

УДК 631.3

О.Л. Ляшук, А.В. Матвійчук, І.Б. Гевко., В.В. Крук, Р.Р. Івасечко
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ ЗАМІРУ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

Приведені конструкції контрольно-вимірювальних приладів для заміру внутрішніх поверхонь деталей машин. Наведена методика визначення точності контрольних пристроїв, розрахунку і аналізу їх похибок.

Ключові слова: *контрольно-вимірювальні прилади, точність, похибка, внутрішні поверхні.*

Постановка проблеми. Технічний контроль є важливою частиною системи управління якості продукції на машинобудівних підприємствах, а система технічного контролю, контрольні операції та їх послідовність, технологічна оснастка складають не від'ємну частину виробничого процесу. Вони також забезпечують підвищення точності і продуктивності контрольних операцій. Основні принципи вибору системи контролю ґрунтуються на нерозривному зв'язку технологічних і метрологічних факторів.

В металообробці витрати на контрольні операції складають 8...15% витрат виробництва. Тому тема є актуальною і має важливе значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями дослідження контрольно – вимірювальних приладів присвячені праці Корсакова В.С. [1], Гевка Б.М. [2], Дичковського М.Г. [3] та багато інших. Однак дослідження кільцевих канавок, гвинтових та інших канавок в отворах корпусних деталей потребують подальшого конструктивного і технологічного опрацювання.

Мета роботи - розроблення конструкцій контрольно – вимірювальних пристроїв, для заміру внутрішніх поверхонь деталей машин і виведення аналітичних залежностей для їх розрахунку.

Робота виконується згідно постанови Кабінету Міністрів України «Високоєфективні технології у машинобудуванні, енергетиці та агропромисловому комплексі» на 2010...2015 роки.

Реалізація роботи. На рисунку 1 зображено мікрометричний нутромір [4] який складається з плити з підставкою 1, до якої жорстко закріплено всі вузли і деталі. З лівої сторони на нього встановлено оброблювану деталь 2, яка базується по двох отворах з встановленням на циліндричний 3 і зрізаний 4 пальці. Останній забезпечує зручне встановлення і знімання оброблюваної деталі для заміру розточних кільцевих канавок 5. Верхній вимірний наконечник 6 виконано двохплечим і жорстко встановлено на шарнір 7 з можливістю коливного повертання і взаємодії з індикатором 8, який жорстко закріплено болтом 9 в циліндрі 10, що встановлений по посадці ковзання в направляючих 11 та підтиснутий прижимом 12. Щуп 13 індикатора взаємодіє з другим плечем 14 двохплечого верхнього наконечника 6, який розміщено в циліндрі 10 з можливістю осевого переміщення. Верхнім Г-подібним кінцем верхній наконечник взаємодіє з поверхнею 5 кільцевих канавок, а другим кінцем з щупом індикаторної головки 8, яка в свою чергу взаємодіє з датчиками 15 заміру внутрішнього діаметра кільцевої канавки.

Для заміру ширини вимірюваної кільцевої канавки 5 використано корпус нутроміра 15 з ноніусом і рамкою 16 рухомої штанги 17, кінець якої зігнуто під кутом 90°, які жорстко закріплені перпендикулярно до скоби 18. Причому, вісь скоби 18 співпадає з віссю отвору деталі 2, в якій замірюють діаметр кільцевої канавки. На рухомій штанзі з двох сторін однієї площини нанесено дві шкали, одна з яких відображає покази внутрішньої площини зігнутого кінця, а друга зовнішньої площини цього кінця 6. До рухомої штанги 17 жорстко закріплено регулювальний елемент 19.

Кінець рухомої штанги жорстко з'єднаний з стійкою 20 і датчиком 21 рухомої штанги, ті в свою чергу жорстко з'єднані з супортом 20, який переміщується по напрямних типу ластівкового хвоста (на кресленні не показано) за допомогою зубчастого зачеплення відомих конструкцій.

В нижній частині скоби 18 встановлено трищіточний механізм 23, який виконано у вигляді барабану 24, зуби якого взаємодіють з зубами нижнього наконечника 25, а верхній зігнутий під кутом 90° і кінцем 26 взаємодіє з нижнім внутрішнім діаметром кільцевої канавки, в діаметрально протилежній точці кільця 5 встановлено верхній вимірювальний наконечник 6.

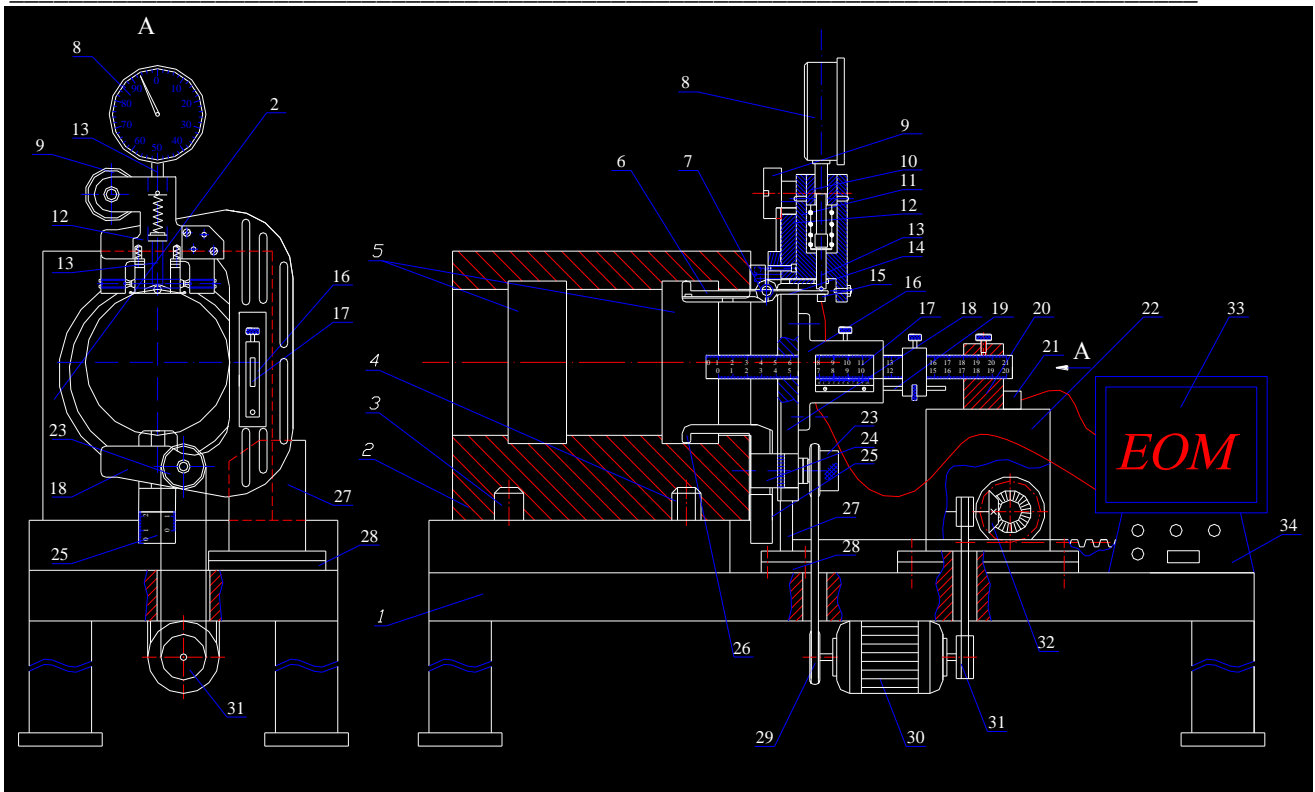


Рисунок 1 - Мікрометричний нутромір для заміру параметрів кільцевих канавок в корпусних деталях

Скоба 18 жорстко з'єднана із стійкою 27, яку в свою чергу закріплено до плити 1 через прокладку 28 регулювання висоти розміщення скоби вимірювальними елементами для заміру деталей 2 різних типорозмірів.

Трищиточний механізм 23 пасовою передачею з'єднано з лівим шпинделем 29 електродвигуна 30, розміщеного під плитою 1, а правим шпинделем 31 електродвигун через пасову передачу під'єднаний до зубчастого конічного зачеплення 32, яке забезпечує переміщення супорта 22 у двох взаємно перпендикулярних напрямках відомими способами.

Датчик 15 заміру внутрішнього діаметру кільцевої канавки 5 і датчик 21 рухомої штанги 17 для заміру ширини канавки під'єднаний до комп'ютерної системи 33. З правої сторони плити 1 під комп'ютерною системою 33 встановлено пульт керування приладом 34.

Робота мікрометричного нутроміра для заміру параметрів кільцевих канавок здійснюється наступним чином. Перед встановленням верхнього 6 і нижнього 26 вимірювальних елементів діаметру кільцевої канавки 5 за допомогою калібру виставляють індикатор 8 на допустимі крайні розміри і відповідно ці параметри заносять в комп'ютерну систему 33 для контролю. Аналогічно допустимі параметри ширини кільцевої канавки заносять теж в комп'ютерну систему 33 за допомогою рухомої штанги 17 і датчика ширини канавки 21.

Перед встановлення в отвір кільцевої канавки 5 верхнього вимірювального наконечника 6 нижній вимірювальний наконечник 26 за допомогою регулювального барабану 23 відводиться в крайнє положення до центру отвору. Після чого обидва вимірювальні наконечники 6 і 26 вводять зігнутими кінцями в вимірювальну кільцеву канавку і далі оброблювану деталь встановлюють на площину плити 1 через базові елементи – циліндричний 3 і зрізаний палець 4. За допомогою регулювального барабану 23 нижній опорний наконечник 26 відводять вертикально вниз у повний контакт з циліндричною поверхнею вимірної кільцевої канавки 5, зігнутий кінець рухомої штанги 17 теж вводять в кільцеву канавку.

Комп'ютерну систему 33 для заміру глибини вимірювальної кільцевої канавки 5 встановлюють наступним чином. Рухому штангу 17 виставляють в два крайніх положення по верхній і нижній площинах зігнутого її кінця і записують заміри по двох шкалах та їх різницю, яка визначає ширину канавки й за допомогою датчика 21 ширини кільцевої канавки і заносять в комп'ютерну систему 33.

Вимірювання діаметру кільцевої канавки здійснюють за допомогою датчика 15 за показами

ноніуса індикаторної головки 18, які заносять в комп'ютерну систему.

Запропонований мікрометричний нутромір доцільно використовувати в одиничному та масовому виробництвах, він забезпечує велику продуктивність праці і точність контрольних операцій.

На рисунку 2 зображена конструкція індикаторного нутроміра для заміру параметрів кільцевих канавок [5], який складається зі скоби 1, на якій встановлено установчі та вимірювальні елементи. В нижній частині скоби встановлено механізм, який складається з регулювального барабана 2, що жорстко встановлений в корпус скоби з можливістю осьового провертання.

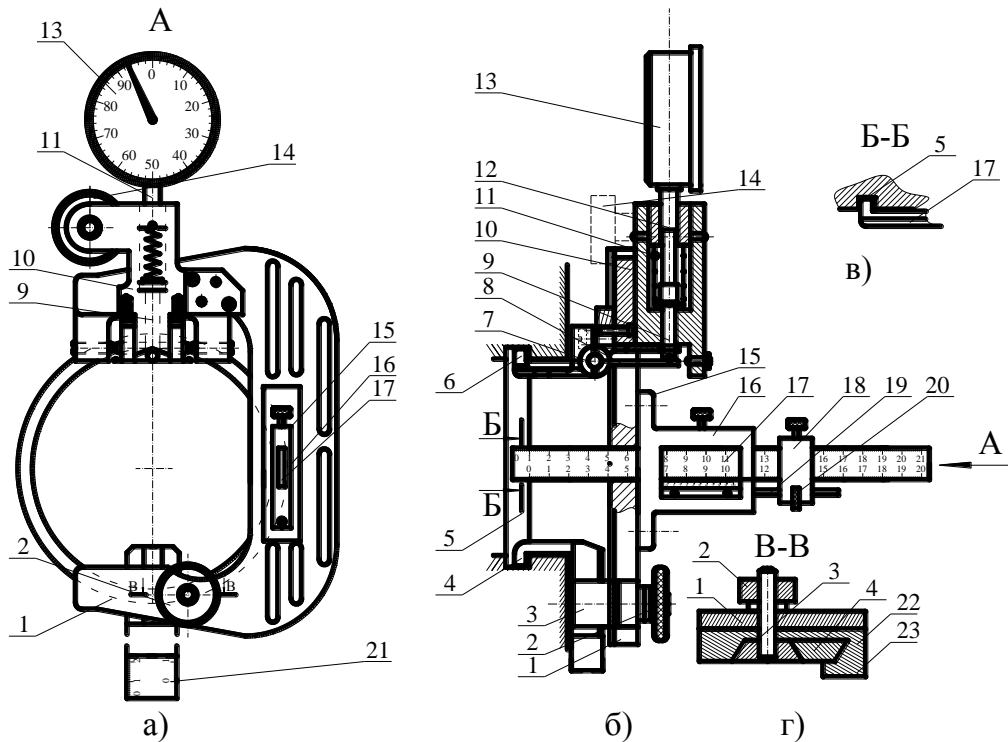
На нижній частині регулювального барабана виконано зубчасте зачеплення у вигляді зубів 3, які взаємодіють із зубами вимірювального наконечника 4, що може рухатися у вертикальній площині, а нижній кінець наконечника виконано під кутом 90° . Товщина зігнутого кінця вимірювального наконечника є меншою за ширину кільцевої канавки 5, а його довжина більшою від її глибини. Аналогічних розмірів є опорний наконечник 6, який вставлено у діаметрально протилежному кінці скоби КК і своїм вільним зігнутим кінцем взаємодіє з кільцевою канавкою. Опорний наконечник виконано двоплечим і жорстко встановлено на шарнір 7 з можливістю колового провертання на кут вільного заходу і виходу з кільцевої канавки 5 лівого плеча, а праве плече 8 взаємодіє з торцем шупа 9. Останній встановлено в корпус 10 з можливістю осьового переміщення і підтиснуто пружним елементом 11 вертикально вниз. Верхнім кінцем шуп взаємодіє з вимірювальним елементом 12 індикатора 13. Жорстка фіксація індикатора до скоби здійснюється затискним елементом 14.

Для заміру ширини канавки 5 використано корпус 15 з рамкою 16 і ноніусом, який жорстко закріплено до скоби 1 з правого боку вимірювальний 4 і опорний 6 наконечників. В корпусі 15 нутроміра і скобі 1 по посадці ковзання встановлено рухому штангу 17, кінець якої з боку вимірювальної кільцевої канавки виконано під кутом 90° товщиною і довжиною, меншою відповідно ширини і глибини кільцевої канавки. На рухомій штанзі з двох боків однієї площини нанесено дві шкали, одна з яких починається з внутрішньої, а друга з зовнішньої площин зігнутого кінця. До рамки корпусу 16 жорстко закріплено регулювальний елемент 19 з фіксуючою рамкою 18 і гайкою 20. На передній площині вимірювального наконечника 4 нанесено ноніусну сітку 21, зуби 3 зубчастого барабану 2 взаємодіють з аналогічними зубами 22, виконаними на тілі вимірювального наконечника з можливістю прямолінійного переміщення в корпусі 23, який жорстко приєднаний до скоби.

Робота індикаторного нутроміра для заміру параметрів кільцевих канавок здійснюється наступним чином.

Перед встановленням індикаторного нутроміра в отвір з кільцевою канавкою за допомогою регулювального барабана 2 вимірювальний наконечник відводять 4 в крайнє положення до центра отвору. Після цієї операції опорний 6 і вимірювальний наконечники вводять зігнутими кінцями в отвір деталі і кільцеву канавку 5. За допомогою регулювального барабану відводять вертикально вниз вимірювальний наконечник, а зігнутий кінець рухомої штанги 17 теж вводять в паз кільцевої канавки. Виставивши опорний 6 і вимірювальний 4 наконечники до повного контакту з циліндричною поверхнею кільцевої канавки, а верхню площину зігнутого кінця рухомої штанги 17 до контакту з верхнім торцем кільцевої канавки, виставляють індикаторну головку 13 на "нуль".

Діаметр кільцевої канавки 5 визначають за показами ноніуса 21 індикаторної головки після їх знімання з вимірювальної деталі еталонним кільцем. Наприклад, якщо розмір еталонного кільця є більший чи менший від діаметра кільцевої канавки, то ці відхилення фіксує індикаторна головка.



а, б) загальна схема базування індикаторного нутроміра; в) схема заміру ширини канавки; г) регулювальний механізм

Рисунок 2 - Індикаторний нутромір для заміру параметрів кільцевих канавок

Глибину кільцевої канавки 5 визначають наступним чином. Рухому штангу 17 виставляють в два крайніх положення на верхній і нижній площинах зігнутого її кінця і записують заміри двома шкалами, їх різниця визначає ширину канавки. Наприклад, верхня шкала має поділки 18,5 мм, а нижня 12,3 мм, тоді різниця буде складати ширину кільцевої канавки 6,2 мм.

Мікрометричний штангенциркуль зображено на рисунку 3 [5] виконано у вигляді нерухомої 1 і рухомої 2 губок і штанги 3, яка жорстко з'єднана з нерухомою губкою 1, посередині її висоти виконано ступінчастий наскрізний отвір 4 в якому запресована втулка 5. В останній жорстко закріплена ніжка 6 мікрометра 7, яка жорстко фіксується гвинтом 8. У внутрішньому отворі ніжки 6 встановлена ніжка індикатора 9 з можливістю осевого переміщення. На штанзі 3 встановлена рухома рамка 10 з ноніусом 15, яка переміщається по штанзі 3 знизу якої виконана рейка 11, яка у взаємодії з шестернею 12 з можливістю кругового провертання.

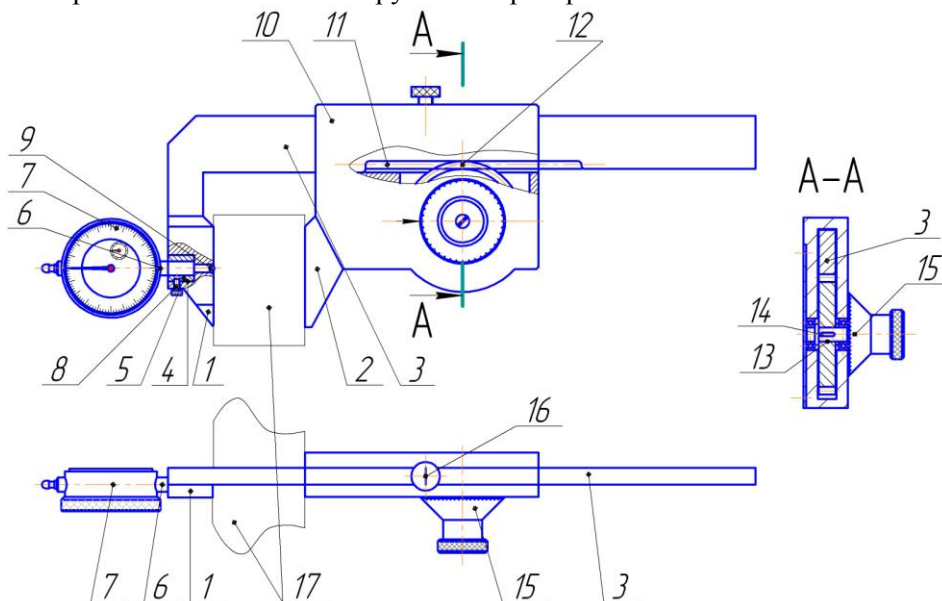


Рисунок 3 - Мікрометричний штангенциркуль

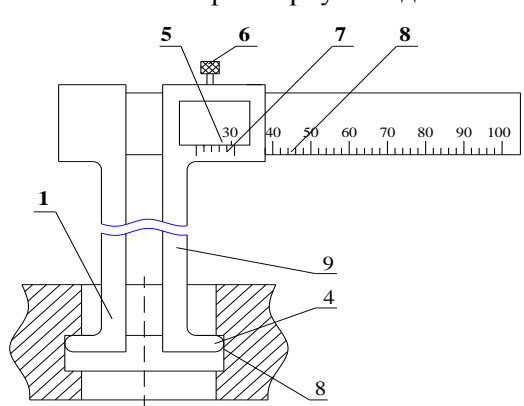
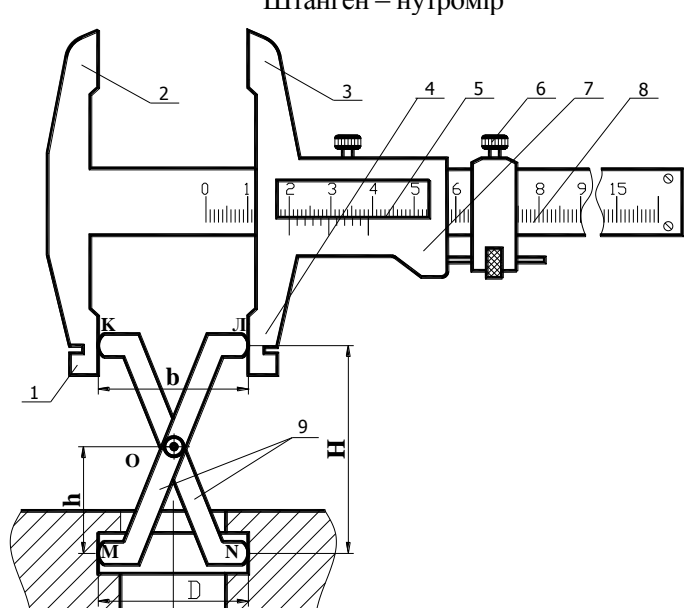
Шестерня 12 центральним отвором 13 жорстко встановлена на вісь 14 разом з конічним ноніусом 15 з можливістю кругового обертання в рухомій рамці 10 ноніуса 15. Остання на штанзі жорстко кріпиться стопорним гвинтом 16, а між губками 1 і 2 встановлена деталь 17, параметри якої необхідно заміряти.

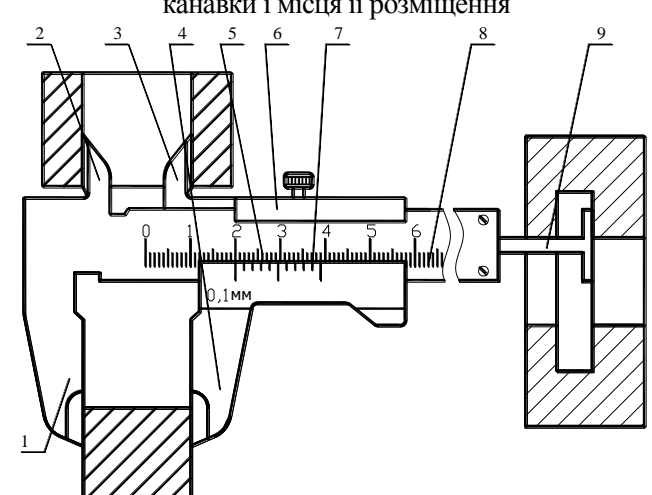
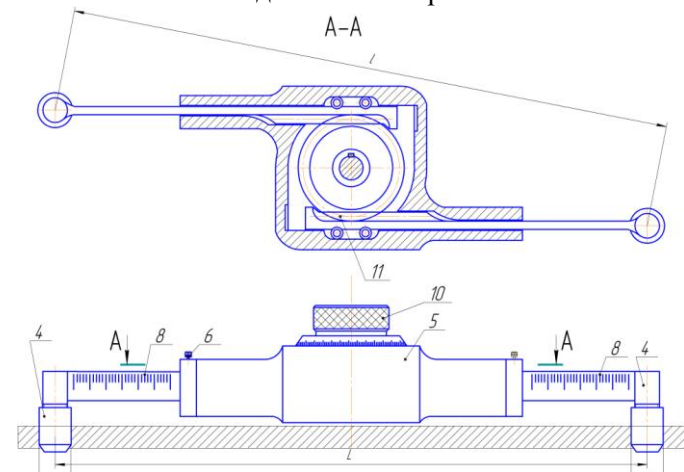
Робота мікрометричного штангенциркуля здійснюється наступним чином. Губки 1 і 2 своїми площинами контактують з зовнішнім розміром деталі 17, в якій заміряють розмір. За допомогою шестерні 12 яка приводить рухому рамку 10 з ноніусом 15 переміщується вліво для забезпечення контакту губок з зовнішньою поверхнею деталі 17. При збільшенні зусилля провертання більше потрібного, спрацьовує відомий механізм тріщотки конічного ноніуса 15.

При цьому ніжка індикатора 9 взаємодіє з лівою поверхнею деталі 17. Розмір деталі 17 складається з цифр на ноніусі 15 рухомої рамки 10 і десятих та сотих ноніуса індикатора 7.

В таблиці 1 приведені конструкції: інструменту для заміру діаметрів кільцевих канавок в отворах корпусних деталей, штанген – нутроміра, штангенциркуля для заміру ширини кільцевої канавки і місця її розміщення.

Таблиця 1

Конструктивні схеми штангенциркулів для заміру отворів в корпусних деталях			
№	Конструктивна схема і назва	Формули для визначення внутрішніх параметрів (мм)	Патенти України
1	2	3	4
1	<p>Інструмент для заміру діаметрів кільцевих канавок в отворах корпусних деталей</p> 	$c(n-1) = \nu n$ $i = c - \nu$ $c(\nu \cdot n - 1) = \nu n$ <p>де c - ціна поділки основної шкали; n - число поділок ноніуса; ν - інтервал поділки шкали ноніуса; ν - модуль шкали.</p>	Патент України 64993 А бюл. № 3/2004 [6]
2	<p>Штанген – нутромір</p> 	$KJ=b$ $b = \frac{D \times (H - h)}{h}$ <p>D - зовнішній діаметр внутрішнього кільця, який заміряємо, мм; H - загальна висота двох X подібних ніжок, мм; h - висота розміщення точки перетину двох ніжок до верхніх радіусів заокруглення горизонтальних вимірювальних елементів.</p>	Патент України 5448 бюл. № 3/2005 [1]

1	<p style="text-align: center;">Штангенциркуль для заміру ширини кільцевої канавки і місця її розміщення</p> 	3	4
4	<p style="text-align: center;">Комплексний калібр для контролю міжцентрових відстаней в отворах</p> <p style="text-align: center;">А-А</p> 		
<p>1 – нерухома нижня губка; 2 – нерухома верхня губка; 3 – рухома верхня губка; 4 – рухома нижня губка; 5 – ноніус; 6 – стопорний гвинт; 7 – рухома рамка; 8 – штанга; 9 – вимірювальні елементи; 10 – привідний барабан; 11 – зубчасте зачеплення; 12 – мікрометр.</p>			

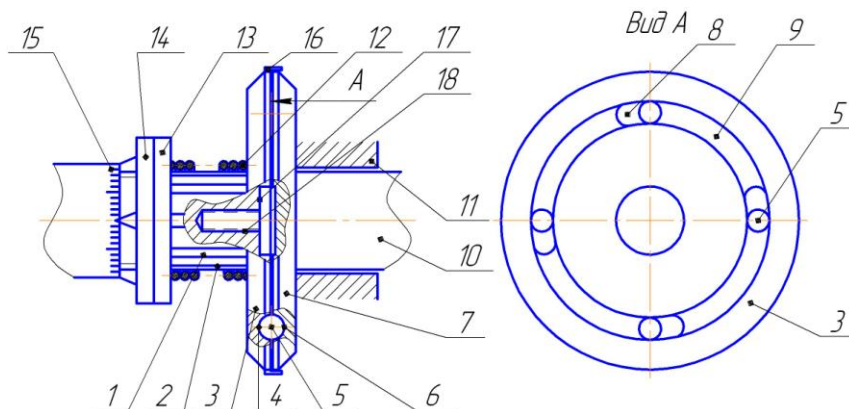


Рисунок 4 - Привідний механізм з мікрометричним регулятором

Привідний механізм з мікрометричним регулятором [8] виконано у вигляді ведучого вала 1, на правому кінці якого виконано шліци 2, на які жорстко, з можливістю осевого переміщення, © О.Л. Ляшук, А.В. Метвійчук, Іг.Б. Гевко., В.В. Крук, Р.Р. Івасечко

встановлено ведучий диск 3. З правого торця цього диска по зовнішньому діаметру виконані рівномірно по колу сферичні виїмки 4, в які встановлені кульки 5, які з другого кінця взаємодіють з сферичними виїмками 6, які розміщені у веденому диску 7, який має можливість осьового переміщення. Різниця в сферичних виїмках 4 і 6 в тому, що сферичні виїмки 4 мають плавні заходи 8 в зоні транспортної доріжки 9 веденого диска, по якій прокочуються кульки 5 в режимі перенавантаження.

Ведений диск 7 жорстко закріплений до веденого вала 10, який обертається в опорах 11 і до якого приєднаний робочий орган (на кресленні не показано).

Крім цього на правому кінці ведучого вала 1 на шліцах 2 встановлено пружину стискування 12, правий кінець якої взаємодіє з лівим торцем ведучого диска 3, а лівий кінець взаємодіє торцем регульованої гайки 13, яка нагвинчена на різьбову поверхню яка виконана на шліцах, яка лівим кінцем взаємодіє з контргайкою 14 з лімбом 15, який взаємодіє з ноніусом нанесеним на гладкій циліндричній поверхні ведучого вала 1. Від попадання бруду, вологи ведучий 3 і ведений 7 диски закриті захисним кожухом 16, який жорстко закріплений до зовнішнього діаметра ведучого диска 3. Крім цього ведучий диск 3 має обмежене осьове переміщення, він впирається у виступ гвинта 17, який фіксується в різьбовому отворі 18 на торці ведучого вала 1.

Налагодження привідного механізму на величину заданого крутного моменту здійснюється на спеціальному стенді або поза його межами за допомогою динамометричного ключа, яким загвинчують регульовану гайку 13 і відповідно стискають пружину 12 і налагоджують привідний механізм на заданий крутний момент. Після чого за допомогою другого ключа контргайку 14 з лімбом 15 загвинчують до щільного контакту з регульовальною гайкою 13 і контргайкою 14, тим самим здійснюється їх стопоріння. В такому положенні наносять ноніус 15 на гладкій циліндричній поверхні ведучого вала 1.

Робота привідного механізму з мікрометричним регулятором здійснюється наступним чином. Обертний рух передається від ведучого вала 1 на ведучий диск 3, кульки 5 і на ведений диск 7 та ведений вал 10 з робочим органом. У випадку перевантаження робочого органу ведений диск 7 зупиняється, кульки 5 відтискають ведучий диск 3 вліво і при цьому здійснюється їх відносно прокручування – режим буксування. Після усунення перешкоди механізм продовжує свою роботу.

На основі приведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розроблені конструкції контрольно-вимірювальних приладів для заміру внутрішніх поверхонь деталей машин.
2. Наведено аналітичні залежності для визначення точності контрольних пристроїв, розрахунку і аналізу їх похибок.

1. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1983. – 285 с.
2. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої.-К.: Кондор, 2009, 220 с.
3. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Тернопіль, ТДТУ, 2001, 278с.
4. Пат. 12008 Україна, МПК G01B 3/20, G01B 5/00. Мікрометричний нутромір / Гевко Ів.Б.; Дзюра В.О.; Капаціла Л.М.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u200507230; заявл. 20.07.05; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1.
5. Пат. №65901А Україна, МПК G01B 3/22. Індикаторний нутромір для заміру параметрів кільцевих канавок / Матвійчук А., Гевко Іг.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u2003065972; заявл. 26.06.03; опубл. 15.04.04, Бюл. № 4.
6. Пат. №33178 Україна, МПК G01B 3/20. Мікрометричний штангенциркуль / Івасечко Р.Р.; Крук В.В.; Фльонц О.В.; Стефанів С.В.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u200801914; заявл. 14.02.08; опубл. 10.06.08, Бюл. №11.
7. Пат. №5449 Україна, МПК G01B 3/20. Штангенциркуль / Гевко І.Б.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № 20040604468; заявл. 08.06.04; опубл. 15.03.05, Бюл. №3.

8. Пат. №62619 Україна, МПК G01B 3/20, G01B 5/00. Мікрометричний штангенциркуль / Матвійчук А.В.; Гевко І.Б.; Левкович М.Г.; Глух В.М.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № 2003043407; заявл. 15.04.03; опубл. 15.12.03, Бюл. №12.

9. Пат. №33222 Україна, МПК F16D 43/00. Привідний механізм з мікрометричним регулятором / Гевко І.Б.; Брошак І.І.; Івасечко Р.Р.; Нагорняк Г.С.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u200802185; заявл. 20.02.08; опубл. 10.06.08, Бюл. №11.

10. Пат. №12008 Україна, МПК G01B 3/20, G01B 5/00. Мікрометричний нутромір / Гевко І.Б.; Дзюра В.О.; Капаціла Л.М.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u200507230; заявл. 20.07.05; опубл. 16.01.06, Бюл. №1.

11. Пат. №5448 Україна, МПК G01B 3/20. Штанген-нутромір / Гевко І.Б.; заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № 20040604466; заявл. 08.06.04; опубл. 15.03.05, Бюл. №3.