

Научно-исследовательская работа

Физика

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАХОДА НА ПОСАДКУ САМОЛЕТА BOEING 737-800 В АЭРОПОРТ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ «ХИБИНЫ»

Выполнил:

Короткин Дмитрий Александрович,
учащийся 10 класса МБОУ г. Мурманска
«Мурманский международный лицей»,
Россия, г. Мурманск

Руководитель:

Огнева Марина Владимировна,
учитель физики МБОУ г. Мурманска
«Мурманский международный лицей»,
Россия, г. Мурманск

Введение

Проблема

Арктическая зона Российской Федерации относится к труднодоступным районам, но в них сосредоточена значительная часть природных ресурсов, разработка которых является стратегической задачей экономики. Природно-климатические условия делают наземное сообщение возможным только в ограниченный период года. Решить проблему можно с помощью авиатранспорта [1]. Капитанам ВС из-за тумана в аэропорту «Мурманск» приходится уходить на аэродром в Санкт-Петербурге или в финском аэропорту в г. Рованиеми. Мы считаем, что быстрее и дешевле можно посадить самолет в аэропорту «Хибины».

Актуальность

С точки зрения безопасности полета считается наиболее сложным маневром посадка. Сейчас идет установка курсо-глиссадной системы в аэропорту «Хибины». Аэропорт имеет потенциал развития благодаря горнолыжному курорту "Большой Вудъявр" и предприятиям АО "Апатит", Кольская горно-металлургическая компания. По данным статистики, пассажирооборот к 2022 г. достигнет 300 тысяч человек.

Учитывая, что российские аэродромы в своем большинстве не отвечают современным требованиям [3], мы решили изучить особенности аэропорта «Хибины» и выяснить возможности безопасной посадки самолета.

Цель работы: рассмотреть возможности посадки самолетов в аэропорт «Хибины» на примере самолета Boeing 737 с учетом метеоусловий и состояния взлетно-посадочной полосы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить системы посадки самолетов в России и характеристики аэропортов «Хибины» и АО «Международный аэропорт Сочи».
2. Провести расчет для захода на посадку самолета Boeing 737-800, используя Сборник аэронавигационной информации.

3.Собрать модель для исследования возможности посадки самолета Boeing 737-800 и на основе эксперимента выяснить возможности безопасной посадки самолета Boeing 737 в аэропорт «Хибины» и АО «Международный аэропорт Сочи» в разных метеоусловиях.

Объект исследования: посадка самолета.

Предмет исследования: посадка самолета Boeing 737 в штатном режиме в аэропорт «Хибины».

Методы исследования: классификация, моделирование, анализ и синтез, аналогия, эксперимент.

Гипотеза: в аэропорт «Хибины» и АО «Международный аэропорт Сочи» возможно осуществить посадку самолета Boeing 737-800 со стороны гор.

Научная новизна: исследованы различные возможности посадки и произведен расчет для захода на посадку самолета Boeing 737-800 в аэропорт «Хибины» по материалам Сборника аэронавигационной информации. Доказано, что посадка со стороны гор невозможна.

Практическая значимость

На основе эксперимента можно выяснить возможности безопасной посадки самолета Boeing 737-800 в любых аэропортах в разных метеоусловиях и состояниях взлетно-посадочной полосы. Задача безопасной посадки Boeing 737-800 будет решена. Если в аэропорту «Мурманск» по метеоусловиям невозможно будет посадить ВС, это можно будет сделать в аэропорту «Хибины». Результаты работы могут быть использованы в авиации.

Анализ проблем захода на посадку и посадки самолетов

Сложность обусловлена тем, что пилотирование воздушного судна ведется в условиях изменения высоты, скорости полета и частых разворотов, а также высокими требованиями к выдерживанию заданного маневра снижения и захода на посадку. Поскольку с экипажам все чаще приходится выполнять заход на посадку в сложных метеоусловиях, принимаются меры по оборудованию аэродромов современными системами посадки [4].

Посадка ВС на аэродроме производится на взлетно-посадочной полосе (ВПП), имеющую как правило два направления захода на посадку. Обычно посадку выполняют при встречном и встречно-боковом ветре. В настоящее время применяют три типа систем посадки: радиотехническую (ОСП), радиомаячную (РМС), радиолокационную (РСП).

Заход на посадку с обратного направления применяют если РТС посадки расположены с одного направления ВПП, а выполнить посадку с этого направления по условиям наземной или воздушной обстановки невозможно.

Сравнительный анализ характеристик Аэропорта «Хибины» и «Сочи»

Аэропорт «Хибины» - это оснащенный навигационным оборудованием производственный комплекс, расположенный на территории города Апатиты.

В настоящее время в аэропорт «Хибины» на Боингах 737 летают самолеты компания Нордавиа, Северсталь – на Bombardier CRJ-200, Псков-авиа летает на Ан-24, которые уже не производятся. Аэропорт находится на южной стороне Хибинских гор на высоте 160 м над уровнем моря (Прил., рис. 4). Среднегодовая температура составляет - 0,1 °С. Средняя летняя температура 12 °С. В аэропорту с 2019 года работает курсо-глиссадная система захода самолета на посадку. Это позволит довести метеорологические минимумы аэродрома до 800 м по горизонтальной прямой видимости и по высоте до 60 м. На аэродроме одна взлетно-посадочная полоса с искусственным покрытием (плиты ПАГ-18). Ее размеры 2496x42 м[10].

С недавнего времени добавлены рейсы в Анапу и Сочи. Это привело нас к идее провести сравнительный анализ безопасного захода на посадку в аэропортах «Хибины» и «Сочи».

Несмотря на то, что АЭРОПОРТ «СОЧИ» в 2017 году вошел в рейтинг ТОП-20 мировых аэропортов по версии журнала International Airport Review, он считается самым сложным для работы пилотов в России и по данным Skytrax является одним из самых опасных в мире.

Аэропорт занимает в стране 8-е место по пассажирообороту (1,921 млн пассажиров) [5]. Маршрутная сеть включает 60 внутренних и зарубежных

направлений. С 2007 годен к эксплуатации всех типов воздушных судов, в том числе: Боинг-747, Боинг-777 (-200, -300, -200LR, -300ER).

Особенностью аэродрома является то, что из-за наличия естественных препятствий (гор) к северу и северо-востоку от аэродрома, посадка производится только со стороны Чёрного моря. По этой же причине взлёт производится в строго обратном направлении (см. Прил. Табл.3 и 4).

Вывод: сравнительный анализ характеристик аэропортов «Хибины» и «Сочи» показал, что особенностью аэродромов является наличие гор вблизи аэродрома. Даже в хорошую погоду испарения большого массива воды доставляют проблемы самолету, летящему на низкой высоте. Борту нужно вписаться в узкий коридор между горами и водой. В этом месте ограничена возможность прервать посадку. После определенного момента на второй круг уйти невозможно и посадку нужно производить при любых условиях.

Аэропорты принимают воздушные суда типа Boeing 737, осуществляется курсо-глиссадная система захода самолета на посадку. Если грамотно развивать воздушное сообщение, то РЖД скоро перестанет выдерживать конкуренцию. Согласно статистике авиатранспорт самый надежный. У нас возникла идея выяснить, можно ли совершить посадку в данных аэропортах со стороны гор?

Модель Боинга оснащена 2-мя моторами CFMI CFM56-7B24/26 с максимальными мощностями в 11930 кгс, с баками для топлива емкостью в 26020 л. Моторы, размещенные под крыльями, издают меньше шума и более экономичны, по сравнению с предыдущими моделями. Боинг 737 800 отличается от других самолетов своего семейства модифицированным крылом, площадь которого стала на 25% больше. Это увеличивает размах крыла почти на 5 м, и можно брать на борт на 30% больше запас топлива.

Технические характеристики Боинга данной модели (см. Прил. Табл. 3) позволяют использовать его для трансконтинентальных перелетов. Модель не отличается от других представителей семейства 737. Но под передней левой дверью встроен трап на электроприводе, которым пользуются авиатехники.

Для того, чтобы рассчитать элементы захода на посадку в штиль, необходимо знать параметры установленной схемы захода из Сборника аэронавигационной информации и скорость полета ВС в соответствии с РЛЭ, где ее значение дано в зависимости от угла крена на разворотах. Аналитическим способом навигационный треугольник скоростей решается по формулам:

$$\text{Угол ветра } \angle ВВ = \delta - \text{ПУ}$$

$$\sin \angle УС = (U \cdot \sin \angle ВВ) / V$$

$$\text{Курс } K = \text{ПУ} - \angle УС$$

$$W = V \cos \angle УС + U \cos \angle ВВ$$

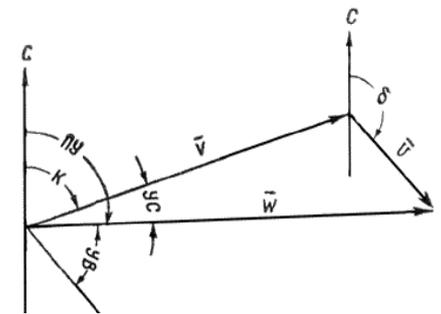


Рис.1. навигационный треугольник скоростей

Рассчитаем курс и путевую скорость, если воздушная скорость (V) — скорость движения самолета относительно воздуха. $V=852$ км/ч, 1 узел= 0.514 м/с.

Путевой угол $\text{ПУ} = 80$, направление ветра $\delta = 170^\circ$,

Скорость ветра $U = 3$ узл=1,54 м/с= $(1,54 \cdot 3600) / 1000 = 5,544$ км/ч

$$1) \text{ Угол ветра } \angle ВВ = \delta - \text{ПУ} = 170^\circ - 80^\circ = 90^\circ;$$

$$2) \sin \angle УС = (U \sin \angle ВВ) / V = 5,544 \cdot 1 / 852 = 0,0065; \angle УС = +0,4^\circ;$$

$$3) K = \text{ПУ} - \angle УС = 80 - (+0,4) = 79,6^\circ;$$

$$4) W = V \cos \angle УС + U \cos \angle ВВ.$$

Так как $\cos 90^\circ = 0$, значит второй член выражения равен нулю. В авиации принято считать, что косинус угла до 10° равен 1, отсюда: $W = V = 852$ км/ч.

Вывод: $K = 79,6^\circ$; $W = 852$ км/ч.

Расчет элементов захода на посадку

Аэропорт «ХИБИНЫ»

В Хибинских горах преобладают ветры западного и северо-западного направлений: средняя скорость свыше 6,0 м/с на горных плато. Зимой очень часты метели, иногда они продолжаются несколько суток.

Кольский полуостров один из самых облачных районов страны (75-80%). Наибольшая облачность наблюдается в Хибинах осенью (84%), наименьшая - летом (68%). В Хибинах часты туманы: среднее число дней с туманами

возрастает от 48 в долинах до 252 на плато. Высокая относительная влажность, более 70%. Это связано с подъемом и охлаждением воздуха вдоль склонов гор.

Средняя температура января -13°C . Средняя температура самого теплого месяца июля $+12,9^{\circ}$ для долин и $+7,7^{\circ}$ для плато (Источник: <http://livet.ru/plane-driving/flights-in-special-conditions/472-raschet-jelementov-zakhoda-na-posadku-ro-malomu.html>). Учитывая, что аэропорт «Хибины» и АО «Международный аэропорт Сочи» находятся вблизи гор, мы решили выяснить, как можно осуществить безопасную посадку самолета Boeing 737, проведя расчеты для аэропортов Сочи и «Хибины» в летний сезон.

Местные условия аэродрома «Хибины»:

- высота аэродрома над уровнем моря $H = 160$ м;
- средний уклон местности аэродрома «Хибины»: $i_{cp} = 0,12$
- среднемесячная температура самого жаркого месяца в 13.00 $t_{13} = 18,4^{\circ}\text{C}$.

С помощью этих данных определим следующие характеристики:

1) *расчетная температура воздуха*: $t_{расч} = 1,07 \cdot t_{13} - 3^{\circ} = 1,07 \cdot 18,4^{\circ} - 3^{\circ} = 6,688^{\circ}$.

2) *температура, соответствующая стандартной атмосфере при расположении аэродрома на высоте (H) над уровнем моря:*

$$t_H = 15^{\circ} - 0,0065 \cdot H = 15^{\circ} - 0,0065 \cdot 160 = 13,96^{\circ}.$$

3) *расчетное давление воздуха*: $P_{расч} = 760 - 0,0865 \cdot H = 760 - 0,0865 \cdot 160 = 621,6$ мм рт. ст.

При расчете безопасной высоты для полетов по ПВП ниже нижнего эшелона по маршруту и в районе аэродрома в равнинной и холмистой местностях высота искусственных препятствий не учитывается, если фактическая и прогнозируемая видимости (по среднему значению градации) составляют 3 км и более, а скорость полета самолета не более 300 км/ч. Командир экипажа обязан при полете в районе искусственных препятствий обходить их визуально на удалении не менее 500 м.

В районе Хибин, высота горы Юдычвумчорр не превышает 1206 м.

Примем $H_p = 1210$ м; $V_{и} = 350$ км/ч; $t_0 = +29^{\circ}$.

Над горной местностью с высотой гор до 2000 м $H_{без. ист} = 600$ м.

4)определим абсолютную безопасную высоту полета:

$$H_{\text{абс.без}} = H_{\text{без.ист}} + H_p = 600 + 1210 = 1810 \text{ м.}$$

5)определим температуру воздуха на полученной высоте $t_0 = + 18.4^\circ$;

Учитывая, что на каждый 1 км высоты температура падает на 6°C :

$$t_H = +18.4 - 6 \cdot 1.81 = 7.54^\circ.$$

Температуру воздуха на высоте полета получают по фактическим данным вертикального зондирования атмосферы или определяют по температуре на земле и вертикальному температурному градиенту.

Местные условия аэродрома в Сочи:

- высота аэродрома над уровнем моря $H = 27 \text{ м}$;
- средний уклон местности $i_{\text{ср}} = 0,002$;
- среднемесячная температура самого жаркого месяца в 13^{00} $t_{13} = 29.3^\circ \text{C}$.

С помощью этих данных определим следующие характеристики:

1) *расчетная температура воздуха:*

$$t_{\text{расч}} = 1,07 \cdot t_{13} - 3^\circ = 1,07 \cdot 29,3^\circ - 3^\circ = 28,351^\circ.$$

2) *температура, соответствующая стандартной атмосфере при расположении аэродрома на высоте (H) над уровнем моря:*

$$t_H = 15^\circ - 0,0065 \cdot H = 15^\circ - 0,0065 \cdot 27 = 14,685^\circ.$$

3) *расчетное давление воздуха:*

$$P_{\text{расч}} = 760 - 0,0865 \cdot H = 760 - 0,0865 \cdot 27 = 757,6645 \text{ мм рт. ст.}$$

В районе Сочи, высота горы Ахун достигает 663 метров.

Примем $H_p = 700 \text{ м}$; $V_H = 350 \text{ км/ч}$; $t_0 = +29^\circ$. Над горной местностью с высотой гор до 2000 м $H_{\text{без. ист}} = 600 \text{ м}$.

4)определим абсолютную безопасную высоту полета:

$$H_{\text{абс.без}} = H_{\text{без.ист}} + H_p = 600 + 700 = 1300 \text{ м.}$$

5)определим температуру воздуха на полученной высоте $t_0 = + 29^\circ$. Учитывая, что на каждый 1 км высоты температура падает на 6°C : $t_H = +29 - 6 \cdot 1.3 = 21.2^\circ$.

Температуру воздуха на высоте полета получают по данным вертикального зондирования атмосферы или определяют по температуре на земле и вертикальному температурному градиенту.

При расчете безопасной высоты для полетов по ПВП ниже нижнего эшелона по маршруту и в районе аэродрома в равнинной и холмистой местностях высота искусственных препятствий не учитывается, если фактическая и прогнозируемая видимости составляют 3 км и более, а скорость самолета не более 300 км/ч. Командир экипажа обязан в районе искусственных препятствий обходить их визуально на удалении не менее 500 м.

После входа самолета в район аэродрома посадки (за 5—10 мин до начала снижения) штурман обязан рассчитать рубеж начала снижения и безопасную высоту для района подхода. Безопасная высота для района подхода рассчитывается в зависимости от условий полета по давлению 760 мм рт. ст. или по приведенному минимальному давлению. Для района подхода установлены следующие минимальные истинные безопасные высоты:

1. Для полетов по ППП — $H_{\text{без.ист}}=400$ м.
2. Для полетов по ПВП для самолетов со скоростями полета от 301 до 550 км/ч — $H_{\text{без.ист}}=200$ м

Рельеф местности и препятствия в районе подхода учитываются в полосе по 10 км в обе стороны от оси маршрута при полетах по ППП и по 5 км при полетах по ПВП. Абсолютная безопасная высота полета: $H_{\text{абс.без}} = H_{\text{без.ист}} + H_{\text{р}}$.

Температура воздуха $t_H = -26^\circ; t_0 + t_H$

Безопасная барометрическая высота полета по давлению 760 мм рт. ст.:

$$H_{760\text{без}} = H_{\text{испр}} + (760 - P_{\text{прив.мин}}) - 11$$

Вывод: безопасная высота должна выдерживаться в полете с учетом инструментальной и аэродинамической поправок высотомера. При полетах по ПВП вертикальное расстояние от самолета до нижней границы облаков должно быть не менее 50 м над равнинной, холмистой местностями, а также водными пространствами и не менее 100 м в горной местности.

Выполнить полет строго по установленной схеме можно только при учете влияния ветра. В перспективе мы планируем рассчитать элементы захода на посадку самолета Boeing 737-800 в аэропортах Сочи и «Хибины». Длину ВВП

мы будем рассчитывать по Сборнику Аэронавигационной информации и учебнику Романенко В.А.

Расчеты наименьшего расстояние, которое должен пройти БПЛА самолетного типа, чтобы из координат x, y переместиться в координаты x_1, y_1 , учитывая изменяющийся угол поворота мы выполняли в рамках олимпиады НТИ. Решение сложной системы уравнений системы осуществили с помощью Машины Дубинса [13] в виде кода на C++.

Машина Дубинса - кратчайшая кривая, которая соединяет две точки в двумерной плоскости с заданным радиусом кривизны пути и с предписанными начальными и конечными положениями, включая угол.

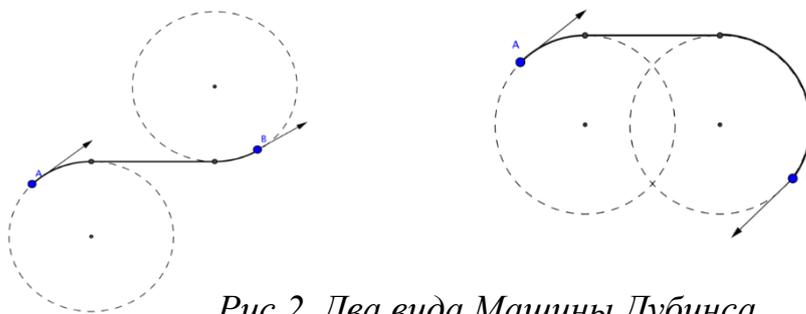


Рис.2. Два вида Машины Дубинса

Программа очень выгодна, так как время работы не превышает 5 секунд, а память 256мб. Это можно применить для посадки самолета в сложных метеоусловиях в труднодоступной Арктической зоне, в том числе в аэропорту «Хибины». На воздушное судно при полёте действует сила тяжести, сила тяги, сопротивление воздуха и подъемная сила. Были переименованы следующие формулы: сила тяжести: $F=mg$

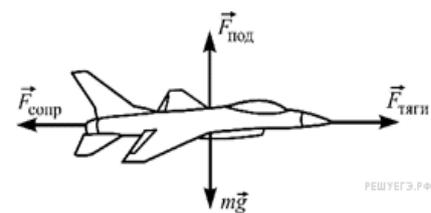


Рис.3. Силы, действующие на самолет

Подъемная сила $F=C_y S \frac{\rho v^2}{2}$,

где ρ – плотность воздуха, S - площадь крыла, v - скорость воздуха, C_y - коэффициент подъемной силы. Для расчёта мощности двигателя использовались формулы $N=A/t$, где работа $A=FS \cdot \cos(a)$. Для расчётов были взяты самое лёгкое ВС, принимаемое аэропортом Сочи Эрбас А319 и самое тяжёлое Боинг 747. Результаты расчетов сил, действующих при полёте на ВС представлены в Приложении в Таблице 2.

Глиссада начинается за 10-15 км от ВПП, за 10 – 15 км самолёт должен занимать высоту чуть более 1,5 км. Высота гор над уровнем моря достигает более 1 км. Следовательно, воздушные суда не смогут приземляться с самого начала полосы, а только с середины, но тогда вертикальная скорость самолёта при посадке будет выше допустимой и будет низкая подъемная сила. В связи с этим будет избыточная нагрузка на шасси самолёта и другие системы.

Да и в целом такое приземление чревато выкатом ВС за пределы ВПП, особенно ВС с пометкой «тяжёлый», к таким ВС относятся Боинг 747, 747, 777, 767, 787; Ил-96, 76; Эрбас А330, А350, А380 и множество других дальнемагистральных ВС. Длина ВПП в Сочи равна 2700 метров, если ВС будет совершать посадку на половине полосы, то его тормозной путь составит 1350 метров. Если при посадке ВС типа А319, Embraer, Boeing 737 CL установить режим autobrakes в положение MAX (в случае с Боинг «4»), то им этого пути хватит, при условии, что масса самолётов близка к минимуму.

Вывод: в настоящее время посадка со стороны гор для всех типов ВС в штатном режиме невозможна ввиду требований захода на посадку и географического положения. На сегодняшний день возможна посадка только региональных типов ВС, вроде А320 и Боинг 737 С1 и меньше, с минимальной массой на борту и только на случай форс-мажорных обстоятельств. При полетах по ПВП вертикальное расстояние от самолета до нижней границы облаков должно быть не менее 100 м в горной местности.

В этом году мы планируем собрать модель для исследования возможности посадки самолета Boeing 737-800 (см. Табл.1) и провести эксперименты, на основе которых можно выяснить возможности безопасной посадки самолета Boeing 737-800 в аэропорт «Хибины» в разных метеоусловиях.

Таблица 1

Оборудование для сборки модели самолета

<i>Рама</i> 1360 руб http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=40640&aff=1663710	
<i>Ноги для посадки</i> - 290 руб комплект http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=56798	

<p>моторы 553 руб x 4 штуки, по количеству лучей на раме http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=12921</p>	
<p>регулятор, плата запуска моторов, ESC 30A 400 руб x 4 шт http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=15205&aff=1663710</p>	
<p>Пропеллеры 10 дюймов с шагом 4.5 см (1045) - 153 руб комплект (4 шт) http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=25822</p>	
<p>Полетный контроллер Naza lite 4000 руб комплект без GPS http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=30901</p>	
<p>Аккумулятор - один для коптера, другой для пульта, одинаковые по характеристикам - 460 руб x 2 штуки http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=8933</p>	
<p>Зарядное устройство 680 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=15379&aff=1663710</p>	
<p>Блок питания для зарядки 580 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=20968</p>	
<p>Индикатор напряжения, -150 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=74024&aff=1663710</p>	
<p>Радиоаппаратура (пульт и приемник) - 3500 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=8992&aff=1663710</p>	
<p>Коммутационная плата - 115 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=31223&aff=1663710</p>	
<p>Разъемы XT60, для подключения аккумулятора к коптеру -200 руб http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=44333&aff=1663710</p>	
<p>бананы, разъемы между мотором и регулятором - 100 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=68&aff=1663710</p>	
<p>термоусадка, от 14 руб. за метр http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=5205&aff=1663710</p>	
<p>провода, 16-AWG. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=9680&aff=1663710</p>	
<p>Балансир пропеллеров - 350 руб. http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=50287&aff=1663710</p>	
<p>Паяльные принадлежности, отвертки.</p>	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе исследованы системы посадки самолетов в России и физические параметры самолета Boeing 737-800. Проведен анализ проблем захода на посадку самолетов в аэропортах «Сочи» и «Хибины». В связи с тем, что схемы захода ВС на посадку в аэропорту «Хибины» пока не опубликованы в аэронавигационных справочниках, проведены расчеты возможности посадки со стороны гор для всех

типов ВС только для аэропорта Сочи. Проведен эксперимент на тренажере по посадке Boeing 737-800 в аэропорту «Сочи». Ссылка на видео https://yadi.sk/i/H_WvyHBOJHztbg.

Основные выводы

2. Посадка со стороны гор для всех типов ВС в штатном режиме в аэропортах «Сочи» и «Хибины» невозможна ввиду требований захода на посадку и географического положения, таким образом, наша *гипотеза* не подтвердилась.
3. Возможна посадка только региональных типов ВС, вроде А320 и Боинг 737 С1 и меньше, с минимальной массой на борту и только на случай форс-мажорных обстоятельств.
4. В результате исследования выяснилось, что для расчета безопасной высоты надо учитывать инструментальную и аэродинамическую поправки высотомера. Это мы сделаем на следующем этапе работы.
5. Если в аэропорту «Мурманск» по метеоусловиям невозможно будет посадить ВС, это можно будет сделать в аэропорту «Хибины». В Хибинах ветер усиливается и туман «уносит». Вода не успевает кристаллизоваться, т.к. скорость ветра бывает до 40 м/с. Устанавливается совершенно ясная погода.
6. Проведён расчет курса и путевой скорости скоростей и расчет элементов захода на посадку в аэропортах Сочи и «Хибины» в летний сезон. Результаты работы могут быть использованы в авиации.

Таким образом, мы частично *достигли цели* нашей работы (рассмотрели возможности посадки самолета Boeing 737-800 с учетом метеоусловий в аэропортах «Хибины» и «Сочи»). Поэтому в **перспективе** мы планируем собрать модель для исследования возможности посадки самолета Boeing 737-800 и рассчитать элементы захода на посадку для реальных условий в день запуска модели по Сборнику Аэронавигационной информации и учебнику Романенко В.А. с учетом состояния взлетно-посадочной полосы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 2

Результаты расчетов сил, действующих при полёте на ВС

Физические величины	Боинг 747	Эрбас А319
Сила тяжести (Н)	2 000 700	470 000
Подъёмная сила (Н)	[224 649,5 -230 000]	[29 474-31456]
Сила двигателей при посадке (Н)	99 000	37 000

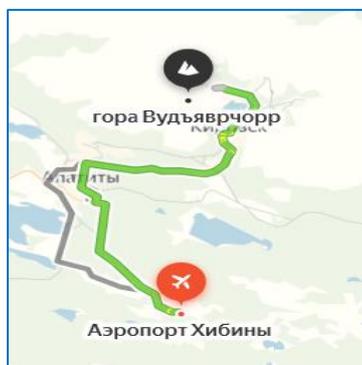


Рис.4. Близость гор около аэропорта «Хибины»

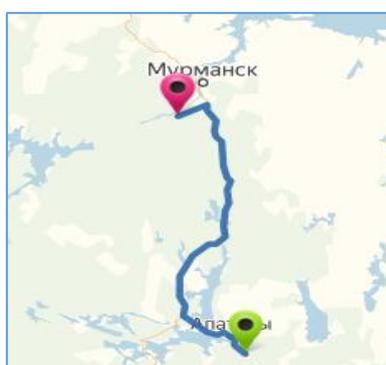


Рис.5. Маршрут от аэропорта Мурманска до аэропорта «Хибины»

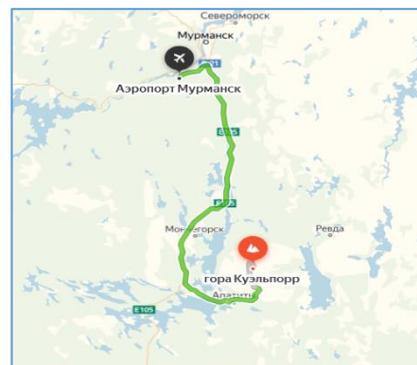


Рис.6. Маршрут от аэропорта Мурманска до аэропорта Хибины с учетом гор.

Таблица 3

Технические характеристики Boeing 737-800

Длина, м	39,47
Размах крыльев, м	34,32
Ширина фюзеляжа, м	3,76
Ширина салона, м	3,54
Высота салона, м	2,20
Максимальная взлетная масса, кг	79 015
Крейсерская скорость, км/ч	852
Двигатели	CFM56-7B24
Максимальная высота полета, м	12 500
Длина разбега, м	2241
Запас топлива, л	20 894

Таблица 4

Международный аэропорт Сочи [6] www.basel.aero

Тип:	гражданский
Код ИКАО:	URCC (URSS)
Код ИАТА:	AER
Высота:	+27 м
Координаты:	43°27'00" с. ш. 39°57'24" в. д. (G) (O)
Пассажирооборот (год):	1,921 млн (2010)

Таблица 5

Аэропорт «Хибины». Официальный сайт www.hibiny.aero

Тип:	гражданский
Код ИКАО:	ULMK
Код ИАТА:	KVK

Высота:	+27 м
Координаты:	N67.46275° E033.58570°
Пассажирооборот (год):	1,921 млн (2010)

Список литературы

1. Деловой авиационный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/bespilotnye-aviasistemy-dlya-gruzoperevozok-ocenka-razrabotok-chast-2>
- 2 Кавказский Узел [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/329832>
3. Косомольская Правда. 20.03.2016 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.murmansk.kp.ru/daily/26506.7/3375257/>
4. Электронное учебное пособие «Воздушная навигация» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://vamvzlet.blogspot.com/2015/10/7.html>
5. Московский авиационный институт. Конструирование летательных аппаратов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6711175/page:6/#14>
6. Аэропорт Сочи [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://urrv.vxb.ru/aeroport_sochi
7. Международный аэропорт Сочи [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://urrv.vxb.ru/aeroport_sochi
8. Ермолаева А. А. Моделирование авиапотоков на примере АО «Международный аэропорт Сочи» // Молодой ученый. — 2016. — №9. — С. 550-552. — [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6711175/page:7/>
10. Сборник аэронавигационной информации. Приказ Минтранса России от 25.11.2011 N 293 (ред. от 26.04.2012).
11. Авиация: Энциклопедия. — М.: Большая Российская Энциклопедия. 1994.
12. Романенко В.А. Аэродромы, аэропорты, авиакомпании [Электронный ресурс]: М-во образования и науки РФ. Самара, 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).