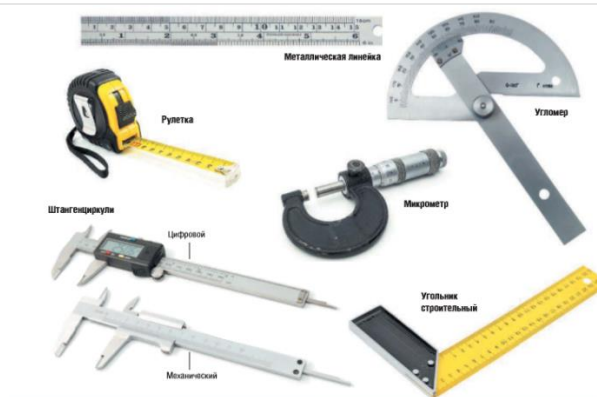


## ВИДИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ. ЩО ТРЕБА ЗНАТИ ПРО ВИМІРЮВАННЯ І ВИМІРЮВАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ



Всілякі деталі для сучасних верстатів необхідно виготовляти з високою точністю. Це означає, що на завершальних стадіях виробництва їх геометричні параметри необхідно перевіряти на відповідність нормам, для чого і застосовують контрольно-вимірювальні інструменти.

Використання лінійок, штангенглибиномірів, щупів обов'язкове в процесі випуску заготовок, тому потрібно знати, що вони з себе представляють, якими повинні бути, як працюють.

Таких пристроїв придумано і впроваджено вже дуже багато, і вони відрізняються між собою по самим різним показникам. Ми наведемо найбільш корисні ознаки, за якими їх можна згрупувати або, навпаки, розділити. Такий підхід полегшить їх покупку — вам буде простіше зрозуміти, що потрібно замовити. А щоб купити вимірювальний інструмент — переходьте за посиланням.

### Класифікація вимірювального інструмента в машинобудуванні: види

Ключовий параметр — поставлені завдання, за призначенням виділяють наступні його варіанти:

- ручний — свідчення знімає людина;
- цифровий — аналогічні операції здійснює вже комп'ютер;
- механічний — габарити фіксуються шляхом безпосереднього фізичного контакту з поверхнями деталі;
- лазерний — визначення відповідності відбувається вже без дотику з заготівлею;
- будівельний — орієнтований на майданчики для зведення будівель, потрібен для розрахунку ДхШхВ, кута і тому подібних параметрів;
- розмічальний — з його допомогою визначають контури, важливі точки, відстані майбутніх об'єктів, перш ніж приступити до їх виготовлення;
- універсальний — дозволяє вирішувати відразу кілька завдань.

Категорії досить умовні: в одну з них здатні входити відразу кілька пристосувань.

Наприклад, лінійка є і ручний, і механічною.

Також йде поділ за матеріалами виготовлення (пристрої, виконані з металу, пластику, дерева, композитів) і по конструкції (прості і складні). Але є ще один експлуатаційний показник, який заслуговує на окремий розгляд.

### Класифікація вимірювальних інструментів за рівнем точності

Для кожної групи існує свій клас, тобто максимальна похибка, яку можна допустити при визначенні геометричних параметрів заготовки. Механічні прилади можуть бути:

- безшкальний — для з'ясування прямолінійності контактних поверхонь;
- Штангенінструмент — для виставлення внутрішніх / зовнішніх габаритів;
- головки (пружинні, важільні, комбіновані) — для фіксації биття;
- мікрометричні — для витримання параметрів особливо точних різьбових з'єднань (крок доходить до 0,01 мм).

### Технічні характеристики інструментів для вимірювання розмірів

Всі вони повинні суворо відповідати ГОСТам. Яким саме? Це залежить від типу, конструкції, призначення пристосування. Спираючись на діючі міждержавні стандарти,

виробники можуть випускати лінійки, щупи та інші прилади за власними ТУ, за умови, що якість готового виробу буде високим.

Але у споживачів традиційно більше довіри до ГОСТам, які стали своєрідним знаком якості, тому заводи-виробники намагаються всіляко акцентувати увагу саме на них, вказуючи в рекламі, вибиваючи на корпусах тощо.

У загальному ж випадку вимоги до пристрою і характеристикам визначають:

- типи вимірювальних інструментів — призначення, області форми, габарити і можливі допуски з граничними відхиленнями;
- матеріал виконання для поточного класу, в тому числі і наносяться покриття.

Перевірка на відповідність здійснюється в процесі приймання, разом з порядком упаковки і комплектації, перевезення та зберігання, використання та утилізації.

Всі засоби вимірювань поділяються на універсальні засоби та засоби спеціального призначення.

Універсальним називається засіб вимірювань, призначений для вимірювань довжин, кутів в певному діапазоні розмірів виробів з різноманітною конфігурацією. Наприклад, один і той же прилад з додатковими пристосуваннями (стійки, штативи і т. П.) Може бути використаний для вимірювання різних розмірів. Ця особливість універсальних засобів вимірювань сприяє їх широкому застосуванню.

Спеціальним називається засіб вимірювань, призначений для вимірювань спеціальних елементів у деталей певної форми (наприклад, калібри, прилади для вимірювання кутів, параметрів зубчастих коліс і т. П.) Або спеціальних параметрів у деталей незалежно від її геометричної форми (прилади для вимірювання шорсткості, відхилень форми і т. п.).

Засоби вимірювання довжин і кутів в залежності від фізичного принципу, покладеного в основу побудови вимірювального перетворювача приладу, поділяють на такі групи: штрихові (мають лінійну або кутову шкалу і ноніус - штангенінструмент, кутоміри); мікрометричні (засновані на використанні гвинтової пари - мікрометри); важільно-механічні (індикатори годинникового типу, важільні скоби і т. п.); важільно-оптичні (оптіметри); оптико-механічні (проектори, інструментальні мікроскопи і т. п.); пневматичні (засновані на застосуванні стиснутого повітря); гідравлічні; електричні та електронні; комбіновані (засновані на використанні різних принципів) та ін.

Засоби вимірювання спеціального призначення поділяють на такі групи: вимірювання форми і розташування поверхонь; вимірювання параметрів шорсткості поверхні; вимірювання параметрів різьби; вимірювання параметрів кутів і конусів; вимірювань параметрів зубчастих коліс

### **Важільно – зубчаста головка ИГ (мікромір)**

**Важільно-зубчаста вимірювальна головка ИГ (мікромір)** (рис. 1, а і б) призначена для відносних вимірювань. Абсолютним методом можна вимірювати деталі, розміри яких не виходять за межі вимірювання за шкалою даного приладу

Мікроміри виготовляються двох моделей: однообертові 1ИГ з ціною поділки 0,001мм з межами вимірювання за шкалою  $\pm 0,05$ мм і 2ИГ з ціною поділки 0,002 мм з межами вимірювання за шкалою  $\pm 0,1$ мм і багатообертові 1ИГМ і 2ИГМ з ціною поділки 0,001 і 0,002мм з межами вимірювання 1 і 2мм відповідно. Багатообертові головки використовують у тих випадках, коли вимагається висока точність і великі межі вимірювання. У важільно-зубчастої головки ИГ застосований механізм з двома важільними і однією зубчастою передачею. При переміщенні вимірювального стержня 1 у двох напрямних втулках 8 відбувається повертання двоплечого важеля 3, який діє на важіль 5, що закінчується зубчастим сектором, який перебуває у постійному зачепленні з зубчастим колесом 4, на осі якого встановлена стрілка і втулка, з'єднана з спіральною пружиною 6, що вибирає зазори, забезпечуючи постійне контактування в зубчастій передачі і між важелями приладу. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 7. Підіймання й опускання (аретирування) вимірювального стержня здійснюється з допомогою важеля 2. Для зручності відлічування показів шкала обладнана двома переставними покажчиками 9 поля допуску (граничних відхилень) вимірюваного розміру. Головка закріплюється в стояку або в універсальному

штативі за втулку 10 діаметром 8мм. Мікроміри застосовують також у внутрішньомірах підвищеної точності з кульковою передачею

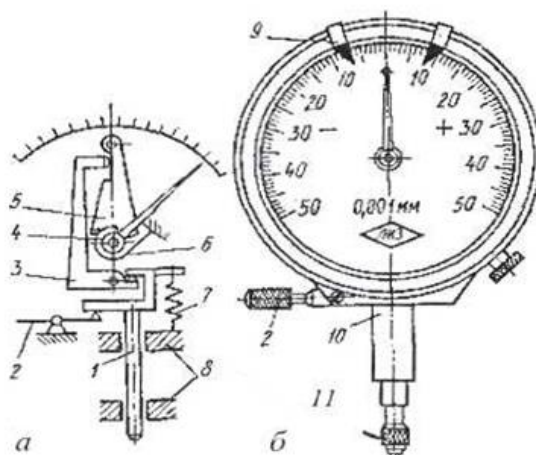


Рис. 1. Важільно-зубчаста вимірювальна головка ІІГ (мікромір): а - схема; б - загальний вигляд: 1 - вимірювальний стержень; 2 - відвідний важіль; 3 - двоплечий важіль; 4 - зубчасте колесо; 5 - важіль з зубчастим сектором; 6 - спіральна пружина; 7 - пружина; 8 - напрямні втулки; 9 - переставні показники поля допуску; 10 - напрямна втулка (гільза); 11 - вимірювальний наконечник

### 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 нерухожими 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 автоколімаційного 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 важливо-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.

Длинномери 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.

Довгоміри 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. Вимірвальні 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 вимірвальні 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 вимірвальний 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 вимірвальну машину. Положення поздовжніх і поперечних санчат визначається по скляним шкалами за допомогою відлікових мікроскопів, забезпечених окулярами зі спіральним ноніусом. При вимірюванні резьб для підвищення точності часто використовують вимірвальні 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 мкррад при роботі на відстані близько сотень метрів.

Завдяки високій інтенсивності лазерного випромінювання твізівованіе 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 інтерферометричеській 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 вимірвач 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 вимірвальний столик, що дозволяє проводити вимірювання як у вертикальній, так і в горизонтальній площині.

**Мікроскоп** — прилад для розглядання дрібних, невидимих для неозброєного ока, предметів у збільшеному зображенні.

Історично першим приладом, який використовувався з такою метою був оптичний мікроскоп, дія якого базується на заломленні світла системою лінз. Оптичний мікроскоп дає збільшення до 3000 разів. У електронному мікроскопі, винайденому в 30-х роках 20 ст., збільшене зображення одержують за допомогою пучків електронів. Він дає збільшення в десятки і сотні тисяч разів. Винайдені у 80-х роках 20 ст. атомний силовий мікроскоп та тунельний мікроскоп дозволяють розглядати зображення об'єктів ядерного масштабу — окремі атоми й молекули. Хід променів в мікроскопі відбивається від дзеркальної поверхні нижче спостережуваного об'єкта, проходить крізь досліджуваний об'єкт, входить до об'єктів мікроскопа, збільшується за рахунок лінзи і окуляра, і тоді ми побачимо збільшене зображення. А окуляром ми регулюємо чіткість.

Класифікація мікроскопів

**Оптичний мікроскоп** — мікроскоп, в конструкції якого використовується набір лінз, які при перегляді збільшують зображення дрібних об'єктів. Побудоване за допомогою лінз зображення проектується в окуляр. Освітлення об'єктів, що розглядаються, відбувається за допомогою невеликого рухомого дзеркальця, яке кріпиться під предметним столиком. Такий тип мікроскопів є традиційним, а також він простий у виготовленні і використанні. Оптичні мікроскопи діляться на монокулярні, бінокулярні, залежно від кількості окулярів і способу перегляду зображення.

**Цифровий мікроскоп** — мікроскоп, в якому зображення отримують за допомогою вбудованої електронної відеокамери (на основі ПЗЗ або КМОН-сенсора). У таких мікроскопах, як правило, не передбачені окуляр для спостереження за об'єктами людським оком. Саме ж зображення виводиться на екран. Залежно від типу виведення зображення розрізняють USB-мікроскопи і ТБ-мікроскопи.

**Тринокулярні мікроскопи** являють собою суміш оптичного і цифрового типів мікроскопа. У них, крім двох стандартних оптичних окулярів, є третій окуляр для зйомки процесу на спеціальну відеокамеру, спостереження і виведення цифрового зображення на екран.

**Флуоресцентний мікроскоп** — спеціалізований оптичний мікроскоп, призначений для вивчення властивостей або неорганічних речовин з використанням явища флуоресценції (люмінесценції). При цьому можливо проводити дослідження зразків під дією УФ-випромінювання в прохідному або відбитому освітленні. Флуоресцентний мікроскоп складається з джерела світла, збудливого флуорофору; детектора, що реєструє випромінювання флуорофору; і оптичної системи, яка забезпечує фокусування світла і збільшення об'єкта.

**Електронний мікроскоп** — надпотужний прилад, який використовує, на відміну від оптичного мікроскопа, замість світлового потоку, пучок електронів. Такий тип мікроскопів набагато потужніший за звичайні світлові мікроскопи, а роздільна здатність вище в 1000—10 000 разів.

**Стереомікроскоп** — спеціалізований тип мікроскопів, який дає об'ємне зображення спостережуваного об'єкта. Стереомікроскопи використовуються для більш точного визначення форми, розмірів, будови і багатьох інших характеристик мікрооб'єктів. Стереомікроскопи бувають аналоговими або цифровими.

**Рентгенівський мікроскоп** — пристрій для дослідження дуже малих об'єктів, розміри яких порівнянні з довжиною рентгенівської хвилі. Заснований на використанні електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі від 0,01 до 1 нанометра.

**Скануючий зондовий мікроскоп** — клас мікроскопів для отримання зображення поверхні і її локальних характеристик. Процес побудови зображення заснований на скануванні поверхні зондом. У загальному випадку дозволяє отримати тривимірне зображення поверхні (топографію) з високою роздільною здатністю. Поділяються на такі основні типи:

- **Атомно-силовий мікроскоп** — мікроскоп, що дозволяє отримувати зображення поверхні об'єктів із роздільною здатністю порядку кількох нанометрів та маніпулювати наноскопічними об'єктами, наприклад, окремими молекулами.



- **Тунельний мікроскоп** — мікроскоп, що дозволяє отримувати зображення поверхні твердих тіл практично на атомному рівні за рахунок тунелювання електронів.
- **Ближньопольний оптичний мікроскоп** — тип мікроскопів, що забезпечує роздільну здатність краще, ніж у звичайного оптичного мікроскопа. Підвищення роздільності досягається детектуванням розсіювання світла від досліджуваного об'єкта на відстанях менших, ніж довжина хвилі світла.

**Інтерферометр** — прилад, в якому потік хвиль, наприклад промінь видимого світла, розділяється на два або більше когерентних пучків; ці пучки мають пройти різні оптичні шляхи, а потім знову зустрітися разом та проінтерферувати, тобто скластися з урахуванням різниці фаз хвиль, яка виникла через те, що вони пройшли різні оптичні шляхи. У багатьох конструкціях інтерферометрів розділені пучки світла зустрічаються на спеціальному екрані, на якому можна побачити темні та світлі інтерференційні смуги, кола або більш складні фігури, в залежності від типу інтерферометра та його конкретної реалізації.

Зазвичай під інтерферометром мається на увазі прилад, що працює з електромагнітними хвилями, проте концепція інтерферометру значно ширша. Існують інтерферометри для роботи з хвилями різної природи: акустичні, електронні інтерферометри тощо.

Інтерферометри використовуються в індустрії, на виробництві та у наукових дослідженнях.

За допомогою інтерферометрів можна робити високоточні вимірювання довжини, контролювати якість поверхонь (зазвичай точність відповідає порядку довжини хвилі світла, що використовується в інтерферометрі), вимірювати показники заломлення прозорих середовищ.

Фур'є спектрометри базуються на інтерферометрах та дозволяють вимірювати спектри електромагнітного випромінювання у широкому діапазоні: від дальнього інфрачервоного до ультрафіолету. Це у свою чергу дає можливість проводити хімічний аналіз речовин, вимірювати кількість домішок, визначати діелектричну проникність матеріалів.

Інтерферометри відіграють важливу роль у фундаментальних наукових дослідженнях. Експеримент Майкельсона — Морлі з використанням інтерферометра типу Майкельсона дозволив спростувати гіпотезу про існування ефіру та сприяв становленню спеціальної теорії відносності. Інтерферометрія зіграла важливу роль для експериментального підтвердження існування гравітаційних хвиль.

**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, сильфони, 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.