

УДК 629.7.058.4

*Соколов Олег Аркадьевич*  
*заведующий кафедрой «Систем автоматизированного*  
*управления»*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*Университет гражданской авиации»*  
*им. А.А. Новикова*  
*Россия, г. Санкт-Петербург*  
*Егоров Егор Владимирович,*  
*студент 3 курса факультет «Летной эксплуатации» ЛЭГВС*  
*«Летная эксплуатация гражданских воздушных судов»*  
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный*  
*Университет гражданской авиации»*  
*им. А.А. Новикова*  
*Россия, г. Санкт-Петербург*

## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СЧИСЛЕНИЯ ПУТИ В АВИАЦИИ**

*Аннотация:* В данной статье рассмотрены основные характеристики автоматизированного счисления пути, какое оно бывает и возможны ли дальнейшие перспективы развития.

*Ключевые слова:* автоматизированное счисление пути, самолётовождение, аэронавигация.

## **EXPLOITATION OF AUTOMATED COUNTING PARTS OF THE ROUTE**

**Annotation:** *This report examines the main characteristics of automated counting parts of the route, about the variations of it and perspectives of development*

**Key words:** *automated counting parts of the route, flying aircraft aeronavigation.*

## **Введение**

В наше время происходит гигантский скачок в развитии самолётов, РТС, которые используются в военной и гражданской авиации. Увеличивается интенсивность воздушного движения, что вызывает необходимость в оптимизации воздушных трасс, маршрутов полёта, а также повышает нагрузку на пилотов и диспетчеров. Главной задачей диспетчера является эшелонирование воздушных судов, т. е. распределение их на безопасные интервалы для предотвращения столкновений и опасных сближений. Поэтому существуют такие средства наблюдения - обзорные радиолокаторы (ОРЛ). Различают аэродромные и трассовые ОРЛ. Они имеют общее назначение, но в зависимости от места установки имеют различные системы отсчёта отображаемого параметра – пеленга: как магнитного, так и истинного, а также различную дальность (у ОРЛ-Т она, очевидно, больше). Пеленг – угол, заключённый между северным направлением меридиана, принятого за начало отсчёта и проходящего через место установки радиолокатора, и направлением на воздушное судно.

## Автоматизированное счисление пути

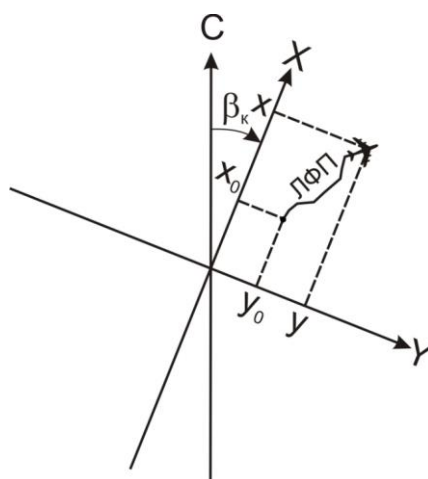


Рис. 1 - Прямоугольная система координат

### ***Как выполняется АСП.***

Счисление – это *расчет* координат. Основа системы, как не трудно догадаться, - вычислитель навигационный. Различают 2 вида этих самых вычислителей: цифровой и аналоговый. В первом случае – используется компьютер, во втором электромеханические сигналы. Навигационные элементы измеряются датчиками и поступают на вход вычислителя (скорость, высота полёта и т.д.) Соответственно выходят оттуда уже координаты. Данные индексируются у лётчиков, и одновременно с эти, поступают в бортовую систему, что и помогает определить местоположение самолёта относительно линии заданного пути. В Пилотажно-навигационных комплексах на новых воздушных судах информация отображается различными способами.

Нельзя забывать о СК (системе координат), в которой будут производиться все действия. Когда мы используем измерение скорости, мы используем ортодромическую систему координат. Чаще всего, связанная с Линией заданного пути – частноортодромическая. ОСК задаются на сфере. При небольших расстояниях, принятая за плоскость поверхность земли не вносит никаких погрешностей.

Возьмём систему координат ОХУ и выявим:

- а) направление осей;
- б) начало ск, (где 0)

В зависимости от ск и от начала отсчёта одни и те же точки могут иметь разные координаты. Затем мы вводим в НВ ту ск, которая нам нужна.

*Для ориентации используется такой термин, как угол карты*

*Угол карты* – угол между направлением меридиана и направлением одной из осей системы координат. Так как ск прямоугольная, то 2ая ориентируется автоматически.

Затем устанавливаются начальные координаты. Предположим, точно задано, где на земле расположено начало ОХУ и направление осей. В этом случае любые точки будут иметь определенные координаты  $x, y$ .

Или по другому. Установив УК, можно приписать самолёту любые значения координат  $x, y$ . Но при этом и расположение начала системы координат будет однозначно определено.

Тогда, путем ввода в навигационный вычислитель координат ВС в момент начала счисления лётчик и задает расположение ск.

Но не существует никакой ск для самого вычислителя, это именно интерпретация для экипажа. Во время ввода в вычислитель значения текущих координат ВС в качестве начальных, то тем самым задаётся, где находится начало ск.

В начале счисления текущие координаты ВС совпадают с начальными, но в процессе полета они изменяются в соответствии с перемещением ВС. Первое, что делает навигационный вычислитель для определения текущих координат – раскладывает вектор путевой скорости  $W$  на составляющие  $W_x$  и  $W_y$  по осям выбранной системы координат. Для этого ему необходимо знать модуль и направление вектора  $W$ , а также направление осей.

Теперь, когда известна скорость вдоль каждой оси, можно рассчитать и расстояние, пройденное по этой оси от начального значения соответствующей координаты.

Если бы составляющие скорости по осям были бы постоянными, то текущие координаты самолета  $x, y$  определялись бы по этим формулам:

$$x = x_0 + W_x t;$$

$$y = y_0 + W_y t,$$

где  $t$  – время полета от начальной точки с координатами  $x_0, y_0$ .

Но в общем виде составляющие скорости постоянно меняются, так как изменяется и направление и модуль вектора  $W$ . Так как при изменении параметров ветра меняется курс и истинная скорость летательного аппарата.

В физике Скорость – это производная расстояния, то есть скорость (быстрота) его изменения. Этот процесс называется дифференцированием, а обратный ему – называется интегрированием, - позволяет по известной производной найти саму величину (закон ее изменения).

Или подойти к этому выводу иначе. Скорость непрерывно меняется, но на любом бесконечно малом отрезке времени ее можно считать постоянной и определить бесконечно малое расстояние, пройденное за это время, простым умножением времени на скорость. Но пройденный путь является суммой бесконечно большого количества бесконечно малых участков. А сумма бесконечно большого количества бесконечно малых слагаемых – это и есть определенный интеграл.

Таким образом, в общем виде уравнения счисления запишем так:

$$x = x_0 + \int_0^t W_x dt;$$

$$y = y_0 + \int_0^t W_y dt.$$

Вычислитель постоянно интегрирует составляющие скорости, определяя приращения координат к их начальным. В цифровых вычислителях интегрирование осуществляется по алгоритмам численного интегрирования. В аналоговых вычислителях оно выполняется интегрирующими электродвигателями, то есть такими, у которых скорость вращения зависит от напряжения, которое на них подаётся. Если подавать напряжение, пропорциональное скорости, то чем больше скорость, тем больше оборотов в единицу времени сделает двигатель, «накручивая» пройденное расстояние.

Текущие численные значения координат отображаются для лётчиков на специальных индикаторах. По какой бы траектории ни летел самолет, они могут определить по ним координаты в данный момент времени.

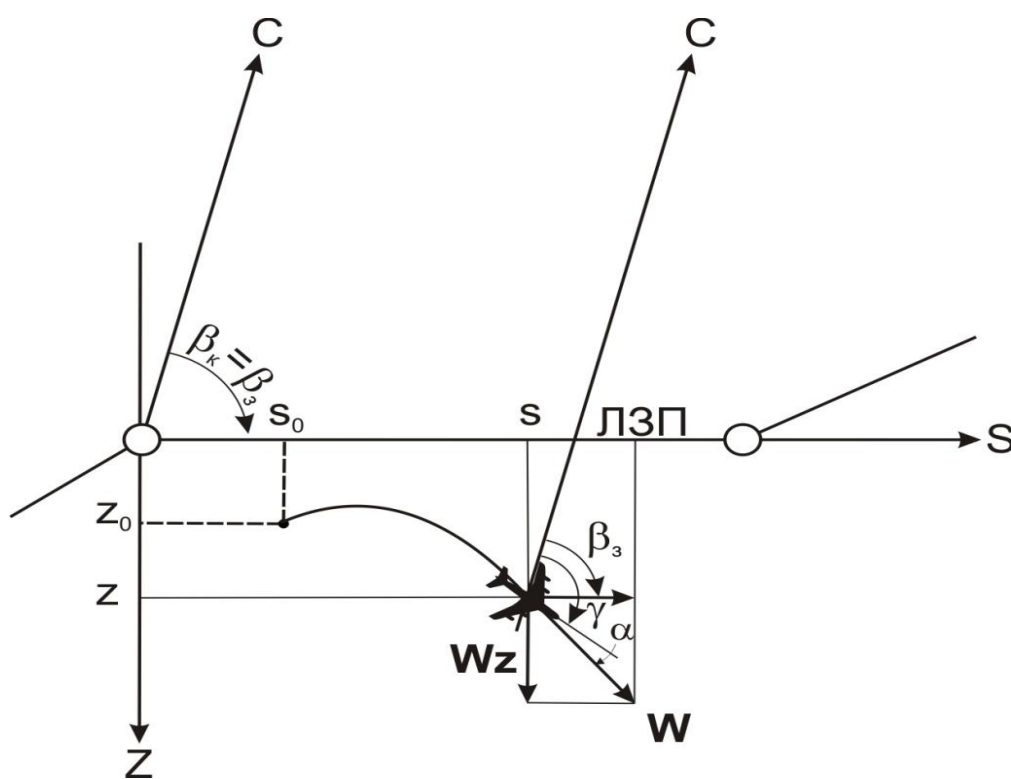


Рисунок 2 - Составляющие вектора путевой скорости

## Заключение

Автоматизированное счисление пути обеспечивает безопасность, точность и надежность полетов. Оно помогает экипажам воздушных судов осуществлять контроль пути различными способами. Модификации вычислителей в дальнейшем будут способствовать ускорению, выполняемых процедур при этом не влияя на точность определения вычисленных координат. Регулярное обслуживание и проверка системы также имеет определяющую роль в ее работе, чтобы она соответствовала всем стандартам.

## Список литературы:

- 1) Аэронавигация. Ч. II. Радионавигация в полете по маршруту: Учебное пособие [Книга] / авт. Сарайский Ю.Н. Липин А.В., Либерман Ю.И.. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, 2021. — 280-284 с.
- 2) Учебное пособие по аэронавигации Сарайский Ю.Н., Алешков И.И., А.В. Липин, Ю.И. Либерман. Часть 2 - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, 2010. – 94-95 стр.