



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему Метеорологическое обеспечение полетов аэропорта Сочи

Исполнитель Рубцов Антон Сергеевич

Руководитель к.с.х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 22 » Анваря 2021 г.

Туапсе

2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Физическая сущность минимумов погоды и их климатические характеристики в аэропорту Сочи.....	5
1.1 Понятие минимумы погоды и их классификация	5
1.2 Факторы, влияющие на дальность видимости, структура нижней границы облаков.....	8
2 Метеорологическое обеспечение полетов в аэропорту г.Сочи.....	13
2.1 Краткая климатические характеристики аэропорта г.Сочи	13
2.2 Годовой и суточный ход условий погоды различной степени сложности	16
2.2.1 Непрерывная продолжительность условий погоды различной степени сложности	22
2.2.2. Повторяемость условий погоды различной степени сложности при определенных направлениях и скоростях ветра.....	24
2.2.3 Повторяемость сложных метеорологических условий при различных барических образованиях и фронтальных разделах.....	30
3 Способы обеспечения инструментальных измерений метеорологической дальности видимости.....	35
3.1 Сущность и особенности метеорологического обеспечения полетов в аэропорту Сочи.....	35
3.2 Совершенствование приборного обеспечения минимумов погоды	39
Заключение	51
Список использованной литературы.....	53

Введение

Выполнение взлета, полета, посадки, пилотирования самолетов и вертолетов затруднено при низкой облачности и плохой видимости. Особенно большие трудности для полетов создаются в зонах атмосферных фронтов, которые чаще всего характеризуются облачными системами значительной вертикальной и горизонтальной протяженности, наличием опасных метеорологических явлений. В однородных воздушных массах в ряде случаев также формируются обширные зоны с низкой облачностью и плохой видимостью.

Взлет и посадка самолетов и вертолетов являются очень важными этапами полета. Взлет производится визуально при обязательном сохранении прямолинейности разбега и соблюдении мер безопасности.

Особенно большое влияние низкие облака и ограниченная видимость оказывают на посадку самолетов. Связано это со спецификой получения пилотом информации, требующейся для анализа окружающей обстановки и выполнения необходимых действий.

Практически только зрительный, слуховой, двигательный анализаторы и отчасти осязательный используются им при пилотировании самолета визуально или по приборам.

Для формирования правильного представления о пространственном положении самолета вне видимости земли вестибулярный, мышечный и кожный анализаторы являются ненадежными источниками информации. Зрительным путем пилот получает до 80 % информации, необходимой для управления самолетом.

Поэтому в тех ситуациях, когда зрение не может дать объективную информацию о положении самолета или вертолета, как это бывает при посадке в условиях низкой облачности и плохой видимости, пилот оказывается в трудном положении.

Для успешного осуществления лётной работы наряду с учетом

фактической погоды и ее прогноза необходимо учитывать и климатические условия. Необходимость учета связана с тем, что периодические и непериодические изменения метеоусловий приводят к изменению условий эксплуатации воздушного транспорта. Особое внимание уделяется опасным для полетов характеристикам низкой облачности и плохой видимости.

Актуальность исследования состоит в анализе фактического и ожидаемого состояния минимумов погоды в районе аэропорта Сочи с целью обеспечения устойчивой и экономически эффективной работы авиации и безопасности полётов.

Объект исследования — метеообеспечение полетов в аэропорту Сочи.

Предмет исследования – характеристика минимумов погоды в аэропорту Сочи и их анализ.

Задачами данной работы являются:

- рассмотреть физическую сущность и условия развития метеопроцессов, и авиационных метеоминимумов;
- проанализировать методы прогноза минимумов погоды;
- оценить сущность инструментального измерения характеристик погоды повышенной сложности;
- рассмотреть организацию метеорологического обеспечения полетов с особенностями штормового оповещения.

1 Физическая сущность минимумов погоды и их климатические характеристики в аэропорту Сочи

1.1 Понятие минимумы погоды и их классификация

Ввиду того что на заключительном этапе перед приземлением положение самолета по отношению к ВПП пилотом оценивается визуально, для безопасной посадки самолета в сложных метеорологических условиях необходима некоторая минимальная высота нижней границы облаков и минимальная видимость [1, с.74].

Минимальная высота нижней границы облаков — высота, с которой пилот отчетливо видит наземные ориентиры, в том числе и огни светооборудования ВПП, и может визуально вывести самолет на линию посадки и произвести посадку.

Минимальная видимость — предельное расстояние по наклону вдоль глиссады снижения, на котором пилот приземляющегося самолета при переходе от пилотирования по приборам к визуальному пилотированию может обнаружить и опознать начало ВПП.

Чтобы обеспечить безопасность и регулярность полетов, в настоящее время устанавливаются следующие минимумы: минимум командира воздушного судна (ВС) для взлета, посадки и полета по правилам визуальных полетов (ПВП); минимум аэродрома; минимум воздушного судна (рисунок 1.1).

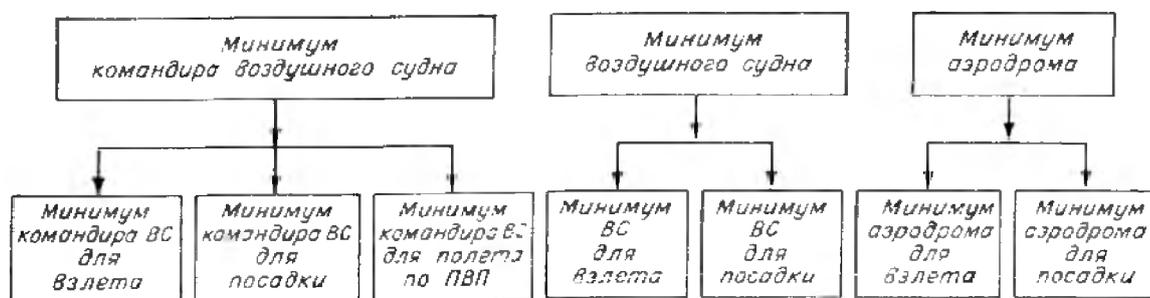


Рисунок 1.1— Виды минимумов

Минимумы устанавливаются и объявляются в порядке, определенном в

Министерстве гражданской авиации [19, с.67].

Минимум командира воздушного судна — минимально допустимые значения высоты принятия решения (высоты нижней границы облаков) и видимости на ВПП (видимости), при которых командиру разрешается выполнять взлет, посадку или полет по правилам визуального полета на воздушном судне данного типа.

Высота принятия решения (ВНР) — установленная относительная высота, на которой должен быть начат маневр ухода на второй круг в случаях, если до достижения этой высоты командиром воздушного судна не был установлен необходимый визуальный контакт с ориентирами для продолжения захода на посадку или если положение воздушного судна в пространстве относительно заданной траектории полета не обеспечивает безопасности посадки; ВНР отсчитывается от уровня порога ВПП. Порог ВПП — это начало участка ВПП, который может использоваться для посадки воздушных судов [2, с.79].

Относительная высота — расстояние по вертикали от уровня выбранной начальной точки (ВПП аэродрома, наивысшей точки рельефа и т. п.) до воздушного судна. В определении ВНР под относительной высотой понимается расстояние по вертикали от уровня ВПП до воздушного судна.

Полет по правилам визуальных полетов (ПВП) — полет, выполняемый в условиях, когда пространственное положение воздушного судна и его местонахождение определяются экипажем визуально по естественному горизонту и земным ориентирам. Полет по ПВП отличается от полета по правилам полетов по приборам (ППП).

Полет по ППП — это полет, выполняемый в условиях, когда пространственное положение воздушного судна и его местонахождение определяются экипажем полностью или частично по пилотажным и навигационным приборам. Минимум командира воздушного судна для взлета — минимально допустимое значение видимости на взлетно-посадочной полосе, при котором командиру разрешается выполнять полет.

Минимум командира воздушного судна для посадки — минимально допустимые значения высоты принятия решения и видимости на ВПП, при которых командиру разрешается выполнять посадку на воздушном судне данного типа.

Минимум командира воздушного судна для полетов по ПВП — минимально допустимые значения высоты нижней границы облаков и видимости, при которых командиру разрешается выполнять визуальные полеты на воздушном судне данного типа.

Минимумы командира воздушного судна указываются в задании на полет и в свидетельстве пилота [1, с.66].

Минимум воздушного судна для взлета — минимально допустимое значение видимости на ВПП, позволяющее безопасно производить взлет на воздушном судне данного типа.

Минимум воздушного судна для посадки — минимально допустимые значения высоты принятия решения и видимости на ВПП, позволяющие безопасно производить посадку на воздушном судне данного типа.

Минимумы воздушного судна для взлета и посадки определяются летно-техническими характеристиками воздушного судна, составом и характеристиками его оборудования. Эти минимумы указываются в Руководстве по летной эксплуатации воздушного судна данного типа [18, с.52].

В основе расчета минимумов воздушного судна главным образом лежат:

- 1) геометрические построения глиссад с учетом возможностей посадочных систем и траекторий взлета воздушных судов;
- 2) учет летно-технических данных воздушных судов, их маневренных свойств при движении на посадочной прямой;
- 3) учет экспериментальных данных о фактическом удлинении пути воздушного судна при выходе на линию посадки из-за инертности воздушного судна при вводе в разворот и выводе из него, а также времени реакции пилота при переходе с полета по приборам на визуальный полет [12, с.32].

Минимум аэродрома для взлёта — минимально допустимое значение

видимости на ВПП и при необходимости высоты нижней границы облаков, при котором разрешается выполнять взлет на воздушном судне данного типа.

Минимум аэродрома для посадки — минимально допустимые значения высоты принятия решения или высоты нижней границы облаков и видимости на ВПП, при которых разрешается выполнять посадку на воздушном судне данного типа.

Минимумы аэродрома для взлета и посадки определяются для каждого направления взлета и посадки воздушного судна каждого типа, эксплуатируемого на данном аэродроме, с учетом: минимума воздушного судна для взлета и посадки; состава и характеристик оборудования данного направления взлета и посадки; характеристик и размеров ВПП; минимальной безопасной высоты пролета препятствий [16, с.23].

Для посадки в наиболее сложных метеорологических условиях устанавливаются минимумы трех категорий: минимум I категории — высота принятия решения 60 м, видимость на ВПП 800 м; минимум II категории — высота принятия решения менее 60 м, но не менее 30 м, видимость на ВПП менее 800 м, но не менее 400 м; минимум III категории — высота принятия решения менее 30 м, видимость на ВПП менее 400 м. Видимость на ВПП — дальность видимости, в пределах которой пилот воздушного судна, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировку покрытия ВПП или огни, которые обозначают контуры ВПП и ее осевую линию.

При отсутствии огней высокой интенсивности (ОВИ) или огней малой интенсивности (ОМИ) дальность видимости на ВПП отождествляется с видимостью [17, с.35].

1.2 Факторы, влияющие на дальность видимости, структура нижней границы облаков

Это предельное расстояние, на котором с борта самолета виден реальный объект на окружающем его фоне. Она бывает горизонтальной, вертикальной и

наклонной. Видимость в полете зависит от трех комплексных факторов: 1) состояния атмосферы; 2) условий обзора и наблюдения с борта самолета; 3) состояния зрения наблюдателя.

Если принять, что условия обзора и наблюдения из пилотской кабины позволяют достаточно объективно оценить состояние атмосферы, а зрение достаточно стабильное, то видимость в полете будет определяться только состоянием атмосферы.

В действительности же, строго говоря, результаты наблюдений из кабины самолета и в открытых условиях неодинаковы. Остекление кабины в определенной степени занижает видимость.

Кроме того, на результаты наблюдений за видимостью влияет скорость полета. Чем больше скорость полета, тем больше занижены данные о видимости.

Зрение наблюдателя также не совсем стабильно. Но эти два фактора все же не являются решающими в оценке видимости. Главный фактор, от которого зависит видимость в полете — состояние атмосферы.

Под состоянием атмосферы в данном случае понимается не только термодинамическое состояние, хотя и оно весьма существенно для видимости в полете. В устойчивых воздушных массах при наличии задерживающих слоев видимость хуже, чем в неустойчивых воздушных массах, особенно под слоями инверсии и изотермии.

Неустойчивые воздушные массы характеризуются большей прозрачностью атмосферы и лучшей видимостью в полёте по сравнению с устойчивыми воздушными массами. Состояние атмосферы характеризуется, кроме того, и наличием в ней таких метеорологических явлений, как осадки, дымка, туман, мгла, пыльная буря, дым и т.п.

При оценке видимости для посадки большое значение имеет наличие (отсутствие) облаков, их форма, высота нижней границы облаков, особенности структуры нижней границы низких облаков, а также соотношение наклонной и горизонтальной видимости. Рассмотрим эти вопросы более детально [8, с.63].

Нижняя граница низких облаков, особенно слоистых, имеет сложную структуру, что связано со спецификой её формирования. Теоретически нижняя граница низких облаков слоистых форм должна совпадать с уровнем конденсации водяного пара.

В действительности нижняя граница не совпадает с уровнем конденсации и находится несколько выше него, так как для образования отчётливо «видимой» (измеряемой) нижней границы необходимо, чтобы сконденсировалось несколько большее количество водяного пара, для чего требуется охлаждение воздуха немного ниже точки росы.

Нижняя граница слоистых облаков не является ровной и резко очерченной поверхностью. Исследования показывают, что нижняя граница этих облаков представляет собой слой переменной оптической плотности. Плотной части облака предшествует предоблачный слой, в котором можно выделить две части.

Предоблачный слой слоистых облаков может иметь толщину 200 м., в среднем 100-150 м. Колебания высоты нижней границы достигают при этом 100 м. и более (50 м. от средней высоты). Толщина предоблачного слоя слоисто-кучевых облаков не превышает 50 м., а колебание высоты их нижней границы составляет 20-50 м. В отдельных случаях наблюдаются и более значительные колебания высоты нижней границы облаков [2, с.158].

Кроме того, на нижней границе облаков наблюдается неупорядоченные волны большой и малой длины. Поэтому иногда общее колебание высоты нижней границы слоистых облаков за короткое время достигает 300 м. Слой переменной оптической плотности, как и все облако в целом, непрерывно изменяется и находится в постоянном движении.

Вследствие сложной структуры нижней границы облаков значения ее высоты, определенные разными методами, могут существенно различаться. Каждый метод (шаропилотный, прожекторный, светолокаторный, самолетный и др.) фиксирует разную часть предоблачного слоя.

Например, полная потеря видимости естественного горизонта с самолета

в среднем отмечается на 80 м ниже уровня, на котором начинает «туманиться» в облаках шар-пилот. Потеря вертикальной видимости с борта самолета наступает в среднем на уровне, располагающемся на 120 м выше уровня потери видимости горизонта. Аналогичные расхождения бывают также и при одновременном измерении высоты нижней границы облаков (ВНГО) с самолета и прожектором или светолокатором.

Лазерные измерители ВНГО позволяют определять высоту с большой точностью. В качестве примера подобных измерителей можно привести приборы, разработанные шведской фирмой ASEA. В одной модификации прибора в качестве источника света использован рубиновый лазер (длина волны излучения $\lambda = 0,6943$ мкм).

Прибор функционирует в моноимпульсном режиме с минимальным временем между измерениями 15 с. С его помощью можно измерять высоту в диапазоне 30—5000 м с инструментальной погрешностью ± 10 м. В другой модификации прибора использован полупроводниковый лазер на арсениде галлия ($\lambda = 0,9060$ мкм). Этот прибор работает в непрерывном режиме и обеспечивает измерения в диапазоне 20—1000 м с инструментальной погрешностью ± 5 м. Приборы просты, имеют небольшие габариты и вес. Интервал рабочих температур —30... + 50 °С, потребляемая мощность от 100 до 800 Вт. Дистанционность измерения не меньше 5 (8) км [1, с.132].

Однако и лазерным измерителям ВНГО присущи некоторые недостатки. Основной недостаток заключается в том, что при использовании монохроматических источников излучения измерения производятся на длинах волн вне диапазона волн, воспринимаемых глазом. Это приводит к результатам, трудно сопоставимым с результатами оценки ВНГО, получаемыми наблюдателем.

Наиболее надежные данные о высоте нижней границы облаков для обеспечения полетов можно получить с помощью самолета или светолокатора. За нижнюю границу облаков при определении ее с самолета принимается уровень, на котором исчезает видимость естественного горизонта и резко

ухудшается видимость наземных ориентиров.

Видимость естественного горизонта довольно резко изменяется при входе в слоисто-кучевые облака с четко выраженной нижней границей. При входе в слоистые и слоисто-дождевые облака наблюдается постепенное ухудшение видимости наземных ориентиров, и в этом случае нижнюю границу облаков зафиксировать значительно труднее.

Указанное выше разделение предоблачного слоя на два слоя лишь в первом приближении отражает его действительное строение. В реальных условиях ухудшение видимости в нем происходит постепенно. Высота нижней границы слоя предоблачной дымки и его толщина зависят от температуры и влажности воздуха у поверхности земли, а также от высоты нижней границы облака. Чем ниже основание облака, тем ближе к земной поверхности располагается слой предоблачной дымки и, следовательно, тем хуже видимость у земли.

В общем виде можно записать, что

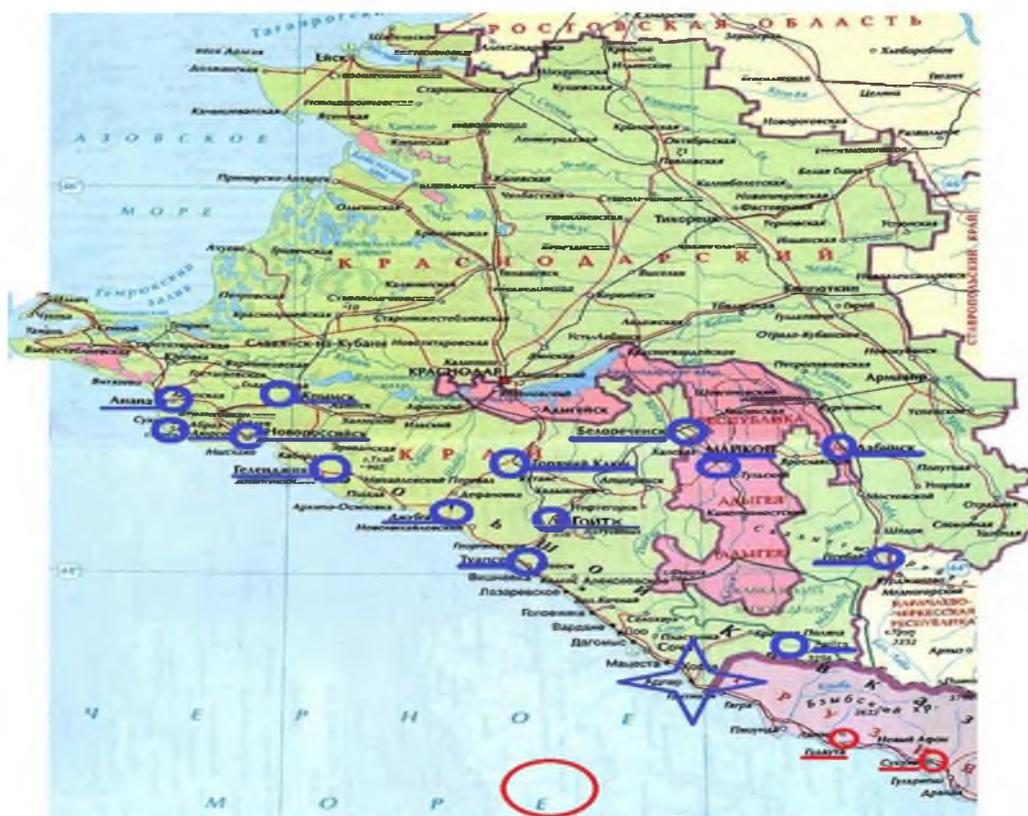
$$S_{\text{м. накл}} = k S_{\text{м.г.}} \quad (1.1)$$

где $S_{\text{м.накл.}}$ и $S_{\text{м.г.}}$ — соответственно наклонная и горизонтальная метеорологическая дальность видимости; k — коэффициент, изменяющийся в пределах $0,2 \leq k \leq 1$. Коэффициент $k = 0,2$ при низких слоистых облаках высотой до 100 м, $k=1$ при облаках высотой более 200—300 м. Коэффициент k зависит от высоты нижней границы облаков и их формы, от синоптических условий образования облаков, сезона года и других факторов [1, с.256].

2 Метеорологическое обеспечение полетов в аэропорту г.Сочи

2.1 Краткая климатические характеристики аэропорта г.Сочи

Метеорологическое обеспечение полетов на аэродроме Сочи осуществляется АМСГ 1 разряда Сочи. Режим работы круглосуточный. Аэродром Сочи международный, относится к классу «Б» горный /аэропорт 1 класса/, имеет две пересекающиеся искусственные взлетно-посадочные полосы /ИВПП/, вертодром с искусственным покрытием, является аэродромом совместного базирования, постоянным, круглосуточного действия, предназначен для выполнения всех видов полетов (рисунок 2.1).



○ - Существующие метеостанции

○ - Метеостанции, необходимые для дополнения штормового кольца

Рисунок 2.1 — Метеостанции, входящие в состав штормового кольца аэропорта г.Сочи

Используется как запасной для ВС Гражданской авиации и ВС других

ведомств. Аэродром расположен на побережье Черного моря в 2-х км северо-восточнее н. п. Адлер.

Географические координаты контрольной точки аэропорта /КТА/: — широта 43°26'07» северная -долгота 39°56'9» восточная. Абсолютная высота аэродрома / Н аэр./ +27м, номер часового пояса второй, магнитное склонение +6, размер летного поля 3500мх3000мх2000м. На аэродроме имеются две ИВПП пересекающиеся под углом 36°09'. Размеры ИВПП: ИВПП 06/24 2890х50м, ИВПП 02/20 2200х49м.

Посадка осуществляется с магнитными курсами 059 и 023 градуса, взлет — 239 и 203 градуса.

Высота ИВПП у порога 06 +11м. у порога 24 +26м, высота ОПРС60 +16м, удаление от порога ИВПП06 1454м [1, с.14].

Светосигнальная система — огни типа «Свеча-3» по схеме ОМИ. Высота ИВПП у порога 02 +16м, у порога 20 +27м, высота БПРМ +15м, удаление от порога ИВПП02 1025м. Светосигнальная система - унифицированные огни кругового обзора типа «Идман» по схеме ОМИ. На территории аэродрома с азимутом 265гр., удаление от КТА 1735м расположен вертодром. Магнитные курсы посадки и взлета 50 и 230гр, высота порогов соответственно +12м и +13м.

Район аэродрома Сочи занимает часть акватории Черного моря (около 50% пространства всей зоны) и часть района Кавказских гор. Протяженность района с северо-запада на юго-восток по побережью Черного моря 140км, с северо-востока на юго-запад-120км.

АМСГ обеспечивает метеорологической информацией диспетчерские пункты УВД, осуществляющие управление воздушным движением на аэродроме, по району аэродрома и зоне МДП Сочи: АМСГ осуществляет метеорологическое обеспечение полетов с АСБ Сочи, вертодрома Адлер, при наличии полетов, с постоянных и временных вертолетных площадок, принадлежащих различным ведомствам и авиакомпаниям.

Непосредственное метеорологическое обеспечение экипажей ВС на АСБ

Сочи осуществляется по их ведомственной принадлежности АМСГ и метеорологическим подразделением войсковой части 92089 [4, с.13].

Аэропорт расположен в долине реки Мзымты, в 30 км к юго-востоку от г.Сочи. С запада, северо-запада, севера, северо-востока, востока, юго-востока аэродром окружают гряда холмов, возвышенностей и горных хребтов Большого Кавказа. Подходы к аэродрому открыты только с юга и юго-запада, со стороны моря.

Ближайшие естественные препятствия расположены на удалении 1,1-1,7 км на северо-запад от аэродрома, имеют абсолютные превышения от 88 м до 187 м. За полосой холмов начинаются средневысокие горы (на удалении 15 км от аэродрома г. Дзыхра 1273 м н.у.м.) и дальше следуют горы Главного Кавказского хребта.

Возвышенности и хребты, окружающие аэродром, покрыты лесными массивами. Склоны холмов местами распаханы и заняты пашнями и чайными плантациями. Река Мзымта в районе аэродрома образует широкую долину, открытую к морю.

Почвы в районе аэродрома суглинистые с примесью гальки с дерновым покровом. На удалении 200 м от летного поля со стороны моря проходит высоковольтная линия электрифицированной железной дороги, являющаяся основным препятствием при заходе на посадку и при взлете самолетов.

Летное поле имеет бетонированные взлетно-посадочные полосы, которые недостаточно хорошо видны с воздуха из-за общей монотонности ландшафта, особенно в осенне-зимний период, и естественных препятствий в зоне подхода к аэродрому.

В марте и апреле число дней с грозой резко уменьшается до одного-двух, вследствие выравнивания средних температур моря и воздуха. В это же время увеличивается число дней с туманами и низкой облачностью.

Туманы в районе аэродрома начинаются в октябре и заканчиваются в июне. С октября по февраль и в июне туманы бывают очень редко (за 18 лет отмечено по 1-2 случая тумана), а в январе за этот период туманы совсем не

отмечались. Максимальное число дней с туманами приходится на апрель месяц и май (1,8-1,9 дня в месяц), в отдельные годы может наблюдаться до 6 дней в месяц с туманами.

Радиационные туманы, характерные для равнинных и горных районов, в районе Сочи не наблюдаются. Обычно туман, образуется над морем, а затем выносится на побережье. Поэтому большое значение для прогноза тумана имеют данные морских судов и самолетов о наличии тумана в море. Случаи опускания низкой облачности до тумана очень редки. Близость моря определяет в течение всего года высокую относительную влажность в районе Сочи (Адлер) от 74% до 79%.

Большую часть года сохраняется ясная или полужасная погода. Пасмурные дни составляют только 13% от общего числа дней в году. Наибольшее число пасмурных дней отмечается с января по апрель (6-7 дней в месяц).

Среднее годовое число пасмурных дней (по нижней облачности) и ясных дней находится в пределах нормы. Средние месячные отклонения не превышают 1-3 дней. Анализ сравнения метеоэлементов за 5 лет (1968-1972гг.) с многолетними данными показал, что погодные условия пятилетия можно признать близкими к норме [11, с.89].

2.2 Годовой и суточный ход условий погоды различной степени сложности

Степень сложности погоды в смысле ее влияния на взлет и посадку самолетов определялась комплексным сочетанием (и/или) градаций высоты облаков до 300 м и дальностью видимости менее 4 км. Совместный учет этих двух элементов дает возможность определить время, в течение которого полеты самолетов затрудняются или совсем исключаются.

В связи с тем, что степень сложности погоды определялась высотой низких облаков и ограниченной дальностью горизонтальной видимости, годовой и суточный ход К 200;2 и К 300; 4 отражают годовой и суточный ход

этих двух метеозаэментов На рисунке 2.2 представлен годовой ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности.

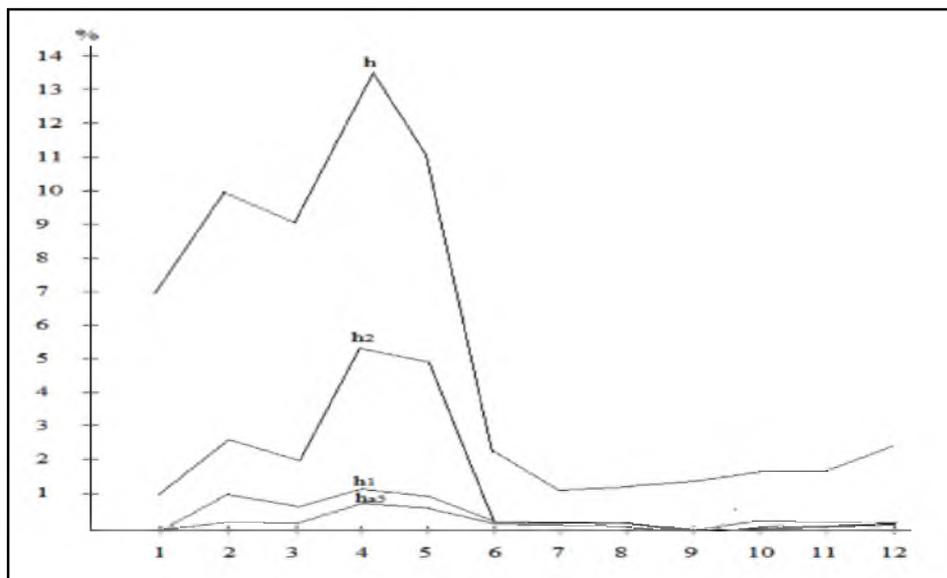


Рисунок 2.2 — Годовой ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности

h ниже 300 м и/или V менее 4 км

h_1 h_2 ниже 200 м и/или V менее 2 км

h_2 h_1 ниже 100 м и/или V менее 1 км

$h_{0.5}$ $h_{0.25}$ ниже 50 м и/или V менее 0,5 км

На рисунке 2.2. показан годовой ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности (высота облаков ниже 50 м и/или видимость менее 500 м обозначаются символом К 50; 0.5, высота ниже 100 м и/или видимость менее 1000 м обозначаются символом К 100; 1, высота ниже 200 м и/или видимость менее 2 км обозначаются символом К 200; 2, выпота ниже 300 м и/или видимость менее 4 км - К 300; 4) [7, с.67].

В целом, плохая погода (К 300; 4 и К 200; 2) имеет малую повторяемость, не превышающую 14%, в течение всего года.

Наиболее сложные погодные условия складываются в период с февраля по май. Максимум в годовом ходе условий погоды различной степени сложности приходится на апрель месяц.

Для определения повторяемости степени сложности погоды, например, высота 100-200 м и/или видимость 1-2 км, необходимо из величины повторяемости верхнего предела K 200; 2 вычесть величину повторяемости нижнего предела K 100; 1.

Для апреля месяца это составит $5.9-1.6=4.3\%$. Проценты рассчитаны от общего числа случаев в месяц. Сглаживание по месяцам не проводилось.

На рисунке 2.3 представлен суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за январь.

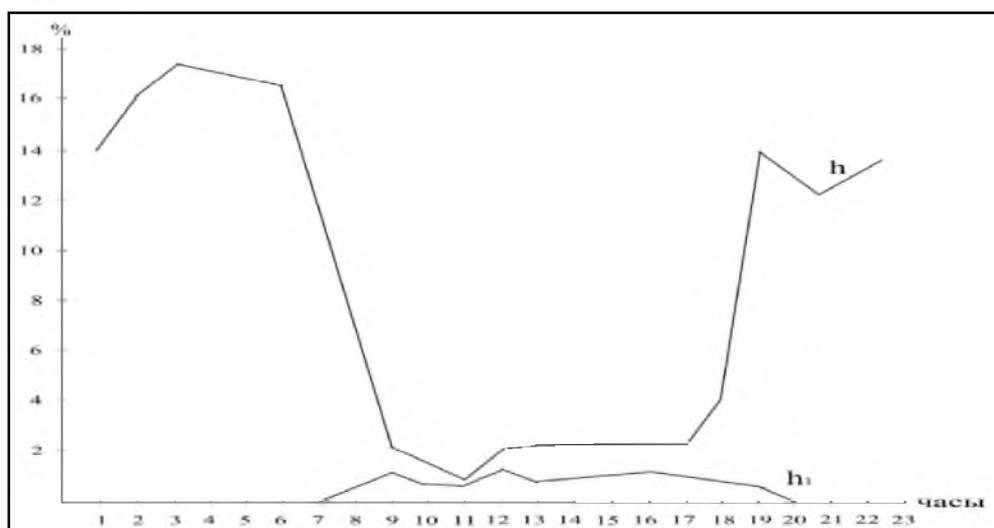


Рисунок 2.3 - Суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за январь

h ниже 300 м и/или V менее 4 км

h_1 h_2 ниже 200 м и/или V менее 2 км

Как видно из рисунка, минимальные значения K 300; 4 и K 200; 2 отмечаются в течение всего года в дневное время. И почти во всех месяцах отчетливо виден ночной максимум плохой погоды [15, с.20].

Сглаживание по срокам не производилось. Построение кривых велось только по срокам, где не было пропусков. Остальные точки графически интерполировались [15, с.5]. На рисунке 2.4 представлен суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за февраль.

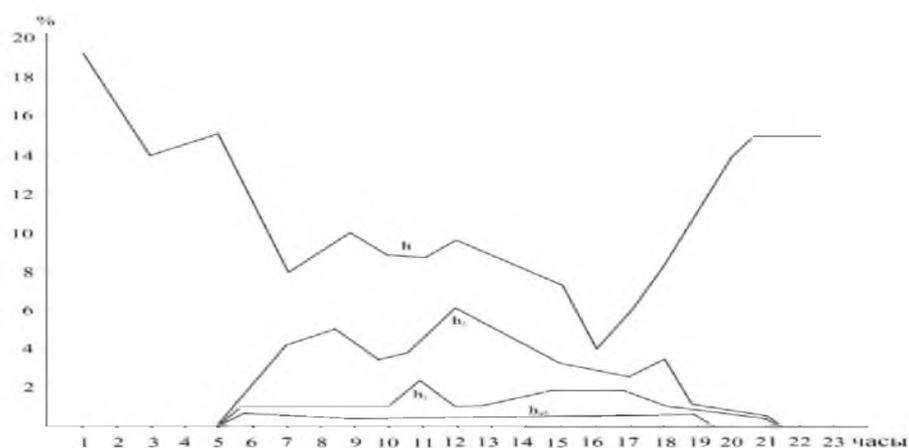


Рисунок 2.4 - Суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за февраль

h ниже 300 м. и/или V менее 4 км

h_1 h_1 ниже 100 м. и/или V менее 1 км

h_2 h_2 ниже 200 м. и/или V менее 2 км

h_{35} h_{35} ниже 50 м. и/или V менее 0,5 км

Несколько увеличенная повторяемость, как бы второй максимум, отмечается в феврале месяце, главным образом, за счет увеличения повторяемости ухудшения видимости в смешанных осадках или в снеге. В течение всего года повторяемость условий погоды $K 100; 1$ и $K 50; 0.5$ не превышает 1,6%.

На рисунке 2.5 представлен суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за март.

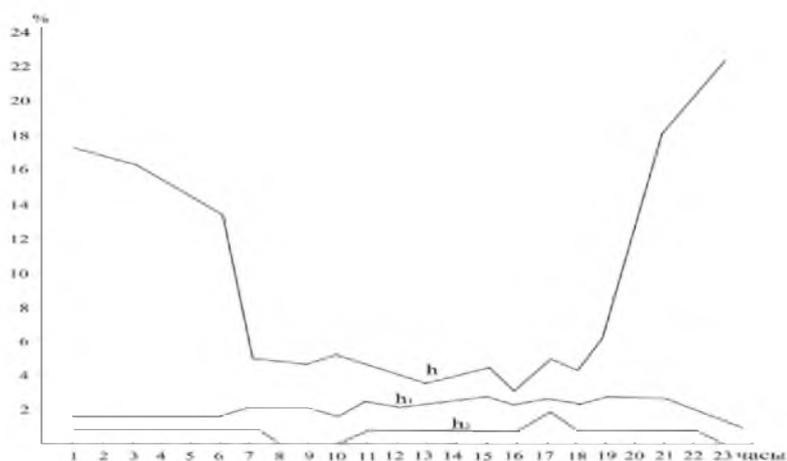


Рисунок 2.5 — Суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за март

h ниже 300 м. и/или V менее 4 км

$h_2 h_1$ ниже 100 м. и/или V менее 1 км

$h_1 h_2$ ниже 200 м. и/или V менее 2 км

Кривые распределения и средняя непрерывная продолжительность подсчитаны для градаций степени сложности, указанных выше.

Так, для апреля месяца для K 200; 2 при A -3 часа, B =3,7 часа, B -64%. На рисунке 2.6 представлен суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за апрель.

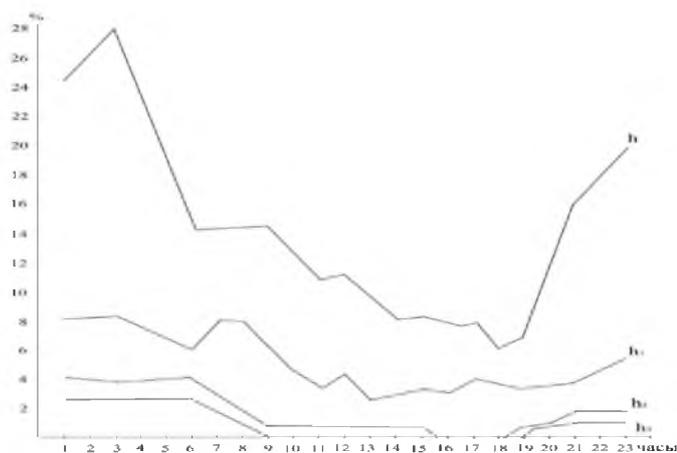


Рисунок 2.6 - Суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности за апрель

h ниже 300 м. и/или V менее 4 км

$h_1 h_1$ ниже 200 м. и/или V менее 2 км

$h_2 h_2$ ниже 100 м. и/или V менее 1 км

$h_3 h_{a5}$ ниже 50 м. и/или V менее 0,5 км

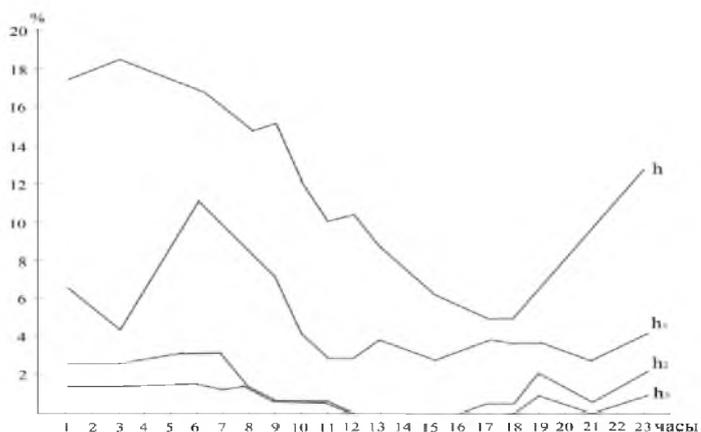


Рисунок 2.7-Суточный ход повторяемости (%) условий погоды

различной степени сложности за май

h ниже 300 м. и/или V менее 4 км

h_1 h_1 ниже 200 м. и/или V менее 2 км

h_2 h_2 ниже 100 м. и/или V менее 1 км

h_3 h_{a5} ниже 50 м. и/или V менее 0,5 км

Семейство кривых суточного хода на рисунке 2.8 построены по осредненным данным месяцев июль-сентябрь и октябрь-декабрь. Единичные кратковременные ухудшения погоды ниже пределов, представленных на графике, не нашли отражения.

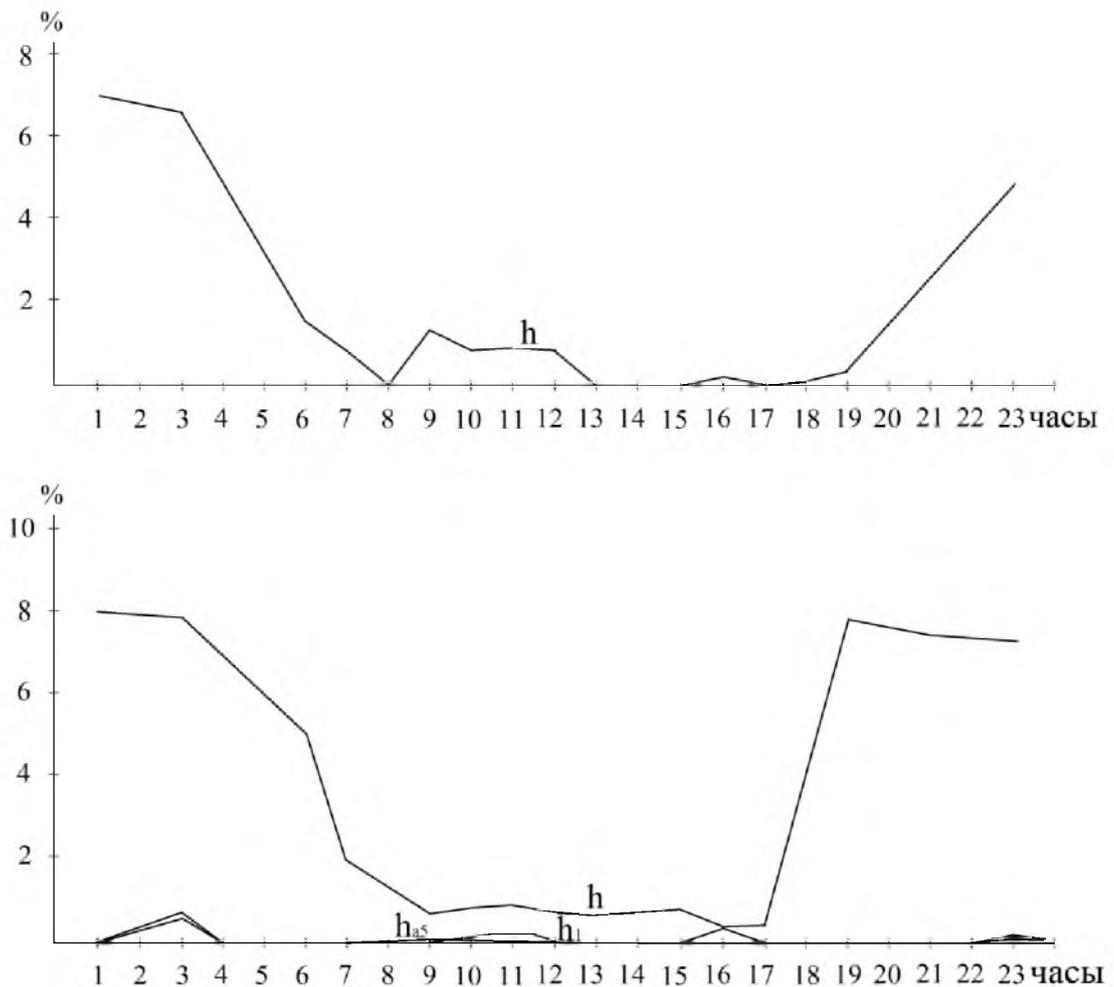


Рисунок 2.8 — Суточный ход повторяемости (%) условий погоды различной степени сложности: июль-сентябрь и октябрь-декабрь

h ниже 300 м. и/или V менее 4 км

h_1 h_1 ниже 200 м. и/или V менее 2 км

на h_2 ниже 50 м. и/или V менее 0,5 км

2.2.1 Непрерывная продолжительность условий погоды различной степени сложности

Устойчивость (непрерывная продолжительность) сложных метеорологических условий имеет большое значение для авиации.

Для получения повторяемости (%) непрерывной продолжительности степени сложности погоды необходимо на оси абсцисс найти заданную продолжительность (точка А) и восстановить перпендикуляр до пересечения с кривой интегральной повторяемости для соответствующей средней величины, полученной из таблицы 2.1 и рисунке 2.9 (точка Б), и на оси ординат отсчитать обеспеченность непрерывной продолжительности степени сложности погоды (точка В была подсчитана для случаев, когда высота облаков ниже 50 м и/или видимость менее 500 м, высота ниже 100 м и/или видимость менее 1000 м, высота ниже 200 м и/или видимость менее 2 км и высота ниже 300 м и/или видимость менее 4 км.

В таблице 2.1 помещено число периодов с условиями погоды различной степени сложности и их средняя непрерывная продолжительность в сумме за 2 года. Как следует из таблицы, число периодов с $K 50; 0.5$ и $K 100; 1$ очень мало. Таблица 2.1 - Число периодов с условиями погоды различной степени сложности и их средняя непрерывная продолжительность

К		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Н<50 и/или V<0,5	Число периодов	-	1	-	8	2	-	-	-	-	1	3	1
	Ср. непрерыв. продолжит	-	2,0	-	2,5	1,5	-	-	-	-	2,0	1,3	1,0
Н<100 и/или V<1	Число периодов	1	1	2	10	3	-	-	-	-	1	2	1
	Ср. непрерыв. продолжит	1,0	2,0	1,5	3,3	1,7	-	-	-	-	2,0	2,5	1,0
Н<200 и/или V<2	Число периодов	3	15	8	30	13	1	1	-	-	2	2	3
	Ср. непрерыв. продолжит	3,0	1,3	4,0	3,7	2,5	1,0	2,0	-	-	1,5	2,5	1,3

Н<300 и/или V<4	Число периодов	13	26	49	42	37	12	4	3	7	6	5	13
	Ср. непрерыв. продолжит	4,5	2,3	2,9	5,0	2,8	1,6	2,5	1,7	2,6	1,5	2,0	1,6

Чаще это 1-3 периода, за исключением апреля месяца, где число периодов больше. Это свидетельствует о редкости условий погоды такой степени сложности. Значительно больше число периодов с условиями погоды К 200; 2 и К 300; 4.

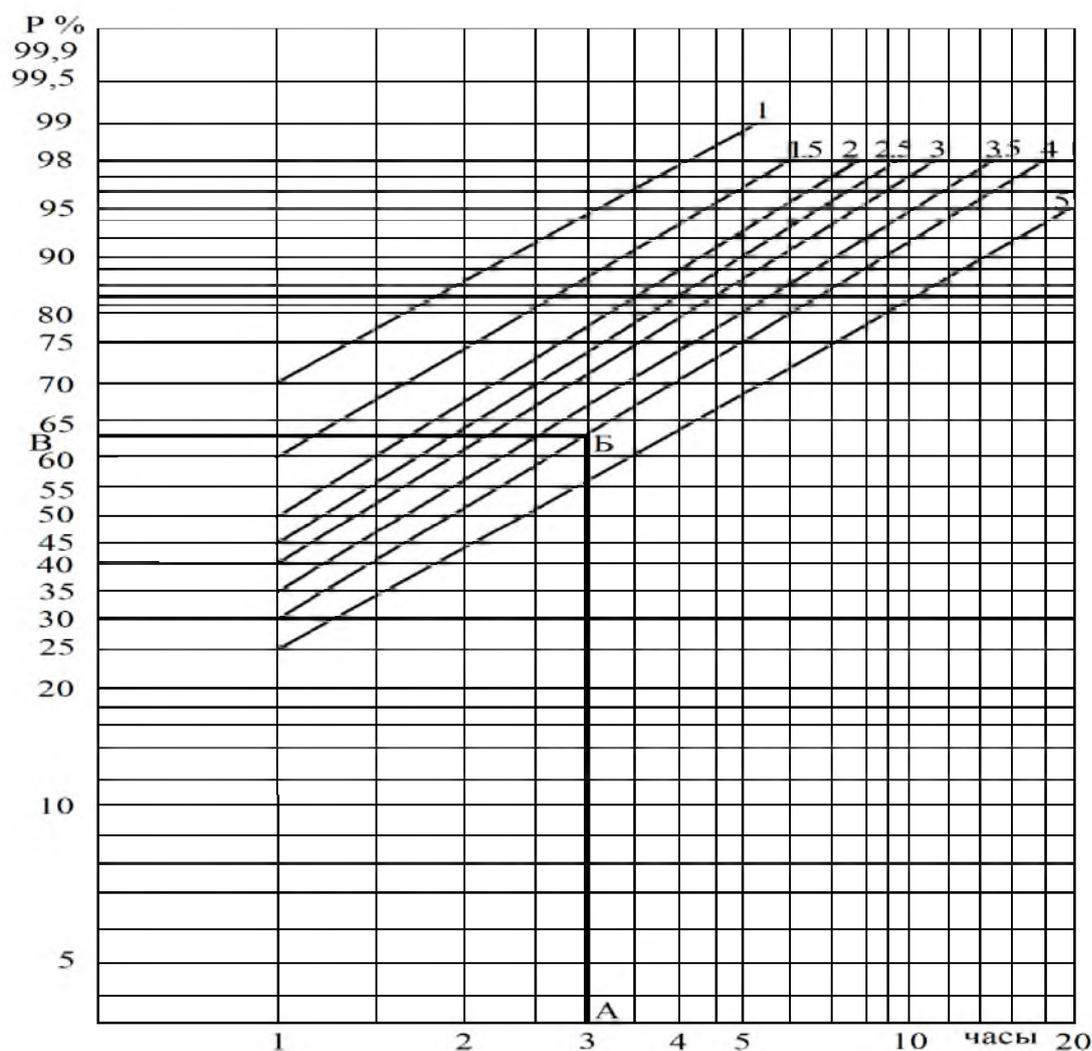


Рисунок 2.9 — График для определения повторяемости (%) непрерывной продолжительности условий погоды различной степени сложности

Максимальное число периодов с высотой ниже 200 м и/или видимостью менее 2 км отмечается в апреле месяца, а наибольшая средняя непрерывная продолжительность этих условий погоды в марте - 4.0 часа [15, с.9].

Чаще всего периоды с К 200; 2 непродолжительны, однако в апреле

месяце они могут продолжаться до 17-18 часов.

В годовом ходе условий погоды при $H < 300$ м и/или $V < 4$ км максимум приходится на март месяц. А наиболее затяжной характер до 17-18 часов они имеют в апреле месяце.

Таким образом, наиболее сложные условия погоды для полетов самолетов складываются в весенние месяцы (март-май), когда помимо ухудшений погоды, связанных с прохождением фронтальных разделов, большую роль играет формирование и вынос низкой облачности и тумана с Черного моря на побережье [11, с.165].

2.2.2. Повторяемость условий погоды различной степени сложности при определенных направлениях и скоростях ветра

В таблице 2.2 представлена повторяемость (%) К 100; 1 в таблице 3 - К 200; 2, а в табл.4 - К 300; 4 при различных скоростях ветра.

Таблица 2.2- Повторяемость (%) к 100; 1 при различных скоростях ветра

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штиль	-	6	31	14	14	-	-	-	-	-	-	-
1-2 м/с	50	19	8	50	40	100	50	-	-	50	80	25
3-5 м/с	50	50	23	34	35	-	-	100	-	50	20	75
6-7 м/с	-	16	31	2	11	-	50	-	-	-	-	-
8-11 м/с	-	9	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Более 12 м/с	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Условия погоды К 100; 1 (таблица 2.2) чаще всего повторяются в период с февраля по май месяц с максимумом в апреле при скорости ветра до 5 м/сек

Отдельные случаи с такими условиями погоды могут сопровождаться скоростями ветра 6-11 м/сек, чаще всего в марте месяце.

Вероятность условий погоды К 100; 1 в период с июня по январь очень мала, а в сентябре не отмечалась совсем.

Повторяемость условий погоды К 200; 2 имеет тот же ход, что и К 100; 1. приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 — Повторяемость (%) к 200; 2 при различных скоростях ветра

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штиль	7	4	8	8	5	-	-	-	-	-	-	11
1-2 м/с	53	26	16	42	37	50	67		-	50	80	
3-5 м/с	33	45	40	43	47	50	17	100	-	50	20	78
6-7 м/с	7	13	15	7	11	-	16	-	-	-	-	11
8-11 м/с	-	11	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Более 12 м/с	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Максимум повторяемости отмечается в апреле месяце, а с июня по декабрь вероятность К 200; 2 очень мала.

Преобладающие скорости ветра при $H < 200$ м и/или $V < 2$ км - до 5 м/сек, однако с декабря по март они могут сопровождаться скоростями 6-11 м/сек, а в феврале и марте единичные случаи - усилением ветра более 12 м/сек.

В таблице 2.4 приведена повторяемость К 300; 4 при различных скоростях ветра. Условия погоды этой степени сложности могут быть в течение всего года с максимумом в апреле месяце.

Они сопровождаются в преобладающем большинстве случаев скоростями ветра до 5 м/сек.

Таблица 2.4 — Повторяемость (%) к 300; 4 при различных скоростях ветра

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штиль	7	4	6	9	6	6	8	4	2	7	5	6
1-2 м/с	30	22	23	38	36	38	23	5	25	25	26	24
3-5 м/с	41	45	44	43	49	41	51	64	64	54	49	57
6-7 м/с	8	14	14	6	8	7	10	11	8	10	15	9
8-11 м/с	12	10	12	3	2	7	3	16	1	4	5	3
Более 12 м/с	2	5	1	1	-	1	5	-	-	-	-	1

Очень мала повторяемость этих условий погоды при штиле и при скоростях более 12 м/сек. В таблице 2.4 дана повторяемость К 100; 1, К 200; 2 и К 300; 4 в числе случаев, в среднем за 4 года, для получения суждения о примерном количестве часов с плохой погодой.

По количеству случаев за месяц, приведенных в таблице 2.5, были рассчитаны данные в %.

Таблица 2.5 — Повторяемость К 100; 1, К 200; 2 и К 300; 4 (число случаев)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
К 100; 1	1	8	3	12	9	0	0	1	-	1	1	1	38
К 200; 2	4	18	16	44	36	1	1	1	-	2	1	2	126
К 300; 4	52	66	68	98	80	17	9	10	13	19	18	28	478

Условия погоды К 100; 1 в январе месяце (таблица 2.6) сопровождаются ветрами восточной четверти или северо-западного направления.

Таблица 2.6 — Повторяемость (%) к 100; 1 при различных направлениях ветра

Направление	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С	-	6	-	8	5	-	-	-	-	-	-	25
СВ	-	9	8	10	14	-	-	50	-	100	20	25
В	25	28	-	19	3	-	50	50	-	-	20	-
ЮВ	25	28	31	14	16	-	50	-	-	-	-	-
Ю	-	6	7	14	5	-	-	-	-	-	-	-
ЮЗ	-	-	-	2	11	-	-	-	-	-	40	-
З	-	-	8	6	11	-	-	-	-	-	20	-
СЗ	50	16	15	12	22	100	-	-	-	-	-	25

В феврале картина более пестрая, но преобладают (65%) ветры восточной четверти [15, с.13]. В марте месяце 39% при К 100; 1 приходится на ветры

восточной четверти, и заметно возрастает, по сравнению с другими месяцами, повторяемость К 100; 1 при штилях (31%).

В апреле и мае плохая погода бывает при любых направлениях ветра, но в апреле она чаще всего сопровождается ветрами восточной четверти (43%), а в мае - западной (44%).

С июня по октябрь единичные случаи плохой погоды обычно сопровождаются ветрами восточной или западной четверти.

Анализируя таблицу 2.7, хорошо видно преобладание ветров восточной четверти в январе (54%) и феврале (64%) при К 200; 2.

В марте месяце заметно возрастает повторяемость плохой погоды с ветрами западной четверти (42%).

Таблица 2.7 — Повторяемость (%) к 200; 2 при различных направлениях ветра

Направление	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С	9	4	2	3	3	-	-	-	-	-	-	11
СВ	7	7	2	6	5	-	-	50	-	30	20	22
В	7	27	6	12	7	50	50	50	-	10	20	11
ЮВ	40	30	26	21	27	-	33	-	-	-	-	-
Ю	6	7	14	18	15	-	17	-	-	-	-	-
ЮЗ	7	6	6	9	13	-	-	-	-	-	40	11
З	7	4	13	11	11	-	-	-	-	50	20	11
СЗ	20	10	23	12	15	50	-	-	-	10	-	22

В апреле и мае равновероятны условия К 200; 2 при ветрах западной и восточной четверти.

При К 300; 4 преобладают в течение всего года ветры восточной четверти (от 41% в апреле до 82% в сентябре) (таблица 2.8).

В период с июля по январь условия К 300; 4 имеют очень малую повторяемость (от 2 до 5%) при южных ветрах. Юго-западные ветры являются

благоприятными для формирования высокой нижней границы облаков и хорошей видимости.

Таблица 2.8 — Повторяемость (%) к 300; 4 при различных направлениях ветра

Направление	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С	3	7	2	2	2	2	0	4	0	10	6	2
СВ	13	13	11	6	5	16	18	11	40	24	18	26
В	26	22	18	13	12	38	41	46	40	26	28	28
ЮВ	21	25	24	22	30	14	20	11	2	10	10	12
Ю	4	8	10	19	14	13	3	4	2	4	5	2
ЮЗ	5	4	5	9	10	1	2	2	5	0	3	4
З	7	4	6	9	8	4	0	7	2	6	12	7
СЗ	14	8	18	11	13	6	8	11	7	14	13	13

Только в апреле и мае повторяемость К 300; 4 возрастает до 9 - 10% при юго-западных ветрах, в остальные месяцы она не превышает 5%. На западные и северо-западные ветры в период с октября по май (без февраля) приходится от 20% до 25% с условиями погоды К 300; 4

В летние месяцы (июнь-сентябрь), а также в феврале, их вклад в формирование условий погоды К 300; 4 значительно ослабляется.

В таблице 2.9 приведена повторяемость сложных условий погоды К 200; 2, а в таблице 10 К 300; 4 при скоростях ветра более 8 м/сек. Таблицы представлены в числе случаев за 4 года, что при некотором допущении равнозначно числу часов [11, с.38].

Таблица 2.9 — Повторяемость к 200; 2 при больших скоростях ветра в зависимости от направления (в числе случаев за 4 года)

Направление	Скорость	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
С	8-11 12-15													

	16-20													
--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 2.9

СВ	8-11 12-15 16-20													
В	8-11 12-15 16-20		2	1										3
ЮВ	8-11 12-15 16-20		6 1	3 1	1									10 2
Ю	8-11 12-15 16-20			1		1								2
ЮЗ	8-11 12-15 16-20			1										1
З	8-11 12-15 16-20			2										2
СЗ	8-11 12-15 16-20			4										4

По данным таблицы 2.9 видно, что при скоростях ветра более 8 м/сек условия погоды К 200; 2 не встречались при северных и северо-восточных ветрах, а наиболее часто - при юго-восточных и северо-западных ветрах.

С июня по декабрь условия К 200; 2 при скоростях более 8 м/сек не отмечены.

В таблице 2.10 видно преобладание при условиях погоды К 300; 4 ветров восточной четверти (особенно юго-восточных) более 8 м/сек.

Таблица 2.10 — Повторяемость к 300; 4 при больших скоростях ветра в зависимости от направления (в числе случаев за 4 года)

Направление	Скорость	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
С	8-11 12-15													
СВ	8-11 12-15			1	1		1	1						3 1

Продолжение таблицы 2.10

В	8-11 12-15	2 1	4	2	2	1	3				1			15 1
ЮВ	8-11 12-15 16-20	16	20 5 4	13 2	8 3	4		2	5		1	2	3 1	72 13 4
Ю	8-11 12-15	1	1	8	1 1	1	1			1				14 1
ЮЗ	8-11 12-15			2 1		1			1					4 1
З	8-11 12-15	2 1	1	2								2		7 1
СЗ	8-11 12-15 16-20	4 1	1 2 2	6		1	1		1		1			13 5 2

В феврале месяце возможны понижения облачности до < 300 м и ухудшения видимости до < 4 км при ветрах юго-восточной и северо-западной четверти со скоростями до 16-20 м/сек, чаще всего в зоне холодных фронтальных разделов [7, с.261].

2.2.3 Повторяемость сложных метеорологических условий при различных барических образованиях и фронтальных разделах

Барические образования и фронтальные разделы являются основными факторами, формирующими условия погоды. Поэтому рассмотрение влияния барических образований и атмосферных фронтов на погодные условия аэропорта Сочи представляет определенный интерес.

В таблице 2.11 приведена повторяемость (%) К 200; 2, а в таблице 2.12 повторяемость К 300; 4, циклонов и антициклонов, % подсчитаны от всего времени за месяц, в графе «отношение» представлено частное от деления числа случаев с плохой погодой, приносимой циклонами, к общему числу случаев с циклонами.

Таблица 2.11 — Повторяемость (%) К 200; 2 циклонов и антициклонов

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К 200; 2	0,4	2,3	1,8	6,2	5,1	0	0,2	0	-	0,3	0,2	0,3
Циклоны	61	56	51	39	24	24	31	34	36	40	49	60
Антициклоны	20	19	22	22	27	21	19	17	21	17	11	12
Отношение	0,5	2,6	2,1	9,4	11,0	0,1	0,4	0,1	-	0,5	0,3	0,4

Из данных таблице 2.11 следует, что в период с декабря по март район аэропорта находится преимущественно в циклоническом поле. С мая по август более половины всего времени приходится на безградиентные поля.

В годовом ходе максимальное число антициклональных ситуаций приходится на май месяц.

Сопоставляя повторяемость К 200; 2 и К 300; 4 (таблица 2.12) с повторяемостью циклонов, приходим к выводу, что в период с ноября по март прогнозирование циклона более чем в 60% случаев означает наличие условий. к 200; 2.

Таблица 2.12 — Повторяемость (%) К 300; 4 циклонов и антициклонов

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К 300; 4	6,8	9,4	8,9	14,3	11,0	2,3	1,2	1,4	1,7	2,3	2,5	3,6
Циклоны	61	56	51	39	24	24	31	34	36	40	49	60
Антициклоны	20	19	22	22	27	21	19	17	21	17	11	12
Отношение	8,5	11,7	11,2	17,0	16,0	3,6	1,8	2,4	2,6	2,6	3,5	4,2

В летнее время (с июня по сентябрь) плохая погода циклонами не приносится. Наиболее часто циклоны сопровождаются К 200; 2 в феврале месяце.

Основная роль в формировании условия К 200; 2 и К 300;4 в течение всего года принадлежит атмосферным фронтам. Наихудшие условия погоды регистрируются в зоне холодного фронта в холодное время года с декабря по март (таблица 2.13).

Таблица 2.13 — Повторяемость (%) К200; 2 при барических образованиях и атмосферных фронтах

Барические образования	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тёплые фронты	-	8	10	8	2	-	-	-	-	10	-	33
Холодные фронты	92	81	90	39	68	-	67	-	-	-	40	67
Фронт окклюзии	-	3	-	11	6	-	-	100	-	70	-	-
Антициклоны без фронтов	-	-	-	12	7	-	33	-	-	-	-	-
Циклоны без фронтов	8	6	-	18	4	-	-	-	-	-	40	-
Прочие	-	2	-	12	13	100	-	-	-	20	20	-

Теплые фронты очень редко дают ухудшение погоды до значений К 200; 2 и К 300; 4. В таблицах 2.13, 2.14 помещена повторяемость К 200;2 и К 300; 4 в зависимости от типа барического образования. Проценты подсчитаны от общего числа случаев с К 200;2 и К 300; 4. В графе «прочие» помещена повторяемость при прямолинейных изобарах и в безградиентных областях.

Наихудшие условия погоды отмечаются в зоне холодных фронтов в холодное время года с декабря по май и количественно составляют от 60 до 90 %.

Таблица 2.14 — Повторяемость (%) К 300; 4 при барических образованиях и атмосферных фронтах

Барические образования	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Продолжение таблицы 2.14

Тёплые фронты	5	13	17	12	3	-	-	2	14	15	3	15
Холодные фронты	84	70	70	43	73	67	84	86	76	45	61	57
Фронт окклюзии	4	4	10	9	3	13	3	6	4	18	27	21
Антициклоны без фронтов	4	3	0	13	8	5	5	2	2	1	-	-
Циклоны без фронтов	2	7	2	11	3	3	-	2	2	3	4	5
Прочие	1	3	1	12	10	12	8	2	2	18	5	2

В области антициклонов и гребней и в малоградиентных областях условия погоды К 200;2 и К 300; 4 наиболее часто формируются в апреле и мае месяцах.

В этих барических полях, когда температура моря и суши выравнивается, над морем формируются обширные по площади зоны низкой облачности и туманов, которые выносятся на побережье.

В зоне холодного фронта создаются наиболее сложные условия для полетов.

Приближение холодного фронта к побережью вызывает вынужденный подъем воздуха по наветренным склонам и осадки, вызывающие иногда ухудшение видимости до 2-4 км. Нижняя граница облаков при этом, как правило, высокая.

Прохождение холодного фронта и связанная с ним адвекция холода как у земли, так и на высотах, приводит к формированию мощной облачности, верхняя граница которой зачастую распространяется до 9-10 км. Выпадение осадков продолжается, образуются разорванно-дождевые облака с нижней

границей до 200-300 м.

Горы Кавказского хребта препятствуют свободному переваливанию воздуха, а направление береговой черты служит как бы дополнительным фактором для образования мелких циклонических вихрей. Поэтому холодные фронты, связанные с циклонами, сместившимися на районы Черноморского побережья Кавказа с запада или юго-запада, обычно с волнами, и периоды с нелетными условиями погоды чередуются с более благоприятными для полетов.

Холодный фронт может оказывать свое влияние на условия погоды на побережье в течение нескольких дней, пока на высотах продолжается адвекция холода.

В термобарическом поле отчетливо видна ложбина или замкнутый очаг холода, распространяющийся с северо-запада или запада. В передней части развивающегося после прохождения холодного фронта гребня или антициклона могут сохраняться кратковременно нелетные условия погоды. Эти процессы характерны для зимнего периода и ранней весны [11,с.174].

3 Способы обеспечения инструментальных измерений метеорологической дальности видимости

3.1 Сущность и особенности метеорологического обеспечения полетов в аэропорту Сочи

Для измерения количественных характеристик минимумов с 2005 г. и в данное время в аэропорту Сочи применяются ФИ-3 и ДВО-2.

Измеритель дальности видимости ФИ-3 предназначен для непрерывных дистанционных измерений прозрачности атмосферы с целью определения метеорологической дальности видимости (МОД) на аэродроме при метеообеспечении взлета и посадки воздушных судов. Измерения могут проводиться в любое время суток. Измеритель может быть использован автономно или в составе автоматических метеорологических станций.

Диапазон определения МОД при измерительной базе $(100,0 \pm 0,5)$ м – 60-8000 м. Все математические зависимости между различными параметрами, характеризующими оптическое состояние атмосферы, определяются законом Бугера-Ламберта [6, с. 125]

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-\alpha l}, \quad (3.1)$$

где Φ_0 - величина начального светового потока;

Φ - величина светового потока, ослабленного слоем атмосферы;

l - длина пути светового луча в атмосфере;

α - показатель ослабления;

e - основание натурального логарифма ($e = 2,71828...$).

Отношение световых потоков $\frac{\hat{\Phi}}{\hat{\Phi}_0}$ - определяет величину коэффициента пропускания слоя атмосферы, τ , толщиной l :

$$\tau = \frac{\Phi}{\Phi_0} = e^{-\alpha l}, \quad (3.2)$$

Измеритель определяет значение коэффициента пропускания слоя атмосферы τ . МОД рассчитывается по измеренному значению τ .

При определении МОД по показаниям приборов используется формула Кошмидера, получаемая путем преобразований из формулы (3.3).

$$S_M = \frac{\ln \frac{1}{\varepsilon}}{\ln \frac{1}{\tau}} \cdot l, \quad (3.3)$$

где S_M – МОД; ε – контрастная чувствительности глаза.

Международная организация гражданской авиации ИКАО в 1973 г. рекомендовала всем странам - участницам ИКАО использовать для расчета МОД при обеспечении взлета и посадки самолетов нормированное значение s , равное 0,05.

При $s = 0,05$ (S_M, m), определяется по формуле

$$S_M = \frac{\ln \frac{1}{0,05}}{\ln \frac{1}{\tau}} \cdot l = \frac{\ln 20}{\ln \frac{1}{\tau}} \cdot l. \quad (3.4)$$

Данная формула положена в основу расчёта МОД.

Датчик высоты облаков ДВО-2 предназначен для дистанционного измерения высоты облаков над местом установки передатчика и приемника. Измерение производится путем определения времени прохождения светового импульса от излучателя (передатчика) до нижней границы облака и обратно, преобразования полученного интервала времени в цифровой код, обработки результатов измерения и передачи информации в линию связи.

Датчик может работать автономно (с блоком измерительным БИМК ДВО-2), в комплекте с дистанционным пультом ПДМК, в составе автоматических метеорологических станций.

Принцип работы датчика основан на измерении времени прохождения светового импульса от излучателя (передатчика) до нижней границы облака и обратно до приёмника.

Полученный временной интервал преобразуется далее в цифровой код и в значение высоты НГО, выводится на индикатор, передается по линии связи на дистанционный пульт, или автоматическую метеостанцию. Высота НГО вычисляется по формуле 3.5

$$H = \frac{C \times T}{2} = 1,5 \times 10^8 \times T, \quad (3.5)$$

где Н - в метрах; Т - в секундах.

Датчик осуществляет автоматическую обработку результатов измерений - определяет скользящее среднее значение ВНГО по 16 измерениям, логическую обработку - исключает случаи кратковременного (1...5 с) пропадания отраженных от облаков сигналов (разрывы в облаках) и выдает сигналы отсутствия облаков, если из 16 измерений не набирается 8 значащих. Датчик исключает также кратковременные ложные сигналы отражения («местники») при практическом отсутствии облаков или наличии облаков выше уровня измерения.

При отсутствии облачности в течение времени, превышающего 5 минут, датчик переходит в ресурсосберегающий режим измерения, при котором частота вспышек импульсной лампы уменьшается, и устанавливается один раз в 5 секунд.

Это способствует увеличению срока службы импульсной лампы. При первом же измеренном значащем значении ВНГО осуществляется возврат в режим работы с частотой вспышек один раз в 1,3 с.

Метеорологическое обеспечение выполняется в соответствии с требованиями НМО ГА-95, средняя оправдываемость прогнозов по аэродрому составляет 95%. Штат АМСГ укомплектован полностью, рабочие места

оборудованы ПК «ГИС МЕТЕО», АРМК «Метеоячейка», ПАК «Unimas».

Радиометеорологическая информация в автоматическом режиме поступает в СКЦ АЛТЧД

Все метеорологическое оборудование прошло ежегодную метеорологическую поверку.

При возникновении на АСБ Сочи определенных погодных условий, наблюдатели АМСГ проводят специальные наблюдения. Информация о возникновении, усилении, окончании опасного метеоявления (штормовое оповещение) первоначально доводится по ГТС на диспетчерские пункты СДП, ДПП, ДПК, МДП. Для доведения результатов этих наблюдений на рабочие места СФ ГУДП «КАН» выпускается специальная сводка «А.ТИС спец». Сводка «АТИС спец» (штормовое оповещение) на аэродроме Сочи выпускается в следующих случаях:

а) при усилении максимальной скорости ветра до значений, превышающих установленные предельные величины, с учетом направления;

б) при ухудшении видимости до значений:

-9000м, 8000м, 7000м-при визуальном заходе на посадку;

-5000м-при наличии полетов вертолетов;

-3000м, 2500м, 2000м, 1500м, 1000м, 600м, 400м, 350м, 300м, 250м;

в) при достижении или превышении значений дальности видимости на ВПП до 125м, 150м;

г) в случае начала, прекращения или изменения интенсивности любого из следующих явлений:

-переохлажденные осадки; -замерзающий туман;

-умеренные / видимость 1000-2000м / или сильные / видимость

менее 1000м / осадки, включая ливни; -снежный покров, общая метель;

-гроза /с осадками или без осадков /;

-шквал; -смерч;

д) высота нижней границы облаков, начиная с протяженности BKN,OVC достигает или переходит через значения :

-450м-при наличии полетов вертолетов;
-500м,450м,400м, 350м-при выполнении визуальных заходов на посадку;

-300м, 270м-при работе только с ОПРС; -220м, 200м, 170м, 150м, 100м; -60м, 30м, 20м;

-наличием в секторе с азимутами 20-60гр облачности нижнего яруса высотой равной или менее 600м количеством FEW /1-2 окт./ с указанием направления, в котором она наблюдается;

е) небо затуманивается, вертикальная видимость достигает или превышает 220, 200, 170м , 150м, 60м, 30м, 20м .

Результаты радиометеорологических наблюдений в режиме «Шторм» (при наличии в радиусе 100км облачности с сильными ливневыми осадками, грозовыми, градовыми очагами, шквалами) доводятся по ГТС на рабочие места диспетчеров ДПП, ДПК, МДП (КСА ОВД «Синтез») оператором МРЛ-5 немедленно после проведения наблюдений. Бланк с результатами этих наблюдений, полученный на абонентский пункт АМПК «Метеоячейка», доводится синоптиком.

3.2 Совершенствование приборного обеспечения минимумов погоды

В настоящее время в 2010 году на АМСГ Сочи производится установка самых современных приборов для измерения различных метеоэлементов в том числе нижней границы облаков и метеорологической оптической дальности. Это приборы финской фирмы Vaisala трансмиссиометр LT31 и облакомер CL31. Трансмиссометр LT31 – это новый прибор определения RVR. К его основным преимуществам относятся:

- Однобазовое измерение MOR в диапазоне 10...10 000 м
- Современный светодиод белого света
- Автоматическое выравнивание и контроль качества выравнивания
- Автоматическая калибровка

- Постоянный контроль загрязнения окна
- Обдув для уменьшения загрязнения окна во время осадков
- Сложная всесторонняя самодиагностика
- Нет наружных двигающихся деталей
- Встроенная батарея резервного питания
- Отвечает требованиям ИКАО и ВМО
- Прошел десятилетние испытания в полевых условиях

Совместим с трансмиссометром MITRAS фирмы Vaisala и KOPOGRAPH II Flamingo.

Точное и надежное определение дальности видимости на ВПП (RVR) уменьшает время посадки и повышает ее безопасность. Трансмиссометр LT31 фирмы Vaisala - испытанный прибор для измерения дальности видимости на ВПП. Он непрерывно передает точную информацию о видимости.

Трансмиссометр LT31 фирмы Vaisala точно и надежно производит автоматические измерения дальности видимости на ВПП (RVR). Диапазон измерения метеорологической оптической дальности (MOR) составляет от 10 до 10000 метров, что охватывает весь диапазон определения RVR для всех категорий (CAT I...CAT IIIb) (в соответствии с требованиями ИКАО). Весь диапазон измерений MOR обеспечивается однобазовой системой, которая упрощает процесс измерения и делает его более экономичным.

Необходимая точность определения RVR датчиком LT31 в диапазонах, соответствующих требованиям ИКАО и ВМО, достигается на одной измерительной базе благодаря запатентованной системе автокалибровки и встроенного устройства прямого рассеяния. Трансмиссометры известны как самые точные датчики для определения видимости в малом и среднем диапазоне. Достоинством датчика прямого рассеяния является то, что у него нет предела точности измерения видимости при больших ее значениях.

В приборе LT31 в качестве источника света используется белый светодиод. Современные светодиоды -источники очень яркого и надежного света. Белый свет нужен для точного измерения коэффициента пропускания.

Источники света с узким спектром (например, лазеры и цветные светодиоды) становятся причиной появления ошибок в измерениях некоторых метеоявлений. Поэтому ВМО рекомендует применять в трансмиссометрах источник света с широким спектром (белым).

Калибровка трансмиссометров традиционно базируется на измерениях человеком. Для надежной и точной калибровки нужна очень высокая и стабильная видимость. Кроме того, для проведения калибровки нужен опытный и хорошо подготовленный персонал.

Запатентованный фирмой Vaisala метод автоматической калибровки трансмиссометров основан на интегрированном датчике прямого рассеяния (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 — Встроенный датчик прямого рассеяния

Благодаря реакции датчика рассеяния на ошибки его можно использовать как эталон при высоких значениях видимости для измерения коэффициента пропускания. Система автоматически обнаруживает сдвиг калибровки и соответственно настраивает датчик. Автоматическая калибровка может быть выполнена при любых погодных условиях.

Подходящие условия измерения трансмиссометр LT31 определяет автоматически. Кроме того, автоматическая калибровка компенсирует все небольшие и длительные изменения значения из-за загрязнения окна и

выравнивания.

Одним из главных источников ошибки при измерении коэффициента пропускания является отклонение выравнивания. Для проверки и настройки юстировки также нужен опытный обученный персонал.

Кроме того, этот процесс занимает много времени. В загруженном аэропорту трудно найти время даже для проверки выравнивания (юстировки).

Для сохранения точности измерений трансмиссометр LT31 фирмы Vaisala автоматически выполняет оптимизацию юстировки. Качество юстировки постоянно автоматически оценивается без участия человека. Точное автоматическое выравнивание позволяет также свободно обращаться с датчиком LT31 во время его установки.

Обычно попадание частиц осадков на окна приборов приводит к увеличению степени их загрязнения. Датчик LT31 имеет длинный узкий кожух для защиты окна от загрязнений, вызванных осадками (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 — Измерения видимости производятся через V-образное окно с поправкой на загрязненность

Все движущиеся части датчика размещены внутри корпуса и защищены

от любых воздействий погоды. Оптическая камера также герметично защищена. Это повышает защиту от воздействий окружающей среды и обеспечивает хорошую прочность. Для защиты прибора от осадков и пыли, задуваемых ветром, он снабжен мощным вентилятором.

Вентилятор создает воздушную завесу перед окном прибора, которая предохраняет его от загрязнений. Воздушная струя подается так, что не нарушает измерения и не вносит погрешностей, как это было при старых вентиляторах.

Кроме того, подогрев окна и кожуха обеспечивает дополнительную защиту от неблагоприятных погодных условий.

Загрязненность окна трансмиссометра представляет собой значительный источник погрешности измерений. Для поддержания высокой точности измерения требуется частая очистка.

Однако, влияние загрязненности окна автоматически компенсируется. В датчике LT31 загрязненность компенсируется самым точным способом - путем измерения коэффициента пропускания окна непосредственно через стекло.

Датчик LT31 обладает сложными средствами самодиагностики, которые выдают подробные сведения о состоянии всех функциональных блоков прибора.

Прибор контролирует надежность измерений, внутренние параметры и выдает пользователю предупреждения и данные о состоянии. Кроме того, самодиагностика помогает определить место технической неисправности. Прибор регистрирует поток сообщений об особых ситуациях при эксплуатации, а также предупреждения и аварийные сигналы.

Датчик LT31 может быть снабжен встроенной резервной батареей, обеспечивающей питание на какой-то период времени.

Благодаря этому данные поступают непрерывно в период кратковременного отключения электроэнергии, например до включения резервного генератора.

Дополнительный датчик LM21 измеряет уровень окружающей

освещенности или фоновую освещенность.

Измеритель фоновой освещенности (рисунок 3.3) используется для измерения яркости фона, на котором пилот видит огни ВПП или ее разметку для определения RVR.



Рисунок 3.3 — Датчик фоновой освещенности LM21

В таблице 3.1 представлены сравнительные характеристики приборов.

Таблица 3.1 - Сравнительные рабочие характеристики приборов для измерения метеорологической оптической дальности

Прибор	Диапазон измерения МОД 60-8000 м.	Возможность дистанционных измерений и работы в составе АМИС	Автоматическое выравнивание и контроль качества выравнивания	Автоматическая калибровка	Контроль загрязнения окна и обдув окна	Всесторонняя самодиагностика
ФИ-3	+	+	-	-	-	-
LT31	+	+	+	+	+	+

В результате анализа рабочих характеристик приборов для измерения МОД приборами ФИ-3 и LT31 следует отметить, что последний предпочтительней, вследствие большей точности измерений, надежности,

простоты обслуживания и эксплуатации (автоматическая юстировка и калибровка, контроль за загрязнением и обдув измерительных окон, всесторонняя самодиагностика, обеспечивающая быстрый и эффективный поиск неисправностей).

Облакомер CL31 фирмы Vaisala представляет собой компактный и легковесный прибор для измерения высоты нижней границы облаков и вертикальной видимости (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 — Облакомер CL31 фирмы Vaisala

Он одновременно обнаруживает три слоя облачности. Облакомер CL31 использует технологию импульсно-диодного лазера LIDAR (лазерное обнаружение и измерение дальности).

Передовая однолинзовая технология, используемая в CL31, обеспечивает хорошие рабочие характеристики прибора фактически с нулевой отметки

высоты. Это объясняется сильным и стабильным сигналом во всем диапазоне измерений. Однолинзовая технология надежно работает в условиях выпадения осадков, низкой облачности и наземных теневых эффектов, представляющих собой наиболее критические явления с точки зрения авиационной безопасности.

Измерительный цикл облакомера CL31 подвержен настройке, что обеспечивает гибкость в различных случаях применения. Кроме того, быстрые измерения помогают обнаруживать тонкие разорванные облака под слоем плотной облачности.

Облакомер CL31 предоставляет полный профиль отраженного сигнала для визуализации данных и исследовательских нужд.

Луч прибора CL31 может направляться вертикально или под углом. Функция углового наклона в сочетании с новейшей оптикой обеспечивает улучшенные характеристики во время выпадения атмосферных осадков за счет улучшения защиты, обеспечиваемой кожухом.

В измерительном блоке датчик угла наклона автоматически корректирует измеренное расстояние до облака, преобразуя его в величину вертикального расстояния до нижней границы облака.

Облакомер CL31- это полностью автоматизированный прибор. Помимо данных о высоте облака, выдаваемые им сообщения содержат информацию о состоянии прибора на базе процедур всесторонней самодиагностики.

В случае нарушений в работе диагностика помогает пользователям найти поврежденный модуль. Прибор CL31 имеет практичную модульную конструкцию и оборудован дверцей быстрого доступа, обеспечивающей быстрое обслуживание и хорошую доступность данных.

Облакомер CL31 отличается простотой установки. Он имеет противорадиационный кожух, защищающий его от осадков, а также от избыточного тепла или холода в условиях экстремальных температур. Автоматический обдув окошка с обогревом улучшают эксплуатационные характеристики за счет поддержания окошка в сухом и чистом состоянии. В

холодных условиях обогрев стекла исключает его заиндевание.

Модульная конструкция, обеспечивающая простоту установки и техобслуживания. Быстрые измерения позволяют обнаруживать тонкие слои облаков, находящихся под нижней границей сплошной облачности (таблица 3.2).

Таблица 3.2 — Сравнительные рабочие характеристики приборов для измерения нижней границы облачности

Прибор	Возможность измерения высоты облаков в диапазоне 15-2000м.	Диапазон измерения облаков 0-7500м.	Возможность дистанционных измерений	Возможность работы в составе АМИС	Возможность измерения до 3-х слоев облачности	Экстенсивная самодиагностика
ИВО-1М	+	-	-	-	-	-
ДВО-2	+	-	+	+	-	-
CL31	+	+	+	+	+	+

Проанализировав особенности инструментального измерения высоты нижней границы облаков приборами ИВО-1М, ДВО-2, CL31 можно сделать вывод, что ИВО-1М непригоден для работы на современном АМСГ вследствие несовместимости с АМИС-РФ, и отсутствия режима непрерывного измерения высоты НГО. Из оставшихся приборов CL31 предпочтительнее ДВО-2 из-за большей точности измерений, надежности, простоты обслуживания и эксплуатации (отсутствует необходимость накрывать приемник и передатчик ДВО-2 матерчатыми чехлами в солнечные дни, имеется функция самодиагностики, обеспечивающей быстрый поиск неисправного блока и в результате его замены или ремонта оперативное возвращение прибора в рабочий режим).

Таким образом совокупное измерение характеристик метеоминимумов дают наиболее полную картину сложности погодных условий для экипажа ВС.

Одна из существенных проблем метеорологического обеспечения полетов

— своевременное оповещение и предупреждение об опасных для полетов метеорологических явлениях, в том числе и имеющих локальный кратковременный характер. Для этого еще в 30-х годах прошлого столетия была применена система оповещения об опасных метеорологических явлениях со станций, расположенных вокруг аэродрома. Эта система оказалась действенной и постепенно получила всеобщее распространение. Система штормовых оповещений регламентирована. Она представляет собой важную часть метеорологического обеспечения безопасности полетов. На основе штормовых оповещений получило развитие и штормовое предупреждение. В настоящее время значение штормовых оповещений и предупреждений еще более возросло.

Для оповещения вокруг каждой АМСГ создается штормовое кольцо. Региональные УГМС привлекают к подаче сведений об опасных для авиации явлениях погоды метеостанции различного назначения (авиационные метеостанции, метеостанции общего назначения, метеорологические посты и т.д.).

Обычно для создания штормового кольца привлекаются метеостанции, расположенные не ближе, чем 20 км от аэродрома и не дальше, чем 200 км. Эти расстояния обусловлены тем, что при средней скорости смещения барических образований и атмосферных фронтов, равной 30 км/ч, опасное явление погоды «пройдет» 20 км быстрее, чем о нем на АМСГ придет телеграмма, а пока явление смещается на 200 км, то за счет даже только суточного хода, погода может настолько измениться, что информация 6-7-часовой давности окажется нерепрезентативной.

В целом выбор метеостанций, привлекаемых к передаче штормовой информации производится с учетом густоты метеорологической сети, своеобразия географического положения аэродромов, средств связи и преобладающих атмосферных процессов.

Для штормового оповещения АМСГ Сочи организовано штормовое кольцо. Оно состоит из метеостанций в Белореченской, Горячем ключе, Гойтхе, Майкопе, Лабинске, Псебае, Аигбе, Анапе, Крымске, Геленджике, Абрау-

Дюрсо, Новороссийске, Джугбе, Туапсе.

Следовательно, оповещается северная часть штормового кольца, а южная его половина находится на неосвещенной территории Черного моря и побережья Абхазии.

Таким образом, важно отметить, что для своевременного оповещения и предупреждения об опасных для полетов метеоусловий необходимо организовать передачу штормовой информации от метеостанций в Гудауте и Сухуми. Для оценки сложности метеоусловий в районах моря необходимо использовать судно погоды и/или проводить разведку погоды.

К средствам разведки погоды следует отнести средства радиотехнической и воздушной разведки.

Радиотехническая разведка проводится с помощью различных радиолокационных станций. Основными объектами наблюдений являются облака вертикального развития (мощные кучевые и кучево-дождевые), ливни и грозы. Специальные метеорологические локаторы (МРЛ), кроме того, дают возможность наблюдать за облаками всех других ярусов, различать зоны осадков определенной интенсивности, определять вертикальную структуру облачности в ближней зоне и т.д.

К средствам воздушной разведки относятся воздушные суда без пассажиров на борту, которые в сложной и неустойчивой метеорологической обстановке могут выполнять специальные полеты для оценки метеорологических условий. Эти полеты проводятся по решению командира авиационного отряда.

Воздушная разведка позволяет определить вертикальную структуру облачности, видимость в облаках, наличие опасных для авиации явлений погоды и т.д. К участию в полетах на воздушную разведку могут привлекаться синоптики АМСГ, если они имеют на это специальное разрешение.

Воздушная разведка в гражданской авиации проводится сравнительно редко — это «дорогое удовольствие». Намного чаще информацию о погоде, о наличии опасных явлений и их влиянии на взлет, полет и посадку передают

экипажи взлетающих или пролетающих воздушных судов, а также ВС, заходящих на посадку.

Метеорологическая космическая система позволяет получить большой объем информации, необходимой для обеспечения гражданской авиации. Наблюдения с помощью ИСЗ принимаются на наземных автономных пунктах приема информации и передаются синоптикам для анализа. В малоосвещенных районах для оценки погодных условий данные ИСЗ оказывают неоценимую помощь.

Различные виды метеорологической информации, полученные от различных источников, в значительной мере дополняют друг друга и в конечном счете помогают успешно решать задачи по метеорологическому обеспечению гражданской авиации.

Обобщив вышесказанное, важно отметить, что для выявления погодных условий при метеоминимумах наиболее пригодны и точны оценки специалистов с судна погоды и с воздушной разведки так как ни радиотехническая разведка ни ИСЗ не в состоянии точно измерить высоту нижней границы облаков и видимость в облаках.

Заключение

Особенность аэропорта Сочи заключается в его месторасположении. Так как с запада, северо-запада, северо-востока, востока, юго-востока аэродром окружают гряда холмов, возвышенностей и горных хребтов Большого Кавказа, то подходы к аэродрому открыты только с юга и юго-запада, со стороны моря. Посадка осуществляется только с одним курсом: 59° на ВПП 1 и 23° на ВПП 2. Взлёт также осуществляется с одним курсом для каждой полосы 239° и 203° соответственно.

Этой особенностью расположения объясняется завышенные, по сравнению со средними, значения минимумов аэродрома для посадки: 170X2500 на ВПП 1 и 200X2500 на ВПП 2, что примерно вдвое превышает минимумы аэродрома для посадки на равных по классу, но равнинных аэродромах.

Выводы:

1. В годовом ходе более сложные погодные условия установлены в период с февраля по май с максимумом различной степени сложности в апреле. Второй максимум или увеличенная повторяемость, отмечается в феврале, главным образом, за счет частоты ухудшения видимости в смешанных осадках или в снеге.

2. В холодное время года, район аэропорта преимущественно находится в циклоническом поле, поэтому наихудшие условия погоды зарегистрированы в зоне холодного фронта. Они сопровождаются в преобладающем большинстве случаев ветрами восточной четверти в январе (54%), в феврале (64%), в марте (34%), в апреле (39%) и в мае (39%), со скоростями до 5 м/сек. В марте заметно возрастает повторяемость плохой погоды с ветрами западной четверти (42%).

3. В весенние месяцы, особенно апреле и мае, большую роль в ухудшении погоды играет формирование и вынос низкой облачности и тумана на побережье с Черного моря вследствие выравнивания средних температур

морской воды и воздуха.

4. Из синоптико-статистических методов прогноза высоты нижней границы облачности в аэропорту Сочи важнейшие метеовеличины — температуры поверхности моря, температуры воздуха и температуры точки росы. Физическую основу прогноза высоты нижней границы облачности по методу АМСГ Сочи составляет графоаналитический способ прогнозирования НГО.

5. Анализ особенности инструментального измерения высоты нижней границы облаков и метеорологической оптической дальности необходимо отметить явные преимущества приборов LT31 и CL31 перед ДВО-2 и ФИ-3 в части технических и эксплуатационных характеристик.

6. Необходимо организовать дополнительные пункты штормового оповещения с неосвещенных территорий побережья Абхазии и Черного моря с помощью метеостанций Гудаута и Сухуми. Для оценки сложности метеоусловий в районе моря использовать судно погоды или проводить воздушную разведку с синоптиком АМСГ.

Список использованной литературы

1. Астапенко, П.Д., Баранов, А.М., Шварев, И.М. Авиационная метеорология. - М.: Транспорт, 1985. - 262 с.
2. Баранов, А.М. Облака и безопасность полетов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. - 232 с.
3. Богаткин, О.Г., Авиационная метеорология. - СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. - 328 с.
4. Богаткин, О.Г., Тараканов, Г.Г. Авиационные прогнозы погоды. - СПб.: 2007. - 270 с.
5. Богаткин, О.Г., Еникеева, В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. - Л.: Гидрометеоиздат, 1992. - 272 с.
6. Богаткин, О.Г., Говердовский, В.Ф., Еникеева, В.Д. Практикум по авиационной метеорологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 184 с.
7. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 616 с.
8. Гаврилов, В.А. Видимость в атмосфере. - Л.: Гидрометеоиздат, 1966. - 324 с.
9. Ермакова, А.И. Метеорологическое обеспечение международных полетов. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 152 с.
10. Зверев, А.С. Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968. - 774 с.
11. Кобышева, Н.В., Наровлянский, Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации. - Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 296 с.
12. Котик, М.Г., Филиппов, В.В. Полет на предельных режимах. - М.: Воениздат, 1980. - 384 с.
13. Логвинов, К.Т. Динамическая метеорология. - Л.: Гидрометеоиздат, 1952. - 148 с.
14. Матвеев, Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - 752 с.

15. Маховер, З.М., Пеньков, А.П. Методические рекомендации для АМСГ (АМЦ) по выявлению местных климатических особенностей аэродромов. - М.: Гидрометеиздат, 1981. - 28 с.
16. Метеорологическое обеспечение полетов воздушных судов гражданской авиации. - Л.: ОЛАГА, 1980. - 80 с.
17. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА-95). - М.: Росгидромет, 1995. - 160 с.
18. Наставление по производству полетов гражданской авиации России (НПП ГА).
19. Особенности метеорологического обеспечения полетов на международных трассах/ЛГМИ. - Л., 1989. - 71 с.
20. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 702 с.
21. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 304 с.