



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **79080** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01S 17/42** (2006.01)  
**G01S 17/66** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2012 11802</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>12.10.2012</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.04.2013</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.04.2013, Бюл.№ 7</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Коломійцев Олексій Володимирович (UA), Жилін Євген Ігорович (UA), Катунін Альберт Миколайович (UA), Клівець Сергій Іванович (UA), Ломоносов Сергій Іванович (UA), Макаров Сергій Анатолійович (UA), Орлов Сергій Володимирович (UA), Сачук Ігор Іванович (UA), Храпчинський Василь Олегович (UA), Чорний Андрій Миколайович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА, вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023 (UA)</b></p>
---	---

**(54) КАНАЛ АВТОМАТИЧНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗА НАПРЯМКОМ З МСПМ ТА МІБ ДЛЯ ЛІВС ПОЛІГОННОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ**

**(57) Реферат:**

Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ та МІБ для ЛІВС полігонного випробувального комплексу, містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми І, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки (ПСП), виконавчі механізми та а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta\nu_m$  передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) літального апарату для уточнення похибки збігу по кутах. Після ШП, замість інформаційного блока, введено модифікований інформаційний блок та після ПСП, замість електронно-цифрової обчислювальної машини, введено електронну обчислювальну машину.

UA 79080 U

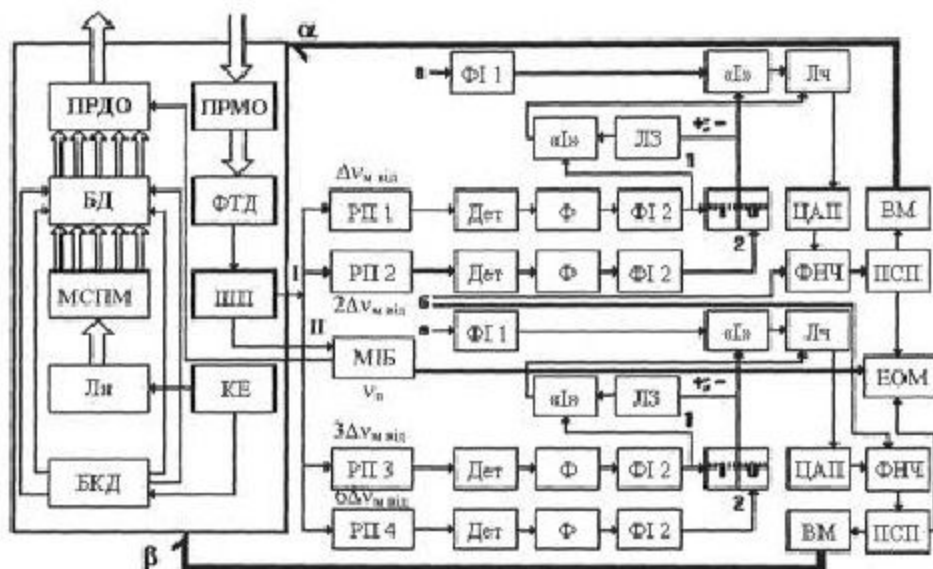


Fig. 1

Запропонована корисна модель належить до галузі електрозв'язку і може бути використана для синтезу лазерної інформаційно-вимірювальної системи (ЛІВС) з частотно-часовим методом (ЧЧМ) пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарата (ЛА).

Відомий "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для лазерної інформаційно-вимірювальної системи" [1], який містить керуючий елемент (КЕ), блок керування дефлекторами (БКД), лазер з накачкою (Лн), селектор подовжніх мод (СПМ), блок дефлекторів (БД), передавальну оптику (ПРДО), приймальну оптику (ПРМО), фотодетектор (ФТД), ширококутовий підсилювач (ШП), інформаційний блок (ІБ), резонансні підсилювачі (РП), настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори (Дет), фільтри (Ф), формувачі імпульсів (ФІ), тригери "1"|"0", схеми І, лінії затримки (ЛЗ), лічильники (Лч), цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), фільтри нижніх частот (ФНЧ), підсилювачі (фільтри) сигналу похибки (ПСП), виконавчі механізми (ВМ), електронно-цифрову обчислювальну машину (ЕЦОМ) та а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta v_m$  від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах.

Недоліком відомого каналу є те, що він не здійснює інформаційний взаємозв'язок з ЛА на несучих частотах  $\nu_n$ .

Найбільш близьким до запропонованого технічним рішенням, вибраним як прототип, є "Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ" [2], який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод (МСПМ), блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми І, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta v_m$  від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах.

Недоліком каналу-прототипу є те, що він не може формувати і обробляти зображення ЛА та не забезпечує збереження інформації, яка оброблена під час проведення його випробувань.

В основу корисної моделі поставлена задача створити канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ та МІБ для ЛІВС полігонного випробувального комплексу, який дозволить здійснювати багатоканальний (N) інформаційний взаємозв'язок з ЛА на несучих частотах  $\nu_n$ , точне і стійке кутове автосупроводження при одночасному вимірюванні кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$  у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА та, в разі необхідності, формування і обробку його зображення.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у канал-прототип, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, ширококутовий підсилювач, інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми І, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронно-цифрову обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta v_m$  від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах, після ШП замість ІБ введено модифікований інформаційний блок (МІБ) та після ПСП замість ЕЦОМ введено електронну обчислювальну машину (ЕОМ).

Побудова каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ та МІБ для ЛІВС полігонного випробувального комплексу пов'язана з використанням одномодового багаточастотного із синхронізацією подовжніх мод випромінювання єдиного лазера-передавача та ЧЧМ [3].

Технічний результат, який може бути отриманий при здійсненні корисної моделі, полягає у стійкому кутовому автосупроводженні ЛА, при одночасному високоточному вимірюванні кутів азимута і місця у широкому діапазоні дальностей, починаючи з початкового моменту його польоту, багатоканальному (N) інформаційному взаємозв'язку з ним на несучих частотах  $\nu_n$ , збереженні інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА та, в разі необхідності, формуванні і обробці його зображення.

На фіг. 1 приведена узагальнена структурна схема запропонованого каналу, де: а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta v_m$  ( $3\Delta v_m$ ) від лазера-передавача; б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей  $\alpha'$  і  $\beta'$ ) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах каналів; I - вимірювальний сигнал; II - інформаційний сигнал та сигнал із просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 2 приведено створення рівносигнального напрямку (РСН) та сканування 4-ма діаграмами спрямованості (ДС) лазерного випромінювання в ортогональних площинах.

На фіг. 3 приведено створення лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації.

На фіг. 4 приведені епюри напруг з виходів блоків запропонованого каналу.

На фіг. 5 приведені епюри напруг з виходів блоків запропонованого каналу, які визначають полярність, де: а) - для визначення знаку "+"; б) - для визначення знаку "-".

На фіг. 6 приведено кут відхилення ЛА від РСН відносно ЛІВС.

Запропонований канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ та МІБ для ЛІВС полігонного випробувального комплексу містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач, модифікований інформаційний блок, резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми I, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки, виконавчі механізми, електронну обчислювальну машину та а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta v_m$  від передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) ЛА для уточнення похибки збігу по кутах.

Робота запропонованого каналу автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ та МІБ для ЛІВС полігонного випробувального комплексу полягає у наступному.

Зі спектру випромінювання одномодового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод лазера-передавача (Лн) за допомогою МСПМ виділяються необхідні частоти та їх комбінації для створення:

багатоканального (N) інформаційного зв'язку, за умови використання сигналу із подовжніх мод (несучих частот  $v_n$ );

РСН на основі формування сумарної ДС лазерного випромінювання, завдяки 4-м парціальним діаграмам спрямованості, що частково перетинаються, за умови використання комбінацій подовжніх мод ("підфарбованих" різницевиими частотами міжмодових биттів)

$$\Delta v_{54}=v_5-v_4=\Delta v_m, \Delta v_{97}=v_9-v_7=2\Delta v_m, \Delta v_{63}=v_6-v_3=3\Delta v_m, \Delta v_{82}=v_8-v_2=6\Delta v_m.$$

Груповий сигнал, який складений із несучих частот  $v_n$ , минаючи БД, потрапляє на ПРДО, де змішується (модулюється) з інформаційним сигналом від МІБ та формує багатоканальний (N) інформаційний сигнал, що передається для ЛА (взаємозв'язок) (фіг. 1, 2).

Також, за допомогою МСПМ та МІБ створюється лазерний сигнал із просторовою модуляцією поляризації шляхом розведення лазерного випромінювання (несучої частоти  $v_n$ ) на два променя ( $v_{n1}$  та  $v_{n2}$ ) з поворотом площин поляризації на кут  $90^\circ$  в одному з них (фіг. 3). При цьому випромінювання апертури першого і другого каналів в апертурній площині U0V рознесені на відстані  $\rho$ . Різниця ходу пучків до картинної площині ЛА XOY змінюється вдовж осі X від точки до точки. Обумовлена цим різниця фаз між поляризованими компонентами, що ортогональні, поля у картинній площині також змінюється від точки до точки. В залежності від різниці фаз у картинній площині змінюється вигляд поляризації сумарного поля сигналу, що зондує від лінійної через еліптичну і циркулюючу до лінійної, ортогональної до початкової і т.д. Період зміни вигляду поляризації визначається базою між випромінювачами  $\rho$  та відстанню до картинної площині R. Розподіл інтенсивності в реєстрованому зображенні ЛА промодульовано по гармонійному закону з коефіцієнтом модуляції, дорівнює значенню ступеня поляризації випромінювання, що відбито в даній ділянці поверхні ЛА.

Водночас сигнал частот міжмодових биттів  $\Delta v_m$ ,  $2\Delta v_m$ ,  $3\Delta v_m$  та  $6\Delta v_m$  потрапляє на БД, який створений з 4-х п'єзоелектричних дефлекторів. Парціальні ДС лазерного випромінювання попарно зустрічно сканують БД у кожній з двох ортогональних площин (фіг. 1, 2). Період сканування задається блоком керування дефлекторів, який разом з Лн живляться від керуючого елемента.

Проходячи через ПРДО, груповий лазерний імпульсний сигнал пар частот  $v_5$ ,  $v_4=\Delta v_m$ ,  $v_9$ ,  $v_7=2\Delta v_m$ ,  $v_6$ ,  $v_3=3\Delta v_m$  та  $v_8$ ,  $v_2=6\Delta v_m$  фокусується в скановані точки простору, оскільки здійснюється зустрічне сканування двома парами ДС лазерного випромінювання у кожній з двох

ортогональних площин  $\alpha$  і  $\beta$  або X і Y. При цьому інформаційний сигнал на частотах  $N v_n$  та сигнал із просторовою модуляцією поляризації  $v_{n1}, v_{n2}$  проходять вдовж РСН (фіг. 2).

Прийняті ПРМО від ЛА інформаційні та, відбиті в процесі сканування чотирьох ДС, лазерні імпульсні сигнали і огинаючі сигнали ДС лазерного випромінювання за допомогою ФТД перетворюються в електричні імпульсні сигнали на несучій частоті і різницевої частоті міжмодових биттів. Підсилені широкосмуговим підсилювачем вони розподіляються:

в МІБ для обробки інформації, що приймається від ЛА та відбитого лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від його поверхні;

по РП, які настроєні на відповідні частоти  $\Delta v_m, 2\Delta v_m, 3\Delta v_m, 6\Delta v_m$ .

При цьому імпульсні сигнали радіочастоти, що надходять з РП $\Delta v_m$  і РП $2\Delta v_m$  формують сигнал похибки по куту  $\alpha$ , а РП $3\Delta v_m$  і РП $6\Delta v_m$  - по куту  $\beta$ .

При відбитті лазерного сигналу із просторовою модуляцією поляризації, що зондує, від поверхні ЛА змінюються амплітудні і фазові співвідношення між ортогонально поляризаційними компонентами, параметри їх поляризаційні і, відповідно, комплексні коефіцієнти когерентності відбитого поля. Просторовий розподіл поляризаційних характеристик такого відбитого сигналу по зміні контрасту модуляційної структури зображення несе також інформацію про типи матеріалів у складі поверхні ЛА, їх характеристики тощо. Тому у МІБ здійснюється поляризаційна обробка поля, що приймається.

Формування сигналу похибки по куту  $\alpha$  полягає у наступному.

Введення імпульсного сигналу (а) з опорного каналу  $\Delta v_m$ , перетвореного ФІ1 у "пачки" опорних імпульсів на частоті  $\Delta v_{m\text{оп}}$ , надходить на схему І. Виділений і посилений імпульсний сигнал з РП $\Delta v_{m\text{від}}$  частоти міжмодових биттів  $\Delta v_{m\text{від}}$  (фіг. 4, 5) детектується Дет у вигляді огинаючої сигналу, що змінюється за законом руху ДС лазерного випромінювання і після проходження Ф перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів сканування в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер "1", перекидуючи його. У цей же час, виділений і посилений РП $2\Delta v_{m\text{від}}$  імпульсний сигнал частоти міжмодових биттів  $2\Delta v_{m\text{від}}$  детектується, виділяючи огинаючу сигналу, що змінюється за таким же законом і, проходячи Ф, перетворюється у ФІ2 у точках переходів періодів коливань в імпульси (один імпульс за період сканування) та надходить на тригер "0", встановлюючи його у вихідний стан.

Задача виміру часового інтервалу в схемі І із заданою точністю полягає у встановленні критерію початку і кінця відліку часового інтервалу по визначених характеристиках значення імпульсних сигналів, що надходять на входи схеми І. У зв'язку з тим, що передній фронт імпульсу досить малий у порівнянні з дозволом, що вимагається за часом, характерними значеннями сигналу, що визначають початок і кінець відліку часового інтервалу є граничне значення  $U_n$  (порогове значення напруги) (фіг. 4).

Завдяки періодичному за цикл сканування відкриттю і закриттю тригером схеми І, регулюється проходження імпульсів у схемі І від ФІ1, тобто відбувається виділення "пачок" імпульсів, число яких пропорційно куту відхилення ЛА від РСН (фіг. 5, 6). Підраховані лічильником імпульси перетворюються ЦАП в аналоговий сигнал похибки з необхідним знаком, що змішується у ФНЧ з імпульсним сигналом від каналу кутових швидкостей ЛА (б) для уточнення похибки збігу по кутах. Завдяки обліку вимірювальної інформації від каналу кутових швидкостей (б) у ФНЧ усуваються динамічна і флуктуаційна похибки фільтрації. Отриманий сигнал, відфільтрований у ФНЧ і посилений підсилювачем сигналу похибки, відпрацьовується за допомогою виконавчого механізму ( $\alpha$ ), надходить від ПСП $\alpha$  на вхід ЕОМ та виділяється в ній у вигляді числа, пропорційного вимірюваному куту азимута  $\alpha$ .

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то на схему І першим надходить імпульс з ФІ2 міжмодової частоти  $\Delta v_{m\text{від}}$ , а на тригер надходить другим імпульс з ФІ2 міжмодової частоти  $2\Delta v_{m\text{від}}$  (фіг. 1, 4-6). На схему І від тригера подається строб, тривалість якого пропорційна відхиленню ЛА від РСН. Цей часовий інтервал вимірюється методом рахунка імпульсів частоти міжмодових биттів  $\Delta v_m$ . Оскільки тривалість строба залежить лише від величини відхилення ЛА від РСН, а не від сторони відхилення, маємо схему визначення полярності сигналу похибки ("+" або "-").

Якщо ЛА буде розташований нижче РСН, то першим надійде імпульс від ФІ2 з каналу  $2\Delta v_{m\text{від}}$ , а другим - з каналу  $\Delta v_{m\text{від}}$ .

Визначення знаку "+" або "-", або сторони відхилення ЛА від РСН полягає у наступному (фіг. 1; 5 а, б).

Якщо ЛА знаходиться вище РСН, то імпульс 1 від каналу  $\Delta v_{m\text{від}}$  випереджає імпульс 2 каналу  $2\Delta v_{m\text{від}}$  (фіг. 1, 5 а). Оскільки строб від тригера затримується на час, що перевищує тривалість імпульсу 1 (або 2), то схема збігів "І" не спрацьовує, тому що імпульс 1 не збігається в часі з даним стробом. Знак сигналу похибки по куту  $\alpha$  залишається позитивним ("+").

Якщо ЛА знаходиться нижче РСН, то імпульс 1 відстає від імпульсу 2, тому він збігається в часі зі стробом (фіг. 5 б). Схема "I" спрацьовує і змінює знак ("-" або полярність) напруги сигналу похибки по куту  $\alpha$ . Імпульс зі схеми "I" подається на знаковий розряд лічильника імпульсів з частотою  $\Delta v_m$ . Число імпульсів у лічильнику пропорційно куту відхилення  $\alpha$  від РСН.

5 Форматування сигналу похибки по куту  $\beta$  відбувається таким же чином, як для сигналу похибки по куту  $\alpha$ .

Виконавчі механізми  $ВМ_\alpha$  і  $ВМ_\beta$  розвертають приймально-передаючу платформу таким чином, щоб ЛА знаходився на РСН запропонованого каналу, тобто на РСН сумарної ДС лазерного випромінювання. Відображення інформації, що приймається (передається) від ЛА та обробка (вимірювання) кутів азимута  $\alpha$  і місця  $\beta$  відбувається у ЕОМ. Для збереження інформації, яка оброблена під час проведення випробувань ЛА, в пам'яті ЕОМ використовується база даних - сукупність взаємопов'язаних даних, організованих у відповідності до схеми даних таким чином, щоб з ними міг працювати користувач. Кількість інформаційних каналів (N) залежить від кількості мод ( $v_n$ ), які мають необхідні вихідні характеристики для використання.

Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель № 23213, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком для лазерної інформаційно-вимірювальної системи. / О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, В.В. Баранник та ін. - № u200700012; заяв. 02.01.2007; опубл. 10.05.2007; Бюл. № 6-8 с.

2. Патент на корисну модель № 68583, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ. / О.В. Коломійцев, Г.В. Альошин, Д.Г. Васильєв та ін. - № u201113583; заяв. 18.11.2011; опубл. 26.03.2012; Бюл. № 6.-7 с

3. Патент на корисну модель № 55645, Україна, МПК G01 S 17/42, G01 S 17/66. Частотно-часовий метод пошуку, розпізнавання та вимірювання параметрів руху літального апарату. / О.В. Коломійцев - № u201005225; заяв. 29.04.2010; опубл. 27.12.2010; Бюл. № 24.-14 с.

30

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з МСПМ та МІБ для ЛІВС полігонного випробувального комплексу, який містить керуючий елемент, блок керування дефлекторами, лазер з накачкою, модифікований селектор подовжніх мод, блок дефлекторів, передавальну оптику, приймальну оптику, фотодетектор, широкосмуговий підсилювач (ШП), резонансні підсилювачі, настроєні на відповідні частоти міжмодових биттів, детектори, фільтри, формувачі імпульсів, тригери "1"|"0", схеми I, лінії затримки, лічильники, цифро-аналогові перетворювачі, фільтри нижніх частот, підсилювачі (фільтри) сигналу похибки (ПСП), виконавчі механізми та а - введення опорного сигналу з частотою  $\Delta v_m$  передавального лазера, б - введення сигналу від каналу оцінки тангенціальної складової швидкості (кутових швидкостей) літального апарату для уточнення похибки збігу по кутах, який **відрізняється** тим, що після ШП, замість інформаційного блока, введено модифікований інформаційний блок та після ПСП, замість електронно-цифрової обчислювальної машини, введено електронну обчислювальну машину.

45

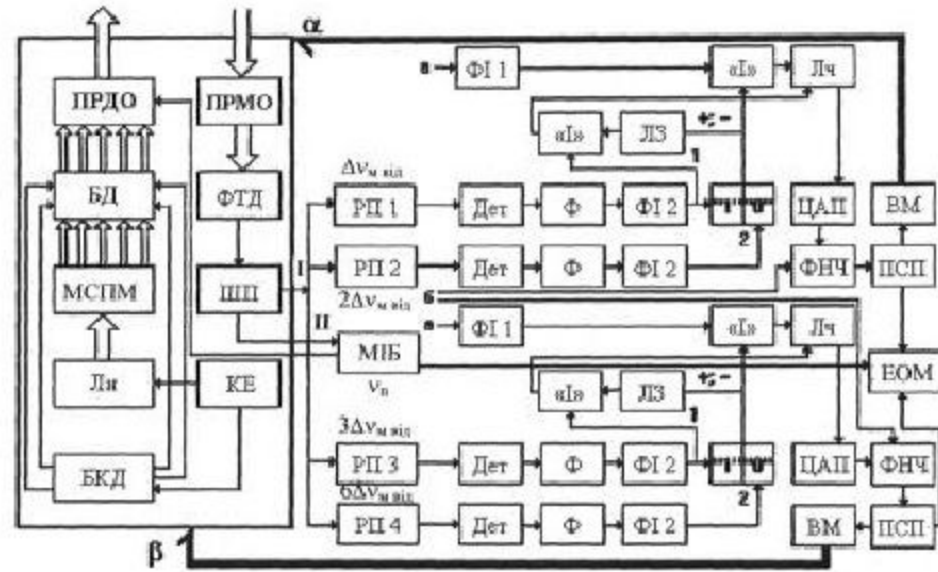


Fig. 1

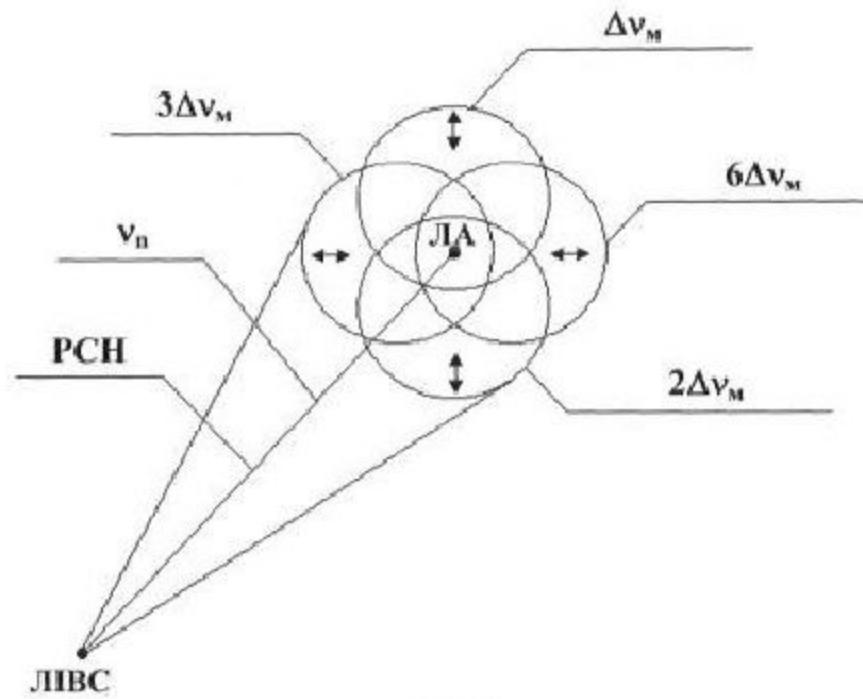
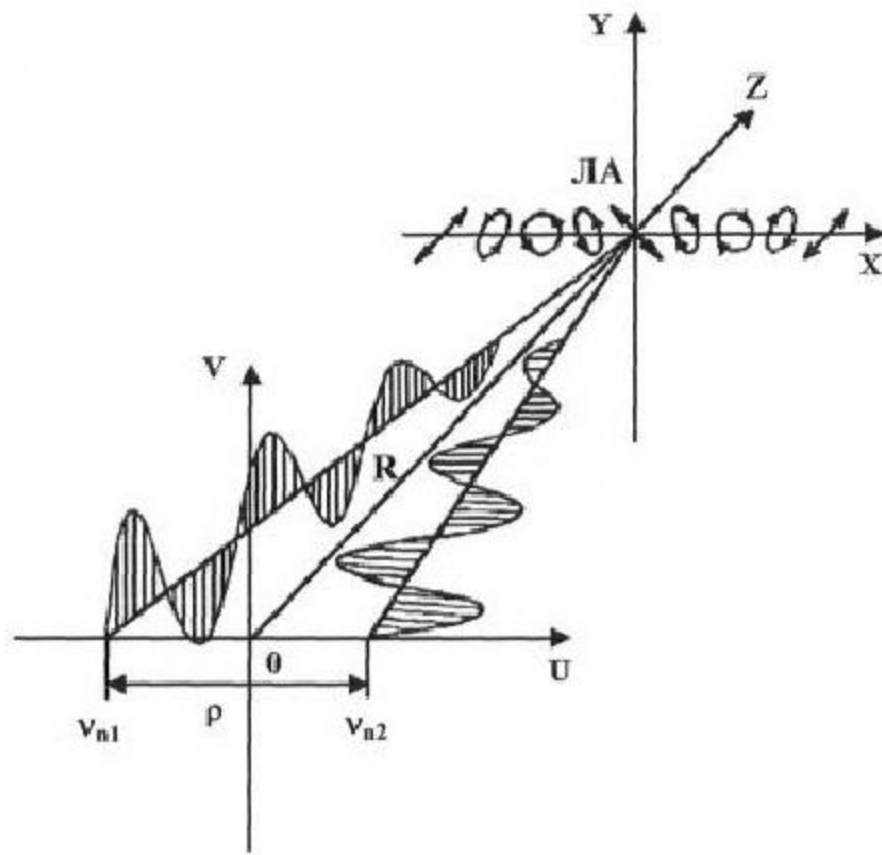


Fig. 2



Фиг. 3