

Корисна модель належить до засобів контролю форми, напрямку, розташування та може широко використовуватися на виробництві та в лабораторіях.

При виготовленні корпусних деталей з внутрішніми та зовнішніми циліндричними поверхнями та з центральним базувальним отвором діаметром до 20 мм (наприклад типу корпусів малогабаритних статорів та багатьох подібних корпусних деталей з поперековими зовнішніми діаметрами до 200 мм, з довжиною до 250 мм) постійно виникає питання операційного контролю кількох параметрів форми, згідно з міжнародним стандартом ISO 1101 [1].

Сьогодні для виробництва дронів, вентиляторів та інших інноваційних електромеханічних пристроїв потрібні мільйони прецизійних малогабаритних електродвигунів, які виробляються в Україні та за кордоном.

Вхідний та вихідний контроль статорів прецизійних малогабаритних електродвигунів та інших корпусних деталей загального та спеціального призначення типу тіл обертання, передбачають контроль наступних параметрів:

- прямолінійності (радіальні відхилення в площині осі), круглості (радіальні відхилення в площині поперекового перерізу) та циліндричності (складається з комбінації показників круглості в кількох поперекових перерізах та прямолінійності вздовж кількох утворюючих в поздовжніх перерізах), які належать до параметрів форми, згідно з міжнародним стандартом ISO 1101 [1];
- паралельності (утворюючої зовнішньої поверхні циліндра та загальної осі) та перпендикулярності (торця відносно осі), які належать до параметрів напрямку згідно зі стандартом ISO 1101 [1];
- концентричності (два кола відносно центральної точки) та коаксіальності (два циліндри відносно загальної осі), які належать до параметрів розташування, згідно зі стандартом ISO 1101 [1];
- кругового відхилення (биття), який належить до параметрів відхилень, згідно зі стандартом ISO 1101.

В Таблиці 1 наведені основні контрольовані параметри в циліндричних корпусах з центральним базувальним отвором, відповідно до вимог ISO 1101 [1] з базуванням відносно центрального циліндричного отвору.

Таблиця 1

Загальні параметри, згідно з ISO 1101 [1]	Контрольовані параметри корпусу	Контрольовані поверхні	Траси сканування контрольованих поверхонь корпусу	Вектори вимірювань відносно осі
Форми	Прямолінійність Одинична	Зовнішня циліндрична	Єдина утворююча на зовнішній циліндричній	Радіальний зовнішній
	Прямолінійність групова	Зовнішня циліндрична	Кілька утворюючих на зовнішній циліндричній	Радіальний зовнішній
	Круглість одинична	Зовнішня циліндрична	Єдине коло на зовнішній циліндричній	Радіальний зовнішній
		Внутрішня циліндрична	Єдине коло на внутрішній циліндричній	Радіальний внутрішній
	Круглість групова	Зовнішня циліндрична	Кілька кіл на зовнішній циліндричній	Радіальний зовнішній
		Внутрішня циліндрична	Кілька кіл на внутрішній циліндричній	Радіальний внутрішній
	Циліндричність	Зовнішня циліндрична	Кілька кіл на зовнішній циліндричній	Радіальний зовнішній
			Кілька утворюючих на зовнішній циліндричній	Радіальний зовнішній
		Внутрішня циліндрична	Кілька кіл на внутрішній циліндричній	Радіальний внутрішній
			Кілька утворюючих на внутрішній циліндричній	Радіальний внутрішній
Напрямку	Паралельність	Внутрішня	Кілька утворюючих на	Радіальний

		циліндрична	внутрішній циліндричний	внутрішній
		Зовнішня циліндрична	Утворюючі на зовнішній циліндричний	Радіальний внутрішній
	Перпендикулярність	Торцева	Коло на торцевій	Торцевий направо
Розташування	Радіальне биття	Зовнішня циліндрична	Кола на зовнішній циліндричний	Радіальний зовнішній
	Торцеве биття	Торцева	Коло на торцевій	Торцевий

Сучасне промислове виробництво має відповідати вимогам системи "Industry 4.0", яка вимагає отримання метрологічних результатів, аналіз цих отриманих результатів в режимі реального часу, з протоколюванням, з архівацією та з бездротовим зв'язком із зовнішніми ПК (сервер, ноутбук, планшет, смартфон, інші приймальні пристрої).

Використання для контролю зазначених параметрів форми ручних універсальних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) принципово неможливо, оскільки вони не мають кількох ступенів свободи вимірювальних поверхонь та не мають відповідної кількості відлікових пристроїв [2, 3].

Зазвичай, для контролю кругового та загального відхилень (биття) використовують сучасні прецизійні биттеміри, серед яких провідні позиції займають биттеміри від фірми "Obishi" (Японія) [4] та "Spreitzer" (Німеччина) [5].

Проте навіть вони [4, 5] мають значні функціональні та метрологічні обмеження відносно забезпечення одночасного прецизійного контролю концентричності та перпендикулярності:

- усі моделі сучасних биттемірів передбачають контроль круглості тільки в одному вибраному перетині за допомогою тільки одного індикатора (з аналоговим або цифровим відліком);
- статори малогабаритних електродвигунів унеможливають заведення традиційних індикаторів всередину корпусу для радіального контролю внутрішньої циліндричної поверхні;
- в сучасних биттемірах відсутня можливість автоматичного протоколювання, архівації, математичної обробки результатів від кількох індикаторів;
- в сучасних биттемірах не передбачена можливість відображення результатів вимірювань та усіх необхідних параметрів безпосередньо на робочому місці, відсутній бездротовий зв'язок із зовнішніми ПК та з цифровими верстатами, не забезпечені вимоги системи "Industry 4.0".

Масове використання на робочих місцях в умовах реального виробництва для контролю зазначених параметрів форми універсальних 3D-засобів вимірювань (3D-координатно-вимірювальних машин та 3D-сканерів) недоцільно, оскільки їх дуже висока вартість та жорсткі вимоги до умов використання, необхідність спеціальної кваліфікації користувача суттєво обмежують їх загальне використання як биттемірів та унеможливають їх широке використання в умовах реального виробництва в Україні та за кордоном.

Задачею корисної моделі "Комп'ютерний биттемір статорний" було започаткування доступного багатофункційного стенда контролю з автоматичним протоколюванням, архівацією, математичними розрахунками не менш, ніж 15 геометричних параметрів корпусів за міжнародним стандартом ISO 1101, відповідно до вимог системи "Industry 4.0".

Патентом-аналогом корисної моделі є 73-річний американський патент US № 2657468 [6], в якому запропоновано стенд для контролю концентричності двох внутрішніх співвісних отворів з використанням важільної системи та єдиного індикатора.

Недоліки патенту-аналога [6] пов'язані з іншим призначенням, з обмеженими можливостями, з неможливістю досягнення мети корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є сучасний американський патент US № 7458168 [7], в якому фахівці відомої японської оптичної фірми "Olympus" запропонували багатофункційний стенд з трьома індикаторами для контролю концентричності співвісних внутрішніх отворів та товщини внутрішньої стінки трубчастої втулки.

Недоліки патенту-аналога [7] пов'язані з іншим призначенням, з неможливістю досягнення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 72-річний американський патент US № 2739389 [8], в якому запропоновано ручний вимірювач з центрувальним базувальним центрувальником разом з трьома перпендикулярними до нього індикаторами для контролю концентричності двох співвісних отворів.

Недоліки патенту-аналога [8] пов'язані з іншим призначенням, з його обмеженими можливостями, з неможливістю досягнення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 43-річний американський патент US № 4439925 [9], в якому фахівці американської фірми "RCA" запропонували ручний вимірювач з конусним базувальним

центрувальником разом з індикаторною головкою типу ИРБ для контролю концентричності двох рознесених співвісних отворів.

Недоліки патенту-аналога [9] пов'язані з іншим призначенням, його обмеженими можливостями, неможливістю вирішення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 71-річний американський патент US № 2765539 [10], в якому запропоновано ручний вимірювач з циліндричним базувальним центрувальником разом з єдиним перпендикулярним індикатором для контролю концентричності двох співвісних суміжних отворів.

Недоліки патенту-аналога [10] пов'язані з іншим призначенням, його обмеженими можливостями, неможливістю вирішення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 55-річний американський патент US № 3791039 [11], в якому запропоновано стенд типу биттемір з механізмом примусового повертання упорних центрів.

Недоліки патенту-аналога пов'язані з іншим призначенням, з обмеженими функціональними можливостями (за відсутності вимірювальних пристроїв), з неможливістю досягнення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 41-річний радянський патент SU № 1227936 [12], в якому запропоновано ручний вимірювач для контролю площинності та перпендикулярності до осі отвору.

Патент-аналог складається з подвійного базувального люнета з центрувальними містками, з еталонного поперекового диска з двома поперековими аналоговими індикаторами, які обертаються навкруги осі та сканують контрольований кільцевий торець.

Недоліки патенту-аналога [12] пов'язані з іншим призначенням, з обмеженими можливостями, з неможливістю досягнення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 40-річний радянський патент SU № 1350473 [13], в якому запропонований стаціонарний стенд для контролю відхилень співвісності отворів.

Патент-аналог [13] складається з основи з двома поворотними зовнішніми центрами з двома аналоговими індикаторами, які відображають відхилення осі кожного з центрів від загальної осі.

Недоліки патенту-аналога [13] пов'язані з іншим призначенням, обмеженими можливостями, неможливістю вирішення задачі корисної моделі.

Патентом-аналогом корисної моделі є 39-річний радянський патент SU № 1322076 [14], в якому запропонований ручний вимірювач для контролю співвісності двох зовнішніх упорних центрів у складі контрольованого биттеміра.

Патент-аналог [14] має вигляд втулки з парою півконусів, парою аналогових індикаторів та парою поворотних променів в межах внутрішніх конусних центрів.

Недоліки патенту-аналога пов'язані з іншим призначенням та неможливістю вирішення задачі корисної моделі.

Патентом-найбільш близьким аналогом корисної моделі є 39-річний американський патент US 4674193 [15], в якому запропоновано багатофункційний биттемір з використанням чотирьох аналогових індикаторів:

- контроль двох параметрів круглості двох зовнішніх циліндрів корпусу за допомогою двох радіальних аналогових індикаторів з закріпленням та повертанням контрольованого вала в двох верстатних центрах;
- контроль двох параметрів торцевого биття для двох протилежних торців корпусу за допомогою двох торцевих аналогових індикаторів, з базуванням та повертанням контрольованого вала на двох призмах.

Патент-найбільш близький аналог [15] складається з наступних основних елементів:

- основа, яка утримує інші елементи;
- кронштейни з закріпленими індикаторами та упорними центрами;
- пара верстатних центрів;
- радіальні індикатори;
- торцеві індикатори.

Патент-найбільш близький аналог передбачає можливість використання від одного до чотирьох індикаторів, які забезпечують тільки два параметри, згідно з міжнародним стандартом ISO 1101 [1].

Патент-найбільш близький аналог не забезпечує автоматичне зчитування поточних показників з жодного з наявних індикаторів.

Патент-найбільш близький аналог не передбачає автоматичну поточну математичну обробку результатів вимірювань (для розрахунку параметрів форми), протоколювання, архівацію, передачу результатів вимірювань на зовнішні приймальні пристрої, як цього потребує система "Industry 4.0".

Патент-найбільш близький аналог не передбачає забезпечення функцій "Так-Ні", "Мін-Макс", візуальне відображення на екрані результатів вимірювань та математичної обробки результатів.

Патент-найбільш близький аналог не може забезпечити вирішення задачі корисної моделі.

Поставлена задача вирішується тим, що у комп'ютерному биттемірі статорному з основою 1, кронштейнами 2, першим радіальним індикатором 3, другим радіальним індикатором 4, парою

верстатних центрів 5, торцевим індикатором 6, згідно з корисною моделлю, основа 1 має три ортогональні пластини 7 з закріпленими на них рейковими напрямними 8 разом з каретками катання 9 з кронштейнами 2, перший радіальний індикатор 3 має вбудований мікрокомп'ютер 10 з бездротовим зв'язком 11, другий радіальний індикатор 4 має вбудований мікрокомп'ютер 10 з бездротовим зв'язком 11, зворотну пружину 12 та консоль індикаторну 13, торцевий індикатор 6 має вбудований мікрокомп'ютер 10 з бездротовим зв'язком 11, також є метрологічний хаб 14 з бездротовим зв'язком 11 та дисплеєм 15.

Суть корисної моделі полягає в використанні трьох різновекторних відлікових пристроїв, з автоматичними дворівневими протоколюваннями, архіваціями та математичними розрахунками за допомогою трьох вбудованих мікрокомп'ютерів 10 та хаба 14 з чотирма бездротовими зв'язками 11 поміж собою та назовні (див. креслення).

На кресленні зображений загальний вигляд корисної моделі з контрольованим корпусом статора.

Основа 1 виконана у вигляді металевого корпусу з трьома суміжними прямокутними ортогональними пластинами 7, розташованими під кутами 90 градусів одна до одної:

- горизонтальна ортогональна пластина 7 призначена для встановлення опорної рейкової напрямної 8 разом з двома підлоговими каретками катання 9 та з двома опорними кронштейнами 2 для пари верстатних центрів 5;

- фронтальна вертикальна ортогональна пластина 7 призначена для встановлення фронтальної рейкової напрямної 8 разом з двома фронтальними каретками катання 9 та з двома фронтальними кронштейнами 2 для першого радіального індикатора 3 та для другого радіального індикатора 4;

- бокова вертикальна ортогональна пластина 7 призначена для встановлення бокової рейкової напрямної 8 разом з боковою кареткою катання 9 та бокового кронштейна для торцевого індикатора 6.

Основу 1 доцільно виготовити з листових конструкційних матеріалів (сталь, алюміній, карбон, можливо інше), які можуть бути суцільними або перфорованими для їх полегшення, які складені у вигляді трьох ортогональних пластин 7.

Розміри основи 1 доцільно зробити в 1,5-2,5 рази більші за відповідні габарити контрольованих корпусних деталей (можливо інше).

Кронштейни 2 закріплені на відповідних каретках катання, вони призначені для підтримки першого радіального індикатора 3, другого радіального індикатора 4, пари верстатних центрів 5, торцевого індикатора 6.

Кронштейни 2 можуть мати різну конфігурацію, залежно від їх призначення.

Кронштейни доцільно виготовити з металу (сталь, алюміній, можливо інше).

Кронштейни 2 мають стопори для фіксації вище зазначених елементів корисної моделі.

Перший радіальний індикатор 3 призначений для радіального контролю зовнішнього циліндра контрольованої корпусної деталі, з вектором вимірювання вертикально зверху до низу.

Перший радіальний індикатор розміщений на першому фронтальному кронштейні 2, що на першій фронтальній каретці катання 9, яка переміщується по фронтальній рейковій напрямній 8.

Як перший радіальний індикатор 3, з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11, доцільно використовувати мікронні або субмікронні комп'ютерні індикатори виробництва "МІКРОТЕХ" [3] з подовжувачами 10-70 мм для підлаштування під контрольований циліндр, можливо інше.

Перший радіальний індикатор 3, разом з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11 має кульковий наконечник та використовується для наступних вимірювань зовнішньої циліндричної поверхні контрольованого корпусу:

- прямолінійності одиничної для єдиної утворюючої зовнішнього циліндра (з трасою переміщень вздовж усієї довжини для єдиної зовнішньої утворюючої);

- круглості одиничної в єдиному поперековому перерізі зовнішнього циліндра (з круговою трасою переміщень в єдиній поперековій площині);

- круглості групової в кількох поперекових перерізах зовнішнього циліндра (з кількома круговими трасами в кількох поперекових перерізах);

- прямолінійності групової для кількох утворюючих вздовж поверхні зовнішнього циліндра (з кількома трасами переміщень вздовж повних довжин кількох вибраних зовнішніх утворюючих);

- циліндричності зовнішньої (з одночасним використанням параметрів круглості групової та прямолінійності групової);

- паралельності зовнішньої для зовнішнього циліндра поміж протилежними утворюючими для зовнішнього циліндра;

- радіального биття зовнішнього циліндра у вибраних поперекових перерізах.

Завдяки відкритій конструкції корисної моделі перший радіальний індикатор 3 може переміщуватись по усім вільним довжинам утворюючих зовнішнього циліндра контрольованого корпусу.

Завдяки вбудованому в перший радіальний індикатор 3 мікрокомп'ютера 10 з бездротовим зв'язком 11 забезпечується можливість в режимі реального часу відображати, протоколювати,

математично обробляти, архівувати, поточно або відтерміновано передавати бездротово до хаба 14 усі зазначені результати обробки від першого радіального індикатора 3.

Другий радіальний індикатор 4 призначений для радіального контролю внутрішнього циліндра, з вектором вимірювання знизу доверху.

Як другий радіальний індикатор 4 з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11 можливо використовувати мікронні або субмікронні комп'ютерні індикатори "МІКРОТЕХ" [3] з подовжувачами 10-60 мм для налаштування на внутрішній циліндр, можливо інше.

Другий радіальний індикатор 4 розміщений на другому фронтальному кронштейні 2 на другій фронтальній каретці катання 9, яка переміщується по фронтальній рейковій напрямній 8.

Другий радіальний індикатор 4, разом з вбудованим мікрокомп'ютером 10 та з бездротовим зв'язком 11 має кульковий наконечник та використовується для наступних вимірювань внутрішньої циліндричної поверхні контрольованого корпусу:

- прямолінійності одиничної для єдиної внутрішньої утворюючої внутрішнього циліндра (з трасою переміщень вздовж внутрішньої утворюючої в межах довжини консолі індикаторної 13);
- прямолінійності групової для кількох утворюючих внутрішнього циліндра (з кількома трасою переміщень вздовж кількох внутрішніх утворюючих в межах довжини консолі індикаторної 13);
- круглості одиничної для єдиного поперекового переріз внутрішнього циліндра;
- круглості групової для кількох поперекових перерізів внутрішнього циліндра на глибину довжини консолі індикаторної 13;
- циліндричності внутрішнього циліндра, як сукупності показників прямолінійності групової та круглості групової;
- паралельності двох протилежних утворюючих внутрішнього циліндра (з трасою переміщень в межах довжини консолі індикаторної 13).

Завдяки вбудованому в другий радіальний індикатор 4 мікрокомп'ютеру 10 з бездротовим зв'язком забезпечується можливість в режимі реального часу відображати, протоколювати, математично обробляти, архівувати, поточно або відтерміновано передавати за допомогою бездротового зв'язку до хаба 14 результати вимірювань та математичної обробки від другого радіального індикатора 4.

Пара верстатних центрів 5 призначена для утримання, з можливістю повертання навкруги них, контрольованих корпусів з базувальним центральним отвором.

При контролі корпусів з діаметром внутрішнього циліндра до 77 мм доцільно використовувати наступні упорні (неповоротні) верстатні центри:

- з конусом Морзе № 1 - для діаметрів базувального отвору до 11,5 мм;
- з конусом Морзе № 2 - для діаметрів базувального отвору до 17 мм;
- з конусом Морзе № 3 - для діаметрів базувального отвору до 23 мм.

При контролі корпусів з діаметром внутрішнього циліндра понад 77 мм доцільно використовувати обертальні верстатні центри з конусом Морзе № 2:

- у виконанні 1 - для діаметрів базувального отвору до 21 мм;
- у виконанні 2 - для діаметрів базувального отвору до 54 мм.

Торцевий індикатор 6 призначений для контролю торцевого биття торця контрольованого корпусу та для контролю його перпендикулярності відносно центрального базувального отвору, з вектором вимірювань горизонтально в напрямку праворуч горизонтально.

Як торцевий індикатор з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11 можливо використовувати мікронні або субмікронні комп'ютерні індикатори "МІКРОТЕХ" [3] з подовжувачами 5-25 мм.

Торцевий індикатор 6, разом з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11 та з кульковим наконечником, може використовуватися для наступних вимірювань:

- торцевого биття торця, який має форму кільця (з трасою відносних переміщень у вигляді концентричного кола в межах кільця);
- перпендикулярності торця відносно осі центрального базувального отвору (з трасою відносних переміщень).

Три ортогональні поверхні 7 у складі основи 1 забезпечують максимальний обсяг для 3D-вимірювального обсягу та можливість встановлення трьох комплектів рейкових напрямних 8 з каретками катання з мінімальними обмеженнями для вище зазначених вимірювальних трас для першого радіального індикатора 3, другого радіального індикатора 4 та торцевого індикатора 6.

Три рейкові напрямні 8 призначені для регулювання установчих положень чотирьох відлікових пристроїв та верстатних центрів 5.

Корисна модель має дві горизонтальні паралельні рейкові напрямні 8:

- опорна рейкова напрямна 8 закріплена на горизонтальній ортогональній пластині 7 та призначена для утримання та установчих переміщень пари верстатних центрів 5;
- фронтальна рейкова напрямна 8 закріплена на фронтальній ортогональній пластині 7 та призначена для утримання та установчих переміщень першого радіального індикатора 3 та другого радіального індикатора 4;

- бокова рейкова напрямна 8 розташована вертикально на боковій ортогональній пластині 7 та призначена для утримання та установчих переміщень торцевого індикатора 6.

Як три зазначені рейкові напрямні доцільно використовувати серійні рейкові напрямні типів MGN12, MGN15, HGN15, HGN20 виробництва фірми "Hiwin" (Тайвань), також можливі інші варіанти їх виконання.

Як опорні рейкові напрямні 8 доцільно використовувати більш міцні рейкові напрямні.

Три комплекти кареток катання 9 переміщуються по трьох відповідним рейковим напрямним 8, стопоряться на них, та, за допомогою відповідних кронштейнів 2, утримують пару верстатних центрів 5, перший радіальний індикатор 3, другий радіальний індикатор 4 та торцевий індикатор 6.

Комплекти кареток катання 9 за номіналами та конструкціями гармонізовані з відповідними рейковими напрямними 8 (опорна, фронтальна та бокова).

Мікрокомп'ютери 10 з бездротовими зв'язками 11 вбудовані в перший радіальний індикатор 3, другий радіальний індикатор 4 та в торцевий індикатор 6 та забезпечують наступні функціональні можливості:

- відображають автоматично поточні результати вимірювань;
- протоколюють та архівують автоматично масиви отриманих результатів вимірювань;
- виконують автоматично математичну обробку результатів вимірювань за наявними та запрограмованими самими користувачами алгоритмами розрахунків (формули обчислення 15 параметрів форми, напрямку та розташування, можливо інші функції розрахунку);
- аналізують автоматично результати вимірювань за функціями Так-Ні, Мін-Макс, інші;
- архівують автоматично результати математичної обробки;
- пересилають автоматично, за допомогою бездротового зв'язку 11, отримані результати на хаб 14.

Бездротові зв'язки 11 можуть бути конструктивно окремими від мікрокомп'ютерів 10 або бути інтегрованими в них як плати.

Бездротовий зв'язок 11 реалізує електронну технологію дистанційного зв'язку на відстані 2-50 м, можливий інший бездротовий зв'язок.

Вбудовані мікрокомп'ютери 10 та бездротові зв'язки 11 доцільно реалізувати за апробованими технічними рішеннями підприємства "МІКРОТЕХ" [3], також можливі інші варіанти виконання, які забезпечують ефективне функціонування корисної моделі.

Зворотна пружина 12 встановлена в другому радіальному індикаторі 4 для реалізації його зворотного ходу, завдяки чому забезпечується притискання консолі індикаторної 13 разом кульковим наконечником до верху внутрішнього циліндра контрольованого корпусу.

Метрологічний хаб 14 призначений для накопичення, зберігання, систематизації за наявним алгоритмом математичної обробки результатів вимірювань та математичної обробки від трьох індикаторів корисної моделі для визначення до 15 показників форми, напрямку та розташування, згідно міжнародного стандарту ISO 1101 [1], з можливістю їх подальшого транслявання власним бездротовим зв'язком 11 до зовнішніх ПК (сервери, ноутбуки, планшети та смартфони, цифрові верстати) відповідно до вимог системи "Industry 4.0".

Метрологічний хаб 14 також може автоматично математично розраховувати за запрограмованим алгоритмом користувача ще інші геометричні показники в межах та поза межами вище зазначених 15 основних показників корпусів, які не прив'язані до осі центрального базувального отвору.

Наприклад, це можуть бути наступні додаткові геометричні показники:

- коаксіальність поверхонь зовнішнього та внутрішнього циліндрів корпусу;
- перпендикулярність торця до зовнішньої циліндричної поверхні;
- перпендикулярність торця до внутрішньої циліндричної поверхні
- інші показники корпусної деталі з центральним базувальним отвором, закріпленим в парі верстатних центрів 5.

Метрологічний хаб 14 має обробляти не менше 15 показників форми, напрямку та розташування з відображенням на приєднаному до нього дисплеї 15.

Метрологічний хаб 14 за допомогою трьох бездротових зв'язків 11 отримує інформацію від трьох вбудованих мікрокомп'ютерів 10 (які у складі першого радіального індикатора 3, другого радіального індикатора 4 та торцевого індикатора 6) та за допомогою власного бездротового зв'язку 11 передає отриману інформацію на зовнішні приймальні пристрої системи "Industry 4.0".

Метрологічний хаб 14 має бути виготовлений за технологією для штанген-хаба [16] або іншим чином, який забезпечує зазначені функціональні можливості отримання, обробки, відображення та передачі назовні результатів вимірювань та їх математичної обробки.

Дисплей 15 має одночасно відображати не менше 15 показників форми, напрямку та розташування, згідно з Таблицею 1 та, можливо, інші показники за бажанням користувача.

Як дисплей 15 доцільно використовувати серійні кольорові LCD-дисплеї з діагоналлю від 10 дюймів, можливі інші варіанти дисплеїв для відображення результатів вимірювань та математичних розрахунків.

Корисну модель можливо використати для контролю 15 стандартизованих показників форми, напрямку та розташування та, можливо, інших нестандартизованих геометричних показників для корпусних деталей типа тіл обертання, з центральним базувальним отвором завдяки наявності багатofункціональних метрологічних можливостей.

Розглянемо один з варіантів використання корисної моделі з контролю корпусу статора електродвигуна вентилятора за трьома показниками (круглості зовнішнього циліндра, круглості внутрішнього циліндра, биття торця) (див. креслення):

1) включають перший радіальний індикатор 3 разом з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11;

2) включають другий радіальний індикатор 4 разом з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11;

3) включають торцевий індикатор 6 разом з вбудованим мікрокомп'ютером 10 з бездротовим зв'язком 11;

4) включають метрологічний хаб 14 з бездротовим зв'язком 11 та дисплей 15;

5) встановлюють та фіксують контрольований корпус статора за допомогою пари верстатних центрів 5 шляхом переміщення та стопоріння опорних кареток катання 9 по опорній рейковій напрямній 8;

6) переміщують першу фронтальну каретку катання 9 по фронтальній рейковій напрямній 8 та регулюють підбором подовжувача натяг першого радіального індикатора 3 для дотичного торкання кульковим наконечником верху зовнішнього циліндра (див. креслення);

7) переміщують другу фронтальну каретку катання 9 по фронтальній рейковій напрямній 8 та регулюють підбором подовжувача натяг другого радіального індикатора 4 для дотичного торкання кульковим наконечником (на консолі індикаторній 13) верху внутрішнього циліндра (див. креслення);

8) переміщують бокову каретку катання 9 по боковій рейковій напрямній 8 та регулюють підбором подовжувача натяг торцевого індикатора 6 для упорного торкання кульковим наконечником контрольованого торця корпусу статора;

9) обнуляють показники усіх трьох індикаторів в цих початкових положеннях та на корпусі статора позначають початкове кругове положення за допомогою фломастера, самоклейки, магнітом або іншим чином, для контролю повного обертання;

10) перевіряють вручну в парі верстатних центрів 5 контрольований корпус статора на повний оберт 360 кутових градусів;

11) визначають першим радіальним індикатором 3 поточні відхилення зовнішньої циліндричної поверхні при круговому обертанні на 360 градусів, які автоматично протоколюються, математично обробляються та аналізуються у вбудованому мікрокомп'ютері 10, визначається різниця між мінімальним та максимальним відхиленнями, яка у вигляді параметра круглості зовнішнього циліндра автоматично передається за допомогою бездротового зв'язку 11 до хаба 14 та відображається на дисплеї 15 (див. креслення);

12) визначають одночасно другим радіальним індикатором 4 відхилення внутрішньої циліндричної поверхні при круговому обертанні на 360 градусів, які автоматично протоколюються, математично обробляються, аналізуються у вбудованому мікрокомп'ютері 10, визначається різниця між мінімальним та максимальним відхиленням, яка у вигляді показника визначеної круглості внутрішнього циліндра автоматично передається за допомогою бездротового зв'язку 11 до хаба 14 та відображається на дисплеї 15 (див. креслення);

13) визначають одночасно торцевим індикатором 6 торцеві відхилення торця при круговому обертанні на 360 градусів, які автоматично протоколюються, математично обробляються та аналізуються у вбудованому мікрокомп'ютері 10, визначається різниця між мінімальними та максимальними відхиленнями, яка у вигляді визначеного показника торцевого биття автоматично передається за допомогою бездротового зв'язку 11 до хаба 14 та відображається на дисплеї 15 (див. креслення);

14) передають автоматично, за необхідності, відповідну інформацію від хаба 14 на зовнішні приймальні пристрої системи "Industry 4.0" за допомогою власного бездротового зв'язку 11;

15) повторюють, за необхідності, дублювання вимірювань, переходи пп. 9-14;

16) знімають контрольований корпус статора з верстатних центрів 5;

17) повторюють переходи пп. 5-16 при контролі інших типорозмірів корпусів статорів;

18) виключають вручну або автоматично, за відсутності вимірювань протягом 20-60 хвилин, усі електронні пристрої (дивись пп. 1-4);

19) повторюють переходи пп. 1-18 при нових серіях вимірювань.

Корисна модель не потребує від користувача особливих знань та застосовується звичайним чином як для серійних комп'ютерних індикаторів виробництва харківського підприємства "МІКРОТЕХ" [8].

Був проведений порівняльний аналіз корисної моделі з відомим серійним биттеміром від спеціалізованої німецької фірми "Spreitzer" [5] (див. Таблицю 2).

Таблиця 2

Показники биттемів при вимірюванні корпусів статорів	Корисна модель "Комп'ютерний биттемір статорний" 450 мм	Биттемір 450 фірми "Spreitzer" (Німеччина) [5]
Відстань між верстатними центрами	500	500
Загальна кількість контрольованих параметрів корпусів	15	1
Кількість контрольованих параметрів форми ISO 1101	10	1
Кількість контрольованих параметрів напрямку ISO 1101	3	Неможливо
Кількість контрольованих параметрів розташування ISO 1101	2	Неможливо
Відлікові пристрої	Три індикатори (поз. 3, 4, 6) з вбудованими мікрокомп'ютерами 10	Один аналоговий або цифровий індикатор
Комп'ютерні пристрої	Три вбудовані мікрокомп'ютери 10 та хаб 14 з дисплеєм 15	Відсутні
Бездротовий зв'язок	Чотири бездротові зв'язки 11	Відсутні
Дискретність індикаторів, мкм	1	10
Похибка вимірювань, мкм	3	15
Автоматичні розрахунки, протоколювання та архівація	Так	Ні
Трудоємність вимірювань, %	70	100
Адаптація до системи "Industry 4.0"	Так	Ні

Проведений аналіз підтвердив можливість та доцільність виготовлення корисної моделі, яка суттєво розширює метрологічні та функціональні можливості контролю корпусних деталей за міжнародним стандартом ISO 1101 [1].

Корисна модель започаткувала можливість багатопараметричного контролю геометрії корпусів, з автоматичною обробкою та з бездротовою передачею інформації в межах системи "Industry 4.0".

Джерела інформації:

1. www.iso.org. - Standard ISO 1101 "GPS", 2017.
2. www.mahr.com. - Catalog "Mahr-2025". Products, 2025.
3. www.microtech-ua.com. - Каталог "МІКРОТЕХ-2025". ЗВТ, 2025.
4. www.obishi.com. - Catalog "Obishi-2025". Bench-center, 2025.
5. www.spreitzer.com. - Catalog "Spreitzer-2025". Bench-center, 2025.
6. www.patents.google. - Patent US № 2657468 "Inspection gauge", МПК G01B 5/252, опубл. 03.11.1953.
7. www.patents.google. - Patent US № 7458168 "Concentricity measuring instruments", МПК G01B 5/24, G01B 5/252, опубл. 02.12.2008.
8. www.patents.google. - Patent US № 2739389 "Concentricity gage", МПК G01B 5/252, опубл. 27.03.1956.
9. www.patents.google. - Patent US № 4439925 "Concentricity measuring instrument", МПК G01B 5/25, опубл. 03.04.1984.
10. www.patents.google. - Patent US № 2765539 "Precision concentricity gauge", МПК B26D 5/02, опубл. 09.10.1956.
11. www.patents.google. - Patent US № 3791039 "Bench test center", МПК G01B 5/00, G01B 5/252, G01M 1/04, опубл. 12.02.1974.
12. www.patents.google. - Patent SU № 1227936 "Устройство для контроля неплоскостности торца и его перпендикулярности к оси отверстия", МПК G01B 5/24, опубл. 30.04.1986.
13. www.patents.google. - Patent SU № 1350473 "Устройство для измерения отклонения от соосности отверстий в деталях", МПК G01B 5/24, G01B 5/25, опубл. 07.11.1987.
14. www.patents.google. - Patent SU № 1322076 "Устройство для определения величины несоосности центров", МПК G01B 5/24, опубл. 07.07.1987.
15. www.patents.google. - Patent US № 4674193 "Bench-center instrument", МПК G01B 5/00, G01B 5/207, опубл. 23.06.1987.
16. www.patents.google. - Патент UA № 155293 "Штанген-хаб", МПК G01B 3/20, опубл. 14.02.2024, Бюл. № 7.

