



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Сложные метеорологические условия в районе аэродрома
Кольцово»

Исполнитель **Печенина Анастасия Сергеевна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Симакина Татьяна Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

« 8 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕННЫХ НАИМЕНОВАНИЙ.....	3
Введение	4
1 Сложные для авиации метеорологические условия	7
1.1 Минимумы погоды.....	7
1.2 Простые и сложные метеорологические условия.....	8
1.3 Влияние низкой облачности на авиаперелеты.....	10
1.4 Влияние ограниченной видимости на полеты авиации	13
1.5 Авиационно-климатическое описание и справки.....	16
2. Авиационно-климатическая характеристика района аэродрома Кольцово	17
2.1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АЭРОДРОМА КОЛЬЦОВО	17
2.2 Климатическое описание аэродрома Кольцово	19
3 Анализ многолетнего режима сложных метеорологических условий в районе аэродрома Кольцово в период с 2018 года по 2023 год	21
3.1 Анализ низкой облачности в районе аэродрома Кольцово	24
3.2 Анализ влияния ограниченной видимости в районе аэродрома Кольцово	35
3.3 Оценка многолетнего режима условий погоды различной степени сложности в районе аэродрома Кольцово	45
Заключение	49
Список используемых источников.....	52
Приложение А	54

Перечень сокращенных наименований

СМУ	-	Сложные метеорологические условия
ВС	-	Воздушное судно
ПМУ	-	Простые метеорологические условия
VFR	-	Visual Flight Rules (Визуальные правила полета)
IFR	-	Instrument Flight Rules (Полеты по приборам)
ВПП	-	Взлетно-посадочная полоса
МДВ	-	Метеорологическая дальность видимости
RVR	-	Runway Visual Range (видимость на ВПП)
ПВ	-	Полетная видимость
ВВ	-	Вертикальная видимость
НГО	-	Нижняя граница облаков
CFIT	-	Controlled Flight Into Terrain (опасность столкновения с землей)

Введение

В настоящее время наземное оборудование и оснащенные специальными системами воздушные суда позволяют выполнять полеты в различных метеорологических условиях, в том числе и в сложных.

За последние десятилетие (2015-2024 года) статистические данные ИКАО показывают снижение числа авиационных катастроф, связанных с погодными условиями. Это непосредственно связано с оптимизацией систем прогнозирования погоды, устройств навигации, обучением летного экипажа.

Военная и гражданская авиация могут иметь допуски для полетов в СМУ, однако современная авиация не подготовлена для некоторых явлений, непосредственно входящих в СМУ.

Исходя из некоторых данных ИКАО в 2016 году из 19 авиакатастроф в мире некоторая часть была связаны с СМУ. С 2019 года по 2023 год по данным Aviation Safety Network авиационные происшествия из-за погодных условий не переходили за 15-20% от общего числа. Главными сопутствующими причинами стали ухудшение видимости из-за туманов и низкая облачность (около 35%), сдвиг ветра (25%) и обледенение (20%).

В России происшествия в авиации происходили в основном в регионах с континентальным климатом (Сибирь, Урал). Угрозу представляли метели и грозы, из-за которых, соответственно, возникали проблемы с ограниченной видимостью и турбулентностью, низкой облачностью и вертикальным развитием облаков.

Кроме различных погодных факторов безопасность полетов в сложных метеоусловиях зависит от сочетания следующих критериев: типа ВС, оборудования аэродрома и подготовки экипажа. Минимумы погоды служат строгими ограничителями, а опасные явления (гроза, туман, обледенение) требуют особого внимания при планировании полета.

Поэтому в данной работе внимание уделено изучению повторяемости низкой облачности и ограниченной видимости, их сочетаниям, обуславливающим минимум аэродрома.

Актуальность исследования основывается на том, что анализ повторяемости и продолжительности погодных явлений, в основном, СМУ, в районе аэродромов является одним из основополагающих аспектов для повышения безопасности, исправности и экономичности полетов.

Объектом исследования служат сложные метеорологические условия, такие как низкая облачность и ограниченная видимость, которые непосредственно влияют на полеты воздушных судов.

Предметом исследования будет определяться климатическая оценка повторяемости и продолжительности сложных метеорологических условий.

Главной целью данной исследовательской работы является анализ режима опасных метеорологических условий для любого типа авиации, препятствующих безопасному полету, затрудняющих взлет и посадку воздушных судов в районе аэродрома Кольцово за период с 2018 года по 2023 год.

Для достижения поставленной цели при написании данной работы составлены нижеприведенные задачи:

1. Изучить синоптические процессы образования СМУ;
2. Оценить годовой ход и многолетний режим опасных для безопасности полета явлений;
3. Проанализировать повторяемость опасных метеорологических условий за исследуемый период;
4. Выявить тенденцию изменчивости сложных метеоусловий за разные периоды года.

Работа по структуре состоит из списка аббревиатур, введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе представлены определения простых и сложных метеорологических условий, минимумам погоды, описано влияние данных условий на полеты воздушных судов.

Во второй главе изложены физико-географическая и климатическая характеристика в районе исследуемого аэродрома, авиационно-климатические сводки и справки аэродромов.

В третьей главе составлен анализ и оценка многолетнего режима сложных метеорологических условий в районе аэродрома Кольцово в период с 2018 года по 2023 год.

В заключении приведены выводы по данной исследовательской работе.

Информационно-методической базой стали исследования и научные труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные изучению влияния синоптических процессов и атмосферных явлений на авиацию. А также архивные данные метеорологических элементов и явлений по аэродрому Кольцово.

1 Сложные для авиации метеорологические условия

Сложные метеорологические условия и минимум погоды являются критическими факторами, которые влияют на безопасность полетов воздушных судов.

1.1 Минимумы погоды

Минимумы погоды – это определенные критерии, которые имеют допустимые значения высоты нижней границы облаков (НГО) и видимости. Благодаря данным параметрам обеспечивается безопасность полета ВС. Минимумы устанавливаются для совершения действий на ВПП (взлет и посадка). Их значения зависят от типа воздушного судна; оснащения аэродрома соответствующими системами и приборами; уровня подготовки экипажа.

Выделяют следующие виды минимумов погоды:

1. Минимумы погоды для ВС – это минимальные метеорологические условия, при которых разрешены взлетно-посадочные операции, а также полет по приборам;
2. Минимумы погоды для аэродрома – это минимальные метеорологические условия, благодаря которым разрешены взлет, посадка и непосредственно заходы на посадку ВС;
3. Минимум экипажа – это минимальные метеорологические условия, при которых пилотам разрешены действия на ВПП в зависимости от их непосредственной квалификации, вида ВС и оснащения определенными системами и оборудования аэродрома.

1.2 Простые и сложные метеорологические условия

Простые метеорологические условия – это погодные условия, определенные значения высоты НГО и видимости, полёты при которых выполняются без существенных ограничений, преимущественно по визуальным правилам полётов (VFR – Visual Flight Rules), позволяющим пилотам ориентироваться по внешним видимым ориентирам.

Таблица 1.1 - Минимальные требования для VFR (по классам воздушного пространства)

Класс	Видимость	Отрыв от облаков
A, C, G	$\geq 5-8$ км	500 м по вертикали 1500 м по горизонтали
D, E	≥ 5 км	300 м по вертикали 1000 м по горизонтали

Основные критерии ПМУ основываются на следующих аспектах:

1. Видимость зависит от времени суток;
 - а) Днём:
 - В зоне аэродрома – ≥ 5 км (в России для ПМУ обычно $\geq 8-10$ км);
 - Вне зоны аэродрома – $\geq 5-10$ км (зависит от класса воздушного пространства).
 - б) Ночью: требуется ≥ 10 км (из-за сложности визуальной навигации).
2. Развитие облаков играет непосредственно важную роль:
 - а) Нижняя граница облаков ≥ 1500 м (для VFR);
 - б) Вертикальная облачность: отсутствие мощных кучево-дождевых (Cb) и слоисто-дождевых (Ns) облаков.
3. Безопасные пределы скорости ветра в м/с:
 - а) Взлёт/посадка – до 12–15 м/с (зависит от типа ВС).
 - б) Боковой ветер – до 8–10 м/с (для лёгких самолётов).
 - а) Отсутствие сдвига ветра (резкого изменения скорости и направления с высотой).

- б) Отсутствие опасных явлений, таких как: гроз, града, сильной турбулентности; обледенения (температура вне зоны 0°C...-20°C в облаках); пыльных бурь, дыма, пепла (вулканического).

Если хотя бы один параметр ухудшается, метеорологические условия переходят в сложные. В этом случае пилот обязан перейти на полёт по приборам (IFR) или отменить полёт.

Сложные метеорологические условия – это погодные условия, при которых дальнейшее выполнение полётов существенно затруднено или требует специальной подготовки, оборудования и допусков. Они характеризуются ухудшением видимости, низкой облачностью, наличием опасных явлений и другими факторами, влияющими на безопасность полётов.

Выделяют следующие основные критерии СМУ:

1. Видимость не превышает 2000 м (по российским нормам), но для малой авиации ≤ 1000 м;
2. Облачность:
 - а) Высота нижней границы облаков (ВНГО): ≤ 200 м;
 - б) Общее количество облаков: более 2 октантов;
3. Появление опасных метеорологических явлений таких как: кучево-дождевые облака (Cb) - вертикальная мощность до 7–9 км; осадки в виде града и грозы, турбулентность; обледенение. А также явления, ухудшающие видимость до критических значений (туман, метель, пыльные бури и прочее);
4. Сдвиг ветра (резкое изменение скорости и/или направления ветра с высотой);

1.3 Влияние низкой облачности на авиAPERелеты

Один из важных критериев, непосредственно оказывающих влияние на безопасность полетов ВС, низкая облачность и связанные с ней осадки и ограниченная видимость. Из многих исследовательских работ и анализов специалистов в сфере метеорологии, корректные своевременные прогнозы СМУ позволили бы снизить на 20–35% число авиационных нарушений вследствие неблагоприятных погодных условий.

В настоящее время используют данные аэродромных наблюдений в качестве действительных сведений о наличии низкой облачности и ее высоты. Эта информация сообщается в Гидрометцентр России в форме телеграммы в коде METAR. Далее отделе авиационной метеорологии осуществляется их декодирование и формируется база данных, отвечающая требованиям для компьютерной обработки.

В метеорологических сводках METAR атмосферная облачность классифицируется на следующие группы в зависимости от процентного покрытия небосвода:

- 1) Облачность менее 2 октантов (FEW – несколько);
- 2) Облачность от 3 до 4 октантов (SCT – разбросанные);
- 3) Облачность от 5 до 7 октантов (BKN – значительные);
- 4) Облачность 8 октантов (OVC – сплошная).

В телеграфных сводках METAR низкая облачность описывается как неконвективные облака с нижней границей ≤ 1500 метров, без детализации их формы.

Для авиационной деятельности особую значимость представляют случаи низкой облачности BKN и OVC.

В холодный период года, когда атмосферные условия способствуют повышенной влажности, частота формирования сплошной нижней облачности (8-10 баллов) возрастает в зимний и осенний сезоны по сравнению с летним и весенним. Однако в холодное время года как пасмурное, так и малооблачное

состояние атмосферы характеризуется большей устойчивостью во времени с летним сезоном.

Как уже было сказано, облачность оказывает достаточно значимое влияние на безопасность и условия полетов как гражданской, так и военной авиации. Она создает различные риски и ограничения. Ниже представлены ключевые аспекты влияния облачности на полеты воздушных судов:

1. Ухудшение видимости и навигации;

- а) Облака снижают видимость, что затрудняет визуальную ориентировку для пилотов, в особенности во время взлета и посадки. В подобных условиях пилотирование возможно только по приборам;
- б) Низкая облачность (например, слоистые облака (St)) часто сопровождается подоблачной дымкой, что дополнительно ухудшает видимость.

2. Опасные явления в кучево-дождевой облачности;

- а) В облаках, особенно кучево-дождевых (Cb), возникают сильные восходящие и нисходящие потоки воздуха, которые в свою очередь приводят к турбулентности ("болтанке"). Данное явление усложняет управление ВС и повышает риски как для пассажиров, так и для самого экипажа;
- б) Кучево-дождевые облака (Cb) связаны с грозами, ливнями, градом и обледенением. Полеты в таких облаках запрещены из-за высокой вероятности экстремальных условий.

3. Обледенение:

В облаках с переохлажденными каплями воды происходит обледенение конструкций самолета, его корпуса, ухудшая аэродинамику, и может привести к потере управления. Наиболее интенсивное обледенение наблюдается при температурах от 0°C до -10°C;

4. Электрическая активность и грозы;

- a) В кучево-дождевых облаках образуются молнии, которые могут повредить электронику самолета;
- b) Грозы также сопровождаются шквалами, сдвигами ветра и микро-порывами, что особенно опасно на малых высотах.

5. Ограничения для взлета и посадки;

- a) Низкая облачность (менее 200–500 м) и туманы могут сделать посадку невозможной, так как пилоты не видят взлетно-посадочную полосу (ВПП). Для таких случаев устанавливаются метеорологические минимумы, зависящие от типа ВС и оборудования аэродрома;
- b) Адвективные туманы (образующиеся при движении теплого воздуха над холодной поверхностью) особенно опасны, так как их плотность увеличивается с высотой, полностью закрывая обзор.

6. Влияние на маршруты полетов;

- a) Облака вертикального развития требуют изменения маршрута. Имеются рекомендации, по которым подобные воздушные массы следует обходить их на расстоянии не менее 10 км или лететь на 1000 м выше вершины облака;
- b) Слоистообразные облака менее опасны, но могут создавать зоны умеренной турбулентности и обледенения.

Облачность влияет на авиацию комплексно: от ухудшения видимости до возникновения экстремальных погодных явлений. Для минимизации рисков используются метеорологический мониторинг, системы предупреждения и строгие правила полетов. Пилоты и диспетчеры должны учитывать тип облаков, их высоту и связанные с ними опасности.

1.4 Влияние ограниченной видимости на полеты авиации

В авиации ограниченная видимость (ограниченная видимость для пилотов) — это условия, при которых видимость снижена настолько, что это затрудняет или делает невозможным безопасное выполнение полётов по Visual Flight Rules.

Выделяют некоторые основные причины ограниченной видимости:

- 1) Метеорологические явления, такие как туман, дымка, смог, осадки в виде дождя, снега, града, пыльные или песчаные бури, а также вулканический пепел;
- 2) Природные и техногенные факторы. К ним относятся лесные пожары или дым, а также промышленные выбросы;
- 3) Так же в причины ограниченной видимости можно отнести время суток, в которые проходят полеты, так как в ночное время, в условиях отсутствия освещения усложняет работу экипажа воздушного судна.

Видимость классифицируется по следующим пунктам:

- 1) Метеорологическая дальность видимости — это максимальное расстояние, на котором объект можно различить на фоне неба или дымки при дневном свете. В авиации этот параметр критически важен для безопасности полётов, особенно при взлёте, посадке и рулении;

Таблица 1.2 - Параметры ухудшения видимости и ее влияние на авиацию

Видимость (МДВ)	Категория	Влияние на авиацию
10 км и более	отличная	Нет ограничений для VRF/IFR
5-10 км	Хорошая	Обычные условия для VRF
1-5 км	Умеренная	Ограничения для VRF, переход на IFR
500-1000 м	Плохая	Только для IFR, возможны задержки
Менее 500 м	Очень плохая	Посадка только по CAT II/III, возможны отмены рейсов

- 2) Полетная видимость — то видимость, которую экипаж ВС наблюдает из кабины во время полета. Она может отличаться от МДВ и видимости на

взлетно-посадочной полосе (RVR), так как зависит от высоты, угла обзора, освещенности и прозрачности атмосферы.

- 3) Вертикальная видимость – это максимальное расстояние по вертикали, на котором пилот или наблюдатель может различить объекты (например, землю или облака) вверх или вниз от воздушного судна.

Ограниченная видимость очень сильно затрудняет работу экипажа ВС, напрямую влияя на безопасность полета. Из этого условия можно выдвинуть следующие критерии влияния ухудшения видимости на авиацию:

1. Затруднение визуальной навигации:

- a) Пилоты полагаются на визуальные ориентиры при взлёте, посадке и маневрировании. При плохой видимости возрастает зависимость от приборов (ИКБ, HUD, системы ILS);
- b) Вертолёты и малая авиация, где визуальный полёт (VFR) является основным, могут быть полностью ограничены в выполнении задач;

2. Увеличение нагрузки на экипаж и диспетчеров:

- a) Необходимость строгого следования приборам и процедурам IFR (полёт по приборам) требует высокой концентрации;
- b) Диспетчеры вынуждены увеличивать интервалы между самолётами, что снижает пропускную способность аэропортов;

3. Риск ошибочных решений и авиационных происшествий:

- a) Ошибки в интерпретации показаний приборов (например, пространственная дезориентация);
- b) Опасность столкновений с землёй (CFIT – Controlled Flight Into Terrain) или другими воздушными судами;
- c) Сложности при заходе на посадку, особенно в аэропортах без точных систем наведения (категории II/III ILS);

4. Задержки и отмены рейсов:

При видимости ниже минимумов аэродрома (RVR – Runway Visual Range) рейсы задерживаются или переносятся, что невыгодно для авиакомпаний и влияет на безопасность экипажа;

5. Технические ограничения:

- a) Даже современные системы (EGPWS, автопосадка) могут быть неэффективны при экстремально низкой видимости;
- b) Лазерные и инфракрасные системы (например, EVS – Enhanced Vision Systems) помогают, но не всегда доступны.

Из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что ограниченная видимость непосредственно влияет на работу аэродромов, экипажей ВС, но современные технологии и определенные правила, и уставы минимизируют её влияние на безопасность полётов.

1.5 Авиационно-климатическое описание и справки

Авиационно-климатическое описание предназначено для изучения местных особенностей климата и учёта их при планировании полётов и проведении других мероприятий. Обычно такое описание включает следующие разделы:

1) Краткая физико-географическая характеристика:

Приводятся сведения о рельефе, гидрографии, растительности, почвах и их влиянии на формирование местных условий погоды и климата, астрономические данные, проходимость местности, влияние промышленных предприятий на состояние погоды.

2) Авиационно-климатическая характеристика:

Включает данные о метеорологических элементах и явлениях погоды, о метеоусловиях различной степени сложности по месяцам.

3) Синоптико-климатическая характеристика:

Содержит описание особенностей атмосферной циркуляции и климата по сезонам.

4) Оценка летно-метеорологических условий:

Производится применительно к задачам боевой подготовки и боевого применения авиации, базирующейся в данном районе.

Авиационно-климатические справки составляются на основе климатических описаний и состоят из текстовой и графической частей. Текстовая часть справки представляет собой краткую пояснительную записку к графической. Графическая часть справки содержит данные о распределении летно-метеорологических условий за каждый месяц.

Назначение авиационно-климатической справки — дать быстрый и чёткий ответ на возникшие вопросы, связанные с учётом или использованием климатических особенностей в данном месте в течение определённого периода времени. Обычно такие справки составляются на месяц или сезон для района аэропорта или участка авиатрассы.

2. Авиационно-климатическая характеристика района аэродрома Кольцово

Климат Среднего Урала - континентальный, что связано с большой удаленностью от морей и океанов. Зимнее время года достаточно продолжительное, снежное, лето в свою очередь комфортное, теплое. Суточный ход температуры хорошо выражен. Характерной чертой района является резкое уменьшение годового количества осадков по сравнению западными предгорьями Урала.

2.1 Физико-географическое описание аэродрома Кольцово

Аэропорт Кольцово расположен примерно в 20 км к юго-востоку от центра Екатеринбурга на высоте 234 м над уровнем моря, на восточном склоне Уральских гор, на границе Европы и Азии. Географические координаты аэропорта: 56°45' северной широты и 60°48' восточной долготы. Высота над уровнем моря составляет 265 метров.

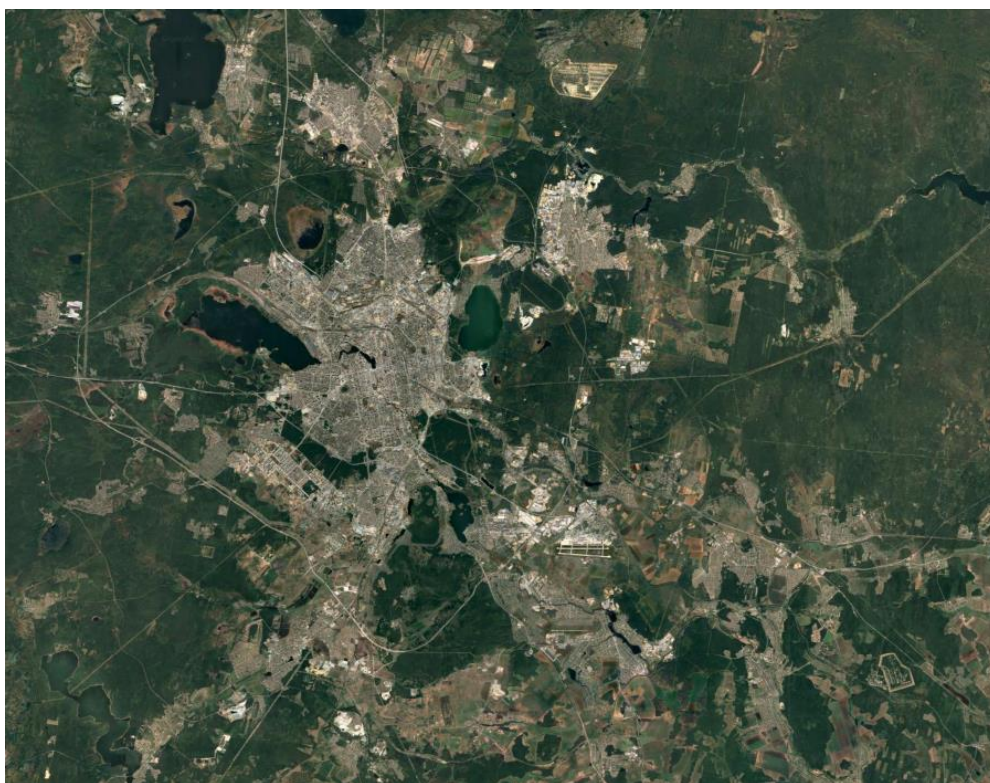


Рисунок 1 – Район аэродрома Кольцово, город Екатеринбург

Местность вблизи территории аэродрома представлена полого-холмистой равниной, которая характерна для Западно-Сибирской низменности.

Вблизи аэродрома протекает река Исеть, также имеются и другие расположения болот и озер. Влияние вод на микроклимат невелико.

Почвенный покров в районе аэродрома представлен в основе дерново-подзолистыми почвами.

Растительность вблизи аэродрома Кольцово характерная для таежной зоны (хвойные, смешанные леса).



Рисунок 2 – Аэродром Кольцово

Климат в районе аэродрома континентальный с ярко выраженной сезонностью. Зима продолжительная и холодная, средняя температура января составляет около $-16-18^{\circ}\text{C}$. Лето короткое и умеренно теплое, средняя температура июля составляет около $+18-20^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков составляет около 550 мм, большая часть которых выпадает в летний период.

Характерны резкие перепады температур, как в течение суток, так и в течение года. Нередки сильные ветры, особенно в зимний период. В зимнее время часто наблюдается образование туманов, гололеда и других неблагоприятных и опасных метеорологических явлений.

В целом, резюмируя, физико-географические условия района аэропорта Кольцово характеризуются континентальным климатом, полого-холмистым рельефом и наличием хвойных и смешанных лесов. Все вышеперечисленные условия необходимо учитывать при обеспечении безопасности полетов и эксплуатации аэродрома.

2.2 Климатическое описание аэродрома Кольцово

Климатические особенности в районе аэродрома Кольцово обуславливаются континентальным климатом, который формируется под воздействием различных барических образований. Например, Сибирский антициклон (создает устойчивые условия в холодное время года), Атлантический циклон (приносит на Урал большое количество осадков, в особенности в теплое время года), а также муссонные процессы и различные барические образования, приходящие с запада. Урал выступает в роли природного барьера, отделяя континентальный климат Западной Сибири и более влажный Европейской части России. Этот фактор создает разнообразие в установлении погодных условий в зависимости от времени года и географического положения.

Сезонность четко выражена. Зима холодная, самый морозный месяц – январь, температура которого около $-16-18^{\circ}\text{C}$, но при воздействии определенных циклонов и факторов, температура воздуха может понизиться до -40°C и ниже. Лето, наоборот, теплое, с самым жарким месяцем – июль, температура воздуха доходит до $+18-20^{\circ}\text{C}$, при малооблачной безветренной погоде может достигать выше $+38^{\circ}\text{C}$.

Заморозки характерны для весеннего и осеннего времени года.

В течение года преобладают ветры западного и северо-западного направления.

Среднегодовая влажность воздуха достаточно высокая – около 75%.

Большее количество осадков выпадает на летнее время, от годовой нормы около 79%. В холодный период осадки продолжительные, но слабые. Средняя высота снежного покрова может достигать 35-40 см. Число дней с осадками в среднем за год насчитывается около 160.

Из опасных явлений можно выделить метели в зимнее время, а также туманы, преимущественно наблюдаемые в холодное время года.

Подводя итог, можно подчеркнуть, что климат района аэродрома Кольцово характеризуется резкими сезонными изменениями, что требует тщательного метеорологического мониторинга для обеспечения безопасности полетов. Наибольшие сложности для работы как экипажа, так и специалистов метеорологов, производящих анализ прогнозов в районе аэродрома Кольцово создают зимние метели и летние грозы.

3 Анализ многолетнего режима сложных метеорологических условий в районе аэродрома Кольцово в период с 2018 года по 2023 год

Аэроклиматическое описание составлено на основании анализа ежечасных метеорологических наблюдений в районе аэродрома Кольцово за период 2018-2023 гг. При составлении общей климатической характеристики использовались значения метеорологических наблюдений по району аэродрома Кольцово. При отсутствии наблюдений по некоторым метеорологическим элементам были взяты данные метеорологических наблюдений по г. Екатеринбург, расположенному вблизи аэродрома Кольцово, имеющему полный ряд наблюдений за период 2018-2023 гг.

В данном разделе произведено сравнение температуры воздуха, опасных явлений рассматриваемого пятилетия с многолетней («нормой»).

Данные о скорости и направлении ветра не сравнивались вследствие разных методов определения этих элементов. При сравнении оказалось, что среднегодовая температура воздуха за пятилетие (2018-2023 г. г.) несколько выше многолетней («нормы»). Среднемесячная температура воздуха мая, июня за рассматриваемое пятилетие была выше нормы на 2°C. С другой стороны, температура воздуха в марте оказалась ниже многолетней («нормы») на 1,7°C.

Таблица 1 - Средние многолетние климатические данные по району аэродрома Кольцово

Средняя относительная влажность (%)													
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
84	79	76	65	60	64	69	74	76	78	83	84	74	
Среднее месячное и годовое количество осадков (мм)													
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
16	13	16	20	48	64	77	67	42	32	26	22	443	
Среднее годовое направление ветра (%)													
С		СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З	
10		6		5		12		11		15		28	
Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с)													
Высота флюгера 15 м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
	4,5	4,4	4,8	4,7	4,3	4	3,8	3,9	4,4	5,1	5,1	4,4	4,4
Среднее число ясных дней (по нижней облачности)													
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
9	9	10	10	8	7	7	7	7	5	5	7		

Продолжение таблицы 1

Среднее число пасмурных дней (по нижней облачности)											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
20	16	17	15	16	16	16	17	18	23	22	22

Таблица 2 - Сравнение пятилетних данных средней температуры воздуха (°C) за период 2018-2023 г.г. с многолетними данными по району аэродрома Кольцово

Месяцы	Аэродром Кольцово 2018-2023 гг.	Аэродром Кольцово 2010-2023 гг	Разность
I	-15,7	-16,2	-0,5
II	-14,2	-14,8	-0,6
III	-10	-8,3	-1,7
IV	2,3	2,4	-0,1
V	11,9	10	1,9
VI	17,5	15,3	2,2
VII	17,2	17,2	0
VIII	15,9	14,9	1
IX	8,4	9	-0,6
X	2,9	1,2	1,7
XI	-7,3	-7,3	0
XII	-13,7	-13,9	0,2
Год	1,3	0,8	0,5

Таблица 3 - Сравнение пятилетних данных по числу гроз за период 2018-2024 г. г. в районе аэродрома Кольцово с многолетними данными по г. Екатеринбург

Месяцы	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Год
Аэродром Кольцово 2018-2023 г.г.		4	12	10	6	2	34
Екатеринбург 1990-2017 г.г.	0,2	3	8	9	5	0,7	26
Разность	-0,2	1	4	1	1	1,3	8

Таблица 4 - Сравнение пятилетних данных по числу дней с гололедом за период 2018-2024 г. г. с многолетними данными районе аэродрома Кольцово

Месяцы	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Аэродром Кольцово 2018-2023 г.г.	1	0,4	2		0,4	1	1	6

Продолжение таблицы 4

Месяцы	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Аэродром Кольцово 2010-2018 г.г.	1	2	1	1	0,4	0,4	0,4	7
Разность	0	-1,6	1	-1	0	0,6	0,6	-1

Из таблиц 2-4 можно сделать следующие выводы:

1. На аэродроме Кольцово за рассматриваемое пятилетие наблюдалось в среднем за год 34 дня с грозами, тогда как многолетняя норма – 26 дней с грозами;

2. Среднегодовое количество гололедов за пятилетие – около 6, примерно такое же, как и по данным за период с 2010 по 2018 год.

Для более полного представления о климате в районе аэродрома Кольцово приведены таблицы некоторых основных метеоэлементов, которые не рассматривались и не сравнивались выше.

Многолетние данные приведены по городу Екатеринбург вследствие отсутствия длинного ряда наблюдений по району аэродрома Кольцово.

3.1 Анализ низкой облачности в районе аэродрома Кольцово

Низкая облачность высотой ниже 300 м создает определенные трудности для взлета и посадки воздушных судов.

Точное определение значения высоты низких облаков связано с некоторыми трудностями, так как нижнее основание не является ровной поверхностью, а все время колеблется за счет непрерывного образования и разрушения облаков.

Высота облаков определяется различными методами, такими как - потолочным прожектором, шаропилотным способом, импульсивным измерителем высоты, фарой, визуально. Отсюда следует, что точность определения низких облаков невелика и повторяемость градаций высоты отражает повторяемость определенного условного уровня, около которого колеблется нижняя кромка облачности.

В таблице 5 представлены все 8765 наблюдений за облачностью в течение года (некоторые наблюдения могут быть с некоторыми погрешностям приравнено одному часу).

Таблица 5 - Годовой ход облачности по градациям (число случаев)

Месяцы	Количество нижней облачности								Итого	Кол-во общей облачности		Всего случаев наблюдений
	<50 м	50-99	100-199	200-299	300-599	600-999	1000-2500	>2500		6-10	0-5	
I	2	1	1	7	52	88	62		212	301	231	744
II	5	3	10	14	72	66	43		213	258	2,5	676
III	1		3	3	30	80	52		169	263	312	744
IV	1	3	14	19	32	60	69		198	239	283	720
V	1	1	7	7	25	44	133		218	2268	258	744
VI	1	1	5	9	19	33	131		199	248	272	720
VII	1	6	15	21	34	39	159		275	231	238	744
VIII	3	2	18	29	44	41	118	1	256	221	267	744
IX	3	2	16	24	60	82	92		279	225	216	720
X	4	4	17	24	118	159	71		397	201	146	744
XI	3	3	17	30	159	127	38		377	179	164	720

Продолжение таблицы 5

Месяцы	Количество нижней облачности								Итого	Кол-во общей облачности		Всего случаев наблюдений
	<50м	50-99	100-199	200-299	300-599	600-999	1000-2500	>2500		6-10	0-5	
ХII	5	6	9	17	100	132	46		315	226	204	744
Год	30	32	132	204	745	951	1014	1	3109	2862	2794	8765

Из таблицы видно, что только 398 часов суммарно на аэродроме Кольцово наблюдалась облачность высотой ниже 300 м, что составляет 4,5%. В дальнейшем будет рассматриваться только низкая облачность высотой ниже 300 м. Так же из таблицы 5 следует, что повторяемость градаций низкой облачности до 300 м в течение года неравномерна. Облачность с высотой 50 м наблюдается редко и, в основном, с сентября по февраль с максимумов в феврале и декабре (5 случаев). В апреле только один случай за 5 лет, а в марте и с мая по июль – по одному случаю в месяц. Всего в году облачность данной градации наблюдается в 30 случаях, что составляет 8%. Повторяемость в году так же имеет облачность высотой 50-99 м – 32 случая (8%).

Облачность высотой 100-199 м составляет 33% (132 случая) и чаще наблюдается с июля по ноябрь. В январе облачность данной градации может и не встречаться (2 случая за 5 лет).

Подводя итог анализа таблицы годового хода облачности, хочется подчеркнуть, что в основном на аэродроме Кольцово преобладает облачность высотой 200-299 м (57% или 204 случая) и наблюдается зачастую с июля по ноябрь.

Рассмотрим годовой и суточный ход градаций низкой облачности. В таблице 6 представлен годовой ход повторяемости в процентах (%) градаций низкой облачности.

Таблица 6 - Годовой ход повторяемости (в %) высоты нижней границы облаков ниже 300м

Высота облачности/месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ниже 300 м	4	5,5	2	8	4	4,5	11	12	11	12,5	11	10
Ниже 200 м	1,8	3	1,5	3	2	1,8	3,3	5,9	4,5	6	5,5	5
Ниже 100 м	1	2,8	0,6	0,6	0,6	0,7	1,5	1,4	1,6	2,3	2	2,8
Ниже 50 м	1,8	1,5	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	1	0,8	1,2

Все случаи с низкой облачностью за год принимаются за 100%. Результаты каждой последующей градации представлены с нарастающим итогом. Это значит, что, если надо определить в процентах повторяемости верхнего предела высоты облаков данной градации вычесть величину повторяемости нижнего предела.

Например, для получения в процентах повторяемости высоты 100-200м в июле, следует в данном месяце значение градации ниже 200 м (3,3%) вычесть значение градации облаков ниже 100 м (1,5%), получим 1,8%. Это значит, что из всех 398 случаев низкой облачности в году в 1,8% случаев в июле наблюдается облачность 100-200 м.

В таблице А.1 представлен суточный ход высоты облаков ниже 300 м по месяцам. Части суток даны по местному времени. Каждая последующая кривая градация высоты от 50 м дана с нарастающим итогом. За март данных нет, так как в этом месяце облачность ниже 300 м практически не наблюдается (отмечен только 1 случай за месяц).

Максимум повторяемости низкой облачности в зимний период приходится на время около восхода Солнца, это обуславливается радиационным охлаждением приземного слоя воздуха. Минимум повторяемости с 11-12 часов до захода Солнца.

К лету максимум повторяемости низкой облачности перемещается на 2-3 часа к светлому времени суток от времени восхода Солнца. Это можно объяснить тем, что в ночное время за счет ослабления турбулентного обмена влага скапливается в приземном слое. С прогревом начинает развиваться турбулентность, начинается перенос скопившейся у земли влаги, и после 2-3 часов после восхода Солнца образуется низкая облачность. Минимум

повторяемости низкой облачности в летнее время приходится на 13-15 часов местного времени.

Рассмотрим непрерывную продолжительность высоты низких облаков. В таблице 7 дана повторяемость периодов со средней непрерывной продолжительностью высоты нижней границы облаков за период 2018-2023 г.г. Непрерывная продолжительность высоты низких облаков была подсчитана для высот ниже 50 м, ниже 100 м, ниже 200 м, ниже 300 м.

Таблица 7 - Число периодов с высотой облачности 300 м и ниже и их средняя непрерывная продолжительность (за период 2018-2023 г. г.)

Высота в метрах		Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ниже 50 м	Число периодов	5	9	2	1	3	3	3	7	5	7	8	14
	Средняя непрерыв.продолж.	2,2	3	3	1	1,7	2,3	2	2	2,8	2,7	1,9	1,9
Ниже 100м	Число периодов	7	15	3	11	7	6	17	15	8	16	14	21
	Средняя непрерыв.продолж.	2,3	2,8	2,3	1,5	1,7	2,3	2,1	1,7	2,9	2,4	2,2	2,8
Ниже 200м	Число периодов	8	26	5	27	15	18	29	39	33	31	32	33
	Средняя непрерыв.продолж.	2,2	3,8	4,4	3,1	3,1	4	3,1	4	4	4	3,6	3,1
Ниже 300м	Число периодов	19	45	13	37	24	19	54	55	44	62	51	44
	Средняя непрерыв.продолж.	3,1	3,8	2,9	5	3,4	4,5	4,1	5	4,5	4	5	4,5

Из вышеперечисленных данных в таблице 7 следует, что облачность высотой ниже 50 м имеет небольшую среднюю непрерывную продолжительность от 1 до 3 часов, число периодов по месяцам колеблется от 1 до 9, только в декабре 14 периодов. Наибольшая средняя непрерывная продолжительность приходится на облачность высотой ниже 200 и ниже 300 м и составляет от 3 до 5 часов. Число периодов по месяцам колеблется от 13 до 62.

Для получения числа случаев необходимо число периодов умножить на среднюю непрерывную продолжительность заданного предела высоты облаков.

Например, в январе месяце облачность высотой ниже 200 м отмечалась 8 раз (периодов) со средней непрерывной продолжительностью равной 2,2 часа. Произведение этих величин даст число случаев 17,6. Для получения среднего числа случаев за 5 лет нужно 17,6 разделить на 5 получим 3,5 случая.

Далее приведем повторяемость высоты облаков ниже 300 м при определенных направлениях и скоростях ветра. В таблицах 8-10 представлены данные годового хода повторяемости в % высоты нижней границы облаков при различных скоростях ветра.

Таблица 8 - Повторяемость (%) высоты нижней границы облаков ниже 100 м при различных скоростях ветра

Скорость ветра в м/с	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
00-02	39	67	28	53	40	57	57	60	69	50	22	40	31,0	50
3-5		17		47	50	21	43	36	31	45	32	30	19,6	32
6-7	23	4			10	15		4		5	17	10	4,2	7
8-11	38		28			7					29	14	4,8	7
12-15			15									6	1,2	2
16-20		12	19										1,4	2
Число случаев	2,6	8,4	1,4	3,4	2,4	2,8	7,0	5,0	4,6	7,6	6,2	10,8	62,2	100%

Таблица 9 - Повторяемость (%) высоты нижней границы облаков ниже 200 м при различных скоростях ветра

Скорость ветра в м/с	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
00-02	40	42	41	27	25	37	36	32	34	26	20	28	59,6	31
3-5	7	25	13	59	66	37	59	60	54	48	50	39	93,4	48

Продолжение таблицы 9

Скорость ветра в м/с	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
6-7	20	21	5	8	9	16	5	7	6	21	20	16	25,8	13
8-11	33	7	23	6		10		1	5	5	10	12	12,6	6
12-15			9									5	1,4	1
16-20		5	9										1,4	1
Число случаев	4,0	18,0	4,4	17,2	9,2	7,6	22,4	23,2	21,0	24,6	22,8	19,0	194,2	100%

Таблица 10 - Повторяемость (%) высоты нижней границы облаков ниже 300 м при различных скоростях ветра

Скорость ветра в м/с		00-02	3-5	6-7	8-11	12-15	16-20	Число случаев
Месяцы	I	3	40	19	9			10,2
	II	41	30	19	7	1	2	33,4
	III	34	25	8	23	5	5	7,2
	IV	29	49	11	11			35,8
	V	15	70	15				16,4
	VI	18	31	33	8			16,2
	VII	29	62	9				43,2
	VIII	21	55	19	3			51,8
	IX	24	49	10	10	7		44,8
	X	22	50	20	8			47,8
	XI	17	43	24	15	1		53,6
	XII	21	41	22	14	2		37,6
Год	Число случаев	97	191,4	73,4	33,2	1,6	1,4	398
	%	23	48	19	8	1	1	100%

Проанализировав таблицы 8-10, можно сделать вывод, что облачность высотой ниже 100 м в течение всего года бывает при ветрах от 0 до 5 м/с (чаще при 0-2 м/с), что составляет до 90-100 % и преобладает в апреле-мае, июне-октябре и в декабре.

С усилением ветра облачность несколько приподнимается. Следовательно, облачность высотой ниже 200 м и ниже 300 м чаще отмечается при ветре 3-5 м/с, но может наблюдаться и при скоростях до 12 м/с (15-20%).

В таблицах 8-10 так же представлены значения среднего годового числа случаев повторяемости облачности всех трех градаций.

Далее приведены таблицы 11-13, в которых представлены значения повторяемости (%) нижней границы облаков в зависимости от направления ветра.

Таблица 11 - Повторяемость (%) нижней границы облаков высотой 100 м при различных направлениях ветра

Направление ветра	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
С	16	3			34		26	26	12	4		2	5,4	9
СВ		15		24		7	20		4	8	42	6	7,2	12
В		27	14	6	16	21		9		6	15	10	5,6	9
ЮВ	38		28	24	8	14	6		4	15	15	14	9,2	15
Ю			43	6					8	25	19	14	6,2	1,
ЮЗ						14	3		4	8		4	1,6	2
З	8								26	4	3	4	2,2	3
СЗ				6	8		14	5	4		6	6	2,8	5
Штиль	38	55	15	34	34	44	31	60	38	30		40	22	35
Число случаев	2,6	8,4	1,4	3,4	2,4	2,8	7,0	5,0	4,6	7,6	6,2	10,8	62,2	100

Таблица 12 - Повторяемость (%) нижней границы облаков высотой 200 м при различных направлениях ветра

Направление ветра	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
С	13	7	18	10	22	9	40	32	13	10	1	1	28,8	14
СВ	13	11	36	28	7	21	14	11	13	11	29	7	29,6	16
В		24	18	10	18	19	6	5		14	9	10	19,2	10
ЮВ	34	31	9	23	7	19	3		22	20	17	35	34,2	18
Ю		3	14	12		4	1	1	9	23	30	18	22,2	11
ЮЗ		2		1			1	1	1	3		2	2,4	1
З	7	3		1	2		2	6	12	1	7	2	7,8	4
СЗ		5		2	15		13	24	12	7	7	7	16,8	9

Продолжение таблицы 12

Направление ветра	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
Штиль	33	14	5	13	29	28	20	20	18	11		22	33,2	17
Число случаев	4,0	18,0	4,4	17,2	9,2	7,6	22,4	23,2	21,0	24,6	22,8	19,8	194,2	100

Таблица 13 - Повторяемость (%) нижней границы облаков высотой 300 м при различных направлениях ветра

Направление ветра		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль	Число случаев
Месяцы	I	23	18	16	15	8		4	5	11	10,2
	II	12	11	22	22	5	2	2	6	18	33,4
	III	25	23	17	11	11		10		3	7,2
	IV	11	21	13	19	11	1	5	4	13	35,8
	V	23	10	20	10	3		4	11	19	16,4
	VI	29	22	12	9	3		2	10	13	16,2
	VII	36	16	5	5	4	1	3	17	13	43,2
	VIII	35	19	5	1	2	1	5	21	11	51,8
	IX	17	10		10	11	1	20	19	12	44,8
	X	10	10	15	17	18	10	5	9	6	47,8
	XI	3	16	8	19	22	1	17	11	3	53,6
	XII	3	6	12	36	20	2	4	3	14	37,6
Год	Число случаев	68	55,5	40	62,6	44,2	8,4	30,8	43,4	45	398
	%	17	14	10	16	11	2	8	11	11	100

Из приведенных выше таблиц 11-13 следует, что облачность высотой ниже 300 м наблюдается, в основном, при северном и северо-восточном направлении ветра (17%, 14% и при юго-восточных и южных ветрах (16%, 11%). При этих направлениях ветра восточные склоны Уральских гор являются наветренными, отсюда, орографический фактор играет большую роль в образовании низкой облачности.

При западных направлениях ветра низкая облачность отмечается реже (8%), а при юго-западных направлениях составляет всего 2% от общего числа случаев с низкой облачностью.

В таблице 14 представлена информация о годовом ходе нижней границы облачности по градациям в зависимости от направления ветра,

Таблица 14 - Годовой ход повторяемости (%) высоты нижней границы облаков в зависимости от направления ветра

Годовой ход повторяемости (%)	Направление ветра							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Высота ниже 300м	40	24	21	30	22	8	24	26
Высота ниже 200м	24	22	14	26	14	4	6	16
Высота ниже 100м	5	7	6	8	4	2	2	4

Проанализируем повторяемость высоты облаков ниже 300 м при определенных значениях температуры и дефицита точки росы у земли. Ниже представленная таблица 15 характеризует годовую повторяемость высоты нижней границы облаков до 300 м в зависимости от температуры воздуха у земли.

Таблица 15 - Повторяемость (число случаев) высоты нижней границы облаков до 300 м в зависимости от температуры воздуха

Температура воздуха (°C)	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-35-34	1											
-33-32												
-31-30												
-29-28	1	1										
-27-26	1	1										
-25-24	1	1										
-23-22	1	1										
-21-20	1											3

Продолжение таблицы 15

Температура воздуха (°C)	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-19-18	1	2										3
-17-16		2										1
-15-14	2											1
-13-12	2	3										1
-11-10		6	1								2	3
-9-8		4	1								5	7
-7-6	1	6	1								6	7
-5-4	2	4	3	2						1	10	7
-3-2	1	1	1	2					1	4	6	4
-1-0		1	6	1	1				2	8	7	1
0-1			1	8	2				7	18	11	1
2-3			1	9	1	3			1	6	6	
4-5				5	3	3			7	1	1	
6-7				3	3	1		2	9			
8-9				1	4	1	2	6	5			
10-11					4	1	2	16	6			
12-13						2	5	16	4			
14-15						4	20	8	1			
16-17						2	11	6				
18-19							4					
20-21												

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод, что в зимний период облачность высотой ниже 300 м в 123 случаях из 398 образуется при температурах воздуха от 0°C до -10°C. Такие сравнительно высокие температуры наблюдаются при периодических смещениях циклонов с запада и юго-запада, обуславливая фронтальную низкую облачность и облачность адвективного характера.

По мере понижения температуры воздуха число случаев низкой облачности резко уменьшается, но отмечается и при температуре -35°C (до 3 случаев за 5 лет).

В летний период года низкая облачность отмечается при вторжениях холодных масс воздуха, когда температура воздуха понижается до 10-0°C. Например, с мая по август при данной температуре низкая облачность высотой

ниже 300 м отмечается в 105 случаях. Чаще низкая облачность отмечается в переходный период сезона при температурах от -1°C до $+1^{\circ}\text{C}$ (в октябре зафиксировано 25 случаев, в ноябре – 18 случаев низкой облачности).

В таблицах А.2-А.11 представлена повторяемость высоты низких облаков (в %) в зависимости от температуры воздуха и дефицита точки росы. Проценты вычислялись от общего числа случаев низкой облачности (значение бралось за 100%) при заданной величине дефицита точки росы. За январь и март соответствующие таблицы не составлялись, так как в эти месяцы низкая облачность наблюдается редко.

После проведения анализа средних значений повторяемости высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли по месяцам, можно сделать вывод, что низкая облачность в теплое время года формируется при температурах воздуха от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$ и дефиците $0-2^{\circ}$, реже при 3° . При дефиците более 4° низкая облачность не встречается. В холодное время года низкая облачность наблюдается при температуре воздуха от -3°C до -8°C и дефицитах $2-3^{\circ}$, реже при 3° . При дефиците более 4° низкая облачность практически не наблюдается.

В таблице А.12 приводятся значения повторяемости высоты нижней границы облаков по градациям видимости (среднее число случаев за год).

Из совместного анализа случаев низкой облачности и видимости можно сделать вывод, что высота облаков ниже 100 м в большинстве случаев сопровождалась видимостью менее 1 км и менее 2 км. Облака высотой ниже 300 м чаще сопровождалась видимостью 2-4 км и более.

3.2 Анализ влияния ограниченной видимости в районе аэродрома Кольцово

Горизонтальная видимость является одним из главных параметров определения погоды, от которого зависит успешная работа подразделений авиации.

Измерение видимости представляет собой данные визуальных наблюдений. Эти данные недостаточно надежны за счет занижения величины дальности видимости при определении ее в сумерках и темную часть суток при отсутствии световых ориентиров. В связи с этим фактором данные о видимости неоднородны.

Использование данных ежечасных наблюдений дает более надежные результаты. При ограниченной видимости величина ошибки при визуальном ее определении уменьшается. Все это позволило выявить суточный и годовой ход видимости, а также получить связь ее с высотой низких облаков, ветром, температурой, дефицитом точки росы, атмосферными явлениями и определить непрерывную продолжительность плохой видимости.

Характеристика видимости дана для градаций менее 0,5, 1, 2 и 4 км. В каждую последующую градацию вошли данные предыдущих градаций.

Годовой ход видимости представлен в виде обеспеченности (суммарной повторяемости) различных градаций видимости до 4 км (в %). Это позволяет определить повторяемость видимости ниже заданного предела и повторяемость ее в определенном ограниченном диапазоне.

Характер хода видимости в течение года аналогичен годовому ходу низкой облачности.

Таблица 16 - Годовой ход повторяемости (%) видимости

Месяц/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км	Менее 4 км
Январь	0	2,5	11	22
Февраль	1	2,5	10	18
Март	0,5	1	4	9,5
Апрель	0,3	0,7	1,5	4,5
Май	0	0,5	0,7	1,5
Июнь	0,7	0,7	1	1,7
Июль	1	1	2	2
Август	1,5	2,5	4	6

Продолжение таблицы 16

Месяц/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км	Менее 4 км
Сентябрь	0,8	0,7	2,5	3,5
Октябрь	1	1	3	4
Ноябрь	0	0,3	5	9
Декабрь	1	1	10	11

Анализируя таблицу 16, можно прийти к выводу, чтобы определить повторяемость в % заданной дальности горизонтальной видимости, например, 0,5-1 км, в августе месяце, следует из величины повторяемости большей дальности видимости (2,5%), вычесть значение повторяемости меньшей дальности (1,5%). Следовательно, повторяемость видимости дальностью 0,5-1 км в августе составляет 1% от всех случаев с видимостью меньше 4 км.

Из данных таблицы годового хода повторяемости видимости можно понять, что ухудшение видимости чаще отмечается в холодное время года (осенние-зимние месяцы). Максимум плохой видимости приходится на январь – 22% от всех наблюдений за видимостью этого месяца (744 случая). Из них 11% случаев видимость бывает менее 2 км, а ухудшение видимости до 1 км и менее в январе месяце составляет 2,5%.

Значительное ухудшение видимости наблюдается еще в феврале, ноябре и декабре, как за счет радиационных туманов, плотных адвективных дымок, так и за счет метелей.

В теплый период года ухудшение видимости до 6% от всех случаев наблюдений за видимостью, отмечается в августе за счет кратковременных радиационных туманов и дымок в утренние часы. В апреле, мае и июне ухудшение видимости наблюдается редко.

Таблицы А.13-А.24 показывают суточный ход дальности горизонтальной видимости до 2 км. Повторяемость дальности горизонтальной видимости определяется методом, изложенным выше. Учет суточного хода видимости имеет большое значение при ее прогнозе, так как интенсивности дымки и тумана меняется в зависимости от времени суток.

Анализируя данные таблиц суточного хода видимости осредненных данных по месяцам, можно сделать выводы, что в холодный период года

повторяемость ограниченной видимости имеет хорошо выраженный суточный ход, при этом, наибольшее ухудшение видимости наблюдается к моменту восхода и захода солнца.

Например, в основном в ноябре, декабре, январе видимость менее 2 км чаще всего бывает через 1-2 часа после восхода солнца, но может наблюдаться и в течение всех суток.

В летнее время года ухудшение видимости наблюдается только в утренние часы за счет радиационных туманов в момент наступления минимальной температуры, то есть перед восходом солнца. Уже к 5-6 часам видимость улучшается до 2 км и более. В апреле и мае по данным в таблицах отмечается наименьшее число случаев с ограниченной видимостью.

Рассмотрим непрерывную продолжительность дальности горизонтальной видимости. Число периодов с определенной градацией дальности горизонтальной видимости и их средняя непрерывная продолжительность были подсчитаны для видимости менее 0,5, менее 1, менее 2 и менее 4 км.

Таблица 17 - Число периодов с определенной градацией дальности горизонтальной видимости и их средняя продолжительность

Видимость в км		Менее 0,5		Менее 1 км		Менее 2 км		Менее 4 км	
		Число периодов	Средн. непрер. продол.	Число периодов	Средн. непрер. продол.	Число периодов	Средн. непрер. продол.	Число периодов	Средн. непрер. продол.
Месяцы	I	1	2	28	2,8	72	4,6	80	8,4
	II	9	3	23	3,1	60	4,9	103	5,3
	III	2	3,5	16	1,9	37	3	68	4,2
	IV	4	1,2	9	1,6	17	2	30	3,1
	VI	2	2	4	2,8	5	3	14	2,4
	VI	5	2,2	9	2,1	10	2,5	19	2,1
	VII	9	2	13	2,4	21	2,4	38	2,3
	VIII	24	1,9	35	2,2	42	2,7	53	3,7
	IX	10	1,4	17	2,2	22	3,3	51	2,6
	X	5	3,6	12	2,7	30	3	44	3,5
	XI	3	2	15	2	50	3,1	82	3,4
	XII	10	2	31	3,7	75	4	109	5,2

Анализируя таблицу 17, можно подвести итог, что наибольшую повторяемость и продолжительность видимости имеют градации менее 4 и менее 2 км.

С видимостью менее 4 км с ноября по февраль отмечалось 80-110 периодов со средней непрерывной продолжительностью 4-8 часов (54% от всех зафиксированных случаев за данный период). Минимум приходится на переходное время года с весны на лето (с апреля по июль) и соответствует диапазону значений 15-35 – 15% от общего числа периодов с продолжительностью 2-3 часа.

С видимостью менее 2 км максимум отмечался в холодный период - 60-70 периодов со средней непрерывной продолжительностью 3-4 часа, что соответствует 58% от общего значения исследуемых метеорологических явлений за год. Минимум зафиксирован в теплое время года – 5-20 случаев (12%)

При видимости менее 1 км непрерывная продолжительность уменьшается до 2-3 часов в течение года, а в летний период до 1-2 часов. Число периодов с данной продолжительностью значительно меньше, в основном от 1 до 35 по данным всех месяцев.

Видимость менее 0,5 км в течение года наблюдается в августе – до 24 периодов, что соответствует 28,5% от общего числа наблюдаемых периодов, в сентябре и декабре – до 10 периодов с продолжительностью 1-2 часа (12%). Большую половину года видимость данной градации может наблюдаться в 1-5 случаях с продолжительностью 2-3 часа.

Проанализируем повторяемость дальности горизонтальной видимости при определенных направлениях и скоростях ветра. В таблице 18 показана повторяемость видимости менее 0,5 км, 1 и 2 км в числе случаев, от которой рассчитаны данные в % для таблиц 41-43 и 44-46. Данные, помещенные в таблице 40, являются средними величинами за 5 лет и характеризуются как время в часах, когда отмечалась ограниченная видимость.

Таблица 18 - Повторяемость дальности горизонтальной видимости равной и меньше заданной (число случаев)

Видимость в км	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Менее 0,5 км	0,4	5,4	1,4	1,0	0,8	2,2	3,6	8,8	2,8	3,6	1,2	4,2	35,4
Менее 1 км	15,8	14,2	6,0	2,8	2,2	3,8	6,0	15,6	7,6	6,4	6,0	23,0	109,4
Менее 2 км	66,0	59,2	22,6	7,0	3,0	5,0	10,0	22,4	14,8	18,0	31,4	61,4	320,8

В ниже представленных таблицах дана повторяемость видимости менее 0,5 км, менее 1 км, и менее 2 км при различных скоростях ветра в %.

Таблица 19 - Повторяемость в % видимости менее 0,5 км при различных скоростях ветра

Скорость ветра в м/с	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
00-02	100	88	13	20	100	100	95	91	90	73	100	90	30,0	84
3-5	-	-	-	60	-	-	5	3	10	27	-	5	2,4	7
6-7	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	0,2	1
8-11	-	11	29	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1,2	4
12-15	-	-	29	20	-	-	-	3	-	-	-	-	0,8	2
16-20	-	1	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	2
Число случаев	0,4	5,4	1,4	1,0	0,8	2,2	3,6	8,8	2,8	3,6	1,2	4,2	35,4	100

Таблица 20 - Повторяемость в % видимости менее 1 км при различных скоростях ветра

Скорость ветра в м/с	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
00-02	81	85	53	15	100	100	96	93	89	50	33	84	86,4	79
3-5	3	3	14	55	-	-	4	3	11	30	17	7	9,4	9
6-7	5	2	-	-	-	-	-	2	-	4	33	4	4,4	4
8-11	11	3	13	7	-	-	-	-	-	-	17	1	4,8	4
12-15	-	2	13	23	-	-	-	2	-	3	-	4	3,0	3
16-20	-	5	7	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1,4	1
Число случаев	15,8	14,2	6,0	2,8	2,2	3,8	6,0	15,6	7,6	6,4	6,0	23,0	109,4	100

Таблица 21 - Повторяемость в % видимости менее 2 км при различных скоростях ветра

Скорость ветра в м/с	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
00-02	74	69	55	37	86	100	95	94	81	34	23	54	213,4	66
3-5	10	14	17	43	14	-	5	3	15	32	30	24	49,2	15
6-7	8	7	8	6	-	-	-	2	4	15	29	11	27,8	8
8-11	7	4	15	6	-	-	-	-	-	14	17	6	21,8	7
12-15	1	3	4	8	-	-	-	1	-	4	1	5	6,2	2
16-20	-	3	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2,4	1
Число случаев	66,0	59,2	22,6	7,0	3,0	5,0	10,0	22,4	14,8	18,0	31,4	61,4	320,8	100

Из таблиц 19-21 видно, что видимость менее 1 км в большем числе случаев наблюдалась при скоростях ветра от 0 до 2 м/с (до 80-85% в зимний период и 90-100% в летний). С октября по апрель ухудшение видимости наблюдается не только из-за туманов, но и за счет таких явлений, как осадков в виде снега и метелей. В таких случаях видимость менее 1 км в 40-50% случаев возможна при скорости ветра 5-7 м/с.

В летнее время года ухудшение видимости при ветре более 2-3 м/с не было. При ветре более 15 м/с ухудшение видимости до 1 км может наблюдаться в 2-3 случаях за 5 лет.

В таблицах 22-24 представлены данные о повторяемости градаций видимости в % при различных направлениях ветра.

Таблица 22 - Повторяемость в % видимости менее 0,5 км при различных направлениях ветра

Направление ветра	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
С	-	-	-	-	-	18	-	4	-	-	-	-	0,6	2
СВ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
В	-	4	-	-	-	9	-	4	-	-	-	-	1,0	3
ЮВ	-	-	25	20	-	18	5	-	-	11	33	10	2,2	6
Ю	-	2	25	20	-	-	6	4	14	33	50	-	3,6	10
ЮЗ	-	2	25	20	-	-	5	-	-	-	-	-	1,0	3
З	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	0,4	1
СЗ	-	-	-	20	-	-	-	-	6	-	-	-	0,4	1
Штиль	100	82	25	20	100	55	84	82	80	56	17	90	26,6	74
Число случаев	0,4	5,4	1,4	1,0	0,8	2,2	3,6	8,8	2,8	3,6	1,2	4,2	35,4	100

Таблица 23 - Повторяемость в % видимости менее 1 км при различных направлениях ветра

Направление ветра	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
С	2	-	-	8	20	10	-	3	-	-	7	-	2,2	2
СВ	12	-	11	15	-	5	-	-	3	4	27	-	5,0	5
В	5	6	10	-	-	17	-	2	-	-	10	4	3,2	3
ЮВ	1	4	14	15	-	-	4	-	-	15	13	9	7,2	7
Ю	-	3	10	20	-	-	4	2	10	25	16	1	5,8	5
ЮЗ	-	3	6	7	-	-	2	-	2	-	-	1	1,8	2
З	-	-	3	7	-	-	-	4	3	9	7	1	2,6	2
СЗ	-	-	3	20	-	-	-	5	6	-	13	1	2,6	2
Штиль	80	84	43	8	80	68	90	84	76	47	7	83	79,0	72
Число случаев	15,8	14,2	6,0	2,8	2,2	3,8	6,0	15,6	7,6	6,4	6,0	2,3	109,4	100

Таблица 24 - Повторяемость в % видимости менее 2 км при различных направлениях ветра

Направление ветра	Месяцы												Год	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Число случаев	%
С	2	4	5	6	13	12	2	2	1	12	16	2	15,6	5
СВ	7	3	11	17	-	-	-	-	3	10	14	7	21,2	7
В	1	7	13	6	-	4	-	1	-	12	17	4	19,4	6
ЮВ	9	5	7	17	13	12	2	-	-	20	16	8	26,4	8
Ю	5	3	6	20	-	-	2	1	11	9	8	4	16,6	5
ЮЗ	2	4	2	3	-	-	2	1	1	-	1	2	6,4	2
З	1	3	3	3	-	-	2	2	7	7	5	2	9,6	3
СЗ	2	7	3	14	7	-	4	3	3	7	14	6	17,0	5
Штиль	71	64	50	14	67	72	86	90	74	23	9	65	188,8	59
Число случаев	66,0	59,2	22,6	7,0	3,0	5,0	10,0	22,4	14,8	18,0	31,4	61,4	320,8	100

Анализируя данные из таблиц 22-24, можно сделать вывод, что ухудшение видимости до 1-2 км наблюдается в большинстве случаев при штиле в диапазоне от 60% до 75% от общего числа исследуемых событий. В переходные сезоны года при различных направлениях, а зимнее время при северо-восточном и юго-восточном направлениях ветра.

Проанализируем повторяемость дальности горизонтальной видимости при различных атмосферных явлениях. Ухудшение горизонтальной видимости всегда вызвано одним или несколькими, одновременно появившимися, атмосферными явлениями (например, дымка и морось, ливень, осадки в виде сильного снега и ветер и так далее).

Установить с точностью какое явление ухудшает видимость затруднительно. Определить можно только приближенно роль того или другого явления погоды в ухудшении дальности горизонтальной видимости.

В таблице 25-26 указаны значения, показывающие влияние атмосферных явлений погоды на состояние видимости (менее 1 км и 1-2 км).

Данные о повторяемости видимости менее 1 км в таблице 47 за месяцы май и июнь и данные о повторяемости видимости 1-2 км в таблице 48 за июнь отсутствуют, так как ухудшения видимости не наблюдалось.

Таблица 25 - Повторяемость видимости менее 1 км при различных атмосферных явлениях и скоростях ветра в течение года

	Атмосферное явление	Повторяемость в %	Скорость ветра в м/с	Повторяемость в %
Январь	Метель	3	8-11	13
			6-7	4
	Туман	97	3-5	3
			0-2	80
Февраль	Метель	5	16-20	8
			12-15	2
			8-11	4
	Туман	95	6-7	3
			3-5	3
			0-2	80
Март	Снег	50	15-20	8
			12-15	12
			8-11	15
	Туман	50	3-5	10
			0-2	55
Апрель	Смешанные осадки	7	12-15	15
			8-11	5
	Снег	68	3-5	60
	Туман	25	0-2	20
Июль	Туман	100	0-2	100
Август	Туман	100	6-7	3
			3-5	2
			0-2	95
Сентябрь	Снег	10	3-5	15
	Туман	90	0-2	85
Октябрь	Снег	25	0-2	100
	Туман	75		
Ноябрь	Смешанные осадки	10	8-11	20
			6-7	30
	Снег	70	3-5	15
	Туман	20	0-2	35
Декабрь	Иглы, кристаллы	4	12-15	5
			8-11	4
	Снег	16	6-7	4
			3-5	7
	Туман	80	0-2	80

Таблица 26 - Повторяемость видимости 1-2 км при различных атмосферных явлениях и скоростях ветра в течение года

Месяц	Атмосферное явление	Повторяемость в %	Скорость ветра в м/с	Повторяемость в %
Январь	Ледяные иглы	2	12-15	2
			8-11	6
	Снег	32	6-7	8
	Мгла	2	3-5	11
	Дымка	62	0-2	73

Продолжение таблицы 26

Месяц	Атмосферное явление	Повторяемость в %	Скорость ветра в м/с	Повторяемость в %
Февраль	Ледяные иглы	2	16-20	2
			12-15	2
	Снег	36	8-11	6
	Смешанные осадки	2	6-7	7
	Метель	3	3-5	18
Март	Дымка	57	0-2	65
			8-11	15
	Снег	45	6-7	10
			3-5	20
Апрель	Метель	2	0-2	55
			8-11	5
	Смешанные осадки	13	6-7	8
			3-5	34
Май	Дымка	30	0-2	53
	Снег	50	3-5	34
	Дымка	50	0-2	66
Июль	Смешанные осадки	12	3-5	10
	Дождь	18		
	Дымка	70	0-2	90
Август	Мгла	4	0-2	100
	Дымка	96		
Сентябрь	Снег	37	6-7	5
			3-5	20
	Дымка	63	0-2	75
Октябрь	Смешанные осадки	4	12-15	10
			8-11	20
	Снег	87	6-7	30
	Дождь	3	3-5	20
	Дымка	10	0-2	20
Ноябрь	Смешанные осадки	3	12-15	2
	Снег	89	8-11	28
	Метель	3	6-7	25
	Дымка	5	3-5	25
			0-2	20
Декабрь	Ледяные иглы	3	12-15	2
	Снег	43	8-11	4
	Метель	2	6-7	14
	Мгла	2	3-5	20
	Дымка	50	0-2	60

В таблицах представлены данные о повторяемости видимости при определенном атмосферном явлении, например, из таблицы 25 видимость менее 1 км при снеге в ноябре прослеживается в 70% случаев, из-за тумана видимость ухудшалась в 20% случаев от общего числа. На остальные атмосферные явления погоды, которые ухудшали горизонтальную видимость,

приходится 10%. Аналогично с анализом данных для таблицы 26 с повторяемостью видимости 1-2 км.

В таблице А.25, представленной в приложении А, приводятся данные о повторяемости градаций видимости до 4 км при различных атмосферных явлениях. Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что в течение года ухудшение видимости до 1 км и менее отмечается в большинстве случаев за счет тумана (88 зафиксированных значений – 79% от общего числа) и в редких случаях за счет осадков (22 события – 19%).

В основном, ухудшение видимости до 1-2 км в течение года наблюдается при дымках (105 случаев – 49% от общего числа зафиксированных условий). По наблюдениям подобная горизонтальная видимость в большинстве случаев бывает в зимнее время года за счет снегопадов и метелей.

3.3 Оценка многолетнего режима условий погоды различной степени сложности в районе аэродрома Кольцово

Степень сложности погоды определялась сочетанием дальности горизонтальной видимости менее 4 км и градацией высоты нижней кромки облаков ниже 300 м.

Совместный анализ этих двух элементов имеет большое практическое значение, так как снижение облачности часто сопровождается ухудшением дальности горизонтальной видимости. Следовательно, изучение таких параметров, как дальность горизонтальной видимости менее 4 км и градация высоты нижней кромки облаков ниже 300 м представлено в комплекте.

Далее рассмотрим годовой и суточный ход условий погоды различной степени сложности. Условия погоды подразделены на 4 степени сложности:

1. Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км;
2. Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км;
3. Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км;
4. Высота облаков ниже 300 м, видимость менее 3-4 км.

Таблица 27 - Годовой ход повторяемости (в %) условий погоды различной степени сложности

Месяцы	Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	Высота облаков ниже 300 м, видимость менее 4 км
I	0,3	2	6,7	14,5
II	0,9	2,5	7	13
III	0,2	1	3	7
IV	0,2	1	3	5,5
V	0,3	0,7	2	3
VI	0,6	0,8	2	3,2
VII	0,8	1,5	2,5	4,5
VIII	1	2,5	5	9
IX	0,8	2	4	7
X	0,8	1,8	4,3	6,8
XI	0,5	1,5	6	9,5
XII	1,1	3,5	7,3	13,5

Из таблицы 27 следует, что наиболее сложные условия погоды, 14-15% (130-140 случаев), наблюдались в декабре и январе.

С мая по июль повторяемость сложных условий погоды мала и составляет всего 3-4% (30-40 случаев). В августе эта повторяемость увеличивается до 9% (87 случаев).

Такой ход сложных условий объясняется различными синоптическими процессами в течение года. В зимний период года сложные условия погоды (например, дымки, туманы, под инверсионная облачность) наблюдаются при стационаровании Сибирского антициклона, в то время, когда над Южным и Средним Уралом располагается гребень этого антициклона или, когда через Урал медленно смещается антициклон.

При выходе южных циклонов условия погоды ухудшаются за счет снегопадов, метелей, низкой облачности адвективного характера.

В теплый период года, особенно в августе (частично в июле), плохие условия погоды бывают за счет утренних радиационных туманов местного происхождения, имеющих кратковременный характер. Эти туманы с восходом солнца быстро рассеиваются. Так же в летнее время ухудшение погоды наблюдается при смещении через Средний Урал циклонов с северо-запада.

В приведенной в приложении А в таблице А.26 представлен суточный ход повторяемости (в случаях) условий погоды различной степени сложности. Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что в зимний период максимум повторяемости плохих условий погоды приходится на период времени между 07 и 09 часами (38 случаев, что соответствует 23,9% от общего числа случаев в зимнее время года (162 случая). Минимум приходится в период между 17 и 19 часами местного среднесолнечного времени (20 случаев от общего числа 12,3%).

В летний период года максимум повторяемости плохой погоды приходится в период 3-5 часов (42 случая, соответственно это 52,1% от общего числа установленных случаев в летнее время года – 81 случай), а минимум

наступает в вечерний период с 19 по 21 часов (3 зафиксированных случая, что характеризуется как 3,9% от общего числа отмеченных случаев).

Приведем в табличном виде непрерывную продолжительность условий погоды различной степени сложности. Особое значение для авиации имеет непрерывная продолжительность (устойчивость) сложных метеорологических условий погоды.

Таблица 28 - Непрерывная продолжительность условий погоды различной степени сложности (в среднем за 5 лет)

Степень сложности	Число периодов и продолж.	Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Высота ниже 50 м, видимость менее 0,5	Число периодов	1	3	1	1	1	1	2	5	2	2	2	4
	Средняя непрерывная продолж.	2,2	2,7	2,7	1,3	2,3	2,4	2,0	2,0	2,1	2,8	1,9	2,3
Высота ниже 100 м, видимость менее 1 км	Число периодов	6	6	3	4	2	2	4	7	4	4	4	8
	Средняя непрерывная продолж.	2,6	1,9	1,4	1,5	1,2	1,4	2,0	1,3	1,7	1,5	1,7	2,6
Высота ниже 200 м, видимость менее 2 км	Число периодов	17	17	8	8	3	3	9	13	9	10	16	18
	Средняя непрерывная продолж.	2,9	3,0	2,3	2,0	2,6	1,8	2,0	1,9	2,2	2,6	2,6	2,4
Высота ниже 300 м, видимость менее 4 км	Число периодов	23	27	17	12	5	5	15	22	19	15	23	26
	Средняя непрерывная продолж.	3,2	2,2	2,1	2,2	1,7	2,0	1,7	2,0	1,8	1,9	2,2	2,3

Из таблицы 28 прослеживается, что плохие условия погоды с высотой облаков ниже 50 м и видимость менее 0,5 км наблюдается в редких случаях, около 1-2 периодов в месяц, увеличение наблюдается только в декабре – 4 периода и в августе около 5 периодов. Средняя непрерывная продолжительность составляет 1,5-2 часа.

С повышением облачности и увеличением дальности видимости число периодов увеличивается. Причем, максимум случаев приходится на холодное время года. Например, при высоте ниже 200 м и видимости менее 2 км число периодов составляет 16-18, а в теплый период 3-9. Средняя непрерывная продолжительность при данной градации в зимний период составляет 2,5-3 часа, в теплый – около 2 часов.

Заключение

Международный аэропорт города Екатеринбург «Кольцово» является крупнейшим аэропортом Свердловской области. Его физико-географическое расположение в основном благоприятствует непрерывной эксплуатации в течение всех сезонов года.

Возникновение сложных метеоусловий, а именно низкой облачности и ограниченной видимости связано в основном с прохождением различных барических образований и фронтальных разделов, а также из-за локальных климатических особенностей региона.

Наибольшая повторяемость сложных метеорологических условий приходится на зимнее время года, в основном это январь и декабрь, что составляло 14-15% от общей периодичности опасных явлений для авиации. В летнее время, зачастую в августе и достигает 9% в своих значениях, за счет утренних радиационных туманов, прохождения циклонов с запада, погодные условия осложняются.

Максимум повторяемости СМУ зимой приходится на 02-04 часов по UTS (24% от общего числа случаев в холодное время года), минимум между 10 и 14 часами по UTS и составляет 12% от совокупности исследуемых событий. Летом максимум наступает раньше, в период 22-00 часов и достигает 52% от суммы всех анализируемых случаев за теплое время, минимум, в свою очередь приходит на 14-16 часов, что равно 4%.

Ограниченная видимость чаще наблюдается в холодный период года, преимущественно с ноября по март, с максимумом в декабре и январе. Данное метеообстановка прослеживается в утренние часы за счет туманов при минимальной температуре. Связана ограниченная видимость с прохождением в зимнее время года Сибирского антициклона, в теплое время с передвижением фронтов (теплого), циклонов с северо-запада. Нельзя не упомянуть, что ухудшение видимости непосредственно связано с атмосферными осадками. При выходе южных циклонов условия погоды

ухудшаются за счет снегопадов, метелей, низкой облачности адвективного характера. Также ограниченная видимость препятствует работе аэродрома при слабых скоростях ветра (1-4 м/с) в основном северо-восточного направления, что непосредственно связано с частым возникновением радиационных и адвективно радиационных туманов.

В переходные периоды, такие как октябрь и апрель, часто наблюдается низкая облачность. Высота нижней границы облачности в это время составляет от 100 до 200 метров.

В летний период и зимой преобладает северное и северо-западное направление ветра, скорость которого обычно не превышает 5 м/с.

В зимний период максимум повторяемости низкой облачности приходится на рассветное время. Это связано с радиационным охлаждением приземного слоя воздуха.

К лету максимум смещается на 2–3 часа ближе к светлоте времени суток. Это происходит из-за того, что ночью из-за ослабления турбулентного обмена влага скапливается в приземном слое. С прогревом воздуха начинает развиваться турбулентность, и скопившаяся у земли влага переносится. После 2–3 часов после восхода Солнца образуется низкая облачность.

В летнее время минимум повторяемости низкой облачности приходится на 13–15 часов местного времени.

Основываясь на исследовании, проведенном в этой работе, можно сделать заключение, что авиационные работы наиболее эффективны в тёплое время года в утренние и ночные часы, когда солнце уже село. В холодное время года для полётов лучше выбирать дневные часы, что следует учитывать при планировании расписания.

Таким образом главная цель работы анализ режима опасных метеорологических условий для любого типа авиации, препятствующих безопасному полету, затрудняющих взлет и посадку воздушных судов в районе аэродрома Кольцово за период с 2018 года по 2023 год достигнута.

Были решены следующие задачи:

1. Изучены синоптические процессы образования сложных метеорологических условий, а именно низкая облачность и ограниченная видимость в районе аэродрома Кольцово;
2. Проведен анализ годового хода и многолетнего режима опасных для безопасности полета явлений, их повторяемость за исследуемый период;
3. Выявлена тенденция изменчивости сложных метеоусловий за разные периоды года.
4. Составлены рекомендации для организации безопасного проведения взлета и посадки воздушных судов в разные периоды года.

Список используемых источников

1. Архив погоды в Кольцово (2005–2025). Meteonova. — URL: <https://www.meteonova.ru>
2. Архивные данные аэродрома Кольцово, 2018-2023 гг.
3. Аэропорт Кольцово. Метеорологические отчеты. — URL: <https://svx.aero>
4. Беляев Д. А. Прогнозирование обледенения ВПП для аэродрома Кольцово. 2018 — С. 22–30.
5. Богаткин О. Г. Авиационные прогнозы погоды. – 2-е изд., стереотипное. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – С. 288.
6. Зайцев В.М. Влияние циклонов на видимость в аэропортах Среднего Урала // Труды Гидрометцентра России. — 2015. — № 4. — С. 89–101.
7. Иванов А.В., Петрова Л.К. Анализ опасных метеоявлений на аэродромах Урала (на примере Кольцово). 2018 - С. 45–52.
8. ИКАО. Руководство по управлению безопасностью полетов (Дос 9859). Издание 4 — 2018 – С. 218.
9. Калинин Н. А. Физическая метеорология: учебное пособие / Пермский государственный национальный исследовательский университет – Пермь, 2023. – С. 257.
10. Климатический атлас аэродрома Кольцово / Под ред. Зайцева В.М. — Екатеринбург: УрФУ, 2019 — С. 120.
11. Клименко В.В., Иванов А.А. Особенности туманообразования на аэродромах Урала // Метеорология и гидрология. — 2010. — № 7. — С. 34–42.
12. Лещенко Г.П., Перцель Г.В., Лещенко Е.Г. Метеорологическое обеспечение полетов: учебное пособие (3-е изд. перераб. и доп.). - Кировоград: ГЛАУ, 2010 – С. 184.
13. Наставление по метеорологической службе авиации Вооруженных сил РФ (НАМС), 2014г.

14. Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология: учеб. пособие / для летного и диспетчерского состава ГА. - Екб., 2010. – 113 с.
15. Приказ Министра обороны РФ N 136, Минтранса РФ N 42, Росавиакосмоса N 51 от 31.03.2002 "Об утверждении Федеральных авиационных правил полетов в воздушном пространстве Российской Федерации". 2002 г.
16. Расследование авиационных происшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими факторами. Методическое пособие: изд. 3-е, перераб. и доп. – М., 2009. – 19 с.
17. Сарайский Ю. Н., Липин А. В. Аэронавигация. Часть III. Аэронавигация в районе аэродрома. Уч. Пособие / СПб ГУ ГА. СПб., 2021 – С. 118.
18. Сафонова Т. В. Авиационная метеорология: учеб. пособие / Т. В. Сафонова. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2009. – С. 238.
19. Сидорова Л. П. Метеорология и климатология. Часть 1. Метеорология, Учебное электронное текстовое издание, 2015 – С. 197.
20. Смирнов Г.И. Влияние циклонов на видимость в аэропортах Среднего Урала // Труды Гидрометцентра России. 2020 — С. 78–89.
21. Требования к составлению климатического описания аэродрома. Москва, 2007г.
22. Угрюмов, А. И., Лаврова И. В. Основные закономерности общей циркуляции атмосферы: учебное пособие; Российский государственный гидрометеорологический университет. - Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2021. – С. 72.

Приложение А

Таблица А.1 - Суточный ход повторяемости (в случаях) нижней границы облаков
ниже 300м

Январь												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
200-300 м	3	2	4	3,8	4	2,5	2	2	2	4	4	3
Ниже 50 м	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0
Февраль												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	7,5	9	13	17	10	7,5	5	4	7,5	4	9	11
Ниже 200 м	4	7	9	10	7	5	4	3	2,3	2	3,5	8,5
Ниже 100 м	2,3	2,8	4	5	4	3	2	2	1,7	1,7	1	0
Ниже 50 м	1	1,3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Апрель												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	7,5	8	11	15	11	7	6	5	6	5	6	7
Ниже 200 м	2,5	5	6	7,5	3	3	3	4	5	3	2	3
Ниже 100 м	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1
Май												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	5	6	6,5	7	5	4	3	2	1	1	0	0
Ниже 200 м	3	2	3,5	5,5	3	2	0	0	0	0	0	0
Июнь												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	3	8	8,3	9	7	3	1	0	0	0	0	0
Ниже 200 м	2	5	4,5	5	2	0	0	0	0	0	0	0
Ниже 100 м	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ниже 50 м	0,2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Июль												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	16,5	17	20	20	11	8,5	7	4,5	4	3	3	4
Ниже 200 м	2	9	13	11	6	3	3,5	2,5	3	1	1	2,5
Ниже 100 м	0	2	5	8	2	1	0	0	0	0	0	0
Ниже 50 м	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Август												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	10	12	20,5	23	12	9	8	6	4	9	8	12
Ниже 200 м	4	6	10	11	5	3	2	2	3	1	1	3
Ниже 100 м	1	5	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0
Ниже 50 м	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы А.1

Сентябрь												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	5	9	17	18	8	7	5	4	6	6,5	10	6
Ниже 200 м	4	6	8	6	5	4	2	2	4	3	2	3
Ниже 100 м	2	3	3	2	1	1	0,5	0	0	0	0	0
Ниже 50 м	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Октябрь												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	11	13	12	11	9,5	12	10	7	7	8	9	11
Ниже 200 м	6	7	6	6	6	5	3	4	6	6	4	7
Ниже 100 м	2	2	3	4	3,5	2,5	2,5	2	2	2	2	0
Ниже 50 м	1	1	2	2	2	1,8	1	1	0	0	0	0
Ноябрь												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	12	13	13	14	18	6	6	11	8	8	12	11
Ниже 200 м	5	4	5	5,5	7	3,5	3,5	5	4	4	6	5
Ниже 100 м	1	1	3	2	1,7	1,7	1,7	2	1,7	2	2	2
Ниже 50 м	0	0	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1
Декабрь												
Высота облаков/часы	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Ниже 300 м	6	7	8	11	9,5	8	6,5	5	8	11	11	10
Ниже 200 м	0	0	5	9	5	4,8	4	3	3	4	4	5
Ниже 100 м	3	4	4	2	2,7	3	3	1,5	2	3	2	4
Ниже 50 м	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	3

Таблица А.2 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в феврале

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м		Высота ниже 200м		Высота ниже 300м		
	Дефицит точки росы						
	1	2	1	2	1	2	3
-15	10	0	10	10	5	0	0
-14	12	5	20	12	8	0	0
-13	19	10	30	12	15	5	0
-12	23	10	30	12	23	10	0
-11	25	10	25	12	30	10	5
-10	20	10	22	12	33	15	5
-9	9	10	20	12	33	18	8
-8	5	5	20	12	30	21	9
-7	0	0	20	12	25	22	10
-6	0	0	15	12	20	20	10
-5	0	0	10	10	10	10	10
-4	0	0	5	5	5	5	5

Таблица А.3 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в апреле

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м	
	Дефицит точки росы				
	1	2	3	1	2
-11	5	0	0	8	10
-10	10	8	0	10	10
-9	18	18	5	20	15
-8	25	22	10	30	18
-7	25	22	10	35	20
-6	25	22	13	35	20
-5	20	22	13	32	23
-4	15	15	10	20	20
-3	10	10	7	10	14
-2	5	5	0	8	9

Таблица А.4 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в мае

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 200м		Высота ниже 300м	
	Дефицит точки росы			
	1	2	1	2
1	0	0	0	0
2	15	0	5	5
3	25	10	17	15
4	25	10	24	20
5	25	15	28	20
6	25	15	32	19
7	20	10	32	20
8	10	10	28	20
9	0	0	15	15
10	0	0	10	7

Таблица А.5 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в июне

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м			Высота ниже 300м		
	Дефицит точки росы								
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
3	0	0	0	0	0	0	7	0	0
4	0	0	0	7	5	0	11	5	0
5	0	0	0	11	6	0	15	8	0
6	0	0	0	15	9	0	20	10	0
7	0	0	0	20	10	0	24	10	0
8	7	5	0	23	13	5	27	13	0
9	20	19	5	29	15	10	30	20	5
10	30	30	8	36	20	10	39	25	7
11	35	30	9	43	20	5	49	35	8
12	40	31	10	43	15	0	53	40	10
13	35	30	10	40	10	0	55	40	10
14	30	29	10	35	10	0	50	40	8
15	25	25	9	30	7	0	35	30	5
16	20	20	7	20	5	0	20	18	5

Продолжение таблицы А.5

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м			Высота ниже 300м		
	Дефицит точки росы								
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
17	17	15	5	10	5	0	10	10	5
18	10	10	5	0	0	0	0	0	0
19	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица А.6 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в июле

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м		Высота ниже 200м Высота ниже 300м		
	Дефицит точки росы				
	0	1	0	1	2
9	9	5	9	10	5
10	25	10	23	25	20
11	43	15	40	40	20
12	40	20	60	50	20
13	30	23	65	50	20
14	20	20	65	50	20
15	12	15	57	45	20
16	5	12	45	40	15
17	0	5	37	30	7
18	0	0	25	20	5
19	0	0	10	10	0

Таблица А.7 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в августе

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м Высота ниже 300м		
	Дефицит точки росы					
	0	1	2	0	1	2
-2	5	5	5	5	5	0
-1	20	20	10	15	15	10
0	32	25	7	30	30	15
1	31	20	0	42	40	18
2	25	15	0	45	35	19
3	20	10	0	40	35	18
4	15	10	0	34	30	15
5	10	5	0	28	25	10
6	5	0	0	20	20	8
7	0	0	0	12	12	5
8	0	0	0	5	5	0

Таблица А.8 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в сентябре

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м		Высота ниже 200м			Высота ниже 300м			
	Дефицит точки росы								
	0	1	0	1	2	0	1	2	3
-2	5	0	5	5	0	10	10	0	0
-1	10	5	20	15	0	25	20	5	0

Продолжение таблицы А.8

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м		Высота ниже 200м			Высота ниже 300м			
	Дефицит точки росы								
	0	1	0	1	2	0	1	2	3
0	20	10	35	18	0	35	30	5	0
1	25	10	20	15	0	30	35	5	0
2	25	15	5	5	0	20	40	5	0
3	25	15	0	0	0	20	35	5	0
4	25	15	10	10	5	35	30	10	0
5	25	15	25	25	10	45	25	15	0
6	25	15	40	35	10	45	20	15	0
7	20	15	45	40	12	45	15	15	5
8	15	15	43	35	10	40	15	15	5
9	10	10	35	25	8	30	15	15	5
10	0	0	20	15	5	20	15	15	5
11	0	0	10	5	0	10	2	10	0

Таблица А.9 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в октябре

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м			Высота ниже 300м			
	Дефицит точки росы									
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	3
-3	0	0	0	0	0	0	5	10	0	0
-2	0	0	0	5	10	5	20	30	15	0
-1	12	5	0	25	30	15	35	40	20	0
0	25	5	0	40	50	15	50	50	20	5
1	40	20	5	60	60	15	70	55	20	5
2	50	35	5	60	60	15	65	45	15	0
3	45	35	10	40	40	10	40	40	10	0
4	30	30	10	30	30	10	30	25	5	0
5	20	20	10	20	20	5	20	10	0	0
6	10	15	5	10	15	5	10	5	0	0
7	5	10	0	5	10	0	0	0	0	0

Таблица А.10 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в ноябре

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м				Высота ниже 300м			
	Дефицит точки росы										
	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3
-10	5	5	0	5	5	0	0	5	5	0	0
-9	11	10	0	15	15	10	0	20	20	15	5
-8	15	15	5	30	30	17	5	35	35	25	5
-7	17	18	5	43	40	17	0	45	42	20	5
-6	20	22	5	45	30	15	0	45	42	20	0
-5	25	27	10	40	25	15	0	40	35	15	0
-4	30	30	10	30	25	10	0	20	20	15	0
-3	32	30	13	28	25	15	0	15	15	10	0
-2	35	30	13	28	35	15	0	20	20	10	0
-1	35	30	10	40	35	15	0	23	20	5	0
0	32	30	5	40	33	10	0	25	20	5	0
1	25	25	5	25	25	10	5	23	20	5	0
2	15	15	0	10	15	5	5	20	20	5	0
3	5	10	0	5	5	0	5	10	10	5	0

Таблица А.11 - Повторяемость (в %) высоты нижней границы облаков в зависимости от температуры и дефицита точки росы у земли в декабре

Температура воздуха (°C)	Высота ниже 100м			Высота ниже 200м				Высота ниже 300м			
	Дефицит точки росы										
	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3
-17	5	5	0	5	8	5	0	10	5	0	0
-16	12	12	0	13	15	8	0	20	15	15	0
-15	15	15	5	23	23	8	0	30	15	20	0
-14	10	10	0	23	20	5	0	40	40	25	5
-13	5	5	0	18	17	5	0	50	50	30	10
-12	10	10	5	18	17	20	0	65	60	30	15
-11	25	20	10	30	30	20	5	75	60	35	15
-10	35	30	5	40	40	20	10	70	60	35	10
-9	30	30	0	53	45	20	10	60	55	30	5
-8	15	20	0	40	43	20	10	45	40	30	0
-7	5	5	0	30	30	20	10	30	30	20	0
-6	0	0	0	10	15	15	5	20	20	15	0

Таблица А.12 - Повторяемость высоты нижней границы облаков по градациям видимости (число случаев)

Январь							
Видимость в км	Высота нижней границы облаков при количестве 6-10 баллов					Кол-во облаков 0-5 баллов независимо от высоты	Всего
	Ниже 50	50-99	100-199	200-299	Выше 300		
Меньше 0,5					2,4	0,4	2,8
0,5-1	1,2			0,2	9,6	9,4	20,4
1-2	0,8	0,4	0,2		16,8	28,2	46,4
2-4	0,2			1,0	128,4	29,8	159,4
Итого	2,2	0,4	0,2	1,2	157,2	67,8	229,0
Февраль							
Меньше 0,5	2,8				0,6	1,6	5,0
0,5-1	1,0		0,2		1,2	4,0	6,4
1-2	1,2	0,8	1,0	1,4	15,2	13,2	32,8
2-4	0,4	0,2	1,2	1,6	18,8	13,8	36,0
Итого	5,4	1,0	2,4	3,0	35,8	32,6	80,2
Март							
Меньше 0,5	1,0				0,2	0,2	1,4
0,5-1	0,2				1,8	2,4	4,4
1-2			0,6		3,8	7,6	12,0
2-4		0,2	1,8	0,4	7,2	13,6	23,2
Итого	1,2	0,2	2,4	0,4	13,0	23,8	41,0

Продолжение таблицы А.12

Видимость в км	Высота нижней границы облаков при количестве 6-10 баллов					Кол-во облаков 0- 5 баллов независимо от высоты	Всего
	Ниже 50	50-99	100-199	200-299	Выше 300		
Апрель							
Меньше 0,5	0,2				4	0,4	4,6
0,5-1			0,2	0,4	8		8,6
1-2		0,2	0,4	1,2	2	0,2	4,0
2-4		1,0	1,0	1,4	2,8	3,6	9,8
Итого	0,2	1,2	1,6	3,0	16,8	4,2	25,2
Май							
Меньше 0,5	0,4					0,4	0,8
0,5-1	0,4	0,2				0,6	1,2
1-2	0,2		0,4	0,2			0,8
2-4		0,4	0,8		0,8	0,2	2,2
Итого	1,0	0,6	1,2	0,2	0,8	1,2	4,8
Июнь							
Меньше 0,5	1,2	0,2				0,2	1,6
0,5-1	0,2		0,2			0,6	1,0
1-2						0,4	0,4
2-4		0,2	0,2	0,6		0,8	1,8
Итого	1,4	0,4	0,4	0,6		2,0	4,8
Июль							
Меньше 0,5	1,0					1,8	2,8
0,5-1	0,2	0,2				0,6	1,0
1-2		1,0	0,4			2,4	3,8
2-4		0,6	1,0	0,8	0,4	3,0	5,8
Итого	1,2	1,8	1,4	0,8	0,4	7,8	13,4
Август							
Меньше 0,5	2,0				0,2	5,2	7,4
0,5-1	0,8		0,2			4,6	5,6
1-2		0,2			0,6	4,6	5,4
2-4		0,4	1,2	0,2	1,6	9,0	12,4
Итого	2,8	0,6	1,4	0,2	2,4	23,4	30,8
Сентябрь							
Меньше 0,5	1,0					1,6	2,6
0,5-1	1,0					3,2	4,2
1-2	0,4	0,2	0,8	0,8		4,4	6,6
2-4		0,4	1,0	0,8	3,2	4,4	9,8
Итого	2,4	0,6	1,8	1,6	3,2	13,6	23,2
Октябрь							
Меньше 0,5	2,4					1,2	3,6
0,5-1	1,0		0,6	0,2	0,6	0,4	2,8
1-2		0,6	2,2	1,8	5,8	1,0	11,4
2-4		1,2	3,8	1,6	5,2	0,8	12,6
Итого	3,4	1,8	6,6	3,6	11,6	3,4	30,4

Продолжение таблицы А.12

Видимость в км	Высота нижней границы облаков при количестве 6-10 баллов					Кол-во облаков 0- 5 баллов независимо от высоты	Всего
	Ниже 50	50-99	100-199	200-299	Выше 300		
Ноябрь							
Меньше 0,5						1,2	1,2
0,5-1	1,4	0,2	0,2	0,4	2,0	0,2	4,4
1-2	1,2		0,2	0,8	16,8	0,8	19,8
2-4		0,2	0,8	1,6	14,4	3,8	20,8
Итого	2,6	0,4	1,2	2,8	33,2	6,0	46,2
Декабрь							
Меньше 0,5	0,2				0,6	3,2	4,0
0,5-1	2,8	0,8		0,2	1,2	12,4	17,4
1-2	0,6	1,2	1,4	1,2	12,0	17,6	34,0
2-4	1,2	2,2	2,0	1,0	19,2	13,0	38,6
Итого	4.8	4.2	3.4	2.4	33.0	46.2	94.0

Таблица А.13 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в январе

Часы/Видимость	Менее 1 км	Менее 2 км
01	2	10
03	3	8
05	4	9
07	6	12
09	12	24
11	4	21
13	4	19
15	2	16
17	1	8
19	1	8
21	3	14
23	4	11

Таблица А.14 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в феврале

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	2	3	13
03	1	2	14
05	2	3	16
07	4	9	20
09	1	4	17
11	2	4	15
13	-	1	10
15	-	2	13
17	-	1	7
19	-	1	7
21	-	1	7
23	-	3	10

Таблица А.15 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в марте

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	-	2	4
03	-	2	4
05	-	3	6
07	-	4	10
09	1	3	14
11	1	1	9
13	1	-	1
15	-	-	2
17	-	-	4
19	-	-	4
21	-	-	-
23	-	-	-

Таблица А.16 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в апреле

Часы/Видимость	Менее 1 км	Менее 2 км
01	-	1
03	2	3
05	1	3
07	1	2
09	-	4
11	-	-
13	-	-
15	-	-
17	-	-
19	-	-
21	-	-
23	-	-

Таблица А.17 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в мае

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	1	2	-
03	1	2	4
05	0	2	3
07	-	0	3
09	-	-	3
11	-	-	0
13	-	-	-
15	-	-	-
17	-	-	-
19	-	-	-
21	-	-	-
23	-	-	-

Таблица А.18 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в июне

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	1	2	-
03	3	5	6
05	1	3	5
07	0	3	5
09	-	2	5

Продолжение таблицы А.18

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
11	-	0	5
13	-	-	1
15	-	-	0
17	-	-	-
19	-	-	-
21	-	-	-
23	-	-	-

Таблица А.19 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в июле

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	1	1	2
03	4	8	12
05	4	6	13
07	0	4	8
09	-	2	8
11	-	0	8
13	-	-	8
15	-	-	1
17	-	-	0
19	-	-	-
21	-	-	-
23	-	-	-

Таблица А.20 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в августе

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	2	4	6
03	6	11	15
05	10	22	30
07	0	12	14
09	-	0	13
11	-	-	12
13	-	-	0
15	-	-	-
17	-	-	-
19	-	-	-
21	-	-	-
23	-	-	-

Таблица А.21 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в сентябре

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	1	4	6
03	2	5	8
05	2	5	12
07	1	3	4
09	0	3	4
11	-	0	4
13	-	-	1
15	-	-	0
17	-	-	-
19	-	-	-
21	-	-	-
23	-	-	-

Таблица А.22 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в октябре

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	1	2	4
03	1	2	4
05	3	4	6
07	2	4	7
09	1	3	5
11	-	2	5
13	-	-	4
15	-	-	4
17	-	-	3
19	-	-	2
21	-	-	1
23	-	-	4

Таблица А.23 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в ноябре

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	0	0	3
03	1	2	6
05	1	2	3
07	1	3	12
09	0	2	10
11	-	2	11
13	-	3	8
15	-	3	8
17	-	1	5
19	-	-	5
21	-	-	5
23	-	-	4

Таблица А.24 - Суточный ход повторяемости (в случаях) видимости в декабре

Часы/Видимость	Менее 0,5 км	Менее 1 км	Менее 2 км
01	-	5	11
03	0	7	16
05	2	3	12
07	1	3	12
09	2	6	17
11	2	9	27
13	1	6	11
15	1	5	10
17	1	3	11
19	2	5	8
21	1	4	10
23	1	3	10

Таблица А.25 - Повторяемость (число случаев) градаций видимости в атмосферных явлениях

Видимость	Атмосферные явления			
	Туман	Дымка	Снег, смешанные осадки, иглы, кристаллы, позомок и низовая метель	Обложной и ливневой дождь, морось
Январь				
Менее 0,5	1	-	-	-
0,5-1 км	11	-	1	-
1-2 км	-	32	18	-
2-4 км	-	35	34	-
4 км и более	-	71	206	1 случай за 5 лет
Число случаев	12	138	259	1 случай за 5 лет
Февраль				
Менее 0,5	4	-	1	-
0,5-1 км	8	-	1	-
1-2 км	-	26	18	1 случай за 5 лет
2-4 км	-	24	24	1 случай за 5 лет
4 км и более	-	62	182	2
Число случаев	12	112	226	2
Март				
Менее 0,5	1	-	1	-
0,5-1 км	3	-	2	-
1-2 км	-	9	7	-
2-4 км	-	16	19	1
4 км и более	-	40	134	8
Число случаев	4	65	163	9
Апрель				
Менее 0,5	1	-	1	-
0,5-1 км	-	-	2	-
1-2 км	-	1	3	-
2-4 км	-	6	5	2
4 км и более	-	22	51	25
Число случаев	1	29	61	27
Май				
Менее 0,5	1	-	-	-
0,5-1 км	-	1	-	-
1-2 км	-	-	1	-
2-4 км	-	3	1	1
4 км и более	-	15	13	45
Число случаев	1	19	15	46
Июнь				
Менее 0,5	2	-	-	-
0,5-1 км	2	-	-	-
1-2 км	-	1	-	-
2-4 км	-	2	-	1
4 км и более	-	9	14	41
Число случаев	4	14	14	42

Продолжение таблицы А.25

Видимость	Атмосферные явления			
	Туман	Дымка	Снег, смешанные осадки, иглы, кристаллы, поземок и низовая метель	Обложной иливневой дождь, морось
Июль				
Менее 0,5	4	-	-	-
0,5-1 км	2	-	-	-
1-2 км	-	3	-	1
2-4 км	-	6	1	1
4 км и более	1	29	18	51
Число случаев	7	38	19	58
Август				
Менее 0,5	9	-	-	-
0,5-1 км	7	-	-	-
1-2 км	-	7	-	-
2-4 км	1	14	1	1
4 км и более	-	28	8	66
Число случаев	17	49	9	67
Сентябрь				
Менее 0,5	3	-	-	-
0,5-1 км	4	-	1	-
1-2 км	-	5	2	1
2-4 км	-	8	4	1
4 км и более	1	27	33	69
Число случаев	8	40	40	71
Октябрь				
Менее 0,5	4	-	-	-
0,5-1 км	1	-	2	-
1-2 км	-	1	10	1
2-4 км	-	1	10	2
4 км и более	-	15	79	59
Число случаев	5	17	101	62
Ноябрь				
Менее 0,5	1	-	4	-
0,5-1 км	1	-	-	1
1-2 км	1	-	24	-
2-4 км	-	4	20	1
4 км и более	-	16	164	24
Число случаев	3	20	212	26
Декабрь				
Менее 0,5	4	-	1	-
0,5-1 км	14	-	4	-
1-2 км	-	20	18	-
2-4 км	-	18	31	2
4 км и более	-	50	218	6
Число случаев	18	88	272	8

Таблица А.26 - Суточный ход повторяемости (в случаях) условий погоды различной степени сложности

	Часы											
	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Январь												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	0	0,2	0,2
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	0,5	0,7	0,7	0,7	2,3	1,0	0,7	0,7	0,5	0,8	1,0	1,0
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	2	1,5	1,6	2,6	5,0	4,0	3,8	3,4	2,5	2,5	3,0	2,8
Февраль												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,5	0,5	0,7	1,0	0,8	0,5	0,2	-	-	0,5	0,5	0,5
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	0,9	0,8	1,0	2,3	2,0	1,5	1,0	0,5	0	0,7	0,8	1,0
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	3,4	3,5	4,2	5,8	4,0	3,0	2,6	2,5	1,7	1,7	2,0	2,4
Март												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	-	-	-	0,2	0,4	0,2	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	-	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	-	-
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0	1,5	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0
Апрель												
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 1 км	-	0,2	0,2	0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	0,5	0,7	0,4	0,4
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	0,8	1,2	1,5	1,3	1,5	1,0	0,8	0,8	0,9	1,0	0,8	0,9
Май												
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	-	0,8	0,8	1,2	1,0	0,5	0,5	0,2	-	-	-	-
Июнь												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	-	0,5	0,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	0,7	0,9	1,0	0,7	0,7	0,2	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	-	1,8	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	-	-	-

Продолжение таблицы А.26

	Часы											
	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Июль												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,2	0,8	0,8	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	1,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	2,0	3,3	5,2	2,5	1,3	1,3	1,0	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7
Август												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,7	1,0	1,5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	1,2	3,0	5,0	2,0	0	-	0	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	2,5	5,0	7,2	3,0	1,0	0,3	0,5	0,5	0,4	0,8	0,8	1,2
Сентябрь												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,6	0,9	0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	1,2	1,3	1,0	0,9	0,5	0,4	0,4	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	1,8	2,0	2,5	2,0	1,3	1,0	0,9	0,2	-	-	-	-
Октябрь												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	0,6	0,6	0,8	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,8	0,9	,5	0,8
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	1,8	1,4	2,0	2,3	1,3	1,5	1,7	1,0	1,5	1,5	1,3	1,5
Ноябрь												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	-	-	-	0,2	0,2	0,2
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	0,5	0,8	0,8	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	1,2	2,2	1,5	3,5	3,0	3,0	3,4	2,5	1,8	1,5	1,4	1,2

Продолжение таблицы А.26

	Часы											
	01	03	05	07	09	11	13	15	17	19	21	23
Декабрь												
Высота облаков ниже 50 м, видимость менее 0,5 км	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	0,8	0,5	0,3	0,3	1,0	0,2	0,5
Высота облаков ниже 100 м, видимость менее 1 км	1,5	1,7	1,5	1,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0
Высота облаков ниже 200 м, видимость менее 2 км	2,6	3,0	3,0	3,5	4,0	5,3	3,0	2,8	2,0	2,5	2,5	2,2