

УДК 681. 375

В.С. Кітов

*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*

## ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ БАГАТОМОДОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВЕДЕННЯ ЗЕНІТНОЇ КЕРОВАНОЇ РАКЕТИ НА ПОВІТРЯНУ ЦІЛЬ

*Запропоновано в лазерній системі наведення зенітної керованої ракети (ЗКР) на повітряну ціль (ПЦ) використовувати селектор подовжніх мод (СПМ) для виділення мод (несучих частот) зі спектру одномодового багаточастотного із синхронізацією подовжніх мод лазерного випромінювання (ЛВ), що забезпечить підвищення точності наведення і боротьбу з завадами. При цьому, використовуються лише один лазер на передавальному боці та резонансні підсилювачі, що настроєні на відповідні моди на приймальному. Запропонована блок-схема СПМ. Приведені аналітичні вирази для визначення електричних полів та інтенсивності подовжніх мод ЛВ з виходів оптичних каналів СПМ.*

**Ключові слова:** *переносний зенітний ракетний комплекс, головка самонаведення, повітряна ціль, система наведення, лазерне випромінювання, селектор подовжніх мод.*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Загальноприйнята класифікація переносних зенітних ракетних комплексів (ПЗРК) полягає головним чином у їх віднесенні до певного покоління залежно від технологічного рівня їх виготовлення (чотири покоління), а також по типах систем наведення зенітних керованих ракет (ЗКР) на повітряні цілі (ПЦ). Відомо, що в ЗКР використовуються головки самонаведення (ГСН) трьох типів наведення – інфрачервоне (ІЧ) і багатоспектральне у сучасних, радіокомандне та лазерне напівактивне.

Перший тип наведення ЗКР на ПЦ пасивне ІЧ – є найбільш поширеним, який використовувався в комплексах, розроблених в США і колишньому СРСР на зорі створення ПЗРК. Важливими перевагами такого типу наведення є реалізація принципу "вистрілив і забув", а також простота роботи оператора при застосуванні зброї. До недоліків можна віднести схильність ГСН ракети постановці перешкод у вигляді відстрілюваних з ПЦ хибних теплових пасток (ІЧ-пасток), а також уразливість від дії бортових комплексів оборони.

Другий тип наведення ЗКР на ПЦ – радіокомандна система наведення CLOS (Command Line Of Sight) будується на принципі візуального супроводження ПЦ оператором і передачі команд наведення на ЗКР за радіоканалом. З одного боку, цей принцип наведення ЗКР робить даремним застосування ПЦ ІЧ-пасток. З іншої – система наведення схильна до дії засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), а також не дозволяє реалізувати принцип "вистрілив і забув" та вимагає якісну підготовку від операторів.

Третій тип наведення ЗКР на ПЦ – лазерна система наведення, яка використовує принцип безпосереднього наведення лазерного променя на ПЦ в яко-

сті лінії прицілювання, при якому ракета прямує в стволі променя. При реалізації цього принципу відсутній канал зв'язку ракети і оператора, що робить систему завадостійкою. В деяких сучасних ПЗРК застосовується напівактивна лазерна система наведення, яка аналогічна принципу, реалізованому в багатьох системах високоточної зброї – підсвічування ПЦ лазерним променем і автономне наведення ракети на відбитий сигнал. Використання цього принципу забезпечує стійкість наведення ракети на ПЦ, відсутність реакції на використання ІЧ-пасток, можливість застосування для знищення малорозмірних ПЦ типу безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з високою ймовірністю ураження.

Таким чином, використання сучасних лазерних технологій в системах наведення ЗКР для підвищення точності наведення ЗКР на ПЦ (БПЛА) є актуальною науково-технічною задачею.

**Аналіз літератури** відомої та існуючої інформації в мережі інтернет, що доступна, про застосування ПЗРК, стан і напрямки модернізації [1 – 6], вказує на ефективне застосування ПЗРК у військових конфліктах та постійну їх модернізацію, у тому числі використання принципів лазерного наведення ЗКР на ПЦ, які мають ряд недоліків та не використовують всі можливості лазерного випромінювання (ЛВ).

**Метою статті** є проведення аналізу принципів наведення ЗКР на ПЦ, які позитивно зарекомендували себе у ході останніх воєнних конфліктів та розробка пропозицій щодо використання оптичних багатомодових сигналів ЛВ для підвищення точності наведення.

### Основний матеріал

До важливих чинників, що впливають на розвиток ПЗРК, відносяться вдосконалення засобів по-

вітряного нападу (ЗПН) противника і тактики їх дій, а також розвиток засобів і способів протидії наведення ЗКР.

З моменту створення ПЗРК застосовувалися у багатьох війнах і озброєних конфліктах тих, що проходять на території таких держав як: Єгипет, Ліван, Лаос, Південний В'єтнам Афганістан, Ірак і багатьох інших.

Нині тривають бойові дії у ряді країн світу у тому числі на південному сході України, де ефективно застосовуються ПЗРК. На початку бойових дій на Донбасі, українське командування намагалося зробити головною ударною силою авіацію – штурмовики Су-25 і вертольоти Ми-24, оскільки ніякого протиповітряного озброєння у сепаратистів не було. Але, незабаром, було придбане озброєння для боротьби з авіацією і це стали ПЗРК. В ході боїв проти української авіації були застосовані як досить застарілі ПЗРК "Стріла-2", "Стрела-2М" і "Стрела-3", так і відносно нові "Ігла" і "Ігла-1".

Відзначається і застосування новітнього ПЗРК російського виробництва "Верба", проте його використання було зафіксоване лише один раз – 6 червня 2014 року, коли над Слов'янськом було збито літак-розвідник Ан-30Б. Доказом його застосування українські ЗС рахують залишки елементів бойової частини ЗКР, що виявлені після події та висота, на якій був збитий літак (для старих модифікацій зразків ПЗРК така висота є недосяжною).

У зоні проведення антитерористичної операції (АТО) також були застосовані ПЗРК "Grom E-2" польського виробництва, що розроблено на базі ПЗРК "Ігла", але тільки на догонному курсі.

На приклад, за офіційними даними, деякі втрати авіатехніки Повітряних Сил Збройних Сил України від застосування ПЗРК в ході ведення бойових дій в зоні АТО склали: два бойові вертольоти Ми-24П (уражені під час патрульного польоту); один вертоліт Ми-8МТ (збитий подвійним пуском ПЗРК); літак-розвідник Ан-30Б (уражений на висоті біля 6000 м); військово-транспортний літак Іл-76МД (збитий подвійним пуском ПЗРК); вертоліт Ми-8МТ (уражений з ПЗРК відразу після зльоту) та військово-транспортний літак Ан-26 (уражений з ПЗРК).

Отже, застосування ПЗРК у військових конфліктах є дуже ефективним, тому подальша модернізація цих комплексів з метою підвищення точності наведення ЗКР на ПЦ і боротьби з пастками є постійно актуальною науковою задачею.

На даний час провідними країнами-розробниками ПЗРК є: Росія, США, Великобританія, Франція, Швеція і Японія. Крім того, зростає число держав, що виробляють їх самостійно. Так, наприклад, Китай поступово долаючи відставання в цій області, створює комплекси, які за своїми параметрами відповідають сучасним тактико-технічним вимогам.

ПЗРК виробництва КНР мають високу конкурентну здатність завдяки високим тактико-технічним характеристикам (ТТХ) та низкою ціновою категорією, до яких можливо віднести:

HN-5 (Хуньин або "Червона папуга") – копія ПЗРК "Стріла-2М" з наступними ТТХ: ураження ПЦ вдогін; маса ПЗРК – 15 кг, ЗКР – 9,8 кг, бойової частини (БЧ) – 0,5 кг, осколково-фугаснакумулятивна (ОФ); дальність стрільби – 0,5-4,2 км; швидкість ЗКР – 500 м/с; висота ураження ПЦ – 0,05-2,3 км;

QW-1 "Цянвэй-1" – всеракурсна ЗКР, 1994 року розробки з наступними ТТХ: маса ПЗРК – 16,5 кг, ЗКР – 10,68 кг, БЧ – 0,57 кг, ОФ-кумулятивна; дальність стрільби – 0,5-5 км; швидкість ЗКР – 600 м/с; висота ураження ПЦ – 0,03-4 км; (QW-1М пройшов модернізацію у 2002 році та отримав масу ПЗРК – 18 кг, але з поліпшеним ІЧ-датчиком, підвищеними завадозахищеністю та ймовірністю ураження цілей, що летять низько (НЛЦ);

QW-2 "Цянвэй-2" – копія ПЗРК "Ігла-1", 1998 року розробки з наступними ТТХ: всеракурсна ЗКР; маса ПЗРК – 18 кг, ЗКР – 11,32 кг, БЧ – 1,42 кг, ОФ-кумулятивна; відстань стрільби – 0,5-6 км; швидкість ЗКР – 600 м/с; висота ураження – 0,01-3,5 км; обладнаний новою покращеною дводіапазонною тепловою ГСН; має високу завадостійкість по відношенню до теплових пасток, що відстрілюються ПЦ, тепловому випромінюванню Сонця та поверхні землі, що сприяє всепогодності та можливості застосування в будь-який час доби;

QW-3 "Цянвэй-3" – 2002 року розробки з наступними ТТХ: стартовий прискорювач; стержнева БЧ; маса ЗКР – 23 кг; дальність стрільби 0,8-8 км; швидкість ЗКР – 750 м/с; висота ураження ПЦ – 0,004-5 км. Призначений для знищення літаків та вертольотів на низькій висоті. Заявлена імовірність ураження ПЦ одною ракетою 0,85. Має напівактивну ГСН з захистом від оптичних і електромагнітних перешкод;

QW-4 "Цянвэй-4" – всеракурсна ЗКР, 2002 року розробки з наступними ТТХ: ІЧ ГСН; лазерний неконтактний підривач; дальність стрільби – 0,5-6 км (2М), висота ураження ПЦ – 0,004-4 км;

FN-6 (FeiNu-6) – всеракурсна ЗКР, налог французького ПЗРК Mistral з наступними ТТХ: маса ПЗРК – 17 кг; довжина ЗКР – 1495 мм; діаметр – 71 мм, вага – 10,77 кг; дальність стрільби – 0,5-5,5 км, висота ураження ПЦ – 0,015-3,5 км. ПЗРК четвертого покоління з пасивним ІЧ-наведенням. Система наведення розроблена в Китаї і є найбільш досконалим комплексом ПЗРК, який пропонується на міжнародних ринках і спеціально розрахований на ураження НЛЦ. Він оснащений цифровою ІЧ ГСН з хорошим захистом від дії хибних цілей, сонячного випромінювання та теплового випроміню-

вання від землі. ЗКР розрахована на всеракурсну стрільбу з вірогідністю ураження ПЦ з одного пострілу – 0,7 та обладнана неконтактним датчиком цілі. Вона може уразити ПЦ при маневруванні з прискоренням до 4 g та може бути обладнана для стрільби в нічний час. Система оснащена охолоджуваною ІЧ ГСН.

З початку 80-х років збройні сили США і ряду зарубіжних держав використовують ПЗРК FIM-92 Stinger. За минулі десятиліття цей комплекс пройшов декілька модернізацій, спрямованих на підвищення його ТТХ. Передусім, доопрацюванням піддавалися системи наведення і управління, що привело до помітного підвищення ТТХ комплексу. Крім того, робляться певні заходи, що спрямовані на збільшення терміну служби ПЗРК.

Комплекси Stinger усіх модифікацій мають схожий склад. У складі цих ПЗРК використовуються ЗКР в транспортно-пусковому контейнері (ТПК), пусковий механізм, оптичний приціл для візуального попереднього наведення ракети, блок з електричною батареєю і холодагентом, а також апаратура упізнання "свій-чужий".

ЗКР ПЗРК FIM-92 усіх модифікацій будуються за схемою "качка" і оснащуються твердопаливними ракетними двигунами. На ракетах застосовуються дводіапазонні ІЧ ГСН. У останніх модернізаціях передбачається використання ГСН, працюючих як в ІЧ, так і в ультрафіолетовому (УФ) діапазоні. Подібна апаратура ефективніше виявляє ПЦ та менш схильна до дії перешкод. Ракети усіх модифікацій мають довжину близько 1500 мм і діаметр корпусу 70 мм, стартову вагу ракети – 10 кг. У бойовому положенні комплекс важить близько 15-16 кг. Використовується твердопаливний ракетний двигун, який забезпечує швидкість польоту ЗКР до 700-750 м/с. Для ураження ПЦ використовується ОФ БЧ вагою 2,3 кг. Останні модифікації ЗКР здатні уразити ПЦ на дальності до 8 км і висоті до 3,5 км.

ПЗРК FIM-92 Stinger прийнятий на озброєння армії США у 1981 році та поставляється у велику кількість зарубіжних країн світу, де активно використовується в різних озброєних конфліктах.

Шведський ПЗРК RBS-70 є одним з найбільш поширених комплексів. В ньому використовується лазерна система наведення, одним з достоїнств якої є можливість здійснювати перехоплення НЛЦ, на тлі підстилаючої поверхні. Підсвічування НЛЦ здійснюється з моменту пуску ЗКР, не демаскуючи розрахунок, але в той же час супроводження цілі займає 10–15 с, що у бойових умовах може бути критично. ПЗРК вимагає навчених операторів, курс підготовки яких за допомогою тренажера займає 15–20 годин, розподілених впродовж 10–13 днів.

ПЗРК RBS-70 прийнятий на озброєння у 1977 році, оснащувався ЗКР Rb-70mk0 з дальністю стрі-

льби до 5000 м, висотою перехоплення 3000 м, довжиною 1,32 м, діаметром 105 мм, вагою 15 кг, осколковою БЧ вагою в 1 кг. Швидкість польоту ЗКР різних модифікацій – від 525 до 680 м/с. Остання модифікація ЗКР – Bolide (2001 р.) має дальність дії до 8000 м, висоту до 5000 м. В цілому комплекс має велику вагу – вага ЗКР в ТПК складає 24 кг, блок наведення 35 кг, апаратура упізнання "свій-чужий" 11 кг, джерело електроживлення і тренога 24 кг. Хоча, цей ПЗРК перебуває на озброєнні армій 19 країн світу.

За результатами проведеного аналізу застосування ПЗРК, шляхів модернізації та перспектив подальшого їх розвитку, можливо стверджувати, що подальшим напрямком модернізації ПЗРК є вдосконалення системи наведення ГСН на ПЦ завдяки використанню особливостей лазерного випромінювання.

Вже відомі пропозиції щодо використання багатомодових сигналів ЛВ для вимірювання параметрів руху літальних апаратів та схемотехнічні рішення для виділення їх комбінацій [7–9].

Багатомодову структуру сигналу корисно використовувати і для системи наведення ГСН на ПЦ. Використання 3-х несучих частот  $\nu$  на передаючій стороні та відповідних резонансних підсилювачів на прийомній, робить таку систему більш стійкою до можливих перешкод.

При цьому центральна мода ( $\nu_1$ ) – це  $TEM_{00q}$ , а  $\nu_2$  та  $\nu_3$  – це моди, що розташовані ліворуч і праворуч від неї відповідно.

Розроблено блок-схема селектору подовжніх мод (СПМ) для виділення несучих частот із однододового багаточастотного з синхронізацією подовжніх мод ЛВ, рис. 1.

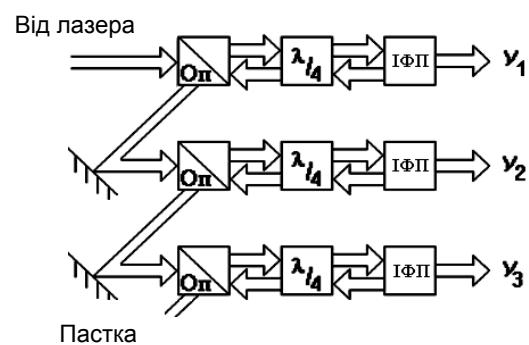


Рис. 1. Блок-схема селектору подовжніх мод

СПМ складається з 3-х каналів, кожен з яких містить: оптичний поляризатор (Оп) ЛВ, пасивну фазову пластинку  $\lambda/4$ , що повертає вектор  $E$  минаючого випромінювання на кут  $45^\circ$  за один прохід, вузькосмуговий інтерферометр Фабрі-Перо (ІФП), настроєний на визначену моду (частоти  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$ ) та допоміжні дзеркала, що призначені для каналізації

ЛВ з каналу в канал і пастку. Пастка необхідна для розсіювання ЛВ, що залишилася після виділення необхідних мод (несучих частот).

Робота запропонованого СПМ аналогічна роботі СПМ, що описано у [8–9].

Втратами ЛВ в кожному оптичному каналі СПМ можна нехтувати [8–10].

Оптичні коливання електричного поля кожної з мод, що виділені СПМ можливо записати [8, 9]:

$$\begin{aligned} E_1(t) &= A_1 \sin[2\pi(v_{\text{л}} + 1\Delta v_{\text{м}})t + \varphi_1], \\ E_2(t) &= A_2 \sin[2\pi(v_{\text{л}} + 2\Delta v_{\text{м}})t + \varphi_2], \\ E_3(t) &= A_3 \sin[2\pi(v_{\text{л}} + 3\Delta v_{\text{м}})t + \varphi_3], \end{aligned} \quad (1)$$

де  $A$  – амплітуда моди;  $v_{\text{л}}$  – частота лазера;

$\Delta v_{\text{м}}$  – частота міжмодових биттів;

$t$  – час;

$\varphi$  – фаза моди.

Інтенсивність кожної з мод, що виділені з кожного оптичного каналу СПМ можливо записати [8]:

$$I_{1,1} \approx T_0 \cdot I_1, \quad I_{2,2} \approx T_0 \cdot I_2, \quad I_{3,3} \approx T_0 \cdot I_3 \quad (2)$$

де  $I_1, I_2, I_3$  – інтенсивності ЛВ для мод  $v_1, v_2$  та  $v_3$ .

Таким чином отримані вирази для вихідного ЛВ каналів СПМ показують, що інтенсивність відселектованих мод не зменшується в кожному оптичному каналі.

## Висновки

За результатами проведеного аналізу на теперішній час одними з кращих зразків ПЗРК, за своїми ТТХ, на ринку озброєння є Stinger-RMP Block I та “Верба” 9К333, які відповідають сучасним вимогам, але мають високу вартість.

Перспективною системою наведення ГСН на ПЦ є лазерна система, яка, на жаль, не використовує особливості багатомодової структури ЛВ.

Використання селектору подовжніх мод в системі наведення ЗКР на ПЦ забезпечить виділення необхідних мод (несучих частот) зі спектру одномодового багаточастотного із синхронізацією подовжніх мод лазерного випромінювання. Робота системи на 3-х частотах підвищить точність наведення і забезпечить додаткову боротьбу з завадами.

Завдяки використанню в СПМ високоякісних матеріалів втратами ЛВ, викликаними його ослабленням в оптичних елементах, можна нехтувати. Інтенсивність відселектованих мод не зменшується.

## Список літератури

1. Международная организация гражданской авиации. Информация и методические указания по оценке уязвимости аэропортов. Переносные зенитные ракетные комплексы (ПЗРК). Издание первое – июль 2015. – С. 12-16.
2. Онлайн-библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://petrimazepa.com> / Донбасский урок для украинских «соколов». – Дата доступа: 27.08.2017.
3. Информационное агентство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://военное.рф> / Почему в Сирии стали чаще сбивать вертолеты ВКС России. — Дата доступа: 27.08.2017.
4. Matt Schroeder. The Manpads Threat and International Efforts to Address It. Ten Years after Mombasa. – Washington D.C.: Federation of American Scientists, 2013. – P. 6.
5. Raytheon (General Dynamics) FIM-92 Stinger [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.designation-systems.net/dusrm/m-92.html](http://www.designation-systems.net/dusrm/m-92.html). – Дата доступа: 27.08.2017.
6. MANPADS. A Terrorist Threat to Civilian Aviation? // BICC. 2013. February. – P. 62.
7. Информационные технологии и системы в управлении, образовании, науке [Коллект. моногр.] / [А.В. Коломийцев и др.]; под ред. В. С. Пономаренко. – Х.: Цифрова друкарня № 1, 2013. – 278 с.
8. Коломійцев О. В. Приймально-передавальна частка лазерної інформаційно-вимірювальної системи з МЧЧМВ / О. В. Коломійцев, О. О. Копилов, С. І. Клівець, В. С. Кітов, Д. В. Руденко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2009. – Вип. 1(9). – С. 41 – 46.
9. Коломійцев О.В. Багатоканальний селектор подовжніх мод / О.В. Коломійцев // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУ ПС, 2008. – Вип. 1(13). – С. 106 – 107.
10. Kudriashov V. 'Experimental Evaluation of Opportunity to Improve the Resolution of the Acoustic Maps'. In: Kountchev R. and Nakamatsu K. (eds.), *New Approaches in Intelligent Image Analysis*, Intelligent Systems Reference Library 108, pp. 353-373. Springer International Publishing Switzerland 2016. – DOI: 10.1007/978-3-319-32192-9\_11, SJR: 0.154.

## References

1. ICAO-International Civil Aviation Organization (2015), „Perenosnie zenytnie raketnie kompleksi (PZRK)” [Portable anti-aircraft missile systems complexes (MANPADS)], *Information and guidance on vulnerability assessment of airports*, No. 1, pp. 12-16.
2. Electronic resource (2017), „Donbasskyu urok dlya ukraynskyykh «sokolov»” [Donbass lesson for Ukrainian "falcons"], access mode : <https://petrimazepa.com> (accessed 27 August 2017).
3. Electronic resource (2017), „Pochemu v Syryy staly chashche sbyvat vertoleti VKS Rossyy” [Why in Syria began to shoot down helicopters of the Russian Air Force], access mode : <https://военное.рф> (accessed 27 December 2017).
4. Matt Schroeder (2017), *The Manpads Threat and International Efforts to Address It. Ten Years after Mombasa*,

Washington D.C.: Federation of American Scientists, P. 6.

5. Electronic resource (2017), *Raytheon (General Dynamics) FIM-92 Stinger*, access mode : [www.designation-systems.net/dusrm/m-92.html](http://www.designation-systems.net/dusrm/m-92.html).

6. MANPADS. (2013), *A Terrorist Threat to Civilian Aviation?*, BICC. 2013, February, P. 62.

7. Kolomyitsev, O.V. and others (2013), „*Ynformatsyonnie tekhnolohyy y systemi v upravlenyy, obrazovanny, nauke*” [Information technologies and systems in management, education, science], Ponomarenko V.S., Kharkiv, digital printing house № 1, 276 p.

8. Kolomyitsev, O.V., Kopilov, O.O., Klivets, S.I., Kitov, V.S. and Rudenko, D.V. (2009), „*Pryymalno-peredavalna chastka lazernoyi informatsiyno-vymiryuvalnoyi systemy z MChChMV*” [Acceptance-transmitting share of the laser information-measuring system with MCHCHMV], *Systems of control, navigation and communication*, No. 1(9), pp. 41-46.

9. Kolomyitsev, O.V. (2008), „*Bahatokanalnyy selektor podovzhnikh mod*” [Multichannel long-distance modifier selector], *Systems of frms and military equipment*, No. 1(13), pp. 106-107.

10. Kudriashov, V.E. [Experimental Evaluation of Opportunity to Improve the Resolution of the Acoustic Maps.] In: Kountchev R. and Nakamatsu K. (eds.), *New Approaches in Intelligent Image Analysis, Intelligent Systems Reference Library 108*, pp. 353-373. Springer International Publishing Switzerland 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-32192-9\_11, SJR: 0.154.

Надійшла до редколегії 3.11.2017

Схвалена до друку 7.12.2017

#### Відомості про автора:

##### Кітов Вадим Станіславович

викладач кафедри Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4328-2840>  
e-mail: [vskitoff@i.ua](mailto:vskitoff@i.ua)

#### Information about the author:

##### Vadim Kitov

Instructor of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4328-2840>  
e-mail: [vskitoff@i.ua](mailto:vskitoff@i.ua)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МНОГОМОДОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ НАВЕДЕНИЯ ЗЕНИТНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАКЕТЫ НА ВОЗДУШНУЮ ЦЕЛЬ

В.С. КИТОВ

Предложено в лазерной системе наведения зенитной управляемой ракеты на воздушную цель использовать селектор продольных мод (СПМ) для выделения мод (несущих частот) из спектра одномодового многочастотного с синхронизацией продольных мод лазерного излучения (ЛИ), что обеспечит повышение точности наведения и борьбу с помехами. При этом, используются лишь один лазер на передаточной стороне и резонансные усилители, которые настроены на соответствующие моды на приемной. Предложена блок-схема СПМ. Приведены аналитические выражения для определения электрических полей и интенсивности продольных мод ЛИ с выходов оптических каналов СПМ.

**Ключевые слова:** переносной зенитный ракетный комплекс, головка самонаведения, воздушная цель, система наведения, лазерное излучение, селектор продольных мод.

### USE OF VISUAL POLYMODAL SIGNALS FOR INCREASE OF EXACTNESS OF AIMING OF THE ZENITHAL GUIDED ROCKET ON AIR AIM

V. Kitov

It is offered in the laser system of aiming of the zenithal guided rocket on an air aim to use the selector of longitudinal frequencies (SLF) for the selection of frequencies (bearing frequencies) from the spectrum of one frequency much frequency with synchronization of longitudinal frequencies of laser radiation (LR), that will provide the increase of aiming exactness and fight against hindrances. Thus, one laser on a transmission side and resonant strengtheners that is adjusted on corresponding frequencies on a waiting room are used only. The flow-chart of SLF is offered. Analytical expressions over are brought for determination of the electric fields and intensity of longitudinal frequencies LR from the exits of optical channels of SLF.

**Keywords:** portable zenithal rocket complex, head of homing, air aim, aiming system, laser radiation, selector of longitudinal frequencies.