DOI 10.58351/2949-2041.2026.39.10.011
УДК 004.94

Ефимова Елена Вячеславовна, к.т.н.
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
Efimova Elena Vyacheslavovna, Candidate of Technical Sciences
Saint Petersburg State University of Civil Aviation

Плясунов Николай Васильевич, к.т.н., доц.
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
Plyasunov Nikolai Vasilyevich, Candidate of Technical Sciences, Assoc.
Saint Petersburg State University of Civil Aviation

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ САМОЛЕТА В ЗОНЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ
CONSTRUCTION OF A MODEL FOR DETERMINING THE COORDINATES OF AN AIRCRAFT IN A TURBULENT ZONE

Аннотация. Статья предлагает новый метод определения координат и других параметров траектории самолета во время нахождения его в зоне турбулентности. В отличие от традиционных решений с помощью приемов, применяемых в компьютерной графике, с легкой доступностью оперативно получают результаты высокой точности.

Abstract. The article proposes a new method for determining the coordinates and other parameters of the aircraft trajectory while it is in the turbulence zone. Unlike traditional solutions, with the help of techniques used in computer graphics, high-precision results are quickly obtained with easy accessibility.

Ключевые слова: Турбулентность, самолет, моделирование.
Keywords: Turbulence, aircraft, modeling.

ВВЕДЕНИЕ

Давно известно, что турбулентность оказывает сильнейшее влияние на полёты самолётов, и каждый командир воздушного судна старается избегать попадания в эту зону на протяжении всего нахождения в открытом пространстве. Но не всегда получается это сделать, поэтому важно своевременно к ней подготовиться. Для этого нужно знать, во-первых, когда и где она начнется, а во-вторых, когда и где она закончится. Рассмотрим процесс преодоления самолётом зоны турбулентности на примере решения подобной задачи с помощью приемов, применяемых в компьютерной графике. Задача может быть следующей:

Самолёт перемещается по заданной траектории из пункта M в пункт N.

Необходимо определить:

– координаты точки входа самолёта в зону турбулентности,

– координаты точки выхода из нее и расстояние между этими точками.

Контур зоны турбулентности после линеаризации в грубом приближении можно ограничить габаритами поверхности эллиптического конуса, у которого центр основания O, высота равна 77, большая и малая оси основания равны соответственно 88 и 55 и расположены в плоскости треугольника OKD. Положение точек в пространстве определяется следующими координатами: D (111;222;333) M (22;22;22) N (111;111;55) K (222;111;111) O (55;66;11).

С помощью компьютерной графики поставленную задачу нужно рассматривать, как построение точек пересечения прямой MN с поверхностью эллиптического конуса. Для этого необходимо:

Решение:

1. Построение плоскости треугольника OKD.

Активизировать команду 3DPOLY. В ответ на запрос ввести координаты точки O: *Specify start point of polyline:* 55, 66, 11 ↲.

Для удобства восприятия точки O считаем ее окончанием красного отрезка, исходящего из начала координат.

В ответ на следующий запрос ввести координаты точки K:

Specify endpoint of line or [Undo]: 222, 111, 111 ↲ ↲.

В ответ на следующий запрос ввести координаты точки D:

Specify endpoint of line or [Undo]: 111, 222, 333 ↲.

В ответ на следующий запрос *Specify endpoint of line or [Undo]:* указать левой кнопкой мыши положение точки O: ↲.

2. Переносим систему координат в плоскость треугольника OKD (Рис. 1).

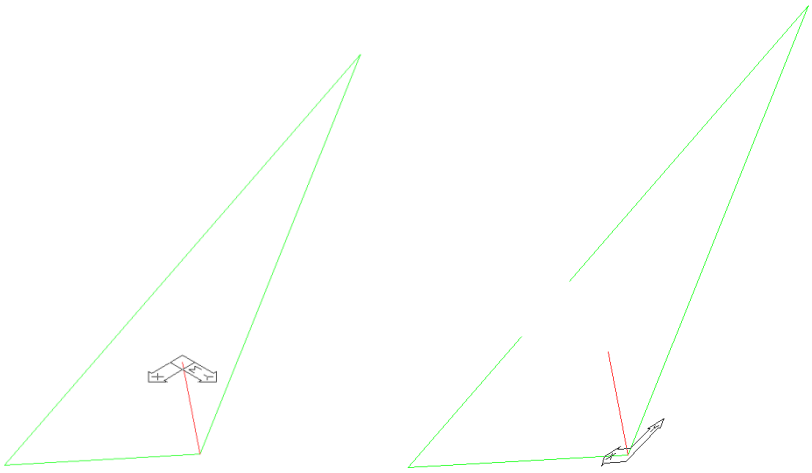


Рисунок 1

3. Проводим в полученной плоскости большую ось основания, на которой с помощью окружности диметром 88 определяем крайние точки этой оси:

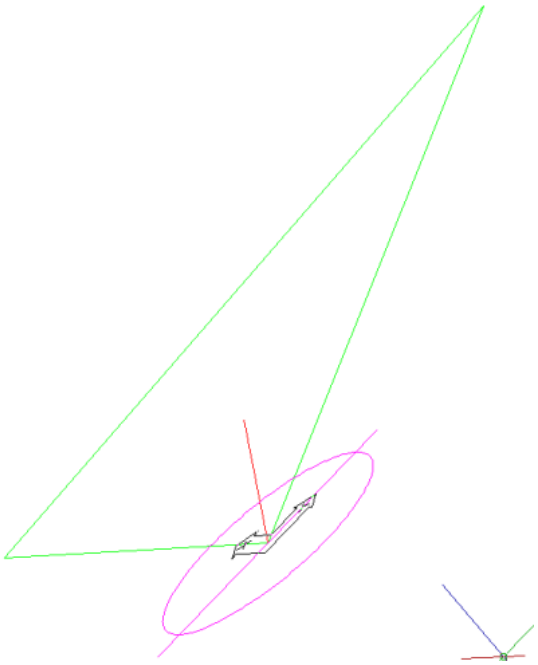


Рисунок 2

4. Аналогично (с помощью окружности диметром 55) определяем крайние точки малой оси основания конуса (Рис. 3):

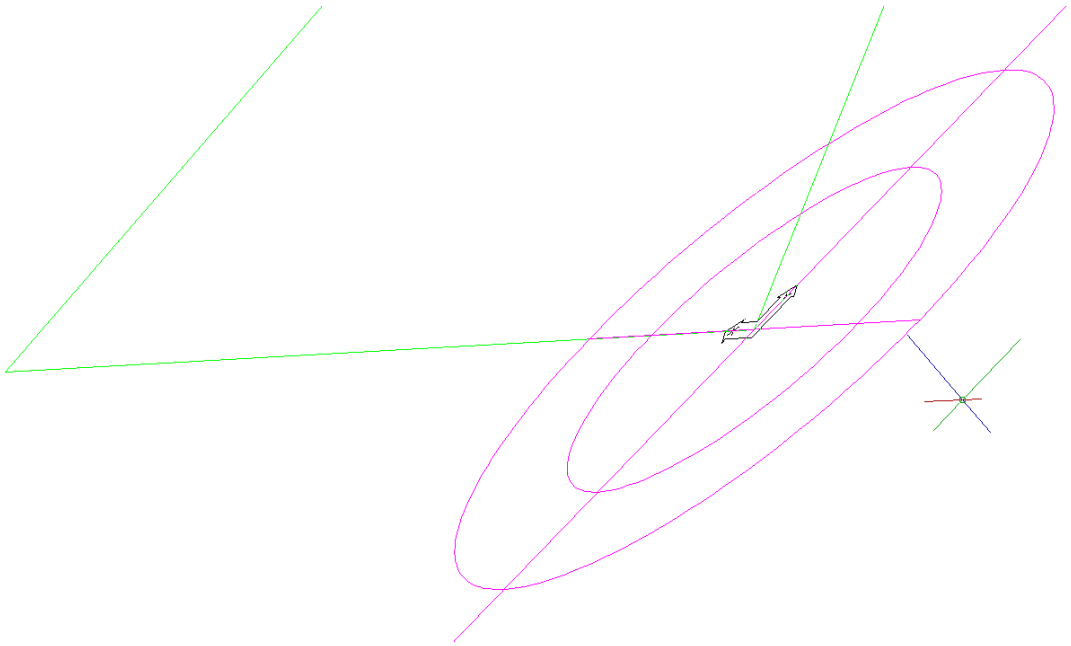


Рисунок 3

5. Теперь можно изображать конус. Активизировать команду CONE .

Выбираем вариант E↲.

В ответ на запрос ввести координаты центра основания конуса:

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: с помощью привязок поочередно фиксируем крайние точки малой оси основания конуса, затем одну (любую) крайнюю точку большой оси ↲.

В ответ на следующий запрос задать высоту конуса:

Specify height or [2point/Axis ndpoint/Top radius]: 77↲.

Получаем изображение Рис. 4:

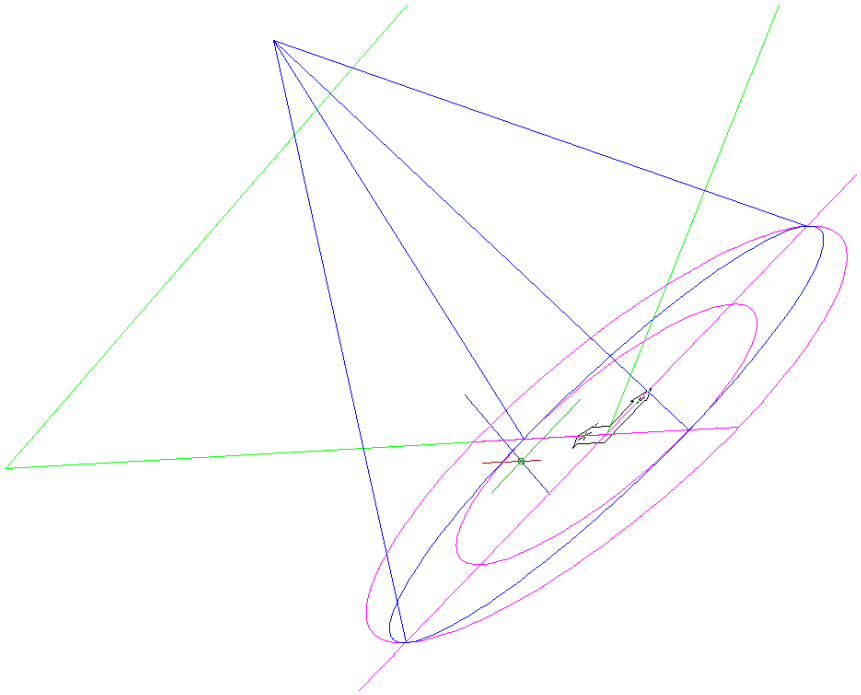


Рисунок 4

6. Далее удаляем все лишнее и возвращаемся в мировую систему координат

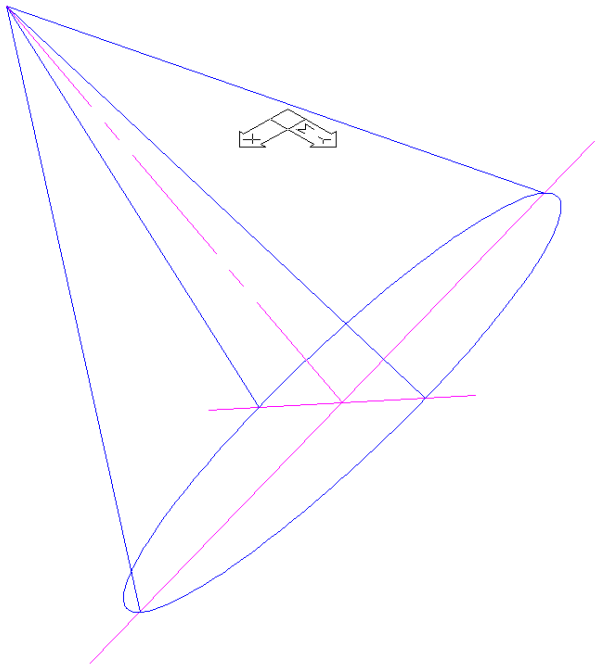


Рисунок 5

7. Построение прямой MN (применяем красный цвет).

Активизировать команду 3DPOLY.B ответ на запрос ввести координаты точки M: *Specify start point of polyline:* 22, 22, 22 ↲.

В ответ на следующий запрос ввести координаты точки N:

Specify endpoint of line or [Undo]: 111,111, 55 ↲ ↲.

Изображение (см. Рис. 6):

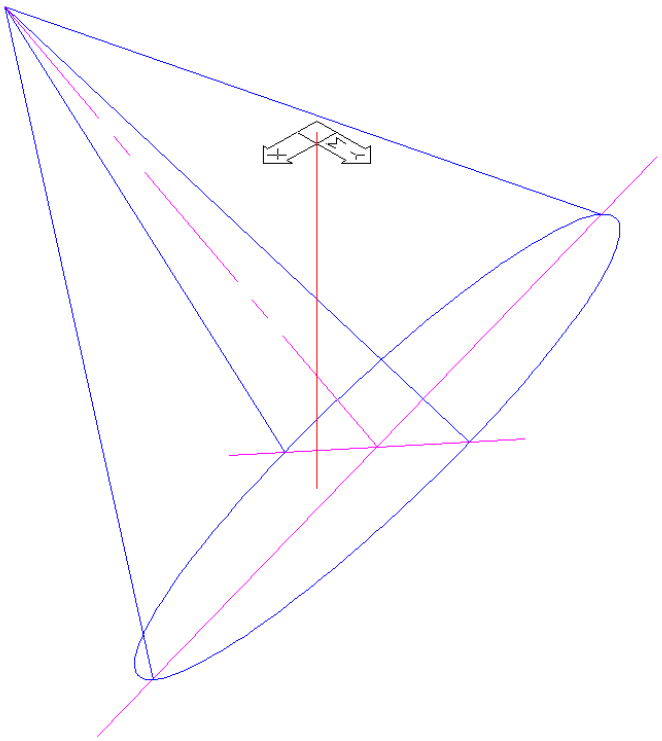


Рисунок 6

8. А далее превращаем MN в ребро параллелепипеда (Рис. 7).

Для этого необходимо выполнить:

8.1. Перенос системы координат на прямую MN.

Активизировать кнопку .

В ответ на запрос:

Specify new origin point: фиксировать точку M.

В ответ на следующий запрос:

Specify point on positive of X-axis: фиксировать точку N.

В ответ на следующий запрос:

Specify point on positive – Y portion of the UCS XY plane:

щелчком левой кнопки мыши указать любую точку пространства.

8.2. Построение вспомогательного прямоугольника.

Активизировать команду RECTANG .

В ответ на запрос:

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: указать точку начала координат.

В ответ на следующий запрос:

Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]:

визуально построить прямоугольник.

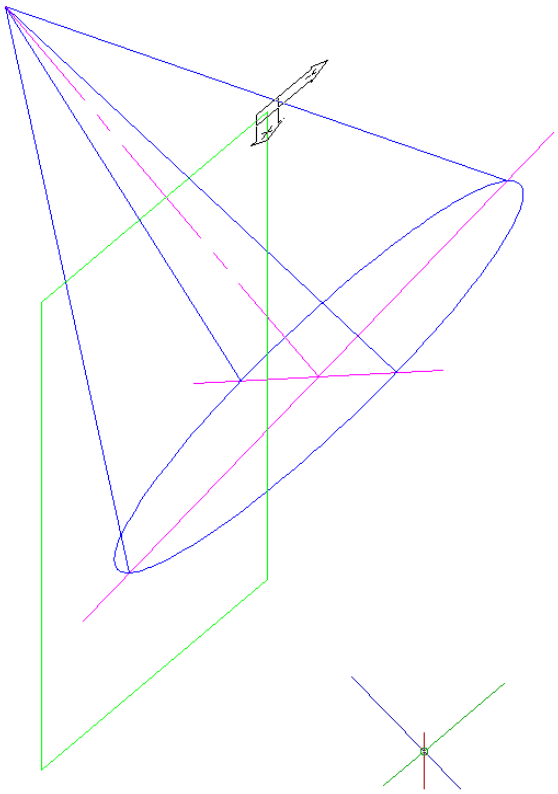


Рисунок 7

8.3. Построение параллелепипеда.

Активизировать команду EXTRUDE .

В ответ на запрос:

Select objects to extrude: выделить прямоугольник.

В ответ на следующий запрос:

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <110.000>: вы[illegible] визуально.

Изображение:

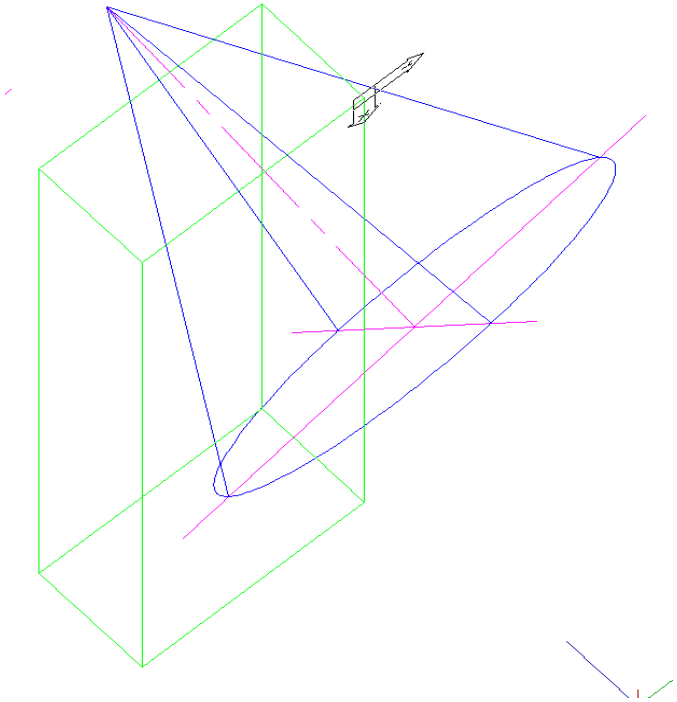


Рисунок 8

9. Получение линии пересечения полученных тел.

Активизировать команду SUBTRACT↲.

В ответ на запрос:

Select objects: выделить конус ↲

В ответ на следующий запрос:

Select objects: выделить призму ↲

В итоге получаем линию пересечения полученных тел, где точки пе очевидны. Соединяем их отдельным синим отрезком. Для получения более на изображения можно изменить в изображении ширину линий. Далее возвраща первоначальной системе координат:

UCS↲ W ↲ (см. Рис.9):

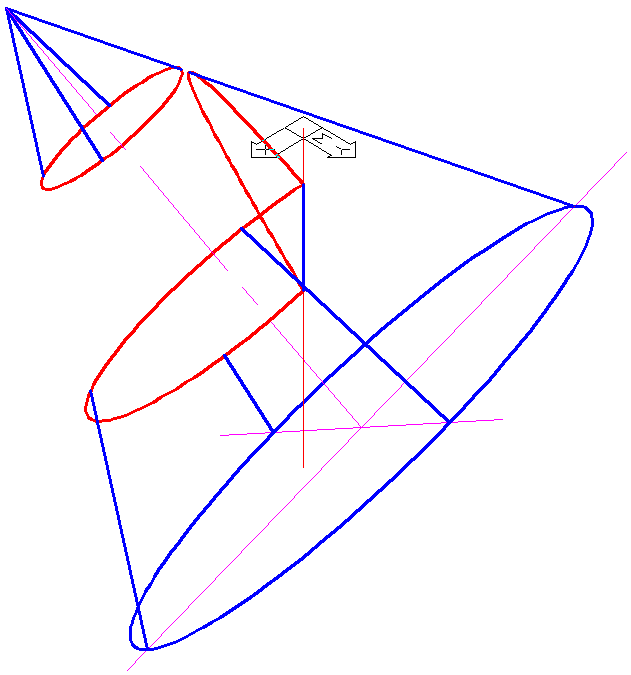


Рисунок 9

11. Осталось с помощью команды LIST↲ определить координаты и другие параметры точек пересечения прямой MN с поверхностью эллиптического конуса (Рис.21.12.):

```
from point, X=  36.6874  Y=  36.6874  Z=  27.4459
  to point, X=  64.6126  Y=  64.6126  Z=  37.8002

In Current UCS, Length =  39.4921,  Angle in XY Plane =     45
       3D Length  =  40.8270,  Angle from XY Plane =     15
       Delta X =  27.9252, Delta Y =   27.9252, Delta Z =  10.3543
```

Итак, с помощью команды LIST↲ удалось определить координаты искомых точек, расстояние между ними, перепады координат и углы наклона прямой. Полученные результаты совпадают с решением традиционным, но применяемый метод дает:

- точность выше;
- оперативность выше;
- доступность решения тоже выше.

Особо следует отметить, что начинающему метод решения, применяемый в классической геометрии, более труден и специфичен, а моделируя с помощью программ компьютерной графики, любой ощущает и понимает суть задачи. Что же касается задач, в которых геометрическое тело расположено произвольно, то в компьютерном моделировании алгоритм решения остается все тем же простым, а решения, применяемые в классической геометрии, могут оказаться затруднительными или просто недоступными. Рассмотренное в качестве примера решение этой задачи является ярким тому подтверждением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование процесса преодоления самолётом зоны турбулентности. сформулирована задача и представлен чертёж, который наглядно показывает зону турбулентности и путь самолёта. С помощью приемов компьютерной графики получены координаты точки входа самолёта в зону турбулентности, координаты точки выхода из нее, расстояние между этими точками, перепады координат и углы наклона траектории самолета. Использование предлагаемого метода позволит оперативно получать параметры траектории самолета для разных форм турбулентности.

Список литературы:

1. https://aviacasir.ru/turbulentnost-v-samolete
2. https://vosduhshar.ru/raznoe/zona-turbulentnosti.html
3. https://studwood.net/1613762/tehnika/polety_usloviyah_turbulentnosti_vozduha_boltanki_soglasno_fapphttps://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.10954c44-625492c9-826e26e8-74722d776562/https/www.quora.com/What-do-pilots-do-to-avoid-turbulence-Can-pilots-detect-turbulence
4. Актуальные графические технологии. Выпуск I: Современные изобразительные средства в ландшафтном проектировании. / Под ред. Н. В. Плясунова, А. С. Кривоноговой. – СПб.: Изд–во Политехн. ун–та, 2014. – 224 с.: ил. (В свободном доступе: https://drive.google.com/file/d/0B7nghQcLsSv2aF80SjBreFN3UEU/view?usp=sharing)
5. Плясунов Н.В., AutoCAD в примерах и задачах:Учебное пособие, издание второе, дополненное, СПб, Изд-во Политехн.ун-та, 2012, –536 с. (В свободном доступе: elib.spbstu.ru)
6. Плясунов Н. В. Первые шаги в AutoCAD: Учебное пособие, издание второе, дополненное. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 842 с. (В свободном доступе: elib.spbstu.ru)