

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичної роботи № 1
«Методика розрахунку клинових притискачів з пневмоциліндрами»

з дисципліни
«Складально-зварювальне оснащення»

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

2024

Методичні вказівки до виконання практичної роботи №1 «Методика розрахунку клинових притискачів з пневмоциліндрами» з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: М.Ю. Осіпов, О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 19 с.

Укладачі: Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент

Редактор: Аверченко І.П., ст. лаб.

Відповідальний за випуск:
Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №06 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2.1 Конструкції і принципи розрахунків клинових притискачів	4
2.2 Призначення, будова та принцип дії пристрою для збирання обичайки з фланцем	8
2.3 Пневматичні приводи.....	10
3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	12
4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	12
5 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ КЛИНОВИХ ПРИТИСКАЧІВ З ПНЕВМОЦИЛІНДРАМИ	13
6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	17
7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	18
8 ЗМІСТ ЗВІТУ	19
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	19

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення конструкції та принципу дії пристрою для складання обичайки з фланцем та опанування методики проектування клинових притискачів з пневмоприводом.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Конструкції і принципи розрахунків клинових притискачів

Клиновий притискач – простий пристрій, який складається з упорів різної конструкції та клина (рис. 2.1).

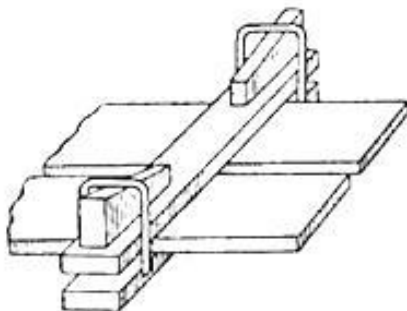


Рисунок 2.1 – Клиновий притискач

Клинові притискачі відрізняються компактністю конструкції та швидкодією, дозволяють збільшувати та змінювати напрямок дії сили. Їх використовують у вигляді силових вузлів для підтискування однієї заготовки до іншої, вирівнювання краєк, тощо. Вони часто застосовуються в комбінаціях з гвинтовими, важільними, ексцентриковими та пневмо- і гідроприводами.

Недоліком клинового притискача є низький ККД у зв'язку з великими витратами на тертя, які збільшуються із зменшенням кута клина. Для підвищення ККД клинового механізму на поверхнях клина тертя ковзання замінюють тертям кочення, застосовуючи опорні ролики (рис. 2.2). У конструкціях з роликами втрати на тертя знижуються, а сила затиску зростає на 30-50 % у порівнянні з клином

без роликів [1].

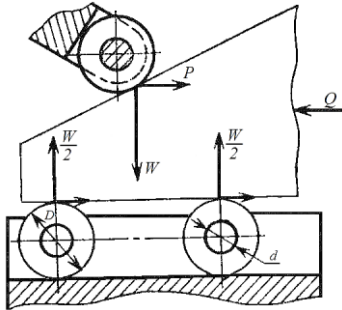
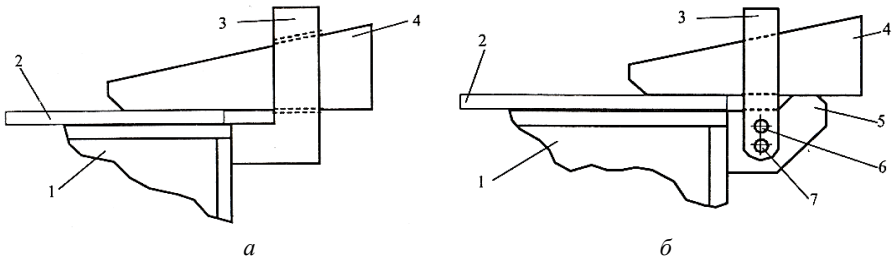


Рисунок 2.2 – Клиновий механізм з роликами [1]

Приклади застосування клинових притискачів у складально-зварювальній оснастці показані на рис. 2.3 [2].



1 – стэнд, 2 – заготовка, 3 – скоба, 4 – клин, 5 – опорна планка, 6 – штир, 7 – вісь
Рисунок 2.3– Клиновий притискач з постійною скобою (а) і з відкидною скобою (б) [2]

При переміщенні клина під дією сили Q і стисненням деталей A та B (рис. 2.4) [2], на поверхнях клина виникають нормальні сили W та N , а також сили тертя F_1 та F_2

$$F_1 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = N \cdot f_1,$$

$$F_2 = W \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = W \cdot f_2,$$

де φ_1 та φ_2 , f_1 та f_2 – кути та коефіцієнти тертя на відповідних поверхнях клина.

Пояснення: з механіки відомо, що якщо тіло I (рис. 2.5) навантажене нормальною силою (реакцією) N , під дією сили Q рівномірно переміщається по площині 2, то при наявності сил тертя F

повна реакція R відхиляється від напрямку нормалі на деякий кут φ , який зветься **кутом тертя**.

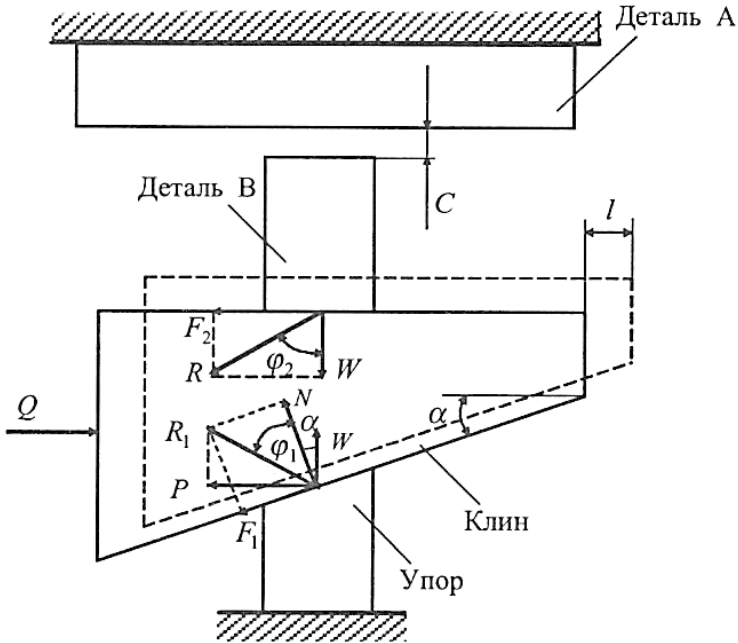


Рисунок 2.4 – Схема рівноваги сил у клиновому притискачі [2]

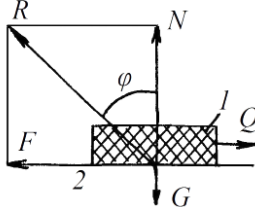


Рисунок 2.5 – Кут тертя

Розглянемо рівновагу клина під дією всіх прикладених до нього сил (рис. 2.4). Для цього рівнодіючу R_1 сил N та F_1 розкладемо на сили W та P .

Оскільки в притиснутому стані клин знаходиться в рівновазі, то вертикальна складова по величині дорівнює W . Горизонтальну складову P визначимо з силового багатокутника:

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

Сума проєкцій всіх сил на напрямок сили Q :

$$Q - P - F_2 = 0,$$

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

де α – кут скосу клина;

φ_1 – кут тертя на нахилений площині;

φ_2 – кут тертя на горизонтальній площині;

W – сила притиску, Н;

Q – сила, що прикладена до клина, Н.

Сила притиску заготовки клином:

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

Необхідне переміщення l клина при підтискуванні деталей на величину C :

$$l = \frac{C}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Для забезпечення самогальмування клина необхідно виконати умови:

$$\alpha \leq 2\varphi \quad \text{– для одностороннього клина,}$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq 2\varphi \quad \text{– для двостороннього клина,}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f,$$

де α – кут скосу одностороннього клина;

α_1 та α_2 – кути скосу двостороннього клина;

φ – кут тертя;

$f = 0,1 - 0,18$ – коефіцієнт тертя ковзання сталі по сталі; менше значення (0,1) – для клина з гладкими поверхнями, більше значення (0,18) – для клина з шорсткуватими поверхнями.

$$\text{При } \alpha_1 = \alpha_2, \text{tg } \varphi_1 = \text{tg } \varphi_2 = f; \varphi_1 = \varphi_2 \cong 5^{\circ} 50'.$$

Для виготовлення зварних конструкцій в промисловості використовують різноманітні пристрої, забезпечуючи правильну взаємну установку та закріплення деталей, що зварюються.

Пристрої для складання можуть бути універсальні, спеціалізовані та спеціальні. Призначення та конструкція їх залежить від розмірів, форми, точності виготовлення виробу, типу виробництва (його програми) та інших факторів.

Краща якість продукції та більша продуктивність досягається у випадку застосування спеціального устаткування, яке експлуатується переважно у масовому та багатосерійному виробництві.

Як об'єкт вивчення, пропонується спеціальний збиральний (або збирально-зварювальний) пристрій з пневматичним приводом клинового притискача.

2.2 Призначення, будова та принцип дії пристрою для збирання обичайки з фланцем

Пристрій, що вивчається в даній лабораторній роботі, призначений для збирання конічної обичайки з фланцем (рис. 2.6).

Технічні дані пристрою

Зусилля притискання деталей, що збираються (при тиску повітря у мережі 0,4 МПа), Н	3950
Максимальні розміри обичайки, мм:	
товщина стінки (не більше)	2
внутрішній діаметр більшої підвалини	655±1
конусність, град	70
Максимальні розміри фланця, мм:	
внутрішній діаметр	655±1

зовнішній діаметр (не більше)	695
висота фланця (не більше)	25
Кількість вузлів, що одночасно складають	1

Пристрій для збирання (рис. 2.6) складається з підставки 17 з закріпленою на ній п'ятою 16, у котру вмонтована поворотна втулка 15 з планшайбою 14. Остання крізь колони 1 зв'язана з підвалиною 4. До підвалини кріпляться два пневмоциліндри 12 та 2.

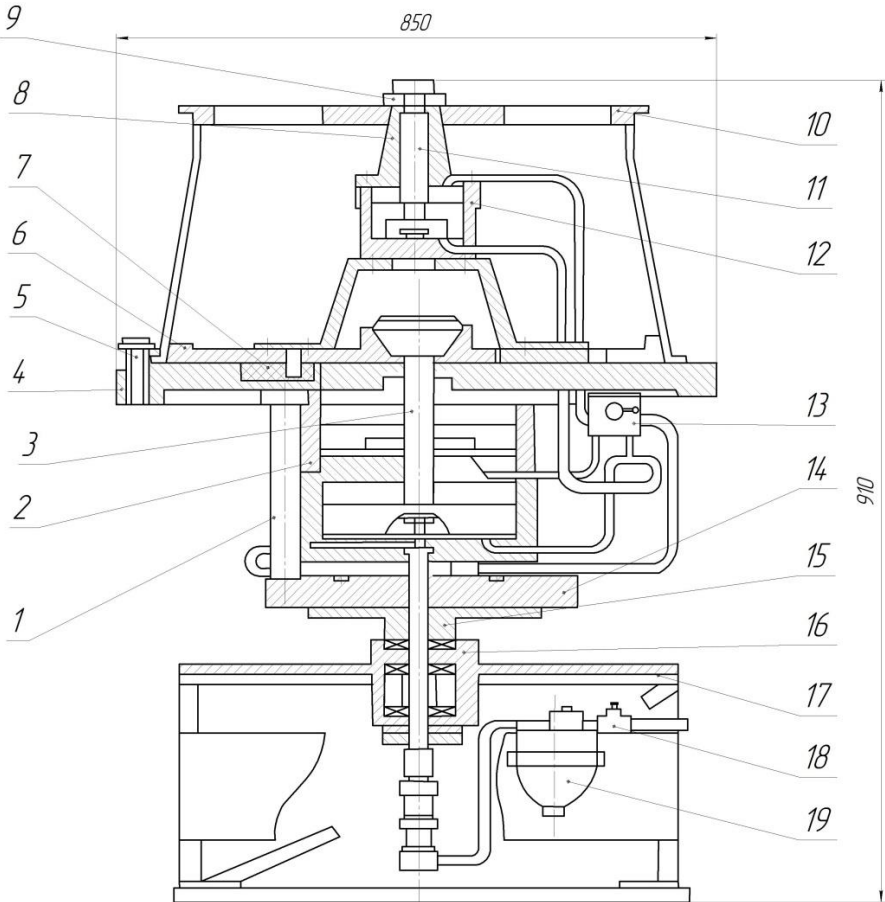


Рисунок 2.6 – Пристрій для збирання обичайки з фланцем Шток 11 (пневмоциліндра 12), крізь відкидну шайбу і гайку 9

зв'язаний з кришкою 10, шток 3 (пневмоциліндра 2) – своєю корпусною частиною з секторами 6.

Повітря до пристрою подається крізь кран 18 та вологовідділювач 19, а розподіляється у пневмоциліндри за допомогою спеціального крану 13.

Закріплення фланця у підвалині здійснюється гвинтовими притискачами 5, а обичайки – секторами, повернення котрих у первісне положення здійснюється пружинами 7.

Встановлюється фланець та обичайка у пристрій тоді, коли рукоятка крану 13 знаходиться у положенні «Повернення». При цьому на зафіксований фланець розміщується обичайка, на неї кришка 10, жорсткий зв'язок якої зі штоком забезпечується відкидною шайбою, зтягнутою гайкою 9.

Переміщенням рукоятки крану у положення «Попередній затиск» стиснене повітря подається у робочу порожнину пневмоциліндра 12, та відбувається притиснення обичайки до фланця.

При переведенні рукоятки крану у положення «Затиск», повітря надходить у циліндр 2, у результаті чого рухом секторів 6 у радіальному напрямку поєднується внутрішня поверхня нижньої частини обичайки з поверхнею фланцю по його внутрішньому діаметру.

Після прихватки обичайки до фланця, рукоятка крану 13 встановлюється у положення «Повернення». При цьому стиснене повітря подається у протилежні порожнини циліндру, та за рахунок зворотних рухів штоків зібраний вузол звільняється від накладених раніш зв'язків.

Відвернувши гайку 9 та від'єднавши шайбу з кришкою, знімають виріб з пристрою.

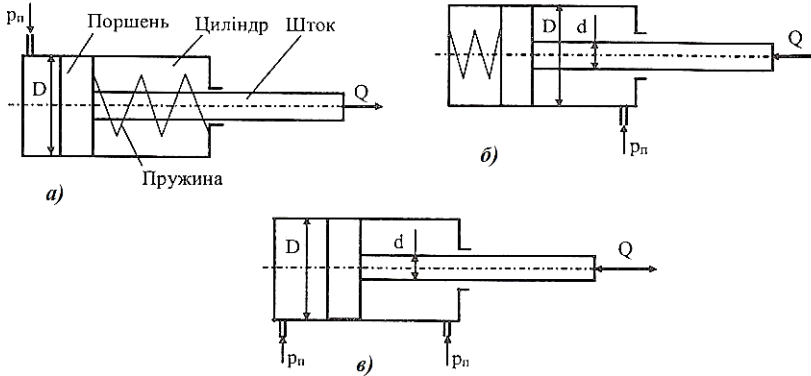
2.3 Пневматичні приводи

Розрізняють пневмоциліндри односторонньої штовхаючої (рис. 2.7, а) та тягучої дії (рис. 2.7, б), а також пневмоциліндри двосторонньої дії (рис. 2.7, в) [2].

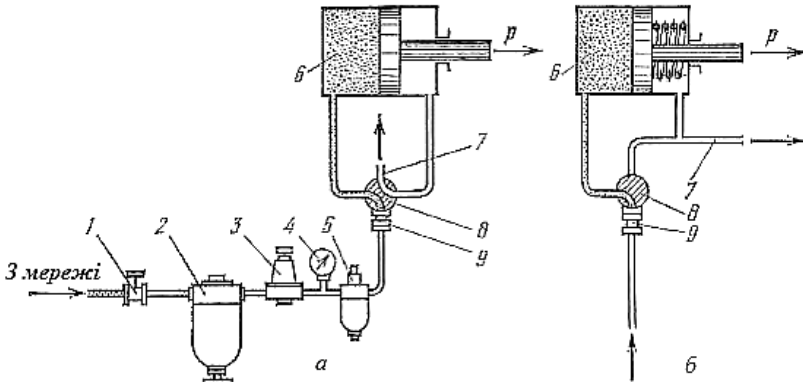
Нормальна схема приєднання пневмоциліндрів до повітряної магістралі цеху показана на рис. 2.8 [3].

Стиснене повітря з мережі надходить у фільтр-осушувач 2, де відбувається часткове видалення вологи, що міститься в повітрі, і очищення його від пилу і різних механічних домішок.

Далі повітря надходить в регулятор тиску 3 (редукційний клапан мембранного або поршневого типу), який служить для підтримки постійного (заданого) тиску в циліндрі 6. Тиск контролюється манометром 4.



а, б – односторонньої дії, в – двосторонньої дії
Рисунок 2.7– Схеми пневмоциліндрів [2]



а – для пневмоциліндрів двосторонньої дії,
б – для пневмоциліндрів односторонньої дії

Рисунок 2.8 – Схема приєднання пневмопривода до мережі стисненого повітря [3]

Якщо привод дозволяє працювати при повному тиску в мережі, регулятор тиску 3 не потрібен.

Маслянка 5 автоматичної дії подає в струмінь стисненого повітря розпорошене мастило в дозованій кількості, необхідній для змащення манжет поршня і штока.

У повітряний кран 8, керуючий подачею повітря в циліндр б, повітря надходить через зворотний клапан 9. При припиненні подачі повітря з мережі зворотний клапан закриває вихід повітря з пневмоциліндра і деякий час перешкоджає звільненню деталі від затиснення.

При необхідності регулювати швидкість спрацьовування пневмопритискача між повітророзподільним краном 8 і пневмоциліндром встановлюється дросельний регулятор швидкості, що працює за принципом зміни перетину, скрізь яке пропускає повітря в пневмоциліндр.

В атмосферу повітря виходить через трубу 7, стиснене повітря подається з мережі через вхідний запірний кран або вентиль 1.

Для спрощення трубопроводу пневмоприводу рекомендується об'єднувати всю арматуру пневмоциліндра в одній панелі, що дозволяє уникнути численних спряжень труб.

Живлення пневмоциліндрів односторонньої дії здійснюється за тією ж схемою, що і живлення циліндрів двосторонньої дії, за винятком керуючого крана 8 (рис. 2.8, б).

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Перед тим, як приступати до виконання практичної роботи студент зобов'язаний вивчити дані методичні вказівки, ознайомитися з конструкціями та методикою розрахунку клинових пневматичних притискачів [2 (§§7.4, 7.13, 7.15); 3 (§11)], вивчити інструкцію по техніці безпеки, відповісти на контрольні запитання викладача та отримати у нього дозвіл на виконання роботи.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ

ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Класифікація механічних притискачів.
2. Види клинових притискачів.
3. Призначення та варіанти застосування клинових притискачів.
4. Умова самогальмування клина. Кут підйому клина.
5. Механізовані клинові притискачі.
6. Переваги клинових притискачів.
7. Недоліки клинових притискачів.
8. Які типи пневмоциліндрів використовуються в зварювальному виробництві?
9. Які принципи розрахунків пневмоциліндрів?
10. Для чого очищується повітря, що подається в пневмоциліндр?
11. Для чого додається мастило в повітря, що подається в пневмоциліндр?

5 МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ КЛИНОВИХ ПРИТИСКАЧІВ З ПНЕВМОЦИЛІНДРАМИ

Головним призначенням притискних улаштувань пристроїв є забезпечення надійного контакту заготовки з настановними елементами та попередження її зміщення у процесі виконання робіт, зв'язаних з її технологічною обробкою.

Основним відправним моментом при проектуванні притискних улаштувань є наявність даних про величину, напрямок та місце прикладення сил закріплення, габарити та розташування деталей, що збираються.

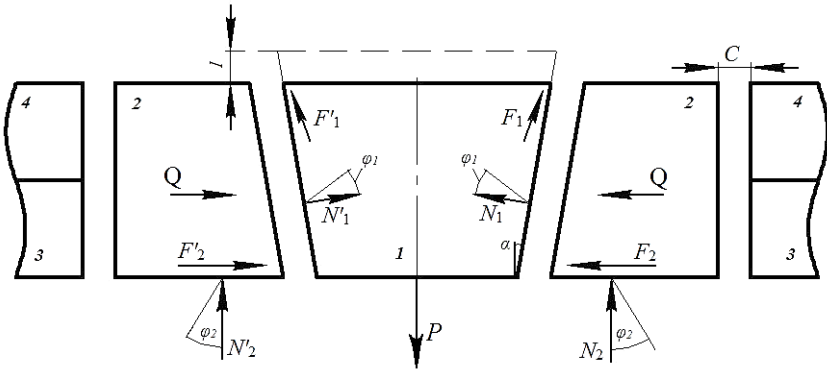
Розрахунок сил закріплення в першому приближенні може бути зведений до задачі статичної рівноваги заготовки під дією прикладених до неї зовнішніх сил. Клинові притискачі у пристроях для збирання можуть бути використані по-різному: для притискання одного елемента до другого, або вирівнювання кромки, для фіксування та встановлення деталі при збиранні, як стягувальне улаштування.

Зовнішнє зусилля ці притискачі одержують від зв'язку з другими ланками (важелями, гвинтами, пневматичними циліндрами та ін.), за допомогою яких може бути здійснено стопоріння клина.

Проектування притискачів включає ланку послідовних етапів.

1. Викреслюється скелетна ескізна схема притискача з зусиллями, що прикладаються, та виникаючими у процесі переміщення його рухомих частин.

Для нашого пристрою можлива, наприклад, схема, що зображена на рис. 5.1.



1 – двосторонній клин; 2 – сектор; 3 – фланець; 4 – обичайка

Рисунок 5.1 – Схема клинового притискача

2. Будується силовий багатокутник. Для клинового притискача, вказаного на рис. 5.1, багатокутник має вид, представлений на рис. 5.2.

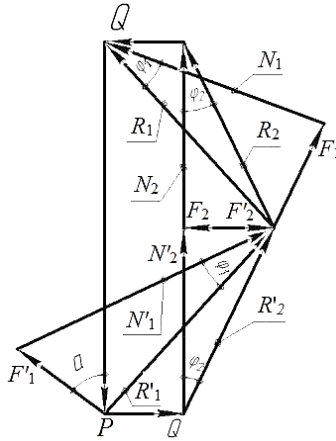


Рисунок 5.2 – Схема силового багатокутника

3. Визначається залежність між тягнучим зусиллям P на штоку пневмоцилиндра (поз. 3) та заданим зусиллям притискання Q .

Після математичної обробки рівнянь проєкцій всіх сил на осі x і y залежність набуде виду:

$$P = Q \frac{\sin(90^\circ + \varphi_2) \cdot \sin 2\varphi_1}{\sin(90^\circ - \varphi_2 + \varphi_1) \cdot \sin(90^\circ - \varphi_1 - \alpha)}$$

Для чотирьох секторів зусилля P має бути відповідно збільшено.

4. Задавши величину ходу секторів « C » та переміщення клина « l » (рис. 5.1), знаходимо кут скосу α з співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C}{l}$$

Значення « l » відповідає ходу поршня.

Коефіцієнт тертя $f = \operatorname{tg} \varphi$ приймається у залежності від матеріалу пар, що труться (наприклад, клина та сектора) по табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти тертя ковзання для деяких металевих матеріалів

№	Поверхні, що труться	Коефіцієнт тертя
1	Сталь/сталь	0,1...0,18
2	Сталь/чавун	0,16
3	Чавун/бронза	0,21

4	Чавун/чавун	0,16
5	Мідь/чавун	0,27
6	Бронза/бронза	0,20
7	Сталь/бронза	0,18

По вибраним коефіцієнтам тертя за допомогою зворотних тригонометричних функцій визначаються кути φ_1 та φ_2 , котрі використовуються потім при розрахунку зусилля на штоку поршня.

5. Далі слід вибрати пневматичні приводи у виді поршневих циліндрів.

Розрахунок пневмоциліндрів зводиться до визначення сили на штоку поршня при заданих діаметрі циліндра та тиску повітря в мережі.

Сила на штоку пневмоциліндра односторонньої дії зі зворотною пружиною:

при впуску повітря в позаштокову порожнину

$$P = p_n \frac{\pi D^2}{4} \eta - Q_1;$$

при впуску повітря в штокову порожнину

$$P = p_n \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta - Q_1.$$

де p_n – питомий тиск повітря в мережі, $p_n = 0,4 \dots 0,6$ МПа;

η – ККД пневмоциліндра, $\eta = 0,85 \dots 0,9$;

D – діаметр поршня, м;

d – діаметр штока, м;

Q_1 – опір зворотної пружини, Н.

У кінці робочого ходу поршня зворотна пружина створює опір у межах 5...20 % від сили P на штоку пневмоциліндра.

Сила на штоку пневмоциліндра двосторонньої дії без зворотної пружини:

при впуску повітря в позаштокову порожнину

$$P = p_n \frac{\pi D^2}{4} \eta;$$

при впуску повітря в штокову порожнину

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

Якщо відомі сила на штоку та тиск повітря у заводській мережі, то визначається діаметр пневмоциліндра, який округляється до найближчого стандартного згідно ГОСТ 15608-81: 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320 мм.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p_n \eta}}.$$

Як приклад конструкцій і параметрів нормалізованих пневматичних циліндрів (двосторонньої дії, пневмоциліндрів, що обертаються), які застосовуються в машинобудуванні, можна скористатися інформацією, представленою в [3, с. 96-110].

6. Після вибору і розрахунку всіх деталей і вузлів пристосування, а також з урахуванням обраної схеми базування, розмірів деталей, що збираються та точності виготовлення виробу починають креслити елементи притискача, міцність котрих, у випадку необхідності, перевіряється відомими методами розрахунку деталей машин.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До роботи допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

4. У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності із затвердженими

інструкціями з охорони праці та пожежної безпеки.

7 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію, принцип дії та технічні можливості діючого пристрою для збирання обичайки з фланцем.
2. Виконати розрахунок клинового притискача і пневматичних циліндрів з використанням для цього даних, наведених в додатку А (надається викладачем окремо).
3. Виконати складальне креслення (формат А3) пристрою.
4. Оформити звіт.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Стислий опис конструкції, принцип її дії та управління.
3. Силові розрахунки з ілюстраціями.
4. Креслення пристрою для збирання обичайки з фланцем.
5. Висновки про виконану роботу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / 2-е видання, перобл. та доповн.: Навч. посібник / А.С. Карпенко. – К.: Арістей, 2006. – 272 с.
2. Севбо П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования / П.И. Севбо. – К.: Наук. думка, 1978. – 400 с.
3. Серенко А.Н. Расчет сварных соединений и конструкций / А.Н. Серенко, М.Н. Крумбольдт, К.В. Багрянский. – К.: Вища школа, 1977. – 336 с.