

DOI 10.53364/24138614_2023_28_1_11

УДК 629.7.05

Қабдылхаков Е. М., магистрант
Академия гражданской авиации, г. Алматы, РК.

E-mail: qyernur@gmail.com

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОРИЕНТАЦИИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

**БҰЗЫЛУ ЖАҒДАЙЫНДА ҰШУ АППАРАТТАРЫНЫҢ БАҒДАРЛАНУ
ПАРАМЕТРЛЕРІН ТИІМДІ БАҒАЛАУДЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН ЗАМАНАУИ
НАВИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚОЛДАНУ**

**THE USE OF MODERN NAVIGATION SYSTEMS TO ENSURE AN EFFECTIVE
ASSESSMENT OF THE ORIENTATION PARAMETERS OF AIRCRAFT IN THE
CONDITIONS OF DISTURBANCES**

Аннотация. Данная статья предназначена для предоставления информации о действующей аппаратуре ориентации воздушных судов в воздушном пространстве. Статья предназначена для выдвижения гипотезы о формировании нового комплекса самолетовождения, который был бы доступен повсеместно и не был бы зависим от наземного комплекса на протяжении всего полета.

Ключевые слова: воздушная навигация, спутниковая навигация, инерциальная навигация, позиционные методы определения местоположения, метод счисления пути, зональная навигация.

Аңдатпа. Бұл бап әуе кеңістігінде әуе кемелерін бағдарлаудың қолданыстағы аппаратурасы туралы ақпарат беруге арналған. Мақала барлық жерде қол жетімді және бүкіл ұшу кезінде жерүсті кешеніне тәуелді болмайтын жаңа ұшақ жүргізу кешенін құру туралы гипотеза жасауға арналған.

Түйін сөздер: әуе навигациясы, спутниктік навигация, инерциялық навигация, позициялық орналасу әдістері, жолды санау әдісі, аймақтық навигация.

Abstract. This article is intended to provide information about the current aircraft orientation equipment in the airspace. The article is intended to put forward a hypothesis about the formation of a new complex of aircraft navigation, which would be available everywhere and would not be dependent on the ground complex throughout the flight.

Keywords: aerial navigation, satellite navigation, inertial navigation, positional methods of location determination, path numbering method, zonal navigation.

Введение. Данная статья имеет новизну, связанную с изменением доминирующей парадигмы потребности применения наземных радиотехнических навигационных средств в обязательном порядке. Изменение понимания зональной навигации за пределами существующих ограничений, а также совмещения более одного метода в комплексную систему.

Предметом исследования являются навигационные системы и устройства, расположенные на борту воздушного судна, на земле и в космическом пространстве.

Целью исследования является формирование методологической основы для ориентирования воздушных судов. На ряду с логико-математическими основами также необходимо описать потребный программно-аппаратный комплекс.

Для достижения цели сформируем следующие задачи:

- 1) рассмотреть навигационные системы согласно классификации;
- 2) описать принцип действия каждой системы и ее устройств;
- 3) провести анализ преимуществ и недостатков каждой системы;
- 4) сформировать методологическую основу для ориентации воздушного судна;
- 5) сформировать потребный минимум навигационных систем и устройств.

Методы. Для начала, основываясь на признаке расположения оборудования, произведем декомпозицию, а вместе с тем и классифицируем навигационное оборудование и системы:

- 1) наземное оборудование;
- 2) бортовое оборудование;
- 3) космическое оборудование.

С учетом используемого оборудования можно навигационные системы разделить на 2 категории:

Автономные — системы, которые не используют внешние дополнительные устройства. Они находятся на борту и полностью производят определение местоположения при помощи собственных вычислений.

Не автономные — системы, которые используют внешние устройства для определения собственного местоположения. Имеют бортовой и наземный и/или спутниковый комплекты оборудования, работающие совместно.

При этом также в зависимости от масштаба навигационные системы классифицируют на:

Местные — применяемые для некоторой местности. По масштабу составляет один диспетчерский район с радиусом действия локатора до 360 километров;

Региональные — применяемые для какого-либо региона. По масштабу составляет несколько диспетчерских районов, с общим покрытием в несколько тысяч километров.

Глобальные — применяемые повсеместно на поверхности Земли. По масштабу составляет всю поверхность Земли [1].

Для работы с наземными навигационными устройствами пилоты применяют автоматический радиоконпас на борту, в то время как на земле работает радиомаяк VOR с дальностью действия 370 километров или радиомаяк DME с дальностью действия 360 километров. При этом точность определения местоположения с VOR составляет 185 метров. DME имеет аналогичный показатель. С учетом того, что данные радиомаяки имеют большой радиус действия, то возможно применение зональной навигации, то есть пилоты могут использовать произвольную траекторию полета в зоне действия радиомаяка. Применение азимутальных и дальномерных маяков дает некоторые преимущества и накладывает ряд ограничений по их применению. Произведем анализ преимуществ и недостатков [2].

Среди преимуществ:

- 1) использование в любое время суток;
- 2) использование при любых погодных условиях;
- 3) достаточно высокая точность определения местоположения;
- 4) открытость рабочих каналов;
- 5) высокая производительность до 100 воздушных судов одновременно.

Среди недостатков:

- 1) потребность в бортовом оборудовании;
- 2) потребность в нахождении в зоне прямой радиодоступности;
- 3) потребность в расположении на открытой местности;
- 4) ограниченность обслуживания для высоконагруженных участков воздушных трасс;

5) ограниченность методологии.

Применяемая методология для определения местоположения воздушного судна имеет некоторые ограничения. В самой элементарной ситуации, при пренебрежении повышенным спросом на оперативность определения местоположения потребуется два наземных радиомаяка, независимо азимутальные или дальномерные.

При использовании дальномерного метода применяется способ определения дальности до двух радиостанций. При этом две получаемые окружности пересекутся в двух точках. Одна из этих точек будет ложным местоположением, а вторая будет фактическим. При известном направлении движения определить местоположение не составит труда. Однако в ситуации неопределенности при повторном измерении дальности можно будет определить вектор движения [3]. Подробнее на рисунке 1

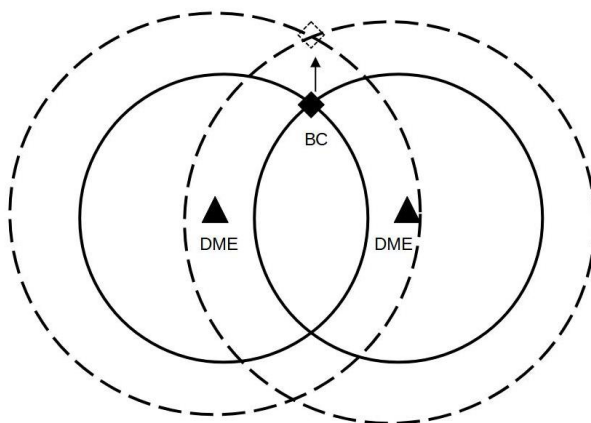


Рисунок 1. Дальномерный метод определения местоположения

Другим методом определения местоположения является угломерный метод определения местоположения. Суть метода заключается в определении пеленгов наземных радиостанций. Схема определения изображена на рисунке 2.

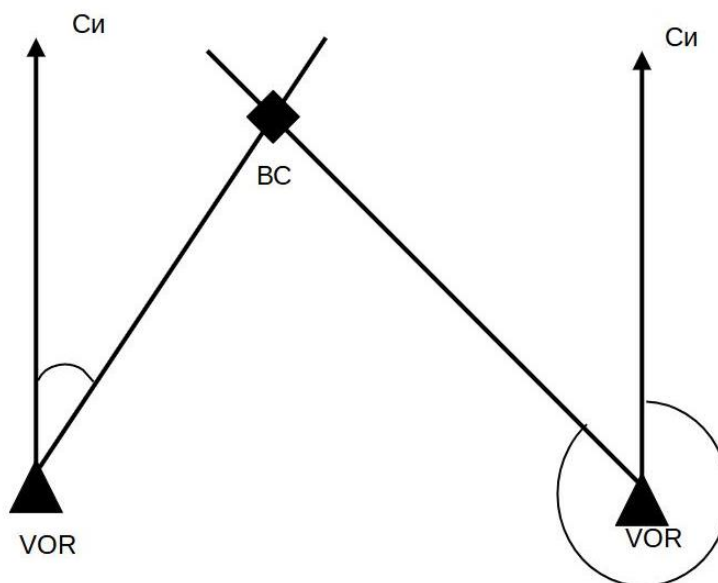


Рисунок 2. Угломерный метод определения местоположения

Совмещая дальномерный и угломерный методы получаем дальномерно-угломерный метод определения местоположения.

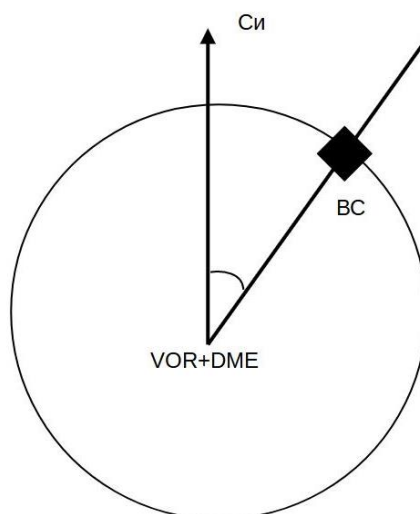


Рисунок 3. Дальномерно-угломерный метод определения местоположения

Все три перечисленных метода применяются в зональной навигации и относятся к группе позиционных методов определения местоположения. Суть данных методов заключается в том, чтоб определить собственное местоположение относительно объектов, местоположение которых заранее известно [4]. Таким образом определяемое расстояние или пеленг прибавляются к координатам радиомаяка, в результате можно получить собственные координаты в глобальной системе координат.

Следующим навигационным средством является акселерометр. Акселерометр является автономным устройством определения местоположения. При помощи акселерометра применяется метод счисления пути. Подробнее на рисунке 4.

Груз, подвешенный на пружинах, перемещается при ускорении или торможении груз ускоряется, перемещает ползунок на резисторе переменного сопротивления. В результате производится изменение уровня напряжения. Интегрируя изменение уровня напряжения и преобразуя математически, с определенной погрешностью, в скорость перемещения воздушного судна в дальнейшем можно определить пройденный путь. Данный метод хорош тем, что он автономен, но имеет недостаток в виде погрешности.

Преимущества применения акселерометра:

- 1) автономность;
- 2) компактность;
- 3) минимальное энергопотребление.

Недостатки:

- 1) увеличение ошибки по мере прохождения пути;
- 2) накопление инерциальных ошибок.

Наиболее передовой системой определения местоположения воздушного судна является спутниковая система навигации, применяемая с наземными станциями дополнения и корректировки информации. В данной ситуации также применяется дальномерный метод, но вместо наземных радиостанций применяются искусственные спутники Земли. Также количество рекомендуемых спутников, находящихся в зоне приема должно достигать трех и более, в противном случае неоднозначность получаемых данных будет определять местоположение воздушного судна под поверхностью Земли [5].

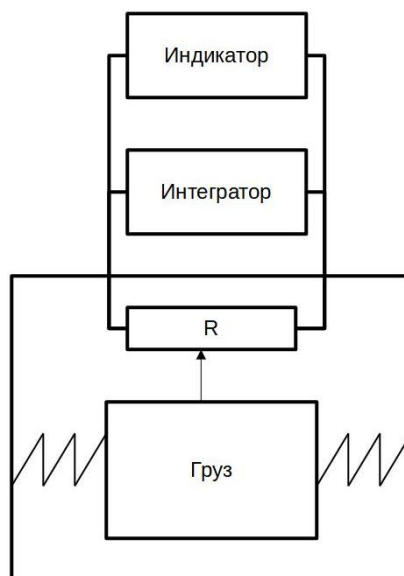


Рисунок 4. Схема работы акселерометра

Так как искусственные спутники находятся далеко, то требуется дополнение к получаемой информации от спутников, а именно уточнение времени задержки. Причина такой потребности возникает из-за большого расстояния между спутником и приемников, при таком расстоянии задержка в миллисекундах может обернуться неточностью в сотни метров, поэтому существует наземный комплекс коррекции вычисленных координат. Поэтому существуют региональные станции дополнения, зона действия которых достигает нескольких тысяч километров.

Преимущества спутниковой системы:

- 1) глобальная доступность;
- 2) минимальный бортовой комплекс оборудования;
- 3) универсальность используемого метода

Недостатки:

- 1) потребность в спутниковых аппаратах;
- 2) возникновение задержек в области метеоявлений;
- 3) потребность в корректирующих станциях.

На основании вышеизложенного можно приступить к формированию гипотезы для более совершенной системы навигации. Так как наземные азимутальный и дальномерный радиомаяк должны быть размещены по маршруту полета. Это накладывает существенные ограничения для применения данных устройств. В качестве наиболее приемлемого альтернативного способа стоит использовать комплекс, который включает в себя бортовое автономное средство навигации, которое использует спутниковую систему навигации в качестве корректирующей. Таким образом на борту будет применяться метод счисления пути, заключающийся в определении пройденного пути по отношению ко всей длине пути маршрута. Структурная схема включает в себя: бортовой акселерометр, бортовой приемник спутниковой системы навигации, бортовой компьютер. При это аппаратура, работающая с наземными радиомаяками, уже исключается из системы.

Результаты. После проведения анализа получены следующие результаты:

- 1) были кратко охарактеризованы современные системы и устройства, применяемые в воздушной навигации;
- 2) был изложен принцип действия каждой используемой навигационной системы и основных методов определения местоположения;

3) на основе изложенного материала было предложено построение новой системы для производства ориентации.

Заключение. По результатам, полученным в ходе исследования, можно заключить следующее:

- 1) аппаратура самолетовождения, которая применяется в настоящее время достигает своего предела по производительности;
- 2) аппаратура самолетовождения имеет моральное устаревание;
- 3) аппаратура самолетовождения имеет большое кратное резервирование, которое в современных условиях избыточно;
- 4) требуется разработка более современного комплекса самолетовождения.

Цель исследования достигнута, поставленные задачи были решены. Функциональный, методологический и структурный анализ позволили описать преимущества и недостатки каждой системы. При этом была сформирована основная идея для разработки нового комплекса для ориентирования воздушных судов при самолетовождении.

Использованные источники

1. Гаспарян Г. А., Кулаков М. В. - «Применение конструктора зональной навигации для оптимизации стандартных маршрутов прибытия в аэропорт Шереметьево», - Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации, - 2021;

2. Буренко Е.А. - «Моделирование контура управления для радиосистем самонаведения при наведении методом пропорциональной навигации», - Международный научно-исследовательский журнал, - 2021;

3. Ерохин В. В., Караченцев В. А., Малисов Н. П. - «Анализ влияния траектории движения динамического управляемого объекта на точность определения навигационных параметров», - Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, - 2021;

4. Чикрин Дмитрий Евгеньевич, Голоусов Святослав Владимирович - «Использование оптимизационного подхода для автоматизированной калибровки микроэлектромеханической инерциальной навигационной системы», - Известия Южного федерального университета. Технические науки, - 2021;

5. Шевелёв Антон Анатольевич - «Пути автоматизации деятельности штурманской службы авиационного соединения», - Universum: технические науки, 2022.

References

1. Gasparian G. A., Kúlakov M. V. - «Primenenie konstrýktora zonalnoi navigatsii dlia optimizatsii standartnyh marshrýtov pribytiia v aeroport Sheremetev», - Naýchnyi vestnik Moskovskogo gosýdarstvennogo tehnikeskogo ýniversiteta grajdanskoi aviatsii, - 2021;

2. Býrenko E.A. - «Modelirovanie kontýra ýpravleniia dlia radiosistem samonavedeniia pri navedenií metodom proporsionalnoi navigatsii», - Mejdýnarodnyi naýchno-issledovatel'skii jýrnal, - 2021;

3. Erohin V. V., Karachentsev V. A., Malisov N. P. - «Analiz vliianiia traektorii dvijeniia dinamicheskogo úpravliiaemogo obekta na tochnost opredeleniia navigatsionnyh parametrov», - Sovremennye tehnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie, - 2021;

4. Chikrin Dmitrii Evgenevich, Goloúsov Sviatoslav Vladimirovich - «Ispolzovanie optimizatsionnogo podhoda dlia avtomatizirovannoi kalibrovki mikroelektromehanicheskoi inertsiialnoi navigatsionnoi sistemy», - Izvestia Iýjnogo federalnogo ýniversiteta. Tehnicheskie naýki, - 2021;

5. Shevel'ëv Anton Anatolevich - «Pýti avtomatizatsii deiatelnosti shtýrmanskoí slýjby aviatsionnogo soedineniia», - Universum: tehnicheckie naýki, 2022.

Материал поступил в редакцию 06.03.2023 г.