

ПРИСТРОЇ ЦЕНТРУВАННЯ ДЛЯ МОНТАЖУ УСТАТКУВАННЯ І СПОРУД

Шкурупій В. Г.

(Харківський національний економічний університет)

Вступ

Відомо [1], що точний контроль розмірів, форми і розташування осей, поверхонь великогабаритного обладнання забезпечується оптичним методом з використанням оптико-механічних комплектів, наприклад: ППС-11, комплект фірми ХЮСТ (Франція), Тейлор-гобсон (Англія) та ін. Точність вимірювання залежить від оптичних схем зорових труб, які використовуються в цих комплектах, від способу контролю стабільності положення труби при проведенні вимірювань. Установка і вивіряння елементів устаткування, споруд при виконанні монтажних і ремонтних робіт в основному здійснюється оптико-механічним комплектом ППС-11, проте, при високій трудомісткості процесу не завжди забезпечується якість виконання цих робіт. Застосування цього комплекту, як і інших оптико-механічних, вимагає значного досвіду і високої кваліфікації оператора, нерідко процес контролю досить складний і трудомісткий. При цьому продуктивність контролю визначається здатністю оператора оцінювати положення зображення об'єкта на екрані щодо контурів порівняння.

Відомо також [2], що використовуючи лазерний промінь як вісь опорного напрямку ми знижуємо трудомісткість процесу і підвищуємо якість монтажних робіт. Вимірювальний комплект складається з наступних частин:

- оптичної системи формування лазерного променя;
- фотоприймачів з блоками управління і індикації;
- перевірочних пристроїв.

Комплект мобільний, випромінювач може бути встановлений в штатний пристрій для установки зорової труби приладу ППС-11.

Відомі фотоприймачі [3], які мають ортогональне розміщення чотирьох розділених фотодіодів. Робота цих пристроїв заснована на матричному перетворенні електрорушійної сили фотодіодів (ЕСФ), результат якого відповідає переміщенню енергетичного центру світлової плями випромінювання лазера. Переміщення виміряють в площині декартових координат. В цих пристроях вирівнювання характеристик фотодіодів виконують шляхом послідовного резистивного налагодження на виходах фотодіодів, з'єднаних однойменними полюсами загальною шиною, відносно якої знімають ЕСФ. Головним недоліком такої схеми є явище амплітудного резонансу ЕСФ фотодіодів в межах контактних зон фотодіодної матриці.

Для обчислення перевищення технологічних точок може бути використана мішень з двох світлочутливих пластин, що розділяють падаючий світловий пучок на дві частини і направляють їх на два фотоелементи. Мішень

може використовуватися як нуль – рівень. Для індикації результатів вимірювань можуть бути використані як стрілочні прилади, так і електронні з цифровою індикацією.

Постановка задачі

Метою роботи є розробка вимірювального комплексу, який дозволить виконувати центрування осей та відносне розміщення поверхонь при виконанні монтажних робіт при складанні великогабаритного обладнання і споруд.

Виготовлення вимірювального комплексу провести після розробки схеми обробки інформації та експериментальних досліджень меж її функціонування.

Основний зміст роботи

Нами розроблений пристрій для контролю розмірів з використанням лазерів. Ми розглядали два способи центрування. Опорна (репер) вісь може бути задана пучком з Гаусовим розподілом або пучком з кільцевою структурою плями. Пучок формується оптичною насадкою (колімаційною системою), що встановлюється в корпусі випромінювача.

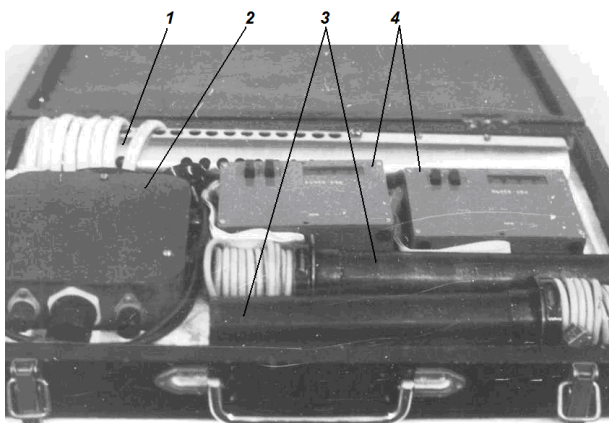


Рис. 1. Вимірювальний комплект:
1 – випромінювач з коліматором;
2 – блок живлення; 3 – контрольна і відлікова мішені; 4 – блоки цифрової індикації

Запропонований пристрій для виконання контрольно-вимірювальних операцій (рис. 1) включає гелій-неоновий лазер ЛГН-207 ($\lambda = 0,63$ мкм, потужність випромінювання 2мВт) з коліматором (рис. 2) і фото-оптичні пристрої (рис. 3, рис. 4 і рис. 5).

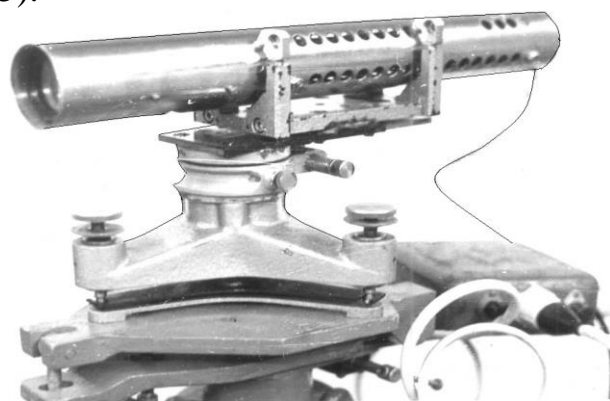


Рис. 2. Випромінювач з коліматором і блоком живлення

Оптична система формування лазерного променя складається з лазера, колімаційної системи і блоку живлення. Лазер і коліматор зібрані в одному корпусі випромінювача, що має юстировочні гвинти, ампули рівня.

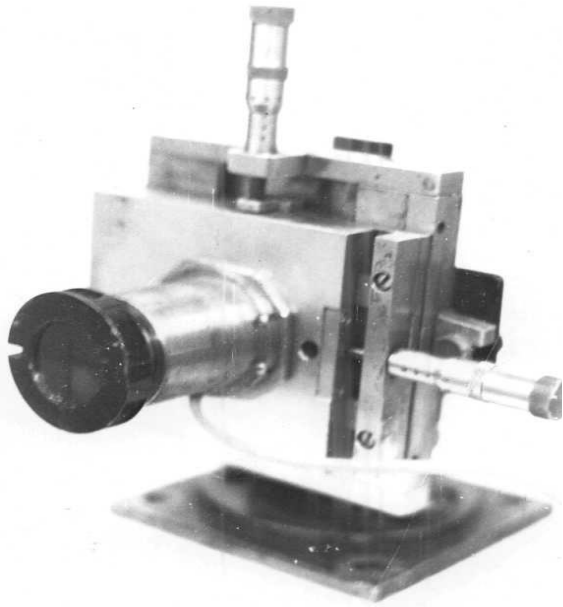


Рис. 3. Цільовий знак
(фотооптична мішень)
на координатному столику
(ціна поділу 0,01 мм)

технологічних точок на поверхні великогабаритного об'єкту з складною конфігурацією, а також може бути використаний для визначення значень зсувів осі центрошукача, розміщеного в розточуваннях турбоагрегату, щодо лінії репера, заданої променем лазера. Мала вага і розміри дозволяють транспортувати і легко встановлювати пристрій в робоче положення.

Пропонований комплект може бути використаний для вимірювання перевищення технологічних точок при температурних переміщеннях опор підшипників турбоагрегатів, в літакобудуванні при виконанні монтажних робіт,

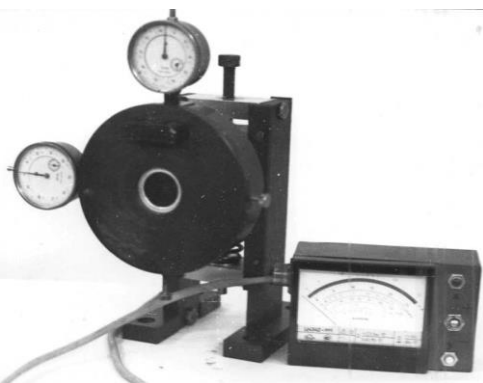


Рис.4. Цільовий знак в комплекті з предметним столиком на базі індикаторів годинникового типу і стрілочним приладом для фотооптичної мішені

Фотоприймачі з блоками управління і індикації включають чотирьох секторні світло роздільні пластини з фотодіодами ФД9-Э111В і електронними блоками індикації і обробки інформації. Блоки малогабаритні, можуть пристібатися в процесі вимірювання до одягу оператора або до виступаючих частин турбоагрегату або іншого просторового об'єкту. Електронна схема обробки інформації зібрана на мікросхемах Кр572ПВ2, 525ПС2, 140УД6.

Як перевірочний пристрій використовується двох координатний столик з мікрометричною подачею, що встановлюється в центрошукач.

Пропонований комплект дозволяє проводити вимірювання горизонтальних і вертикальних перевищень

при розмітці, при збірці стапелів; у машинобудуванні – при монтажі великогабаритного обладнання; у будівництві – при виконанні монтажних робіт, при оцінці переміщень в процесі експлуатації висотних споруд. При цьому можливе використання і гнучких світловодів для виведення фотоелементів, наприклад, із зони підвищених температур.

Слід зазначити деякі конструктивні особливості запропонованих нами різних фото приймальних пристроїв і візуальних цільових знаків (мішеней). Для цих пристроїв можуть бути використані два способи задання опорної осі: пучок з Гаусовим розподілом енергії і пучок з кільцевою структурою плями

(при цьому краще використовувати тільки центральну частину кільцевої структури або перше центральне кільце).

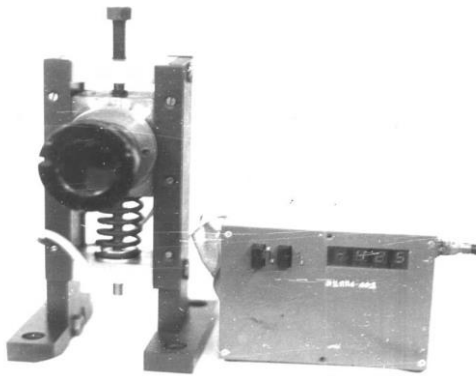


Рис. 5. Фотооптична мішень з електронним блоком цифрової індикації

Одним з варіантів конструкції (рис. 3) є використання малогабаритного двох координатного столика з індикаторами годинникового типу і комплекту фотоелементів. Контроль співвісності деталей здійснюють по стрілочних приладах, використовуваних як нуль-індикатор, а відлік зсувів щодо осі репера здійснювали за шкалами індикаторів годинникового типу.

Одним з реалізованих варіантів є фото приймальний пристрій (рис. 5), в якому фокусуєча система складається з чотирьох конусних світловодів, що збирають падаючі

на сектори частини світлового потоку і що направляють ці частини на світлочутливі сектори фотоелементів. Світловий потік, потрапляючи на вхідний торець світловода, по діаметру плями зменшується до розмірів світлочутливого

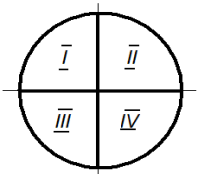


Рис. 6. Схема розташування секторів світло

сектору фотоелемента, причому форма поперечного перетину світлового потоку і його орієнтація на виході з світловода подібна до форми і орієнтації цього перетину на вході. Розділяючись на чотири частини в чотирьох секторному фотоприймачі світловий потік за допомогою фотоелементів перетвориться в електричні сигнали, які передаються на блок обробки сигналів і індикації результатів. Схема розташування секторів світло приймача приведена на рис. 6.

У електронних блоках обробка сигналів і індикація результатів вимірювань здійснюється по наступних

формулах:

$$\Delta X = \frac{(I_{II} + I_{IV}) - (I_I + I_{III})}{\sum_{i=1}^4 I_i}; \quad \Delta Y = \frac{(I_{II} + I_{II}) - (I_{III} + I_{IV})}{\sum_{i=1}^4 I_i},$$

де I_i – сила струму відповідного сектору світло приймача.

Така схема обробки сигналів дозволяє компенсувати падіння потужності випромінювання із збільшенням довжини контролю.

Оцінку оптичної системи проводили по коефіцієнту оптичного посилення [5]:

$$K = \tau - \frac{S_l}{S_f}$$

де S_f – площа чутливої частини фотодіоду; S_l – площа отвору оптичної системи; τ - коефіцієнт пропускання оптичної системи.

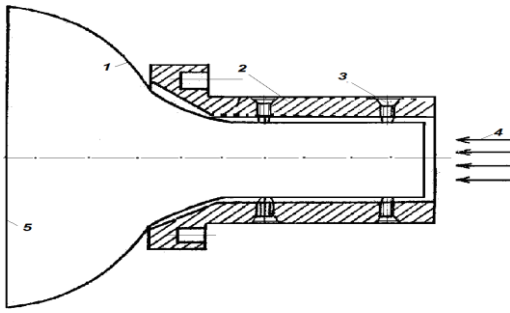


Рис. 7. Цільовий знак на базі фокона: 1 – світловод; 2 – корпус мішені; 3 – юстировочні гвинти; 4 – промінь; 5 – екран на вихідній частині торця

Для підвищення точності визначення енергетичного центру пучок на виході з випромінювача обрізається до кола плями меншого радіусу, при цьому його потужність зменшується на 8%.

При використанні кільцевої структури плями лазерного пучка контроль співвісної деталі може здійснюватися візуально по кільцях на марку, що має на поверхні концентричні кола. Відстань між інтерференційними кільцями вибирається із співвідношення:

$$l = \frac{\lambda}{2n \sin \varphi / 2},$$

де λ - довжина хвилі випромінювання лазера, мкм; n - показник заломлення оптичного скла; φ - кут сходження променів, що інтерферують.

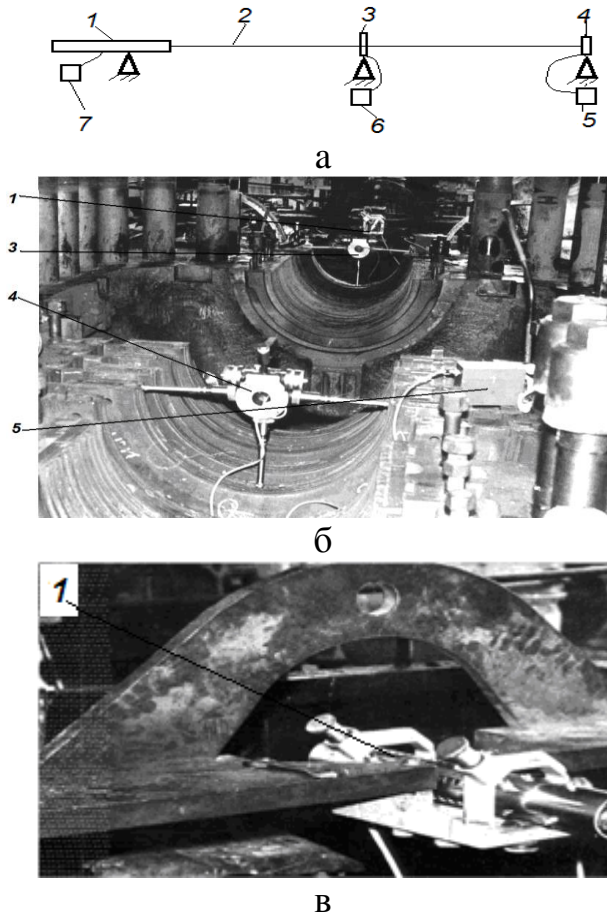


Рис. 8. Схема вимірювання при centruванні (а), загальний вигляд центрошукачів в розточках турбіни (б) і випромінювач (в): 1 – випромінювач; 2 – реперна лінія; 3 – відлікова мішень; 4 – контрольна мішень; 5, 6 – блоки індикації; 7 – блок живлення

Розроблена конструкція візуального цільового знаку для контролю співвісних деталей (рис. 7) [4]. При установці візуального цільового знаку в центрошукач світлова пляма з вхідного (меншого) торця світловоду переноситься на вихідний торець із збільшенням зображення, відповідним кратності збільшення зображення оптичної системи. По положенню сліду плями щодо шкали, нанесеної на екрані, судять про величину і напрям неспіввісності щодо осі репера.

Як приклад розглянемо операції centruвання осей розточувань парових турбін типу К 300-250 ЛМЗ на базовій довжині від 0,5 до 20 м. Для виконання операцій centruвання світловий пучок направляють по осі співпадаючою з осями двох розточувань турбіни (б і 12 метрів – рис. 8). Світловий пучок надалі виконує роль осі репера і його положення контролюється фотореєструючим пристроєм, розташованим по осі розточування

турбіни (на відстані 12 і 24 метри). Проміжні технологічні точки контролюються з використанням відлікової мішені. Випромінювач встановлюють або на стенді або підставках, які безпосередньо не стикаються з вимірюваним виробом, або на самому вимірюваному виробі, при цьому спрощується вивірювання і забезпечується вища стабільність положення візирної лінії щодо виробу.

При монтажі турбіни випромінювач встановлюють в скобу, що встановлюється у першого розточування турбіни.

При використанні кільцевої структури лазерного пучка можуть бути використані окрім електронних блоків інформації, стрілочних приладів і візуальні цільові знаки. При установці візуального цільового знаку світлова пляма переноситься з вхідної частини світловодів на вихідну частину і по положенню сліду плями відносно шкали, нанесеної на екрані, судять про величину і напрям зсуву вузла щодо осі репера.

Експериментальні дослідження показали, що частка систематичної похибки, виявленої експериментально, не перевищує 1%, а середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки не перевищує 0,3%.

Похибка показань пристрою $\pm 0,02$ мм. Це відповідає вимогам сучасної техніки.

Висновки

1. Приведена схема обробки сигналів дозволяє компенсувати падіння потужності випромінювання із збільшенням довжини контролю.

2. За рахунок виключення явища резонансу світлочутливих зон фотодіодної матриці підвищується точність контролю переміщень.

Література

1. Карасев В. И. Монэс Д. С. Монтаж паровых турбин с помощью оптических приборов. М.: Энергия, 1976, 168 с.

2. Вагнер Е. Т. Лазеры в самолетостроении М.: Машиностроение, 1982, – 184 с.

3. Застрогин Ю. Ф. Контроль параметров движения с использованием лазеров: Методы и средства. М.: Машиностроение, 1981, – 176 с.

4. Визуальный целевой знак для контроля соосности объектов /Алимочкин В. М., Самарин В. М., Шкурупий В. Г. и др. А.С.1550831 от 26.12.88.

5. Справочник технолога-оптика. Справочник /И. Я. Бубис, В. А. Вейденбах, И. И. Дукопел и др.; Под общ. ред.. С. М. Кузнецова и М. А. Окатова. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983. – 414 с.