РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 321 818** (13) **C1**

(51) МПК
F41H 11/02 (2006.01)
F41G 7/20 (2006.01)
F41A 23/42 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2006128814/02, 08.08.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.08.2006

(45) Опубликовано: **10.04.2008 Бюл. № 10**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2131577 C1, 10.06.1999. RU 2135924 C1, 27.08.1999. RU 2244242 C1, 10.01.2005. RU 2229668 C1, 27.05.2004. US 5042743 A, 27.08.1991. US 5197691 A, 30.03.1993. US 4406429 A, 27.09.1983.**

Адрес для переписки:
300001, г.Тула, Щегловская засека, ГУП "Конструкторское бюро приборостроения"

(72) Автор(ы):
Шипунов Аркадий Георгиевич (RU),
Рошаль Леонид Борисович (RU),
Слугин Валерий Георгиевич (RU),
Зубарев Александр Анатольевич (RU),
Кузьмич Янина Леонтьевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное унитарное предприятие "Конструкторское бюро приборостроения" (RU)

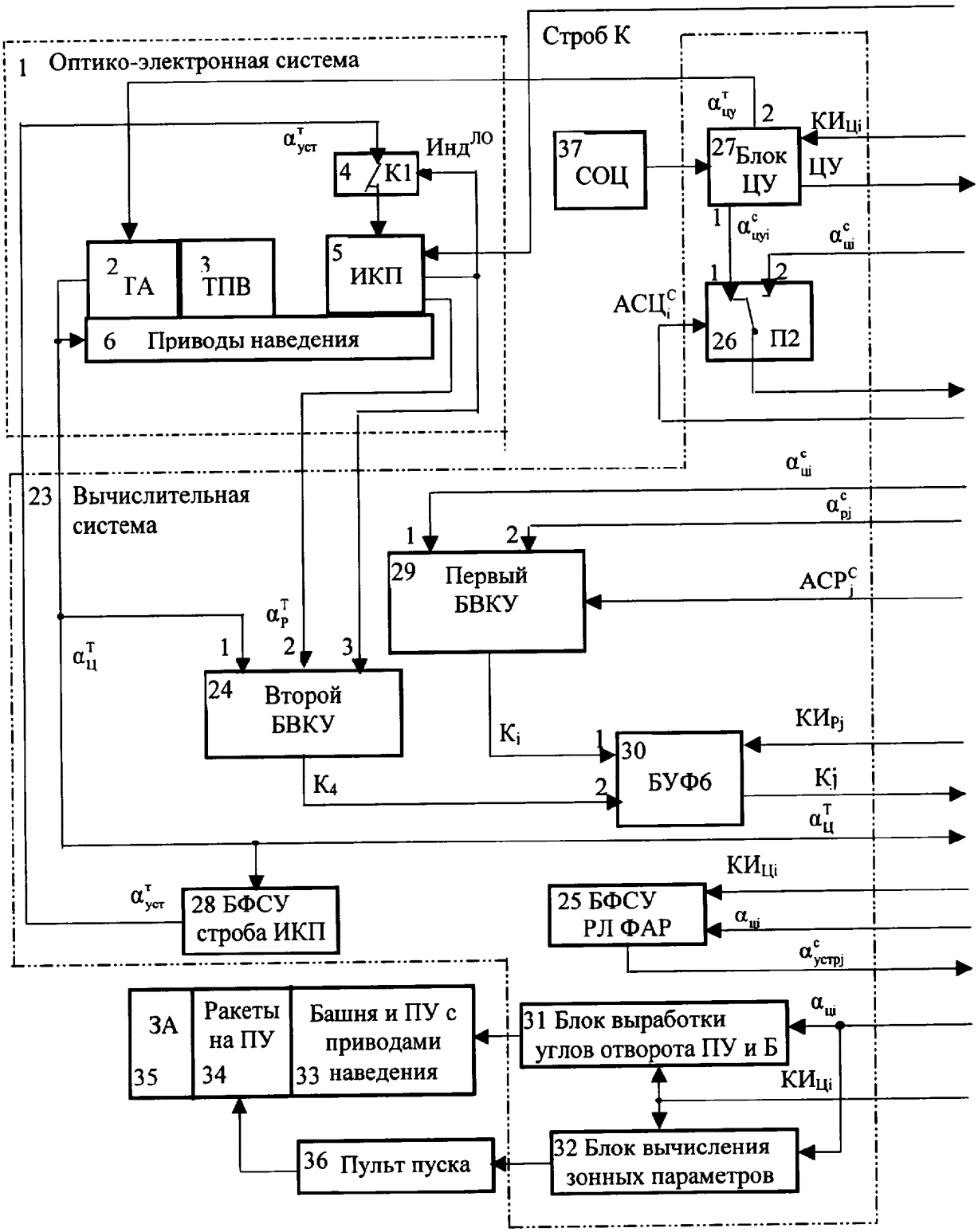
(54) ЗЕНИТНЫЙ РАКЕТНО-ПУШЕЧНЫЙ КОМПЛЕКС

(57) Реферат:

Изобретение относится к средствам противовоздушной обороны, в частности к зенитным комплексам ближнего рубежа. Техническим результатом является повышение боевой эффективности комплекса за счет расширения функциональных возможностей и обеспечения одновременного обстрела четырех целей с разных направлений при эффективном использовании ЗУР со сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями, в том числе на малых высотах в любых погодных условиях. Сущность изобретения заключается в том, что в комплекс введена многоканальная радиолокационная система с фазированной антенной решеткой (МРЛС), работающая в миллиметровом диапазоне волн с электронным сканированием луча в угломестной и азимутальной плоскостях в пределах ±45°, а при работе в азимутальной плоскости в пределах 360° при вращении башни с помощью приводов наведения. Электронное сканирование луча в широком диапазоне углов (±45°) за счет быстродействующей системы управления лучом позволило повысить точность определения координат за счет исключения электромеханических элементов из схем слежения за целями и ракетами. Применение миллиметрового диапазона и реализация узкой диаграммы направленности луча (±0,35°) обеспечивает высокую точность сопровождения целей (ошибки не более 0,1 мрад) и наведения ЗУР (ошибки 0,1-0,15 мрад) на дальностях до 20 км и эффективный обстрел низколетящих целей во всепогодном радиолокационном режиме. Введение синхронизатора-шифратора и планировщика канальных интервалов обеспечили многоканальность и многофункциональность за счет реализации временной циклограммы и синхронизации всех блоков радиолокационной станции сопровождения целей, оптико-электронной и вычислительной систем. Это обеспечивает одновременное сопровождение трех целей и одновременный ввод, пеленгацию и перевод в узкий луч четырех ракет с передачей на них команд управления. Четвертая цель при этом сопровождается оптико-электронной системой. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2321818 C1

RU 2321818 C1



Фиг. 1а

RU 2321818 C1

RU 2321818 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 321 818** (13) **C1**

(51) Int. Cl.
F41H 11/02 (2006.01)
F41G 7/20 (2006.01)
F41A 23/42 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2006128814/02, 08.08.2006**

(24) Effective date for property rights: **08.08.2006**

(45) Date of publication: **10.04.2008 Bull. 10**

Mail address:
300001, g.Tula, Shcheglovskaja zaseka, GUP "Konstruktorskoe bjuro priborostroenija"

(72) Inventor(s):
Shipunov Arkadij Georgievich (RU),
Roshal' Leonid Borisovich (RU),
Slugin Valerij Georgievich (RU),
Zubarev Aleksandr Anatol'evich (RU),
Kuz'mich Janina Leont'evna (RU)

(73) Proprietor(s):
Gosudarstvennoe unitarnoe predprijatie "Konstruktorskoe bjuro priborostroenija" (RU)

(54) ANTIAIRCRAFT MISSILE-GUN SYSTEM

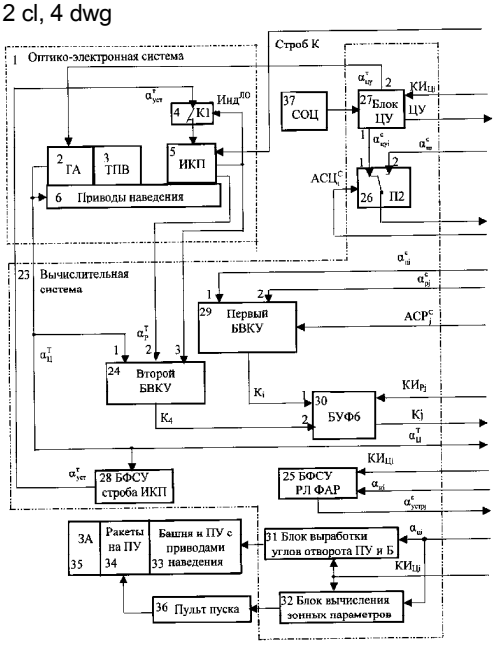
(57) Abstract:

FIELD: antiaircraft means, in particular, antiaircraft close-line systems.

SUBSTANCE: the system has a multi-channel radar system with a phase array operating in the millimetric wave band with an electronic beam scanning in the elevation angle ands azimuth planes within ±45 deg., and at operation in the azimuth plane-within 360 deg. at a turret rotation with the aid of the guidance drives. The electronic beam canning within a wide range of angles (±45 deg.) due to the quick-action beam control system made it possible to enhanced the precision of determination of the co-ordinates because of exclusion of electromechanical element from the target and missile tracking circuits. The use of the millimetric wave band and realization of the narrow beam directivity pattern (±35 deg.) provides for a high precision of target tracking (the error dies not exceed 0.1 mrad) and antiaircraft guided missile guidance 9 the errors within 0.1 to 0.15 mrad) at a ranged up to 20 km and effective fire at low-altitude target in the all-weather radar region. The use of the synchronizer-decoder and the planner of the channel intervals provided for the multi-channeling and multi-functioning due to realization of the time cyclogram and synchronization of all the units of radar target tracking, optoelectronic and computing systems. This provides for a simultaneous tracking of three targets and simultaneous entry, direction finding and transfer to a narrow beam of four missile with transmission of control commands to them. In this case the fourth target is tracked by the optoelectronic system.

EFFECT: enhanced combat efficiency of the system due to expansion of the functional potentialities and provision of a simultaneous bombardment of four target from different directions at an efficiency use of the antiaircraft guided missile with supersonic and hypersonic speed, at low altitudes in any weather conditions inclusive.

2 cl, 4 dwg



Фиг. 1а

RU 2321818 C1

RU 2321818 C1

Предлагаемое изобретение относится к области военной техники, в частности, к зенитным комплексам ближнего рубежа, которые должны обеспечивать надежную противовоздушную оборону объектов от массированных ударов средств воздушного нападения, особенно от высокоточного оружия типа КР, УР, ПРР.

Известен ЗРК «Кроталь Наваль», который представляет собой зенитный комплекс малой дальности и предназначен для защиты объектов от противокорабельных ракет (ПКР) и разрабатывается на базе известного ранее комплекса Crotale. (Зенитные ракетные и ракетно-пушечные комплексы капиталистических стран (обзор по материалам иностранной печати). Под общей редакцией Е.А.Федосова. Научно-информационный центр, 1986 г., УДК.623.418.4, стр.118-120) [1]. ЗРК «Кроталь Наваль» содержит пусковые установки (ПУ) с ракетами и систему управления огнем и наведения ракет. В систему управления дополнительно к радиолокационной системе добавлено ИК-устройство, использующее разностное определение отклонения ракеты. Пусковое устройство осуществляет пуск ракеты и наведение ее на начальном участке траектории в течение первых 2 секунды полета. Затем наведение ракеты осуществляется системой управления огнем, перехват цели выполняется путем наведения по ИК-излучению или по данным РЛС. Для облегчения работы ИК-устройства слежения по ИК-излучению управляемая ракета оснащена трассером, установленным в задней части корпуса. Когда цель снижается на предельно малые высоты, т.е. имеет небольшие углы места, то осуществляется ее наведение по ИК-излучению с использованием ИК системы SEID, обеспечивающей перехват цели с точностью до 0,1 мрад. Пуск ракеты осуществляется в радиолокационном или оптическом режиме. В обоих случаях управляемая ракета вводится в луч наведения с использованием ИК-устройства, размещенного на ПУ. После ввода ракета наводится или с помощью РЛС, или ИК системы SEID. Имеется возможность выполнить пуск второй ракеты по второй цели через 4 с после ввода ракеты в луч и передачи ее для дальнейшего наведения с помощью РЛС или системы SEID.

Основным недостатком данного комплекса является низкая боевая производительность и эффективность при отражении массированных налетов, невозможность применения радиолокационного режима для обстрела низколетящих целей ввиду низкой точности сопровождения цели на малых высотах. Это ограничивает применение комплекса при борьбе с ПКР и крылатыми ракетами (КР) в плохих погодных условиях, а также снижает его производительность в хороших погодных условиях, не обеспечивая пуск второй ЗУР в оптическом режиме. Кроме того, из-за сильного влияния продуктов горения топлива на линию визирования при оптическом вводе ракеты в луч на стартовом участке невозможно применять ракету, имеющую мощный стартовый двигатель, который необходим для получения сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей ЗУР ($У_{ЗУР}$>5 М). Предельная скорость ЗУР комплекса «Кроталь» не превышает 2,5 М.

Наиболее близким по своей сущности к изобретению является ЗРПК по патенту РФ №2131577 от 10.06.99 г. [2], который и является прототипом предлагаемого изобретения. ЗРПК представляет собой зенитный комплекс малой дальности и предназначен для защиты объектов от массированных атак самолетов, боевых вертолетов противника, а также высокоточного оружия (ВТО). ЗРПК содержит башню с приводами наведения по горизонту, на которой размещены пусковые установки с ракетами и зенитными автоматами с приводами наведения по вертикали, пульт пуска, выход которого соединен с ракетой в момент ее пуска, радиолокационную станцию обнаружения целей (СОЦ), станцию сопровождения цели и ракеты (ССЦР), которая содержит антенну, приемник и передатчик, вход приемника соединен с выходом антенны, выход передатчика соединен со входом антенны, блоки выделения координат цели и ракеты, входы которых подключены к выходу приемника, оптико-электронную систему (ОЭС), в состав которой входят инфракрасный пеленгатор (ИКП), тепловизор с телеавтоматом (ТА) и приводы наведения, входы которых соединены с выходом телеавтомата, вычислительную систему, содержащую блок выдачи целеуказания, вход которого соединен с выходом СОЦ, а второй выход подключен ко входу ТА, блок выработки углов отворота пусковых установок и башни, выход которого подключен к входам приводов наведения башни и пусковых установок, блок вычисления

зонных параметров, выход которого соединен со входом пульта пуска, первый и второй блоки выработки команд управления, при этом входы второго блока выработки команд управления соединены соответствующим образом с выходом ТА и выходами ИКП.

Особенностью комплекса является возможность одновременного обстрела двух целей с разных направлений: одной цели в радиолокационном режиме и второй в оптическом.

Однако развитие и применение средств высокоточного оружия в последнее время показывает, что их пуск с самолетов (вертолетов) осуществляется залпом с интервалом 2-3 с. Применяются средства ВТО в больших количествах и летят одновременно.

Поэтому двухканальный комплекс не справляется с задачей отражения такой атаки и становится малоэффективным и уязвимым. Необходимость иметь малые времена на обстрел целей на значительных дальностях (8-12 км) требует применения ЗУР с мощными стартовыми двигателями, разгоняющими ЗУР до сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей (4,5...6,5 М). Из-за влияния продуктов горения стартового двигателя на линию визирования ракеты и значительного ослабления ответного сигнала становится невозможным применение оптических ИК-систем для ввода ЗУР в основной луч наведения. В то же время применение радиолокационной станции с широкой диаграммой направленности (ДНА) как для ввода ЗУР в луч, так и для сопровождения цели приводит к большим ошибкам сопровождения цели, а следовательно, к большим промахам и снижению эффективности комплекса. Кроме того, широкие (до 2° и более) ДНА радиолокационной станции сопровождения цели не обеспечивают сопровождения целей с достаточной точностью на высотах менее 100 м, наиболее характерных при применении ВТО типа «Томагавк». Применение же только оптического режима снижает канальность комплекса и, следовательно, его боевую производительность и эффективность.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение боевой эффективности комплекса за счет расширения функциональных возможностей и обеспечения одновременного обстрела четырех целей с разных направлений при эффективном использовании ЗУР со сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями, в том числе, на малых высотах в любых погодных условиях.

Это достигается тем, что в зенитном ракетно-пушечном комплексе, включающем в себя башню с приводами наведения, на которой размещены пусковые установки с ракетами и зенитными автоматами с приводами наведения, пульт пуска, выход которого соединен с ракетой в момент ее пуска, радиолокационная станция обнаружения целей (СОЦ), станция сопровождения цели и ракеты (ССЦР), содержащая антенну, приемник и передатчик, вход и выход которых соединены соответственно с выходом и входом антенны, блоки выделения координат цели и ракеты, входы которых подключены к выходу приемника, оптико-электронную систему (ОЭС), содержащую инфракрасный пеленгатор (ИКП), тепловизор с телеавтоматом (ТА) и приводы наведения, входы которых соединены с выходом телеавтомата, вычислительную систему, содержащую блок выдачи целеуказания, вход которого соединен с выходом СОЦ, а второй выход подключен ко входу ТА, блок выработки углов отворота пусковых установок и башни, выход которого подключен к входам приводов наведения башни и пусковых установок, блок вычисления зонных параметров, выход которого соединен со входом пульта пуска, первый и второй блоки выработки команд управления, при этом входы второго блока выработки команд управления соединены соответствующим образом с выходом ТА и выходами ИКП, антенна выполнена в виде фазированной решетки (ФАР) с системой управления лучом (СУЛ), выход которой подключен ко входам антенны, а в состав ССЦР включен блок обработки и управления, содержащий пять буферов, первый переключатель, планировщик канальных интервалов (КИ), управляющий вход которого соединен с логическим выходом блока выдачи целеуказания, и синхронизатор-шифратор, сигнальный выход которого соединен со входом передатчика, а его два синхровыхода соответственно подключены ко входу планировщика КИ и синхровходу ИКП, причем первый выход планировщика КИ соединен с первыми синхровходами синхронизатора-шифратора и системы управления лучом, с синхровходами блока выдачи целеуказания, блока выработки углов отворота пусковых установок и башни, блока вычисления зонных параметров, второго, четвертого, пятого буферов, блока

выделения координат цели, координатный выход которого соединен с первым входом четвертого буфера, выход которого подключен к первому входу первого блока выработки команд управления и к первому координатному входу пятого буфера, второй координатный вход которого подключен к выходу телеавтомата, причем выход пятого буфера подсоединен ко входам блоков выработки углов отворотов башни и пусковой установки и вычисления зонных параметров, а второй выход планировщика КИ соединен со вторыми синхровходами синхронизатора-шифратора и системы управления лучом ФАР, с синхровходами первого, третьего буфера, блока выделения координат ракеты, логический выход которого подключен к управляющим входам первого переключателя и первого блока выработки команд управления, при этом координатный выход блока выделения координат ракеты подключен на первый координатный вход третьего буфера, который выходом соединен с первым управляемым входом первого переключателя, выход которого подсоединен ко второму входу первого блока выработки команд управления и координатному входу первого буфера, причем координатные выходы первого и второго буферов подключены соответственно к третьему и четвертому входам системы управления лучом и вторым входам третьего и четвертого буферов, в ОЭС введен ключ 1, управляющий вход которого подключен к логическому выходу ИКП, а в вычислительную систему введены второй переключатель, два входа которого соединены с первым выходом блока целеуказания и выходом четвертого буфера, а его управляющий вход подключен к логическому выходу блока выделения координат цели, при этом выход второго переключателя подсоединен к координатному входу второго буфера, блок формирования стартовой установки строба ИКП, вход которого соединен с выходом телеавтомата, а выход через ключ 1 подключен ко входу ИКП, блок формирования стартовой установки ракетного луча ФАР, синхровход которого соединен с первым выходом планировщика КИ, а его координатные вход и выход подключены соответственно к выходу пятого буфера и второму входу первого переключателя, шестой буфер, два координатных входа которого соединены с выходами первого и второго блоков выработки команд управления, а выход шестого буфера подключен к сигнальному входу синхронизатора-шифратора, причем синхровход шестого буфера соединен со вторым выходом планировщика КИ.

Одно из основных направлений повышения боевой эффективности комплексов управляемого вооружения состоит в повышении скорости ракет, что может быть реализовано при построении ракет с отделяемым разгонным двигателем, с применением которого современные ракеты достигают гиперзвуковых скоростей. Для обеспечения их ввода в основной луч наведения невозможно использование оптических средств из-за ослабления ответного сигнала от ракеты продуктами горения двигателя. Введение ракет непосредственно в узкий радиолокационный луч, обеспечивающий высокие точности наведения ЗУР на цели, также невозможно ввиду значительного технического рассеивания, обусловленного конструктивными параметрами ЗУР.

Поставленная задача достигается тем, что в предлагаемый зенитный ракетно-пушечный комплекс, в состав ССЦР введена аппаратура пеленгации ракет (АПР) на стартовом участке, содержащая антенну ввода ракеты (АВР), которая выполнена на основе фазированной решетки с широкой диаграммой направленности и совмещена в одном корпусе с ФАР, систему управления лучом АВР, выход которой соединен с входом АВР, приемник, вход которого подключен к выходу АВР, блок выделения координат ракеты АВР, вход которого соединен с выходом приемника, восьмой буфер, первый вход которого соединен с выходом блока выделения координат ракеты АВР, седьмой буфер, выход которого соединен со вторым входом восьмого буфера и входом системы управления лучом АВР, третий переключатель, выход которого соединен с управляемым входом седьмого буфера, а управляющий вход переключателя подключен к логическому выходу блока выделения координат ракеты АВР, при этом в вычислительную систему введены ключ 2 и ключ 3, девятый буфер, первый и второй блоки формирования стартовых установок лучей АВР, входы которых соответственно подключены к выходу телеавтомата и к выходу четвертого буфера, а выходы соединены с входами девятого буфера, выход которого соединен с первым управляемым входом третьего переключателя, второй вход которого

подключен к выходу восьмого буфера, при этом между первым выходом ИКП и вторым входом второго блока выработки команд управления введен четвертый переключатель, управляющий вход которого соединен с логическим выходом ИКП, между выходом первого переключателя и вторым входом первого блока выработки команд управления введен пятый переключатель, управляющий вход которого соединен с логическим выходом блока выработки координат ракеты ФАР, а вторые управляемые входы четвертого и пятого переключателей соответственно через ключ 2 и ключ 3 подключены к выходу восьмого буфера, при этом синхровходы второго блока формирования стартовых установок лучей АВР и девятого буфера соединены с первым выходом планировщика КИ, второй выход которого подключен к синхровходам СУЛ АВР, блока выделения координат ракет АВР, седьмого, восьмого буферов и управляющим входам ключа 2 и ключа 3.

Сущность изобретения заключается в том, что в комплекс вместо одноканальной радиолокационной станции сопровождения цели и наведения ракеты с зеркальной антенной, работающей в см-мм диапазонах, вводится многоканальная радиолокационная система с фазированной антенной решеткой (МРЛС), работающая в мм-диапазоне волн с электронным сканированием луча в угломестной и азимутальной плоскостях в пределах $\pm 45^\circ$, а при работе в азимутальной плоскости в пределах 360° при вращении башни с помощью приводов наведения. Электронное сканирование луча в широком диапазоне углов ($\pm 45^\circ$) за счет быстродействующей системы управления лучом позволило исключить из состава ССЦР приводы наведения, что повысило точность определения координат за счет исключения электромеханических элементов из схем слежения за целями и ракетами.

Применение мм-диапазона и реализация узкой диаграммы направленности луча ($\pm 0{,}35^\circ$) обеспечивает высокую точность сопровождения целей (ошибки не более 0,1 мрад) и наведения ЗУР (ошибки 0,1-0,15 мрад) на дальностях до 20 км и эффективный обстрел низколетящих целей во всепогодном радиолокационном режиме.

Введение синхронизатора-шифратора и планировщика канальных интервалов обеспечили многоканальность и многофункциональность за счет реализации временной циклограммы и синхронизации всех блоков радиолокационной станции сопровождения целей, оптико-электронной и вычислительной систем. Это по сравнению с прототипом обеспечивает одновременное сопровождение ССЦР трех целей вместо одной и одновременный ввод, пеленгацию и перевод в узкий луч четырех ракет с передачей на них команд управления вместо одной ЗУР. Четвертая цель при этом сопровождается оптико-электронной системой.

Широкий диапазон ($\pm 45^\circ$) электронного сканирования луча ФАР в угломестной и азимутальной плоскостях и передача команд в мм-диапазоне длин волн для любого положения ракетного луча позволили исключить из оптико-электронной системы по сравнению с прототипом специальный автономный передатчик и обеспечить передачу команд при наведении ЗУР в оптическом режиме через ФАР.

Введение в состав ССЦР радиолокационной аппаратуры пеленгации ракет на стартовом участке, содержащей антенну ввода ракеты, которая выполнена на основе фазированной решетки с широкой диаграммой направленности ($\pm 3^\circ$) и электронным сканированием по азимуту и углу места в широких пределах ($\pm 45^\circ$), и совмещение ее в одном корпусе с ФАР ССЦР обеспечивает надежный ввод ракет, имеющих мощный стартовый двигатель, в широкий луч АВР и затем передачу ее в узкий луч ФАР и поле зрения ИКП. По сравнению с прототипом это позволило отказаться от ненадежного оптического ввода в луч ракет, имеющих мощный разгонный стартовый двигатель, и при применении в комплексе ракет с сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями позволило обеспечить малые работные времена на поражение целей, повысить эффективность и выживаемость комплекса.

Сравнение указанного технического решения с прототипом позволяет установить его соответствие критерию "новизна".

Сравнение заявленного технического решения с другими техническими решениями в данном классе МКИ не позволило выявить в них признаки, отличающие заявляемое решение от прототипа, что позволяет сделать вывод о соответствии критерия

"изобретательский уровень".

Изобретение поясняется графическим материалом, где на фиг.1 изображена функциональная схема зенитного ракетно-пушечного комплекса; на фиг.2 - функциональная схема зенитного ракетно-пушечного комплекса с аппаратурой пеленгации ракет на стартовом участке; на фиг.3 - общий вид фазированной антенной решетки совмещенной с антенной ввода ракет на стартовом участке; на фиг.4 - временная диаграмма планировщика канальных интервалов. На фиг.1-4 приняты следующие обозначения:

1 - оптико-электронная система (ОЭС);

2 - телеавтомат (ТА);

3 - тепловизионный прибор (ТПВ);

4 - ключ 1 (К1);

5 - инфракрасный пеленгатор ЗУР (ИКП);

6 - приводы наведения ОЭС по азимуту и углу места;

7 - радиолокационная станция сопровождения целей и ракет (ССЦР);

8 - передатчик;

9 - фазированная антенная решетка (ФАР) с узкопольной диаграммой направленности является основной антенной комплекса и обеспечивает сопровождение целей, передачу команд управления на ракеты и их пеленгацию, в дальнейшем по тексту описания обозначается как основная ФАР;

10 - система управления лучом (СУЛ) ФАР;

11 - приемник ФАР;

12 - блок выделения координат ЗУР, пеленгуемых ФАР ($БВК_р$);

13 - блок выделения координат целей, сопровождаемых ФАР(БВКц);

14 - цифровой блок обработки и управления (БОУ);

15 - первый буфер координат ракетных лучей ФАР (БУФ1);

16 - второй буфер координат целевых лучей ФАР (БУФ2);

17 - первый переключатель (П1);

18 - третий буфер координат ракет ФАР (БУФ3);

19 - четвертый буфер координат целей ФАР (БУФ4);

20 - пятый буфер координат целей, сопровождаемых ФАР и ОЭС (БУФ5);

21 - планировщик временных канальных интервалов (планировщик КИ);

22 - синхронизатор-шифратор;

23 - вычислительная система (ВС);

24 - второй блок выработки команд управления ЗУР по данным ОЭС (второй БВКУ);

25 - блок формирования стартовых установок ракетных лучей ФАР (БФСУ РЛ ФАР);

26 - второй переключатель (П2);

27 - блок выдачи целеуказания по угловым координатам и дальности по нескольким целям (блок ЦУ);

28 - блок формирования стартовых установок строба ИКП (БФСУ строба ИКП);

29 - первый блок выработки команд управления ЗУР по данным ФАР (первый БВКУ);

30 - шестой буфер команд управления (БУФ 6);

31 - блок выработки углов отворота пусковых установок (ПУ) и башни (Б);

32 - блок вычисления зонных параметров;

33 - башня и ПУ с приводами наведения;

34 - ракеты на ПУ;

35 - зенитные автоматы (ЗА);

36 - пульт пуска;

37 - радиолокационная станция обнаружения целей (СОЦ);

38 - аппаратура пеленгации ракет (АПР) на стартовом участке;

39 - антенна ввода ракет (АВР);

40 - система управления лучом АВР (СУЛ АВР);

41 - приемник АВР (Пр АВР);

42 - седьмой буфер ракетных лучей АВР (БУФ7);

43 - блок выделения координат ракет, пеленгуемых АВР ($БВК_р$ АВР);

44 - третий переключатель (П3);

45 - восьмой буфер координат ракет АВР (БУФ8);

46 - четвертый переключатель (П4);

47 - ключ 2 (К2);

48 - пятый переключатель (П5);

49 - ключ 3 (К3);

50 - первый блок формирования стартовой установки ракетного луча АВР для цели, сопровождаемой ОЭС (БВСУ1 РЛ АВР);

51 - второй блок формирования стартовой установки ракетных лучей АВР для целей, сопровождаемых ФАР (БВСУ2 РЛ АВР);

52 - девятый буфер установок ракетных лучей АВР (БУФ9);

$АСЦ_i^с$ - логический сигнал сопровождения i-ой цели ФАР (i=1...3);

$КИ_{Цi}$ - номер целевого канального интервала для i-ой цели;

$КИ_{рj}$ - номер ракетного канального интервала для j-ой ракеты (j=1...4);

$АСР_j^с$ - логический сигнал пеленгации j-ой ракеты основной ФАР;

$АСР_j^{АВР}$ - логический сигнал пеленгации j-ой ракеты АВР;

$Инд^{ЛО}$ - логический сигнал пеленгации ракеты ИКП;

Строб К - сигнал синхронизации ИКП;

ЗИ - зондирующие и запросные импульсы;

ЦУ - логический сигнал целеуказания;

$КИ_{р1}$...$КИ_{р4}$ - временные канальные интервалы, в которых передаются команды на ракеты, принимаются ответные сигналы от ракет, определяются координаты ракеты и отклоняются ракетные лучи основной ФАР и АВР;

Р1...Р4 - четыре ракеты, пеленгуемые АВР и ФАР;

$КИ_{ц1}$...$КИ_{ц3}$ - временные канальные интервалы, в которых передается целеуказание по трем целям в ФАР, которая обнаруживает и сопровождает три цели, облучаются цели зондирующими импульсами, принимаются отраженные сигналы от целей, обрабатываются сигналы и определяются координаты целей, вырабатываются зонные параметры для каждой цели и вычисляются отвороты стартовых установок лучей ФАР и АВР, отвороты пусковых установок и башни;

Ц1...Ц3 - три цели, сопровождаемые ФАР;

$\alpha_ф$ - сигналы управления положением луча ФАР;

$\alpha_{цi}$ - координата цели, сопровождаемой ФАР или телеавтоматом;

$\alpha_{цуi}^с$ - координаты целеуказания для ФАР;

$\alpha_{цу}^т$ - координаты целеуказания для ОЭС;

$\alpha_{цi}^с$ - координаты целей, сопровождаемых ФАР;

$\alpha_ц^т$ - координаты цели, сопровождаемой телеавтоматом;

$\alpha_{устрj}^с$ - координаты установки ракетных лучей ФАР на стартовом участке;

$\alpha_{уст}^т$ - координаты установки строба ИКП на стартовом участке;

$\alpha_{рj}^с$ - координаты ракет, пеленгуемых ФАР;

$\alpha_р^т$ - координаты ракеты, пеленгуемой ИКП;

$\alpha_{рj}^{АВР}$ - координаты ракет, пеленгуемых АВР;

$\alpha_{лрj}^{АВР}$ - координаты ракетных лучей АВР;

$\alpha_{лрj}^с$ - координаты ракетных лучей ФАР;

$\alpha_{лцi}^с$ - координаты целевых лучей ФАР;

$\alpha_{уст.pj}^{АВР}$ _ углы установки ракетных лучей АВР на стартовом участке для ракет, наводимым по целям, сопровождаемым ФАР и телеавтоматом;

$\alpha_{уст.p4}^{АВР}$ - углы установки ракетного луча АВР на стартовом участке для ракеты, наводимой по цели, сопровождаемой телеавтоматом;

$\alpha_{уст.p(1...3)}^{АВР}$ - углы установки ракетных лучей АВР на стартовом участке для ракет, наводимых по целям, сопровождаемым ФАР;

$\delta\alpha_{pj}^{с}$ - координаты ракет в ракетном луче, измеренные ФАР;

$\delta\alpha_{цi}^{с}$ - координаты целей в целевом луче, измеренные ФАР;

$\delta\alpha_{pj}^{АВР}$ - координаты ракет в луче АВР.

Башня, пусковая установка с приводами наведения пусковых установок и башни, ракеты на пусковых установках, зенитные автоматы, пульт пуска, радиолокационная станция обнаружения целей, оптико-электронная система с тепловизионным прибором и телеавтоматом сопровождения цели, ИК-пеленгатором сопровождения ракеты, цифровая вычислительная система с блоками выдачи целеуказания, выработки углов отворота пусковых установок и башни, зонных параметров, первый и второй блоки выработки команд управления являются известными системами с исполнением и связями как указано в патенте №2131577.

Фазированная антенная решетка (9) представляет собой антенну с немеханическим движением луча (Вендик О.Г. Антенны с немеханическим движением луча. Издательство «Советское радио», Москва - 1965 г.) [3]. Выполнена в виде проходной ФАР с шагом 0,68λ, обеспечивает широкоугольное электрическое сканирование луча с быстродействующей системой управления лучом. Применен элемент ФАР диаметром 0,55λ на основе ферритового фазовращателя с магнитной памятью и импульсным управлением.

Система управления лучом ФАР (10) осуществляет управление фазовыми состояниями излучающих элементов ФАР, обеспечивая в апертуре антенны заданные фазовые фронты. Система управления лучом вырабатывает токи, которые поступают на элементы ФАР, чем обеспечивается амплитудно-фазовое распределение поля в излучателях, формируется диаграмма направленности антенны и ее направление в заданную точку пространства. Переключение фазовращателей в апертуре осуществляется в течение 100 мкс. Момент начала переключения определяется поступающими синхросигналами с Планировщика КИ, к двум синхровыходам которого подключены два синхровхода СУЛ. Два управляемых входа СУЛ соединены соответственно с выходами БУФ1 (15) и БУФ2 (16). СУЛ может быть выполнена на быстродействующих логических ПЛИС (например, типа микросхем фирмы XILINX), быстродействующих ключей управления фазовращателями и ПЗУ, в которых хранится программа и константы расчета фаз фазовращателей.

Предлагаемая ФАР имеет узкую диаграмму направленности $\pm$0,35° и широкие углы сканирования $\pm$45° в азимутальном и угломестном каналах. Такие параметры обеспечивают обнаружение и сопровождение объектов в широком диапазоне углов с высокой точностью.

Вход ФАР соединен с когерентным многорежимным передатчиком (8), который передает в пространство зондирующие и запросные импульсы («ЗИ»), поступающие на вход передатчика с сигнального выхода синхронизатора-шифратора (22). В качестве усилителя мощности используется клистрон КИУ-178Б.

Выход ФАР соединен с приемником (11), содержащим аттенюаторы, узел управления аттенюаторами, малошумящие усилители и приемный модуль, выход которого соединен с блоками выделения координат цели и ракеты.

ССЦР с ФАР и входящими блоками обеспечивает одновременное сопровождение трех целей, передачу команд на четыре ракеты и их пеленгацию.

Блок выделения координат цели (13) обеспечивает обработку отраженного от цели радиолокационного сигнала и вырабатывает координаты цели относительно равносигнального направления диаграммы направленности положения целевого луча (дальность и углы). Его координатный выход соединен с первым входом четвертого буфера

(19), в котором формируются полные координаты сопровождаемой цели относительно оси антенны. После обнаружения и взятия цели на сопровождение в блоке выделения координат цели вырабатывается логический сигнал автоматического сопровождения цели $АСЦ_i^c$, который поступает на управляющий вход второго переключателя (26). Синхровход блока выделения координат цели подключен к первому синхровыходу планировщика КИ. В зависимости от поступающего с планировщика КИ целевого $КИ_{цi}$ канального интервала по соответствующей цели обрабатывается информация и в БУФ4 выдаются координаты цели относительно равносигнального направления положения целевого луча.

Блок выделения координат ракеты (12) обеспечивает обработку сигнала, поступающего от ответчика ЗУР, вырабатывает координаты ЗУР относительно равносигнального направления положения ракетного луча ФАР (дальность и углы) и логический сигнал $АСР_j^c$, подтверждающий, что ЗУР пеленгуется ФАР. Этот сигнал поступает на управляющий вход первого переключателя (17). Координаты ЗУР поступают с выхода блока выделения координат ракеты в третий буфер (18), в котором формируются полные координаты ракеты относительно оси антенны. В зависимости от поступающего с планировщика КИ ракетного $КИ_{pj}$ канального интервала для соответствующей ракеты обрабатывается информация и в БУФ3 выдаются координаты цели относительно равносигнального направления положения ракетного луча.

Блок обработки и управления (14) представляет цифровой вычислительный комплекс, объединяющий специализированные и универсальные вычислительные средства. БОУ может быть реализован, например, на основе одноплатных компьютеров на базе сигнальных процессоров SHARK и микросхем типа ПЛИС. БОУ осуществляет управление СУЛ, выдачей заданий на работу по цели или ракете, формированием зондирующих импульсов по цели и запросных импульсов на ракету. Основными блоками БОУ являются пять буферов, первый переключатель, планировщик канальных интервалов и синхронизатор-шифратор.

Первый, второй и пятый буферы представляют собой блоки памяти, из которых по номеру канального интервала, поступающему из планировщика КИ, выбирается необходимая информация.

Координатный вход БУФ1 (15) через переключатель П1 (17) соединен с выходом блока формирования стартовых установок ракетного луча ФАР (25) или выходом БУФ3(18), синхровход БУФ1 соединен со вторым синхровыходом планировщика КИ (21), а выход - со вторым входом БУФ3 (18) и третьим входом СУЛ(10).

Координатный вход БУФ2 (16) через переключатель П2 (26) соединен с первым выходом блока ЦУ (27) или выходом БУФ4 (19), синхровход БУФ2 соединен с первым синхровыходом планировщика КИ (21), а выход - со входом БУФ4 и четвертым входом СУЛ (10).

Третий и четвертый буферы содержат сумматор и пролонгатор. Сумматор производит суммирование координаты объекта относительно равносигнального направления ДНА, поступающей на вход буфера координат из соответствующего блока выделения координат, с координатой положения луча, поступающей на вход буфера координат из соответствующего буфера лучей. Полученная координата пролонгируется с учетом рассчитанной скорости объекта на время, проходящее между двумя облучениями этого объекта. Полная координата объекта отправляется в буфер лучей, для установки луча в новое положение.

БУФ3 первым и вторым входами подключен соответственно к выходу блока выделения координат ракеты (12) и БУФ1 (15), синхровход его подключен ко второму синхровыходу планировщика КИ (21). В БУФ3 определяется полная координата для той ракеты, по которой из планировщика придет ракетный канальный интервал $КИ_{pj}$:

$$\alpha_{pj}^c = \alpha_{лpj}^c + \delta\alpha_{pj}^c + \frac{d}{dt}\left(\alpha_{лpj}^c\right) \cdot \tau_p$$

, где τ_p - время между двумя интервалами передачи запросных сигналов на ЗУР, и составляет 0,02 с для ракетных каналов. Выход БУФ3 через переключатель П1 подключен к координатному входу БУФ1 (15) и второму входу первого блока выработки команд управления (29).

БУФ4 первым и вторым входами подключен соответственно к выходу блока выделения координат цели (13) и БУФ2 (16), синхровход его подключен к первому синхровыходу планировщика КИ (21). В БУФ4 определяется полная координата той цели, по которой из планировщика придет целевой канальный интервал $КИ_{Цi}$:

$$\alpha^{c}_{цi} = \alpha^{c}_{лцi} + \delta\alpha^{c}_{цi} + \frac{d}{dt}\left(\alpha^{c}_{цi}\right) \cdot \tau_{ц}$$

, где $\tau_{ц}$ - время между двумя интервалами передачи зондирующих импульсов на цель, и составляет 0,04 с для целевых каналов. Выход БУФ4 подключен к первому входу первого блока выработки команд управления (29), первому входу БУФ5 (20) и через второй вход переключателя П2 к координатному входу БУФ2 (16).

БУФ5 принимает информацию, запоминает и выдает ее при поступлении соответствующего целевого канального интервала ($КИ_{Цi}$). Два координатных входа БУФ5 подключены к выходам БУФ4 (19) и телеавтомата (2), синхровход его подключен к первому синхровыходу планировщика КИ (21). Выход БУФ5 подключен к входам блоков выработки углов отворота ПУ и башни (31), вычисления зонных параметров (32) и координатному входу блока формирования стартовых установок ракетных лучей ФАР (25).

Планировщик канальных интервалов анализирует необходимые частоты повторения действий по каждой из работ по цели или ракете и формирует задание на очередной КИ. На фиг.4 представлена временная диаграмма планировщика. Вся временная диаграмма разбивается на элементарные интервалы, именуемые канальными интервалами. Начало канального интервала определяется поступлением от синхронизатора-шифратора тактового импульса синхронизации «ТИ» с временным интервалом 20 мс (тактовая частота 50 Гц), в котором размещены канальные интервалы первой и третьей целей и четырех ракет, в следующем тактовом интервале размещены КИ второй цели и тех же четырех ЗУР.

Длительность каждого канального интервала для целей строго определена и составляет 6 мс. Длительность каждого канального интервала для ракет строго определена и составляет 2 мс. Места расположения канальных интервалов для каждой цели и каждой ракеты строго определены и привязаны соответственно каждая ракета к своей цели. Это выбрано с целью уменьшения запаздывания информации, поступающей по цели и по ракете при ее наведении на эту цель. Так если на сопровождении находится одна цель, то ей предписан $КИ_{Ц1}$ и она обстреливается ракетой, которой предписан $КИ_{Р1}$ и т.д. Для четвертой цели, сопровождаемой АОП, предписана ракета с канальным интервалом $КИ_{Р4}$. Один 6 мс КИ свободен, может быть использован для любых заданий и в данной заявке не рассматривается. При необходимости может быть осуществлен залповый пуск по двум целям двумя ракетами. В этом случае первая цель $КИ_{Ц1}$ обстреливается первой и второй ракетами, которым предписаны $КИ_{Р1}$ и $КИ_{Р2}$, а вторая цель $КИ_{Ц2}$ обстреливается третьей и четвертой ракетами, которым предписаны $КИ_{Р3}$ и $КИ_{Р4}$.

Планировщик КИ синхронизирует работу всех блоков комплекса по целям и ракетам. Первый (целевой) синхровыход планировщика $КИ_{Цi}$ (i=1...3) подключен к синхровходам блока ЦУ (27), блока формирования стартовых установок ракетных лучей ФАР (25), блока выработки углов отворота ПУ и башни (31), блока вычисления зонных параметров (32), синхронизатора-шифратора (22), БУФ5 (20), БУФ4 (19), БУФ2 (16), блока выделения координат цели (13), СУЛ (10), второго блока формирования стартовых установок ракетных лучей АВР (51), БУФ (9). Второй (ракетный) синхровыход планировщика $КН_{Pj}$(j= 1...4) подключен к синхровходам блока выделения координат ракет ФАР (12), СУЛ (10), БУФ1 (15), БУФ3 (18), синхронизатора-шифратора (22), БУФ6 (30), блока выделения координат ракет АВР (43), СУЛ АВР (40), БУФ7(42), БУФ8 (45), К2(47), К3(49).

В целевых канальных интервалах $КИ_{Цi}$ производится излучение антенной целевых ЗИ и обработка отраженного сигнала от целей. В ракетных канальных интервалах $КН_{Pj}$ производится излучение антенной ракетных ЗИ и обработка ответного сигнала от ракет.

В начале канального интервала СУЛ по информации о номере КИ забирает из буфера хранения информацию о соответствующем луче и формирует направление луча, в котором осуществляется излучение радиосигнала.

После получения отраженного от цели (ответного от ракеты) сигнала блок выделения координат выявляет положение отражающего объекта (отвечающей ракеты) относительно

оси луча, и полученная информация записывается в четвертый (третий) буфер координат. Полученные из второго (первого) буфера лучей координаты целевого (ракетного) луча СУЛ суммируются с отклонениями отметки цели и таким образом получается полное отклонение отметки цели (ракеты) от оси антенны и к началу следующего такта для этого канального интервала в четвертом (третьем) буфере координат формируется полная координата целевая (ракетная) с учетом положения целевого (ракетного) луча на предыдущем такте и пролонгируется к следующему такту. Полная координата отправляется во второй (первый) буфер лучей, а оттуда поступает в СУЛ. СУЛ по поступившей информации формирует сигнал для установки луча в новое положение и проведения следующего импульса излучения.

Синхронизатор-шифратор (22) представляет цифровое программное устройство, в котором формируются зондирующие импульсы по цели и запросные импульсы по ракете в зависимости от номера канального интервала целевого или ракетного, поступающего из планировщика. По ракетному каналу коды запросных импульсов формируются в зависимости от величины команды на ракету $К_j$, извлекаемой из БУФ6 (30) для соответствующего номера $КИ_{Pj}$. Сигнальный выход синхронизатора-шифратора (22), по которому передаются зондирующие и запросные импульсы, подключен к входу передатчика (8), а его сигнальный вход подключен к выходу БУФ6. При поступлении из планировщика КИ сигнала КИр4, предписывающего работу с ИКП, в последний из синхронизатора-шифратора выдается сигнал «Строб К» для синхронизации работы ИКП по указанной ракете. Два синхровыхода синхронизатора-шифратора подключены соответственно к синхровходам планировщика КИ (21) и ИК-пеленгатора (5), два его синхровхода (21) и ИК-пеленгатора (5), а два его синхровхода соединены с соответствующими синхровыходами планировщика КИ.

В вычислительную систему введены переключатель П2 (26), БУФ6 (30), блоки формирования стартовых установок ракетных лучей ФАР (25), строба ИКП (28), а также для управления АВР введены первый (50) и второй (51) блоки формирования стартовых установок ракетных лучей АВР, БУФ9, ключи 2 и 3 (47 и 49) и переключатели П4 (46) и П5(48). Все блоки и элементы представляют собой цифровые устройства.

БУФ6 (30) принимает информацию, запоминает и выдает ее в синхронизатор-шифратор при поступлении соответствующего ракетного канального интервала ($КИ_{Pj}$). Два координатных входа БУФ6 подключены к выходам первого (29) и второго (24) блоков выработки команд управления, синхровход БУФ6 подключен ко второму синхровыходу планировщика КИ (21). Выход БУФ6 подключен к сигнальному входу синхронизатора-шифратора (22).

Блоки формирования стартовых установок строба ИКП (28), формирования стартовых ракетных лучей ФАР (25), первый (50) и второй (51) блоки формирования стартовых установок ракетных лучей АВР представляют вычислительные устройства, в которых по координатам сопровождаемых целей вычисляются прогнозируемые координаты, на которые необходимо установить строб ИКП, ракетные лучи ФАР и АВР, чтобы обеспечить на стартовом участке встреливание ракет в широкий радиолокационный луч АВР при стрельбе по целям, сопровождаемым ФАР и ОЭС, а затем передать в узкое поле зрения ИК-пеленгатора ракету, наводимую на цель, сопровождаемую ОЭС, и в узкий радиолокационный луч ФАР ракеты, наводимые на цели, сопровождаемые ФАР. В общем случае эти координаты стартовых установок определяются координатами, скоростями целей и баллистической функцией ЗУР, которая хранится в памяти вычислительной системы. Скорости цели в данном блоке определяются дифференцированием. После выстрела прогнозируемая координата ракеты по определенному закону (например, по убывающей квадратичной степени, зависящей от скорости ЗУР и цели) совмещается с целевой координатой.

Вход блока формирования стартовых установок строба ИКП (28) подключен к выходу телеавтомата (2), а выход через ключ 1 - ко входу ИКП.

Координатный вход блока формирования стартовых установок ракетного луча ФАР (25) подключен к выходу БУФ5, его синхровход - к первому синхровыходу планировщика КИ

(21), а выход - через переключатель П1 к входу БУФ 1.

Вход первого блока формирования стартовых установок ракетного луча АВР (50) соединен с выходом телеавтомата (2), а выход - с первым входом БУФ9 (52).

Вход второго блока формирования стартовых установок ракетного луча (50) соединен с выходом БУФ4, его синхровход - с первым синхровыходом планировщика КИ (21), а выход - со вторым входом БУФ9.

Два входа БУФ9 (52) соединены с выходами первого (50) и второго (51) блоков формирования стартовых установок ракетного луча. Выход БУФ9 через переключатель П3 (44) соединен с координатным входом БУФ7(42) и отключается от БУФ7 при появлении ЗУР в луче АВР и выработке в БВКрАВР(43) логического сигнала $АСР_j^{АВС}$, который управляет переключателем П3 (44).

Аппаратура пеленгации ракеты (38) представляет собой радиолокационную систему, содержащую антенну ввода ракеты с широкой ДНА (4°) и широкими углами сканирования $\pm$45° в азимутальном и угломестном каналах, выполненную на основе фазированной решетки с элементами, аналогичными узкопольной основной ФАР.

Размещение АВР в одном корпусе с узкопольной основной ФАР (см. фиг.3) обеспечивает высокую точность согласования осей ФАР с АВР, надежный захват ЗУР на стартовом участке широким каналом АВР и передачу ракеты из широкого канала в основную ФАР, а также в поле зрения ИКП.

В состав АПР наряду с АВР входят приемник (41), блок выделения координат ракеты (43), БУФ7 (42), БУФ8 (45), СУЛ (40), которые выполнены аналогично блокам, входящим в состав ССЦР - приемника (11), блока выделения координат ракеты (12), БУФ1 (15), БУФ3 (18) и СУЛ (10). Синхронизация работы блоков АПР осуществлена за счет подключения их синхровходов ко второму синхровыходу планировщика КИ (21). Блоки АПР объединены между собой связями, обеспечивающими функционирование АПР в составе комплекса.

Вход АВР подключен к выходу СУЛ АВР (40), а выход - ко входу приемника АВР (41). Выход приемника АВР соединен со входом блока выделения координат ракет АВР (43). Выход блока выделения координат ракет АВР (43) соединен с первым входом БУФ8 (45). Второй вход БУФ8 соединен с выходом БУФ7 (42). В БУФ8 вырабатываются полные координаты ракет относительно оси антенны, пролонгированные на время следующего обращения АВР к ракете: $\alpha_{рj}^{АВР} = \alpha_{лрj}^{АВР} + \delta\alpha_{рj}^{АВР} + \frac{d}{dt}\left(\alpha_{лрj}^{АВР}\right)\cdot\tau_р$, где $\tau_р$ - время между двумя интервалами передачи запросных сигналов на ЗУР и составляет 0,02 с для ракетных каналов АВР.

Переключатель П3 при наличии на его управляющем входе логического сигнала $АСР_j^{АВР}$, вырабатываемого в блоке выделения координат ракеты с момента получения ответного сигнала от ракеты, подключает к входу БУФ7 выход БУФ8 вместо выхода БУФ9. При этом из БУФ7 (42) в СУЛ АВР (40) поступает новое положение луча, выработанное в БУФ8, и осуществляется автосопровождение ракеты и определение ее координат в широком луче.

БУФ8 через ключ 2 (47) и П4 (46) подключен ко второму входу второго блока выработки команд управления (24). Управляющий вход ключа 2 подключен ко второму синхровыходу планировщика КИ (21) и подключает выход БУФ8 ко второму входу П4 при условии, что присутствует канальный интервал по четвертой ракете $КИ_{Р4}$=1. П4 отключает второй вход второго БВКУ от БУФ8 с момента появления ЗУР в поле зрения ИКП (5) и появления логического сигнала «$Инд^{ЛО}$», который поступает с логического выхода ИКП на управляющий вход П4. Таким образом второй вход второго БВКУ (24) через П4 подключен либо через К2 к БУФ8, который содержит координаты ракет, измеренные АВР, либо к выходу ИКП, который измеряет координаты ракеты после ввода ее в поле зрения ИКП.

БУФ8 через ключ 3 (49) и П5 (48) подключен ко второму входу первого блока выработки команд управления (29). Управляющий вход ключа 2 подключей к второму синхровыходу планировщика и подключает выход БУФ8 ко второму входу П5 при условии, что

присутствует канальный интервал по любой из трех ракет $КИ_{Р(1...3)}$=1. 115 отключает второй вход первого БВКУ от БУФ8 с момента появления ЗУР в узком луче основной ФАР и появления логического сигнала «$АС Р^{с}_{Д(1...3)}$», который поступает с логического выхода блока выделения координат ракеты (12) основной ФАР на управляющий вход П5. Таким образом второй вход первого БВКУ (29) через П5 подключен либо через К3 к выходу БУФ8, который содержит координаты ракет, измеренные АВР, либо к выходу П1, через который подсоединен к выходу БУФ3, в котором содержатся координаты ракеты, измеренные основной ФАР.

Все блоки СУЛ, БОУ и вычислительной системы, ключей, переключателей, каналов связи построены на базе цифровых процессоров серии типа Motorola, микросхем ПЛИС, flash памяти, сигнальных процессоров типа SHARK, каналов связи типа RS-485, МКИО Р520070-2003 г., а также схем цифровой логики, скоростных интегральных схем ТТЛШ серии 1533, 530. Примеры выполнения и подключения таких устройств приведены в «Аналоговые и интегральные микросхемы». Справочное пособие под редакцией Якубовского «Радио и связь», 1990 г., стр.46-58. [4]

Работа по предлагаемому комплексу осуществляется следующим образом. Цели, обнаруженные СОЦ, поступают в блок целеуказания, с этого момента в блоке ЦУ вырабатывается логический сигнал «ЦУ», который передается в планировщик КИ. Планировщик вырабатывает задание на работу ССЦР и выдает канальный интервал «$КИ_{Ц1}$» во второй буфер целевых лучей (БУФ2). Одновременно через второй переключатель в БУФ2 из блока ЦУ поступают координаты цели, которые БУФ2 по сигналу «$КИ_{Ц1}$» передает в СУЛ. СУЛ формирует фазовые набеги, в соответствии с поступившими координатами цели, благодаря чему луч ФАР устанавливается на координаты ЦУ, одновременно по сигналу «$КИ_{Ц1}$» с синхронизатора-шифратора на вход передатчика поступают зондирующие импульсы для облучения цели и цель облучается. Приемник принимает отраженный от цели сигнал, передает его в блок выделения координат цели ($БВК_{Ц}$). В $БВК_{Ц}$ производится обработка отраженного сигнала, определяются дальность и угловые отклонения цели относительно центра луча. Полученные координаты передаются в буфер формирования координат цели, измеренных ФАР (БУФ4), в котором запоминаются. Для второй, третьей цели планировщик выдает в БУФ2 сигналы «$КИ_{Ц2}$» и «$КИ_{Ц3}$», в соответствии с которыми в отведенные интервалы времени отрабатывается в СУЛ целеуказание по второй, третьей цели, цели облучаются, в $БВК_{Ц}$ определяются их отклонения относительно центров своих лучей и передаются в БУФ4, где запоминаются. В БУФ4 угловые отклонения целей относительно центров лучей складываются с координатами лучей, поступающих в БУФ4 из БУФ2, пролонгируются на один такт с учетом вычисляемых скоростей движения цели и к началу следующего такта формируется полная целевая координата, которая используется как задающая в очередном такте. Полная координата цели поступает на второй вход второго переключателя (П2). Одновременно при обнаружении цели $БВК_{Ц}$ вырабатывает для каждой цели сигнал взятия на автосопровождение «$АСЦ^{с}_{i}$», где i=1...3. При наличии сигнала «$АСЦ^{с}_{i}$» переключатель П2 отключает БУФ2 от блока ЦУ и на его вход подключается выход БУФ4. После чего осуществляется автосопровождение трех целей ССЦР, каждая цель облучается и определяются ее координаты в заданные моменты времени в соответствии с приведенной на фиг.4 временной циклограммой.

Целеуказание по четвертой цели поступает на вход телеавтомата и после ее обнаружения она сопровождается телеавтоматом оптико-электронной системы.

Таким образом, на сопровождении одновременно находится четыре цели: три радиолокационной и одна оптико-электронной системами. Координаты этих целей отправляются в БУФ5 и в зависимости от номера канального интервала выбираются из БУФ5 в блоки выработки углов отворота ПУ и башни (31), вычисления зонных параметров (32) и формирования стартовых установок ракетных лучей ФАР (25). Одновременно координаты целей, сопровождаемых ФАР, отправляются из БУФ4 (19) в БФСУ2 РЛ АВР(51) и из телеавтомата в БФСУ1 РЛ АВР. В зависимости от номера целевого канального

интервала (т.е. для цели, по которой будет производиться стрельба) ПУ и башня отворачиваются на необходимые углы по сигналам, поступающим с выхода блока выработки углов отворота ПУ и башни (31) на входы приводов наведения. Одновременно для этой же цели в блоках формирования стартовых установок вырабатываются координаты установок лучей основной ФАР, АВР и строба ИКП (стартовая установка строба ИКП вырабатывается в случае стрельбы по цели, сопровождаемой ОЭС). Величины координат установок с блоков формирования стартовых установок через соответствующие переключатели и буферы передаются в СУЛ основной ФАР, СУЛ АВР на отклонение лучей и в ИКП на отклонение строба ИКП. Системы управления лучами ФАР и АВР отклоняют ракетные лучи основной ФАР и АВР, в прогнозируемые точки появления ракет в соответствии с временной циклограммой, приведенной на фиг.4. Так в момент $КИ_{Р1}$ ракетный луч отклоняется в прогнозируемую точку относительно первой цели, в момент $КИ_{Р2}$ - относительно второй цели и т.д. Строб ИК-пеленгатора также устанавливается в прогнозируемую точку появления ЗУР, которая наводится на цель, сопровождаемую телеавтоматом, в поле зрения ИКП.

При условии, что цель находится в зоне атак, по команде с пульта пуска производится пуск ЗУР соответственно по первой, второй, третьей и четвертой целям. Интервалы между пусками составляют 2-3 с и определяются временем переброса приводов башни и ПУ на последующую цель, которая может находиться от предыдущей на углах, отличающихся по азимуту до 45° и углу места от 0 до 80°.

После схода ракеты попадают в широкие ракетные лучи АВР. Узкие лучи основной ФАР для всех ракет также направлены в прогнозируемые точки положения ракет, и для каждой ракеты в этом луче передаются команды управления на соответствующую ракету в зависимости от поступающего в синхронизатор-шифратор канального интервала $КИ_{Рj}$ с планировщика КИ и команд управления K_j с БУФ6, входы которого соединены с выходами блоков выработки команд управления.

Приемник АВР принимает ответный сигнал от ракеты, который обрабатывается в $БВК_р$ АВР. При наличии ответного сигнала от ракеты в $БВК_р$ АВР формируются логический сигнал $АСР_j^{АВР}$ и координата положения ракеты относительно равносигнального положения луча АВР. Логический сигнал $АСР_j^{АВР}$ поступает на управляющий вход переключателя П3 и подключает вход БУФ7 к выходу БУФ8, в котором формируется полная координата ракеты $\alpha_{pj}^{АВС}$. С этого момента АВР пеленгует ракеты. Одновременно пеленгуется четыре ракеты, каждая в своем канальном интервале в соответствии с циклограммой, приведенной на фиг.4.

Полные координаты ракеты $\alpha_{pj=1...3}^{АВР}$, измеренные АВР, с выхода БУФ8 через ключ К3 и переключатель П5 поступают на второй вход первого БВКУ при условии, что работа осуществляется по целям, сопровождаемым ССЦР, для которых ракетные канальные интервалы $КИ_{р(1...3)}$=1. На первый вход первого БВКУ поступают координаты целей с выхода БУФ4, информация с которого считывается при условии что канальный интервал по этой цели $КИ_{Ц(1...3)}$=1. В первом БВКУ формируются команды управления на ракеты пропорционально разностной координате между координатой ракеты, измеренной АВР, и координатой цели, измеренной основной ФАР, которые поступают в БУФ6 через первый вход.

Для оптического режима управления полные координаты четвертой ракеты $\alpha_{pj=1...4}^{АВР}$, измеренные АВР, с выхода БУФ8 через ключ К2 и переключатель П4 поступают на второй вход второго БВКУ при условии, что $КИ_{р4}$=1 и работа осуществляется по цели, сопровождаемой ОЭС, в этом интервале времени $КИ_{Ц(1...3)}$=0. На первый вход второго БВКУ поступают координаты цели с выхода телеавтомата. Во втором БВКУ формируются команды управления на ракету пропорционально разностной координате между координатой ракеты, измеренной АВР, и координатой цели, измеренной телеавтоматом, которые поступают в БУФ6 через второй вход.

С выхода БУФ6 считываются команды управления в синхронизатор-шифратор, в котором для каждой ракеты формируется кодовая посылка в виде запросных импульсов и передается в передатчик для передачи на ракету. По команде управления принятой ракетой ракета стремится совместиться с центром луча АВР, который совмещается с целью. Каждый ракетный луч АВР совмещается, в соответствии с назначенными канальными интервалами с предназначенной ему целью, первые три луча с тремя целями, сопровождаемыми ССЦР, и четвертый луч с целью, сопровождаемой телеавтоматом.

Одновременно с управлением ракетными лучами АВР проводится наведение ракетных лучей основной ФАР в зону прогнозируемого положения ЗУР соответственно по сигналам с БВСУ РЛ ФАР(25) через П1(17) и БУФ 1(15) для целей, сопровождаемых ССЦР ФАР и телеавтоматом. Каждый ракетный луч ФАР по сигналам с БФСУ РЛ ФАР(25) через П1(17), БУФ 1(15), СУЛ(10) совмещается, в соответствии с назначенными канальными интервалами, с предназначенной ему целью, первые три луча с координатами трех целей, сопровождаемых ССЦР, и четвертый луч с координатами цели, сопровождаемой телеавтоматом. Одновременно строб ИКП по сигналу с БФСУ строба ИКП (28) через К 1(4) совмещается с координатой цели, сопровождаемой телеавтоматом.

Так как ракетные лучи АВР и ФАР, пеленгующие ракеты, совмещаются с целевыми координатами ФАР и ОЭС, то и ракеты приближаются к центрам ракетных лучей ФАР и центру поля зрения ИКП, т.е. происходит совмещение лучей АВР с лучами ФАР и положением строба ИКП. В результате такого совмещения в ракетных лучах ФАР и в ИКП появляются ответные сигналы от ракет. При наличии от ракет ответных сигналов на выходе $БВК_р$(12) возникает логический сигнал $АСР_j^с$, по которому переключатель П1 подключает к координатному входу БУФ1 вместо выхода БФСУ РЛ ФАР(25) выход БУФ3, в котором вырабатывается полная координата ракеты и которая подается на вход СУЛ для отклонения луча на новое положение, осуществляется пеленгация ракеты лучом ФАР. Каждая ракета пеленгуется и вырабатываются ее координаты в соответствии с предназначенными ей канальными интервалами $КИ_{Pj}$, ФАР сопровождает четыре ракеты узким лучом.

Одновременно сигнал «$АСР_j^с$» поступает на управляющий вход переключателя П5, который отключает выход ключа 3 от второго входа первого БВКУ(29) и подключает выход переключателя П1, что обеспечивает подключение к второму входу первого БВКУ выхода БУФ3, в котором выработана полная координата ракеты. С этого момента в первом БВКУ вырабатываются команды управления ЗУР пропорционально разностной координате между координатой ракеты, измеренной ФАР, и координатой цели, измеренной ФАР.

При наличии ответного сигнала от теплового ответчика ракеты в ИКП вырабатывается логический сигнал «$ИНД^{ЛО}$», по которому ключ 1(4) отключает выход БФСУ строба ИКП (28) от входа ИКП и четвертая ракета также пеленгуется ИКП. Одновременно логический сигнал «$ИНД^{ЛО}$» поступает на управляющий вход переключателя П4, который отключает выход ключа 2 от второго входа второго БВКУ (24) и подключает к нему выход ИКП. С этого момента во втором БВКУ вырабатываются команды управления ЗУР пропорционально разностной координате между координатой ракеты, измеренной ИКП, и координатой цели, измеренной ОЭС.

Команды через БУФ6 и синхронизатор-шифратор передаются на передатчик и на соответствующие ракеты в предназначенных им канальных интервалах. В результате отработки команд управления ракеты совмещаются каждая со своей целью.

Таким образом, одновременно ФАР сопровождает три цели и четыре ракеты, три из которых наводятся на цели сопровождаемые ФАР. Четвертая цель и ракета сопровождаются оптико-электронной системой, соответственно ТА и ИКП. Одновременное сопровождение четвертой ракеты ИКП и основной ФАР обеспечивает передачу команд управления на ракету, пеленгуемую ИКП, через один и тот же передатчик, что и на ракеты, наводимые на цели, сопровождаемые ФАР. Это позволило исключить из состава ОЭС автономный передатчик.

Введение в состав комплекса, вместо одноканальной радиолокационной станции

сопровождения цели и ракеты с зеркальной антенной, радиолокационной станции на основе антенны с фазированной решеткой, содержащей высокобыстродействующие систему управления лучом и блок обработки и управления (БОУ), позволило получить многоканальную многофункциональную радиолокационную станцию (МРЛС), способную с большой частотой и с высокой точностью менять положение диаграммы направленности в пространстве в широких пределах (±45° в азимутальном и угломестном каналах).

Наличие в составе БОУ планировщика канальных интервалов и синхронизатора-шифратора позволило рационально организовать совместную работу всех систем комплекса и обеспечить одновременное наведение на четыре цели (трех, сопровождаемых МРЛС, и одной - ОЭС) четырех ЗУР.

Реализация узкой ДНА (±0,35) и применение мм-диапазона длин волн в МРЛС позволили получить высокие точности наведения ЗУР на цель на сверхмалых высотах (менее 100 м) не только в оптическом режиме, но и в радиолокационном, что обеспечило применение комплекса в плохих погодных условиях на малых высотах.

Реализация в составе ССЦР аппаратуры пеленгации ракет на стартовом участке с широкой диаграммой направленности (±3°) и электронным сканированием по азимуту и углу места в широких пределах (±45°) и совмещение ее в одном корпусе с основной ФАР и введение в вычислительную систему блоков формирования стартовых установок ракетных лучей АВР, ракетных лучей основной ФАР и строба ИКП, переключателей и ключей позволили получить надежный одновременный ввод четырех ракет в широкий луч АВР и затем передачу их в узкий луч ФАР и поле зрения ИКП.

Совокупность принятых технических решений позволила:

- повысить боевую эффективность комплекса за счет одновременного обстрела четырех целей, идущих с разных направлений в диапазоне углов ±45° и по высоте от 0 до 80°, в том числе на малых высотах в плохих погодных условиях. Это привело к значительному (в 1,5-2 раза) увеличению огневой производительности боевой машины, и соответственно, боевой эффективности, при отражении массированных ударов СВН с применением ВТО с высокой плотностью (до 14-16 целей/мин);

- обеспечить применение перспективных зенитных управляемых ракет, имеющих гиперзвуковые скорости, благодаря чему снизить работное время на поражение целей и повысить выживаемость комплекса.

По настоящему предложению разработана конструкторская документация, используемая в комплексе «Панцирь-С1», изготовлен опытный образец, который прошел испытания в полевых условиях. Испытания подтвердили возможность одновременного обстрела до четырех целей. Предлагаемое изобретение по п.2 может быть также применено при создании комплексов, имеющих только оптико-электронную систему управления «Панцирь-С1-О» и использующих ракеты с мощным стартовым двигателем.

Источники информации

1. Зенитные ракетные и ракетно-пушечные комплексы капиталистических стран (обзор по материалам иностранной печати). Под общей редакцией Е.А.Федосова. Научно-информационный центр, 1986 г. УДК. 623.418.4 стр.118-120).

2. Патент РФ на изобретение №2131577 от 10 июня 1999 г.

3. О.Г.Вендик. Антенны с немеханическим движением луча. Издательство «Советское радио», Москва - 1965 г.

4. «Аналоговые и интегральные микросхемы». Справочное пособие под редакцией Якубовского «Радио и связь», 1990 г., стр.46-53.

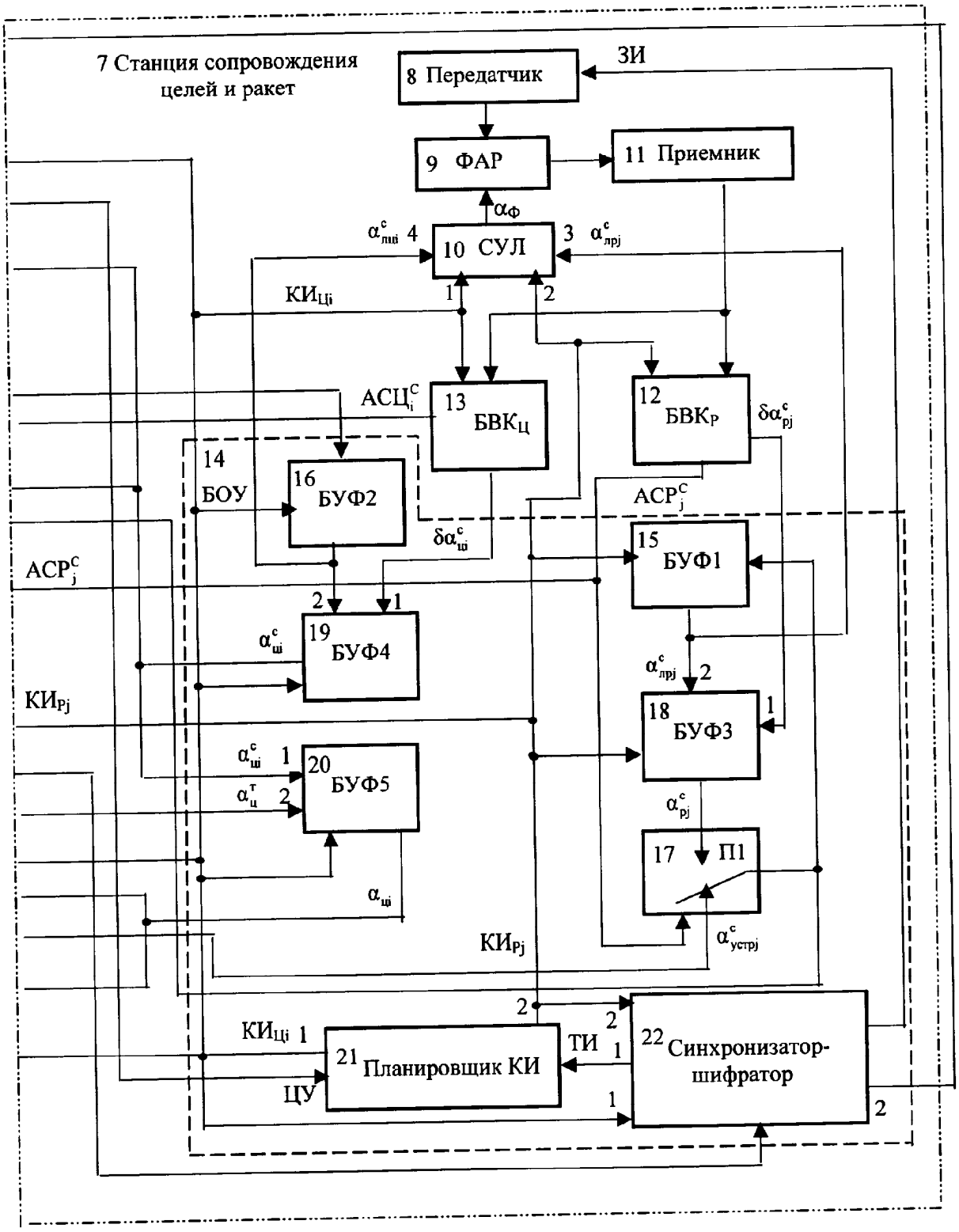
Формула изобретения

1. Зенитный ракетно-пушечный комплекс, содержащий башню с приводами наведения, на которой размещены пусковые установки с ракетами и зенитными автоматами с приводами наведения, пульт пуска, выход которого соединен с ракетой в момент ее пуска, радиолокационную станцию обнаружения целей (СОЦ), станцию сопровождения цели и ракеты (ССЦР), содержащую антенну, приемник и передатчик, вход и выход которых соединены соответственно с выходом и входом антенны, блоки выделения координат цели

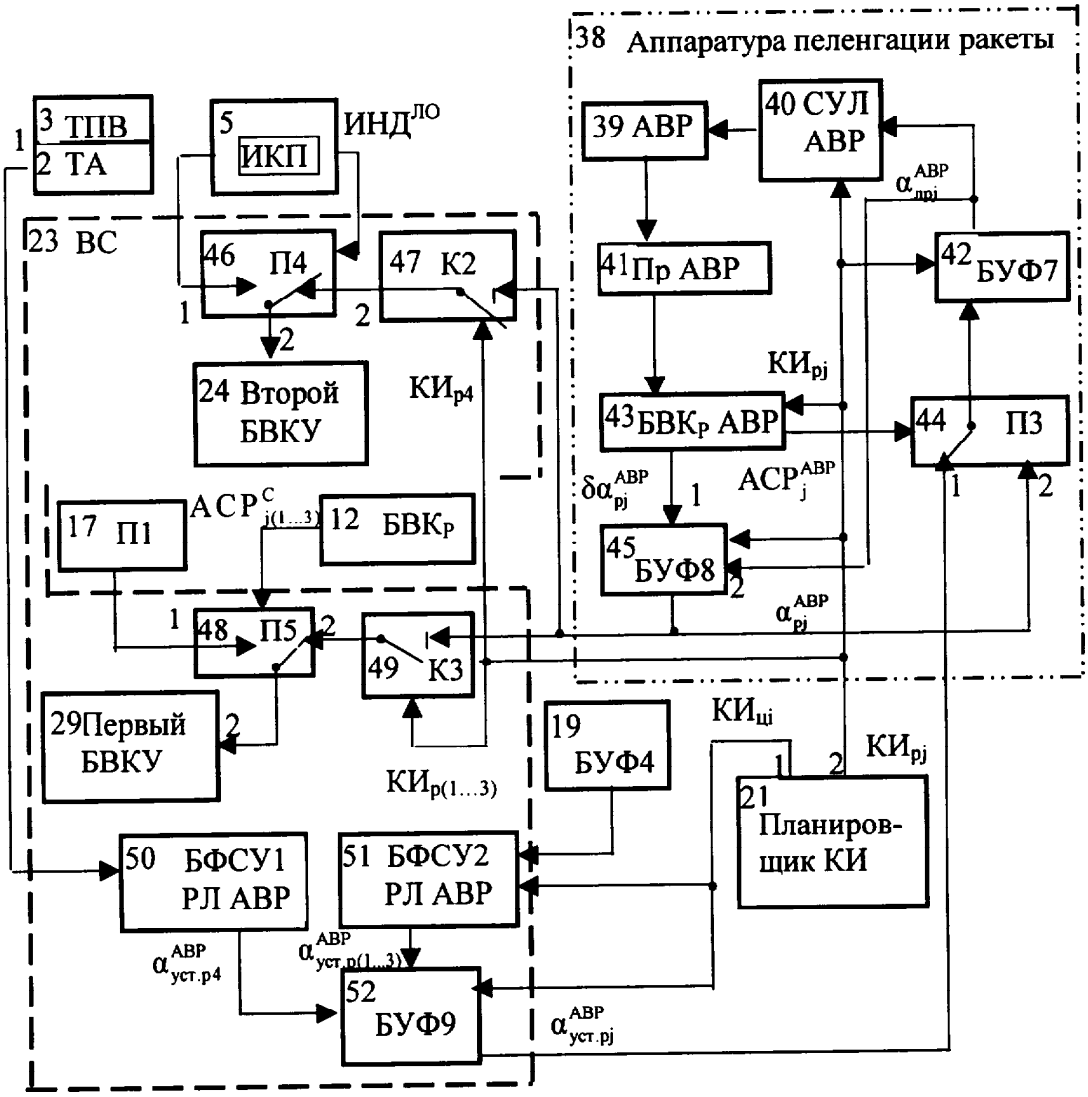
и ракеты, входы которых подключены к выходу приемника, оптико-электронную систему (ОЭС), содержащую инфракрасный пеленгатор (ИКП), тепловизор с телеавтоматом (ТА) и приводы наведения, входы которых соединены с выходом телеавтомата, вычислительную систему, содержащую блок выдачи целеуказания, вход которого соединен с выходом СОЦ, а второй выход подключен ко входу ТА, блок выработки углов отворота пусковых установок и башни, выход которого подключен к входам приводов наведения башни и пусковых установок, блок вычисления зонных параметров, выход которого соединен со входом пульта пуска, первый и второй блоки выработки команд управления, при этом входы второго блока выработки команд управления соединены с выходом ТА и выходами ИКП, отличающийся тем, что антенна выполнена в виде фазированной решетки (ФАР) с системой управления лучом (СУЛ), выход которой подключен ко входам антенны, а в состав ССЦР включен блок обработки и управления, содержащий пять буферов, первый переключатель, планировщик канальных интервалов (КИ), управляющий вход которого соединен с логическим выходом блока выдачи целеуказания, и синхронизатор-шифратор, сигнальный выход которого соединен со входом передатчика, а его два синхровыхода соответственно подключены ко входу планировщика КИ и синхровходу ИКП, причем первый выход планировщика КИ соединен с первыми синхровходами синхронизатора-шифратора и системы управления лучом, с синхровходами блока выдачи целеуказания, блока выработки углов отворота пусковых установок и башни, блока вычисления зонных параметров, второго, четвертого, пятого буферов, блока выделения координат цели, координатный выход которого соединен с первым входом четвертого буфера, выход которого подключен к первому входу первого блока выработки команд управления и к первому координатному входу пятого буфера, второй координатный вход которого подключен к выходу телеавтомата, причем выход пятого буфера подсоединен ко входам блоков выработки углов отворотов башни и пусковой установки и вычисления зонных параметров, а второй выход планировщика КИ соединен со вторыми синхровходами синхронизатора-шифратора и системы управления лучом ФАР, с синхровходами первого, третьего буфера, блока выделения координат ракеты, логический выход которого подключен к управляющим входам первого переключателя и первого блока выработки команд управления, при этом координатный выход блока выделения координат ракеты подключен на первый координатный вход третьего буфера, который выходом соединен с первым управляемым входом первого переключателя, выход которого подсоединен ко второму входу первого блока выработки команд управления и координатному входу первого буфера, причем координатные выходы первого и второго буферов подключены соответственно к третьему и четвертому входам системы управления лучом и вторым входам третьего и четвертого буферов, в ОЭС введен первый ключ, управляющий вход которого подключен к логическому выходу ИКП, а в вычислительную систему введены второй переключатель, два входа которого соединены с первым выходом блока целеуказания и выходом четвертого буфера, а его управляющий вход подключен к логическому выходу блока выделения координат цели, при этом выход второго переключателя подсоединен к координатному входу второго буфера, блок формирования стартовой установки строба ИКП, вход которого соединен с выходом телеавтомата, а выход через первый ключ подключен ко входу ИКП, блок формирования стартовой установки ракетного луча ФАР, синхровход которого соединен с первым выходом планировщика КИ, а его координатные вход и выход подключены соответственно к выходу пятого буфера и второму входу первого переключателя, шестой буфер, два координатных входа которого соединены с выходами первого и второго блоков выработки команд управления, а выход шестого буфера подключен к сигнальному входу синхронизатора-шифратора, причем синхровход шестого буфера соединен со вторым выходом планировщика КИ.

2. Зенитный ракетно-пушечный комплекс по п.1, отличающийся тем, что в состав ССЦР введена аппаратура пеленгации ракет (АПР) на стартовом участке, содержащая антенну ввода ракеты (АВР), которая выполнена на основе фазированной решетки с широкой диаграммой направленности и совмещена в одном корпусе с ФАР, систему управления лучом АВР, выход которой соединен со входом АВР, приемник, вход которого подключен к

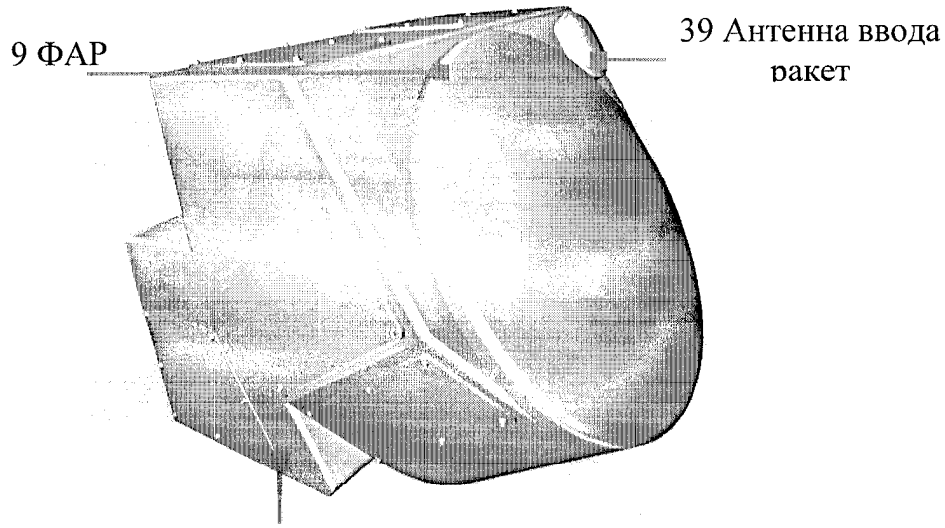
выходу АВР, блок выделения координат ракеты АВР, вход которого соединен с выходом приемника, восьмой буфер, первый вход которого соединен с выходом блока выделения координат ракеты АВР, седьмой буфер, выход которого соединен со вторым входом восьмого буфера и входом системы управления лучом АВР, третий переключатель, выход которого соединен с управляемым входом седьмого буфера, а управляющий вход переключателя подключен к логическому выходу блока выделения координат ракеты АВР, при этом в вычислительную систему введены второй и третий ключи, девятый буфер, первый и второй блоки формирования стартовых установок лучей АВР, входы которых соответственно подключены к выходу телеавтомата и к выходу четвертого буфера, а выходы соединены со входами девятого буфера, выход которого соединен с первым управляемым входом третьего переключателя, второй вход которого подключен к выходу восьмого буфера, при этом между первым выходом ИКП и вторым входом второго блока выработки команд управления введен четвертый переключатель, управляющий вход которого соединен с логическим выходом ИКП, между выходом первого переключателя и вторым входом первого блока выработки команд управления введен пятый переключатель, управляющий вход которого соединен с логическим выходом блока выработки координат ракеты ФАР, а вторые управляемые входы четвертого и пятого переключателей соответственно через второй и третий ключи подключены к выходу восьмого буфера, при этом синхровходы второго блока формирования стартовых установок лучей АВР и девятого буфера соединены с первым выходом планировщика КИ, второй выход которого подключен к синхровходам СУЛ АВР, блока выделения координат ракет АВР, седьмого, восьмого буферов и управляющим входам второго и третьего ключей.


7 Станция сопровождения целей и ракет
8 Передатчик
ЗИ
9 ФАР
11 Приемник
αФ
10 СУЛ
КИЦi
АСЦiС
13 БВКЦ
12 БВКР
δαpjс
14 БОУ
16 БУФ2
АСРjС
δαшiс
15 БУФ1
19 БУФ4
αшiс
αлрjс
КИРj
18 БУФ3
20 БУФ5
αцТ
αрjс
17 П1
αцi
αустрjс
22 Синхронизатор-шифратор
ТИ
21 Планировщик КИ
ЦУ

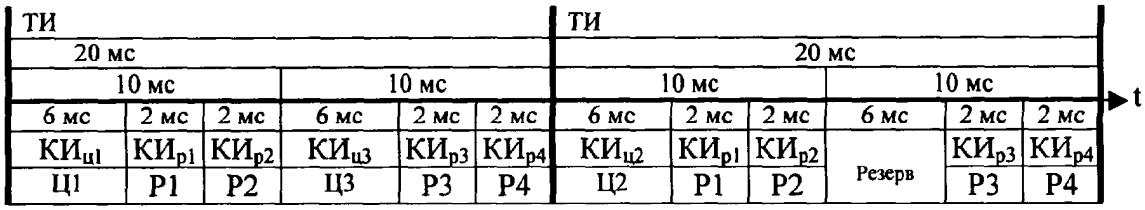
Фиг.1б


38 Аппаратура пеленгации ракеты
3 ТПВ
2 ТА
1
5 ИКП
ИНД ЛО
23 ВС
46 П4
47 К2
1
2
2
24 Второй БВКУ
КИ р4
39 АВР
40 СУЛ АВР
α АВР прj
41 Пр АВР
42 БУФ7
КИ рj
43 БВКР АВР
44 П3
δα АВР pj
АСР АВР j
1
1
2
45 БУФ8
2
α АВР pj
17 П1
АСР С j(1...3)
12 БВКР
1
48 П5
2
49 К3
29 Первый БВКУ
2
КИ р(1...3)
19 БУФ4
КИ щj
1
2
КИ рj
21 Планировщик КИ
50 БФСУ1 РЛ АВР
51 БФСУ2 РЛ АВР
α АВР уст.р4
α АВР уст.р(1...3)
52 БУФ9
α АВР уст.рj

Фиг. 2


9 ФАР
39 Антенна ввода ракет
7 Радиолокационная станция сопровождения целей и ракет

Фиг. 3


ТИ
ТИ
20 мс
20 мс
10 мс
10 мс
10 мс
10 мс
t
6 мс
2 мс
2 мс
6 мс
2 мс
2 мс
6 мс
2 мс
2 мс
6 мс
2 мс
2 мс
КИц1
КИр1
КИр2
КИц3
КИр3
КИр4
КИц2
КИр1
КИр2
Резерв
КИр3
КИр4
Ц1
Р1
Р2
Ц3
Р3
Р4
Ц2
Р1
Р2
Р3
Р4

Фиг. 4