



ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО АВТОКОЛІМАЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ І КОНТРОЛЮ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕНДІВ РЕГУЛЮВАННЯ РОЗВАЛУ ТА СХОДЖЕННЯ КОЛІС АВТОМОБІЛІВ

Описан автоколлимационный метод измерений и вычислений при определении пространственной ориентации осей вращения колес автомобиля (развал и сходжение) и некоторых других геометрических параметров ходовой части автомобиля, которые используются для контроля метрологических характеристик стендов регулировки развала и сходжения колес автомобилей методом определения геометрических параметров автомобиля автоколлимационным теодолитом.

The paper deals with the description of the geodetic autocollimation method for measurements and calculations during determination of attitude of rotational axes of car wheels (camber and toe-in) and some other geometric parameters of a car's undercarriage, which are used for inspection of metrological characteristics of stands for camber and toe-in angle adjustment by means of determination of geometric parameters of a car with an autocollimation theodolite.

Постановка проблеми. Один з найдієвіших способів забезпечення руху на дорогах – правильне регулювання розвалу та сходження коліс автомобілів та якомога точніше визначення інших геометричних параметрів ходової частини автотранспортних засобів. Якісно виконати цю роботу не можна без використання сучасних приладів, які узагальнено називають приладами для визначення кутових характеристик ходової частини автомобілів або стендами для регулювання розвалу та сходження коліс (далі – стенди). Це доволі складні кутомірні прилади, а тому вони потребують періодичного контролю їх метрологічних характеристик.

Зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Запропонований автором метод вимірювань було покладено в основу розроблених за планами ДП "Укрметртестстандарт" методик державної метрологічної атестації та методики повірки даних стендів.

Аналіз досліджень та публікацій на дану тему. У попередніх дослідженнях описано методики державної метрологічної атестації та повірки стендів [1], а також методики повірки спеціальних мір площинного кута, призначених для юстування стендів [2]. Крім публікації, присвяченої розробленню методики визначення просторової орієнтації осей обертання динамічних об'єктів геодезичним автоколімаційним методом [3], інших друкованих праць з даної проблематики немає.

Невирішені частини загальної проблеми. На даний момент існує велика кількість різноманітних за конструкцією стендів. Кожна фірма-виробник має своє обладнання і свою методику калібрування та юстування стендів, які, однак, не дозволяють незалежно проконтролювати або визначити їх метрологічні характеристики, а тільки дають змогу прив'язати до прямої лінії нуль кожного з датчиків для визначення розвалу або узгодити між собою датчики для визначення сходження. Єдиної, незалежно від конструкції стенда, достатньо точної та об'єктивної методики визначення і конт-

ролю метрологічних характеристик стендів досі не існувало.

Постановка завдання. Метою цієї роботи і є розроблення єдиної, незалежної, високоточної методики визначення та контролю метрологічних характеристик стендів регулювання розвалу і сходження коліс автомобілів. Найефективнішим є метод контролю, коли на стенді визначаються геометричні параметри автомобіля за допомогою автоколімаційного теодоліта.

Виклад основного матеріалу. 1. Геометричні параметри автомобіля як динамічного об'єкта та принципи визначення і контролю метрологічних характеристик стендів регулювання розвалу та сходження коліс. Стенди є кутомірними приладами, які дозволяють визначити такі геометричні параметри ходової частини автомобілів:

- розвал передніх і задніх коліс, тобто кут між горизонтальною площиною та віссю обертання колеса;
- загальне сходження, тобто кут між осями обертання передніх (задніх) коліс у горизонтальній площині;
- поодинокі сходження, тобто кут у горизонтальній площині між осями обертання передніх (задніх) коліс і вертикальною площиною, перпендикулярною до напрямку руху автомобіля;
- базовий кут, тобто кут у горизонтальній площині між напрямком руху і віссю автомобіля;
- позовжній кут нахилу осі повороту переднього лівого (правого) колеса, тобто кут між проекцією прямої лінії та проекцією осі повороту переднього лівого (правого) колеса на вертикальну площину, паралельну до позовжньої осі автомобіля;
- поперекий кут нахилу осі повороту переднього лівого (правого) колеса – кут між проекцією прямої лінії та проекцією осі повороту переднього лівого (правого) колеса на вертикальну площину, перпендикулярну до позовжньої осі автомобіля.

Існує необхідність визначити похибки даних



кутомірних приладів, які виникають при вимірюванні зазначених параметрів ходової частини автомобілів. Це можна зробити на спеціальному стенді, який відтворював би з достатньою, тобто вищою, точністю названі кути. Але застосування такого стенда було б не виправданим, тому що він вийшов би громіздким і дорогим.

Тому було обрано інший шлях, коли за допомогою автоколімаційного теодоліта визначаються з достатньою точністю кути просторової орієнтації осей обертання коліс реального автомобіля, які приймаються за еталонні. З ними порівнюються кути, виміряні за допомогою приладу для визначення кутових характеристик ходової частини автомобілів.

Динамічними об'єктами є як сам автомобіль, так і окремі його колеса, оскільки вони мають осі обертання, просторову орієнтацію яких треба визначити по відношенню до прямовисної лінії або одна до одної. Ясна річ, що осі обертання нічим не позначені, тож їх просторову орієнтацію можна визначити лише опосередковано. Причому передні колеса розглядаються в двох залежних системах кутових координат – у системі осі обертання колеса при поступальному русі автомобіля та в системі осі повороту колеса при маневрах автомобіля.

2. Підготовка до проведення державної метрологічної атестації або перевірки стендів регулювання розвалу та сходження коліс автомобілів автоколімаційним методом. При проведенні державної метрологічної атестації або перевірки стендів застосовуються один чи два теодоліти ЗТ2КА або аналогічні, а також три плоскопаралельні дзеркала розміром не менше 100×100 мм. Одне з них повинно мати механічний вузол, який дозволяє закріпити його на колесі автомобіля приблизно перпендикулярно до осі його обертання, а два інших повинні мати можливість закріплення на теодолітних штативах у вертикальному положенні.

Автомобіль, який з точки зору метрології є мірою плоского кута, через який фізична одиниця плоского кута передається з теодоліта як еталонного приладу на стенд, повинен бути новим або відремонтованим так, щоб його підвіска не мала люфтів. При всіх вимірюваннях кермо має бути зафіксоване у напрямку прямолінійного руху автомобіля.

Перед тим як встановити автомобіль на підйомник (яму або естакаду), в створі лінії, що з'єднує центри поворотних кругів з похибками не більше 30 мм, на штативах встановлюються теодоліти на висоті центрів коліс. Теодоліти горизонтуються, вмикається внутрішня підсвітка відлікових пристроїв і сіток ниток. Різниця висот центрів об'єктивів між собою не повинна перевищувати 10 мм, а по відношенню до центрів коліс – 30 мм. За допомогою дзеркал, що

входять у комплект теодолітів, зорові труби теодолітів фокусуються на нескінченність.

Теодоліти орієнтують наведенням колімаційних візирів один на одний, а потім автоколімаційні зображення сіток їх ниток суміщуються. За лімбами встановлюють відліки, рівні нулю.

Для задання орієнтирного напрямку під час визначення загального сходження коліс замість одного з теодолітів допускається використання автоколімаційного нівеліра або плоскопаралельного дзеркала. Після завершення вимірювань на лівому колесі теодоліт переноситься до правого і орієнтується за допомогою нівеліра або дзеркала.

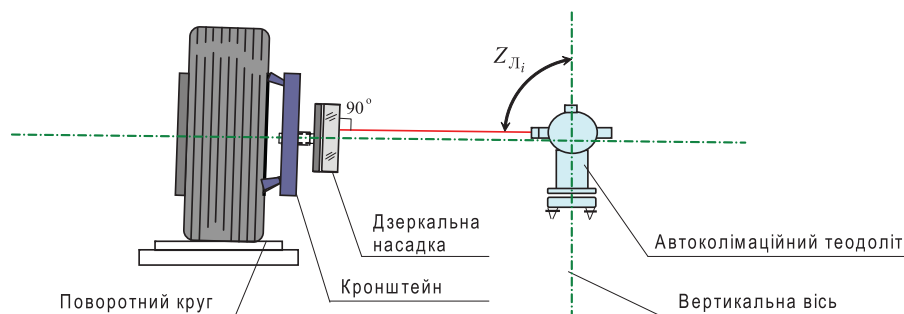
3. Визначення абсолютної похибки стенда при вимірюванні кутів нахилу осі обертання (розвалу) коліс автомобіля. Теоретично кут між віссю обертання колеса автомобіля та лінією горизонту повинен відповідати значенню, встановленому в технічній документації на даний тип автомобілів.

Усі стенди дозволяють визначати цей параметр з нормованою похибкою від $1'$ до $10'$, але при цьому виникає задача визначення систематичної та випадкової складових похибки.

Абсолютна похибка стенда при вимірюванні кутів нахилу (розвалу) передніх коліс визначається порівнянням результатів вимірювань стендом із дійсними значеннями кутів розвалу, які визначені за допомогою автоколімаційного теодоліта.

Плоскопаралельне дзеркало закріплюється за допомогою спеціального пристрою у посадочний отвір вузла кріплення вимірювального датчика до колеса. Передній міст піддомкрачується так, щоб колеса мали можливість вільно обертатися. Колеса фіксуються у напрямку прямолінійного руху. Теодоліт своїм об'єктивом встановлюється практично впритул до дзеркала.

Дійсні значення кутів розвалу визначаються за величинами вертикальних кутів, виміряних теодолітом на зображення автоколімаційної сітки ниток, відбите від дзеркала, закріпленого в центрі колеса, при чотирьох його поворотах приблизно на 90° (мал. 1). Відбивну площину дзеркала важко встановити перпендикулярно до осі обертання колеса, тому застосовується метод, коли беруться чотири відліки за вертикальним кругом теодоліта при чотирьох положеннях колеса.



Мал. 1. Схема визначення абсолютної похибки стенда при вимірюванні кутів нахилу (розвалу) коліс автомобіля



З середнього значення з чотирьох вимірних кутів, яким є кут нахилу осі обертання колеса до горизонту (кут розвалу), виключається неперпендикулярність відбивної площини дзеркала до осі обертання колеса.

Описані вище операції – це перший прийом вимірювань. Аналогічно виконується другий прийом. Значення кутів розвалу, обчислені з двох прийомів, не повинні відрізнятись більше ніж на 30". За дійсне значення кута розвалу приймається середнє з двох прийомів.

У ході досліджень розвалу коліс за допомогою автоколімаційного теодоліта при вимірюваннях в один прийом одержано значення СКП у 10-15". Зважаючи на те, що граничні похибки вимірювання розвалу та сходження коліс автомобіля не перевищують 1' (а, як правило, вони становлять 2' або 5'), то цієї точності цілком достатньо для визначення абсолютної похибки стендів.

Після завершення вимірювань теодолітом на лівому і правому колесах, не змінюючи положення переднього моста автомобіля, визначають величини кутів розвалу за допомогою стенда. Допускається вимірювання стендом до вимірювань теодолітом.

Дійсні значення кутів розвалу лівого та правого переднього (заднього) колеса автомобіля обчислюють за формулами

$$\bar{\nu}_{Л} = \frac{\sum_{i=1}^4 Z_{Лi}}{4} - 90^\circ; \quad \bar{\nu}_{П} = \frac{\sum_{i=1}^4 Z_{Pi}}{4} - 90^\circ, \quad (1)$$

де $Z_{Лi}, Z_{Pi}$ – вимірні зенітні відстані на дзеркало на колесах при поворотах коліс на 90°; $\bar{\nu}_{Л}, \bar{\nu}_{П}$ – дійсні значення кутів розвалу лівого та правого переднього (заднього) колеса автомобіля.

Обчислення абсолютної похибки стенда при вимірюванні кутів розвалу лівого та правого переднього (заднього) колеса здійснюють за формулами

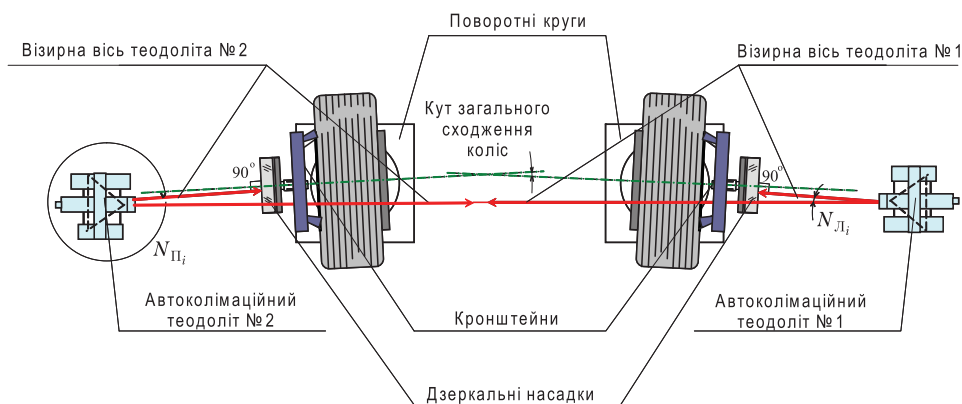
$$\Delta_{рлп} = \alpha_{рлп} - \bar{\nu}_{Л}; \quad \Delta_{рпп} = \alpha_{рпп} - \bar{\nu}_{П}, \quad (2)$$

де $\alpha_{рлп}, \alpha_{рпп}$ – кути нахилу (розвалу) коліс, вимірні за допомогою стенда; $\Delta_{рлп}, \Delta_{рпп}$ – абсолютні похибки вимірювання кутів розвалу стендом.

4. Визначення абсолютної похибки стенда при вимірюванні кутів загального сходження коліс автомобілів. Теоретично кути між осями обертання передньої та задньої пари коліс автомобіля в горизонтальній площині повинні відповідати значенням, вказаним у технічній документації на даний тип автомобілів. Усі стенди також дозволяють визначати цей параметр з певною похибкою, тому необхідно знайти систематичну та випадкову складову цієї похибки. Абсолютну похибку стенда

при вимірюванні кутів загального сходження передніх коліс визначають порівнянням результатів вимірювання стендом із дійсним значенням кута загального сходження, визначеного за допомогою автоколімаційного теодоліта (теодолітів).

Розроблено дві схеми вимірювань. Перша – вимірювання за допомогою двох автоколімаційних теодолітів і двох плоскопаралельних дзеркал, закріплених на лівому та правому колесах за допомогою спеціального пристрою в посадочний отвір вузла кріплення вимірювального датчика до колеса (мал. 2).



Мал. 2. Схема визначення абсолютної похибки стенда при вимірюванні загального сходження коліс автомобіля при застосуванні 2-х автоколімаційних теодолітів

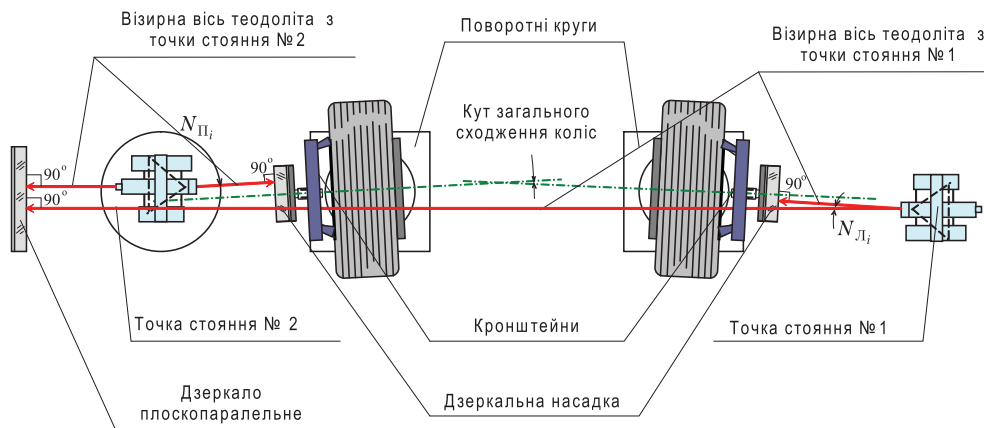
Друга схема передає, як це робиться за допомогою автоколімаційного теодоліта й плоскопаралельного дзеркала, яке кріпиться послідовно на лівому та правому колесах за допомогою спеціального пристрою в посадочний отвір вузла кріплення вимірювального датчика до колеса, та іншого базового плоскопаралельного дзеркала, яке встановлюється на теодолітному штативі приблизно у створі осей обертання коліс на рівні горизонту теодоліта (мал. 3). Теодоліт по чергову встановлюється біля одного, а потім біля другого колеса.

Передній міст піддомкрачується так, щоб колеса мали можливість вільно обертатися. Колеса фіксуються у напрямку прямолінійного руху. Теодоліт своїм об'єктивом встановлюється майже впритул до дзеркала.

Підготовка та умови вимірювань при визначенні загального сходження аналогічні підготовці та умовам, які витримуються при визначенні розвалу, тому вимірювання виконуються комплексно з одного встановлення теодоліта. Допускається вертикальні та горизонтальні кути вимірювати одночасно.

У процесі вимірювань за першою схемою сітки ниток теодолітів наводяться одна на одну і беруться відповідні відліки або встановлюються відліки, які дорівнюють нулю. Теодоліти наводяться кожний на своє дзеркало і виконуються вимірювання так, як описано вище.

У ході вимірювань за другою схемою сітка ниток теодоліта наводиться на її зображення, відбите від базового дзеркала, і теж береться відповідний відлік або встановлюється відлік, який дорівнює нулю. Прилад наводиться на дзеркало на колесах й



Мал. 3. Схема визначення абсолютної похибки стелда при вимірюванні загального сходження коліс автомобіля із застосуванням плоскопаралельного дзеркала або автоколімаційного нівеліра

вимірювання проводять так, як описано вище. Потім теодоліт переноситься і встановлюється навпроти другого колеса, на якому закріплюється дзеркало. Сітка ниток теодоліта знову наводиться на її зображення, відбите від базового дзеркала, і береться відповідний відлік або встановлюється відлік, який дорівнює нулю, та виконуються вимірювання на дзеркало на колесі.

Дійсне значення кута загального сходження передніх (задніх) коліс автомобіля обчислюється за формулами

$$\bar{N}_{\text{ЛП}(3)} = \frac{\sum_{i=1}^4 N_{\text{Л}_i}}{4} - N_{\text{БЛ}}; \quad \bar{N}_{\text{ПП}(3)} = \frac{\sum_{i=1}^4 N_{\text{П}_i}}{4} - N_{\text{БП}}; \\ \bar{\beta}_{\text{П}(3)} = \bar{N}_{\text{ЛП}(3)} + \bar{N}_{\text{ПП}(3)}. \quad (3)$$

де $N_{\text{Л}_i}$, $N_{\text{П}_i}$ – виміряні горизонтальні напрямки на дзеркало на колесі при поворотах коліс на 90° ; $N_{\text{БЛ}}$, $N_{\text{БП}}$ – відліки за горизонтальними кругами теодолітів при наведенні один на одний; $\bar{N}_{\text{ЛП}(3)}$, $\bar{N}_{\text{ПП}(3)}$ – середні горизонтальні напрямки від створу, заданого теодолітами на осі обертання коліс; $\bar{\beta}_{\text{П}(3)}$ – кут загального сходження, виміряний за допомогою теодоліта.

Якщо використовувались один теодоліт і базове дзеркало, то в залежності від того, з якого боку воно кріпилося, від відповідного кута віднімається 180° (кут загального сходження повинен бути близьким до 0°).

Обчислення абсолютної похибки стелда при вимірюванні кута загального сходження передніх (задніх) коліс виконується за формулою

$$\Delta_{\beta\text{П}(3)} = \beta_{\text{П}(3)} - \bar{\beta}_{\text{П}(3)}, \quad (4)$$

де $\beta_{\text{П}(3)}$ – кут загального сходження, виміряний за допомогою стелда; $\Delta_{\beta\text{П}(3)}$ – абсолютна похибка вимірювання кута загального сходження стелдом.

5. Визначення абсолютної похибки стелда при вимірюванні базового кута автомобіля. Теоретично осі, що проходять через центри обертання передньої та задньої пар коліс автомобіля, повинні бути паралельні та перпендикулярні до поздовжньої осі кузова автомобіля. На практиці, якщо ця умова не витримується (осі не паралельні

внаслідок деформації кузова при аварії), машина рухатиметься не прямолінійно, а повертатиме, тобто рухатиметься по колу деякого радіуса. Водій буде вимушений повертати кермо так, щоб вирівняти автомобіль і рухатись прямо. При цьому вісь кузова розташовується під деяким кутом до напрямку руху. Цей кут називається базовим. Схожа картина виникає, коли осі паралельні але не перпендикулярні до осі кузова, наприклад, кузов має форму

не прямокутника, а паралелограма. Більшість стелдів дозволяє визначати цей параметр з певною похибкою, тому маємо її знати.

Абсолютну похибку стелда при вимірюванні базового кута автомобіля знаходять методом порівняння його показів з дійсним значенням кута, вимірюного за допомогою автоколімаційного теодоліта (теодолітів).

Як і для визначення загального сходження коліс, розроблено дві схеми вимірювань базового кута. Перша – вимірювання за допомогою двох автоколімаційних теодолітів і двох плоскопаралельних дзеркал, які кріпляться на лівому та правому колесі за допомогою спеціального пристрою в посадочний отвір вузла кріплення вимірювального датчика до колеса, та одного чи двох базових дзеркал.

Друга схема передбачає застосування при вимірюванні базового кута одного автоколімаційного теодоліта й одного плоскопаралельного дзеркала, яке послідовно кріпиться на колесах за допомогою спеціального пристрою в посадочний отвір вузла кріплення вимірювального датчика до колеса, та двох чи трьох базових дзеркал.

Вимірювання виконуються в комплексі з визначенням розвалу та сходження коліс автомобіля, але до схеми вимірювань, наведеної на мал. 3, додається базове дзеркало, розташоване відбивною поверхнею приблизно перпендикулярно до напрямку руху автомобіля.

За першою схемою, крім дзеркал, розташованих на колесах, кріпиться базове дзеркало. Робиться це так, щоб нормаль до його поверхні була приблизно паралельна до осі автомобіля і на нього було зручно наводити при вимірюванні розвалу та сходження. Друге базове дзеркало з іншого боку автомобіля потрібне тільки для додаткового контролю точності вимірювань. Автоколімаційними теодолітами виконуються вимірювання один на одний, на дзеркала, розташовані на колесах, або одним із них (чи обома) на базове дзеркало (базові дзеркала). Такі вимірювання обов'язково виконуються для передньої та задньої пар коліс.

Щоб провести вимірювання за другою схемою, до



першої додається ще одне базове дзеркало, нормаль до відбивної поверхні якого майже збігається з задньою чи передньою парою коліс. Тобто все робиться так, як описано для другої схеми з додаванням вимірювань, які виконуються за першою схемою.

Дійсне значення базового кута автомобіля знаходять із формул

$$\begin{aligned}\bar{N}_{\text{лп}} &= \frac{\sum_{i=1}^4 N_{\text{лп}i}}{4} - N_{\text{лпб}} - \frac{\bar{\beta}_{\text{п}}}{2}; \\ \bar{N}_{\text{лз}} &= \frac{\sum_{i=1}^4 N_{\text{лз}i}}{4} - N_{\text{лзб}} - \frac{\bar{\beta}_{\text{з}}}{2}; \quad \bar{\gamma} = \bar{N}_{\text{лп}} - \bar{N}_{\text{лз}},\end{aligned}\quad (5)$$

де $N_{\text{лп}i}$, $N_{\text{лз}i}$ – виміряні горизонтальні напрямки на дзеркало на колесі при поворотах коліс через 90° ; $N_{\text{лпб}}$, $N_{\text{лзб}}$ – відліки за горизонтальними кругами теодолітів при наведенні на базове дзеркало; $\bar{N}_{\text{лп}}$, $\bar{N}_{\text{лз}}$ – середні горизонтальні напрямки від нормалі до базового дзеркала на осі обертання коліс; $\bar{\beta}_{\text{п}}$, $\bar{\beta}_{\text{з}}$ – кути загального сходження, виміряні за допомогою теодоліта відповідно для задньої та передньої пари коліс; $\bar{\gamma}$ – дійсне значення базового кута автомобіля, визначене за допомогою теодоліта.

Абсолютну похибку стенда при вимірюванні кута загального сходження передніх (задніх) коліс знаходять з виразу

$$\Delta_{\gamma} = \gamma - \bar{\gamma}, \quad (6)$$

де γ – базовий кут автомобіля, виміряний за допомогою стенда.

Такі ж обчислення проводять, якщо вимірювання виконувались на базове дзеркало, встановлене з правого боку автомобіля за напрямком його руху. Якщо базові дзеркала встановлювалися з обох боків автомобіля, то обчислення виконуються двічі й береться середнє між двома значеннями кута.

Дійсне значення кута одиночного сходження передніх коліс автомобіля знаходять за формулами

$$\bar{\beta}_{\text{слп}} = \frac{\bar{\beta}_{\text{п}}}{2} - \bar{\gamma}; \quad \bar{\beta}_{\text{спп}} = \frac{\bar{\beta}_{\text{п}}}{2} + \bar{\gamma}. \quad (7)$$

Обчислення абсолютної похибки стенда $\Delta_{\text{слп}}$ та $\Delta_{\text{спп}}$ при вимірюванні кута одиночного сходження лівого та правого переднього колеса виконують за формулами

$$\Delta_{\text{слп}} = \beta_{\text{слп}} - \bar{\beta}_{\text{слп}}; \quad \Delta_{\text{спп}} = \beta_{\text{спп}} - \bar{\beta}_{\text{спп}}, \quad (8)$$

де $\beta_{\text{слп}}$, $\beta_{\text{спп}}$ – одиночне сходження лівого та правого передніх коліс, виміряні стендом.

6. Визначення абсолютної похибки стенда при вимірюванні кута нахилу осі повороту передніх коліс автомобіля. Теоретично поздовжній кут нахилу осі повороту переднього лівого (правого) колеса як кут між проекцією прямоювисної лінії та проекцією осі повороту переднього лівого (правого) колеса на вертикальну площину, паралельну поздовжній осі автомобіля, та поперечний кут нахилу осі повороту переднього лівого (правого) колеса як кут між проекцією прямоювисної лінії та проекцією осі повороту переднього лівого (право-

го) колеса на вертикальну площину, перпендикулярну до поздовжньої осі автомобіля, для даного типу автомобілів повинні відповідати проектним значенням.

Більшість стендів теж дозволяють визначити цей параметр, тому маємо знати його похибку.

Абсолютну похибку стенда при вимірюванні кута нахилу осі повороту передніх коліс автомобіля визначають порівнянням з дійсним значенням кута, виміряного за допомогою автоколімаційного теодоліта (теодолітів). Для вимірювань необхідно мати одне чи два базових дзеркала, встановлених так, щоб нормаль до відбивної поверхні була приблизно паралельна до осі автомобіля.

Послідовність дій з вимірювання наступна:

1. Автоколімаційний теодоліт встановлюють об'єктивом на відстані декількох сантиметрів від плоскопаралельного дзеркала, закріпленого на колесі автомобіля навпроти його центра. Колесо під час експерименту не повинне обертатися. Сітку ниток теодоліта наводять на її відбите зображення від базового дзеркала і беруть відлік за горизонтальним кругом. Потім сітку ниток наводять на її зображення, відбите від дзеркала на колесі, та беруть відліки за горизонтальним та вертикальним кругами.

2. За допомогою руля колесо повертають так, щоб можна було побачити зображення сітки ниток у лівому краю дзеркала, і беруть відповідні відліки за вертикальним та горизонтальним кругами. Аналогічно виконують вимірювання на правий край дзеркала. Допускається виконувати вимірювання у проміжних точках між центром дзеркала та його лівим і правим краями.

3. Колесо за допомогою руля повертають вліво приблизно на 20° . Теодоліт переставляють впритул до дзеркала і виконують вимірювання так, як описано вище. Далі колесо повертають вправо на ті ж 20° від напрямку прямолінійного руху, теодоліт переставляють впритул до дзеркала і знову повторюють вимірювання. Допускається виконувати вимірювання у додаткових точках установки теодоліта. На кожній новій точці починають з відліку на базове дзеркало.

Узагалі кут між віссю повороту колеса та нормаллю до дзеркала не дорівнює 90° , тому, крім двох невідомих кутів поздовжнього та поперечного нахилу осі повороту колеса, при їх обчисленні знаходять ще одне невідоме – відхилення зазначеного кута від 90° . Це відхилення можна або виключити, відюстувавши за допомогою спеціальних гвинтів дзеркало так, щоб при обертанні колеса довкола своєї осі відбите від дзеркала зображення сітки ниток не набагато відхилялося від самої сітки, або обчислити його в ході визначення розвалу.

Поздовжній та поперечний кути нахилу осі повороту передніх коліс автомобіля підпадають під загальний випадок визначення параметрів просторового положення осі обертання динамічного об'єкта, яке виконується за формулами, наведеними в статті [3].

Висновки та перспективи дослідження. Розроблено єдину, незалежну та об'єктивну методику визна-



чення й контролю метрологічних характеристик усіх типів стендів регулювання розвалу та сходження коліс автомобіля завдяки визначенню автоколімаційним методом геометричних параметрів його ходової частини з похибками, меншими за нормовані похибки стендів. У перспективі для підвищення точності вимірювань та продуктивності праці слід розглянути можливість заміни оптичного окуляра зорової труби автоколімаційного теодоліта на фотоелектричний перетворювач та його відлікового пристрою на камеру.

Література

1. *Самойленко, О.М.* МПУ 050/01-2003. Метроло-

гія. Стенди регулювання розвалу і сходження коліс автомобілів комп'ютеризовані. Методика повірки [Текст] / О.М. Самойленко. – К.: Вид-во ДП "Укрметр-тестстандарт", 2003. – 13 с.

2. *Самойленко, О.М.* МПУ 099/01-2003. Метрологія. Міри кутові спеціальні для контролю метрологічних характеристик комп'ютеризованих стендів регулювання розвалу і сходження коліс автомобілів. Методика повірки [Текст] / О.М. Самойленко. – К.: Вид-во ДП "Укрметр-тестстандарт", 2003. – 10 с.

3. *Самойленко, О.М.* Визначення просторової орієнтації осі обертання динамічного об'єкта геодезичним автоколімаційним методом [Текст] / О.М. Самойленко // Вісн. геодез. та картогр. – 2011. – № 1. – С. 26-29.

Надійшла 20.12.10

* * *

УДК 528.3 : 531.5

О. П. Полець

ВПЛИВ ПОШИРЕННЯ ВІДБИТИХ СИГНАЛІВ НА ТОЧНІСТЬ РОБОТИ GPS-ПРИЙМАЧІВ

По результатам экспериментальных наблюдений с использованием специального устройства установлено влияние многолучевости на точность определения координат объектов в зависимости от расстояния между антенной и отражающей поверхностью для GPS-приемника ATX1230 Smart Antenna фирмы "Leica".

In accordance to experimental observations with the help of a special device it have been established the influence of multipath propagation on accuracy of determination of objects coordinates depending on distance between an antenna and a reflecting surface for GPS receiver ATX1230 Smart Antenna (Leica).

Постановка проблеми. На приймальну антену апаратури споживачів GNSS може надходити не тільки прямий сигнал від навігаційного космічного апарата (НКА), а й множина сигналів, відбитих від земної та морської поверхонь, навколишніх об'єктів. Відбитий сигнал часто накладається на прямий. Це суттєво спотворює корисний сигнал і спричинює похибки при стеженні за його параметрами (затримкою, частотою і фазою). Похибки у багатьох випадках залежать від взаємного розташування НКА, типу приймальної антени апаратури споживача космічних навігаційних сигналів і навколишніх об'єктів, які мають екранувальні властивості.

Приймач GPS генерує на заданій частоті псевдовипадковий кодовий сигнал, який використовується для синхронізації з навігаційним сигналом НКА. Сигнал, що локально генерується, обробляється в ході частотного пошуку для корекції впливу ефекту Доплера. AFC-ланка (Automatic Frequency Control – автоматичне підстроювання частоти) забезпечує захоплення частоти, а COSTAS-ланка (Costas loop – синфазно-квадратурна схема

відновлення несної фази) використовується для захоплення фази. Захоплення каналу відбувається, коли ці процеси досягають стійкої дії.

Супутниковий сигнал надходить з похибкою супроводу. Щоб підтримати максимальну кореляцію між супутниковим і локальним сигналом, використовується зворотний зв'язок за кодом, частотою і відходом частоти. Локальний сигнал, як відомо, використовується для отримання відстані та її приросту за несною фазою.

Похибки багатопрохідності з'являються при проходженні навігаційного сигналу від супутника до приймача внаслідок відбиття від поверхонь. Відбиті сигнали зсувають кореляційний пік і спотворюють теоретично симетричну кореляційну характеристику приймача. Це спричинює похибки у вимірюваннях фази і псевдовідстані.

Похибки багатопрохідності властиві як стаціонарним, так і мобільним приймачам. Для мобільних пристроїв шлях навігаційного сигналу і положення супутників змінюються, тому час кореляції похибок багатопрохідності для мобільних споживачів значно менший, ніж для стаціонарних. Похибка коду, викликана ефектом багатопрохідності,

© О. П. Полець, 2011