РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

DOI: 10.32743/UniTech.2023.115.10.16054

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ НАВИГАЦИИ «ТРОПА-СМД» (РФ), VOR/DME И TACAN (США)

Аликулов Елбек Абдукаюмович
преподаватель
кафедры радиоэлектронного оборудования
«Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан»,
Республика Узбекистан, г. Карши

Хуррамов Жамшид Ахрорович
преподаватель
кафедры радиоэлектронного оборудования
«Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан»,
Республика Узбекистан, г. Карши

Тухтаев Самандар Искандарович
преподаватель
кафедры радиоэлектронного оборудования
«Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан»,
Республика Узбекистан, г. Карши

Эшбобоев Элбек Эвойдуллаевич
преподаватель
кафедры радиоэлектронного оборудования
«Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан»,
Республика Узбекистан, г. Карши

Мухторжонов Иномжон Равшанбек угли
преподаватель
кафедры радиоэлектронного оборудования
«Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан»,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: airforce@umail.uz

COMPARATIVE ANALYSIS OF RADIO-TECHNICAL SYSTEMS OF SHORT-RANGE NAVIGATION "TROPA-SMD" (RF), VOR/DME TACAN (USA)

Yelbek Alikulov
Lecture
of radio-electronic equipment chair
"Higher Military Aviation School of the Republic of Uzbekistan",
Republic of Uzbekistan, Karshi

Jamshid Khurramov
Lecture
of radio-electronic equipment chair
"Higher Military Aviation School of the Republic of Uzbekistan",
Republic of Uzbekistan, Karshi

Samandar Tukhtayev
Lecture
of radio-electronic equipment chair
"Higher Military Aviation School of the Republic of Uzbekistan",
Republic of Uzbekistan, Karshi

Библиографическое описание: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ НАВИГАЦИИ «ТРОПА-СМД» (РФ), VOR/DME И TACAN (США) // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Аликулов Е.А. [и др.]. 2023. 10(115). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16054*

Elbek Eshboboyev
Lecture
of radio-electronic equipment chair
"Higher Military Aviation School of the Republic of Uzbekistan",
Republic of Uzbekistan, Karshi

Inomjon Muhtorjonov
Lecture
of radio-electronic equipment chair
"Higher Military Aviation School of the Republic of Uzbekistan",
Republic of Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

Проведен сравнительный анализ радиотехнических систем ближней навигации зарубежного производства. Анализ позволил определить достоинства и недостатки радиомаяков ближней навигации.

ABSTRACT

The comparative analysis of radio-technical systems of short-range navigation of foreign production is carried out. The analysis allowed to determine the advantages and disadvantages of short-range navigation beacons.

Ключевые слова: «ТРОПА-СМД», DVOR/DME, TACAN, РСБН.
Keywords: "TRAIL-SMD", DVOR/DME, TACAN, RSBN.

Введение

Выполнение авиацией своих задач происходит в любое время суток, при любой погоде и большом удалении от места базирования. В связи с этим значительно возросла роль навигационных систем в решении задач управления движением летательных аппаратов [1]. Особое место среди навигационных систем занимают радиотехнические системы ближней навигации. Радиосистемы ближней навигации обеспечивают определение местоположение летательных аппаратов (МПЛА) на расстоянии до 700 км (в зависимости от высоты полета ЛА) от радионавигационной точки (РНТ) и строятся на основе угломерных и дальномерных РНУ. Целью данной статьи является провести сравнительный анализ характеристик **«ТРОПА-СМД», DVOR/DME и TACAN** (Рисунок 1). Сравнение этих радиотехнических систем ближней навигации (РСБН) позволить определить достоинства и недостатки радиотехнических систем ближней навигации [2].

а)

б)

Рисунок 1. Радиотехническая система ближней навигации а) «Тропа-СМД» (Россия), б) DVOR/DME

Основная часть

Система VOR

В системе VOR (*VOR - Very-high-frequency Omnidirectional Radio Range* - всенаправленный ОВЧ радиомаяк), на борту воздушного судна (ВС) измеряется азимут самолета - угол между направлением северного магнитного меридиана, проходящего через антенную систему радиомаяка и направлением на самолет, отсчитанный по часовой стрелке. По сигналам радиомаяка *VOR*, на самолете можно решать также следующие задачи:

- определять курсовой угол радиомаяка (КУР);
- выполнять самолетовождение по заданному азимуту;
- определять местоположение ВС по радиалам двух радиомаяков *VOR*;
- осуществлять коррекцию навигационных вычислителей;
- прослушивать сигналы опознавания маяка или сигналы речевых сообщений диспетчера ОВД.

КУР радиомаяка определяется по информации о магнитном курсе от бортовой курсовой системы. Погрешность определения азимута ±5º.

Недостатки стандартного *VOR*

В системе стандартного *VOR* погрешность измерения азимута во многом обусловлена отражением радиоволн от местных предметов (холмы, здания, сооружения).

Влиянию местных предметов, обусловленному отражением радиоволн, способствуют следующие факторы. Во-первых, диапазон радиоволн (метровый), соизмеримый с размерами местных предметов. Во-вторых, широкая диаграмма направленности антенны, которая охватывает значительную территорию земной поверхности.

Следовательно, в точку приема приходят радиоволны как непосредственно от антенны радиомаяка, так и в результате отражения от местных предметов. Радиоволны проходят различные расстояния и поэтому, приходят в точку приема с разными фазами. В результате интерференции радиоволн диаграмма направленности антенны искажается (Рисунок 2). Соответственно, искажается и форма огибающей АМ колебания на входе приемника, получаемого в результате вращения диаграммы. При этом, фаза сигнала «переменная фаза», образуемого на выходе фильтра *Ф 30 Гц* схемы приемника, приобретает дополнительный сдвиг, что приводит к ошибке в индикации азимута самолета [3].

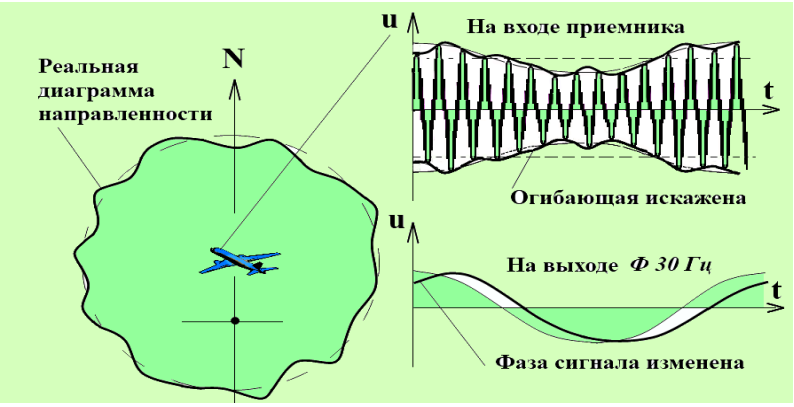


Рисунок 2. Влияние отраженных сигналов в стандартном VOR

Система доплеровского *VOR (DVOR)*

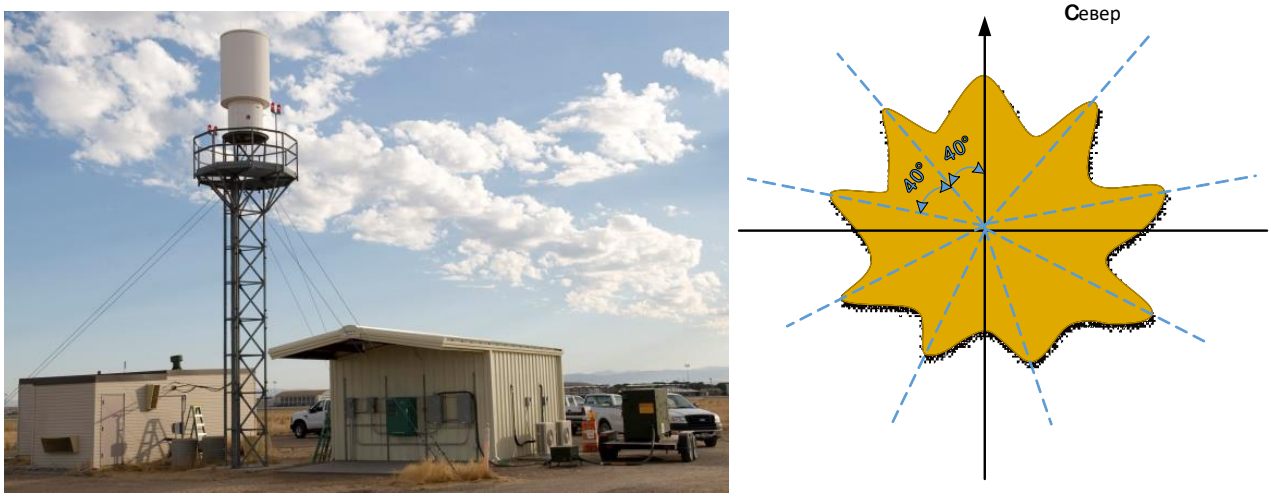
В системе DVOR (см. Рисунок 1 б) для обеспечения высокой точности, сигнал «переменная фаза» «закладывается» не в амплитуду высокочастотного колебания, как в стандартном *VOR*, а в частоту. Выделение частоты Доплера производится путем сравнения частоты принимаемого колебания с частотой опорного от высокостабильного генератора высокой частоты. Имеется возможности приема и преобразования сигналов *DVOR* типовым стандартным приемником (без его доработки). Погрешность определения азимута ± (0,5 – 1)º.

Система АДРМ «ТРОПА-СМД»

В связи с бурным развитием систем сотовой связи и цифрового телевидения, а также с принятыми Россией обязательствами по выполнению требований Международного регламента радиосвязи в России был разработан радиомаяк системы РСБН «Тропа-СМД» для Министерства обороны (см. Рисунок 1 а).

Система TACAN

Система TACAN (Рисунок 3 а) разработана для Министерства обороны США. В системе TACAN азимут определяется путем измерения фазы огибающей принимаемых амплитудно-модулированных колебаний (АМК). Отличительной особенностью канала азимута является двухшкальный метод измерения. На азимутальном радиомаяке формируется многолепестковая (9-лепестковая) диаграмма направленности антенны, представляющая собой кардиоиду, на которую наложена периодическая функция узла, имеющая в горизонтальной плоскости 9 периодов по 400 каждый (Рисунок 3 б).



а) *б)*

Рисунок 3. а) Внешний вид б) диаграмма направленности антенны азимутального канала системы TACAN

ДНА вращается с частотой 15 об/мин, что приводит к амплитудной модуляции принимаемого колебания частотами 15 и 135 Гц (9х15), причем фаза огибающей есть функция азимута точки приема. На частоте 15 Гц эта функция однозначная, однако погрешность измерения азимута равна погрешности измерения фазы. Поэтому частота 15 Гц служит для получения грубой, но однозначной шкалы азимутов. А на частоте 135 Гц происходит уточнение азимута (точная шкала). Азимутальный сигнал в системе TACAN имеет импульсный характер, однако число импульсов за период вращения антенны настолько велико, что огибающая, образованная при вращении ДНА, передается без искажений. Опорные сигналы передают с помощью группы импульсов, излучаемых каждый раз, когда основной или дополнительный максимум ДНА проходит через северное направление магнитного меридиана. Опорные сигналы служат для синхронизации бортовых генераторов частот 15 и 135 Гц. Точность измерения азимута в TACAN в 5 раз выше, чем в VOR. В некоторых модификациях TACAN реализован индикаторный канал.

Сравнительная характеристика РСБН

Нормы ICAO на параметры канала азимута зарубежных АДРМ (DVOR/DME) и нормы на параметры «Тропа-СМД» (Россия) представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Нормы ICAO на параметры канала азимута зарубежных АДРМ (DVOR/DME) и нормы на параметры «Тропа-СМД» (Россия)

№	Параметры канала азимута	DVOR/DME	АДРМ «Тропа-СМД»
1.	Частотный диапазон, МГц	108…..117,975	962….1000,5
2.	Количество ЧКК	160	56
3.	Поляризация	Горизонтальная	Горизонтальная
4.	Погрешность определения азимута (2σ), град	$0{,}5^0$	не более 0,35
5.	Наличие индикаторного канала	-	Имеется

Нормы ICAO на параметры канала дальности АДРМ (VOR/DME) и нормы на параметры РСБН представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Нормы ICAO на параметры канала дальности АДРМ (VOR/DME) и нормы на параметры РСБН

№	Параметры канала дальности	DME	АДРМ «Тропа-СМД»
1.	Частотный диапазон, МГц - запрос дальности - ответ дальности	1025…..1150 960….1215	962….1213
2.	Дальность действия, км	не менее 260	380
3.	Количество ЧКК	252	56
4.	Погрешность определения дальности (2σ), м	не более ±150 м	±150 м
5.	Пропускная способность, ЛА	100	100

Основные параметры систем ближней навигации «Тропа-СМД» и аналогичного назначения DVOR/DME и TACAN приведены в таблице 3.

Таблице 3.

Основные параметры систем ближней навигации «Тропа-СМД» и аналогичного назначения DVOR/DME и TACAN

№	Параметры	АДРМ «Тропа-СМД»		DVOR/DME		TACAN	
		КА	КД	КА	КД	КА	КД
1.	Погрешность определения навигационного параметра, (2σ)	не более 0,35	35 м	$0,5^0$	±150 м	$4,5^0$-грубая и 1^0- точная	185
2.	Диапазон частот, МГц - канал азимута (КА) - канал дальности (КД)	962….1000,5	962….1213	108-118	1025-1150	960-1215	1025-1150 960-1215
3.	Число ЧКК	56	56	160	252	252	252
4.	Пропускная способность, ЛА	Не ограничена	100	Не ограничена	100	Не ограничена	100
5.	Наличие индикаторного канала		+		-		+
6.	Габаритные размеры	3,8х2,4х2,2 м		4,5х2,5х2,7м, диаметр антенны 13,5 м		Не имеет сведений	

Из таблицы видно, что АДРМ «Тропа-СМД» по своим тактико-техническим характеристикам превосходит зарубежных систем аналогичного назначения «TACAN» и DVOR/DME.

Заключение

Проведенный сравнительный анализ радиомаяков ближней навигации позволил сделать следующие выводы:

АДРМ «Тропа-СМД» по сравнению с системой DVOR/DME имеет преимущества относительно высокой точностью измерения, наличием индикаторного канала позволяющую оценить воздушную обстановку в зоне действия радиомаяка и управлять полетами в районе аэродрома;

Система TACAN по сравнению с системой DVOR имеет следующие преимущества:

в связи с более высокой частотой (960….1215 МГц вместо 108…118 МГц) бортовая антенна РМ TACAN может быть меньше, поэтому она более пригодна для установки на судах, ЛА и других подвижных объектах;

используется метод многолепестковый ДН, обеспечивающий повышение точности определения пеленга;

определение пеленга и дальности производится на одном и том же частотном канале, что позволяет уменьшить количество используемой аппаратуры и сэкономить средства.

Преимущества АДРМ «Тропа-СМД» над TACAN это относительно высокая точность измерения азимута и дальности.

Список литературы:

1. Кудратов У.Г.[и др.]. Возможность снижения импульсной мощности радиолокационных станций обзора с сохранением их точностных характеристик и разрешающей способности. // Universum: технические науки: электрон.научн.журн. 2022. 4 (97). URL: https: //7universum.com/ru/tech/archive/item/13381 (дата обращения: 12.09.2023).
2. Мухаммедов Б.М. анализ систем защиты РЛС обзора от противорадиолокационных ракет и облик нового канала дополнительной траекторной обработки // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 10(91). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12450 (дата обращения: 20.09.2023).
3. Хафизов А.В. Средства радионавигации.– Кировоград: ГЛАУ, 2014. - 213 с.