K \cdot M}{\pi \cdot d_0 \cdot f_1 \cdot n_1}$$



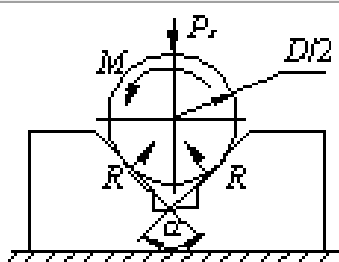
$$P_3 = \frac{2K \cdot M}{3f_1 \cdot \varnothing}$$



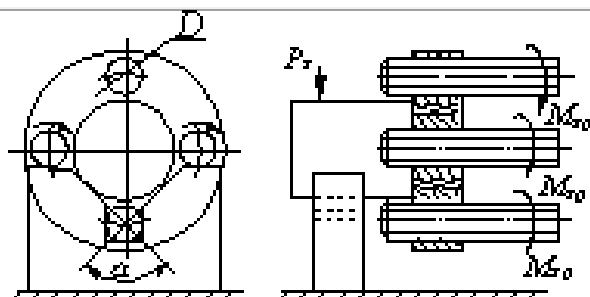
$$P_3 = \frac{2K \cdot M}{3f_1 \cdot \varnothing} + \frac{K \cdot P_2}{3f_1}$$



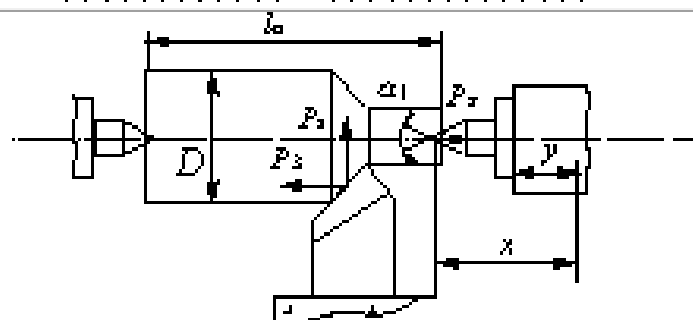
$$P_3 = \frac{K \cdot M}{\frac{f_1 \cdot \varnothing}{2} + \frac{f_2 \cdot \varnothing}{2 \sin \alpha/2}}$$



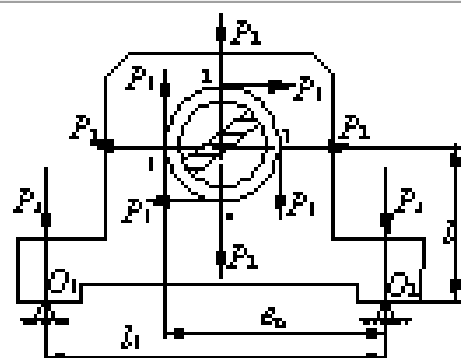
$$P_2 = \frac{K \cdot M}{\frac{f_1 \cdot D}{2} + \frac{f_2 \cdot D}{2 \sin \alpha/2}} + \frac{K \cdot P_2}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha/2}}$$



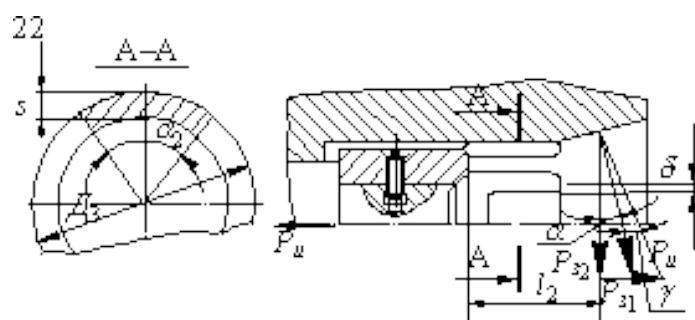
$$P_2 = \frac{K \cdot M}{\frac{f_1 \cdot D}{2} + \frac{f_2 \cdot D}{2 \sin \alpha/2}}$$



$$P_2 = K \sqrt{\frac{P_1 + \left(P_2 - \frac{P_3 \cdot D}{2l_0} \right)^2 \times \frac{1 - \operatorname{tg}(\beta + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot 3x/y}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_1)}}{1}}$$

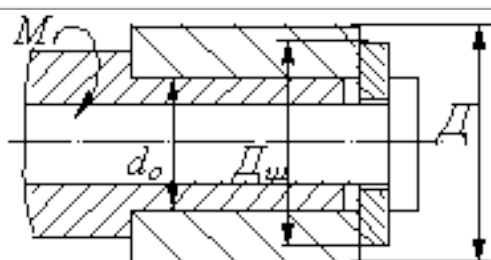


$$P_3 = K \frac{\pm P_1 \cdot \epsilon_0 \pm P_2 \cdot l}{l_1}$$



$$P_3 = P_1 + P_2 = 0,375 \frac{E_0 \cdot D_3^3 \cdot s \cdot n_1 \cdot \delta}{x} \times \left(0,0174 \frac{\alpha_2}{2} \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \alpha_2 - 229,88 \frac{\sin^2 \alpha_2}{\alpha_2} \right) + \frac{1}{\delta} \sqrt{\frac{4M^2}{D_3^2} + KR^2}$$

$$E_0 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ H/mm}^2$$



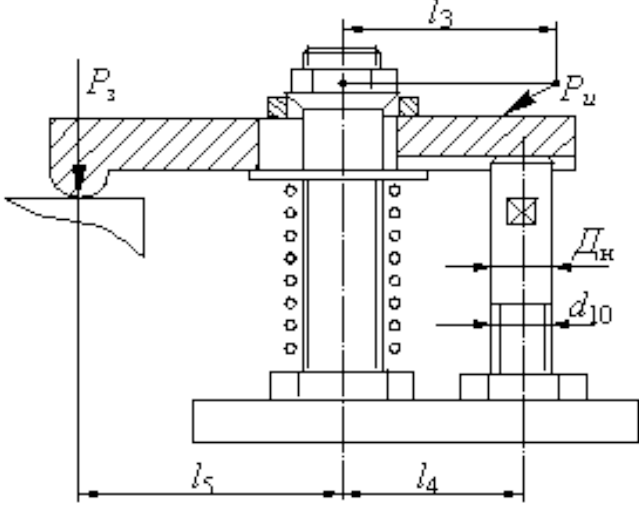
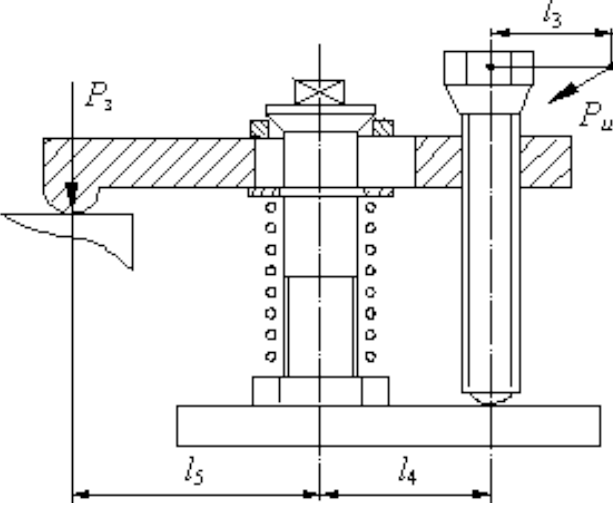
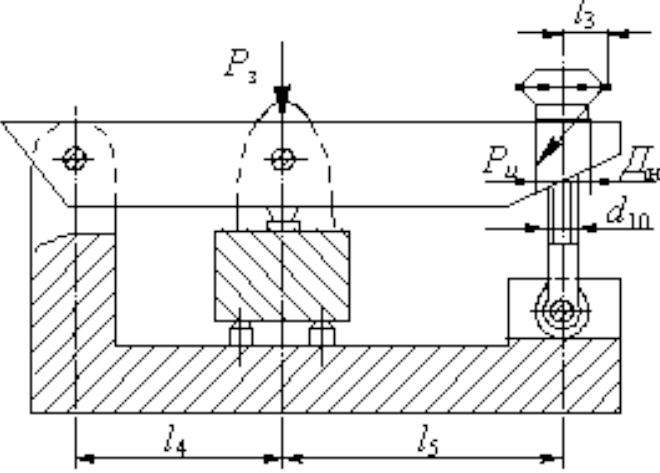
$$P_3 = \frac{12K \cdot M}{\pi \cdot f_1 \cdot (D_w^3 - d_0^3)}$$

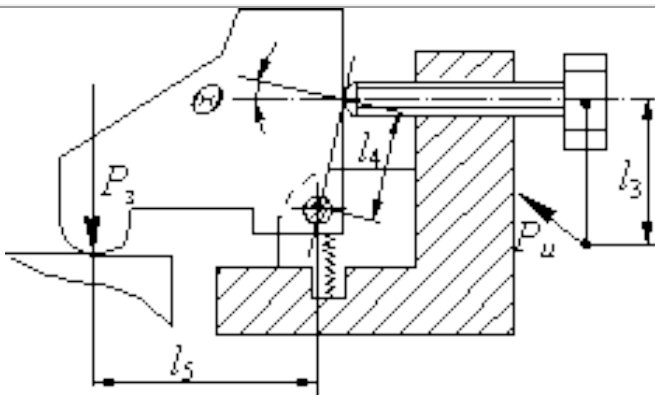
Таблиця Д.6.2 - Коефіцієнти тертя ковзання для найпоширеніших пар тертя.

Матеріали, що труться (при сухих поверхнях)	Коефіцієнти тертя	
	спокою	руху
Алюміній з алюмінію	0,94	-
Бронза з бронзи	0,99	0,2
Бронза по чавуну	-	0,21
Залізо по залізу	0,15	0,14
Залізо по чавуну	0,19	0,18
Залізо по бронзі	0,19	0,18
Мідь по чавуну	0,27	-
Сталь по залізу	0,19	-
Сталь по сталі	0,15-0,25	0,09 (V= 3 м/с)
		0,03 (V= 27 м/с)
Чавун по сталі	0,33	0,13 (V= 20 м/с)
Чавун по чавуну	-	0,15

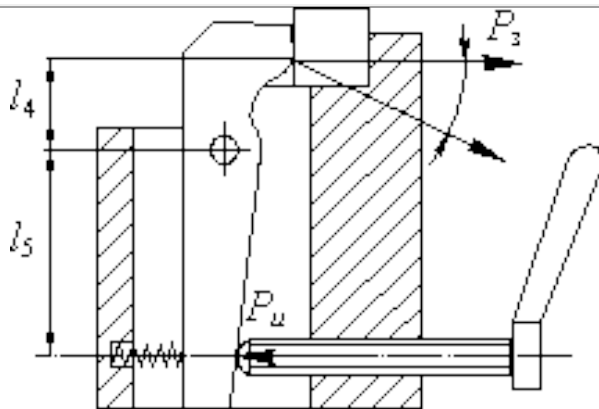
Додаток 7. Схеми та розрахункові формули для визначення зусиль на приводі механізму затискання заготовки

Таблиця Д.7.1 - Схеми визначення вихідного зусилля затискача заготовки P_u .

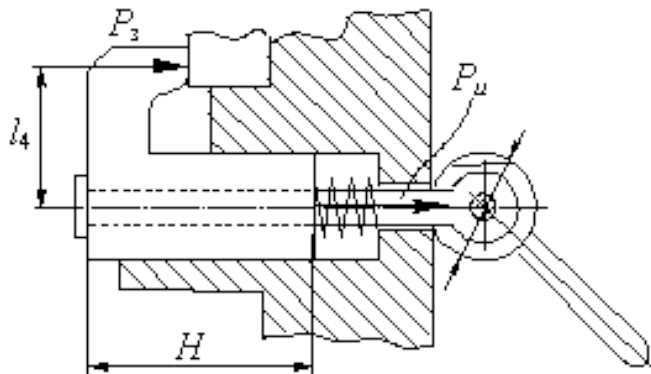
	$P_u = \frac{r_{\varphi} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_3 + \varphi_3) + \frac{1}{3} f_1 \frac{D_{\text{н}}^3 - d_{10}^3}{D_{\text{н}}^2 - d_{10}^2}}{l_3} \times \frac{l_4 + l_5}{l_4 \cdot \eta} \cdot P_3$ $\varphi^3 = 10^{\circ} 30'; \eta = 0,85$
	$P_u = \frac{r_{\varphi} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_3 + \varphi_3)}{l_3} \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta} \cdot P_3$
	$P_u = \frac{r_{\varphi} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_3 + \varphi_3) + \frac{1}{3} f_1 \frac{D_{\text{н}}^3 - d_{10}^3}{D_{\text{н}}^2 - d_{10}^2}}{l_3} \times \frac{l_4}{(l_4 + l_5) \cdot \eta} \cdot P_3$



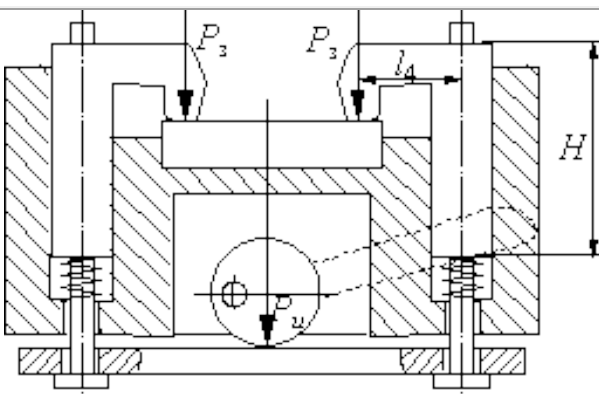
$$P_u = \frac{r_\varphi \cdot \operatorname{tg}(\alpha_3 + \varphi_3)}{l_3} \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta \cdot \cos \Theta} \cdot P_3$$



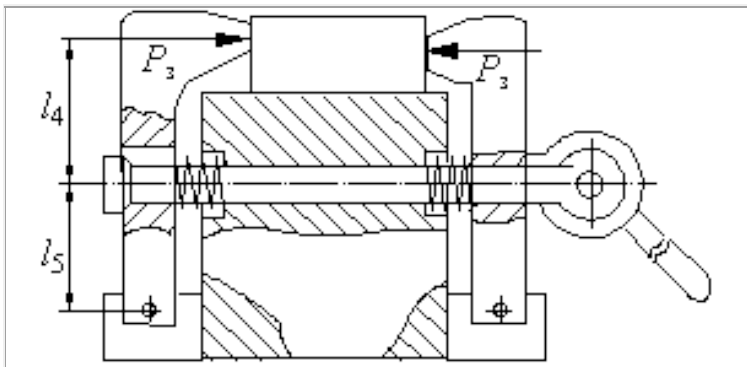
$$P_u = P_3 \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta}$$



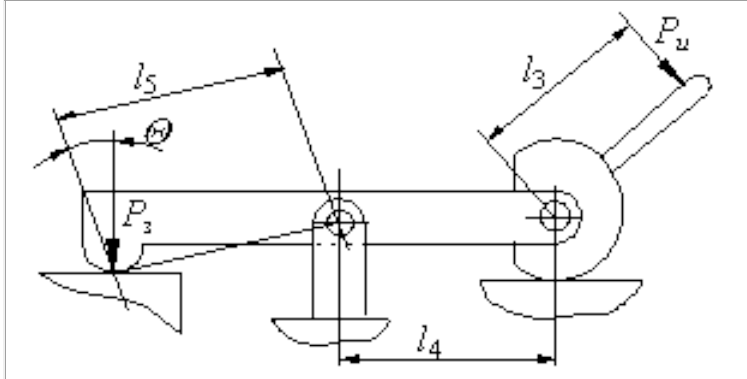
$$P_u = \left(\frac{P_3}{1 - \frac{3l_4}{H} \cdot f_1} + q \right) \cdot \frac{1}{\eta}$$



$$P_u = 2 \left(\frac{P_3}{1 - \frac{3l_4}{H} \cdot f_1} + q \right) \cdot \frac{1}{\eta}$$

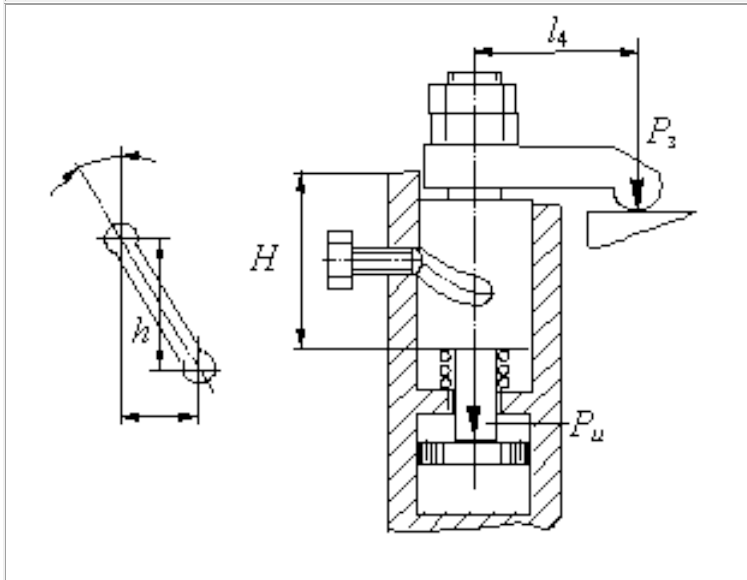


$$P_u = 2(P_3 + q) \frac{l_4 + l_5}{l_5} \cdot \frac{1}{\eta}$$

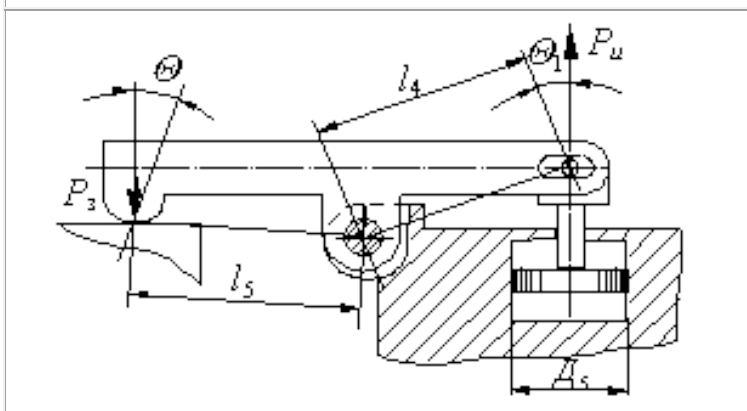


$$P_u = \frac{e[1 + \sin(\alpha_4 + \varphi_4)]}{l_3} \cdot \frac{l_5 \cos \Theta}{l_4 \cdot \eta} \cdot P_3$$

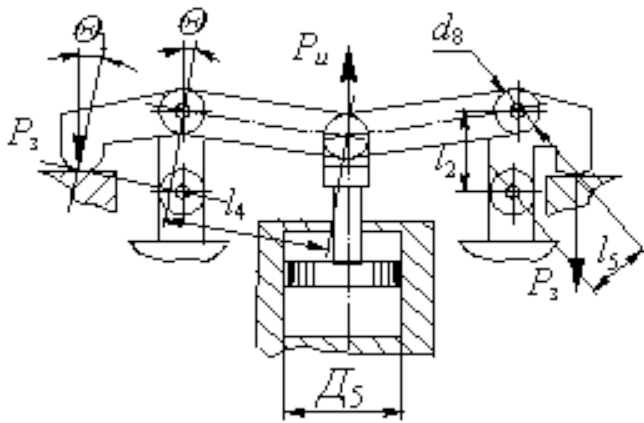
$$\alpha_4 = 180^\circ - \alpha_3; \text{tg} \phi_4 = 0,12 \dots 0,15$$



$$P_u = \frac{H}{H - 3l_4 \cdot f_1} \cdot P_3$$

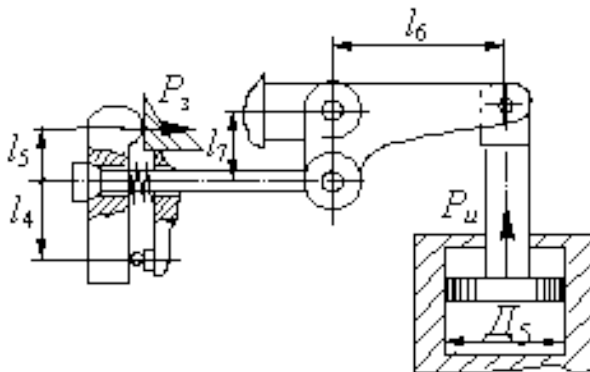


$$P_u = \frac{l_5}{l_4} \cdot \frac{\cos \Theta}{\cos \Theta_1} \cdot P_3$$

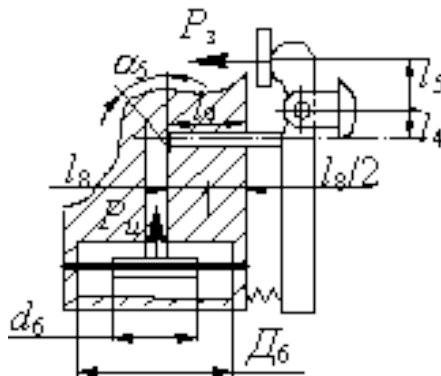


$$P_u = 2 \operatorname{tg}(\Theta + \beta_1) \cdot \operatorname{tg} \Theta \cdot \frac{1}{\eta} \cdot P_2$$

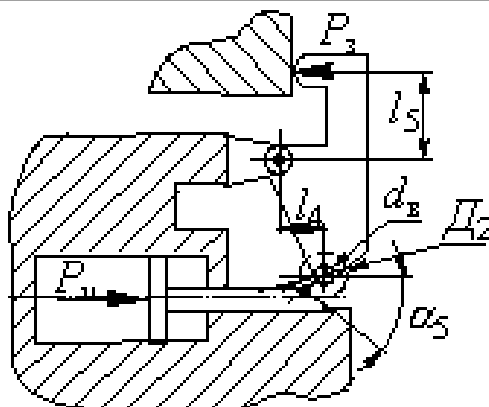
$$\beta_1 = \arcsin f_1 \frac{d_8}{l_4}$$



$$P_u = \frac{l_7}{l_6} \cdot \frac{(l_4 + l_5)}{l_5} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot P_2$$

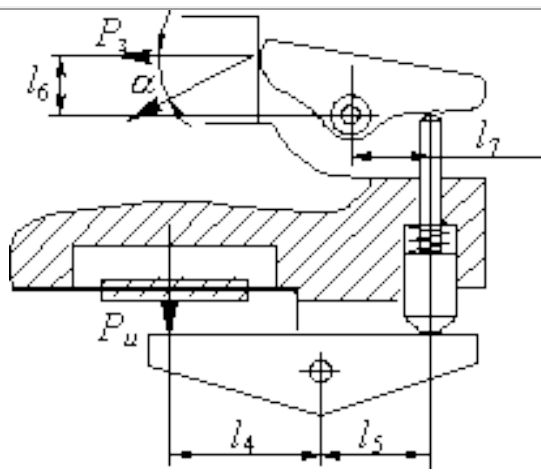


$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_5) + \operatorname{tg} \varphi_6}{1 - \frac{3l_8}{l_9} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_5) \operatorname{tg} \varphi_6} \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta} \cdot P_2$$

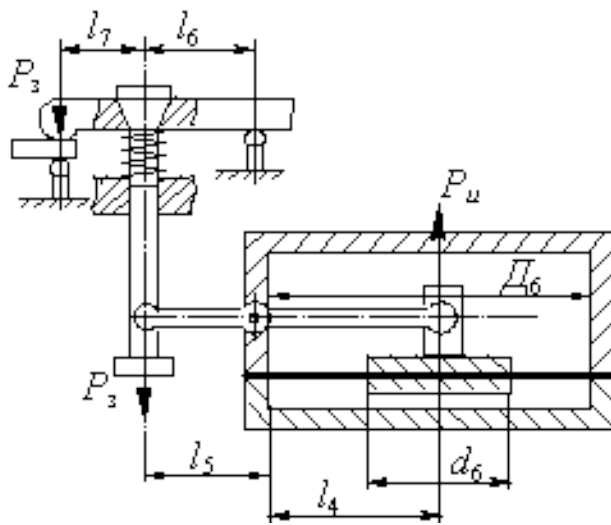


$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_7) + \operatorname{tg} \varphi_6}{1 - \operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_7)} \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta} \cdot P_2$$

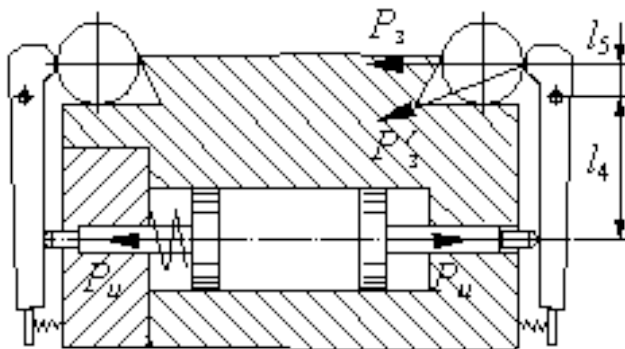
$$\operatorname{tg} \varphi_7 = f_1 \frac{d_8}{\Delta_2}$$



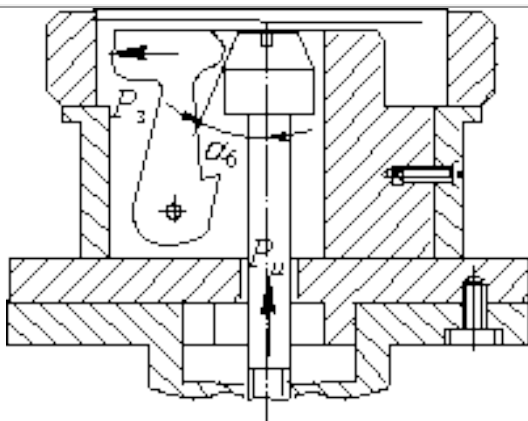
$$P_u = \left(P_3 \cdot \frac{l_6}{l_7 \cdot \eta} + q \right) \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta}$$



$$P_u = \left(\frac{(l_6 + l_7) \eta}{l_4 \cdot l_7 \cdot \eta} \right) \cdot P_3 + q \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta}$$

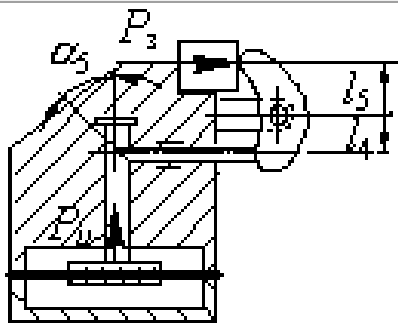


$$P_u = \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta} P_3 + 2q$$

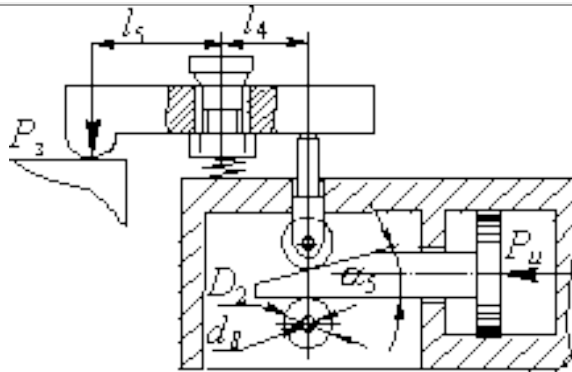


$$P_u = P_3 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_6 + \varphi_8) \frac{n_1}{\eta}$$

$$n_1 = 3$$

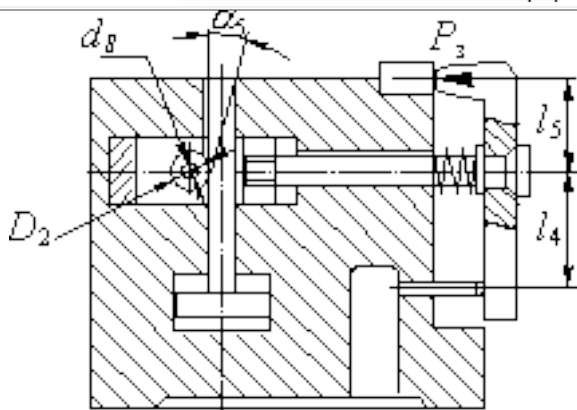


$$P_u = P_3 \cdot [\operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_5) + \operatorname{tg} \varphi_6] \cdot \frac{l_4}{l_5 \cdot \eta}$$



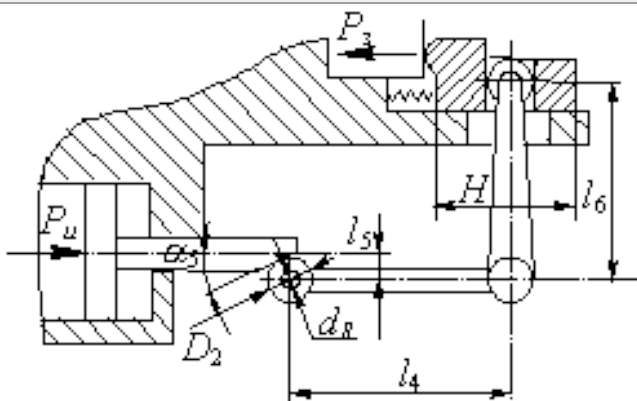
$$P_u = \left(P_3 \frac{l_5}{l_4} + q \right) \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_7) + \operatorname{tg} \varphi_9 \frac{d_8}{D_2} \right] \cdot \frac{1}{\eta}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 \frac{d_8}{D_2}$$

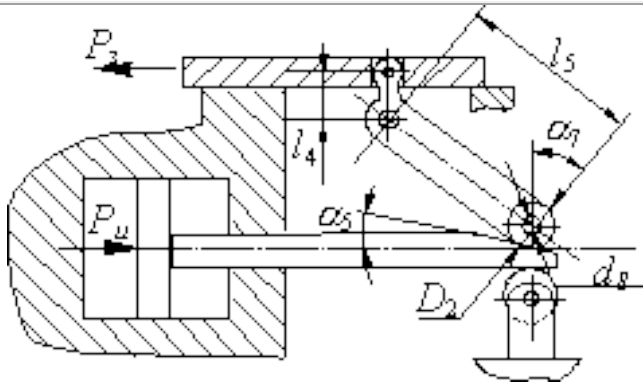


$$P_u = \left(P_3 \frac{l_5}{l_4} \right) \cdot [\operatorname{tg}(\alpha_5 + \varphi_7) + \operatorname{tg} \varphi_9] \cdot \frac{1}{\eta}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 \frac{d_8}{D_2}$$

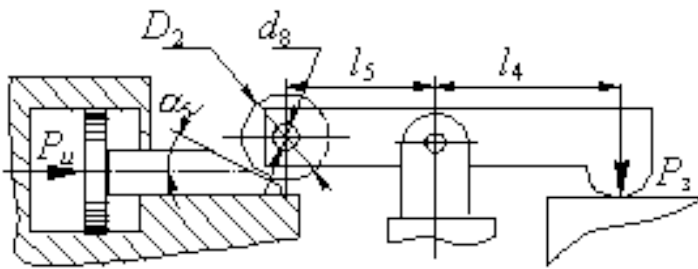


$$P_u = \left(P_3 \frac{1}{1 - \frac{3l_7}{H} l_2} + q \right) \cdot \frac{l_6}{l_4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha_5 - l_5} \cdot \frac{1}{\eta}$$



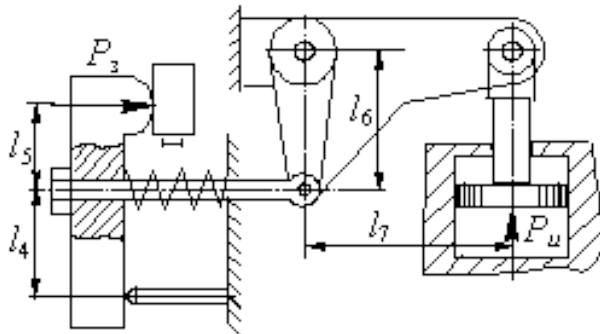
$$P_u = \frac{\cos \alpha_1 \cdot [\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]}{\frac{l_5 \cdot \eta}{l_4}} P_3$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 \frac{d_8}{D_2}$$

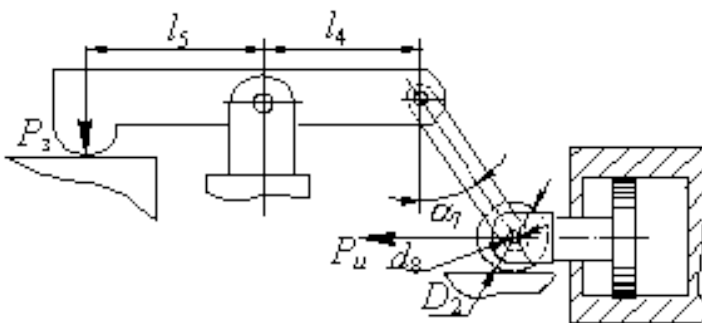


$$P_u = \frac{\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1)}{\frac{l_4 \cdot \eta}{l_5}} P_3$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 \frac{d_8}{D_2}$$



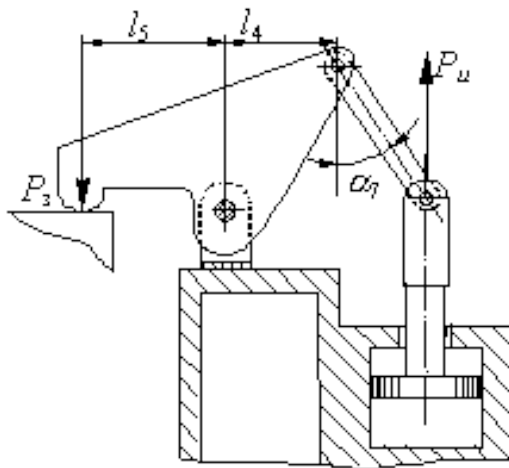
$$P_u = \left(P_3 \frac{l_5 + l_4}{l_4} + q \right) \cdot \frac{l_6}{l_7 \cdot \eta}$$



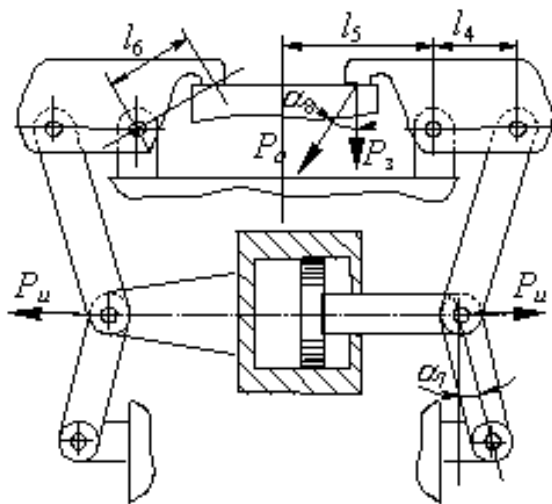
$$P_u = P_3 \cdot \left[\operatorname{tg}(\alpha_1 + \beta_2) + \operatorname{tg} \varphi_1 \frac{d_8}{D_2} \right] \cdot \frac{l_5}{l_4 \cdot \eta}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 \frac{d_8}{D_2}$$

$$\beta_2 = \arcsin f_3$$

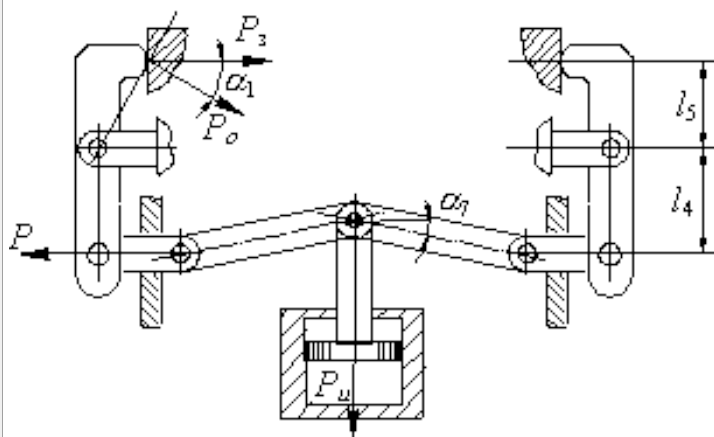


$$P_u = \frac{l_5 \cdot \cos \alpha_1}{l_4 \cdot \eta} P_3$$



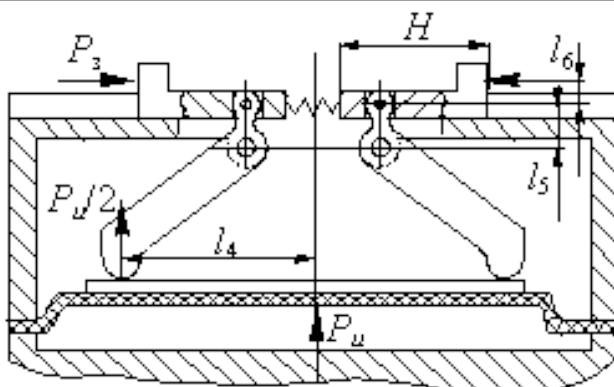
$$P_u = \frac{l_5 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1 + \beta_1)}{l_4 \cdot \eta} P_3$$

$$\beta_2 = \arcsin f_3$$

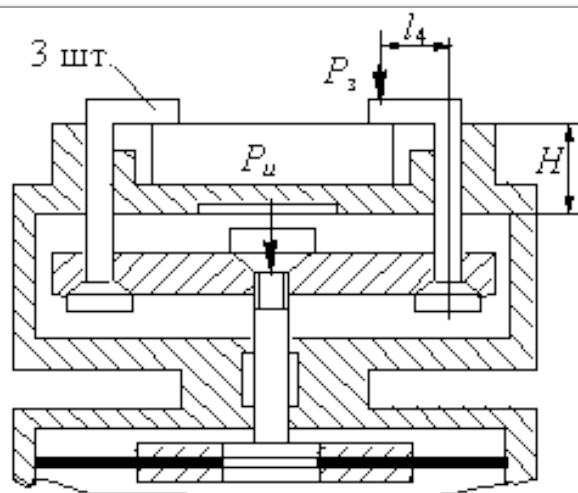


$$P_u = 2 P_3 \cdot \frac{l_5 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1 + \beta_2)}{l_4 \cdot \eta}$$

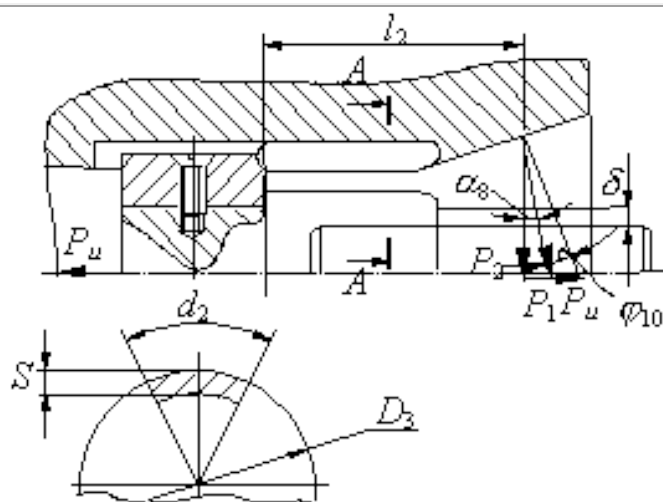
$$\beta_2 = \arcsin f_3$$



$$P_u = 2 \cdot \left(P_3 \frac{1}{1 - \frac{3l_6}{H} \cdot f_3} + q \right) \cdot \frac{l_5}{l_4} \cdot \frac{1}{\eta}$$

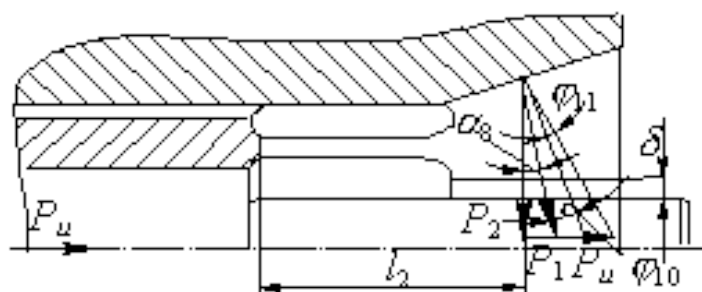


$$P_u = \frac{3P_3}{1 - \frac{3l_4}{H} \cdot f_1} \cdot \frac{1}{\eta}$$



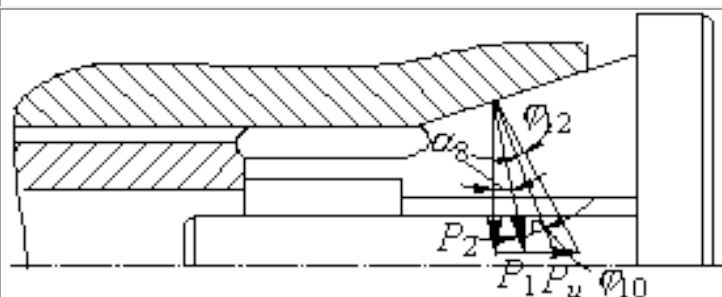
$$P_u = P_3 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_8 + \varphi_{10})$$

$$P_3 = P_1 + P_2$$



$$P_u = P_3 \cdot [\operatorname{tg}(\alpha_8 + \varphi_{10}) + \operatorname{tg} \varphi_{11}]$$

$$P_3 = P_1 + P_2$$



$$P_u = P_3 \cdot [\operatorname{tg}(\alpha_8 + \varphi_{10}) + \operatorname{tg} \varphi_{12}]$$

Таблиця Д.7.2 – Умовні позначення для розрахунків

<i>K</i>	коефіцієнт надійності закріплення
<i>M</i>	крутний момент (різання), Н(мм
<i>f₁</i>	коефіцієнт тертя опорних елементів
<i>f₂</i>	коефіцієнт тертя затискних елементів
<i>l</i>	відстань від осі обертання інструменту до точки затискача, мм
<i>α</i>	кут призми, град.
<i>D</i>	діаметр заготовки (зовнішній), мм
<i>n</i>	число одночасно працюючих інструментів
<i>d₀</i>	діаметр заготовки (внутрішній), мм
<i>P</i>	сила різання, мм
<i>P₁</i>	складова сили різання, Н
<i>P₂</i>	складова сили різання, Н
<i>P₃</i>	складова сили різання, Н
<i>a₀</i>	відстань від точки затиску до точки можливого обертання заготовки, мм
<i>в₀</i>	відстань від оброблюваної поверхні до точки можливого зміщення заготовки, мм
<i>G</i>	сила ваги, Н
<i>З₀</i>	відстань від опорної поверхні до точки можливого зміщення заготовки, мм
<i>n₁</i>	кількість прихоплювачів, кулачків, гофрованих втулок, пелюстків цанги
<i>l₀</i>	довжина заготовки, мм
<i>α₁</i>	кут конуса центру, град.
<i>X</i>	виліт центру, мм
<i>У</i>	виліт шпинделя, мм
<i>L₆</i>	діаметр шайби, мм
<i>β</i>	$\beta = 90^{\circ} - \alpha_1 / 2$
<i>φ₁</i>	кут тертя на конус поверхні, град.
<i>φ₂</i>	кут тертя на поверхні пінолі, град.
<i>l₁</i>	відстань між опорними елементами, мм
<i>E₀</i>	модуль пружності матеріалу цанги, Н/мм ²
<i>S</i>	товщина пелюстки цанги, мм
<i>δ</i>	зазор між цангою та заготовкою до початку затиску, мм
<i>l₂</i>	відстань від площини зачепила пелюстка цанги до середини затискаючого конуса цанги
<i>α₂</i>	кут сегмента пелюстки цанги, град.

D_3	зовнішній діаметр пелюсток цанги, мм
r_{cp}	середній діаметр різьблення гвинта, мм
α_3	кут підйому різьблення гвинта, град.
φ_3	наведений кут тертя у різьбленні, град.
D_n	зовнішній діаметр опорного торця гвинта або гайки, мм
d_{10}	діаметр різьблення гвинта, мм
l_3	довжина рукоятки, мм
d_6	діаметр диска, мм
η	ККД
γ	кут між плечем важеля та напрямом дії сили, град.
q	опір пружини, Н мм
P_3	затискаюча сила, Н
H	розмір, мм
e	ексцентриситет ексцентрика, мм
α_1	кут повороту ексцентрика від початкового положення, град.
α_4	$\alpha_4 = 180^\circ - \alpha_1$, град.
φ_4	кут тертя в місці застосування затискного зусилля
Θ_1	кут між плечем важеля та напрямом дії сили, град.
β_1	$\beta_1 = \arcsin f_1 d_8 / l_4$
D_6	діаметр пневмокамери, мм
d_5	діаметр штока, мм
α_5	кут клину, град.
φ_5	кут тертя між плунжером та клином, град.
φ_6	кут тертя між клином та корпусом, град.
P_m	тиск мастила, МПа
φ_7	наведений кут тертя між клином та роликом, град.
α_6	кут конуса, град.
φ_8	кут тертя на конусі
d_8	внутрішній діаметр ролика, мм.
D_2	зовнішній діаметр ролика, мм.
φ_9	кут тертя на напрямній поверхні штока
α_1	кут, град.
β_2	$\beta_2 = \arcsin f_1$
f_3	коефіцієнт тертя на напрямній поверхні повзунів
α_8	половина кута конуса цанги, град.

φ_{10}	кут тертя
φ_{11}	кут тертя між цангою та заготовкою
φ_{12}	кут тертя на торці цанги
D_4	діаметр шайби, мм
P_6	тиск стисненого повітря, МПа
D_5	діаметр циліндра, мм

Навчальне видання

ЯКОВЕНКО Ігор Едуардович
ПЕРМЯКОВ Олександр Анатолійович

Технологічна оснастка. Розрахунки. Проектування.

Навчальний посібник для студентів спеціальностей
131 «Прикладна механіка»,
133 «Галузеве машинобудування»

Роботу до видання рекомендував проф. Степанов М.С.
Відповідальний за випуск доц. Іванова М.С.

В авторської редакції

Підп. до друку 29.03.2024.

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 14,5.

Видавничий центр НТУ «ХП»
Свідоцтво про державну реєстрацію серія ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
