

ОБМІР КІНЦЕВИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НОСІЇВ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

© Є. Ю. Ніколенко, О. П. Скрипник

Дніпропетровський державний університет

Розглядається загальна постановка питання та проблеми контролю кінцевих геометричних параметрів носіїв космічних апаратів.

Стабільність технологічних процесів виготовлення деталей та вузлів носіїв космічних апаратів, їх складання та складання носіїв у цілому в основному забезпечують точність кінцевих геометричних параметрів носія [1]. Але, як і будь-яка деталь, вузол або носій повинні бути проконтрольовані на точність виготовлення.

Кінцевими геометричними параметрами називають розміри та геометричні співвідношення, отримані в результаті кінцевого складання, і які визначають відповідні тактико-технічні характеристики виробу, а також стикування елементів конструкції корпусу з приладами і агрегатами, наземно-пусковим обладнанням.

В кожному відсіку, агрегаті у процесі складання виникають відхилення в розташуванні базових поверхонь, роз'ємів і стиків. Сумарні відхилення можуть призвести до суттєвих змін деяких геометричних параметрів ракети. На положення кожного агрегата, відсіку у зібраній ракеті впливають перекоси його торцевих шпангоутів відносно повздовжньої осі, закрутки торцевих контрольованих перетинів та радіальне зміщення їхніх центрів, додаткові кути розвороту в стиках та ін. Тому завершальний етап складання включає перевірку визначальних геометричних параметрів ракети. Основні параметри, що підлягають контролю, можна поділити на дві частини: експлуатаційні та польотні.

До експлуатаційних параметрів відносяться: координати та геометрія заправних горловин і електророз'ємів, які повинні забезпечувати стикування з наземним обладнанням; площинність опорних п'ят носія, якими останній встановлюється на стартовий стіл, та перпендикулярність цієї площини до повздовжньої базової осі носія з космічним апаратом та обтічником, який запобігає нагріванню космічного апарата при виході носія зі щільних шарів

атмосфери; спрацювання механізмів розкриття та скидання самого обтічника після виходу зі щільних шарів атмосфери.

До польотних параметрів відносяться: координати центра мас носія вздовж базової осі у двох радіальних напрямках; перпендикулярність площини опор платформи з гіростабілізуючими приладами до повздовжньої базової осі носія; кут закрутки однойменних площин стабілізації двох поперечних перетинів носія, у яких розташовані прилади, що керують польотом, та виконавчі механізми, що коректують політ; моменти інерції носія. Точно виміряні величини польотних параметрів повинні бути внесені до програми польоту. Найменша помилка у їхньому вимірюванні може призвести до додаткових збурень у керуванні польотом по тангажу, нicanню та крену.

Наведемо деякі означення.

Реперний знак — це знак у вигляді кільця та перехрестя з цяткою у центрі, яка з високою точністю забазована відносно стикувальних штирів торцевих шпангоутів відсіків. Реперні знаки служать базою вимірювань та ставляться на торцевих шпангоутах, у проміжних перетинах носія та технологічних пристосуваннях, які використовуються при обмірі. Цятка наноситься керном, перехрестя та кільцевий обвід — емаллю. Нанесення реперних знаків виконується за своїм технологічним процесом.

Повздовжня вісь відсіку — пряма, що сполучає центри кіл, які проходять через центри стикувальних штирів торцевих шпангоутів відсіку.

Повздовжня базова вісь носія — пряма лінія, що сполучає центри базових перетинів носія.

Базовий перетин носія — площа, що проходить між торцевими шпангоутами зістикованих відсіків, якими носій у горизонтальному положенні

встановлений на опорі. Таких перетинів може бути тільки два: перший — на стику першого ступеня з хвостовим відсіком і другий — на аналогічному місці другого ступеня. Іноді другий перетин призначається на стику першого та другого ступенів. Вибір місця другого перетину пов'язаний з ваговими характеристиками відсіків носія з метою зменшення вагового прогину носія, який лежить на опорах. За опори служать монтажні візки та бандажі [1].

Проміжні перетини — площини, які проходять по торцевих шпангоутах відсіків, що не лежать на опорах.

Дійсна повздовжня вісь носія — просторова ламана, яка проходить через центри кіл базових та проміжних перетинів. Ця вісь утворюється внаслідок підсумовування конструкторських та виробничих похибок навіть у допустимих межах на виготовлення і складання.

Базова площина — це горизонтальна повздовжня площина, що проходить через базові реперні знаки, у яких лежить базова вісь носія. Базові реперні знаки, знаходяться у базових перетинах.

Площина нівелювання — це горизонтальна площина, яка проходить через вісь оптичної трубки катетометра при розташуванні його каретки з трубою на нульовому рівні.

Площина візування — це площина, аналогічна площині нівелювання, розташована вище нульового рівня. Відстань між площинами нівелювання та візування дає розмір вимірюваної величини на шкалі катетометра.

Ваговий прогин — це пружний прогин носія, який лежить на опорах. Він вимірюється по перпендикуляру від базової осі до прогнutoї.

Кут закрутки, як було зазначено вище, — це кут між однойменними площинами стабілізації, який утворився від підсумовування конструкторських та виробничих похибок.

Контактні методи передбачають безпосереднє торкання вимірювальними інструментами деталі або вузла.

Безконтактні — використовуються у тих випадках, коли неможливо проконтролювати параметр безпосередньо. Такі параметри вимірюються за допомогою механічних, оптичних або лазерних приладів.

При вимірюванні параметрів механічними засобами використовуються електроконтактні пристосування, струни, калібри, голки, лінійки, ноніуси тощо.

До оптичних методів відносяться методи вимірювання параметрів за допомогою візування, колімації, автоколімації, авторефлексії і т. п. В цих

методах використовуються оптичні трубки із сіткою вимірювання або перехрестями, дзеркала та джерела світла, квадранти, теодоліти, нівеліри, катетометри тощо.

Метод візування оснований на тому принципі, що лінія візування зорової труби оптичного приладу встановлюється в горизонтальній площині і служить базою відліку вимірювань. Для візування звичайно використовують зорові труби та нівеліри.

Нівелір — зорова оптична труба, яка встановлюється горизонтально і має можливість обертатися навколо вертикальної осі. Оптична вісь суміщена з візирною віссю труби, котра відмічена сіткою ниток, видимою в окуляр у полі зору, що спостерігається. Нівелір дозволяє визначати різницю висот будь-яких заданих точок шляхом вимірювання кожної з них відносно горизонтальної площини, де знаходиться візирна вісь зорової труби.

Колімаційний метод дозволяє вимірювати кути нахилу контрольованої поверхні відносно горизонтальної та вертикальної площин, а також визначити зміщення контрольованої поверхні по вертикалі від заданого положення. При цьому використовують зорову трубу разом з коліматором чи автоколіматором.

Коліматор — оптичний пристрій, який складається з об'єктива і сітки, розташованої у фокальній площині і освітленої джерелом світла. Коліматор служить для створення пучка паралельних променів, що сприймаються візирною трубою. При зміщенні контрольованої поверхні від заданого положення проекція сітки коліматора зміщується відносно сітки труби.

Автоколіматор — оптичний пристрій, який суміщає коліматор та зорову трубу. Створюваний в автоколіматорі пучок паралельних променів відбивається від дзеркала, яке встановлено на контрольованій поверхні, і повертається назад. Зміщення дзеркала призводить до відхилення віддзеркаленої сітки відносно початкової сітки автоколіматора.

Метод авторефлексії застосовують у тих випадках, коли зорова труба не має пристосувань для автоколімації. До кінця зорової труби прикріплюють цільовий знак, фокусують трубу на зображення цього знака у дзеркалі, яке встановлене на контрольованій поверхні. Зміщення штриха цільового знака відносно штрихів сітки труби визначає відхилення контрольованої поверхні від заданого положення.

Лазерні методи ґрунтуються на лазерному промені та фотоприймальних пристроях. Лазерні методи контролю дають вищу точність і скорочують час вимірювань, але вони значно дорожче оптичних,

які дають результати вимірювань у допустимих межах. Необхідність їх використання диктується кількістю та номенклатурою носіїв. Для більшої кількості та номенклатури доцільно використовувати лазерні методи, які швидко окупаються у багатосерійному виробництві. При одиничному та дрібносерійному виробництві достатньо застосування оптичних методів як дешевших та простіших у технологічному виконанні, але повільніших у часі.

Вимірювання параметрів супроводжується жорсткими технологічними умовами до справності, точності та перегляді вимірювальних приладів, до точності самих вимірювань. Перед кожним вимірюванням усі прилади перевіряються за еталонними аналогами на точність показань. Вимірювальні стенди також перед роботою перевіряються на точність еталонними носіями. Еталонні носії являють собою макет ступенів або відсіків з ідеально відрегульованою вагою, координатами центра мас та моментами інерції. Процес створення таких макетів досить трудомісткий, але необхідний. У розстикованому стані кожний ступінь зважується і на своїх стендах обміряється з метою визначення радіальних координат центра мас.

Носій з пристикованим імітатором космічного апарату і обтічника зважується, і визначається координата центра мас вздовж базової осі. Носій виставляється у горизонтальне положення та усу-

вається ваговий прогин. Виставляються опорні п'яти носія та опори платформи з гіростабілізуючими приладами, визначаються координати заправних горловин і електричних роз'ємів. Геометрія самих горловин та електророз'ємів контролюється стикуванням до них еталонних макетів. Визначається кут закрутки однойменних площин стабілізації, керуючих та виконавчих органів носія. Працездатність механізмів розкриття обтічника перевіряється на стадії загального складання обтічника. Геометрія стикувальної поверхні носія з космічним апаратом і обтічником перевіряється еталонами цих вузлів.

Вимірювання кінцевих геометричних параметрів є завершальною стадією механічної готовності носія до експлуатації.

1. Джур Е. О., Кучма Л. Д., Николенко Є. Ю. и др. Технология производства космических ракет.—Днепропетровск: из-во ДГУ, 1992.—184 с.

MEASUREMENT OF FINAL GEOMETRICAL PARAMETERS FOR SPACE DEVICES BOOSTERS

Е. Yu. Nikolenko, О. Р. Skrypnyk

A general organization of the task and the problem of control of final geometrical parameters of space devices boosters is considered.

УДК 621.398.694.4:531.719.2

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

© Т. Л. Лагеръ

Державне конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля

Сформовано ймовірнісний підхід до точності визначення кутових переміщень на основі вимірювань лінійних переміщень. Дослідження показали, що врахування ймовірнісних взаємозв'язків дозволяє суттєво уточнити похибки визначення кутових переміщень при використанні давачів лінійних переміщень. Проведено аналіз областей можливого застосування давачів лінійних переміщень, що визначаються відносними параметрами переміщення конструкції.

В практике экспериментальных работ нередко возникает необходимость (например, из-за особенностей конструкции) определения угловых перемещений на основе измерений линейных перемещений. Типовая схема такого определения угловых перемещений изображена на рисунке.

В зависимости от ожидаемых значений линейных

перемещений используются датчики с такими пределами измерений, чтобы измеренные значения находились в аттестованном диапазоне. Для измерения перемещений применяют, например, штоковые датчики перемещений со свободной опорой штока на перемещаемую поверхность и установленные на измерительной оснастке, жестко закрепленной на