

## Пневматичні та електричні

**Пневматичні вимірювальні прилади.** Пневматичними вимірювальними приладами називаються вимірювальні засоби, в яких перетворення вимірювальної інформації, т. Е. Інформації, яка містить відомості про вимірюваний розмір, здійснюється через вимірювання параметрів стисненого повітря в повітряній магістралі при його закінченні через невеликий отвір.

**Принцип дії** всіх пневматичних приладів для вимірювання лінійних розмірів заснований на положенні газової механіки про те, що якщо в якій-небудь магістралі повітропроводу (камері) знаходиться повітря під тиском і випускається через невеликий отвір в атмосферу з номінально постійним тиском, то витрата повітря через цей отвір в одиницю часу буде залежати від площі прохідного перетину отвору і від тиску всередині магістралі. При постійному тиску витрата буде залежати тільки від площі прохідного перетину. Якщо на шляху поширення повітряного потоку поблизу отвору виявляється перешкода, то витрата повітря і тиск усередині магістралі біля отвору змінюються.

Деталь, лінійний розмір якої треба виміряти, розташовують перед торцем сопла на певній відстані. Залежно від розміру деталі змінюється зазор (відстань між деталлю і торцем сопла), чому змінюється витрата повітря (обсяг повітря, що проходить в одиницю часу через калібрований отвір - сопло). Зазвичай прилад налаштовують за розміром зразкової деталі або кінцевими мірами довжини.

Прилад має вузол підготовки повітря, в якому здійснюється його очищення і стабілізація тиску; отсчетное або командне пристрій, що перетворює зміну витрати або пов'язаного з ним тиску в повітропроводі в значення визначається розміру; вимірювальну оснащення з одним або декількома соплами (діаметр отвору 1-2 мм), з яких повітря витікає на деталь.

За видами відлікових пристроїв прилади поділяють на ротаметричний і манометричні.

У приладі ротаметричного типу стиснене повітря під постійним тиском надходить в нижню частину розширюється конічної прозорої (зазвичай скляною) трубки, в якій знаходиться поплавець. З верхньої частини трубки повітря підводиться до вимірювального сопла і через зазор виходить в атмосферу. Відповідно зі швидкістю повітря поплавок встановлюється на певну відстань від нульової позначки шкали, яка отградуирована в одиницях довжини.

У приладах манометричного типу стиснене повітря під постійним тиском надходить в робочу камеру, в якій знаходиться вхідний сопло, далі в вимірювальне сопло і через зазор - в атмосферу. Тиск в камері, залежне від зазору  $S$ , вимірюється манометром, шкала якого отградуирована в одиницях довжини. Застосовують прилади манометричного типу високого ( $30-40 \text{ кН / м}^2$ ) і низького ( $5-10 \text{ кН / м}^2$ ) Тиску.

Пневматичні вимірювальні прилади використовують в системах активного контролю і в контрольних автоматах.

В якості чутливого елемента використовують пружні елементи (Трубчасті пружини, сільфони, мембранні коробки, пружні і м'яві мембрани) або рідинні дифманометри (U-образні і чашкові).

Прилади поділяють на безконтактні (Повітря з вимірювального сопла обдуває безпосередньо деталь) і контактні (Повітря з вимірювального сопла спрямований на торець вимірювального стрижня або на одне з плечей важеля, другий кінець якого входить в контакт з деталлю).

У метрологічному аналізі точності пневматичного вимірювального приладу особливе значення приділяється аналізу точності пневматичної системи. До переваг приладів відносять: порівняльну простоту конструкції, можливість безконтактних вимірювань при очищенні вимірюваної поверхні струменем повітря, велике збільшення при вимірюванні (до 10 тис. Разів) і, як наслідок, високу точність, можливість визначення розмірів, похибок форми, підсумовування і віднімання вимірюваних величин, отримання безперервної інформації і дистанційного вимірювання. До недоліків відносять: необхідність мати очищене повітря зі стабілізованою тиском; інерційність пневматичної системи; коливання температури в зоні виміру.

Перспективними є створені конструкції, в яких поєднуються переваги пневматичного методу з використанням індуктивних або інших перетворювачів.

**Електричні прилади.** В електричних приладах для лінійних вимірювань процес вимірювання здійснюється шляхом перетворення лінійної величини в електричну, яка в залежності від цільового призначення приладу в свою чергу перетворюється або знову в лінійну величину (наприклад, переміщення стрілки по шкалі), або в сигнал, або в механічну величину переміщення окремих елементів в автоматичних контрольних, які реєструють або регулюючих пристроях.

Вимірюється лінійна величина перетворюється в електричну за допомогою електромеханічних перетворювачів (головок), чутливі елементи яких об'єднують контрольований виріб.

Перетворення лінійного переміщення в електричну величину з подальшим виміром її електричними приладами дає ряд переваг в порівнянні з механічними або оптичними вимірювальними приладами: можливість територіального поділу місця вимірювання і місця отримання результатів; можливість використання результатів вимірювання у вигляді електричних величин як в електромеханічних показують, що реєструють і сигналізують приладах, так і в автоматичних контрольних і обробних машинах; зручність експлуатації.

Електричні вимірювальні прилади для лінійних вимірювань є прилади, в яких результат знижується у вигляді електричної величини, або прилади з електричними передавальними пристроями. Зазвичай вони складаються з перетворювача, показує приладу, що містить шкалу або сигнальні лампи, вихідні елементи схеми, не змонтовані в датчику перетворювача.

Відповідно до принципу дії перетворювача розрізняють електроконтактні, індуктивні, ємнісні і болометричні вимірювальні прилади.

Електроконтактні вимірювальні прилади. Прилади перетворюють певна зміна контрольованої величини в електричний сигнал через замикання (розмикання) електричних контактів ланцюгів, що управляють виконавчими елементами системи. Контакти зазвичай виготовляють з вольфраму, рідше, з благородних металів. Включення приладу відбувається при спрацьовуванні переривника вимірювального пристрою в залежності від розміру контрольованого виробу. Якщо важіль переривника не контактує з контактами, то виріб виготовлений в допуску. Якщо виріб виходить за межі поля допуску, контакти замикаються і загоряються лампочки.

Різні види перетворювачів за принципом настройки поділяють на дві групи:

- 1) перетворювачі, настройка яких проводиться за допомогою точних настановних гвинтів, які не мають поділів, по паралельних кінцевих мір або спеціальним настановним калібрів,
- 2) перетворювачі налаштовуються на нульове положення за допомогою тільки одного калібру з номінальним розміром контрольованого виробу по зазору.

За допомогою перетворювача встановлюють межі змінюваного розміру, а по його шкалі - фактичну величину контрольованого виробу.

Контроль розмірів за допомогою електроконтактного вимірювального приладу має ряд переваг в порівнянні з деякими шкальними приладами або жорсткими калібрами. Поряд з меншою стомлюваністю контролера і отриманням меншою похибки вимірювань значно скорочується час контролю. Зазначені переваги роблять можливим створення багатовимірних контрольно-вимірювальних приладів, у яких електроконтактні перетворювачі розташовані таким чином, що за один установ виробу на вимірювальну позицію автоматично перевіряються кілька розмірів. Найбільш придатними для багатовимірних приладів є електроконтактні перетворювачі, так як вони мають порівняно малими габаритами (моделі 228-2, 228-5, 248-6 та ін., ГОСТ 3899-81). Застосовуючи електромагніти, які впливають на спеціальні стрілки, передають імпульси від контактів перетворювача на точне реле, конструюють автоматичні контрольно-сортувальні прилади. Електроконтактні перетворювачі застосовують в адаптивних системах управління верстатами для подачі керуючих імпульсів на привід або механізм, що подає для вимірювання режиму обробки деталі при досягненні налаштованих граничних розмірів.

Шляхом включення в вимірювальну ланцюг сигнальних ламп з електрорічильниками, які вважають всю сукупність контрольованих виробів, одночасно з операції контролю можна отримувати дані для оцінки якості технологічного процесу.

Індуктивні вимірювальні прилади. Визначення дійсних розмірів деталей в цехових вимірах рекомендується проводити електроіндуктивними методами.

Принцип роботи індуктивних вимірювальних приладів полягає в тому, що зі зміною розміру контрольованого виробу змінюється повітряний зазор в замкнутому дроселі та опір в колі змінного струму. Електросхема приладу являє собою бруківку схему. Вимірюється величина знаходиться в певній залежності від струму, що протікає в ланцюзі і випрямленої для вимірювання, сортування або регулювання; необхідні керуючі процеси зсушуються за допомогою спеціального реле. З огляду на те, що магнітна ланцюг індуктивних перетворювачів володіє дуже малими повітряними зазорами, незначна зміна вимірюваної величини відповідає порівняно великій зміні магнітного опору. Істотною перевагою індуктивних приладів для контролю розмірів є відсутність в перетворювачі чутливих опор, шарнірів, контактів, які викликають чутливість приладу до струсів, обмежують його надійність і термін служби при експлуатації. Знімаються з приладу електричні величини мають найпростіший вид і не залежать від зовнішніх впливів.

Принцип дії індуктивного вимірювального перетворювача. У індуктивного перетворювача положення рухомого якоря між обома вимірювальними магнітними котушками визначається величиною контрольованого виробу. Якщо якір знаходиться по середині між котушками, то повітряні зазори, а разом з ними і індуктивності обох вимірювальних котушок рівні між собою, якщо ж якір наближається до однієї з котушок, то її опір збільшується, в той час як опір іншої котушки зменшується. Так як обидві вимірювальні котушки включені в суміжні галузі електричного вимірювального моста, то змінна напруга, прикладена до відповідної діагоналі моста, є мірилом контрольованої величини. Рівновага моста, т. Е. Встановлення якоря в середнє положення, здійснюють за допомогою кінцевих мір.

У порівнянні з граничними електроконтактними перетворювачами індуктивні перетворювачі дорожчі, проте вони мають такі переваги: відсутність зворотного механічного впливу на вимірювальний штафт; надійні в експлуатації; можлива електрична настройка необхідних меж вимірювання; можлива настройка на кілька полів допусків в залежності від завдань вимірювання.

Індуктивні перетворювачі мають моделі 212, 276, 76503 та ін.

Ємнісні вимірювальні прилади. Зміна контрольованого розміру призводить до зміни величини повітряного зазору між пластинками конденсатора і, отже, зміна ємності. Так як ємність перетворювача становить близько 100 пФ, то вимір ємності практично можливо тільки за допомогою високочастотних методів із застосуванням високовартісних допоміжних пристроїв. Однак значну перевагу ємнісного методу полягає в можливості виготовлення легких і жорстких рухомих електродів і досягнення високої власної частоти. Крім того, в порівнянні з індуктивним ємнісний перетворювач має ще ту перевагу, що у нього значно менше зворотний вплив на вимірювальний штафт, так як сили, що виникають від напруги, прикладеного на рухливі електроди, значно менше магнітних сил в індуктивному перетворювачі. У конструктивному відношенні ємнісний перетворювач повинен володіти незначною розсіюванням, ретельно виконаної екрануванням, високоякісною ізоляцією, простотою виконання і достатньої механічної жорсткістю. Перетворювачі виготовляють у вигляді двохпластинчаста конденсатора, з яких одна пластина рухлива, або у вигляді трьохпластинчастого конденсатора з однією рухомою і двома нерухомими пластинами.

Прилади фотоелектричні (ФЕП). У ФЕП інформація про переміщення заходи щодо показника надходить у вигляді світлових сигналів на фотоелемент. За допомогою фотоелемента інформація перетворюється в електричні сигнали, по різниці амплітуд або фаз яких визначають зміна контрольованої величини.

Як оптичних заходів в приладах використовують вимірювальні растри, дифракційні решітки, штрихові заходи, кодові решітки, шкали довжин хвиль і інші заходи.

## Оптичні прилади

За допомогою оптичних приладів, що дають дійсне зображення предмета і мають в площині зображень пластинки з розподілами або перехрестям можна робити виміри двояким шляхом.

1. Оптична система разом з жорстко пов'язаної з нею штриховий платівкою може переміщатися щодо предмета. Точність візування в основному обумовлюється збільшенням, які даються мікроскопом. Величина переміщення є вимірюваною величиною розміру. Похибка при вимірюванні входить цілком в результат вимірювання.

2. Оптична система нерухома. Штрихова система або переміщається в площині зображення предмета щодо самого зображення, або має шкалу. Засобом виміру є оптична система. Точність візування (контакту) з вимірюваною поверхнею та ж, що і в першому випадку. Величина переміщення штриховий пластинки відповідає розмірам дійсного зображення. Отже, в результат вимірювання входить похибка масштабу зображення, тому вона повинна бути точно відома, а зображення строго подібно предмету.

Оптичні прилади підрозділяють на три різновиди:

1) прилади з оптичним способом візування з вимірюваною поверхнею і механічним виміром переміщення точки візування;

2) прилади з механічним зіткненням з контрольованим виробом і оптичним виміром переміщення точки дотику;

3) прилади з оптичним пристроєм для спостереження контрольованого виробу і оптичним виміром переміщення точки візування.

До приладів першого різновиду відносять інструментальні мікроскопи і проектори. мікроскопи інструментальні призначені для вимірювання зовнішніх і внутрішніх лінійних і кутових розмірів виробів в прямокутних і полярних координатах. Вони складаються з головки головного мікроскопа і пристосування, за допомогою якого або сама головка, або контрольований виріб можуть переміщатися в одному або двох взаємно перпендикулярних напрямках. У багатьох конструкціях мікроскопів окулярна штрихова платівка може обертатися, що дозволяє виробляти як лінійні, так і кутові вимірювання. Величина переміщення вимірювального столу визначається за допомогою окулярного мікрометра, кінцевих мір або штриховий заходи. Відлік за шкалами виробляють найчастіше за допомогою звітних окулярів з нерухомими поділами. Найбільш часто на інструментальних мікроскопах проводять вимірювання параметрів різьблення.

Інструментальний мікроскоп малої моделі (ММІ) має діапазон вимірювань в поздовжньому напрямку 75 мм, в поперечному - 25 мм. Ціна поділки різьбовий мікропара переміщення - 0,01 мм, При розмірі понад 25 мм використовують кінцеві міри довжини.

Інструментальний мікроскоп великої моделі (БМІ) має діапазон виміру в поздовжньому напрямку 150 мм, в поперечному - 50 мм. Ціна поділки різьбовий мікропара - 0,005 мм, що досягається за рахунок збільшення діаметра барабана. З'явилися мікроскопи, у яких мікропара забезпечується імпульсним пристроєм з цифровим відліком.

Проектором в машинобудуванні називається оптичний прилад, в якому оптичний пристрій формує зображення вимірюваного об'єкта на поверхні, що розсіює, що служить екраном. Проектор служить для контролю і виміру виробів складного профілю, наприклад профільних шаблонів. Можна вимірювати контури заточек, канавок, відстань між центрами отворів.

Розрізняють:

- Контроль збільшеного дійсного зображення, спроектованого на екран або матове скло;
- Вимірювання за допомогою координатного вимірювального столу і вимірювального перекриття на екрані.

Прилади другого різновиду засновані на отриманні автоколлімаційного зображення. Автоколлімацією називається хід світлових променів, при якому вони, вийшовши з однієї частини оптичної системи паралельним пучком, відбиваються від плоского хитного дзеркала і проходять систему в зворотному напрямку. До цих приладів відносяться: Оптиметри вертикальний і горизонтальний; оптичний довгомір вертикальний і горизонтальний; інтерферометр; вимірювальна машина; гоніометр.

Оптиметри - прилад для вимірювання лінійних розмірів порівнянням з заходом, калібром або деталлю-зразком, преосвітнім елементом в якому є важільно-оптичний механізм. Вимірювальною голівкою служить трубка оптиметра окулярного або проєкційного (екранного) типу. У трубці окулярного типу відраховуються значення розмірів за шкалою, що спостерігається в окуляр, в трубці проєкційного типу відлік виробляється на екрані.

Оптиметри виготовляють в двох варіантах - вертикальні з таким же розташуванням лінії вимірювання і горизонтальні - з горизонтальною лінією вимірювання. Вертикальний Оптиметри служить для контактних вимірювань при контролі зовнішніх лінійних розмірів, а горизонтальний - для зовнішніх і внутрішніх розмірів.

Оптичний довгомір - Прилад для вимірювання лінійних розмірів порівнянням зі значенням за шкалою, вбудованої в цей прилад і переміщається разом з вимірювальним стрижнем. Дробові значення відраховуються за шкалою за допомогою ноніуса, вбудованого в спеціальний окулярний або проєкційний мікроскоп. Залежно від конструкції стійок, в яких встановлюють довгоміри, вони, як і оптиметри, бувають вертикальні і горизонтальні.

Довжиноміри на горизонтальних стійках типу ИЗВ призначені для тих же цілей, що і горизонтальні оптиметри, але вимірювання тут ведуть прямим методом без застосування настановних мір довжини. Горизонтальний довгомір типу ИКУ призначений для вимірювання зовнішніх і внутрішніх лінійних і кутових розмірів у прямокутних і полярних координатах.

Довжиноміри і вимірювальні машини призначені для вимірювання великих довжин по одній осі координат. Похибка вимірювання довгоміром при рекомендованих умовах, в тому числі температурних, становить від 0,001 до 0,003 мм.

Інтерферометр - Вимірювальний прилад, заснований на інтерференції світла. Контактні інтерферометри призначені для вимірювання зовнішніх діаметрів з використанням скляних пластин. Діапазон вимірювання вертикального інтерферометра до 150 мм, горизонтального - до 500 мм.

Похибка вимірювання вертикальним інтерферометром при використанні кінцевих мір довжини другого розряду становить від 0,25 до 0,40 мкм. Ці інтерферометри найчастіше використовують для атестації кінцевих мір довжини на третій розряд.

Вимірювальна машина - Прилад для вимірювання лінійних розмірів порівнянням зі шкалою, вбудованої нерухомо в цей прилад, з відліком дрібних значень за допомогою додаткової шкали, що переміщається з одним вимірювальним наконечником і по трубці оптиметра. У машині є шкала з великим інтервалом, який ділиться з допомогою додаткової шкали, і пристрій для відліку значень з ціною поділки 0,0001 мм. Вимірювальні машини призначені в основному для вимірювання великих розмірів (більше 1000 мм) і відносяться до горизонтального типу. Вимірювання на машині виробляються безпосереднім методом або методом порівняння з мірою. В останньому випадку відраховується відхилення від налаштованого розміру з використанням шкали трубки оптиметра.

Застосовують вимірювальні машини в основному для великих кінцевих мір довжини і дуже часто для визначення розміру мікрометричних нутромірів після їх складання. Похибка вимірювання методом порівняння з мірою до 500 мм складає від 0,0004 до 0,002 мм. При вимірюванні методом безпосередньої оцінки, т. Е. З використанням всіх шкал, похибка вимірювання при рекомендованих умовах становить від 0,001 до 0,020 мкм.

Основними представниками третього різновиду оптичних приладів є універсальний мікроскоп і універсальний вимірювальний мікроскоп.

Універсальний мікроскоп (ДІМ) використовується для вимірювання лінійних і кутових розмірів у площині з візуванням вимірюваних точок або ліній з допомогою мікроскопа і відліком значень по оптичних шкалах. ДІМ є двокоординатної вимірювальної машини. Положення поздовжніх і поперечних санчат визначається по скляним шкалах за допомогою відлікових мікроскопів, забезпечених окулярами зі спіральним ноніусом. При вимірюванні резьб для підвищення точності часто використовують вимірювальні ножі.

ДІМ має діапазон вимірювань в поздовжньому напрямку 200 мм, в поперечному - 100 мм. Ціна поділки відлікових лінійних пристроїв 0,001 мм, кутомірного пристрою - 1 ".

Виготовляють мікроскопи з діапазоном вимірювань 500x200 мм. У деяких мікроскопах є проєкційний пристрій та цифровий відлік розміру. Мікроскопи забезпечуються різної оснащенням для проведення різноманітних вимірів, тому вони називаються універсальними. застосування лазерів для лінійних вимірювань. Використання лазерів, особливо газових лазерів видимого діапазону, надзвичайно розширило сферу застосування оптичних методів вимірювань відстаней і кутів. Просторова похибка лазерного світла дозволяє колімірованим пучки з расходимостью, викликаної тільки дифракцією. Завдяки цьому прилади із застосуванням лазера забезпечують кутову точність близько 1 мкрад при роботі на відстані близько сотень метрів.

Завдяки високій інтенсивності лазерного випромінювання твізювання можна виконувати шляхом безпосередньої послілки пучка світла в заданому напрямку, а інтерферометричні вимірювання проводити в нормально освітленому приміщенні і навіть на відкритому повітрі.

Одним з найбільш простих способів застосування лазерів є техніка візування. Встановивши лазер, можна йти вздовж його умовної «оптичної струни, вивіряючи положення різних елементів контрольованої конструкції. Техніку візування широко застосовують при складанні і монтажі літаків, нафтохімічного устаткування, кораблів, при нівелюванні, проходці тунелів, при будівництві великих споруд.

Найбільш поширеним методом вимірювання за допомогою лазера є вимірювання довжини з використанням звичайної оптичної інтерференції для коротких дистанцій і техніки модульованого світла - для довгих дистанцій. Точність лазерних приладів визначається головним чином ступенем стабілізації частоти застосовуваного лазера і реально може бути близько  $10^{-9}$  -  $10^{-10}$  Мм.

За допомогою лазерів можна здійснювати безперервний інтерферометричний контроль розмірів деталей у виробничому процесі. Лазерні інтерферометри та цифрова техніка зробили доступним контроль великогабаритних виробів за відхиленнями розмірів, форми і розташування поверхонь.

Одним з перспективних напрямків розвитку техніки лінійних вимірювань є голографічна інтерферометрія з використанням лазера.

У лазерних інтерферометах цехового призначення застосовують лазерний вимірювач переміщень ТПЛ-ЕОК1 з пристроями автоматичного управління і ЕОМ. Прилад має кнопку установки нульового положення, що дає можливість реалізації вимірювань за методом порівняння з мірою. Прилад має стійку і вимірювальний столик, що дозволяє проводити вимірювання як у вертикальній, так і в горизонтальній площині.