

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розроблення пристроїв орієнтації згортних втулок з метою
модернізації верстата для складання внутрішніх ланок приводних
ланцюгів»

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МВмз-61
спеціальності _____

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Інжирєвська Н.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Кривий П.Д.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ярема І.Т.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дичковський М.Г.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

РЕФЕРАТ

Инжиєвська Наталія Сергіївна. Кваліфікаційна робота на тему: «Розроблення пристроїв орієнтації згортних втулок з метою модернізації верстата для складання внутрішніх ланок приводних ланцюгів».

Роботу виконано на кафедрі конструювання верстатів, інструментів та машин (ВІ) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України.

Керівник роботи – кандидат технічних наук, доцент Кривий Петро Дмитрович; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, професор кафедри ВІ, Заслужений винахідник України.

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент Дичковський Михайло Григорович, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій.

Загальна характеристика роботи

Тема кваліфікаційної роботи присвячена розробленню пристроїв кутової орієнтації згортних втулок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) та модернізації верстата-автомата для складання їх внутрішніх ланок. Кутова орієнтація згортних втулок у внутрішніх ланках ПРВЛ забезпечує підвищення якості цієї продукції за рахунок точності контактних кроків і збільшення зносостійкості шарнірів ПРВЛ. Розглянуто два типи пневматичних пристроїв для кутової орієнтації втулок внутрішніх ланок ПРВЛ.

Отримані залежності для визначення конструкторських параметрів орієнтуючих пристроїв.

У плані модернізації верстата запропоновано конструкторські вирішення приводу обертового руху ротора.

Розглянуто і виконано комплекс теоретичних розрахунків процесу витікання струменів через відповідні радіальні і тангенціальні отвори.

Поданий розрахунок економічної ефективності, який підтверджує доцільність виконання даної кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – розроблення пневматичних пристроїв кутової орієнтації згортних втулок приводних ланцюгів і модернізація приводу ротора верстата для складання внутрішніх ланок приводних ланцюгів.

Об’єкт дослідження – процес пневматичної кутової орієнтації згортних втулок.

Предмет дослідження – конструктивні параметри пневматичних орієнтуючих пристроїв і конструкція модернізованого приводу обертання ротора.

Результати досліджень. Отримані нові конструкторські варіанти орієнтуючих пристроїв; досліджено процес витікання і взаємодії струменів із внутрішньою циліндричною поверхнею згортних втулок; отримані силові характеристики процесу орієнтації і фіксації втулок; запропоновано нову конструкцію приводу ротора.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Отримані залежності для визначення співвідношень діаметрів тангенціальних та радіальних отворів орієнтуючих пристроїв.
2. Вперше отримані закономірності взаємодії струменів і залежності для визначення моментів повороту втулок при їх орієнтації.

Практичне значення отриманих результатів.

Використання запропонованих і науково обґрунтованих технічних рішень надає можливість, реалізуючи орієнтацію втулок, підвищити якість ПРВЛ та їх зносостійкість, що забезпечує певну економічну ефективність.

Апробація.

Основні положення виконаної роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних семінарах кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин і висвітлені у тезах доповіді на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 25-26 листопада 2020 року).

З М І С Т

	Вступ	5
1.	Аналітичний розділ	6
1.1.	Аналіз робіт в області створення пристроїв кутової орієнтації втулок	6
1.2.	Інформаційно-патентний пошук	8
1.2.1.	Механічні пристрої кутового орієнтування	8
1.2.2.	Пневматичні пристрої кутової орієнтації	11
1.2.3.	Магнітні способи і засоби кутового орієнтування	15
1.2.4.	Комбіновані засоби кутової орієнтації	18
1.3.	Висновки по розділу, постановка мети та задач дослідження	19
2.	Дослідно-проектний розділ	22
2.1.	Опис та обґрунтування методів і засобів досліджень та розрахунку стосовно пневматичних пристроїв кутової орієнтації деталей типу втулок	22
2.2.	Опис та обґрунтування конструкції пристроїв для орієнтації згортних втулок внутрішніх ланок при- водних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ)	24
2.2.1.	Пневматичний пристрій для орієнтації згортних втулок із наскрізним отвором посередині стикового шва з оптимальним співвідношенням діаметрів наскрізних отворів	24
2.2.2.	Пневматичний пристрій для орієнтації згортних втулок при складанні внутрішніх ланок ПРВЛ	29

2.3.	Технологічна і кінематична схеми складання внутрішніх ланок ПРВЛ модернізованого пристроями для кутової орієнтації втулок верстата-автомата	30
2.3.1.	Технологія складання внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів із забезпеченням кутової орієнтації згортних втулок	30
2.3.2.	Кінематична схема і принцип роботи модернізованого автомата для складання внутрішніх ланок ПРВЛ	32
2.3.3.	Нова конструкція приводу повороту ротора верстата-автомата для складання внутрішніх ланок приводних ланцюгів	34
2.3.4.	Орієнтуючий шток для пневматичної орієнтації згортних втулок приводного дворядного ланцюга приводу механізму газорозподілу автомобілів ВАЗ	37
2.4.	Висновки по розділу	39
3.	Науково-дослідна частина	40
3.1.	Методика та план проведення теоретичних досліджень струменевих пристроїв кутової орієнтації втулок	40
3.1.1.	Принципові схеми пристроїв кутової орієнтації втулок	40
3.1.2.	Передумови дослідження процесу витікання струменя у пристрої для кутової орієнтації втулок	47
3.1.3.	Дослідження сил, які діють на внутрішню поверхню втулки при дії одиничного струменя	51
3.1.3.1.	Дія одиничного радіального або тангенціального струменя на втулку	52
3.1.3.2.	Визначення моменту, який рухає втулку і створюється тангенціальним струменем	66
3.2.	Техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації верстата-автомата для складання	

	внутрішніх ланок на прикладі приводного втулкового дворядного ланцюга з кроком 9,525 мм	69
3.2.1.	Розрахунок передбачуваного річного економічного ефекту від впровадження високопродуктивного модернізованого автомата за рахунок збільшення продуктивності	69
3.2.2.	Розрахунок економічної ефективності у сфері експлуатації від використання приводних дворядних втулкових ланцюгів з орієнтованими втулками	72
3.3.	Висновки до розділу	73
4.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	75
4.1.	Охорона праці	75
4.1.1.	Загальні положення	75
4.1.2.	Вимоги до облаштування робочого місця та робочого персоналу	75
4.1.3.	Вимоги безпеки перед початком роботи	77
4.1.4.	Вимоги безпеки під час роботи	78
4.1.5.	Вимоги безпеки після закінчення роботи	79
4.1.6.	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	79
4.2.	Безпека у надзвичайних ситуаціях	80
4.2.1.	Дії населення і правила поведінки в надзвичайних ситуаціях (при підвищенні радіаційного фону)	80
4.2.1.1.	Дії населення при оповіщенні про радіоактивне зараження навколишнього середовища	81
4.2.1.2.	Дотримання правил радіаційної безпеки і особистої гігієни	82
	Висновки	84
	Перелік посилань	85
	Додатки	92

ВСТУП

Приводні роликові і втулкові ланцюги (ПРВЛ) у даний час широко використовуються у найрізноманітніших галузях народного господарства, зокрема на бурових установках з використанням потужностей до 500 кВт та швидкістю руху робочої гілки ланцюгової передачі до 30 м/с; двигунах внутрішнього згорання кораблів і автомобілів, транспортних засобах сільгоспмашин, мотоциклах тощо.

Одним із шляхів підвищення якості функціонування ланцюгових передач є забезпечення орієнтації згортних втулок стиковим швом всередину внутрішньої ланки, що забезпечує найсприятливіші умови контактування пари внутрішня циліндрична поверхня втулки – валик.

Як встановлено, така орієнтація згортних втулок підвищує, по перше, точність контактних кроків ланцюга, що сприяє зменшенню динамічних навантажень, а по друге, підвищує зносостійкість шарнірів на 15-25%.

Ряд провідних світових фірм (Regina (Італія), Ivas, Viperman (Німеччина), Cubaki (Японія), Chain Belt (США)) виготовляють ПРВЛ із орієнтованими втулками.

Проблема орієнтації згортних втулок вивчалась і реалізовувалась у вигляді пристроїв для орієнтації втулок у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя на замовлення заводу приводних ланцюгів DITTON.

Окрім цього, на даний час є цілий ряд проблем, які повністю не вирішені.

Вимагають допрацювання в конструкторському плані конструкції механізмів приводу роторів, на яких здійснюється сам процес складання, так як механізм переривчастого руху храповий чи рейковий з муфтою обгону не повністю задовільняють існуючі вимоги.

Тому розроблення й удосконалення пристроїв кутової орієнтації деталей типу втулка з метою модернізації складального обладнання в певній мірі ліквідує цю прогалину і забезпечить нові підходи до випуску якісної продукції.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз робіт в області створення пристроїв кутової орієнтації втулок

Процес орієнтації заготовок лежить в основі побудови будь-якого завантажувального пристрою, що здійснює подачу штучних заготовок на робочу позицію у строго визначеному робочому положенні [1]. Тому вибір принципу побудови і розробка механізму орієнтування є одним із важливих питань проектування автоматичних завантажувальних пристроїв. Великий внесок у розвиток комплексної механізації та автоматизації технологічних процесів у машино- та приладобудуванні і, зокрема, автоматизації орієнтуючих і транспортно-завантажувальних процесів зробили вчені Артоболевський С.І., Артоболевський І.І., Балакшин Б.С., Богуславський Б.Л., Волчкевич Л.І., Малов А.М., Медвідь М.В., Повідайло В.А., Рабінович А.Н., Шаумян Г.А. та інші. Завдяки дослідженням і розробкам цих учених разом із науково-дослідними інститутами і підприємствами створено ряд автоматичних систем, які успішно використовуються у машино- та приладобудуванні.

В той же час слід відзначити [2] наявність незначної кількості системних робіт із дослідження ряду важливих прикладних задач в області автоматичного маніпулювання, зокрема – завдання активної орієнтації виробів зі слабо вираженою асиметрією параметрів стосовно систем, які працюють у неперервному режимі.

Орієнтування деталей як процес автоматичного розвороту їх в необхідне положення [1] здійснюють, використовуючи, з одного боку, особливості форми деталей, які піддають орієнтації (наявність отвору, паза), або зміщення їх центру ваги відносно осі симетрії, а з іншого – форму орієнтуючої ланки (фасонні вирізи, щілини тощо). В залежності від вибору тієї чи іншої особливості форми деталі орієнтуючої ланки відрізняються й способи орієнтування.

В залежності від характеру силової дії на деталі в процесі орієнтування методи можна поділити на такі: метод контактного орієнтування; метод безконтактного орієнтування [4].

Метод контактного орієнтування базується на передаванні деталі силової дії від іншого тіла шляхом безпосереднього тиску (наприклад, струменя стиснутого газу) або співударяння (наприклад, з упором) [2, 4].

За методом безконтактного орієнтування до деталі прикладають сили, які створюються в процесі взаємодії деталі з полем (полями). Сили тертя, інерції та інші можуть впливати на точність і час орієнтування, проте положення деталі визначається лише силами, які утворюються безконтактно.

Для встановлення деталі відносно оброблюваного інструменту чи іншої деталі при укомплектуванні і складанні дуже важливо, крім орієнтування, забезпечити її фіксування.

Під орієнтованим положенням деталі прийнято розуміти [4] положення, коли система координат, яка жорстко зв'язана з тілом, займає цілком визначене положення відносно довільно обраної нерухомої системи координат.

Зрозуміло, що для безконтактної фіксації деталей доцільно використовувати ті ж сили, що й при безконтактному орієнтуванні. Найбільший інтерес в інженерній практиці являють методи, які дозволяють суміщувати операції орієнтування й фіксації [4].

За методом силової дії на вибір засоби орієнтування можна поділити на механічні, пневматичні, магнітні, електричні і комбіновані [2]. Можна сказати, що у всіх перелічених системах має місце комбінована силова дія на вироби, проте тип системи можна визначати за переважаючою силовою дією при переміщенні, орієнтуванні, суміщенні і фіксуванні виробів.

Орієнтування виробів за кутовою координатою є досить складним і найчастіше виконується у системах із дискретним режимом роботи за допомогою датчика розпізнавання положення виробу і якогось виконавчого механізму для зміни його положення [2]. Кутовій орієнтації піддаються

переважно деталі типу втулок, наприклад, при їх встановленні у базову деталь при складанні або в затискний пристрій для подальшої обробки.

Розглянемо типові методи й засоби для кожної із систем орієнтування стосовно кутового орієнтування деталей типу втулок з ключем орієнтації у вигляді радіального отвору, наскрізного поздовжнього пазу або відхилень форми внутрішньої поверхні втулки.

1.2. Інформаційно-патентний пошук

1.2.1. Механічні пристрої кутового орієнтування

У механічних системах реалізуються методи контактного маніпулювання, які базуються на передачі виробу силової дії від робочого органу або іншого виробу шляхом безпосереднього тиску або співударення [2].

Стосовно кутової орієнтації деталей типу втулок в основному використовують механічні системи із захватно-орієнтуючими органами, які забезпечують обертальний рух втулки за допомогою фрикційної передачі і взаємодії ключа орієнтації у вигляді радіального отвору або паза із встановленим у заданому кутовому положенні фіксатором. Наконечник останнього може бути сферичним, ножеподібним або профільованим по формі паза. Різними можуть бути і механізми приводу обертального руху втулки, а також місця установки фіксаторів.

Схема орієнтації втулок за кутовою координатою при складанні внутрішніх ланок приводних ланцюгів [5] подана на рис.1.1. Орієнтовані втулки 3 з ключем орієнтації 1 у вигляді наскрізного радіального отвору (рис.1.1, в), переміщуючись у гніздах подавачів 4 вздовж фрикційної наладки 2, приводяться в обертальний рух. Внаслідок взаємодії ключа орієнтації з кульками 5, підтиснутими до втулок пружиною 6, останні встановлюються з довільного (рис.1.1.,а) в орієнтоване (рис.1.1, б) положення.

При виборі конструктивної схеми механічних пристроїв кутової орієнтації деталей типу втулок в основному керуються прийнятою

кінематичною і компоувальною схемами обладнання, куди вбудовується орієнтуючий пристрій. При цьому робочі або допоміжні рухи виконавчих органів обладнання використовують для приводу обертального руху втулки або по мірі необхідності для переміщення фіксуючого елемента.

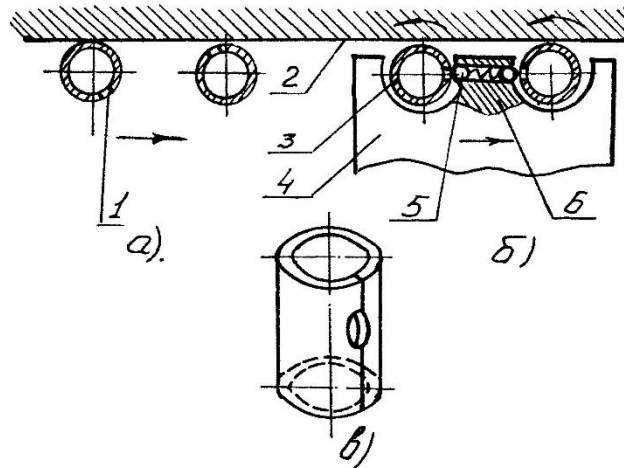


Рисунок 1.1 – Схема орієнтації втулок за кутовою координатою: *a* – довільне положення втулок; *б* – фіксоване; *в* – форма втулки і ключа орієнтації

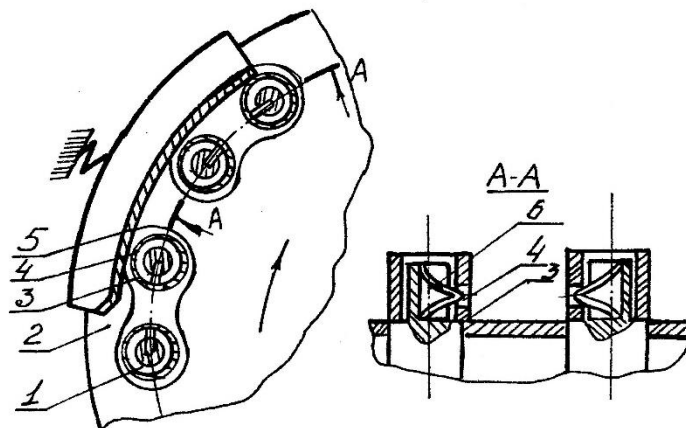


Рисунок 1.2 – Схема орієнтації за кутовою координатою при криволінійній траєкторії руху втулок

При криволінійній траєкторії переміщення втулок між позиціями складання 1-4 (рис.1.2) обертальний рух орієнтованої втулки 3 забезпечується за рахунок контакту її зовнішньої поверхні з фрикційною накладкою 5 під час

кругового зміщення стола 2. Коли ключ орієнтації 4 (радіальний отвір втулки) співпадає з конусним виступом пластинчастої пружини-фіксатора 6, яка встановлена у центруючому штоці 1, втулка виявляється зафіксованою по кутовій координаті.

У першому випадку для забезпечення обертального руху втулки використовується рух подавачів деталей, а в другому – рух поворотного стола. За необхідності передбачають спеціальні приставки, які забезпечують необхідний характер руху втулки і фіксатора.

Пристрій для складання пресових з'єднань деталей типу вал-втулка [6, 7] (рис.1.3) перетворює за допомогою несамогальмівного різьбового з'єднання поступальний рух запресувального пуансона 7 разом зі штоком 6 в обертальний рух втулки 1, на якій закріплені розтискні пелюстки 3.

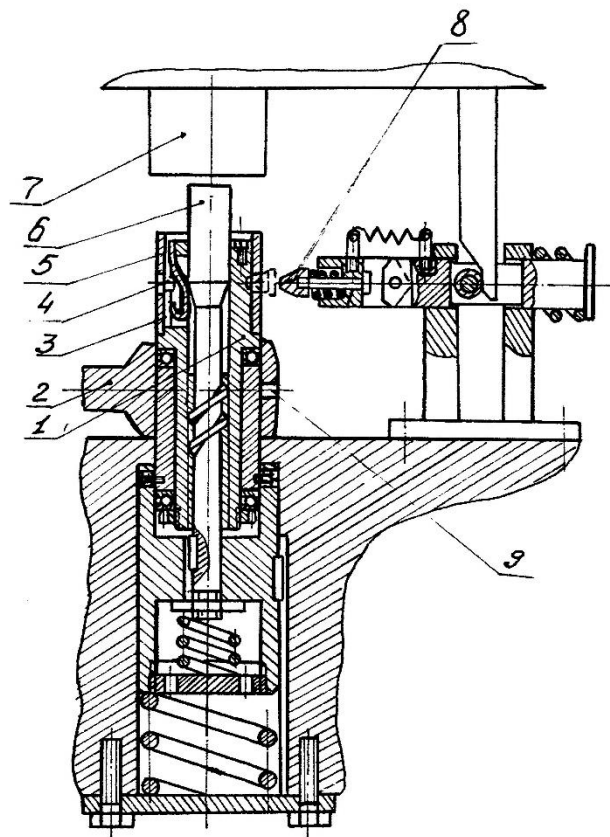


Рисунок 1.3 – Схема пристрою для складання пресових з'єднань

Вступаючи у контакт із внутрішньою поверхнею втулки 5, яка має ключ орієнтації 4 у вигляді радіального отвору, вони викликають обертальний рух втулки до моменту співпадання ключа орієнтації із конусним наконечником

підпружиненого фіксатора 8. Зафіксована в заданому кутовому положенні втулка при подальшому русі запресувального пуансона з'єднується з шатуном 2. При цьому маслопідвідний отвір 9 шатуна суміщається із отвором 4 запресовуваної втулки.

У деяких пристроях [8] пошук ключа орієнтації та обертальний рух втулки до заданого кутового положення забезпечується рухомим в кутовому напрямку фіксатором, який взаємодіє, наприклад, з радіальним отвором втулки.

Відомі також інші пристрої кутової орієнтації деталей типу втулок [9, 10, 11, 12, 13], які використовують зазначені прийоми орієнтації, проте дещо відрізняються від наведених за способом транспортування втулок, приводом їх обертального руху, а також формою і розміщенням фіксуючих елементів.

В цілому для механічних систем характерні такі переваги:

- висока точність та надійність фіксації втулки за кутовою координатою;
 - невеликі енергозатрати для здійснення процесу;
- і недоліки:
- неможливість використання для орієнтації деталей, які легко деформуються, і деталей із неміцними покриттями;
 - порівняно низька продуктивність орієнтації;
 - наявність у ряді випадків складних перетворюючих механізмів для забезпечення необхідних рухів орієнтації;
 - застосовуваність лише для втулок з великими розмірами ключа орієнтації.

1.2.2. Пневматичні пристрої кутової орієнтації

Пневматичні системи орієнтування в принципі базуються на контактному методі тиску струменя стиснутого повітря на виріб, проте на відміну від механічних вони дозволяють практично виключити пошкодження неміцних і нежорстких виробів з особливо чистими поверхнями [2]. Крім того,

спеціальні пневматичні системи мають високу чутливість, забезпечуючи впізнавання виробів у позиції контролю з розмірами ключа орієнтації до 10 мкм.

Згідно із [2] розрізняють два основних типи пневматичних систем, які забезпечують орієнтування: шляхом безпосередньої силової дії повітряних струменів на виріб і за допомогою пневматичних датчиків контролю положення виробу [14]. У системах першого типу струмені або потік повітря поєднують в собі функції контрольних і виконавчих органів. У системах другого типу ці функції розділені.

З точки зору продуктивності великий інтерес являють системи орієнтації з неперервним режимом роботи, у яких функції датчика і виконавчого механізму поєднані в одному органі [2].

Орієнтація за кутовою координатою виробів типу втулок з радіальним отвором 1 (рис.1.4) [15, 16, 17, 2] в середньому перерізі здійснюється шляхом обертання їх на пневматичній оправці 2 за рахунок сил в'язкого тертя, що виникають при витіканні стиснутого повітря із тангенціальних отворів 3. Передбачається, що при певному положенні втулки крутний момент від тангенціальних струменів врівноважується радіальним струменем, який витікає із радіального отвору 4 оправки, який розділяється на два симетричних, протилежно спрямованих потоки, один із яких через отвір 1 витікає в атмосферу. В цьому положенні зорієнтована втулка виявляється зафіксованою.

Експериментально для окремих типорозмірів втулок з отворами були встановлені конструктивні співвідношення елементів пристрою і значення тиску стиснутого повітря, що підводиться до оправки [16]. Проте детального вивчення здійснюваного процесу орієнтації з метою вироблення рекомендацій із розрахунку орієнтуючих пристроїв для широкого класу типорозмірів втулок з різними ключами орієнтації до теперішнього часу не було виконано.

Для кутової орієнтації втулок із поздовжнім прорізом розроблений пристрій [18, 2] (рис.1.5), робота якого базується на взаємодії тангенціальних

струменів з кромками прорізи. Орієнтована втулка 4 з прорізом 5 розміщується у циліндричному гнізді пневмокамери 2 і утримується від осьових зміщень кільцевими магнітами 3. При подачі стиснутого повітря у пневмокамеру 2 й витіканні струменів із радіальних отворів 1 між зовнішньою поверхнею деталі та внутрішньою поверхнею циліндричного гнізда пневмокамери втрачається контакт і створюється повітряний зазор. Струмені, які витікають із тангенціальних орієнтуючих сопел 6 і обтікають циліндричну поверхню втулки, здійснюють шляхом дії на поздовжню щілину деталі її провертання навколо поздовжньої осі із довільного положення у стійке, яке характеризується тим, що поздовжня щілина деталі розташована у площині симетрії орієнтуючих сопел 6, вище від осі циліндричного гнізда пневмокамери. Однак слід відзначити, що другий із пристроїв, що розглядаються, маж дещо обмежену область застосування. Для здійснення процесу орієнтування тут необхідно забезпечити тільки горизонтальне розміщення осі втулки при порівняно великих розмірах ключа орієнтації. При цьому продуктивність процесу, головним чином, залежить саме від розмірів останнього. В той же час продуктивність першого із наведених пневматичних пристроїв кутової орієнтації практично не залежить від розмірів ключа орієнтації.

Зазначені пристрої мають ряд загальних властивостей:

- висока продуктивність орієнтації;
- можливість роботи з деталями, які мають неміцний поверхневий шар;
- точність фіксації втулок за кутовою координатою дещо нижча порівняно з механічними системами, хоча при детальнішому вивченні процесу орієнтації може виявитись нагода суттєво покращити цей показник;
- порівняльна простота конструкції (особливо для першого пристрою) і можливість вбудовування в існуюче складальне обладнання без суттєвого його доопрацювання;

- дещо більші порівняно з механічними пристроями енергозатрати у зв'язку із витратами стиснутого повітря.

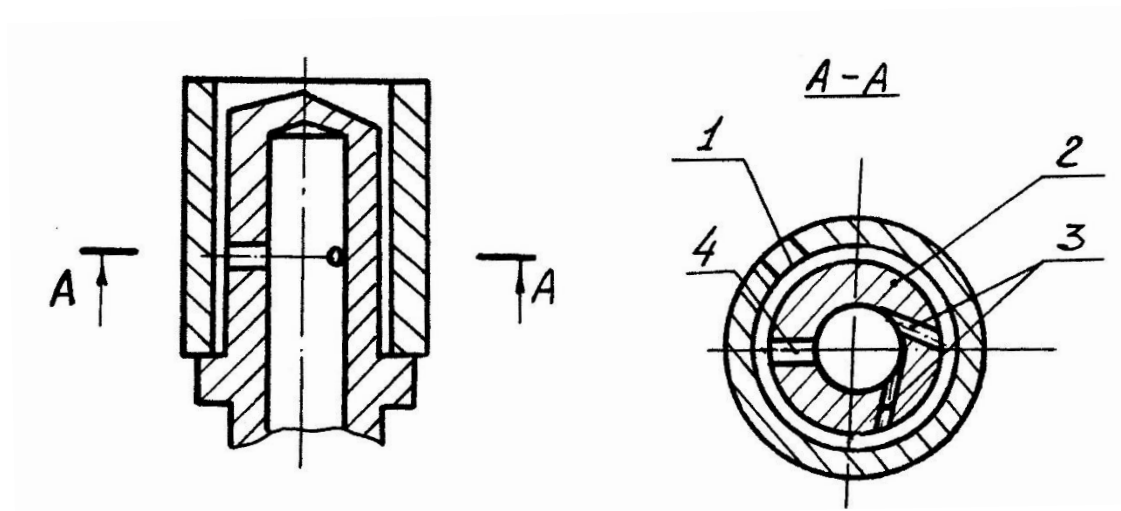


Рисунок 1.4 – Схема пневматичного пристрою для кутової орієнтації втулок з бічним отвором

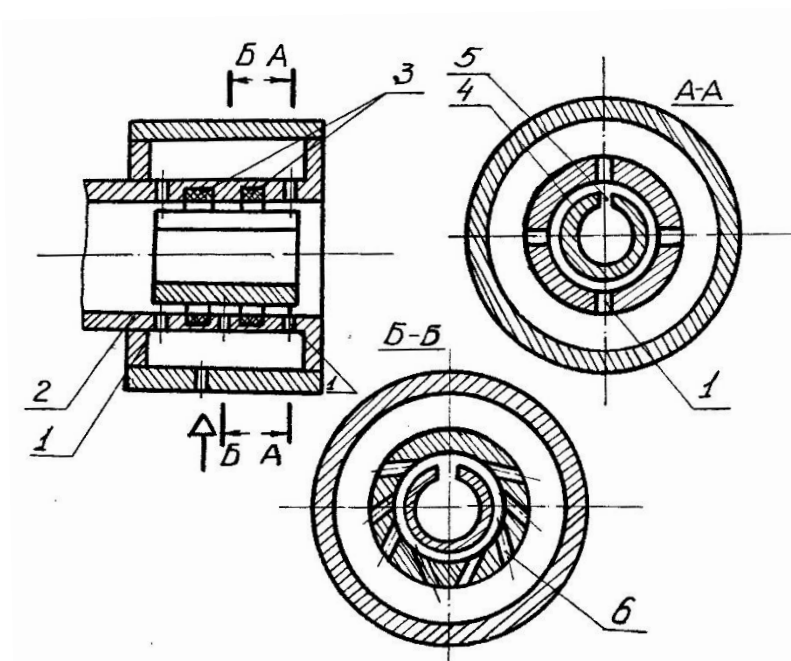


Рисунок 1.5 – Схема пристрою для автоматичної орієнтації втулок із пазом на твірній

1.2.3. Магнітні способи і засоби кутового орієнтування

Магнітні системи застосовують для маніпулювання виробами із феромагнітних і немагнітних струмопровідних матеріалів. У першому випадку в системах створюють постійне або низькочастотне (не більше 50 Гц) змінне поле, а в другому – високочастотне (до декількох кГц), за допомогою якого збуджують у виробі власне магнітне поле, яке взаємодіє із зовнішнім [2, 4].

При безконтактному орієнтуванні деталі електромагнітним полем, поле із деталлю створюють систему, потенціальна енергія якої залежить від положення деталі відносно вектору напруженості поля. Стійка рівновага положення деталі, яка знаходиться у полі дії сил, відповідає мінімальному значенню потенціальної енергії системи. Отже, орієнтоване тіло із початкового положення повинно переміститись і зайняти цілком визначене положення відповідно до мінімального значення потенціальної енергії системи [4].

Схема орієнтації деталей у змінному магнітному полі подана на рис.1.6 [19, 4]. Пульсуюче магнітне поле тут створюється при підключенні котушок 1 до однофазного струму. При проходженні через зону орієнтації деталі розвертаються певним чином і утримуються в цьому положенні.

У зв'язку з великими енергетичними затратами, які пов'язані із забезпеченням процесу орієнтації, особливо для деталей із слабо вираженими ознаками асиметрії, розроблені способи підсилення орієнтуючого ефекту.

Спосіб безконтактної магнітної орієнтації деталей [20, 4], що є розвитком і подальшим удосконаленням способу [19], забезпечує підвищення ефекту орієнтації при однаковій величині енергії, яка витрачається на створення магнітного поля в зоні орієнтації завдяки тому, що на деталь діють магнітним полем, що вмикається імпульсно, з більшою величиною амплітуди індукції у відповідності до обраної паузи між імпульсами. Тривалість імпульсу встановлюється не менше одного періоду струму обраної частоти. Тривалість паузи між імпульсами встановлюється з умови, щоб на деталі в зоні орієнтації діяв хоча б один імпульс пульсуючого магнітного поля.

У способі [21] (рис.1.7) підсилення ефекту орієнтації деталей 1 з ознаками асиметрії 2 досягають за рахунок встановлення між внутрішнім 3 і зовнішнім 4 тілами-шаблонами у змінному магнітному полі, вектор індукції якого B спрямований перпендикулярно до осі деталі. Шаблони 3 і 4 мають ті ж вирізи 5, що й деталь 1, і закріплені так, щоб однотипні вирізи мали однакові кутові координати. В результаті взаємодії контурів струмів, які виникають в деталі і шаблонах, деталь набуває орієнтованого положення, при якому індукований в ній контур струму повністю співпадає з контурами у шаблонах, після чого поле вимикають і зорієнтована деталь виводиться із простору між шаблонами. Для забезпечення надійнішої орієнтації і прискорення установки деталі в орієнтоване положення шаблонам надають зворотно-поступального руху із затухаючою амплітудою коливань, початкове значення якої вибирають, виходячи із умов часткового перекриття контурів індукованих струмів у шаблонах і відповідних елементах деталей.

Магнітостатичне поле застосовують в основному для орієнтування ферромагнітних тіл поздовжньої форми [4]. Для орієнтування деталей типу ступок, тим більше зі слабо вираженою ознакою орієнтації, воно практично є непридатним [22].

Розглянуті способи і пристрої магнітної орієнтації мають ряд переваг:

- висока продуктивність орієнтації (проте дещо нижча, ніж у пневматичних пристроїв);
- можливість роботи із деталями, які легко деформуються, або мають неміцний поверхневий шар;
- можливість забезпечити кутову орієнтацію для деталей з прихованими ознаками орієнтації (наприклад, неоднорідність матеріалу);
- хороша точність фіксації орієнтованих деталей за кутовою координатою.

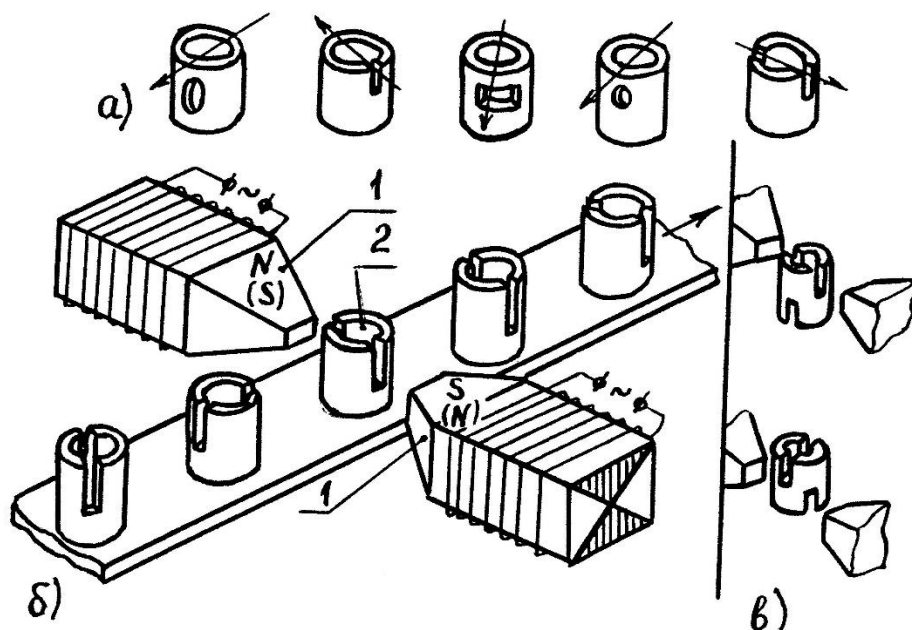


Рисунок 1.6 – Електродинамічне орієнтування втулок: *а* – різновидність деталей; *б* – схема орієнтуючого пристрою; *в* – фокусування магнітного потоку за конструктивною ознакою деталі

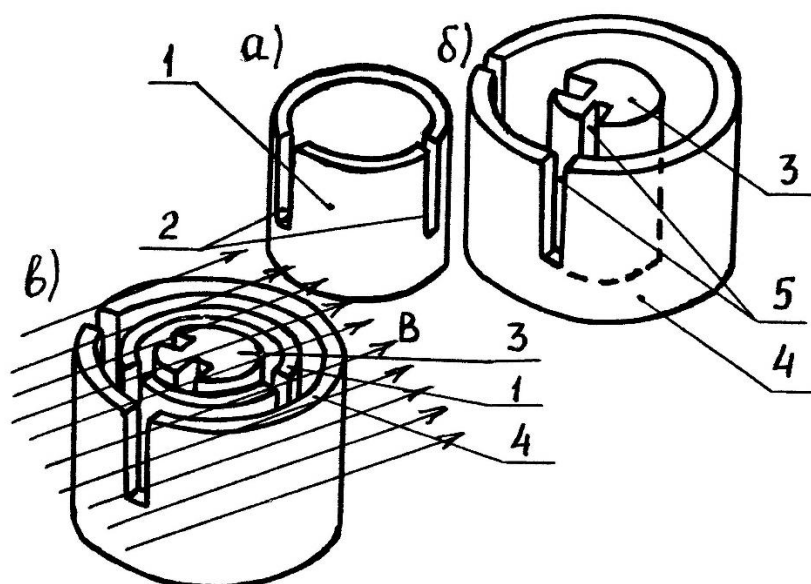


Рисунок 1.6 – Схема пристрою для підсилення ефекту електродинамічного орієнтування: *а* – деталь; *б* – шаблони; *в* – пристрій у складеному стані

Разом з тим вони мають окремі недоліки:

- прийнятність для орієнтації тільки феромагнітних або немагнітних струмопровідних тіл;
- низька чутливість при малих розмірах ключа орієнтації;
- порівняно великі габаритні розміри пристроїв, які забезпечують процес орієнтування;
- високі енергозатрати, особливо для втулок зі слабо вираженою ознакою орієнтації.

1.2.4. Комбіновані засоби кутової орієнтації

До комбінованих засобів кутової орієнтації деталей типу втулок можна віднести пристрої, принцип роботи яких базується на припиненні в заданому кутовому положенні обертального руху орієнтованої втулки, встановленої у захватному пристрої, зв'язаним з яким небудь приводом, за сигналом датчика визначення положення ключа орієнтації. В якості приводу обертання втулки можуть бути використані механічні [23, 24, 25, 26, 27] або пневматичні [2] системи, гравітаційні або інші поля. Датчиками розпізнавання біжучого кутового положення орієнтованої втулки служать електричні [23, 24, 25, 28, 26], індуктивні [29], акустичні [30, 28] та інші пристрої, телевізійні системи [27, 28].

У [26] для орієнтації, наприклад, розрізної втулки, яка напресовується на вал у певному кутовому положенні, останню поміщають у центр поворотного стола з електромагнітним гальмом. Всередині розрізної втулки вводиться джерело світла у вигляді лампи розжарення, закритої кожухом з отвором на бічній стінці, і стіл починає повільно повертатися. При певному положенні пучок світла, який виходить через щілину втулки, потрапляє за допомогою оптичної системи на фотоелемент, який подає сигнал на електромагнітне гальмо, яке вимикає обертання поворотного стола.

Поданий у [2] орієнтуючий пристрій здійснює привід кутового обертання втулки еліптичного або прямокутного перерізу за допомогою

тангенціальних повітряний струменів, які діють на її зовнішню поверхню. Фіксація виконується в кутовому положенні, що відповідає співпадінню форми поперечного перерізу втулки і відповідного гнізда, виконаного в основі.

У пристрої [27] деталі, які поступають із бункера, встановлюються під телекамерою. Зображення деталі перетворюється у цифрові сигнали, які поступають на комп'ютер. Тут деталь, яка піддається перевірці, співставляється з еталонною деталлю, інформація про яку закладена у комп'ютері, ідентифікується, причому розпізнається також її положення у просторі. В результаті цього розпізнавання комп'ютер виробляє розпізнавальні сигнали для маніпулятора, який орієнтує деталь і передає у складальний пристрій.

Навіть на основі розглянутих прикладів можна зробити висновок про значну різноманітність конструктивних та інших особливостей цієї групи пристроїв. Тим не менше всі вони характеризуються порівняно низькою продуктивністю; великою складністю систем забезпечення орієнтації (за винятком пневмомеханічних пристроїв [2]); хорошою точністю фіксації втулки за кутовою координатою; великими розмірами ключа орієнтації для більшості типів пристроїв.

1.3. Висновки по розділу, постановка мети та задач дослідження

Для забезпечення кутової орієнтації деталей типу втулок за заданою конструктивною ознакою у багатьох випадках необхідно створювати спеціальні типи орієнтуючих пристроїв. Це завдання досить часто вдається успішно вирішити за допомогою використання механічних орієнтуючих пристроїв для втулок порівняно великих типорозмірів, які мають яскраво виражену ознаку орієнтації. Проте вони значно ускладнюють технологічне оснащення або стають фактором, який обмежує підвищення продуктивності обладнання. Але у випадку, коли потрібно вирішити завдання забезпечення фіксації за заданою кутовою координатою втулок, які мають неміцний

поверхневий шар або слабо виражену ознаку орієнтації, використання електромагнітних чи механічних пристроїв є або малоефективним, або цілком неприйнятним.

Струменеві (пневматичні) пристрої при високій чутливості забезпечують орієнтацію таких втулок. При цьому самі втулки можуть бути виготовлені практично із будь-яких матеріалів. Крім того, струминні орієнтуючі пристрої мають невеликі габарити, високу продуктивність і забезпечують покращення умов складання за рахунок підвищення точності центрування втулок відносно спряжуваних поверхонь.

Деякі труднощі виникають через необхідність підведення стиснутого повітря заданого ступеня очищення, а також порівняно невисоку трудомісткість виготовлення існуючих конструкцій орієнтуючих органів через те, що для створення робочих потоків використовують радіальні й тангенціальні отвори, які мають діаметр 0,3...0,8 мм.

Мета роботи – розроблення пневматичних пристроїв кутової орієнтації згортних втулок приводних ланцюгів і модернізація приводу ротора верстата для складання внутрішніх ланок приводних ланцюгів.

Завдання дослідження: на основі здійсненого аналізу досліджень в області створення пристроїв для кутової пневматичної орієнтації згортних втулок приводних роликів і втулкових ланцюгів та досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати і обґрунтувати методи і засоби дослідження та розрахунку конструкторських параметрів пневматичних пристроїв кутової орієнтації втулок, зокрема визначити співвідношення між діаметрами тангенціальних і радіальних отворів орієнтуючих штоків;
- розробити конструкцію пристрою для орієнтації згортних втулок при складанні внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) з періодичною подачею стиснутого повітря на певних позиціях процесу складання внутрішніх ланок;

- розробити нову технологію складання внутрішніх ланок ПРВЛ та удосконалити існуючу кінематику верстата-автомата;
- запропонувати нову конструкцію приводу ротора верстата-автомата, яка забезпечувала б постійний замкнений кінематичний зв'язок і високу точність позиціювання;
- дослідити сили, які діють на внутрішню поверхню втулки при дії одиничного струменя;
- визначити величину моментів, які створені тангенціальними струменями;
- здійснити техніко-економічне обґрунтування доцільності запропонованих технічних рішень.

2. ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Опис та обґрунтування методів і засобів досліджень та розрахунку стосовно пневматичних пристроїв кутової орієнтації деталей типу втулок

Як зазначалось у вище, процес кутового орієнтування деталей пневматичними пристроями першого типу, які використовують силову дію системи певним чином спрямованих струменів стиснутого повітря для необхідного переміщення та фіксації у заданому положенні орієнтованої втулки, до теперішнього часу є недостатньо вивченим. Тільки в деяких роботах [31, 16] наведені встановлені експериментально окремі конструктивні співвідношення елементів орієнтуючих пристроїв для конкретних типорозмірів втулок. Тому з метою встановлення основних напрямів дослідження доцільно розглянути окремі характеристики процесів, які відбуваються у різних пневматичних пристроях і засобах пневмоавтоматики, елементи яких включають у себе розглядувані пневматичні пристрої.

Виходячи із технологічного призначення цих пристроїв – кутове орієнтування деталей перед складанням чи установкою їх у захвати транспортуючих механізмів, можна припустити безумовну перевагу перед іншими тих конструкцій, які поряд з кутовою орієнтацією забезпечують і осьову. Виконання цієї умови, в свою чергу, не допускає наявності між орієнтуючим штоком і внутрішньою поверхнею втулки (рис. 1.4) великих зазорів. Тому характер течії струменів у зазорі та їх силову дію на втулку можуть мати багато спільного із пневматичними дроселями.

Через можливості радіального зміщення втулок відносно орієнтуючого штока зовнішню поверхню штока із виконаними у ній радіальними отворами та внутрішню поверхню орієнтованої втулки можна подати у вигляді модифікованого дроселя сопло-заслінка, властивості якого досить повно вивчені.

В результаті переміщення заслінки відносно сопла змінюється повітряний зазор, а отже, й величина пневмоопору [32]. У дроселях типу

сопло-заслінка сумарний опір складається з опору на вході у щілину, опору, що виникає в результаті повороту повітря, що витікає із сопла, на кут $\pi/2$, опору при витіканні із щілини, яка утворена площиною заслінки і торцем сопла, та втрат на виході. Ефективне регулювання опору дроселя сопло-заслінка можливе лише при малих зазорах h між заслінкою й торцем сопла (рис.1.7, а) [32]. Зазвичай, величина h знаходиться в межах $0 < h \leq d_c/4$. Витрата газу через розглядуваний опір при турбулентному режимі течії можна знайти, використовуючи формули (2.1), (2.3) або (2.2), (2.4) [32, 33], отримані для турбулентних дроселів.

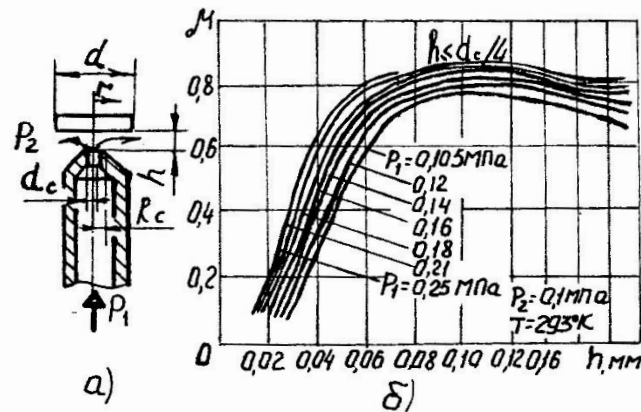


Рисунок 2.1 – До розрахунку дроселя типу сопло-заслінка [32]: а – схема елемента; б – залежність коефіцієнта μ від віддалі h між соплом і заслінкою

Для докритичного режиму витікання:

$$G = \mu \cdot F \cdot P_1 \sqrt{\frac{2}{R \cdot T_1} \cdot \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (2.1)$$

при $P_2/P_1 \geq 0,528$ або спрощено:

$$G = \mu \cdot F \cdot P_1 \sqrt{\frac{2}{R \cdot T_2} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right) - \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right) \right]}, \quad (2.2)$$

при $P_2/P_1 \geq 0,5$, а для надкритичного витікання газу:

$$G = \mu \cdot F \cdot P_1 \sqrt{\frac{2}{R \cdot T_1} \cdot \frac{k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}}}, \quad (2.3)$$

при $\frac{P_2}{P_1} < 0,528$ або, використовуючи простішу формулу,

$$G = \mu \cdot F \cdot P_1 \sqrt{\frac{1}{2R \cdot T_2}}, \text{ при } \frac{P_2}{P_1} < 0,5, \quad (2.4)$$

де G – масова витрата газу;

μ – коефіцієнт витрати;

F – площа прохідного отвору;

P_1 і P_2 – тиск повітря на вході у пневматичний опір і на виході з нього відповідно;

R – газова стала;

T_1 і T_2 – абсолютна температура повітря до отвору і після отвору відповідно, град.Кельвіна;

k – показник адіабати, для повітря $k = 1,4$ [32].

2.2. Опис та обґрунтування конструкції пристроїв для орієнтації згортних втулок внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ)

2.2.1. Пневматичний пристрій для орієнтації згортних втулок із наскрізним отвором посередині стикового шва з оптимальним співвідношенням діаметрів наскрізних отворів

В результаті здійсненого огляду та аналізу відомих пневматичних пристроїв для орієнтації згортних втулок встановлений один їх суттєвий недолік, а саме: не обґрунтовано співвідношення діаметрів отворів орієнтуючого штока.

На рис.2.2 зображений пристрій для орієнтації згортних втулок ПРВЛ, виконаний у вигляді пустотілого орієнтуючого штока 1 із внутрішнім центральним глухим отвором 8 діаметром D , який з'єднаний із ємністю (на рис. не показано) із стиснутим повітрям з надлишковим тиском $P_{нд}$. На половині висоти H орієнтуючого штока 1 у його стінці виконана система отворів: один радіальний 3 діаметром d_p і два (4, 6) – тангенціальні одного діаметра d_t , розміщені під кутом 120° з обох боків від радіального отвору.

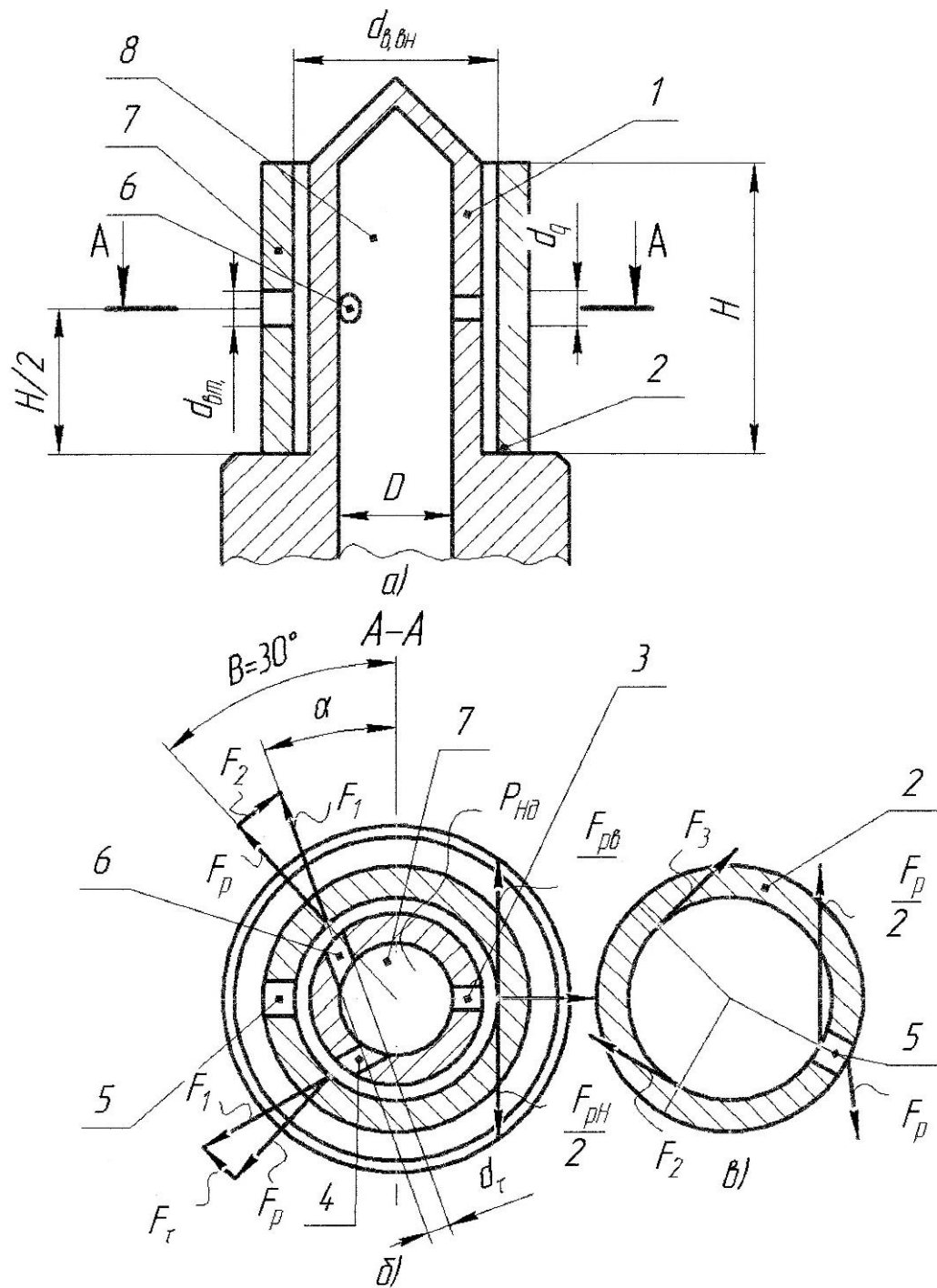


Рисунок 2.2 – Схема орієнтуючого пневматичного пристрою з відповідними співвідношеннями діаметрів радіального d_p і тангенціального d_τ отворів, відповідно: а) головний вигляд; б) переріз А-А; в) положення зорієнтованої втулки стиковим швом

Для забезпечення роботоздатності орієнтуючого пристрою необхідно витримати умову:

$$\frac{\pi d_p^2}{4} + \frac{\pi d_\tau^2}{2} < \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.5)$$

Причому $d_p > d_\tau$, $\pi v_p^2 + 2\pi v_\tau^2 \leq \pi D^2$; $d_p^2 + 2d_\tau^2 \leq D^2$; $\frac{d_p^2}{d_\tau^2} + 2 \leq D^2$

Пристрій працює таким чином. При попаданні згортної втулки 2 зі стиковим швом 7, наприклад, із накопичувача на орієнтуючий шток 1 у довільному кутовому положенні (рис.2.2, а), на її внутрішню циліндричну поверхню діятимуть сили струменів, які витікають із отворів – радіального 3 і двох тангенціальних (4 і 6), відповідно F_p і F_1 . На внутрішній циліндричній поверхні згортної втулки 2 вони будуть розкладатись наступним чином: радіальна сила F_p розкладається на потоки, що розходяться на протилежні напрями $F_p/2$, а сила F_1 – на дві складові: тангенціальну F_2 та радіальну F_1 .

Силу F_1 можна виразити залежністю:

$$F_1 = \frac{\pi d_2^2 \cdot P_{\text{ВД}}}{4} \quad (2.6)$$

Тангенціальна складова, відповідно, виразиться залежністю:

$$F_T = F_1 \sin(\beta - \alpha) \quad (2.7)$$

Радіальна складова, відповідно, виразиться залежністю:

$$F_p = F \cdot \cos(\beta - \alpha) \quad (2.8)$$

Під дією F_T виникає крутний момент M :

$$M = F_T \frac{d_{\text{в.вн}}}{2}, \quad (2.9)$$

Тут $d_{\text{в.вн}}$ – внутрішній діаметр втулки.

При положенні втулки, яке показано на рис.2.2, б вона (втулка) не буде знаходитись у рівновазі, так як під дією двох моментів вона набуде обертового руху, тому що радіальна сила F_p не створює моменту.

Коли згортна втулка в результаті її повороту проти годинникової стрілки відносно нерухомого штока 1 займе положення, показане на рис.2.2, в, система сил, що діють на внутрішню циліндричну поверхню втулки 2, набуде вигляду:

$$\sum F_{\tau} \cdot \frac{d_{\text{в.вн.}}}{2} = \frac{F_{\text{р.в.}} \cdot d_{\text{в.вн.}}}{4}$$

Або:

$$2F_{\tau} = \frac{F_{\text{р.в.}}}{2}$$

Із рис.2.2, б, отримаємо:

$$\frac{\pi d_{\tau}^2 P_{\text{нд}} \sin(\beta - \alpha)}{2} = \frac{\pi d_p^2 \cdot P_{\text{нд}}}{8} \quad (2.10)$$

Скоротивши (2.10), отримаємо:

$$d_{\tau} = \frac{d_p}{2\sqrt{\sin(\beta - \alpha)}} \quad (2.11)$$

З урахуванням (2.5) і (2.11) визначимо d_p :

$$d_p < D \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (2.12)$$

Так як діаметр орієнтуючого штока $d_{\text{вт}} = D + 2\delta + \Delta$ (тут Δ - зазор між внутрішньою і зовнішньою циліндричними поверхнями відповідно штока і згортої втулки, δ - товщина стінки втулки), то формула (2.12) набуде вигляду:

$$d_p \leq (d_{\text{вт}} + \Delta) \sqrt{\frac{2}{3}} = (D + 2\delta + \Delta) \sqrt{\frac{2}{3}} \quad (2.13)$$

Використавши (2.11) і (2.13), при заданих $d_{\text{вт.в}}$ і Δ , отримаємо значення d_p і d_{τ} при дотриманні умови (2.5), тобто ефекту дроселя.

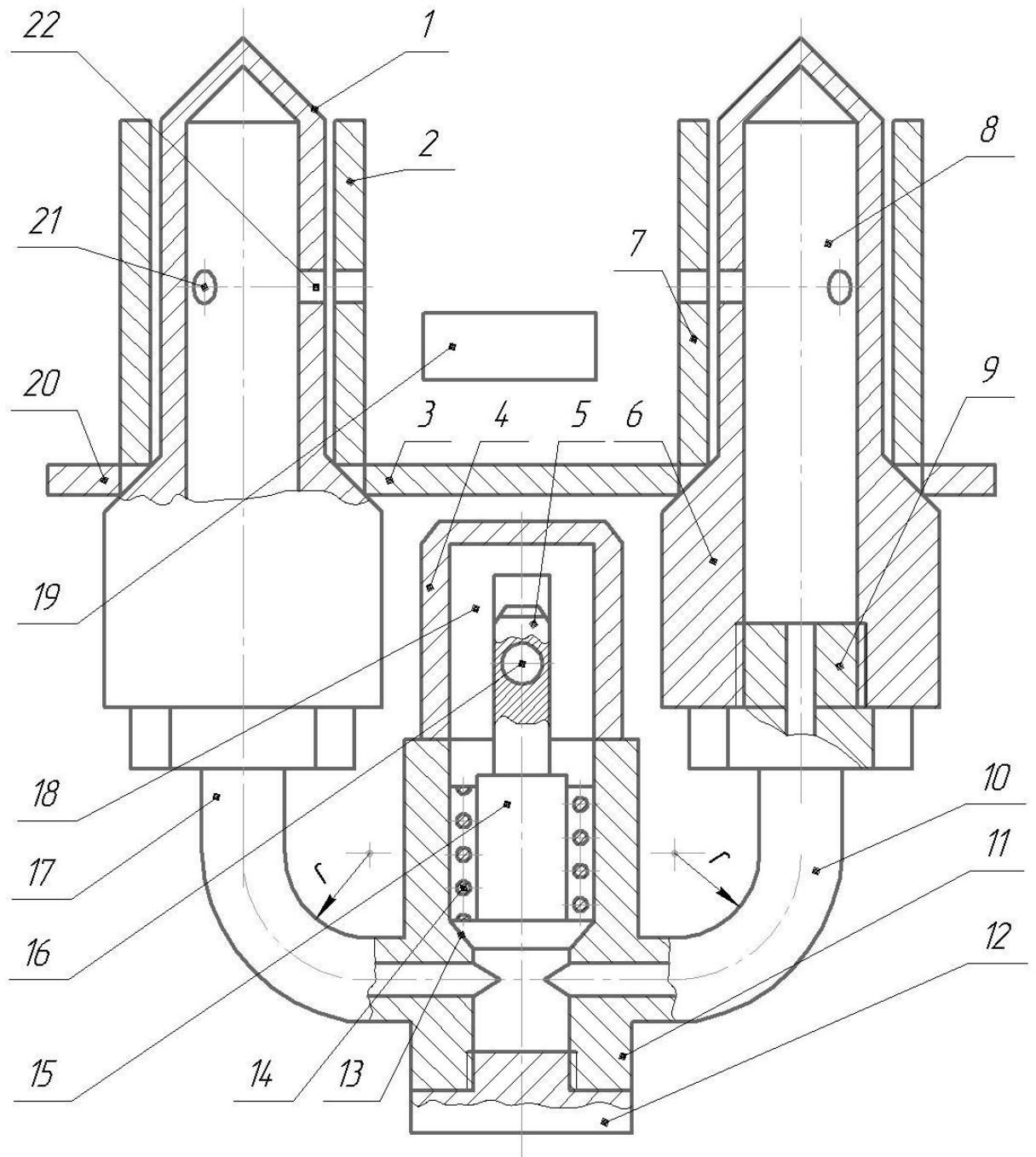


Рисунок 2.3 – Конструкторська схема пневматичного пристрою для орієнтації згортних втулок при складанні внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів з керованим режимом витікання струменів

2.2.2. Пневматичний пристрій для орієнтації згортних втулок при складанні внутрішніх ланок ПРВЛ

Проаналізовані відомі конструкції пневматичних пристроїв для орієнтації згортних втулок при складанні внутрішніх ланок ПРВЛ (А.с.446734 СССР, В 23Р 19/10, В21L 9/02; А.с.607695 СССР, В23Р 19/10, В21L 9/06; А.с.958034 СССР, В21L 9/02).

В результаті аналізу процесу складання внутрішніх ланок ПРВЛ, зокрема, при подачі на складальну позицію нижньої внутрішньої пластини ланки мають місце випадки, коли струмені, які витікають із отворів орієнтуючих штоків, здувають ці пластини, в результаті чого процес складання стає неможливим.

Запропонована нова конструкція пневматичного пристрою для орієнтації згортних втулок, яка схематично показана на рис.2.3.

Особливістю цієї конструкції є те, що стиснуте повітря подається у внутрішні циліндричні ємності орієнтуючих штоків тільки після того як на попередній позиції на штоки вже подана внутрішня нижня пластина.

Пристрій складається із двох симетрично розміщених у кутовому положенні орієнтуючих штоків 1 і 8. Внутрішні ємності орієнтуючих штоків 1, 8 з'єднані через редуктор і ресивер (на рис. не показано) із ємністю зі стиснутим повітрям. Патрубок 16 ресивера з'єднаний із керуючим клапаном 13, який з'єднаний з електромагнітною котушкою 14, всередині якої розміщений сердечник 15 зі штоком 5, закритим від атмосфери ковпаком 4.

Внутрішні ємності орієнтуючих штоків 1, 8 знизу закриті пробками 9, які патрубками 10 і 17 зв'язані із керованим клапаном 18. Наявність внутрішньої пластини 20 на позиції орієнтації втулок контролюється електромагнітним давачем 19.

Пристрій працює таким чином. На всіх попередніх позиціях, коли внутрішня пластина 20 своїми отворами ще не попала на орієнтуючі штоки 1, 8, а керуючий клапан 13 закритий, із тангенціальних 21 і 22 та радіальних 23 і

24 отворів штока струмені не витікають. Це дає можливість на позиції подачі внутрішньої пластини 20 на орієнтуючі штоки 1, 8 під своєю вагою попасти на їх конічні поверхні.

На іншій наступній позиції (рис.2.4) на штоки 1, 8 подаються під власною вагою згортні втулки 2 і 7. Після цього давач 19 подає струм на електромагнітну котушку 14, керуючий клапан 13 переміщується вгору, стиснуте повітря через трубопроводи 10 і 17 подається у внутрішню порожнину штоків 1, 8, струмені витікають із тангенціальних і радіальних отворів. При цьому здійснюється кутова орієнтація згортних втулок 2, 7 у задане положення. На наступній позиції керуючий клапан 13 закривається, струмені ліквідуються, а втулки 2, 7 при переміщенні вниз траверси (на рис. не показано) запресовуються у отвори внутрішніх пластин.

Потім усі прийоми повторюються аналогічним чином.

2.3. Технологічна і кінематична схеми складання внутрішніх ланок ПРВЛ модернізованого пристроями для кутової орієнтації втулок верстата-автомата

Суть модернізації автомата для складання внутрішніх ланок ПРВЛ полягає в оснащенні його новими пристроями для кутової орієнтації втулок і новим приводом повороту ротора. Запропонована модернізація проілюстрована кінематичною схемою (рис.2.5) і приводом повороту ротора (рис.2.6).

2.3.1. Технологія складання внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів із забезпеченням кутової орієнтації згортних втулок

Проаналізовано існуючі технологічні процеси складання відкритих ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) із згортними втулками [65, 66, 67].

Відзначено, що кутова орієнтація згортних втулок стиковим швом до середини внутрішньої ланки забезпечує виведення зони стикового шва втулки із контакту з валиком, що сприяє підвищенню точності кінематичних кроків і регламентованої довжини у 10 кроків відрізка ланцюга, а найголовніше – підвищенню зносостійкості шарнірів ПРВЛ [67]. Окрім того сказано, що орієнтацію згортних втулок здійснюють високотехнологічні фірми IVAS (ФРН), Ditton (Латвія).

Розглянуто існуючі конструкції пристроїв для кутової орієнтації згортних втулок ПРВЛ [15, 64, 65, 67].

Встановлено, що такі пристрої ускладнюють конструкцію верстатів автоматів для складання внутрішніх ланок ПРВЛ і знижують надійність складального обладнання.

Здійснено класифікацію орієнтуючих пристроїв [67] виходячи з певних критеріїв і зусиль створюваних різними джерелами: пневматичними струменями, електромагнітними полями, механічною дією.

Запропоновано удосконалену конструкцію пневматичного пристрою для кутової орієнтації згортних втулок з обґрунтованою величиною розкриття стикового шва. На основі розв'язку розмірних ланцюгів пресових з'єднань згортна втулка – отвір внутрішньої пластини, отримано залежності для визначення величини цього розкриття, при одночасному забезпеченні необхідної міцності цих з'єднань.

Запропоновано операцію кутової орієнтації згортних втулок здійснювати на проміжній позиції перед запресуванням цих втулок у отвори відокремлених пластин. Найбільш вдалим у цьому випадку запропоновано використати пристрій для пневматичної орієнтації втулок [15].

Запропонована технологія складання внутрішніх ланок ПРВЛ рис.2.4 може бути основою для проектування автоматичного складального обладнання для виготовлення приводних ланцюгів з орієнтованими втулками.

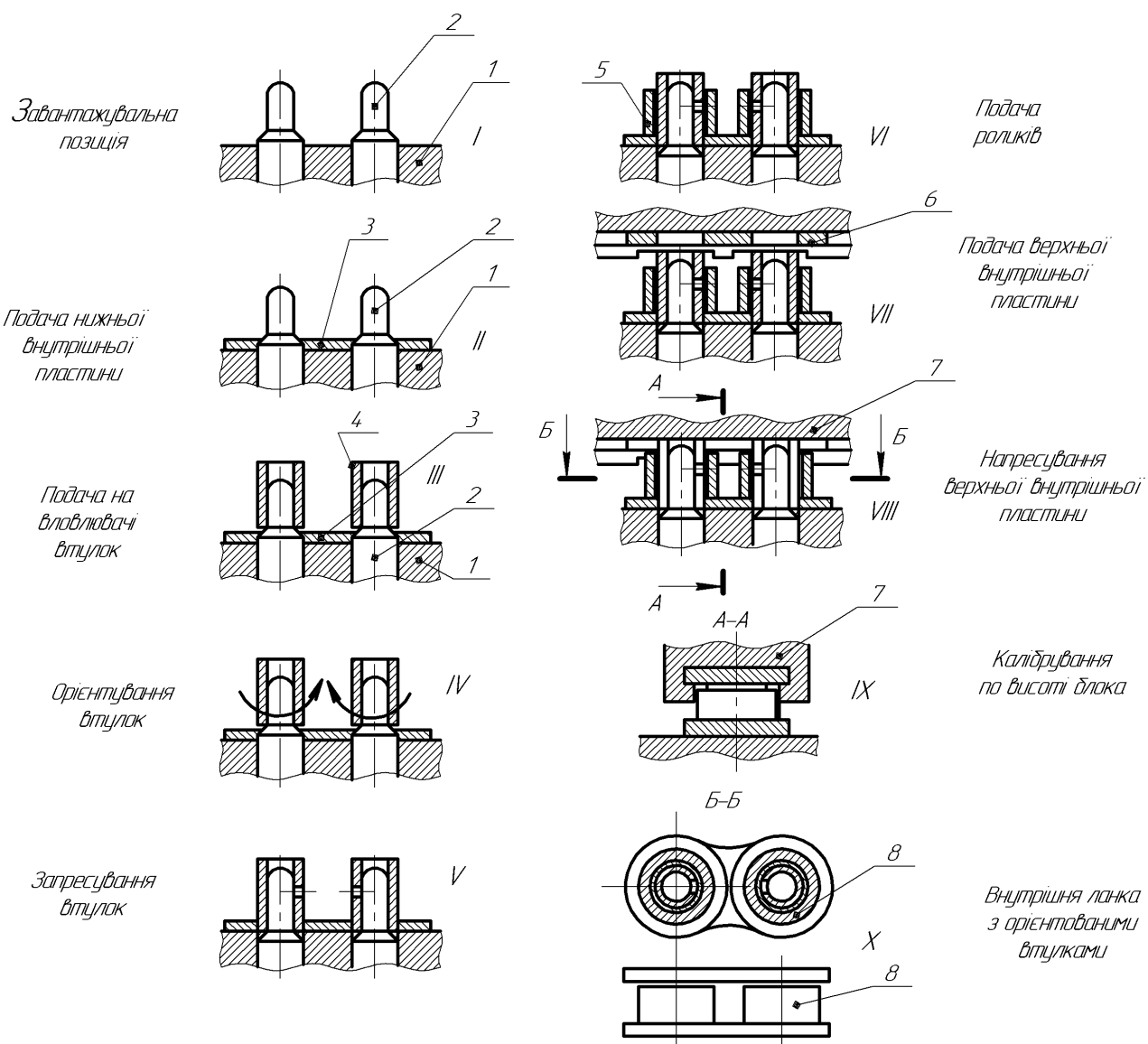


Рисунок 2.4 - Схеми переходів складання внутрішньої ланки ПРВЛ.
 1-плита ротора; 2-вловлювач; 3-нижня внутрішня пластина; 4-згортні втулки; 5-ролики; 6-верхня внутрішня пластина; 7-траверсв з Т-подібним пазом; 8-внутрішня ланка ПРВЛ

2.3.2. Кінематична схема і принцип роботи модернізованого автомата для складання внутрішніх ланок ПРВЛ

На рис.2.5 подана схематична кінематична схема автомата для складання внутрішніх ланок ПРВЛ. Автомат складається із ротора 1, який здійснює переривчасте обертання на кут φ_r . На роторі встановлені обойми 2 із

орієнтує шток 3. Верстат-автомат споряджений електродвигуном 21, вал якого через пасову передачу зв'язаний із розподільчим валом 22, на якому встановлені торцеві кулачки 11, 23 та плоский кулачок 16. Із кулачками 11 і 23 контактують підпружинені до них ролики 10 і 24, які встановлені на вертикальних осях 9 і 25, жорстко з'єднаних із повзунами 6 і 26 бічної подачі. Окрім цього, на лівому повзуні 26 закріплена зубчаста рейка 14, яка знаходиться у зачепленні з обіймою 13 односторонньої муфти обгону, ступиця якої жорстко з'єднана із ротором 1, встановленим на нерухомій вертикальній осі 6. Кулачок 16 знаходиться у контакті із роликом 20, який закріплений на коливному важелі 17, ролик 18 якого впирається на перекладину 19, що з'єднана з вертикально рухомими підпружиненими вгору колонками 4 і 15, на яких встановлена траверса 5 з фіксатором 7.

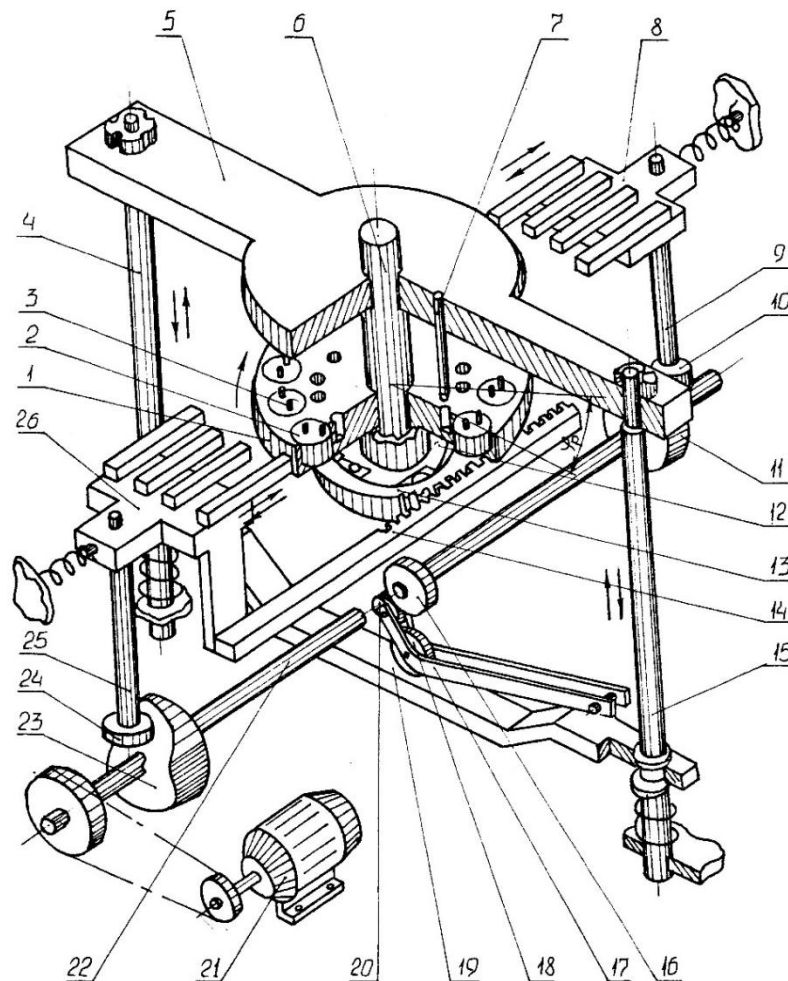


Рисунок 2.5 – Принципова кінематична схема автомата для складання внутрішніх ланок ПРВЛ

Робота автомата пояснюється технологічною (рис.2.4) і кінематичною (рис.2.5) схемами. Виконавчі органи автомата забезпечують технологічну схему складання внутрішніх ланок ПРВЛ, показану на рис.2.4. При періодичному повороті ротора 1 на кутовий крок φ_p на встановлені у обоймах 2 (рис.2.5) орієнтуючі штоки 3 подається нижня пластина внутрішньої ланки ланцюга. У подальшому на штоки 3 подаються втулки внутрішньої ланки і центруються конічними поверхнями орієнтуючих штоків. Під дією струменів, які витікають із тангенціальних і радіальних отворів, починається процес пневматичної кутової орієнтації втулок. На наступній позиції в зону складання подається верхня пластина внутрішньої ланки. Запресування втулок у отвори внутрішніх пластин і зняття із орієнтуючих штоків складеної внутрішньої ланки здійснюється вертикальним зворотно-поступальним рухом траверси.

2.3.3. Нова конструкція приводу повороту ротора верстата-автомата для складання внутрішніх ланок приводних ланцюгів

Проаналізовані конструкції приводів ротора у верстата-автоматах для складання внутрішніх ланок приводних ланцюгів виробництва фірм DSTTON (Латвія) і Sedis (Франція). Розглянуті відомі приводи передаточного руху [68, 69]. В більшості випадків використовують механізм переривчастого повороту шестерня – рейка з використанням муфти обгону або храпового механізму.

Встановлено, що такі механізми мають суттєвий недолік, який полягає у тому, що не забезпечується постійний кінематичний зв'язок, а це призводить до необхідності використання для забезпечення точності позиціонування додаткових механізмів.

Нами запропоновано новий привід перервного циклічного повороту ротора, який показаний на рис. 2.6 і рис.2.7.

Особливістю запропонованої конструкції приводу ротора є те, що його обертовий рух кінематично зв'язаний із обертотним рухом розподільчого вала (рис.2.6 і рис.2.7).

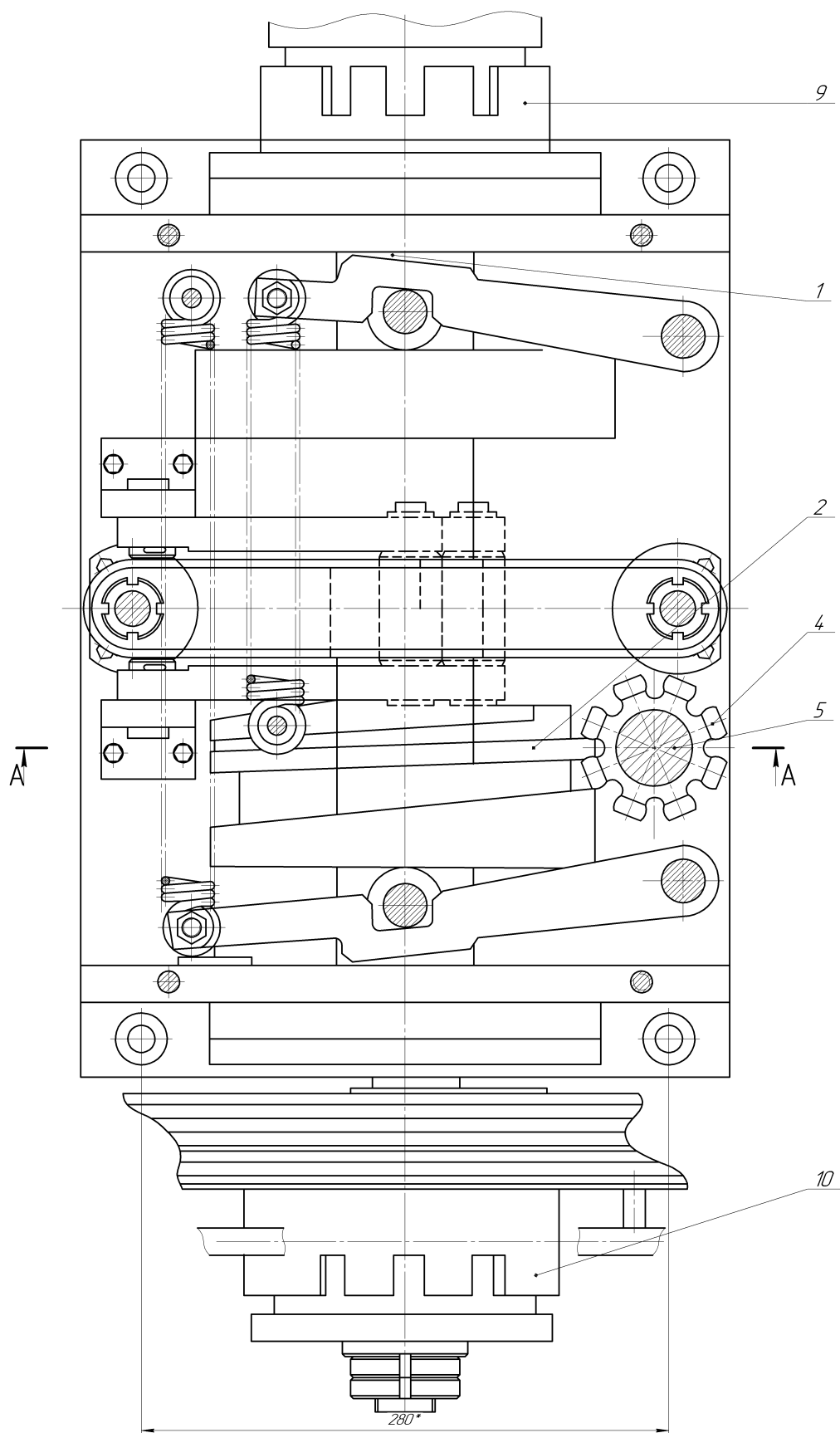


Рисунок 2.6 – Розподільчий вал: вигляд зверху при знятій плиті

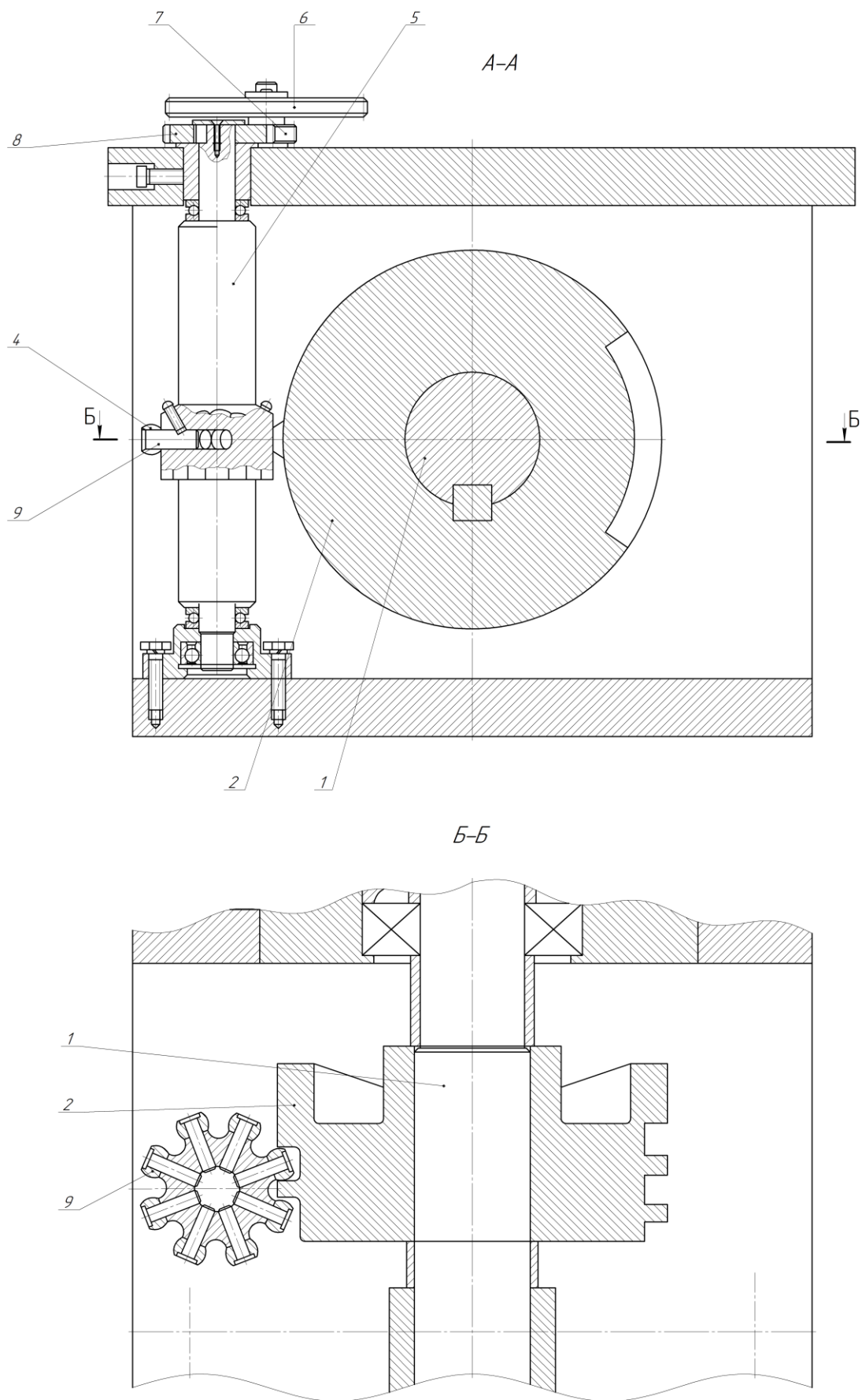


Рисунок 2.7 – Нова конструкція приводу повороту ротора

Саме на цьому розподільчому валу встановлені кулачки (рив.рис.2.5), які забезпечують подачу деталей (пластин, втулок, роликів) на позицію складання. Окрім цього на цьому валу розміщені дві електромагнітні муфти 9 і 10. Перша муфта 9 виконує роль самої муфти, а друга – 10 – екстреного гальма у випадку спрацювання електромагнітного давача контролю відсутності або наявності деталей на відповідних позиціях. Окрім цього на розподільчому валу 1 (переріз А-А, рис.2.7) через шпонку 3 встановлений кулачок 2, на циліндричній поверхні якого виконаний паз 11, у якому розміщені спрофільовані втулки 4, встановлені на спеціальні сприхи 9, запресовані у радіальні отвори розетки 10. Ця розетка розміщена на вертикальному валу 5, на верхньому торці якого жорстко встановлена шестерня 8, кінематично зв'язана із шестернею 7, розміщеною на осі (на рис. не показано) співвісно із шестернею 6, кінематично зв'язаною через зубчастий вінець ротора (див. рис.2.5) із ротором. Профіль паза 11 на кулачку 2 показаний на окремому листі графічної частини.

Привод працює таким чином. При обертанні розподільчого вала 1 і кулачка 2 на 1 оберт спрофільовані втулки 4, контактуючи із стінками профільного паза 11, будуть повертатись на кут $\omega = 2\pi/n$ (рад), де n – кількість втулок, тобто на кут $\omega = 45^\circ$. Через зачеплення шестерень 6, 7, 8 гітари приводу ротора забезпечується необхідний кут повороту ротора. Враховуючи профіль паза 11, поворот вала 5 буде переривчастий, тобто буде відповідна зона, при якій вал 5 є нерухомим і ротор знаходиться у стані спокою. В цей період і будуть здійснюватись всі переходи складальної операції.

2.3.4. Орієнтуючий шток для пневматичної орієнтації згортних втулок приводного дворядного ланцюга приводу механізму газорозподілу автомобілів ВАЗ

Орієнтуючий шток показаний на рис.2.8. Він виконаний у вигляді ступінчастого пустотілого валика. На верхній частині розміщена ділянка, на

якій виконана система отворів: 2 радіальних діаметром 0,4 мм і три отвори тангенціальні діаметром 0,35 мм. Два з них зміщені відносно радіальних отворів на кут 90° , а третій, розміщений по висоті симетрично відносно інших отворів на кут 150° . Сумарна площа поперечних перерізів цих отворів визначається за формулою:

$$S_c = \frac{\pi(2d_p^2 + 3d_t^2)}{4} = \frac{3,14(2 \cdot 0,4^2 + 3 \cdot 0,35^2)}{4} = 0,54 \text{ м}^2$$

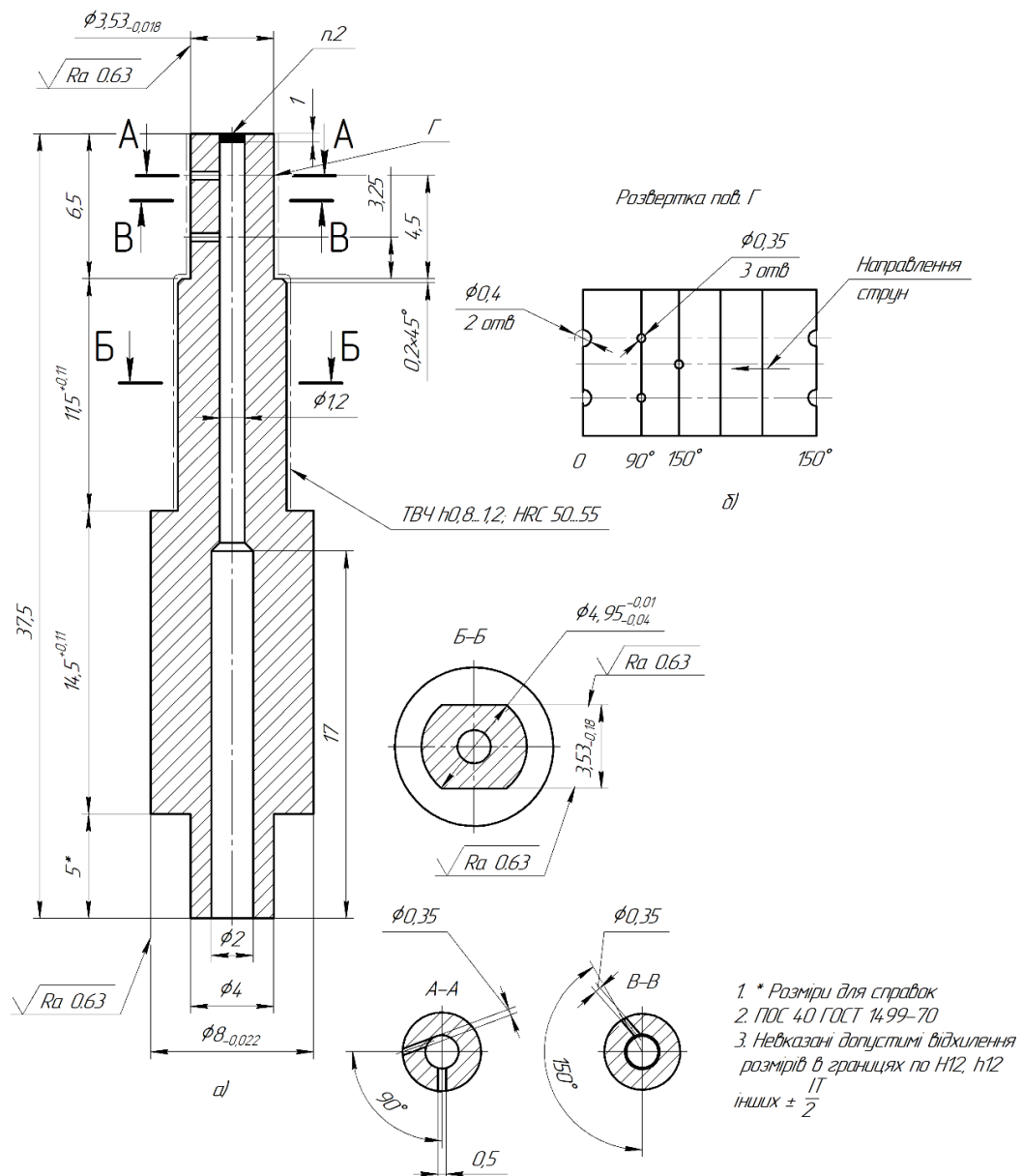


Рисунок 2.8 – Орієнтуючий шток для орієнтації втулок: а – загальний вигляд; б – система радіальних і тангенціальних отворів

Площа поперечного перерізу центрального каналу $\varnothing 1,2$ мм буде дорівнювати:

$$S_{\text{ц.к.}} = \frac{\pi d_{\text{к}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,44}{4} = 1,13 \text{ мм}^2$$

Отримані результати підтверджують, що дросельний ефект відсутній.

Згортна втулка із внутрішнім діаметром $d_{\text{вт.в}}=3,6^{+0,005}$ попадає на верхню частину штока під дію струменів, які витікають із трьох тангенціальних отворів $\varnothing 0,35$ мм і двох радіальних отворів $\varnothing 0,4$ мм. Під дією тангенціальних складових сил, що утворюються від дії струменів, які витікають із тангенціальних отворів, втулка починає обертатись до певного положення, зо забезпечується одним із потоків стиснутого повітря, яке витікає із радіальних отворів, і таким чином орієнтується.

2.4. Висновки по розділу

1. Здійснено огляд і аналіз методів і засобів досліджень в плані розрахунку конструкторських параметрів пневматичних орієнтуючих пристроїв надав можливість встановити відповідні залежності для визначення цих параметрів.

2. Запропонована технологія складання внутрішніх ланок ПРВЛ дозволяє використати для орієнтації втулок високопродуктивні пневматичні орієнтуючі пристрої, не порушуючи суттєво існуючі конструкції верстатів-автоматів для складання внутрішніх ланок ПРВЛ.

3. Розроблена нова конструкція приводу повороту ротора верстата-автомата спрощує його конструкцію і підвищує надійність шляхом забезпечення постійного кінематичного беззazorного зв'язку між кулачком розподільчого валу і роликами розетки вертикального валу приводу ротора.

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Методика та план проведення теоретичних досліджень струменевих пристроїв кутової орієнтації втулок

3.1.1. Принципові схеми пристроїв кутової орієнтації втулок

Базуючись на аналізі процесів, які відбуваються при здійсненні кутової орієнтації втулок, можна зробити висновок, що спільним для всіх типів орієнтуючих пристроїв є наявність двох етапів:

- поворот втулки із випадкового положення у задане (орієнтоване);
- фіксування втулки у заданому кутовому положенні за ознакою ключа орієнтації.

Для того, щоб виконувались зазначені вимоги, орієнтуючий пристрій повинен мати механізми або функціональні елементи, які б забезпечували наступне:

- привід кутового зміщення втулки;
- розпізнавання біжучого положення ключа орієнтації;
- фіксування втулки при попаданні ознаки орієнтації у заданий кутовий сектор.

Деякі вузли пристрою можуть забезпечувати виконання декількох функцій. Необхідно зазначити, що у ряді конструкцій пневматичних пристроїв кутове зміщення втулки здійснюється за рахунок її контакту із рухомим фрикційним елементом, а як датчик кутового положення ключа орієнтації та механізму фіксації втулки використовується конусний підпружинений щуп. Коли осі щупа й отвору втулки співпадають, вона (втулка) надійно фіксується в кутовому напрямку через те, що контактують конусна поверхня щупа й кромка радіального отвору втулки.

Важливою перевагою струменевих пристроїв кутової орієнтації втулок (СПКОВ) є те, що повітряні потоки, спрямовані певним чином, діють на внутрішню поверхню втулки і цим забезпечують суміщення усіх трьох вищезазначених ознак орієнтуючого пристрою.

Принципові схеми СПКОВ для втулок, які мають ключ орієнтації у вигляді радіального отвору чи наскрізного пазу по твірній, показані на рис.3.1 і рис.3.2 відповідно. Для них спільним є те, що орієнтована втулка має вертикальну вісь і осьова її орієнтація здійснюється за допомогою конусно-циліндричного штока, який вводиться у внутрішню циліндричну поверхню втулки.

Стиснуте повітря, яке підводиться у внутрішню порожнину орієнтуючого штока 1, має на вході тиск $P_{вх}$ і витікає через радіальні 6 і тангенціальні 2,3 сопла, виконані у стінці штока. Під час протікання повітря у зазорі шток-втулка утворюються одиничні повітряні потоки, які певним силовим чином впливають на втулку 4. Характер цієї силової дії та кількісні характеристики її параметрів визначаються співвідношенням конструктивних параметрів втулки, штока і сопел, а також значенням вхідного тиску $P_{вх}$ та положенням, формою та розмірами ключа орієнтації.

Розглянемо головні умови, за яких виконуються вищезазначені етапи процесу кутового орієнтування.

Для повороту втулки з випадкового положення $\psi_{поч}$ у потрібне за заданий відрізок часу, який визначається з умови забезпечення необхідної продуктивності, треба забезпечити таку величину обертового моменту $M_{об}$, що діє на втулку, яка дозволила б перебороти момент опору $M_{оп.і}$ від сил інерції і момент опору $M_{оп}$, який викликаний силами тертя ковзання, тобто повинна виконуватись нерівність:

$$M_{об} > M_{оп} + M_{оп.і} \quad (3.1)$$

Тут необхідно враховувати, що $M_{об}$ і $M_{оп}$ можуть суттєво змінюватись в залежності від початкового та біжучого ψ положення ключа орієнтації відносно, наприклад, радіального отвору 6 штока 1. Значення $M_{оп.і}$ для заданого рівня продуктивності залежить, як правило, від початкового кутового положення $\psi_{поч}$. Таким чином

$$M_{об} = f_1(\psi, \psi_{поч}) \quad (3.2)$$

$$M_{оп} = f_2(\psi, \psi_{поч}) \quad (3.3)$$

$$M_{оп.i} = f_3(\psi_{поч}) \quad (3.4)$$

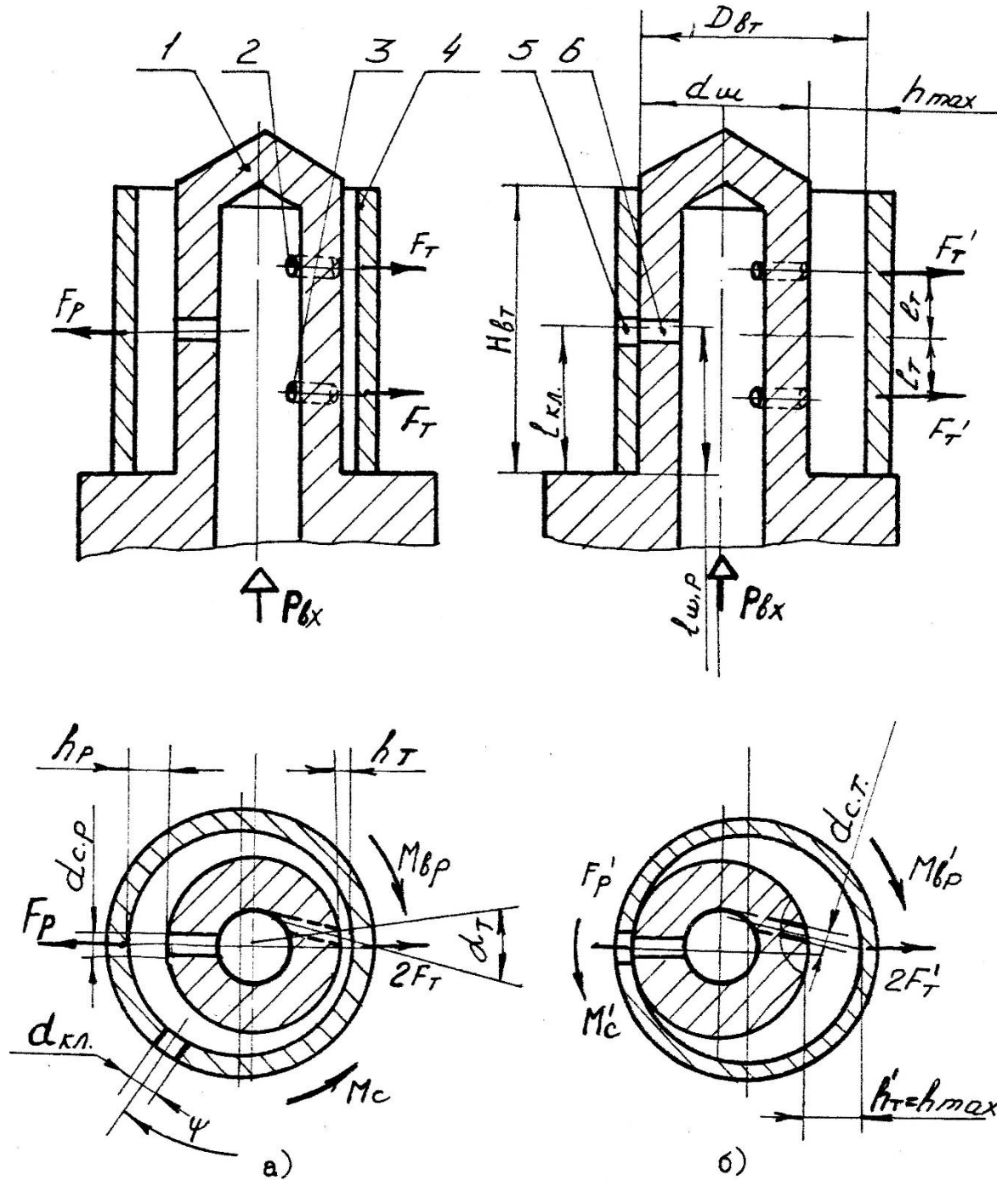


Рисунок 3.1 – принципова схема кутової орієнтації втулок з бічним отвором: а) кутове зміщення втулки; б) – фіксація за кутовою координатою

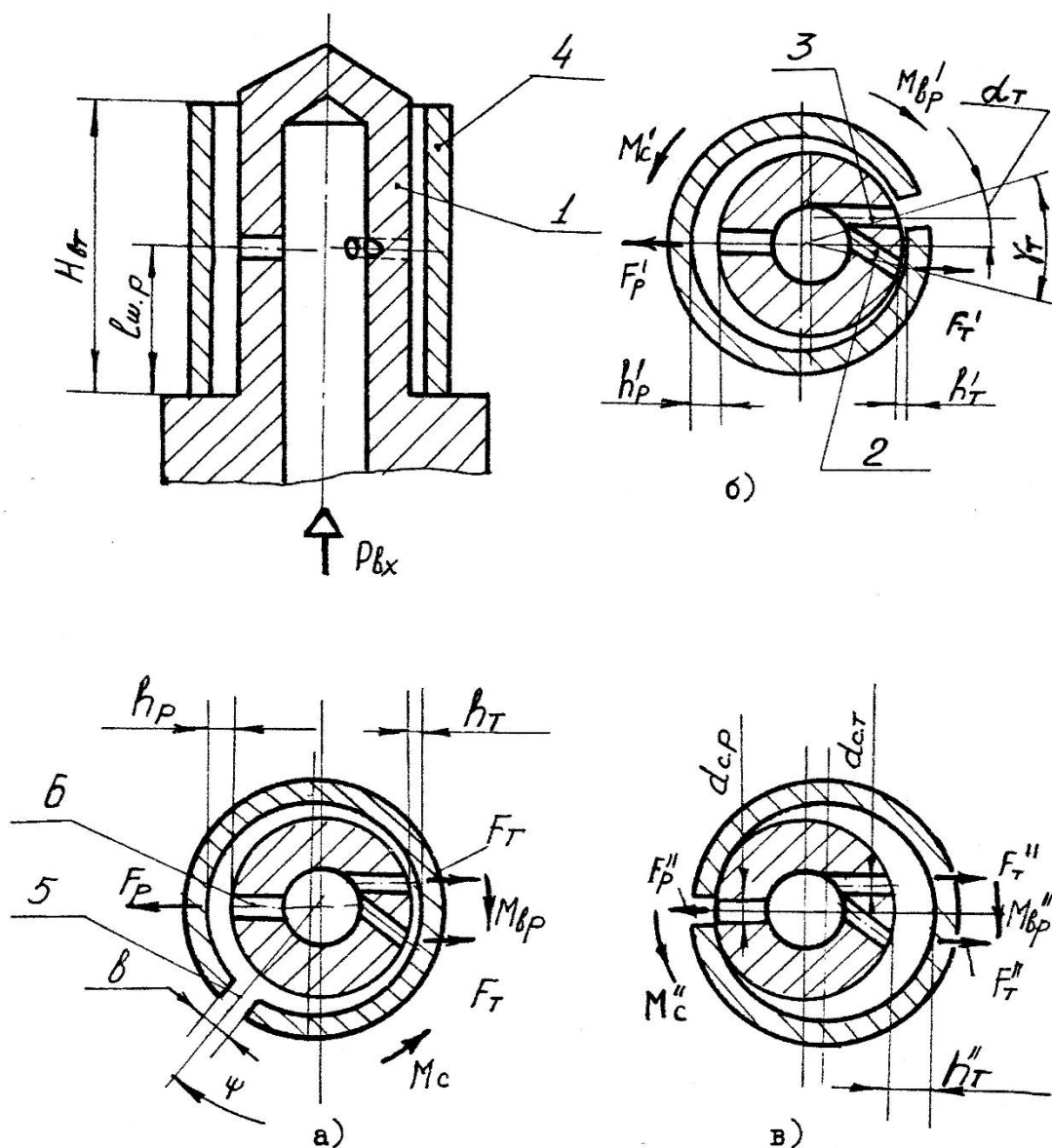


Рисунок 3.2 – Принципова схема кутової орієнтації втулок із пазом на твірній: а, б) – кутове зміщення втулки; в) – фіксація втулки за кутовою координатою

Момент M_{06} , який обертає втулку, можна отримати за допомогою використання тангенціального розміщення сопла, що формує струмінь. Величина M_{06} створюється за рахунок нахилу сопла на кут α_T (рис.3.1, 3.2).

Момент опору сил тертя $M_{оп}$ в загальному випадку можна розділити на 2 складові: момент опору тертю торця втулки по опорі $M_{тер.торц.}$ та момент

опору тертя між штоком і втулкою при контакті їх циліндричних поверхонь по твірній $M_{\text{тер.цил.}}$:

$$M_{\text{оп}} = M_{\text{тер.торц.}} + M_{\text{тер.цил.}} \quad (3.5)$$

Значення $M_{\text{тер.торц.}}$ залежить, перш за все, від ваги втулки $G_{\text{вт}}$ і на всьому проміжку зміни ψ його можна вважати сталим.

Для забезпечення фіксації втулки у заданому кутовому секторі потрібно забезпечити таку умову:

$$M_{\text{об}} + M_{\text{оп.і}} < M_{\text{оп}} \quad (3.6)$$

Порівнявши нерівності (3.1) і (3.6), можна зробити висновок: щоб умови фіксації виконувались, можна обрати декілька варіантів розв'язку:

- збільшити $M_{\text{оп}}$;
- зменшити $M_{\text{об}}$;
- одночасно збільшити $M_{\text{оп}}$ та зменшити $M_{\text{об}}$.

Найраціональнішим є третій варіант зміни силових впливів. Аналіз рівняння (3.5) з урахуванням прийнятого припущення сталості $M_{\text{тер.торц}}$ дозволяє прийняти рішення, що наявна можливість керування зміною $M_{\text{оп}}$ за рахунок $M_{\text{тер.цил.}}$, тобто в процесі переміщення втулки доцільно виключити контакт штока із втулкою, а в момент фіксації – забезпечити умови їх контактування один з одним. Конструктивно це можна вирішити виконанням радіального сопла на штоці з боку, який діаметрально протилежний по відношенню до тангенціального отвору. Якщо обрати відповідне співвідношення розмірних параметрів сопла, то втулка вступить у контакт з орієнтуючим штоком лише у випадку співпадіння радіального отвору б штока із отвором 5 втулки 4 (рис.3.1) або із пазом 5 (рис.3.2). Разом з тим, для однозначного визначення зони фіксації потрапляння в одну осьову площину тангенціального отвору штока з ключем орієнтації не повинно порушувати умову (3.1) переміщення втулки. Конструктивним вирішенням цієї задачі для втулок з бічним отвором є те, що тангенціальне сопло штока виконується на висоті, яка не співпадає із висотою, на якій розміщений отвір втулки. При

цьому може виникнути перекося осі втулки в процесі її кутового зміщення, для усунення якого доцільно виконати два симетрично розташованих по висоті тангенціальних сопла, розміщених з діаметрально протилежного боку штока. Віддаль l_T (рис.3.1) між цими отворами обирається таким чином, щоб при потраплянні отвору втулки в одну площину із тангенціальними соплами не виникало суттєвої зміни силових параметрів струменів.

Зважаючи на ці ж передумови, привід обертання втулки із пазом по твірній доцільно виконати також за допомогою двох однаково спрямованими тангенціальними соплами, виходи яких повинні розташовуватись в одній поперечній площині з радіальним соплом штока, проте з його протилежного боку (рис.3.2). Кут γ_T їх взаємного зміщення по периметру штока обирають таким, щоб у випадку збігу паза втулки з одним із тангенціальних отворів силовий вплив іншого на втулку суттєво не змінювався.

Отже, з метою керування величиною моменту опору $M_{оп}$ потрібно забезпечити різне радіальне положення втулки відносно штока на різних етапах реалізації процесу орієнтації. Враховуючи те, що радіального зміщення втулки можна досягти лише за допомогою зміни сумарної сили впливу усіх струменів на втулку, його можна виразити й іншим чином:

- у процесі переміщення втулки величини й напрямки силового впливу струменів на втулку повинні забезпечити її рівновагу, зберігаючи при цьому відмінний від нуля зазор по всьому периметру втулки;
- силова дія струменів у момент фіксації повинна забезпечити контакт втулки із штоком в зоні радіального сопла, а величина сумарної сили притискання – необхідну величину $M_{тер.цил.}$

Враховуючи вищевикладене, для поданих на рис.3.1 і 3.2 схем орієнтуючих пристроїв період кутового зміщення втулки можна описати через сукупність умов:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_p = 2 \cdot F_T \\ h_p > 0 \\ h_T > 0 \\ F_p > 0 \\ F_T > 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (3.7) \\ (3.8) \\ (3.9) \\ (3.10) \\ (3.11) \end{array}$$

де F_p – сила, яка діє на втулку з боку радіального струменя;

F_T – проекція сили тангенціального струменя на втулку на напрям F_p , для схеми, показаної на рис.3.2, приймаємо, що розташування сопел 2, 3 забезпечує однакові значення F_T для кожного сопла;

h_p – зазор між втулкою і штоком у зоні радіального сопла;

h_T – зазор між втулкою і штоком у зоні тангенціальних сопел, тобто з діаметрально протилежного h_p боку.

Для періоду фіксації потрібно, щоб забезпечувалось співвідношення параметрів, виходячи з умов:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 < 2F_T - F_p \end{array} \right. \quad (3.12)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{max} = h_T \end{array} \right. \quad (3.13)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_p = 0 \end{array} \right. \quad (3.14)$$

де h_{max} – максимальний зазор між втулкою і штоком,

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{max} = D_{вт} - d_{ш} \end{array} \right. \quad (3.15)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{max} = h_T + h_n \end{array} \right. \quad (3.16)$$

Тут $D_{вт}$ – внутрішній діаметр втулки; $d_{ш}$ – зовнішній діаметр штока у зоні, яка перекривається втулкою.

Якщо порівнювати взаємодію тангенціальних струменів та внутрішньої поверхні втулки із переміщенням виробів на повітряній подушці із застосуванням нахилених сопел [2, 14, 34, 35], то можна припустити, що і у пристроях, які ми розглядаємо, зміна сил в'язкого тертя суттєво залежатиме від закону кутового переміщення втулки. А це, в свою чергу, вказує на потребу вивчення його кількісних характеристик.

Орієнтуючий пристрій, показаний на рис.3.2, відрізняється від відомого (див.рис.1.5) тим, що він має тангенціальні сопла, які розміщені симетрично

відносно радіального сопла штока. Відомий пристрій [15] із асиметричним розташуванням тангенціальних сопел при орієнтації втулок з бічним отвором реалізує спосіб, який базується на зрівноваженні моментів сил тертя в'язкості від потоків, що витікають із радіальних і тангенціальних сопел. Разом з тим, з метою фіксації втулки її бічний отвір зміщений від радіального сопла в бік нахилу тангенціальних сопел на відстань, яка за рахунок витікання частини радіального потоку в атмосферу через бічний отвір втулки, забезпечує потрібну різницю рушійного і протидіючого руху моментів сил [16]. Тому навіть незначна зміна внутрішнього діаметра втулки в межах допуску розміру, яка змінює співвідношення між прохідним перерізом зазору між штоком і втулкою та площею бічного отвору втулки викликає суттєву зміну кутової координати фіксованого положення ключа орієнтації.

У запропонованому пристрої (рис.3.1) втулка фіксується при суміщенні її бічного отвору з фіксуєчим соплом штока. Це дозволяє суттєво підвищити точність орієнтації й розширити технологічні можливості пристрою.

3.1.2. Передумови дослідження процесу витікання струменя у пристрої для кутової орієнтації втулок

Проаналізувавши розглянуті раніше пристрої, які забезпечують кутову орієнтацію деталей типу «втулка», та враховуючи поставлені завдання, можна зробити висновок, що для розрахунку конструктивних параметрів струминних орієнтуєчих пристроїв потрібно розглядати досить широкий діапазон зміни зазорів. З урахуванням цієї умови необхідно враховувати особливості капілярного витікання газів за умови малих зазорів (рис.3.3), де можливе, наприклад, виникнення облітерації [36, 38, 37, 39], яка різко змінює коефіцієнт витрат, розглядати течію із регульованими (рис.3.3, б, в) та нерегульованими (рис.3.3, г) витратними характеристиками, на які впливає зміна зазору. Крім того, потрібно враховувати, що цей зазор утворений двома циліндричними неспіввісними поверхнями. А це, в свою чергу, визначає те, що віддаль від штока до втулки для різних кутових зон по зрізу сопла є величиною

непостійною. Тому, враховуючи характеристики системи сопло-заслонка [32, 40, 41, 42, 43], залежно від значень радіусів штока та втулки, поверхні, які утворюють зазор, можуть мати відносно малу (рис.3.3, д) чи відносно велику (рис.3.3, е) опорну поверхню, що, відповідно, суттєво змінює умови течії повітряних потоків.

Якщо зазор відносно великий, то взаємодія одиничного струменя із внутрішньою поверхнею втулки схожа на вихровий ефект [44, 45, 46] (так званий ефект Ранка): закручений потік в'язкої рідини, яка стискається. Проте аналогія тут лише часткова, тому розроблені напівемпіричні залежності неможливо використати безпосередньо під час розрахунку орієнтуючих пристроїв.

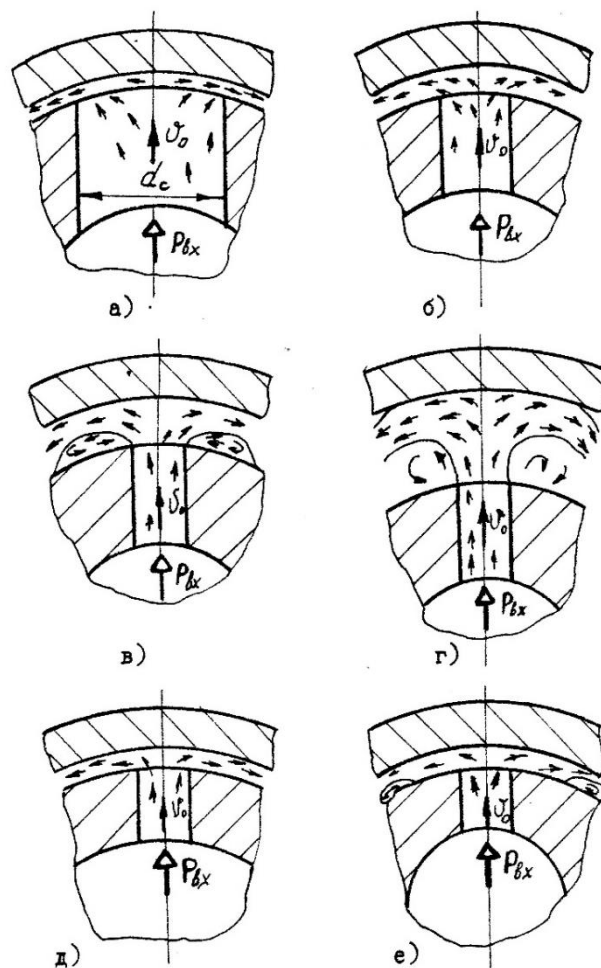


Рисунок 3.3 – Варіанти витікання струменів у зазорі шток-втулка: а – капілярне; б, в – із регульованими витратними характеристиками; г – з відривом струменя; д, е – із відносно великою і малою опорними поверхнями, відповідно

Характерна особливість витікання – поворот потоку, при чому виникають відцентрові сили, які підвищують статичний тиск потоку в напрямку від центра кривизни [47, 48, 49, 50, 51]. Дифузорні явища, які виникають у криволінійному каналі, приводять до відриву потоку від обох стінок. Зона відриву від внутрішньої стінки збільшується через те, що при повороті маса повітря за інерцією продовжує рухатись прямолінійно по дотичній у напрямку до зовнішньої стінки. При відриві потоку від зовнішньої стінки виникає незначна вихрова зона. В той же час вихрова зона біля внутрішньої стінки поширюється далеко за згин каналу, значно звужуючи переріз основного потоку. Якщо порівняти витікання струменя у зазорі, який знаходиться між штоком і втулкою з витіканням рідини у колінах чи відведеннях (втулки з меншими радіусами кривизни відповідають аналогу з більшим кутом повороту), то відповідно до [49] можна зробити висновок: чим більший кут повороту коліна (відведення), тим інтенсивнішим є утворення вихорів біля внутрішньої стінки і, як наслідок - більша нерівномірність розподілу швидкостей по перерізу.

Так, наприклад, якщо кут повороту коліна становить 90^0 , а радіус заокруглення невеликий або кромка – гостра, то максимальна ширина вихрової зони складе половину поперечного перерізу, а протяжність – $(3...4)D_k$, де D_k – діаметр колеса. Ця зона впливає на поле швидкостей на проміжку від повороту на віддаль не меншу, ніж $8D_k$. Вихрова зона набуває максимальної ширини на віддалі $x \approx (0,8 \div 1,2) \cdot D_k$ від повороту. У цьому перерізі виявляється найбільша нерівномірність розподілу швидкостей. За поворотом поле швидкостей має більшу несиметричність у зв'язку з тим, що він відхиляється до зовнішньої стінки. По мірі віддалення від повороту вихрова зона, а разом з нею і нерівномірність поля швидкостей поступово зменшуються. [47] дає можливість зробити висновок про відповідність розподілу струменя у зазорі при значній відмінності радіусів втулки і штока (рис.3.3, е), характері руху потоку повітря у дифузорі з великим кутом розширення, при якому відбувається відрив потоку, що сприяє тому, що

розподіл швидкостей є несиметричним. Профіль швидкостей у дифузорі більше витягнутий у напрямку руху, ніж у трубі постійного перерізу. Це означає, що у центральній частині перерізу дифузора градієнт швидкості більший, а поблизу стінок – менший.

Через те, що зріз сопла формується перерізом двох циліндричних поверхонь, які мають різні радіуси, зазор по зрізу сопла буде змінним. А це, в свою чергу, дає можливість зробити припущення, що коефіцієнти витрат для різних напрямів витікання повітряного потоку від осі сопла неоднакові.

Ці особливості витікання струменів, які взаємодіють із втулкою, дають можливість розглядати його як досить складний газодинамічний процес, який відбувається у просторовому (переважно турбулентному) потоці в'язкого стиснутого газу. Згідно з [52] вирішення завдань про турбулентні течії із застосуванням багатопараметричних моделей базується, переважно, на виконанні таких етапів:

- моделювання турбулентної течії;
- виконання розрахунків;
- співставлення результатів розрахунку з експериментальними даними.

Перший етап полягає у виборі вихідної системи рівнянь; другий – вибір методу розрахунку; третій – корекція величини емпіричних сталих, які використовуються для розрахунку. Автори робіт [40, 53, 54, 55, 56] зазначають, що при дослідженні такого складного явища як турбулентність, необхідно включати попередній етап, коли проводять експериментальний та евристичний аналізи. Проте стосовно струменевих пристроїв кутової орієнтації теорія газових потоків не є самостійною галуззю досліджень, а носить прикладний характер, тому що є частиною загального теоретичного дослідження пристрою в цілому. Тому основні параметри руху потоку доцільно отримати у вигляді емпіричних залежностей, характер яких можна буде встановити після виконання експериментальних досліджень.

Таким чином, проаналізувавши розглянуті методи й засоби вимірювань, в якості параметрів для вимірювання слід прийняти розподіл тиску по

внутрішній циліндричній поверхні втулки та розхідні характеристики пристроїв. Отже, на етапі розрахунку основних параметрів та режимів роботи орієнтованих пристроїв будемо вважати відомими: функціональну залежність, яка описує значення статистичного тиску в будь якій точці внутрішньої поверхні втулки; закономірності зміни коефіцієнта витрат при витіканні струменя у зазорі для заданих конструктивних параметрів цих пристроїв.

3.1.3. Дослідження сил, які діють на внутрішню поверхню втулки при дії одиничного струменя

На основі варіантів взаємодії струменів із перепонами, які розглянуті в [32, 36], для розрахунку сили дії центрального одиничного струменя на внутрішню поверхню втулки в якості факторів, які мають значення, приймаємо силу статичного тиску $F_{ст}$, швидкісний натиск $F_{шв}$ і сили в'язкісного тертя $F_{тер}$. Як показано в [57, 58, 59] такі задачі зручно розв'язувати за допомогою числових методів.

При виконанні розрахунків приймемо такі припущення:

1. Витікання струменя після виходу із сопла відбувається по радіальних секторах без перетікання газу із сектора в сектор.
2. Через кожний сектор проходить порція газу, пропорційна до площі прохідного перерізу по зрізу сопла, тобто коефіцієнти витрат приймаємо постійними по периметру сопла.
3. Тиск на вході постійний.
4. Вісь сопла перпендикулярна до осі втулки і знаходиться в осьовій площині, по якій віддаль від втулки до штока – найменша.
5. Осі штока і втулки паралельні.
6. Розміри внутрішньої порожнини штока приймаємо нескінченно великими порівняно із прохідним перерізом сопла.
7. Значення усіх параметрів, які характеризують протікання струменя у зазорі на елементарній ділянці внутрішньої поверхні втулки,

однакові. При цьому вони відповідають величинам цих параметрів для центральної точки виділеної елементарної ділянки, яка подана у вигляді пластинки плоскої прямокутної форми.

3.1.3.1. Дія одиничного радіального або тангенціального струменя на втулку

Біжучі координати центральної точки розглядуваної елементарної ділянки внутрішньої поверхні втулки зручно задавати на плоскій розгортці цієї поверхні. Положення площини розгортки обирається так, щоб для нульового зазору лінія її контакту зі штоком проходила через вісь сопла (рис.3.4).

Визначимо параметри розміщення і площу елементарної площадки, центр якої знаходиться в точці M_{ij} . Характеристикою положення точки M'_{ij} на розгортці є кут β_i , який вказує на відхилення променя від лінії контакту зі штоком, що має радіус r_j . Положення цієї точки на втулці визначається кутом нахилу φ_{ij} . Так як величина дуги $M_{ij}K'_{ij}$ дорівнює величині відрізка прямої $M'_{ij}K'_{ij}$, то

$$\varphi_{ij} = r_j \cdot \frac{\sin \beta_i}{R_{\text{вт}}}, \quad (3.17)$$

$$\text{де } \beta_i = (i - 0,5) \cdot \frac{\pi}{2n}; \quad n \geq i \geq 1; \quad (3.18)$$

$$r_i = \Delta r(j - 0,5) + r_c; \quad t \geq j \geq 1; \quad (3.19)$$

n – кількість рівномірних кутових секторів, на які поділений кут $\pi/2$ сопла;

t – кількість рівномірних інтервалів Δr , на які поділений шлях взаємодії струмені із втулкою на розгортці її внутрішньої поверхні.

З урахуванням прийнятих припущень площу ділянки, що розглядається, визначимо за формулою:

$$S_{ij} = r_i \cdot \Delta \beta_i \cdot \Delta r = \Delta r \frac{\pi r_j}{2n} \quad (3.20)$$

$$f_{ij}^0 = M_{ij}0 - L_{ij}0 = R_{\text{вт}} - L_{ij}0.$$

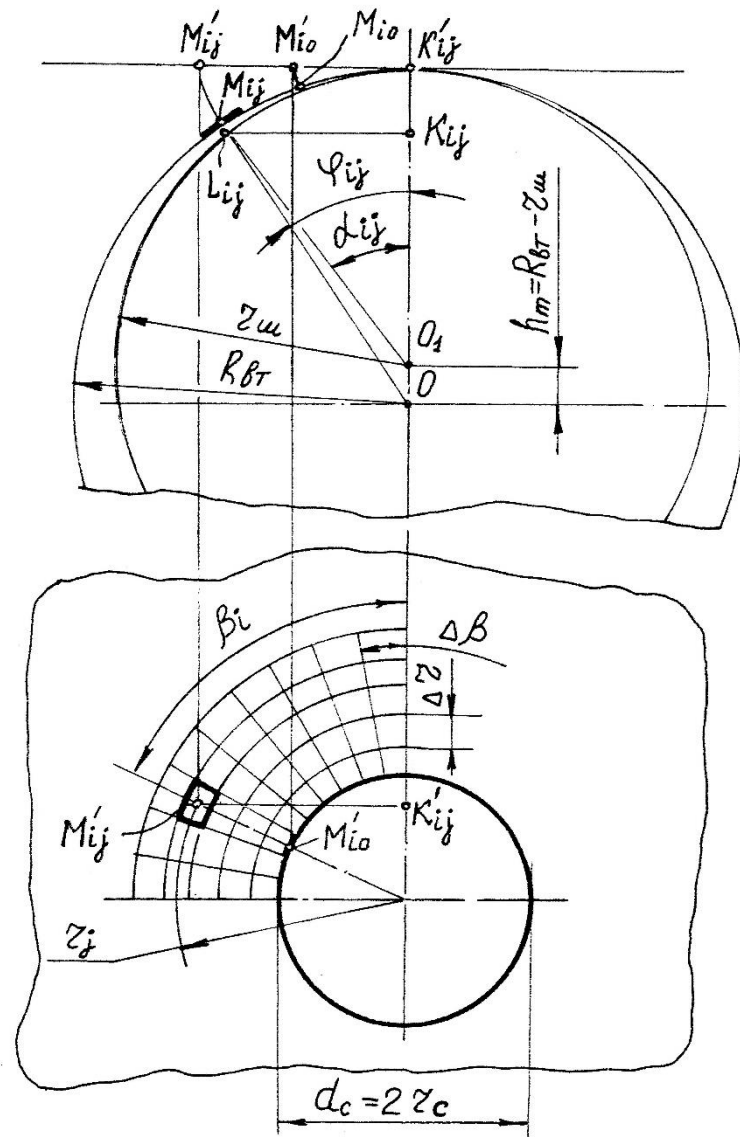


Рисунок 3.4 – Схема для розрахунку сили дії радіального струменя на внутрішню поверхню втулки

Величину $L_{ij}O$ визначимо із трикутника $OL_{ij}O_1$:

$$(L_{ij}O)^2 = (R_{\text{BT}} - f_{ij}^0)^2 = h_m^2 + (R_{\text{BT}} - h_m)^2 + 2 \cdot (R_{\text{BT}} - h_m) \cdot h_m \cdot \cos \alpha_{ij}.$$

Із трикутників $OL_{ij}K_{ij}$ і $O_1L_{ij}K_{ij}$ визначаємо $\cos \alpha_{ij}$:

$$\cos \alpha_{ij} = [(R_{\text{BT}} - f_{ij}^0) \cdot \cos \varphi_{ij} - h_m] / (R_{\text{BT}} - h_m).$$

Підставивши його в останнє рівняння, отримаємо:

$$f_{ij}^0 = R_{\text{вТ}} - h_m \cdot \cos\varphi_{ij} - \sqrt{h_m^2 \cdot \cos^2\varphi_{ij} + (R_{\text{вТ}} - 2 \cdot h_m) \cdot R_{\text{вТ}}}. \quad (3.21)$$

Аналогічним чином (з урахуванням (2.21)) можна отримати узагальнену залежність для визначення зазору f_{ij} між втулкою та штоком за наявності у зоні найменшого зазору h :

$$f_{ij} = R_{\text{вТ}} - (h_m - h)\cos\varphi_{ij} - \sqrt{R_{\text{вТ}} \cdot (R_{\text{вТ}} - 2 \cdot h_m) + h \cdot (2 \cdot h_m - h) + (h_m - h)^2 \cdot \cos^2\varphi_{ij}} \quad (3.22)$$

Значення φ_{ij} в цьому випадку визначаємо із залежності (3.17).

Прийнявши $r_1 = r_2$, отримаємо значення зазору по зрізу сопла f_{io} для біжучого значення β_i . Тоді, враховуючи (3.22) і (3.17), площу прохідного перерізу по зрізу сопла для i -ої ділянки буде:

$$F_{io} = f_{io} \cdot \Delta\beta \cdot r_c = \frac{\pi \cdot r_c}{2n} \cdot \left\{ R_{\text{вТ}} - (h_m - h)\cos\frac{r_c \cdot \sin\beta_i}{R_{\text{вТ}}} - \sqrt{(h_m - h)^2 \cdot \cos^2\frac{r_c \cdot \sin\beta_i}{R_{\text{вТ}}} + R_{\text{вТ}} \cdot (R_{\text{вТ}} - 2h_m) + h \cdot (2h_m - h)} \right\} \quad (3.23)$$

а прохідний переріз для довільної ділянки внутрішньої поверхні втулки буде:

$$F_{ij} = \frac{\pi \cdot f_{ij} \cdot r_{ij}}{2n} \quad (3.24)$$

Враховуючи взаємодії, розглянуті в [85, 148, 152], загальне зусилля F_p , яке діє на втулку, визначаємо як суму декількох сил:

$$F_p = F_{p1} + F_{\text{ст.с.}} + F_{\text{шв}} + F_{\text{тер}} + F_{\text{ст.п.с.}} \quad (3.25)$$

Тут F_{p1} – реактивна сила, яка виникає під час потрапляння потоку на втулку і розтіканні його по поверхні втулки при повертанні на кут 90^0 ;

$F_{\text{ст.с.}}$ – сила, що виникає від дії статичного тиску на поверхню втулки у зоні, яка розташована навпроти сопла;

$F_{\text{шв}}$ – сила, яка виникає за рахунок швидкісного натиску за межами сопла;

$F_{\text{тер}}$ – сила, що виникає за рахунок тертя між внутрішньою поверхнею втулки й потоком повітря;

$F_{\text{ст.п.с.}}$ – сила, яка виникає від дії статичного тиску на поверхні втулки поза соплом.

На основі [32, 60, 61] з урахуванням того, що площа струменя у місці співудару із внутрішньою поверхнею втулки змінюється в залежності від віддалі h між втулкою та штоком в зоні сопла:

$$F_{p1} = F_{\text{кас}} \cdot (G_0^2 / \pi^2 \cdot r_c^4 \cdot \rho_o) \quad (3.26)$$

де G_0 – масова витрата повітря через сопло;

$F_{\text{кас}}$ – площа струменя у місці співударяння із внутрішньою поверхнею втулки;

ρ_o – густина повітря на зрізі сопла.

Значення $F_{\text{кас}}$ можна знайти експериментально.

Течію в соплі через те, що при короткочасному перебуванні повітря в межах сопла можна знехтувати явищем теплообміну із навколишнім середовищем, можна вважати близькою до ізоентропного з достатнім ступенем точності.

При такій течії з урахуванням руху газу без тертя:

$$\rho_o = \rho_a \cdot \left(\frac{P_o}{P_a} \right)^{\frac{1}{k}},$$

де k – показник ізоентропи; для повітря $k = 1,4$ [62];

ρ_o, ρ_a – густина й абсолютний тиск повітря навколишнього середовища, відповідно;

P_o – тиск повітря на виході із сопла.

Наведене вище рівняння з урахуванням числових даних зміни густини повітря залежно від тиску й температури, які подані у роботі [149], можна перетворити таким чином:

$$\rho_o = \left(\frac{P_o}{P_a} \right)^{0,714} \cdot [1,25 + 0,004 \cdot (273 - T_a)], \quad (3.27)$$

де T_a – температура навколишнього повітря, град.Кельвіна; в нашому випадку $T_a \geq 273$.

Підставивши (3.27) у рівняння (3.26), отримаємо:

$$F_{p1} = \frac{F_{\text{дог}} \cdot G_0^2 \cdot P_a^{0,714}}{\pi^2 \cdot r_c^4 \cdot P_0^{0,714} [1,25 + 0,004 \cdot (273 - T_a)]} \quad (3.28)$$

Значення G_0 при заданій $P_{\text{вх}}$ можна визначити із залежності (1.2) або (1.4). Але необхідно враховувати, який із прохідних перерізів впливає як дросель на протікання струменя у зазорі. Це може бути як площа сопла, так і площа прохідного перерізу по зрізу сопла. Враховуючи ці обмеження, залежності (1.2) та (1.4) можна записати у вигляді:

$$G_0 = \mu \cdot P_{\text{вх}} \cdot F_0 \sqrt{\frac{2 \cdot P_a}{R \cdot T_a \cdot P_{\text{вх}}} (1 - P_a / P_{\text{вх}})}, \quad (3.29)$$

при $\frac{P_a}{P_{\text{вх}}} \geq 0,5$ і $F_0 < \pi \cdot r_c^2$;

$$G_0 = \mu \cdot P_{\text{вх}} \cdot F_0 \sqrt{\frac{1}{R \cdot T_a \cdot P_{\text{вх}}}}, \quad (3.30)$$

при $\frac{P_a}{P_{\text{вх}}} < 0,5$ і $F_0 < \pi \cdot r_c^2$;

$$G_0 = \mu \cdot P_{\text{вх}} \cdot \pi \cdot r_c^2 \sqrt{\frac{2 \cdot P_a}{R \cdot T_a \cdot P_{\text{вх}}} (1 - P_a / P_{\text{вх}})}, \quad (3.31)$$

при $\frac{P_a}{P_{\text{вх}}} \geq 0,5$ і $F_0 \geq \pi \cdot r_c^2$;

$$G_0 = \mu \cdot P_{\text{вх}} \cdot \pi \cdot r_c^2 \sqrt{\frac{1}{2R \cdot T_a}}, \quad (3.32)$$

при $\frac{P_a}{P_{\text{вх}}} < 0,5$ і $F_0 \geq \pi \cdot r_c^2$,

де $P_{\text{вх}}$ – абсолютний тиск на вході у сопло;

F_0 – сумарний зазор по зрізу сопла:

$$F_0 = 4 \sum_{i=1}^n F_{i0} \quad (3.33)$$

Значення статистичного тиску на поверхні втулки навпроти центральної кругової ділянки радіуса сопла $k_c \cdot r_c$ прийемо сталим, тобто таким, що дорівнює:

$$P_0 = f[P_{\text{вх}}, r_c, h_m, h, R_{\text{вт}}].$$

На радіусі r_c цей тиск P_0 лінійно зменшується і набуває значення $(P_0 - P_a) \cdot k_p$.

Враховуючи вищевикладене, силу $F_{\text{см.с}}$ можна подати у вигляді:

$$F_{\text{ст.с}} = 0,5\pi \cdot r_c^2 (P_0 - P_a) \cdot (k_c^2(1 - k_p) + 1 + k_p), \quad (3.34)$$

де k_c і k_p – коефіцієнти пропорційності, які залежать від значення зазору h між втулкою та зрізом сопла. Значення цих коефіцієнтів визначають, як правило, експериментально.

Із схеми (рис.3.4) випливає, що масова витрата повітря по i -му променю є сталою на всьому проміжку просування потоку. Тому можна прийняти, що $G_{io} = G_{ij} = \rho_{ij} \cdot F_{ij} \cdot V_{ij}$, звідки можна визначити середню швидкість потоку на ділянці, координати центру якої (r_j, β_j) :

$$V_i = G_{io} / F_{ij} \cdot \rho_{ij}, \quad (3.35)$$

Тут G_{io} – масова витрата повітря за i -тим зрізом сопла,

$$G_{io} = \frac{G_o \cdot F_{io}}{F_o} \quad (3.36)$$

ρ_{ij} – густина повітря у зоні зазору з координатами (r_j, β_j) , яка визначається за формулою:

$$\rho_{ij} = \left(\frac{P_{ij}}{P_a}\right)^{0,714} \cdot [0,004(273 - T_a) + 1,25] \quad (3.37)$$

P_{ij} – абсолютний тиск на поверхні втулки у точці, яка має координати (r_j, β_j) .

Знайдемо силу опору тертя для ділянки внутрішньої поверхні втулки, що має розміри: $\Delta r \times r_j \cdot \Delta\beta$, центр якої знаходиться у точці з координатами (r_j, β_j) . Згідно з [3, 61] коефіцієнт опору тертя залежить, як правило, від числа Рейнольдса Re_L , де характерною довжиною є довжина пластинки L у напрямку руху потоку. В нашому випадку:

$$Re_L = \frac{\Delta r \cdot V_{ij} \cdot \rho_{ij}}{\eta_{\partial}}, \quad (3.38)$$

де η_{∂} – коефіцієнт динамічної в'язкості;

$$\eta_{\partial} = \eta_0 \left(\frac{T_{ij}}{T_0}\right)^{0,75} \quad [62] \quad (3.39)$$

η_0 – коефіцієнт динамічної в'язкості при температурі 273⁰К; $\eta_0 = 17,2 \cdot 10^{-6}$ Нс/м² [172]; $T_0 = 273^0$ К;

T_{ij} - абсолютна температура потоку на ділянці,

$$T_{ij} = T_a \left(1 - M_{xij}^2 \cdot \frac{k-1}{k+1} \right), \quad [63] \quad (3.40)$$

M_{xij} – приведена швидкість, за даними [63], визначається за формулою:

$$M_{xij} = \frac{V_{ij}}{V_k}, \quad (3.41)$$

V_k – критична швидкість,

Із [63]:

$$V_k = \sqrt{\frac{2kRT_a}{k+1}}, \quad (3.42)$$

$$\rho_{ij} = \rho_a \left(1 - M_{xij}^2 \cdot \frac{k-1}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \quad (3.43)$$

$R=287,4 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{кг}\cdot\text{К}$ – газова стала для повітря.

Враховуючи формули (3.38) – (3.43), отримаємо:

$$R_{eL} = \frac{3.905 \cdot 10^6 \cdot V_{ij} \cdot \Delta r}{T_a^{0.75}} \cdot \left(1 - \frac{V_{ij}^2(k-1)}{2kRT_a} \right)^{1.75} \cdot [1.25 + 0.004(273 - T_a)] \quad (3.44)$$

Якщо $R_{eL} \leq 10^6$, то місцевий коефіцієнт тертя для ділянки одиничної ширини за [3]:

$$C_f = \frac{2X_{ij}}{\Delta r \cdot \rho_{ij} \cdot V_{ij}^2} = \frac{0.075}{R_{eL}^{0.2}} \quad (3.45)$$

При значеннях $R_{eL} > 10^6$ у [3, 61] рекомендують використовувати формулу Прандтля – Шліхтинга:

$$C_f = 2X_{ij}/\Delta r \cdot \rho_{ij} \cdot V_{ij}^2 = 0,455(\lg R_{eL})^{-2.58} \quad (3.46)$$

На основі формул (3.45) і (2.46), враховуючи (3.43), сила опору тертю для виділеної ділянки, яка має напрям, що збігається із напрямом руху потоку повітря, при $R_{eL} \leq 10^6$:

$$X_{ij} = \left(1 - \frac{V_{ij}^2(k-1)}{2T_a \cdot k \cdot R} \right)^{2.5} \cdot \frac{0,075 \cdot \pi \cdot r_j \cdot \Delta r \cdot V_{ij}^2 [1,25 + 0,004(273 - T_a)]}{4nR_{eL}^{0.2}} \quad (3.47)$$

При $R_{eL} < 10^6$:

$$X_{ij} = \left(1 - \frac{V_{ij}^2(k-1)}{2T_a \cdot k \cdot R} \right)^{2.5} \cdot \frac{0,455 \cdot \pi \cdot r_j \cdot \Delta r \cdot V_{ij}^2 [1,25 + 0,004(273 - T_a)]}{4n(\lg R_{eL})^{2.58}} \quad (3.48)$$

Вертикальна складова сили тертя для виділеної елементарної ділянки (рис.3.5):

$$F_{\text{тер}ij} = X_{ij} \cdot \sin\beta_i \cdot \sin\varphi_{ij} \quad (3.49)$$

Сумарна складова сили тертя:

$$F_{\text{тер}} = 4 \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^n F_{\text{тер}ij} \quad (3.50)$$

Знайдемо вертикальну складову статичного тиску поза соплом. Для виділеної елементарної ділянки (рис.3.6) сила, яка виникає від дії статичного тиску на поверхню ділянки, центр якої має координати (r_j, β_j) :

$$F_{\text{ст.в.с.}ij} = \frac{\pi \cdot r_j \cdot \Delta r \cdot \cos\varphi_{ij}}{2n} (P_{ij} - P_a) \quad (3.51)$$

Сила, що виникає від дії статичного тиску по всій поверхні втулки, дорівнює:

$$F_{\text{ст.в.с.}} = 4 \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^n F_{\text{ст.в.с.}ij} \quad (3.52)$$

Схема для розрахунку сили, яка виникає від швидкісного натиску за межами сопла, показана на рис.3.7. Прийmemo, що на виділену ділянку з центром у т.М з координатами (r_j, β_j) потік набігає під кутом, який визначається напрямом дотичної до поверхні штока. Проекція вектора швидкості потоку V_{ij} на площину, яка перпендикулярна до осі втулки, утворює з площиною ділянки кут $\varphi_{ij} - \gamma_{ij}$, де γ_{ij} – кут, який утворюють між собою вісь сопла і площина, що включає в себе вісь штока та лінію контакту зі штоком дотичної площини, яка проходить через точку М втулки. Складова швидкості V_{ij} , яка спрямована по нормалі до виділеної ділянки, відповідно до розрахункової схеми (рис.3.7), буде:

$$V_{ij}^n = V_{ij} \cdot \sin\beta_i \cdot \sin(\varphi_{ij} - \gamma_{ij}) \quad (3.53)$$

Значення кута γ_{ij} знайдемо за допомогою заданих конструктивних параметрів. Із трикутників MON та O_1KN знаходимо:

$$MN = \frac{R_{\text{BT}} \cdot \sin\varphi_{ij}}{\cos\gamma_{ij}}; \quad (3.54)$$

$$ON = O_1N - h + h_m = h_m - h + \frac{h_m - h + R_{\text{BT}}}{\cos\gamma_{ij}}; \quad (3.55)$$

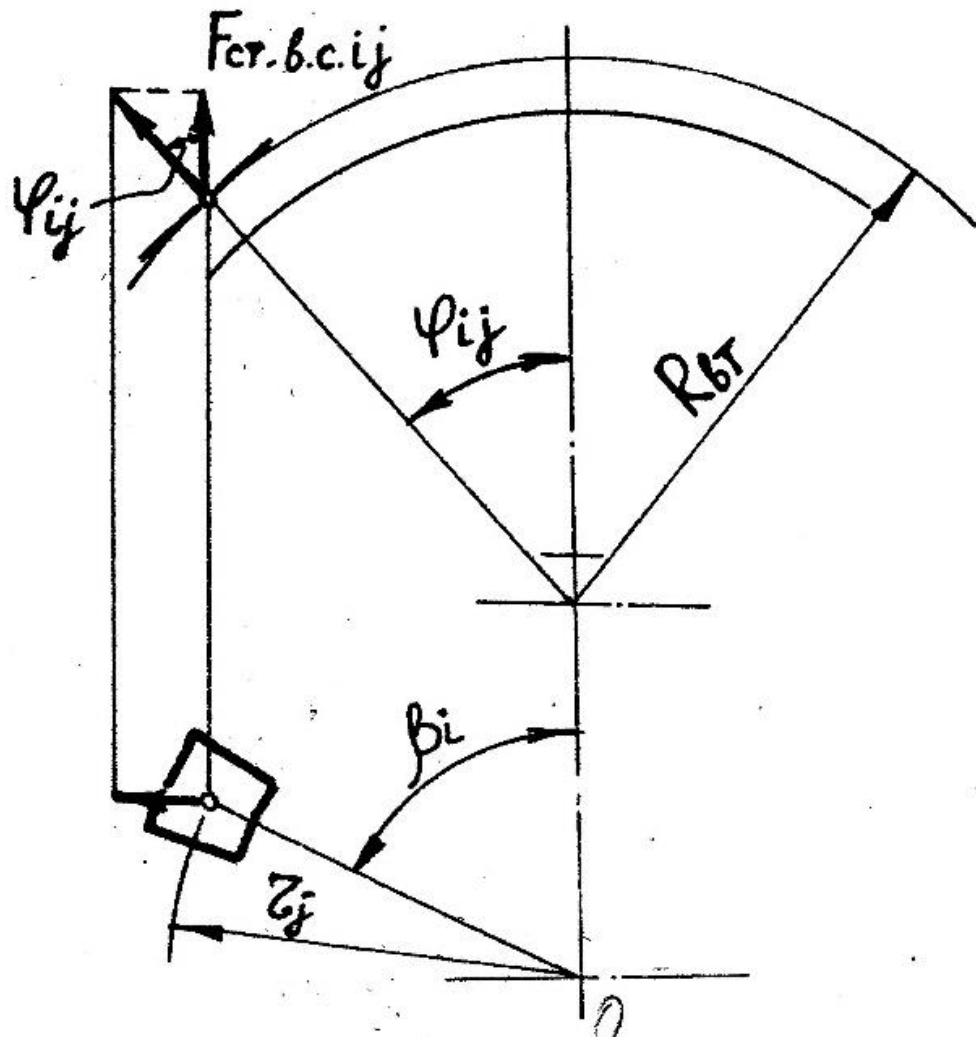


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема для визначення сили, яка виникає від дії статичного тиску

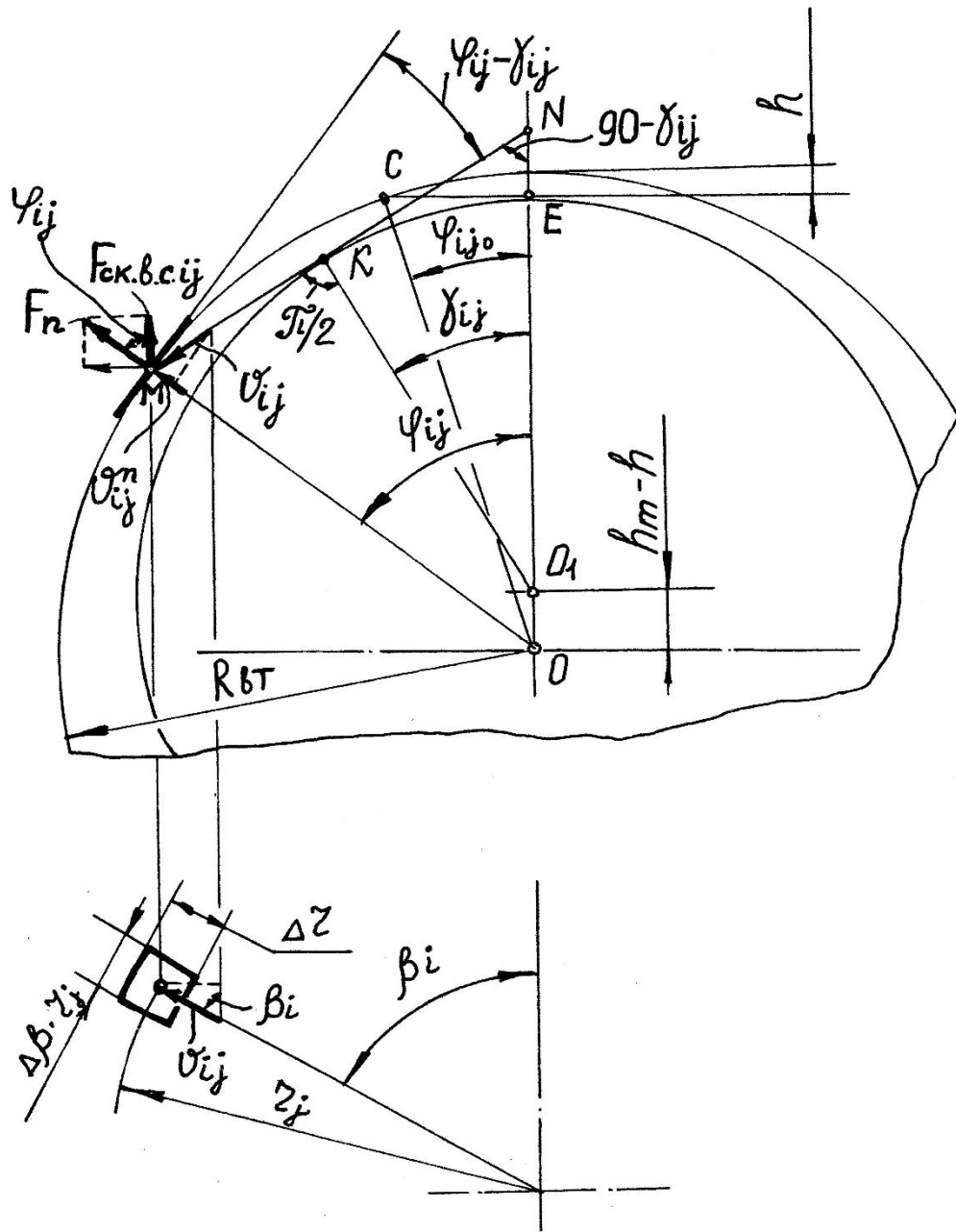


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема для визначення сили, яка виникає за рахунок швидкісного натиску струменя

$$\begin{aligned} & \cos^2 \gamma_{ij} \cdot [R_{\text{BT}}^2 - 2 \cdot R_{\text{BT}}(h_m - h) \cdot \cos \varphi_{ij} + (h_m - h)^2] + \\ & + 2 \cos \gamma_{ij} [(h_m - h) \cdot (R_{\text{BT}} - h_m) - R_{\text{BT}}(R_{\text{BT}} - h_m) \cdot \cos \gamma_{ij}] + \\ & + (R_{\text{BT}} - h_m)^2 - R_{\text{BT}}^2 \cdot \sin^2 \varphi_{ij} = 0 \end{aligned}$$

Розв'язавши це рівняння відносно $\cos \gamma_{ij}$, буде мати:

$$\cos \gamma_{ij} = A + (A^2 - B)^{\frac{1}{2}} \quad (3.56)$$

У цьому рівнянні:

$$A = \frac{(R_{\text{BT}} - h_m) \cdot (R_{\text{BT}} \cdot \cos \varphi_{ij} + h - h_m)}{R_{\text{BT}}^2 - (2R_{\text{BT}} \cdot \cos \varphi_{ij} + h - h_m) \cdot (h_m - h)} \quad (3.57)$$

$$B = \frac{(R_{\text{BT}} - h_m)^2 - R_{\text{BT}}^2 \cdot \sin^2 \varphi_{ij}}{R_{\text{BT}}^2 - (2R_{\text{BT}} \cdot \cos \varphi_{ij} + h - h_m) \cdot (h_m - h)} \quad (3.58)$$

Із (3.56) отримаємо:

$$\gamma_{ij} = \arccos \left[A + (A^2 - B)^{\frac{1}{2}} \right]. \quad (3.59)$$

Залежності (3.53)-(3.59) справджуються для значень $\varphi_{ij0} < \varphi_{ij}$.

Кут φ_{ij0} відповідає положенню площини, дотичної до штока і розташованої перпендикулярно до осі сопла.

Із трикутника ОСЕ:

$$\varphi_{ij0} = \arccos(R_{\text{BT}} - h/R_{\text{BT}}) \quad (3.60)$$

Для значень $\varphi_{ij} < \varphi_{ij0}$ прийmemo $\gamma_{ij} = 0$.

Тоді величина швидкісного напору по нормалі до ділянки [60, 61] буде:

$$F_n = \frac{\pi \cdot \Delta r \cdot r_j \cdot \rho_{ij} \cdot (V_{ij}^n)^2}{2n}$$

і вертикальна складова сили від швидкісного напору з урахуванням (3.37) та (3.53) буде:

$$\begin{aligned} F_{\text{ск.ij}} &= F_n \cdot \cos \varphi_{ij} = \frac{\pi \cdot \Delta r \cdot r_i [1,25 + 0,004(273 - T_a)]}{2n} \times \\ &\times V_{ij}^2 \cdot \sin^2 \beta_i \cdot \sin^2(\varphi_{ij} - \gamma_{ij}) \cdot \cos \varphi_{ij} \left(\frac{P_{ij}}{P_a} \right)^{0,714} \end{aligned} \quad (3.61)$$

Сумарна величина сили, яка діє на втулку від швидкісного напору:

$$F_{\text{шв}} = 4 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^t F_{\text{шв.ij}} \quad (3.62)$$

Таким чином, використовуючи залежності (3.28), (3.34), (3.50), (3.52) та (3.62), за формулою (3.55) можемо знайти силу F_h , що діє на внутрішню поверхню втулки від одиничного радіального струменя для будь-якого біжучого зазору h по зрізу сопла (див. рис.3.1, рис.3.2). Проте для здійснення обчислень потрібні дані про значення коефіцієнта витрат μ для розрахункових конкретних значень конструктивних параметрів штока та втулки, їх взаємного розташування та вхідного тиску $P_{вх}$. Крім цього, необхідно також знати величину статичного тиску у будь якій точці внутрішньої поверхні втулки, на яку поширюється дія цього струменя.

При здійсненні попередніх експериментальних досліджень характеру розподілу статичного тиску по внутрішній поверхні втулки показало, що форма розподілу дуже змінюється навіть у тому випадку, коли сопло має незначний нахил α_T (див. рис.3.1, рис.3.2). Крім того, також порушується симетричність розподілу відносно площини, яка проходить через вісь сопла паралельно до осі штока. Тому для отримання регресійних залежностей, якими можна описати зміну тиску на поверхні втулки, ускладнене порівняно із розв'язком такої ж задачі для радіального струменя. Разом з тим, результати попередніх експериментальних досліджень показали, що нахил сопла до значення $\alpha_T = 20 \dots 25^\circ$, а практично не змінює величину сили тиску на втулку у напрямку дії струменя. Тому доцільно для початку вирахувати величину сили $F_{T.o.}$, яка діє на втулку по осі сопла (див. рис.3.8). Для цього використовуємо залежності й методику розрахунку, які були отримані для радіальних струменів, а вже потім знаходимо проекцію сили F_T на напрямок сили F_p . Для схеми, яка подана на рис.2.8, маємо:

$$F_T = F_{T.o.} \cdot \cos(\alpha_T - \Delta\alpha_T), \quad (3.63)$$

де $\Delta\alpha_T$ – кутова поправка, яка враховує зміщення точки перетину осі струменя із поверхнею втулки у випадку зміни зазору h_T ; через те, що інтервал зміни h_T невеликий, то можемо прийняти:

$$\Delta\alpha_T = \frac{2 \cdot h_T \cdot \operatorname{tg} \alpha_T}{D_{вТ}} \quad (3.64)$$

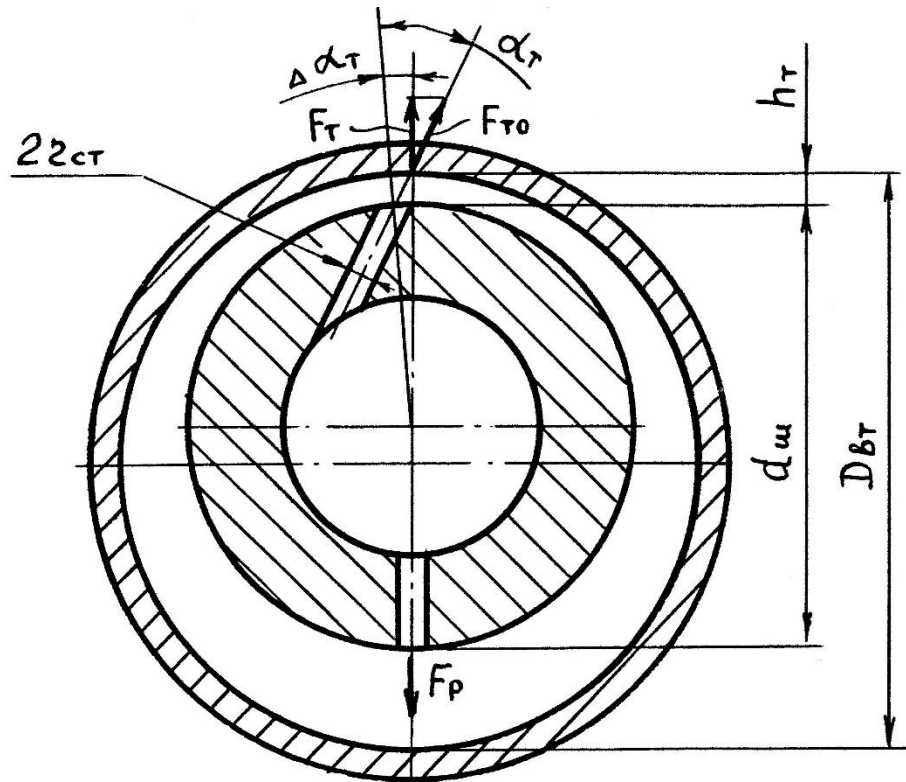


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема для визначення сили тиску тангенціального струменя на втулку

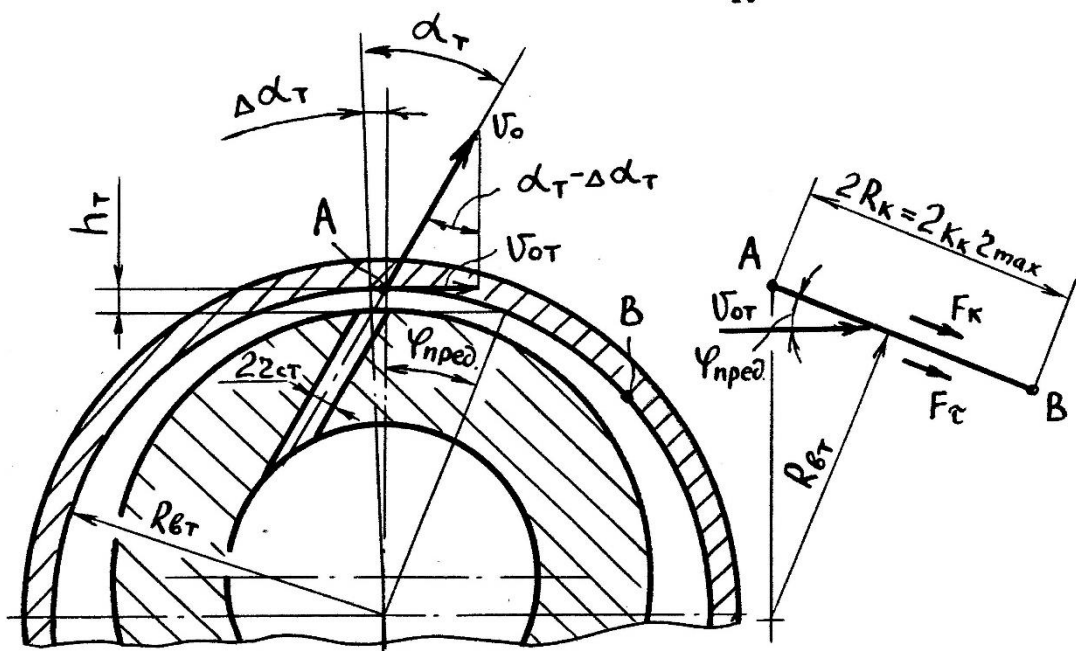


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема для визначення рухомого моменту, який створює тангенціальний струмінь

3.1.3.2. Визначення моменту, який рухає втулку і створюється тангенціальним струменем

Визначення моменту $M_{об}$, який рухає втулку і створюється тангенціальним струменем, є ще складнішим завданням порівняно із тими, що розглянуті раніше. У [2] визначені сила в'язкого тертя \bar{F}_τ і сила тиску струменя на торцеву площину \bar{F}_k для тонкої круглої пластини, що має радіус R і рухається під дією струменя, який витікає із сопла (причому сопло нахилене під кутом α до горизонталі):

$$F_\tau = \pi R^2 \left[\frac{\eta_\partial}{h_{пл}} (V_0 - V_\partial) - \frac{\rho \cdot \omega_\partial \cdot h_{пл}}{2} \right] \quad [2] \quad (3.65)$$

$$F_k = (V_0 \cdot \cos \alpha - V_\partial) \cdot \omega_c \cdot \rho \cdot V_0 \cdot \cos \alpha \quad [2] \quad (3.66)$$

де V_0 – витратна швидкість витікання повітря із сопла;

$h_{пл}$ – висота підйому пластини на повітряній подушці;

ρ – густина повітря;

ω_∂ – прискорення пластини;

ω_c – площа міделевого перерізу пластини;

V_∂ – швидкість руху пластини.

Для схеми, яка показана на рис.3.9, швидкість витікання струменя V_0 можна визначити, використовуючи формули (3.35), (3.37):

$$V_0 = \frac{4G_0 \cdot P_a^{0,714}}{\pi \cdot d_{с.т.}^2 \cdot P_a^{0,714} [0,004 \cdot (273 - T_a) + 1,25]} \quad (3.67)$$

Тут G_0 – масова витрата повітря через сопло, яка визначається залежно від значення величини P_{ex} за формулами (3.31) чи (3.32);

$d_{с.т.}$ – діаметр тангенціального сопла.

Для того, щоб привести досліджувану взаємодію до того, яке описано в [2], припустимо, що струмінь, який виникає із тангенціального сопла, діє на втулку по ділянці, розгортка якої – круг певного радіуса R_k . При цьому ця ділянка розташована таким чином, що один її край лежить у точці A (рис.3.9) перетину осі сопла і внутрішньої поверхні втулки, а діаметрально протилежний – у точці B , яка розташована на дузі внутрішньої поверхні втулки

на віддалі $2R_k$ від точки A і спрямована в бік нахилу тангенціального сопла. При цьому вважатимемо, що параметри потоку повітря однакові на всій ділянці, а сили в'язкісного тертя для кожної елементарної її ділянки направлені по дотичній до внутрішньої циліндричної поверхні втулки. Силу взаємодію струменя і криволінійної поверхні, яка характеризується силою F_k (3.66), подамо як набігання однорідного потоку повітря на плоску круглу пластину, що має радіус R_k і розташовану під кутом $\varphi_{пр}$ відносно напрямку потоку. Величина цього кута відповідає положенню дотичної до штока площини. Лінія її контакту зі штоком проходить через проекцію точки A на шток.

Враховуючи (3.60), одержимо:

$$\varphi_{пр} = \arccos((R_{вт} - h_T)/R_{вт}).$$

Тоді, враховуючи вираз, отриманий для $\varphi_{пр}$, розмір міделевого перерізу визначимо за формулою:

$$\omega_c = \pi \cdot R_k^2 \cdot \sin\left(\arccos\left(1 - \frac{h_T}{R_{вт}}\right)\right) \quad (3.68)$$

Також припустимо, що напрям рівнодіючої сили співпадає із напрямом сили F_T , а точка її прикладання знаходиться на внутрішній поверхні втулки.

Значення величини R_k доцільно обирати у частках від максимального радіуса r_{max} відповідного радіального струменя у поперечному перерізі внутрішньої поверхні втулки, тобто при $\beta = 90^\circ$. Так як значення цього параметра визначається експериментально, то воно буде враховувати практично всі фактори, які впливають на даний процес.

На основі вищезазначеного, прийmemo:

$$R_k = k_k \cdot r_{max}, \quad (3.69)$$

де k_k – коефіцієнт корекції; його величину можна виразити на основі порівняння експериментальних та розрахункових значень $M_{об}$.

Аналоги взаємодій, які порівнюються (рис.3.9), за складовою швидкості $V_0 \cdot \cos\alpha$ буде швидкість:

$$V_{о.т.} = V_0 \cdot \sin(\alpha_T - \Delta\alpha_T), \quad (3.70)$$

за прискоренням пластини ω_{∂} тангенціальне прискорення втулки:

$$\omega_{\tau} = \varepsilon \cdot R_{\text{вТ}} = R_{\text{вТ}} \cdot \frac{d^2\psi}{dt^2}, \quad (3.71)$$

за швидкістю пластини V_{∂} колова швидкість втулки:

$$V_{\text{вТ}} = R_{\text{вТ}} \cdot \omega = R_{\text{вТ}} \cdot \frac{d\psi}{dt} \quad (3.72)$$

З урахуванням прийнятих припущень рівняння (3.65) та (3.66) можна перетворити до вигляду:

$$F_{\tau} = \pi \cdot R_{\text{к}}^2 \left(\eta_{\partial} \cdot \frac{V_0 \cdot \sin(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}})}{h_{\text{Т}}} - \frac{h_{\text{Т}} \cdot \rho}{2} \cdot R_{\text{вТ}} \frac{d^2\psi}{dt^2} - \frac{n_{\partial} \cdot R_{\text{вТ}}}{h_{\text{Т}}} \frac{d\psi}{dt} \right) \quad (3.73)$$

$$F_{\text{к}} = \rho \cdot V_0 \cdot \omega_{\text{с}} \cdot \sin(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}}) \left[V_0 \sin(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}}) - R_{\text{вТ}} \frac{d\psi}{dt} \right] \quad (3.74)$$

Із залежностей (3.73) і (3.74) визначимо величину обертального моменту, який діє на втулку:

$$M_{\text{кр}} = R_{\text{вТ}} \cdot (F_{\tau} + F_{\text{к}}) \quad (3.75)$$

У початковий момент часу (втулка нерухома) прийmemo, що її кутова швидкість і прискорення дорівнюють нулю. Тоді, базуючись на (3.73) – (3.75), отримаємо:

$$M_{\text{кр}} = R_{\text{вТ}} \left[\frac{V_0 \cdot \pi \cdot \eta_{\partial} R_{\text{к}}^2 \cdot \sin(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}})}{h_{\text{Т}}} + \omega_{\text{с}} \cdot \rho_0 \cdot V_0^2 \cdot \sin^2(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}}) \right] \quad (3.76)$$

Із цього рівняння, врахувавши (3.69) та порівнявши його з експериментальними даними, можна визначити коефіцієнт корекції $k_{\text{к}}$:

$$k_{\text{к}} = \frac{1}{r_{\text{max}}} \sqrt{\frac{M_{\text{об.е.}}}{\pi \cdot R_{\text{вТ}} \left[\frac{v_0 \cdot \eta_{\partial} \cdot \sin(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}})}{h_{\text{Т}}} + \rho_0 \cdot V_0^2 \cdot \sin(\alpha_{\text{Т}} - \Delta\alpha_{\text{Т}}) \sin\varphi_{\text{пр}} \right]}} \quad (3.77)$$

де $M_{\text{об.е.}}$ – експериментальне значення моменту, який обертає втулку.

У випадку, коли площа прохідного перерізу по зрізу сопла між штоком і втулкою менша, ніж прохідний переріз сопла, залежності, які ми отримали для визначення $M_{\text{об}}$, потребують експериментальної перевірки. Якщо розбіжності великі, і немає можливості досягти співпадіння результатів за допомогою введення коефіцієнта корекції $k_{\text{к}}$, то треба проводити серію експериментів, які б дозволили встановити для цієї зони регресійні залежності для визначення шуканого крутного моменту.

Для зменшення трудомісткості виготовлення орієнтуючих штоків найдоцільніше використовувати конструкції, які мають мінімальну кількість тангенціальних та радіальних сопел. Через те, що їх небагато, і, враховуючи значні міжцентрові віддалі розташування вихідних перерізів сопел по периметру штока, прийmemo, що силові параметри і радіальних, і тангенціальний струменів не корелюються між собою і сумарний крутний момент (за наявності декількох тангенціальних сопел) дорівнює сумі моментів, створюваних одиничними струменями.

Також будемо вважати, що при спільній дії на втулку тангенціальних та радіальних струменів останні впливають лише на формування певного радіального зазору в зоні тангенціальних сопел. На величину та характер силової дії на втулку тангенціальні струмені при усталеному зазорі суттєво не впливають.

3.2. Техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації верстата-автомата для складання внутрішніх ланок на прикладі приводного втулкового дворядного ланцюга з кроком 9,525 мм

3.2.1. Розрахунок передбачуваного річного економічного ефекту від впровадження високопродуктивного модернізованого автомата за рахунок збільшення продуктивності.

Річний економічний ефект від застосування нових технологічних процесів, механізації й автоматизації виробництва, способів організації виробництва і праці, які забезпечують економію виробничих ресурсів при випуску однієї і тієї ж продукції визначається за формулою:

$$E = [(C_1 + E_n \cdot k_1) - (C_2 + E_k \cdot k_2)] \cdot B_2, \quad (3.78)$$

де E – річний економічний ефект за 1 рік експлуатації нової техніки, грн.;

C_1 і C_2 – собівартість одиниці продукції, яка виготовляється на існуючій (базовій) і новій техніці, відповідно, грн.;

k_1 і k_2 – питомі капітальні вкладення по базовій і новій техніці, які віднесені до одиниці продукції, грн.;

B_2 – річний обсяг продукції, який виготовлений за допомогою нової техніки у розрахунковому році, у натуральних одиницях.

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; приймаємо $E_n = 0,15$.

Вихідні дані для розрахунку (на прикладі економічних показників Даугавпілського заводу приводних ланцюгів DITTON).

1. Річна програма випуску дворядних втулкових ланцюгів з кроком 9,525 мм для автомобілів заводу ВАЗ – $B_2 = 1200000$ погонних метрів.
2. Необхідна кількість верстатів-автоматів для забезпечення річної програми випуску на існуючих автоматах моделі 3.11 фірми SEDIS (Франція) $N_B = 6$ одиниць.
3. Вартість 1 автомата моделі 3.11 – 479500 грн.
4. Вартість всього обладнання $K'_1 = 28770000$ грн.
5. Виробнича площа, яку займає один верстат-автомат моделі 3.11 – 15,06 м². Сумарна виробнича площа під всіма шістьма автоматами:

$$S_1 = 90,36 \cdot 6 = 90,36 \text{ м}^2. \quad (3.79)$$
6. Вартість виробничих площ, яку займають автомати моделі 3.11 (вартість 1 м² $C_a = 7125$ грн.).
7. Продуктивність автомата моделі 3.11:

$$P_1 = 80 \text{ ланок/хвилину.}$$
8. Передбачувана продуктивність модернізованого автомата:

$$P_2 = 120 \text{ ланок/хвилину.}$$
9. Необхідна кількість модернізованих автоматів:

$$n_2 = \frac{P_1}{P_2} \cdot n_1 = \frac{80}{120} \cdot 6 = 4 \text{ одиниці.}$$
10. Вартість виробничих площ $S_1 = 15 \text{ м}^2$, які займають модернізовані автомати (в розрахунку на 1 автомат):

$$K''_2 = S_1 \cdot n_2 \cdot C_a = 15 \cdot 4 \cdot 7125 = 427500 \text{ (грн.)} \quad (3.80)$$

11. Передбачувана вартість модернізованого автомата з урахуванням затрат на дослідно-конструкторські роботи 830770 грн. для дослідної партії верстатів.

Вартість всього обладнання:

$$K_2'' = 830770 \cdot 4 = 3323000 \text{ (грн.)}$$

12. Розцінка складання внутрішніх ланок на 1 погонний метр ланцюга на існуючому обладнанні:

$$C_{31} = 25,7 \cdot 10^{-2} + 0,4 \cdot 25,7 \cdot 10^{-2} = 0,36 \text{ (грн.)} \quad (3.81)$$

13. Передбачувана розцінка складання внутрішніх ланок на запропонованому модернізованому обладнанні:

$$C_{32} = C_{31} \cdot \frac{П_1}{П_2} = 0,36 \cdot \frac{4}{6} = 0,24 \text{ (грн.)} \quad (3.82)$$

14. Затрати на електроенергію:

$$Z_{ел} = C_{32} (N_{ел.дв.} + N_{ел.б.}) \cdot K_d \cdot F_d \cdot n, \quad (3.83)$$

де C_{32} – вартість 1 кВт·год електроенергії, $C_{32}=1,9999$ грн/кВт·год.

$N_{ел.дв.}=1,5$ кВт – потужність головного електродвигуна;

$N_{дб} = 0,4$ кВт – потужність електродвигуна приводу бункера;

$K_d = 0,6$ – коефіцієнт завантаження за потужністю;

$F_d = 4015$ – дійсний річний фонд часу роботи верстата-автомата при двозмінній роботі;

$n = 4$ шт. – кількість верстатів.

За запропонованим проектом:

$$Z_{ел.пр.}=1,9999(1,5+0,4) \cdot 0,6 \cdot 4075 \cdot 6=44008 \text{ (грн.)} \quad (3.84)$$

Зниження собівартості складання внутрішніх ланок на 1 погонний метр ланцюга за рахунок зниження затрат на електроенергію:

$$\Delta C_{ел} = \frac{Z_{ел}-Z_{ел.пр}}{B_2} = \frac{44008-37162}{1200000} = \frac{44008-37162}{1200000} = 57 \cdot 10^{-4} \text{ (грн.)} \quad (3.85)$$

Зниження собівартості складання внутрішніх ланок на 1 погонний метр ланцюга за рахунок загального фонду заробітної плати:

$$\Delta Z_{зн}=C_{3.1}-C_{3.1}=0,36-0,24=0,12 \text{ (грн.)} \quad (3.86)$$

Річний економічний ефект за рахунок підвищення продуктивності складання визначиться за формулою:

$$\begin{aligned}
 E &= (C_{32} + \Delta Z_{3H}) \cdot B_2 + [(K'_1 + K''_1) - (K''_1 + K''_2)] \cdot E_H = \\
 &= (0,24 + 0,12) \cdot 1200000 + [(2879500 + 643815) - \\
 &\quad (643815 + 427500)] \cdot 0,15 = 799800 \text{ (грн.)} \approx 26660 \text{ \$}.
 \end{aligned}
 \tag{3.87}$$

3.2.2. Розрахунок економічної ефективності у сфері експлуатації від використання приводних дворядних втулкових ланцюгів з орієнтованими втулками

Експериментальними і виробничими дослідженнями встановлено, що забезпечення орієнтації згортних втулок стиковим швом всередину внутрішньої ланки, за рахунок покращення умов контактування пари згортна втулка – валик ланцюга призводить до підвищення зносостійкості й терміну використання (довговічності) втулок на 15%.

Розрахунок виконаний відповідно до «Методики визначення економічного ефекту нової техніки», розробленої УКРІНТІ і затвердженої Мінекономіки України 21.07.1998 р.

Економічний ефект від впровадження нової техніки визначається за формулою:

$$E_{\text{н.т.}} = \left[\frac{Ц_6}{\alpha} - \frac{1}{\pm \Delta C} \right] \cdot B_2 - E_H - \Delta K,
 \tag{3.89}$$

де $Ц_6$ – ціна одиниці базисного виду продукції, грн., скоректована з урахуванням фактичних затрат і встановленого нормативу рентабельності за даним видом виробництва: $Ц_6 = C \cdot P$, де C – собівартість одного метра ланцюга, скоректована з урахуванням фактичних затрат: $C = 71,5$ грн.; P – норма рентабельності, $P = 12\%$.

Тоді

$$Ц_6 = 71,5 \cdot 1,12 = 80,08 \text{ (грн.)}$$

α – коефіцієнт підвищення довговічності, $\alpha = 1,15$;

ΔC – передбачувана зміна собівартості виготовлення дворядного втулкового ланцюга з орієнтованими втулками при впровадженні в технологічний процес пристроїв автоматичної орієнтації і модернізації автомата для складання внутрішніх ланок ланцюга, $\Delta C = 0,0175$ (грн.)

ΔK – капітальні затрати, прийняті в обсязі кошторисної вартості модернізації автомата, $\Delta K = 234000$ грн.

Підставивши значення, отримаємо:

$$E = \left[\frac{80,08}{1,15} - \frac{1}{0,075} \right] \cdot 1200000 - 0,15 \cdot 234000 = 12864900 \text{ (грн.)}$$

3.3. Висновки до розділу

На основі аналізу існуючих типів пристроїв для кутової орієнтації втулок у роботі розглянуті струминні пристрої, в основі яких лежить принцип взаємодії тангенціальних і радіальних струменів, які витікають із сопел, з внутрішньою поверхнею втулки та ключем орієнтації.

При цьому сопла виконані у вигляді наскрізних отворів у стінці пустотілого штока, і радіальні складові цих струменів центрують втулку. Прийнята вертикальна компоновка осі орієнтуючого штока.

Аналіз процесу кутової орієнтації втулок засвідчив, що для кожного виду ознак орієнтації (ключ) у вигляді наскрізного бічного отвору, закритого чи частково відкритого стикового шва, розташованого по внутрішній поверхні втулки, можливо підібрати конструктивну схему пристрою, яка буде забезпечувати необхідний характер зміни сумарної силової дії струменів на втулку.

В процесі досліджень, знайдено аналітичні залежності, за допомогою яких можна визначити параметри цієї дії. Проте для того, щоб отримати кількісні характеристики, необхідне уточнення ряду факторів за допомогою проведення експериментальних досліджень.

Це – розподіл тиску по внутрішній поверхні від радіального струменя, коефіцієнт витрати повітря, коефіцієнт приведення k_k , а також коефіцієнт тертя $f_{тр}$.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1. Загальні положення

Охорона праці на виробництві регламентується Законом України «Про охорону праці» (ст.44).

Автомат для складання внутрішніх ланок приводних роликівих і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) відноситься до свого роду пресового обладнання, на якому виконуються складальні операції.

Технологічний процес автоматичного складання внутрішньої ланки ПРВЛ включає такі переходи і операції: подача нижньої внутрішньої пластини в зону складання; подача роликів на ці втулки; запресування втулок у отвори внутрішніх пластин; подача й напресування верхньої внутрішньої пластини на запресовані у отвори нижньої пластини втулки; калібрування внутрішньої ланки по висоті.

4.1.2. Вимоги до облаштування робочого місця та робочого персоналу

Робоче місце повинне:

- бути організовано та оснащено відповідно до затвердженого проекту;
- відповідати вимогам охорони праці;
- утримуватися в чистоті і не захаращуватися протягом усього робочого дня (зміни).

До самостійної роботи з професії допускаються особи, що пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж з питань охорони праці, у тому числі при виконанні робіт з підвищеною небезпекою, надання першої допомоги потерпілим при нещасних випадках, про правила поведінки при виникненні аварій.

Виконувати роботу тільки на тім устаткуванні, що працівником вивчено і до самостійної роботи на якому він допущений.

Виконувати тільки ту роботу, що доручена майстром, і за умови, що відомі безпечні способи її виконання. У противному випадку звертатися до майстра за роз'ясненнями.

Одержати цільовий інструктаж з охорони праці у випадку, якщо доручена майстром робота виконується вперше.

Не вмикати і не зупиняти (крім аварійних випадків) верстат-автомат для складання внутрішніх ланок ПРВЛ, робота на якому не доручена керівником цеху (ділянки). Не заходити без дозволу майстра за огороження технологічного устаткування і електроустаткування.

Не торкатися до арматури загального освітлення, до обірваних електропроводів, клем та інших легкодоступних струмоведучих частин.

Не відкривати дверцята електророзподільних шаф і не знімати огороження й захисні кожухи зі струмоведучих частин устаткування.

Дотримуватися зобов'язань з охорони праці, які передбачені колективним договором (угодою, трудовим договором) і правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства.

Знати про можливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів (фізичних, хімічних, психофізіологічних), у тому числі: підвищеного рівня шуму на робочому місці; машин і механізмів що рухаються, рухливих, обертових частин механізмів, технічних засобів, пристроїв, систем, устаткування; виробів, заготовок, матеріалів, вантажів, що переміщуються; падіння інструменту, пристосувань, оснащення, виробів, заготовок, матеріалів, вантажів, частин, що рухаються; гострих крайок, заусенців і шорсткості на поверхнях заготовок, деталей, вузлів механізмів (складальних одиниць), агрегатів, апаратури і різних технічних засобів (пристроїв), устаткування, механізмів, машин, інструментів; підвищеної чи зниженої температури повітря робочої зони, поверхонь механізмів, устаткування, технічних засобів, пристроїв, систем; підвищеної чи зниженої вологості, рухливості повітря; підвищеної напруги в електричному ланцюзі; відсутності або недоліку природного світла, недостатньої освітленості робочої зони; фізичних

перевантажень (статичні, динамічні); нервово-психологічних перевантажень (розумова перенапруга, перенапруга аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Виконувати роботу з використанням засобів індивідуального захисту: костюм бавовняний ГОСТ 27653-88 або ГОСТ 27651-88; рукавиці комбіновані ГОСТ 12.4.010-75; навушники ГОСТ 12.4.051-87.

4.1.3. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно:

- здійснювати прийом зміни на підставі записів, зроблених у змінному журналі, де зазначаються виявлені недоліки, якщо такі мали місце. Змінний журнал повинен підписуватися змінним майстром;

- привести в порядок спецодяг. Робочий одяг не повинен мати звисаючих кінців, повинен бути наглухо застебнутий, звисаючі кінці косинок, хусток повинні бути підібрані, манжети рукавів повинні щільно охоплювати руки біля кистей. Волосся повинно бути закрито щільно облягаючим головним убором. Робота в легкому взутті (тапочках, босоніжках) не допускається;

- організувати своє робоче місце так, щоб усе необхідне для роботи розташовувалося зручно, прибрати все зайве з робочої зони, звільнити проходи і не захаращувати їх. Якщо підлога мокра, слизька, вимагати від майстра, щоб зробили прибирання, або зробити це самостійно. Підлогу посипати піском чи тирсою, потім прибрати пісок чи тирсу в спеціально відведене місце;

- перевірити справність трапів, підставок, стільців;

- впевнитись у тому, що освітлення (загальне чи місцеве) забезпечує чітку видимість поділок на контрольно-вимірювальних приладах, а також поверхонь деталей, що оброблюються. Про перегорілі лампочки повідомити майстра;

- перевірити працездатність устаткування, на якому виконується робота, відповідно до технічної документації;

- перевірити і переконатися в працездатності усіх частин верстата-автомата для складання внутрішніх ланок ПРВЛ і правильності їх взаємодії; зупинно-пускових пристосувань (пускових кнопок, педаль та ін.); гальма і муфти зчеплення у випадку подачі сигналу від датчиків контролю несправності або відсутності деталей на позиції;

- перевірити захисне заземлення (занулення) з метою виявлення видимих ушкоджень.

- перевірити роботу верстата-автомата на холостому ході. Включити верстат-автомат на робочий хід та здійснити 5 - 10 холостих ходів, при цьому звернути увагу на справність включення верстата-автомата (повинно бути відсутнє заїдання або залипання кнопок включення); плавність руху траверси у направляючих і відсутність поштовхів преса; відсутність подвійних ходів і довільного опускання траверси верстата-автомата;

- повідомити майстра про усі виявлені несправності й недоліки і до їх усунення до роботи не приступати.

4.1.4. Вимоги безпеки під час роботи

Під час роботи на верстат-автоматі необхідно дотримуватись таких заходів безпеки:

- виконувати роботи згідно з технологічним процесом;
- бути уважним, не відволікатися під час виконання робіт і не відволікати інших;
- користуватися тільки справним інструментом;
- застосовувати відповідну тару для укладання на робочих місцях і транспортування по цеху дрібних однотипних виробів, деталей, заготовок, а також відходів;
- не тримати в робочій зоні сторонніх предметів, інструментів і пристосувань, що не застосовуються при виконанні складальної операції;

- виключати верстат-автомат у випадку залишення робочого місця; припинення постачання електроенергії; змащування і контролю справності блокуючих пристроїв.

4.1.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи необхідно:

- виключити обладнання, місцеве освітлення;
- перевірити комплектність інструменту, протерти його від мастила та бруду і покласти в шафу;
- упорядкувати робоче місце;
- очистити ротор, отвори і пази плити верстата-автомата за допомогою гачків, щіток тощо, протерти обладнання сухою ганчіркою;
- зняти засоби індивідуального захисту і укласти їх в місце зберігання;
- вимити руки теплою водою з милом, прийняти теплий душ;
- повідомити майстра, бригадира, змінника про несправності устаткування, інструменту, пристосувань, що мали місце під час роботи, або зробити запис у журналі;
- повідомити безпосереднього керівника про закінчення роботи.

4.1.6. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

До аварійних ситуацій відносяться: порушення меж та (або) умов безпечної експлуатації устаткування; виникнення пожежі (загоряння устаткування, матеріалів, відходів тощо); відключення, обрив чи коротке замикання електрокомунікацій, електроустаткування.

Можливими причинами виникнення аварійних ситуацій можуть бути відмова чи пошкодження технологічного устаткування; порушення технологічного режиму (відсутність чи недостатня кількість складських приміщень, тіснота виробничих приміщень, порушення норм питомих площ на одиницю устаткування, нагромадження на робочих місцях зайвої кількості застосовуваних у виробництві сировини, матеріалів і ін.); неправильне

улаштування чи несправність електротехнічних установок, устаткування і розподільних мереж; необережне поводження з вогнем; несправність вентиляційних і освітлювальних систем тощо.

З метою запобігання аваріям необхідно дотримуватися безпечного режиму технологічного процесу відповідно до технологічної документації і правил пожежної безпеки; дотримуватися правил технічної експлуатації обладнання; підтримувати зразковий порядок і чистоту у виробничих приміщеннях; не укладати матеріали, які зберігаються в цеху, у притул до приладів опалення і інших нагрівальних приладів; не зберігати змінний запас матеріалів безпосередньо біля устаткування; курити тільки в спеціально відведених місцях; не користуватися паяльними лампами і іншими джерелами відкритого вогню для відігрівання замерзлих водопровідних труб; не застосовувати відкритий вогонь для освітлення.

4.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Дії населення і правила поведінки в надзвичайних ситуаціях (при підвищенні радіаційного фону)

Виникнення аварій (катастроф) на атомних енергетичних установках може призвести до радіоактивного зараження повітря і довкілля, що становить серйозну небезпеку для населення усієї України.

Радіаційними небезпечними об'єктами для населення України є: атомні електростанції; об'єкти господарської діяльності, які використовують у виробничій та іншій діяльності прилади та устаткування на основі радіоізотопів.

Оповіщення про аварію (катастрофу) на радіаційно небезпечному об'єкті проводить управління з питань надзвичайних ситуацій і цивільного захисту населення області (МНС України). З цією метою по обласній (міських і районних) радіотрансляційній мережі буде передано спеціальне повідомлення. Дублювання повідомлення буде здійснюватися за допомогою

радіо, телебачення і рухомих звукових установок, а також працівниками суб'єктів господарювання і ЖКГ.

4.2.1.1. Дії населення при оповіщенні про радіоактивне зараження навколишнього середовища

Отримавши повідомлення про небезпеку радіоактивного зараження, негайно потрібно надіти протигаз або респіратор, а при їх відсутності — ватно-марлеву пов'язку, дітей віком до півтора року помістити у захисні дитячі камери та йти в захисну споруду.

Якщо захисна споруда далеко і нема протигазу (камери захисної дитячої для дитини), залишатися у приміщенні. Увімкнути радіоточку (радіоприймач, телевізор) для прослуховування інформаційних повідомлень управління (відділу) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення області (району, міста), закрити вікна, двері, вентиляційні отвори (люки), виконати герметизацію приміщення.

З метою захисту від дії радіонуклідів необхідно з моменту отримання повідомлення про радіоактивне зараження негайно розпочати проведення йодної профілактики. Для цієї мети протягом 7 днів кожний день приймати по 1 таблетці (0,25 г) йодистого калію і давати дітям віком до 2 років 1/4 таблетки, дітям віком від 2 до 14 років - половину таблетки. Таблетки необхідно придбати в аптеці або отримати в лікувально-профілактичному закладі в перші години після аварії (катастрофи). Можна використати йодистий калій з аптечки індивідуальної А1-2. Йодну настойку можна приготувати самому: 3-5 крапель розчину йоду на склянку води, дітям віком до 2 років - 1-2 краплі.

Якщо за умовами радіаційної обстановки подальше перебування людей у будинку (на вулиці) небезпечно, тоді проводиться евакуація населення. Потрібно слідкувати за повідомленнями управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення області (відділу з НС та ЦЗН міста обласного підпорядкування або району). Уточнити час початку евакуації, місце подання автотранспорту. Залишаючи квартиру (будинок), вимкнути

джерела електроенергії, взяти з собою документи, гроші, необхідні речі, вдягнути протигаз (респіратор або змочену ватно-марлеву пов'язку), накидку або плащ, гумові чоботи. Не забути попередити сусідів про початок евакуації.

Після прибуття до нового місця проживання, необхідно провести дезактивацію засобів захисту органів дихання, одягу, взуття і санітарну обробку покривів шкіри на обладнаному санітарному обмивочному пункті (СОП) або самостійно. Самостійна обробка полягає у видаленні радіоактивних речовин з відкритих часток шкірних покривів тіла, одягу, взуття і засобів захисту. Послідовність дії така: зняти накидку (плащ, пальто і т. д.) і, ставши спиною проти вітру, витрусити її. Після того повісити одяг на перекладину (мотузку) і віником (щіткою) змести з нього радіоактивний пил.

Після цього потрібно почистити взуття щіткою або будь-яким підручним засобом і вимити водою. Після цього обробити відкриті частини шкіри водою або розчином з індивідуального протихімічного пакету (ППІ-8). Для обробки шкіри можна використовувати сухі тампони, рушник і т. д.

У подальшому проводиться повна санітарна обробка на мийних пунктах із заміною одягу.

Перед початком проведення санітарної обробки і після неї необхідно пройти дозиметричний контроль.

4.2.1.2. Дотримання правил радіаційної безпеки і особистої гігієни

Для попередження або послаблення дії на організм радіоактивних речовин та можливого уникнення захворювання променевою хворобою: максимально обмежити перебування на відкритій території, при виході з приміщення використовувати засоби індивідуального захисту (респіратор, пов'язку, плащ, гумові чоботи); при перебуванні на відкритій території не роздягатися, не сідати на землю, не палити; перед входом у приміщення взуття вимити водою або витерти мокрою ганчіркою, верхній одяг витрусити і почистити вологою щіткою; суворо дотримуватись правил особистої гігієни; у всіх приміщеннях, що призначені для перебування людей, кожний день

робити вологе прибирання, бажано з використанням миючих засобів; приймати харчі тільки в закритих приміщеннях, ретельно мити руки з милом перед їжею; воду вживати тільки з перевірених джерел; сільськогосподарські продукти з індивідуальних господарств, особливо молоко, зелень, овочі і фрукти вживати в їжу тільки за рекомендаціями органів охорони здоров'я; відмовитись від купання у відкритих водоймах до перевірки ступеня їх радіоактивного забруднення; не збирати в лісі ягоди, гриби і квіти.

ВИСНОВКИ

1. Отримані залежності для визначення співвідношень між діаметрами тангенціальних і радіальних наскрізних отворів орієнтуючого штока та діаметром центрального отвору штока, виходячи із властивостей дроселя і величин витрати повітря.

2. Розроблені конструкторські схеми пристроїв для пневматичної орієнтації згортних втулок, а також робоче креслення орієнтуючого штока для орієнтації згортних втулок з параметрами: зовнішній діаметр орієнтованої ділянки $d_z = 3,53_{-0,014}$ мм; діаметр центрального отвору $d_{ц} = 1,2$ мм; діаметри тангенціальних $d_t = 0,35^{+0,005}$ мм і радіальних $d_p = 0,5^{+0,005}$ мм.

3. Запропонована нова технологія складання внутрішньої ланки, що створена на основі теорії графів.

4. Розроблена нова конструкція приводу ротора, яка забезпечує через замкнутість кінематичного ланцюга приводу ротора підвищену продуктивність процесу складання в 1,4...1,6 рази по відношенню до продуктивності верстата фірми SEDIS (Франція).

5. Отримані залежності для визначення тангенціальних, радіальних сил, моментів, які дають можливість оптимізувати конструкторські параметри орієнтуючих пристроїв.

Перелік посилань

1. Камышный Н.И. Автоматизация загрузки станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
2. Иванов А.А. Перемещение деталей на воздушной подушке под углом вверх// Механизация и автоматизация производства. – 1978. - №10. – С.24-25.
3. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. – Ч.II. Методы аэродинамического расчета. – М.: Высш.шк., 1980. - 416 с.
4. Иоффе Б.А., Калнынь Р.К. Ориентирование деталей электромагнитным полем. – Рига: Зинатне, 1972. – 300 с.
5. Pat.2402365 Bundearepublik Deuschland, Int.C1 B21 L 9/06. Vorrichtung zum Zusammensetzen von Rollenkettengliedern/ Linde Emil/ - Anmeldetag 18.01.74; Bekanntmachungstag 17.07.75.
6. А.с. 733952 СССР, МКИ³ В 23 Р 10/02. Устройство для сборки прессовых соединений деталей типа «вал-втулка» / С.А.Дубиняк, П.Д.Кривый, А.В.Куцевич, Н.И.Кузьмин. - №2450774/25-27; Заявл. 29.11.76; Оpubл. 15.05.80, Бюл. №18. – 6 с.
7. Дубиняк С.А., Кривый П.Д., Куцевич А.В. Устройство для сборки прессовых соединений// Машиностроитель. - 1978. - №8. – С.15.
8. А.с. 373124 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/00. Устройство для ориентации деталей, С.А.Литвиненко. - № 1616343/25-8; Заявл.26.01.71; Оpubл. 12.03.73, Бюл. №14. – 2 с.
9. А.с. 179583 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/00. Устройство для подачи цилиндрических деталей/ Г.Н.Молчанов, Т.У.Ташходжаев. - №850270/25-8; Заявл. 31.07.63; Оpubл. 08.02.66, Бюл. №5. – 2 с.
10. А.с. 364413 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/08. Устройство для ориентации цилиндрических деталей с пазом на образующей/ С.В.Смольков. - №1643712/25-8; Заявл. 26.03.71; Оpubл. 23.02.73, Бюл. №5. – 2 с.

11. А.с. 466979 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/08. Устройство для ориентации цилиндрических деталей с пазом на образующей/ С.В.Смольников. - № 1916603/25-8; Заявл. 04.05.73; Оpubл. 15.04.75, Бюл. № 14. – 2 с.
12. А.с. 575205 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/06. Устройство для ориентации деталей/ Я.В.Василишин, С.В.Величкович, З.Д.Василечко. - № 2332200/25-08; Заявл. 09.03.76; Оpubл. 05.10.77, Бюл. №37. – 2 с.
13. А.с.722725 СССР, МКИ³ В 23 Р 19/02. Устройство для ориентации втулок при сборке/ П.Д.Кривый, С.А.Дубиняк. - №2515793/25-27; Заявл. 10.08.77; Оpubл. 25.03.80, Бюл. №11. – 3 с.
14. Иванов А.А. Автоматизация сборки миниатюрных и микроминиатюрных изделий. – М.: Машиностроение, 1977. – 248 с.
15. А.с. 462694 СССР, МКИ³ В 23 Р 19,02. Пневматическое устройство для ориентации деталей при сборке/ И.И.Зубченко, С.А.Дубиняк, И.Д.Мокрицкий, П.Д.Кривый. - № 1858904/25-27; Заявл. 12.12.72; Оpubл. 19.05.75, Бюл. №9. – 2 с.
16. Дубиняк С.А., Зубченко И.И., Кривый П.Д. Устройство для ориентации втулок при сборке пластинчатых цепей// Технология и организация производства: Науч.-произв. Сб. – 1974. - №10. – С.31-33.
17. Дубиняк С.А., Кривый П.Д., Куцевич А.В. О новом методе прогнозирования долговечности и надежности шарниров с учетом точности формы контактирующих поверхностей// Расчет и управление надежностью больших механических систем: Информационные материалы V Всесоюзной школы. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. – С.154-155.
18. А.с. 499090 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/00. Устройство для автоматической ориентации/ М.А.Козловский, С.Г.Нагорняк, А.А.Козловский. - № 1814410/25-8; Заявл. 24.07.72; Оpubл. 15.01.76, Бюл. №2. – 3 с.
19. А.с. 360116 СССР, МКИ³ В 07 С 5/02. Способ бесконтактной магнитной ориентации деталей/ Б.А.Иоффе, И.М.Кирко, А.Э.Микельсон. - №1102711/25-8; Заявл. 16.09.66; Оpubл. 28.11.72, Бюл. №36. – 2 с.

20. А.с. 366893 СССР, МКИ³ В 07 С 5/02 Способ бесконтактной магнитной ориентации деталей/ Б.Д.Жейгур, Р.К.Калнинь, Б.А.Иоффе. - № 1289060/25-8; Заявл. 25.12.68; Оpubл. 23.01.73, Бюл. №8. – 2 с.
21. А.с. 501535 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/00. Способ бесконтактной магнитной ориентации/ Р.К.Калнинь, Б.А.Иоффе, Ю.А.Зоммер, Я.Е.Граубинь. - № 1960319/25-08; Заявл. 02.10.73; Оpubл. 25.04.78, Бюл. №15. – 3 с.
22. Иванов А.А., Камышный Н.И. Условия переориентации деталей в неоднородном магнитном поле// Изв.вузов: Машиностроение. – 1978. - №11. – С.98-102.
23. А.с. 228491 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/12. Устройство для автоматической ориентации деталей/ В.А.Шабайкович. - №1035755/25-8; Заявл. 03.11.66; Оpubл. 08.10.68, Бюл. №31. – 2 с.
24. А.с. 281121 СССР, МКИ³ В 23 Q 7/00. Фотоэлектрическое устройство для ориентирования деталей, Ю.Л.Маткин, В.Ф.Прейс. - №1155543/25-08; Заявл. 17.05.67; Оpubл. 03.09.70, Бюл. №28. – 2 с.
25. А.с. 639677 СССР, МКИ³ В 23 Р 19/01. Устройство для сборки деталей, Б.В.Баринов. - №2452875/25-08; Заявл. 07.02.77; Оpubл. 30.12.78, Бюл. №48. – 2 с.
26. Пат. 51-27306 Японии, МКИ³ В 23 Р 19/02. Устройство для ориентирования деталей, устанавливаемых с натягом/ Накумура Нобуо, Тэрада Акира, Нисио Асаки. - №46-63179; Заявл. 19.08.71; Оpubл. 12.08.76.
27. Pat. 3804270USA,Int.C1. В 65 G 1/04. Bulk storade and automatic presenter system with image producting means/ Michaud Jimmi A., Stroman Jack R. – Field 12.01.73; Patented 16.04.74.
28. Переналаживаемые сборочные автоматы/ В.А.Яхимович, Ю.А.Хацин, О.Н.Вертоградов, Ю.А.Осинский/ Под ред. В.А.Яхимовича. – К.: Техніка, 1979. – 176 с.

29. Пат. 49-6858 Японии, МКИ³ В 23 Q 5/20. Устройство для ориентации в определенном угловом положении, например, шпинделя станка/ Сато Макото. - № 45-76103; Заявл. 31.08.70; Оpubл. 16.02.74.
30. А.с. 639679 СССР, МКИ³ В 23 Р 19,04. Устройство совмещения деталей при сборке/ В.А.Яхимович, В.В.Тишанков, Г.Б.Пономарчук. - № 2510912/25-08; Заявл. 22.07.77; Оpubл. 30.12.78, Бюл. №48. – 4 с.
31. Дубиняк С.А., Кривый П.Д., Куцевич А.В. Повышение износостойкости приодных цепей// Машиностроитель. 1977. - №7. – С.15.
32. Дмитриев В.Н., Градецкий В.Г. Основы пневмоавтоматики. – М.: Машиностроение, 1973. – 360 с.
33. Gehlaar H. Zur Messung dynamischer Druckdifferenzen mit Quarzkristall-Druckaufnehmern// Maschinenbautechnik. Berlin, 1980. – Nr.12. – S.557-560.
34. Иванов А.А., Малов А.Н. Перемещение изделий на воздушной прослойке с торможением встречным потоком// Изв.вузов: Машиностроение, 1978. - №11. – С.98-102.
35. Иванов А.А. Перемещение деталей на воздушной подушке по углом вверх// Механизация и автоматизация производства, 1978. - №10. – С.24-25.
36. Богачева А.В. Пневматические элементы систем автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1966. – 238 с.
37. Schindler G. Wirbelströmungen in der Reibungsschicht eines ebenen Kanals// Maschinenbautechnik. – Berlin, 1983. – Nr.7. – S.319-323.
38. Дембовский В.В. особенности течения газов в капиллярных каналах// Измерительная техника, 1968. - №6. – С.44-45.
39. Hlawitska E. Model zur Berechnung der Leckverluste im Radialspalt von Zahnradpumpen// Maschinenbautechnik. – Berlin, 1980. – Nr.12. – S.561-563.
40. Залманзон Л.А. Проточные элементы пневматических приборов контроля и управления. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 248 с.

41. Залманзон Л.А. Теория элементов пневмоники. – М.: Наука, 1969. – 507 с.
42. Мордохелович И.И. Родов Б.А. Автоматизация производственных процессов средствами пневматики. – М.: Профтехиздат, 1961. – 232 с.
43. Погорелов В.И. Элементы и системы гидропневмоавтоматики. – Л.: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1979. – 184 с.
44. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1969. – 183 с.
45. Albring W. Wirkungen zeitbestandiger Wirbelsysteme in Wandgrenzlichtern// Maschinenbautechnik/ - Berlin, 1981. - Nr.6/ - S/251-256.
46. Wolf H., Brechling J., Hultsch V., Schulze H/ Untersuchungen zur Berechnung der Stromung in Turbomaschinen unter Berucksichtigung der Stromlinienkrummung im Meridianschnitt// Maschinenbautechnik. – Berlin, 1981. – Nr.3. – S.110-114.
47. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983. – 351 с.
48. Светлицкий В.А. Механика трубопроводов и шлангов: Задачи взаимодействия стержней с потоком жидкости или воздуха. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
49. Fircher G. Untersuchung der Wandschubspannung in Rohrkrummern// Maschinenbautechnik. - Berlin, 1983. - Nr.7. - S.316-318.
50. Stastny M. Untersuchung eines Typendiffusour und eines Austrittsgehauses fur Damhfturbinen// Maschinenbautechnik. – Berlin, 1982. – Nr.4/ - S.154-160.
51. Wosniak R. Leckverlustberechnungen in Zahanradpumpen mit axialem Spielausgleich// Machinenbautechnik. – Berlin, 1982. – Nr.3. – S. 115-119.
52. Белов И.А. Взаимодействие неравномерных потоков с преградами. – Л.: Машиностроение, 1983. – 144 с.

53. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1969. – 824 с.
54. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М.: Физматгиз, 1960. – 715 с.
55. Гольдштик М.А., Штерн В.А. Гидродинамическая устойчивость и турбулентность. – Новосибирск: Наука, 1977. – 366 с.
56. Кондратьев А.Б., Шульгин Ю.А. Исследование влияния параметров сопла и рабочего тела на характеристики струйного привода// Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления. – М.: Машиностроение, 1984. – Вып.11. – С.244-251.
57. Гринблат В.Л. Расчет газостатического подвеса поршня для поршневых газовых машин// Вестник машиностроения. – 1985. - №7. – С.40-43.
58. Грудская Е.Г., Борисов Ю.В. Расчет динамических характеристик газовых упорных подшипников// Машиноведение, 1985. - №4. – С.95-102.
59. Каянович С.С., Павлинов М.И., Смирнов Б.И. Статистические характеристики сферических газовых подвесов с поверхностями скольжения равной кривизны// Машиноведение, 1985. - №4. – С.94-89.
60. Сутин А.И., Федотов А.П. Струйные механизмы для манипулирования миниатюрными деталями// Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления. – М.: Машиностроение, 1984. – Вып.10. – С.198-204.
61. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. – М.: Наука, 1964. – 816 с.
62. Пневматические устройства и системы в машиностроении: Справочник/ Е.В.Герц, А.И.Кудрявцев, О.В.Ложкин и др./ Под ред. Е.В.Герц. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.
63. Погорелов В.И. Газодинамические расчеты пневматических приводов. – Л.: Машиностроение, 1971. – 184 с.

64. А.с. 186252 СССР, МКИ³ В23 Р19/02. Устройство для ориентации деталей типа втулок/А.Я.Янсос. - №968434; Заявл. 24.03.62; Опубл. 16.05.66, Бюл. №18. – 2 с.
65. А.с. 434699 СССР МКИ³ В23 Р19/04. Способ сборки/ Б.А.Йофе, И.И.Керн, Р.К.Калнинь. - №1788451/25-08; Заявл. 29.05.72; Опубл. 25.04.78, Бюл. №15. – 2 с.
66. А.с. 968034 СССР, МКИ³ В23 Р19/02. Автомат сборки внутренних звеньев втулочно-роликовых цепей/ С.А.Дубиняк, П.Д.Кривый, А.В.Куцевич, Л.И.Крюков, Я.Д.Клевс, Ю.П.Бондаренко. - № 3255931/25-27; Заявл. 27.02.81; опубл. 15.09.82, Бюл. №34. – 18 с.
67. П.Д.Кривый. Работоспособность приводных роликовых и втулочных цепей с ориентированными свертными втулками: дисс....канд.техн.наук: 05.02.02/ Тернопольский филиал Львовского ордена Ленина политехнического института им. Ленинского комсомола, Тернополь, 1990. – 252 с.
68. А.с.958034 СССР МКИ³ В 21 L 9/02. Автомат сборки внутренних звеньев втулочно-роликовых цепей/ С.А.Дубиняк, П.Д.Кривый, А.В.Куцевич, Л.И.Крюков, Я.Д.Клевс, Ю.П.Бондаренко. - №3253931/25-27; Заявл. 27.02.81; Опубл. 15.09.82. - №34. – 18 с.
69. П.Д.Кривый, А.А.Сеник Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення якості згортих втулок. Монографія/ Кривий П.Д., Сеник А.А. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019.