

## **Оценка влияния ветровых вихревых структур, возникающих при обтекании горного рельефа, на самолет, заходящий на посадку**

**Зудов К.А.\*, Кудров М.А.\*\*, Малюткина К.И.\*\*\*, Харчилава Ю.Э.\*\*\*\***

*Московский физико-технический институт, МФТИ,  
ул. Гагарина, 16, Жуковский, Московская обл., 140180, Россия*

*\*e-mail: [xzudov@mail.ru](mailto:xzudov@mail.ru).*

*\*\*e-mail: [mkudrov@phystech.edu](mailto:mkudrov@phystech.edu).*

*\*\*\*e-mail: [kmalyutkina@yandex.ru](mailto:kmalyutkina@yandex.ru).*

*\*\*\*\*e-mail: [harchilava.yurii@gmail.com](mailto:harchilava.yurii@gmail.com)*

### **Аннотация**

В настоящей статье приведена методика определения наиболее опасных условий захода на посадку воздушного судна в условиях горного рельефа местности, в части оценки влияния ветровых вихревых структур, возникающих при обтекании горного рельефа местности. Оценка производилась на базе данных полученных в ходе расчета параметров ветровых вихревых структур для аэропорта Лех Кушок Бакула Римпочи. Статья направлена на создание научно-технического задела в области разработки технических средств подготовки летного состава, а также модернизации существующих. Результаты, приведенные в статье, могут быть использованы для повышения уровня подготовки летчиков при выполнении посадки в условиях горного аэродрома. Важность данной задачи обусловлена необходимостью повышения безопасности полета при выполнении посадки.

**Ключевые слова:** безопасность полета, горный аэродром, вихревые структуры, посадка самолета.

## **Введение**

Посадка летательного аппарата в условиях горного рельефа является одной из самых сложных этапов полета [1, 2]. Наиболее часто аварии происходят по причине человеческого фактора. Поэтому требуется уделять особое внимание к подготовке летчика к полетам в условиях горного рельефа. В первую очередь речь идет о подготовке летчиков на авиационных тренажерах. Основным преимуществом использования авиационного тренажера при обучении является безопасность отработки нештатных ситуаций, крайне опасных в реальном полете [3].

Для авиационных тренажеров при формировании условий посадки воздушного судна на горный аэродром важным моментом является моделирование воздушных течений в горной местности аэродрома. В настоящей работе особое внимание уделено рассмотрению разных случаев направления воздушного потока. Решается задача поиска наиболее опасного случая посадки летательного аппарата на горный аэродром.

## **Постановка задачи**

В работе рассматриваются воздушные течения в районе горного аэродрома Лех Кушок Бакула Римпочи применительно к использованию на авиационных тренажерах для отработки попадания в наиболее опасные ситуации. С этой целью

строится схема захода на посадку для конкретного аэродрома и моделируются порывы, действующие на самолет при различных направлениях ветра.

Схема захода направлена на обеспечение безопасности в районе аэродрома, помогает соблюдать эшелонирование. Схемы захода на посадку на взлетно-посадочную полосу (ВПП) могут довольно сильно отличаться для различных горных аэродромов в связи с их расположением относительно горных образований. Конкретные схемы заходов содержатся в сборниках аэронавигационной информации [4, 5]. В данной работе использовалась модельная схема для типичной горной местности, приведенная в [6], и угол наклона глиссады [7] был взят равным 4 градусам.

### **Результаты работы**

Были рассчитаны различные течения воздушных масс в зависимости от угла набегающего потока. Схема расположения ВПП, система координат и схема определения угла ветра показаны на рисунке 1. Расчеты проводились для различных направлений набегающего потока, были взяты следующие углы: 0, 90, 135, 180, 225, 270, 315. В ходе расчетов были взяты следующие начальные данные. Начало маневрирования самолета выбрано на высоте 100 м. Приземление происходит за нижней точкой глиссады на отметке 300 м (рисунок 2), которая расположена в точке 07 Леха. В работе маневр был рассчитан по кривой Безье [8].



Рисунок 1 – Вид сверху аэропорта Лех Кушок Бакула Римпочи

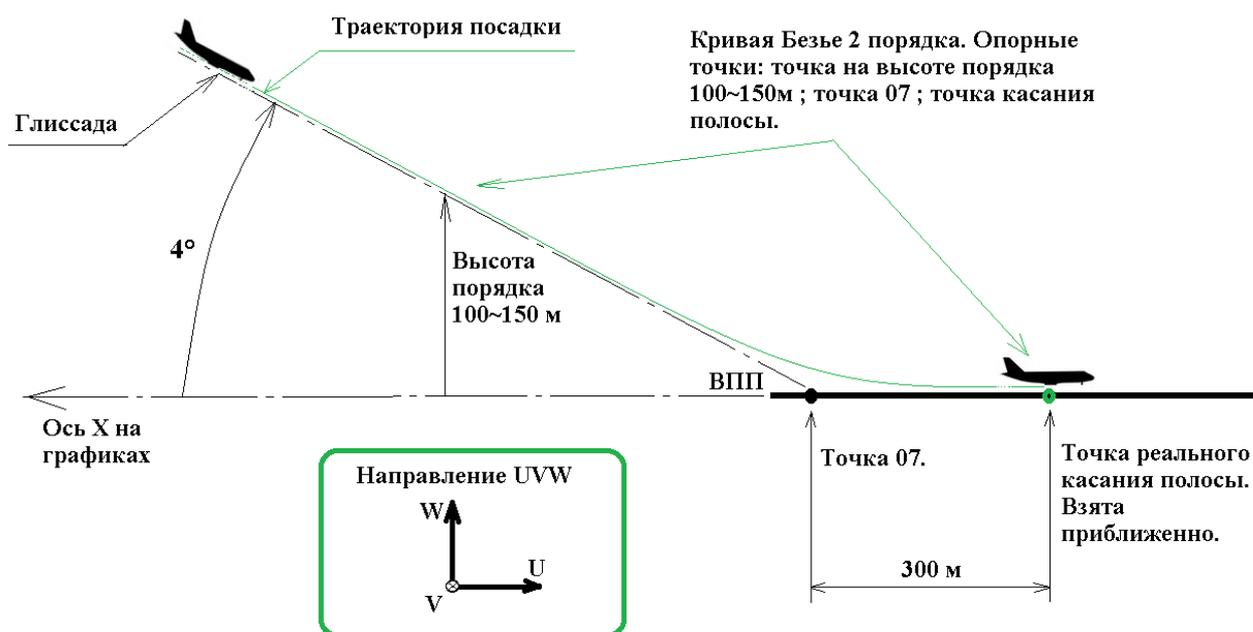


Рисунок 2 – Схема посадки

Результаты расчетов показаны на рисунке 3 и на рисунке 4 (описание рисунка). Построение изображения на рисунке 4 выполнено с помощью трехмерной текстуры и метода трассировки лучей.

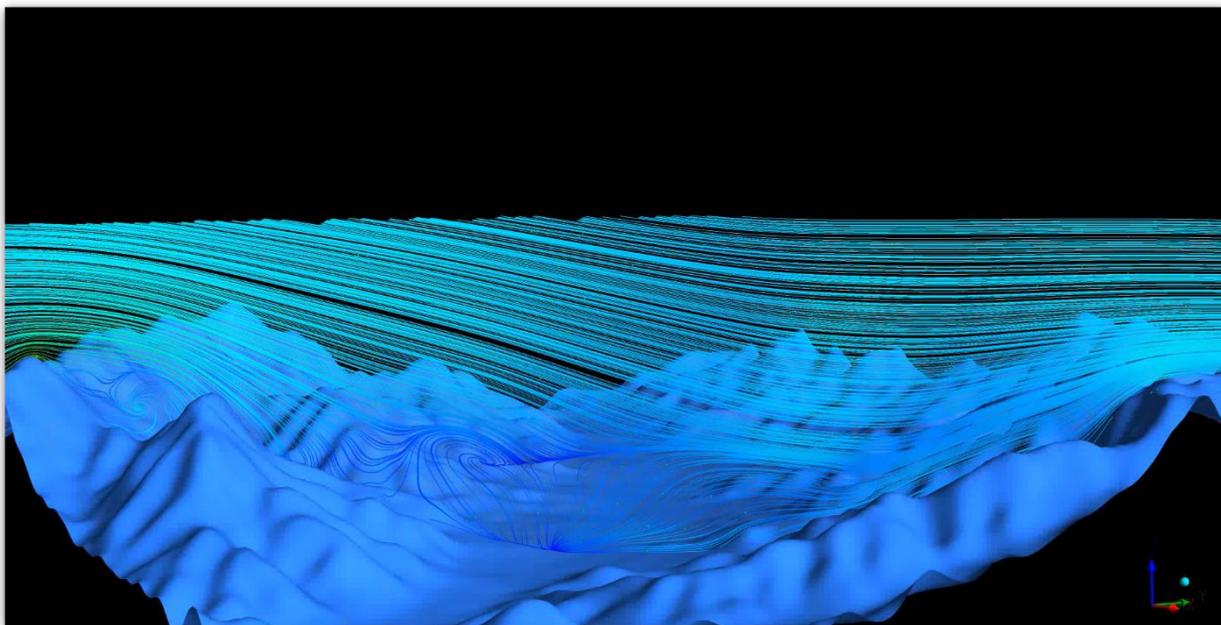


Рисунок 3 – Проекция линий тока на вертикальную плоскость



Рисунок 4 – Трехмерная визуализация вихрей

Вдоль глissады построены графики модуля завихренности (рисунок 5), модуль скорости (рисунок 6) и компонент скорости ( $U$ ,  $V$ ,  $W$ ) (рисунки 7-9) по каждому направлению ветра.

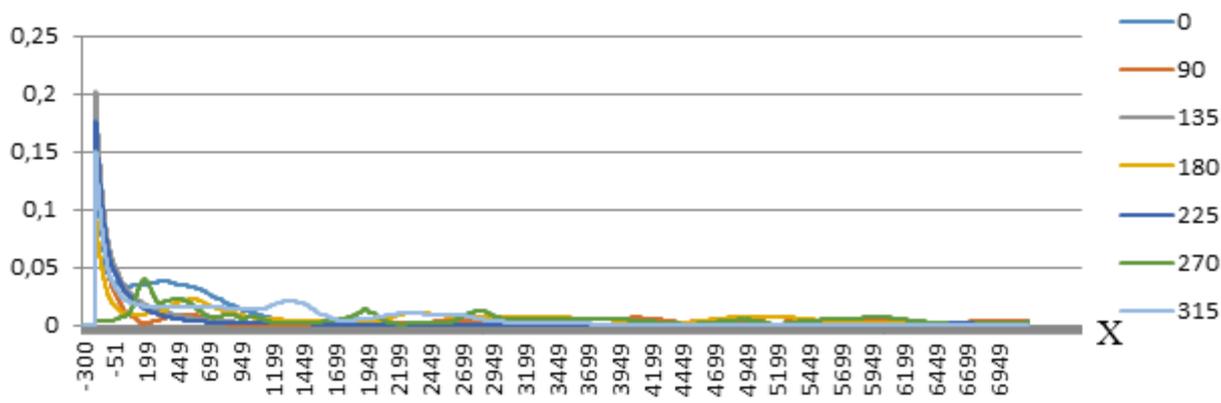


Рисунок 5 – Модуль завихренности

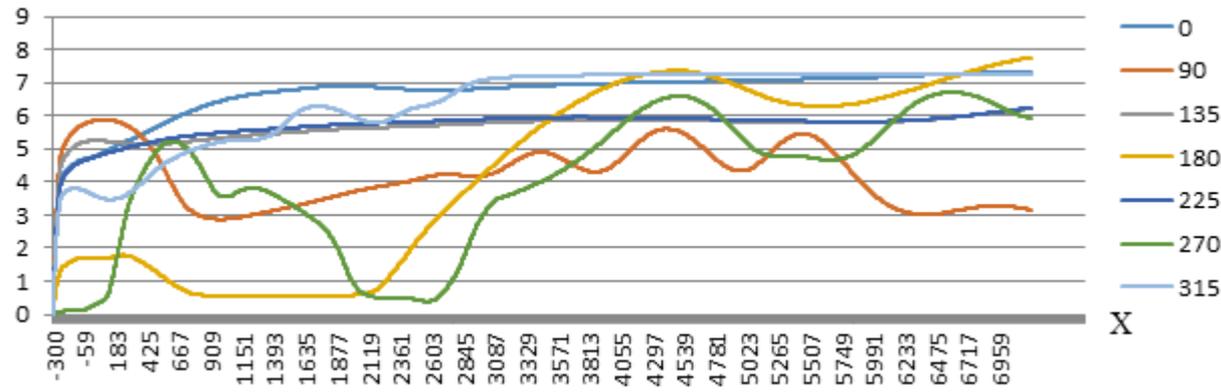


Рисунок 6 – Модуль скорости

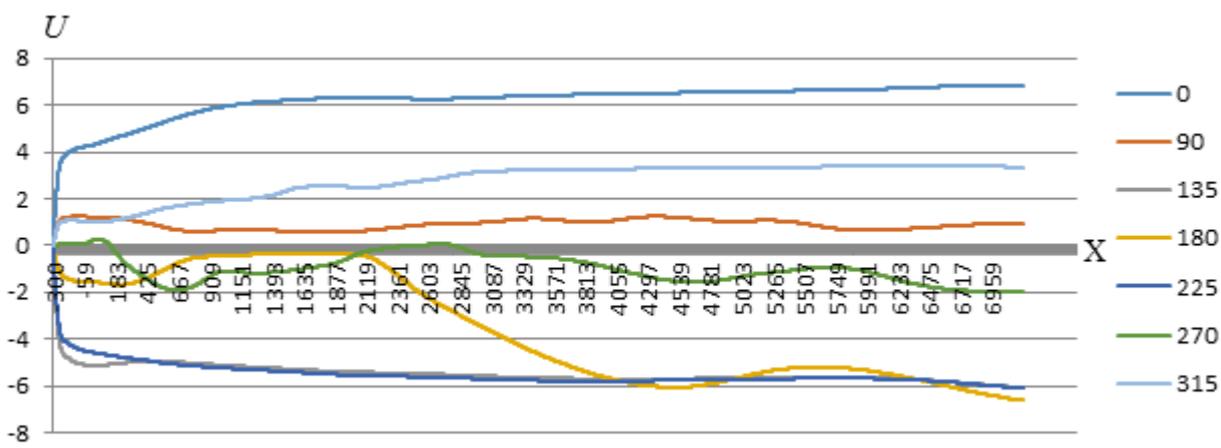


Рисунок 7 – Компонента скорости вдоль движения самолета (параллельно поверхности)

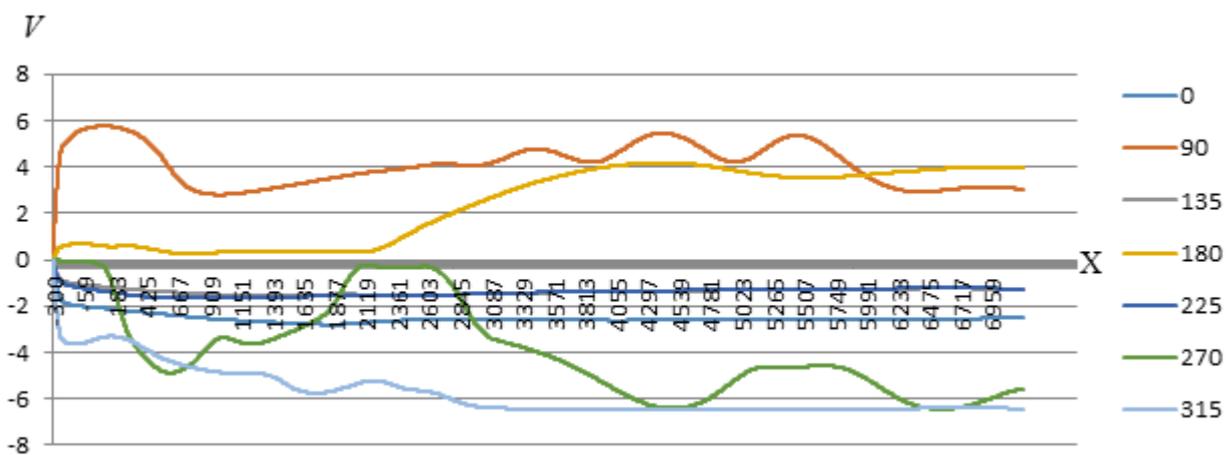


Рисунок 8 – Компонента скорости перпендикулярная движению самолета

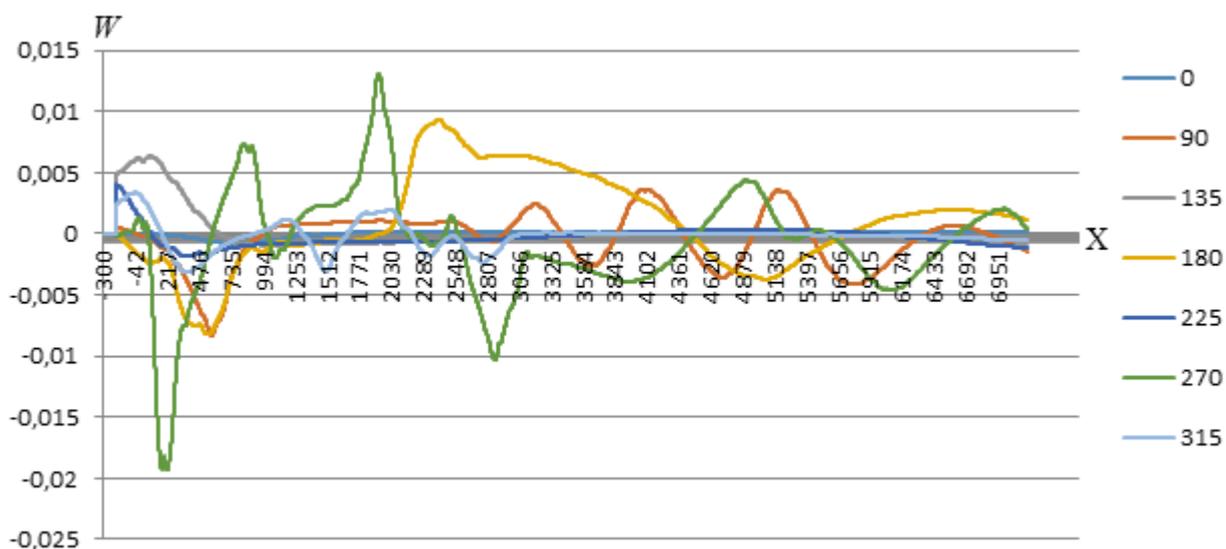


Рисунок 9 – Вертикальная компонента скорости

### Выводы

Из результатов работы видно, что вдоль глиссады на высоте ниже примерно 100 м (примерно полтора километра от ВПП) самое опасное направление ветра – 90 градусов, в данном случае получается максимальная боковая скорость (приводит к боковому сносу самолета с ВПП) и она же максимальна по модулю. По вертикали наибольшая скорость (может приводить к резкому перепаду высоты полета) набегающего потока получается при направлении ветра 270 градусов, но она не

превышает 0,02 м/с, что не может существенно повлиять на поведение самолета при посадке на ВПП. Наибольшая завихренность (приводит к крену) наблюдается при направлении потока в 135 градусов.

Таким образом, при отработке на пилотажном стенде наиболее опасных режимов полета рекомендуется использовать указанные направления набегающего потока.

*Данная работа выполнена в рамках и за счет финансовой поддержки проекта «Разработка моделирующего комплекса реалистичного восприятия оператором (летчиком) сложных режимов полета и оценки его психофизиологического состояния» (Договор № 02.G25.31.0017/100003471 между ОАО «РСК «МиГ» и Министерством образования и науки РФ об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием ФГАОУ ВПО «МФТИ (ГУ)»).*

### **Библиографический список**

1. Шаров В.Д. Сравнительная оценка безопасности посадки самолета Ан-124-100 в двух посадочных конфигурациях // Труды МАИ, 2012, №58: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=33287>
2. Тин П.Ч., Горбачев Ю.В., Гасанзаде К.И. Приоритетное обслуживание самолетов при заходе на посадку и пассажиров после их прилета // Труды МАИ, 2013, №63: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=36132>

3. Воронин А.Ю., Дубов Ю.Б., Желонкин М.В., Живов Ю.Г., Поединок А.М. Методика исследования штопора самолета с использованием пилотажного стенда // Труды МАИ, 2012, №58: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=33309>
4. Щепилов Ю.Н. Построение аэродромных схем: Учебное пособие. - СПб: СПб ГА, 2013. 120 с.
5. Дос 9905. Руководство по построению схем на основе санкционированных требуемых навигационных характеристик (RNP AR). Канада, Монреаль, ICAO, 2009. - 100 с.
6. Михайлов Н.А. Воздушная навигация. Международные полеты: Учебное пособие для летного состава, выполняющего международные полеты. - Новосибирск: Бэсттек-Авиа, 2000. - 169 с.
7. Техника. Современная иллюстрированная энциклопедия. - М.: Росмэн-Издат, 2006. 1700 с.
8. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. - М.: Мир, 2001. - 604 с.