



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

Кафедра метеорологических прогнозов
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

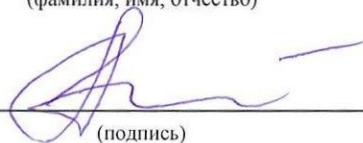
На тему: «Прогноз метелей разной интенсивности для северо-востока России»

Исполнитель Сэрэтяну Виктория Андреевна
(фамилия, имя, отчество)

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

Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«02»июня 2025г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

	Стр.
Введение.....	3
1. Метели, их образование и классификация.....	5
1.1 Видимость и ее влияние на полеты авиации.....	5
1.2 Метели, их образование и классификация.....	7
1.3 Прогноз метелей.....	10
2. Климатическая характеристика аэродрома Когалым.....	12
2.1 Физико-географическое описание района аэродрома.....	12
2.2 Общие сведения о климате района аэродрома.....	13
2.3 Циклоническая деятельность в районе аэродрома.....	16
2.4. Характеристика климатических сезонов в районе аэродрома Когалым.....	19
3. Метели в районе аэродрома Когалым.....	24
3.1 Ветер в районе аэродрома.....	24
3.2. Метели в районе аэродрома Когалым.....	32
Заключение.....	43
Список использованных источников.....	44

Введение

Метели являются явлениями погоды, ухудшающими видимость в районе аэродрома, что значительно влияет на безопасность полетов, особенно при заходе на посадку. Для решения целого ряда практических задач необходимы точные сведения о продолжительности, интенсивности и повторяемости метелей, что необходимо для эксплуатации и обслуживания авиации на аэродроме Когалым. Порой снегопады при метелях создают дополнительные, а иногда и критические нагрузки и требуют принятия решения о прекращении работ на аэродроме. Одни из них отличаются частой повторяемостью и длительной продолжительностью, другие — наоборот, редкие, но с умеренной интенсивностью [1].

Целью выпускной квалификационной работы является выявление условий образования метелей на аэродроме Когалым.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проанализированы условия образования метелей за холодный период года с 2019 - март 2024 гг., определена повторяемость случаев метелей по месяцам и времени суток, определена видимость в метелях, а также их продолжительность.
2. Рассмотрен ветровой режим аэродрома Когалым.
3. Выявлены синоптические процессы при возникновении метелей.

В первой главе описан процесс образования метелей, особенности и классификация данного явления и их влияние на видимость в районе аэродрома. Рассмотрена методика прогнозирования метелей.

Во второй главе представлена климатическая характеристика аэродрома Когалым и проанализирована циклоническая деятельность в районе аэродрома, для выявления синоптических условий возникновения метелей в районе аэродрома.

В третьей главе рассмотрен ветровой режим в районе аэродрома и проанализирована повторяемость метелей. Представлены выводы о влиянии

метелей на деятельность авиации, а также произведен анализ случаев метелей на территории аэродрома Когалым.

В заключении представлены выводы по работе

1. Метели, их образование и классификация.

Метеорологические условия являются важнейшим элементом воздушной обстановки и определяются состоянием атмосферы в определенный момент или промежуток времени. Характеризуются метеорологические условия сочетанием метеорологических параметров, которые влияют на полеты воздушных судов. Основными из них, по которым оценивается влияние метеорологических условий на полеты авиации, является высота нижней границы и видимость.

1.1 Видимость и ее влияние на полеты авиации.

Существует несколько определений видимости, но понимается под ней степень различимости удаленных объектов на окружающем их фоне днем или ночью. Самые ответственные моменты полетов авиации – взлет и посадка, могут выполняться только при хорошей видимости наземных ориентиров, начала взлетно-посадочной полосы или ограничительных огней на определенных расстояниях.

Характеристиками видимости являются контраст и дальность видимости. Дальность видимости является основной характеристикой и обозначает максимальное расстояние, на котором днем удаленный объект определенных угловых размеров сливается с окружающим его фоном. Ночью дальность видимости определяют как максимальное расстояние, на котором точечный источник света определенной интенсивности перестает определяться глазом человека.

Дальность видимости зависит от многих факторов: освещенности объекта, его угловых размеров, наличия контраста между объектом и окружающим фоном, времени суток, состояния атмосферы и физического состояния наблюдателя.

При метеорологическом обеспечении полетов используют понятие метеорологической дальности видимости, которое обозначает максимальное расстояние, на котором можно различить или обнаружить на фоне неба у горизонта или на фоне дымки черный объект с угловыми размерами $15'$. Для темного времени суток под метеорологической дальностью видимости понимают расстояние, на котором при существующей прозрачности воздуха такой объект можно было бы обнаружить, если бы вместо ночи был день.

В авиации используется понятие полетной видимости, которая в зависимости от угла зрения летчика разделяют на вертикальную, горизонтальную, наклонную и видимость при заходе на посадку – посадочную видимость.

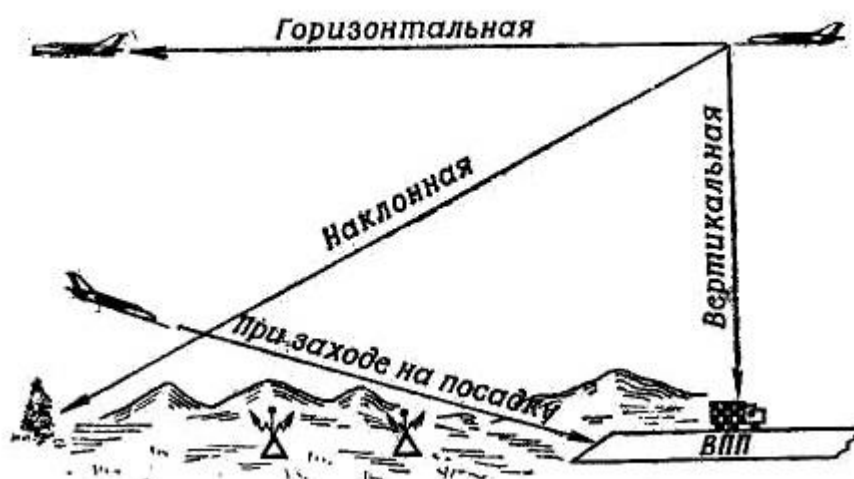


Рис.1.1 – Определение видимости в полете

Видимость при заходе на посадку является частным случаем наклонной видимости. Посадочной видимостью называют видимость наземных ориентиров и взлетно-посадочной полосы при полете на глиссаде снижения. Определяется посадочная видимость экипажем самолета и диспетчером (руководителем полетов). Именно от посадочной видимости напрямую зависит безопасное выполнение посадки воздушного судна. Для взлета важным параметром является видимость на взлетно-посадочной полосе, которую опреде-

ляет ответственный метеорологический орган на аэродроме с использованием измерительных приборов или визуально.

На посадочную видимость сильно влияют метеорологические условия – низкая облачность и явления погоды, такие как туманы, сильные дымки, пыльные и песчаные бури, интенсивные осадки, а в холодный период года такими явлениями являются и метели. Рассмотрим подробно синоптические и метеорологические условия образования метелей, их характеристики и классификацию.



Рис. 1.2 –Метель на аэродроме

1.2 Метели, их образование и классификация.

Перенос снега над поверхностью земли ветром достаточной силы (как правило – более 7 м/с) называется метелью. Метели различают общие, низовые и поземок.

Общая метель – это перенос снега, выпадающего из облака, вдоль земной поверхности сильным ветром. В зависимости от интенсивности снегопада и скорости ветра видимость может ухудшаться до нескольких сотен метров, что практически исключает посадку самолетов на аэродроме.

Низовой называется метель, при которой снег поднимается сильным ветром с поверхности земли на высоту не более двух метров. Если высота переноса снега не превышает одного метра, такое явление называется поземком. Низовая метель и поземок оказывают влияние на посадочную видимость, особенно на аэродромах, не оборудованных огнями высокой интенсивности (ОВИ) и затрудняют выполнение посадки на аэродроме.



Рис. 1.3 – Поземок

Наблюдения показали, что все виды метелей взаимосвязаны между собой. Например, при усилении ветра и подъеме снега на высоту более 1м интенсивность поземка возрастает и возникает низовая метель, а при начале выпадения умеренного или сильного снега низовая метель или поземок превращаются в общую метель.

На территории нашей страны метели наблюдаются с октября по апрель, а наибольшая повторяемость метелей приходится на период с декабря по февраль. Повышенная повторяемость и большая интенсивность метелей наблюдается в тех районах, где местные условия способствуют усилению ветра.

Возникновение общих метелей связано с прохождением циклонов и атмосферных фронтов. Продолжительные и интенсивные общие метели возникают перед теплыми фронтами и фронтами окклюзии. Кратковременные общие метели наблюдаются при выпадении ливневого снега или снежных зарядов во влажных неустойчивых воздушных массах и в зоне холодных атмосферных фронтов, особенно холодных фронтов 2 рода.

Низовые метели и поземки наблюдаются преимущественно в тылу циклонов, на западной и юго-западной периферии антициклонов, когда возникают большие горизонтальные градиенты атмосферного давления, после выпадения сухого снега. При выпадении влажного снега, влажном снежном покрове или при интенсивном уплотнении снега поземки и низовые метели исключены.

В тех районах, где циклон приближается к усиливающемуся антициклону, возникают наиболее благоприятные условия для возникновения метелей. Вследствие сближения изаллобарических областей разного знака увеличиваются барические градиенты и происходит усиление ветра у земли, скорость которого может достигать штормовых значений. При наличии осадков в виде снега в таких условиях развивается интенсивная метель.

В северных районах европейской территории страны (ЕТС), при перемещении циклонов с запада на восток, а так же при наличии ныряющих циклонов, перемещающихся с северо-запада на юго-восток, очень часто возникают сильные метели. Чем сильнее к югу проходят траектории ныряющих циклонов и чем быстрее скорость их перемещения, тем вероятнее распространение метелей и на южные районы ЕТС.

В Западной Сибири интенсивные метели вызываются южными циклонами, которые перемещаются к северу и северо-востоку с территории Черного моря, Каспийского моря, верховьев Амударьи и Балкан. Как зародившиеся в южных районах, эти циклоны обладают большой термодинамической энергией, а на Арктическом фронте они углубляются, получив дополнительную

энергию. В зонах теплых фронтов этих циклонов при наличии восточных и северо-восточных ветров возникают интенсивные метели.

Когда на востоке нашей страны устанавливается малоподвижный, мощный антициклон или отрог сибирского антициклона, а вдоль побережья, по морям перемещаются глубокие циклоны с интенсивными снегопадами и сильным ветром, на побережье Охотского моря, на севере Сахалина, в низовьях Амура и в Татарском проливе возникают наиболее сильные метели (пурга). По мере удаления в глубь континента интенсивность метелей уменьшается.

1.3 Прогноз метелей.

Для прогноза метелей используют следующие методы:

1. оценивают ожидаемую синоптическую обстановку, и если она способствует возникновению метелей, то разрабатывают прогноз интенсивности снежных осадков и прогноз скорости ветра. Если ветер по прогнозу не превышает 5 м/с, то следует ждать поземки или низовые метели. При ветре от 6 м/с и более и интенсивном снегопаде следует ждать общую метель;

2. учитывают температуру снежного покрова и воздуха – они должны быть ниже 0°C. При плотном снежном покрове вероятность возникновения поземки или низовой метели зависит от скорости ветра, но даже при их возникновении видимость значительно не ухудшится. А вот в случае рыхлого снега или когда сухой снег выпал на уплотненную снежную поверхность или обледеневший снежный покров – следует ждать значительное ухудшение видимости;

3. необходимо учитывать при прогнозе метели местные условия (рельеф и возникновение местных ветров);

4. для прогноза видимости в метели необходимо прогнозировать скорость ветра и интенсивность выпадения снега. Для этого строят графики, в

которых учитывают параметры ветра и интенсивность осадков и определяют ухудшение видимости.

2. Климатическая характеристика аэродрома Когалым

2.1 Физико-географическое описание района аэродрома

Город Когалым находится в Ханты-Мансийском автономном округе, в Тюменской области. Аэродром находится в 6 км южнее города, оборудован одной взлетно-посадочной полосой с искусственным покрытием длиной 2500м, которая оборудована ограничительными огнями высокой интенсивности, а радиотехническое оборудование аэродрома позволяет принимать самолеты с двумя курсами посадки по 1 категории ИКАО. Аэродром имеет минимум погоды K=500х2000.

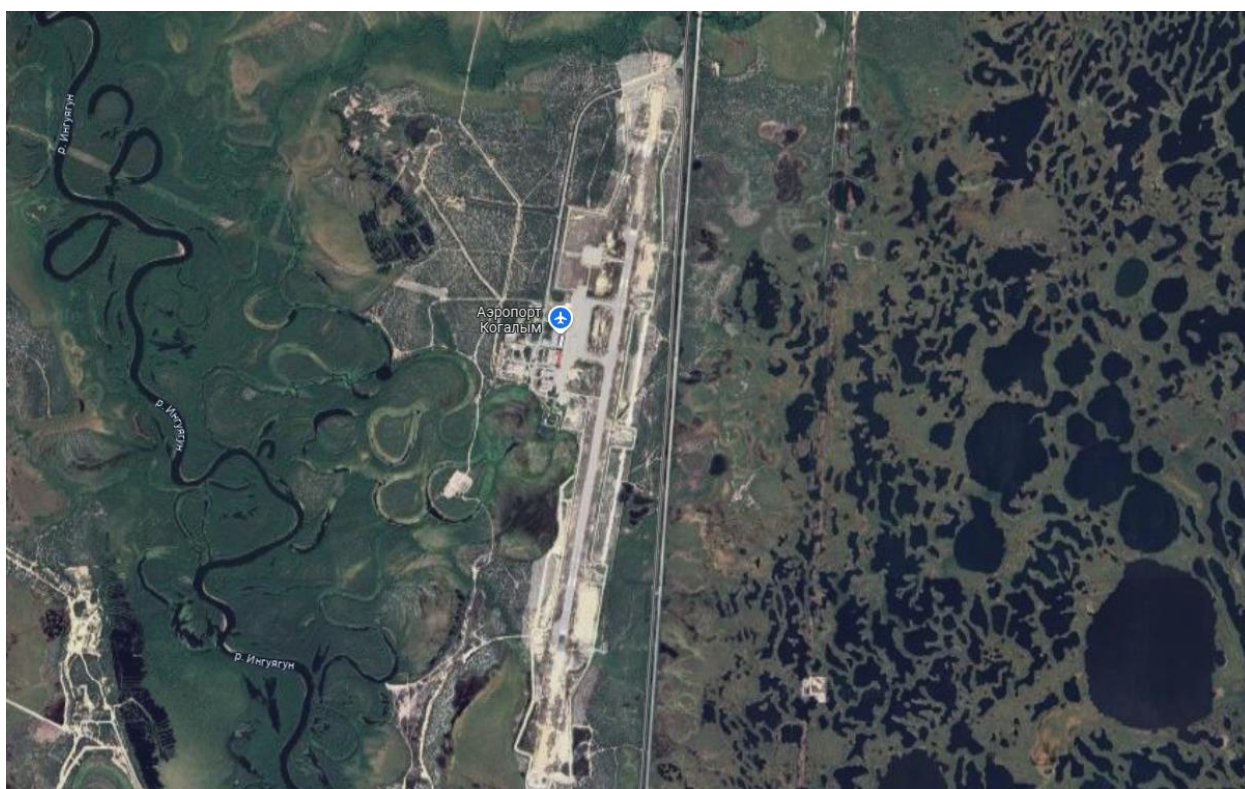


Рис.2.1 –ВПП аэродрома Когалым

Город Когалым находится в Западно-Сибирской низменности, практически в ее середине и местность представляет собой обширную открытую равнину, которая позволяет беспрепятственно приходить холодному арктическому воздуху с Ледовитого океана и хорошо прогретому воздуху с южных

азиатских стран. Уральские горы, которые находятся на западе, являются естественной преградой воздушным массам с Атлантики, которые являются влажными и теплыми.

В районе аэродрома протекают реки Кирилл-Выссягун и Ингу-Ягун и другие, менее полноводные речки и ручьи. Местность в районе аэродрома равнинная, с большим количеством болот, которые содержат торяфно-болотистые озера.

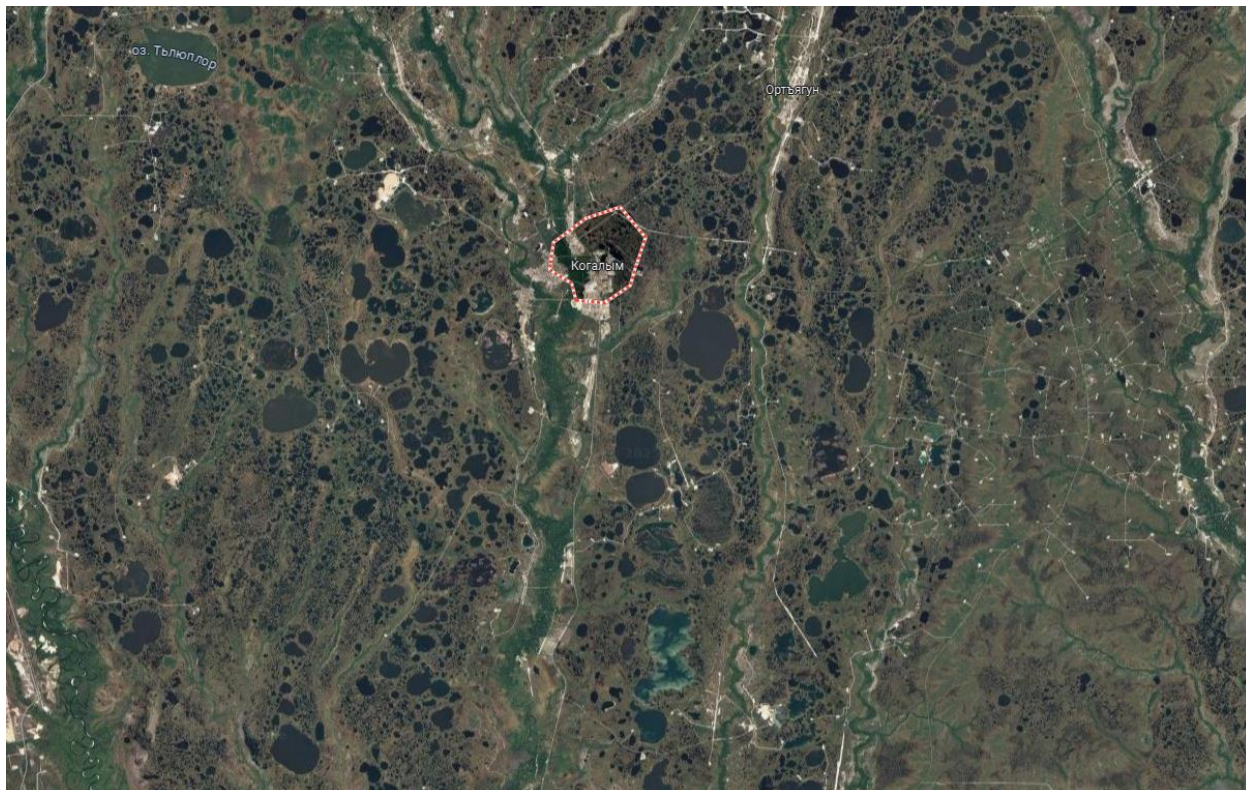


Рис.2.2 – Район аэродрома Когалым

Вдоль рек растут лесные массивы, вытянутые в виде узких полос. Лес встречается и среди болот, особенно на супесчаных и песчаных почвах. На таких почвах лес крупный.

2.2 Общие сведения о климате района аэродрома

Климат в районе аэродрома Когалым континентальный. Как уже рассматривалось выше – район аэродром полностью открыт теплым и влажным

воздушным массам с юга и холодному арктическому воздуху с севера. Такая циркуляция воздуха называется меридиональной, чему способствуют Уральские горы на западе. Происходит свободный воздухообмен, в следствие этого погода в районе аэродрома меняется быстро и часто.

Холодный период года начинается в Когалыме в октябре и продолжается до конца мая. Зимой в районе аэродрома преобладают антициклоны, которые являются блокирующим фактором для циклонов с северных направлений и они перемещаются вдоль побережья Северного Ледовитого океана. В ложбинах, которые вытянуты на юг, в восточном направлении перемещаются атмосферные фронты и вносят весомый вклад в ухудшение летно-метеорологических условий в районе аэродрома, принося низкую облачность, интенсивные снегопады и метели.

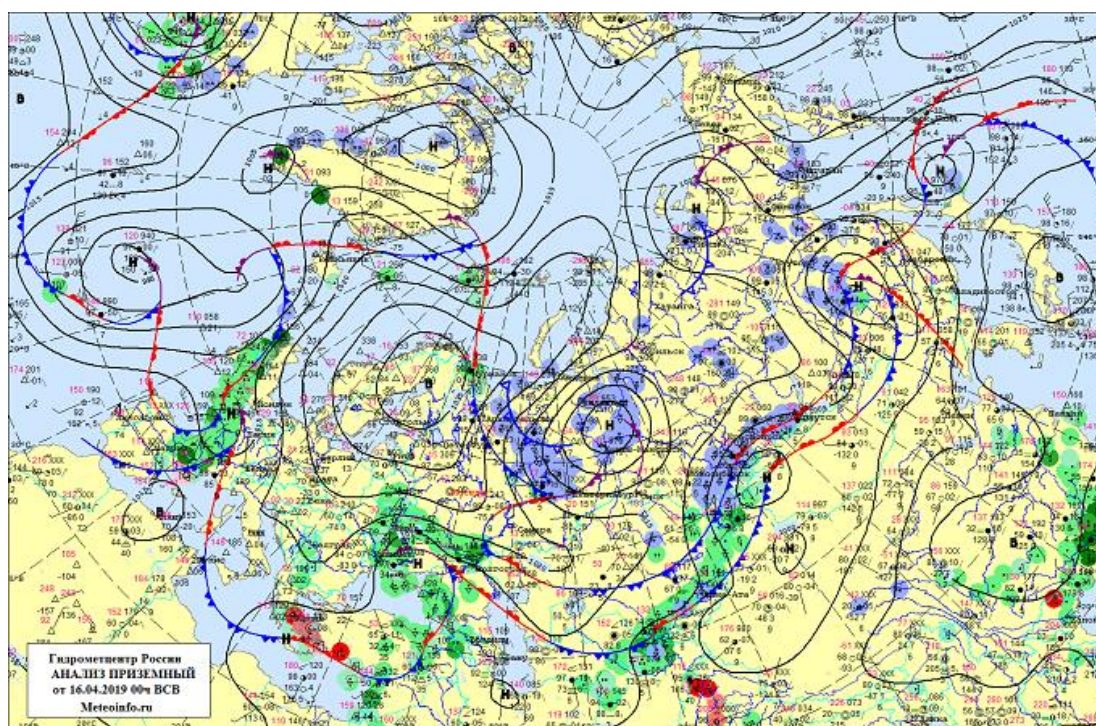


Рис.2.3 – Циклоны над Сибирью

В такую циркуляцию вмешиваются южные циклоны, которые двигаются в меридиональном направлении. Они приносят теплый воздух, который вызывает оттепели, гололед и сильный ветер с метелями. При затоке арктического воздуха с районов Карского и Берингова морей, (вторжение анти-

циклона по ультраполярной оси) на район аэродрома, возникают морозные туманы и сильные морозы.

Когда наступает весна, все синоптические процессы увеличивают скорость перемещения и интенсивность, погодные условия начинают резко меняться. Количество циклонов и антициклонов, чьи траектории проходят над районом аэродрома, резко увеличивается. Свой вклад в потепление вносят южные циклоны, вызывающие таяние снега и оттепели.

После весеннего бурного периода наступает короткое теплое лето. Все синоптические процессы над аэродромом протекают медленнее, чем зимой и весной, и не такие интенсивные. Возникают грозы со шквалистым ветром, но при отсутствии гроз сильный ветер не наблюдается.

Траектории циклонов также направлены с запада на восток, но могут появляться циклоны со стороны Карского и Баренцева моря – так называемые «ныряющие» циклоны, а также южные циклоны, со стороны Южного Урала. В июне и июле в районе аэродрома устанавливается малооблачная и теплая погода, когда над рассматриваемой территорией устанавливается мощный антициклон – Азорский максимум.

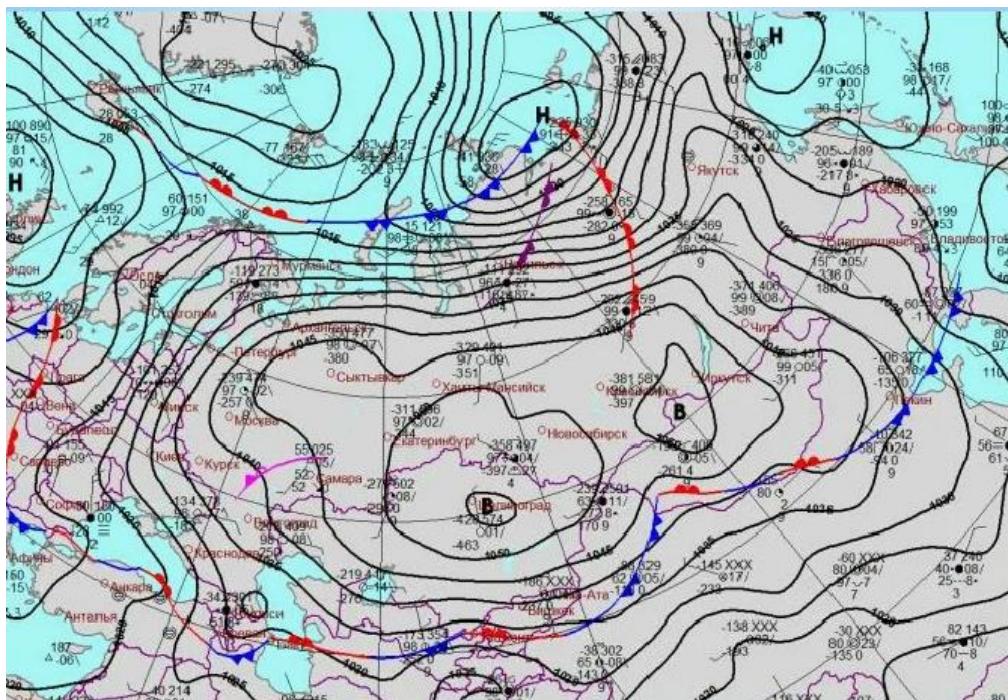


Рис.2.4 – Азорский максимум над Сибирью

Осенний период характеризуется активизацией Исландского минимума. Выход циклонов из районов Атлантики приводит к значительному ухудшению погоды, которое выражается низкой облачностью, туманами и метелями. Образуется гололед на взлетно-посадочной полосе.

2.3 Циклоническая деятельность в районе аэродрома

Западная Сибирь является районом повышенной циклонической деятельности в течение всего года. Выделяют основные типы циклонов, определяющих погоду на аэродроме Когалым (рис.2.5):

1. Западные циклоны (I);
2. Юго-западные циклоны (II);
3. Южные циклоны (III,V);
4. «Ныряющие циклоны (VI);
5. Местные циклоны (VI);
6. Северо-западные циклоны (VII);

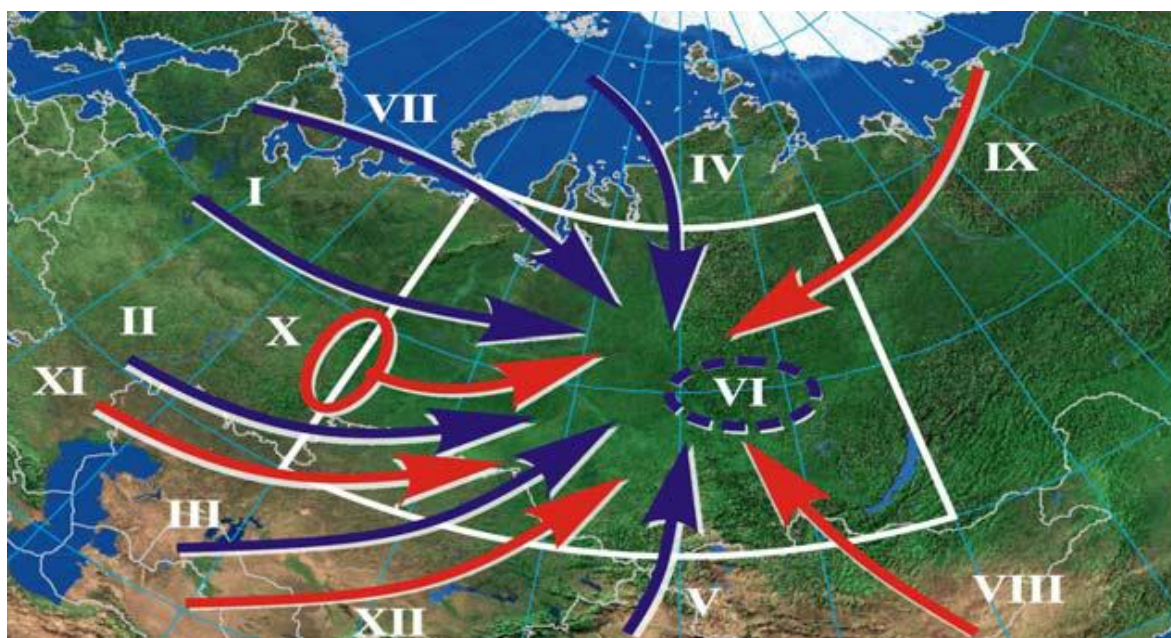


Рис. 2.5 - Карта-схема траекторий движения циклонов и антициклонов.

На схеме: I-VII –циклоны; VIII-XII –антициклоны; пунктирная область – область образования местных циклонов; область на западе изучаемой территории – область стационарирования антициклонов)

Западными называют циклоны (I), которые через Урал попадают на территорию Сибири из Атлантики. Уральские горы препятствуют возникновению интенсивных осадков в этих циклонах, так как работает «фёновый эффект» - когда воздушная масса переваливается через горы и нагревается, что приводит к рассеиванию облачности. Атмосферные фронты размываются и восстанавливаются только восточнее реки Оби. На таких фронтах весной наблюдается низкая облачность с высотой ниже 100м и морозящие осадки весной и летом. В тылу таких циклонов иногда образуются центры высокого давления с малооблачной теплой погодой. В областях высокого давления ночью могут возникать туманы.

Циклоны, которые смещаются на рассматриваемую территорию с района Аральского моря, называются Юго-западными (II). Они обладают высокой скоростью перемещения – около 70 км/ч. и дают значительное усиление ветра до 15-25 м/с. Зоны осадков в таких циклонах достигает 300-400 км, наблюдается низкая облачность слоистых форм. Возникают туманы, дымки, весной – морозящие осадки. В облаках и осадках возникает обледенение воздушных судов. В районе аэродрома Когалым такие циклоны приносят сильный ветер северо-восточного или восточного направления, так как проходит южнее аэродрома и влияют на его погоду своей северной или северо-восточной периферией.

Наиболее резкие изменения погоды вызывают Южные циклоны (III), которые образуются над теплыми Аральским, Черным или Средиземным морями. Такие циклоны, приходя с хорошо прогретых территорий, обладают огромными запасами энергии и перемещаются с большой скоростью в северном или северо-восточном направлении. В холодный период года эти циклоны приносят оттепели, вызывающие обильное таяние снега. В теплый период года их прохождение характеризуется усилением ветра с порывами, обширной зоной осадков в виде дождя или твердых осадков, если циклон перемещается над заснеженными районами. Часто возникают гололедные явления.

Из-за больших контрастов температуры воздуха иногда возникают весенние грозы. Если в теплых секторах таких циклонов температура сильно повышается, что весной приводит к обильному снеготаянию, то тыл циклонов сопровождается быстрым усилением ветра северных направлений с интенсивной турбулентностью. Наблюдаются резкие похолодания. В летний период на таких циклонах часто возникают фронтальные грозы, шквалы и смерчи, пыльные бури.

Циклоны, которые перемещаются с большой скоростью на территорию аэродрома из районов Карского моря, Ямала и Таймыра называются «Нырющими» циклонами (VI). В таких циклонах хорошо выражены атмосферные фронты. Перед теплыми фронтами наблюдаются снегопады в холодный период года, в теплый период наблюдаются низкая облачность и интенсивные дожди. Давление перед теплыми фронтами быстро падает. На холодных фронтах наблюдается мощно-кучевая и кучево-дождевая облачность с сильными грозами и ливнями, возникает шкваловый ворот.



Рис.2.6 – Шкваловый ворот

На холодных фронтах II рода, которые перемещаются с большой скоростью, наблюдаются сильные ливни с градом, с порывами ветра до 25 м/с и значительным ухудшением видимости. После прохождения фронтов наступает уменьшение облачности и наблюдается резкое похолодание.

Северо-западными циклонами (VII) называют циклоны, которые приходят из районов Баренцева моря на север и центр Западной Сибири. Особенностью этих циклонов является то, что они приходят сериями и каждый последующий циклон смещается южнее предыдущего. Скорость перемещения таких циклонов небольшая – около 40 км/ч, но они характеризуются низкой облачностью и интенсивными осадками. Зимой они приносят с собой снег, метели с очень плохой видимостью, летом – мощную кучево-дождевую облачность, достигающую высоты 7-8 км, с ливнями и грозами на холодных и теплых фронтах. Для авиации в таких условиях ожидается сильная турбулентность и обледенение в облаках и осадках, особенно в переходный период года, когда температура воздуха около 0°C.

2.4. Характеристика климатических сезонов в районе аэродрома Кога-лым

Осень в районе аэродрома наступает очень рано, уже в конце августа или начале сентября. Появляются продолжительные первые заморозки, температура не поднимается выше 10°C и начинает регулярно понижаться, так приход солнечной радиации уменьшается примерно в три раза по сравнению с самым теплым летним месяцем июлем. Радиационный баланс в сентября становится отрицательным после выпадения первого снега.

Усиливается циклоническая деятельность с западным переносом воздушных масс. Понижение температуры носит устойчивый характер и практически по всей территории наблюдается ниже 0°C. Учащаются дожди, погода становится более неустойчивая, в конце месяца возможны похолодания до -15°C, когда на рассматриваемую территорию вторгается арктический воздух

с севера. Появляются первые снегопады. Но почти каждый год наблюдается в сентябре «бабье лето» с периодами возврата тепла.

Октябрь характеризуется отрицательной температурой, появлением устойчивого снежного покрова и замерзанием рек. Ветер наблюдается с преобладающим южным и юго-западным направлением и увеличенной скоростью.

Ко второй декаде октября, когда иногда наступает циркуляция атмосферы, свойственная зимнему сезону, температура может понижаться до $-35\div-45^{\circ}\text{C}$, когда приходит континентальный арктический воздух. Температура воздуха в октябре снижается очень быстро, средняя температура становится ниже -5°C и завершается образование устойчивого снежного покрова. Начинаются период морозов и создаются благоприятные условия для гололедно-изморозевых явлений. Растет число случаев низкой облачности и туманов. Осадки выпадают твердые и к третьей декаде октября высота снежного покрова достигает 10 см. Как правило, осадки наблюдаются малой интенсивности, но бывают и сильные снегопады, которые при увеличении скорости ветра приводят к образованию метелей (2-3 дня в месяц). Средняя скорость ветра растет и уже 5-8 дней наблюдается ветер со скоростью более 15 м/с.

С образованием устойчивого снежного покрова и установлением устойчивых морозов в районе аэродрома устанавливается зимний режим.

В зимний период увеличивается повторяемость циркуляции атмосферы восточного типа, что характеризуется дальнейшим понижением температуры. Наблюдается сильное выхолаживание поверхности, вызванное увеличением антициклонической деятельности. В ноябре средняя температура не поднимается выше $-10\div-12^{\circ}\text{C}$. Так как снег обладает хорошей отражательной способностью, радиационный баланс имеет самые низкие отрицательные значения. Этому способствует минимальный за год приток тепла максимальное альбедо земной поверхности.

Ноябрь и декабрь характеризуются сильными ветрами и метелями, которые могут занимать обширные площади. Средняя температура воздуха в декабре не поднимается выше -14°C , абсолютными минимумами декабря являются температуры от -40 до -55°C . В районе аэродрома наблюдаются сильный ветер и низкая облачность, погода характеризуется неустойчивостью. Иногда в декабре бывают потепления, что связано с выходом южных циклонов.



Рис. 2.7 – Аэродром Когалым в ноябре

Зимний циркуляционный режим окончательно устанавливается в районе аэродрома в январе и феврале., которые являются центральными месяцами зимы. Как правило, в эти месяцы наблюдается ясная погода с сильным радиационным выхолаживанием и слабым ветром. В районе аэродрома часто наблюдаются туманы. Самым холодным месяцем зимы является январь. Средние многолетние температуры не превышают -18°C . В Когалыме в 2006 году наблюдалась температура в январе -58°C . Особенно низкие температуры

наблюдаются в низинах рельефа, куда стекает со склонов холодный воздух. Суточный ход температуры не превышает 5°C. В феврале температура воздуха немного выше январской – всего на 1- 2°C, но в феврале температуры начинают быстро расти при приближении марта. Снежный покров в районе аэродрома достигает 60-80 см, так как наблюдался длительный период залегания снежного покрова и отсутствуют оттепели. Максимальная высота снега наблюдается в конце марта – до 80 см, но под влиянием солнечной радиации снег начинает медленно оседать, так как обладает хорошей отражательной способностью и большой толщиной. Температура воздуха начинает медленно подниматься и в последней декаде марта – первой декаде апреля суточная температура переходит через 0°C. Но март можно еще назвать типичным зимним месяцем, так как он обладает значительным снежным покровом и низкими температурами. В марте наблюдается частая повторяемость сильного ветра и метелей. Зимний период в Когалыме длится 5-6 месяцев.

Весна в Когалыме начинается с конца апреля. В начале месяца еще наблюдается зимнее распределение температуры связанные с усилением антициклонической деятельностью и притоком холодного арктического воздуха. Можно сказать, что весна в Когалыме очень короткая и не превышает периода в 40 дней. Только к середине апреля большая территория района начинает освобождаться от снега и к концу месяца температура достигает 15-20°C.

Заболоченная местность, которая весной превращается в огромное море, задерживает повышение температуры, но сухая и ветреная погода способствует просыханию почвы и температура начинает расти.

Адвекция тепла происходит по западной периферии сибирского антициклона, вызывает его разрушение и ликвидацию зимних условий, способствующих выхолаживанию. Устойчивые морозы прекращаются уже к середине апреля и проходит быстрое разрушение снежного покрова, но при вторжении на территорию холодного арктического воздуха бывают резкие похолодания, с сильным ветром и метелями. В конце апреля – начале мая

происходит окончательный переход средней температуры через 0°C. Но в атмосферной циркуляции мая характерно чередование выносов холодного арктического воздуха с затоком теплых воздушных масс с юга. Теплая погода может сменяться обильными снегопадами и даже в мае могут наблюдаться метели.

3. Метели в районе аэродрома Когалым

Как уже рассматривалось ранее, для возникновения метелей необходимо наличие снежного покрова и выпадение снега из облаков, отрицательные температуры и наличие сильного ветра (более 6 м/с) Рассмотрим режим ветра в зимние месяцы в районе аэродрома.

3.1 Ветер в районе аэродрома.

Условия эксплуатации аэродрома в значительной степени определяются особенностями режима приземного ветра.

Ветер представляет собой горизонтальное движение воздуха и является одной из самых изменчивых характеристик состояния атмосферы.

При выборе местоположения аэродрома и направления ВПП для безопасности полетов и получения наибольшего экономического эффекта необходимо учитывать преобладающее направление ветра. От направления и скорости ветра зависит безопасность взлета и посадки воздушных судов, время и длина разбега и пробега. Неблагоприятны для взлета и посадки самолетов штиль и сильный ветер, дующий перпендикулярно (боковой ветер) к взлетно-посадочной полосе (ВПП).

Полное отсутствие ветра (штиль) неблагоприятно сказывается на производстве полетов, так как нарушается устойчивость самолетов, уменьшается их грузоподъемность, увеличивается длина разбега при взлете и длина пробега при посадке.

При боковом ветре (и его составляющих) значительно усложняется взлет и посадка самолета, так как образуются дополнительные аэродинамические силы, затрудняющие управления самолетом, под влиянием которых возникает кренящий разворачивающий момент. Разворачивающий момент возникает вследствие несовпадения центра бокового давления ветра с центром тяжести. Поэтому боковой ветер создает силу, стремящуюся развернуть

самолет по ветру. В связи с этим все типы самолетов имеют ограничения по скорости бокового ветра для взлета и посадки с различными допусками.

Взлет и посадку самолетов производят против ветра, так как встречный ветер уменьшает скорость отрыва и посадочную скорость и, следовательно, уменьшает длину разбега и пробега. Встречный ветер при взлете, создавая дополнительный обдув самолета, увеличивает путевую устойчивость и управляемость самолета в начале движения. При попутном ветре, наоборот, увеличивается длина разбега и пробега самолета, ухудшается его устойчивость и управляемость, усложняется выполнение взлета и посадки.

Сильный ветер создает турбулентность в приземном слое атмосферы, вызывает опасные явления, препятствующие производству полетов или усложняющие их. К таким явлениям относятся метель, пыльные бури, шквалы, сдвиги ветра. Сильный ветер может нанести ущерб авиации: привести к разрушениям аэродромных сооружений, вызвать повреждения и опрокидывания незакрепленных на земле воздушных судов и т.д.

Поэтому анализ характеристик ветра является важнейшей частью климатического исследования.

Результаты наблюдений брались за 6 лет, 2019 по 2024 гг. Наблюдения за направлением ветра на АМСГ Когалым ведутся с учетом магнитного склонения (+17 градусов). Рассматривалось направление ветра от магнитного меридиана.

3.1.1 Повторяемость различных направлений ветра

В таблице 3.1 и на рисунке 3.1 представлена повторяемость скорости ветра по направлениям в течение года. Из графического анализа следует, что наибольшую повторяемость в течение года имеет ветер южного и юго-западного направлений (10,6% и 10,3% от общего количества наблюдений). Реже всего отмечаются ветры восточного (3,5%) и северо-восточного (3,7%) направлений. Из чего можно сделать вывод, что преобладающими являются

ветры южных составляющих, а наиболее редко наблюдающимися – восточных.

Учитывая, что годовая роза ветров дает сглаженную картину распределения направлений ветра в течение года, в работе представлены месячные розы ветров холодного периода года, построенные по данным таблиц 3.2-3.13. На месячных розах ветров представлены средние скорости ветра для каждого направления.

В холодный период года (январь) преобладают ветры южной составляющей, наибольшая повторяемость – 13,2%. Реже всего отмечаются северные ветры (0,8%). В теплый период года (июль) наибольшую повторяемость имеют западные ветры (10,8%), реже всего отмечаются ветры восточных направлений (4,2%).

В месяцы, относящиеся к переходным периодам года (весенний и осенний период), сохраняется большая повторяемость ветров южных составляющих и увеличивается повторяемость северо-западных.

Для весенних месяцев переходного периода (апрель и май) характерны следующие особенности: в апреле господствующими ветрами являются южные ветры (14,9%), реже всего отмечаются северо-восточные ветры (3,3%); в мае наибольшую повторяемость имеют северо-западные ветры (15,2%), реже всего отмечаются восточные ветры (3,1%).

В осенний переходный период года (сентябрь и октябрь) господствующими ветрами являются: в сентябре северо-западные (10,6%) и юго-восточные (10,4%) ветры, а в октябре ветры южных составляющих (10,8%-11,8%). Реже всего отмечаются восточные ветры (3,1% в октябре), северо-восточные (3,3% в сентябре).

3.1.2 Повторяемость различных скоростей ветра

Из анализа таблицы видно, что в течение года в аэропорту Когалым преобладает ветер со скоростью 3-5 м/с (31,9% от общего количества наблю-

дений). Слабые неустойчивые ветры 1-2 м/с наблюдаются в 19,4% случаев. Ветер 6-7 м/с наблюдается в 22,3% случаев. За рассматриваемый период в 19,3% случаев отмечается ветер 8-10 м/с, а ветер 11-12 м/с имеет место только в 4,6% от общего числа случаев. Более 15 м/с ветер наблюдается редко (0,4% при скорости 16-18 м/с и 0,1% при скорости 19-20 м/с). Штили составляют 3,4% от общего числа наблюдений.

Из анализа таблиц следует отметить, что наибольшая повторяемость слабого ветра (1-2 м/с) приходится на январь (43,0%) и февраль (36,5%). Ветер 3-5 м/с чаще всего отмечается в декабре (39%). Ветер 15 м/с и более отмечался в течение всего года, кроме января, максимум повторяемости приходится на апрель. Ветер со скоростью 20 м/с и более отмечался в марте, апреле, августе, октябре и ноябре (чаще всего в апреле).

В таблице представлено среднее число дней со скоростью ветра 15 м/с и более и 20 м/с и более.

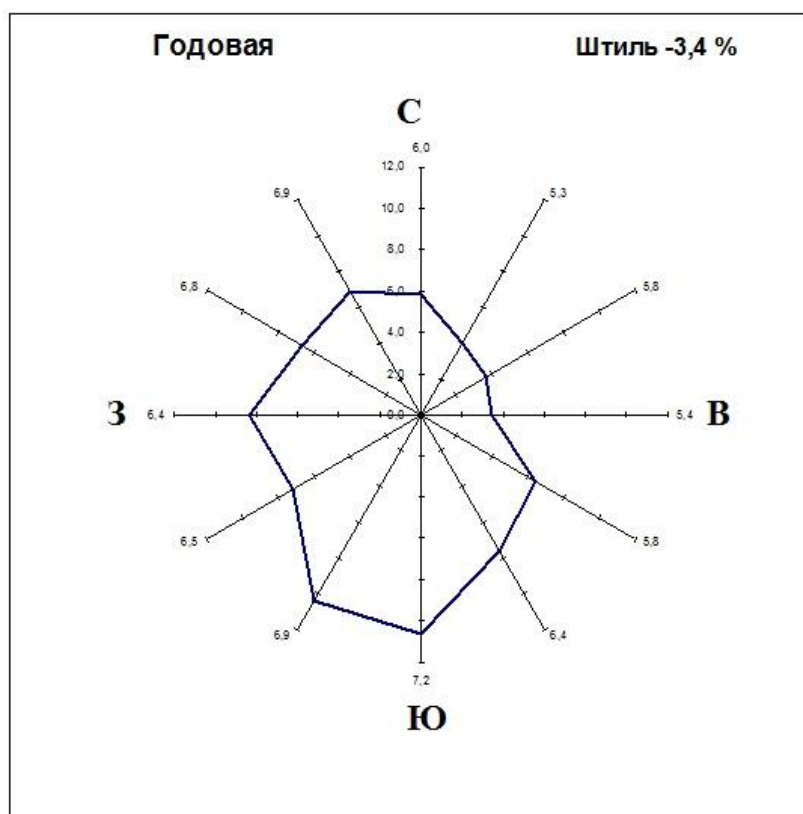


Рис.3.1 –Годовая роза ветров: на концах осей цифрами даны средние скорости ветра (м/с)

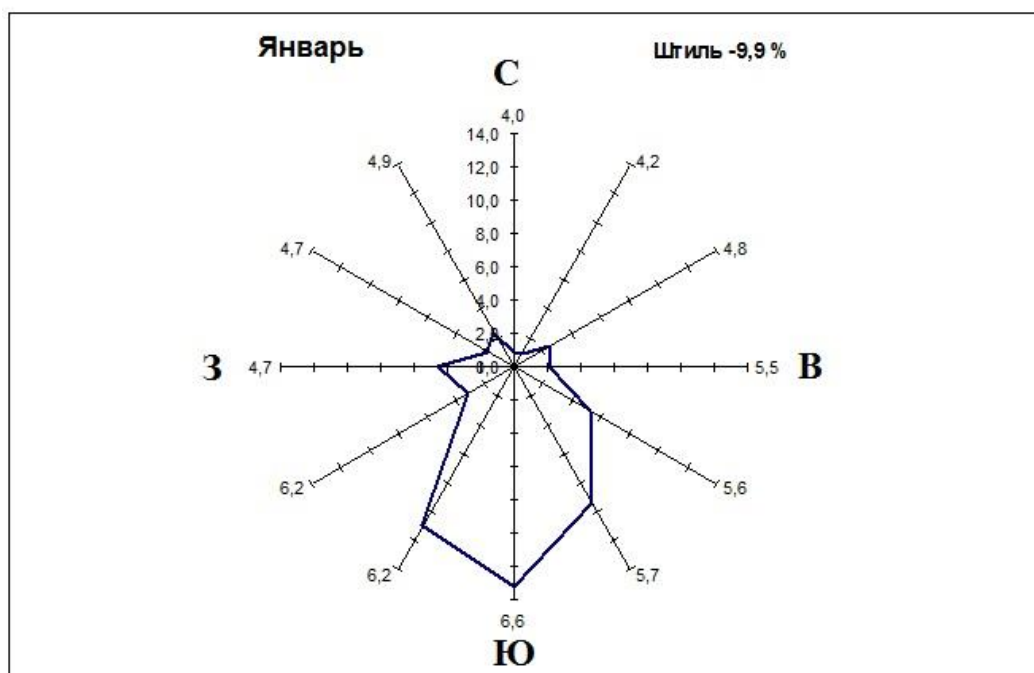


Рис. 3.2- Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров) для января.

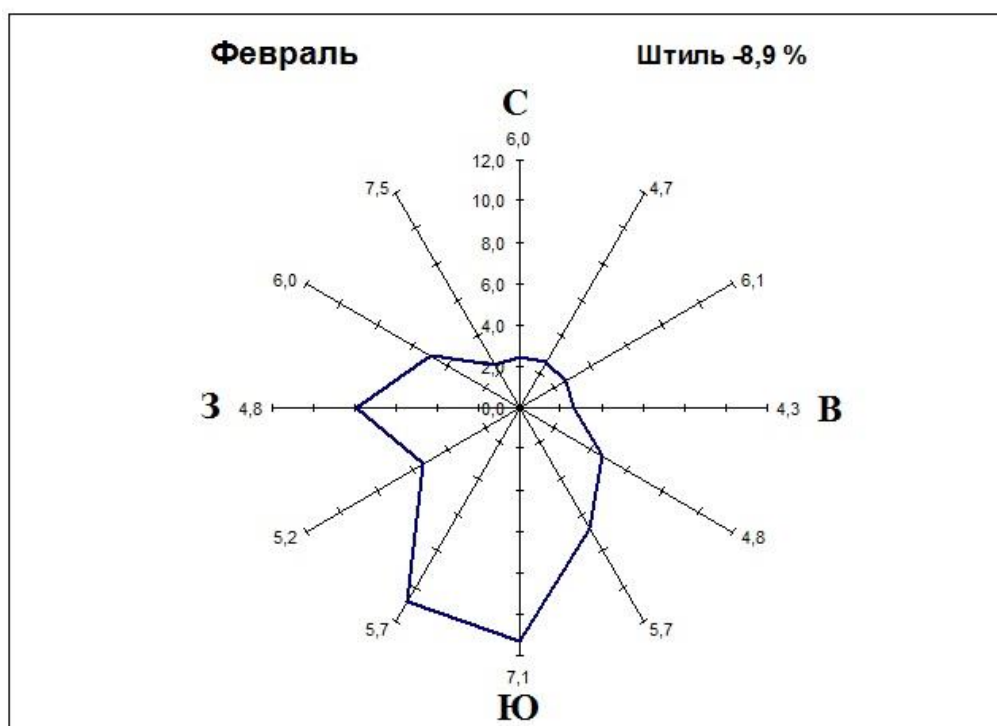


Рис. 3.3 - Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров) для февраля.

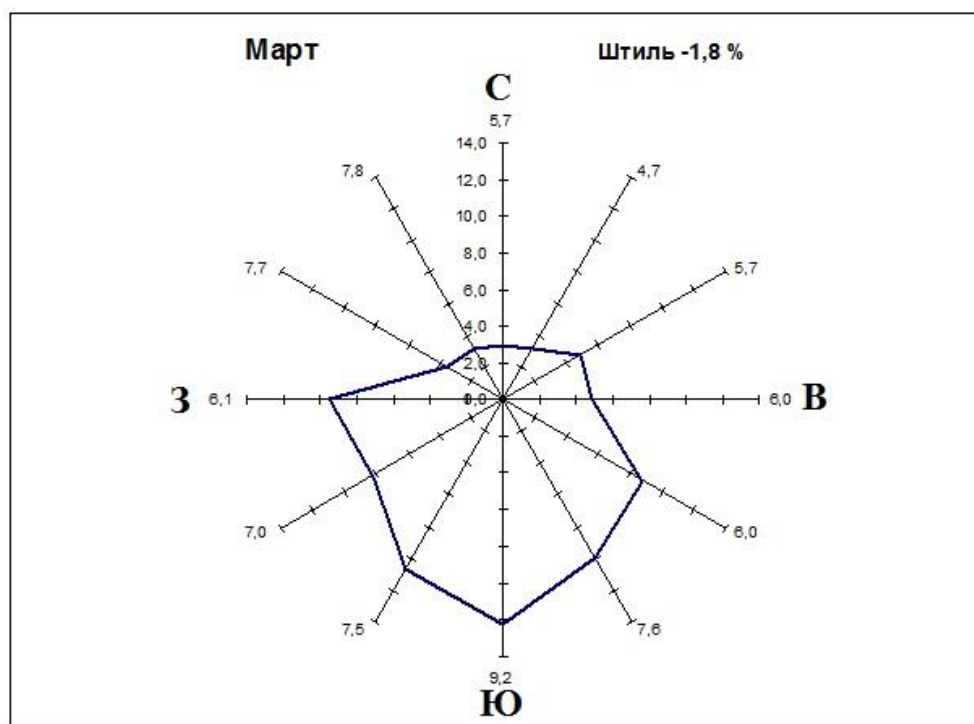


Рис. 3.4 - Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров) для марта.

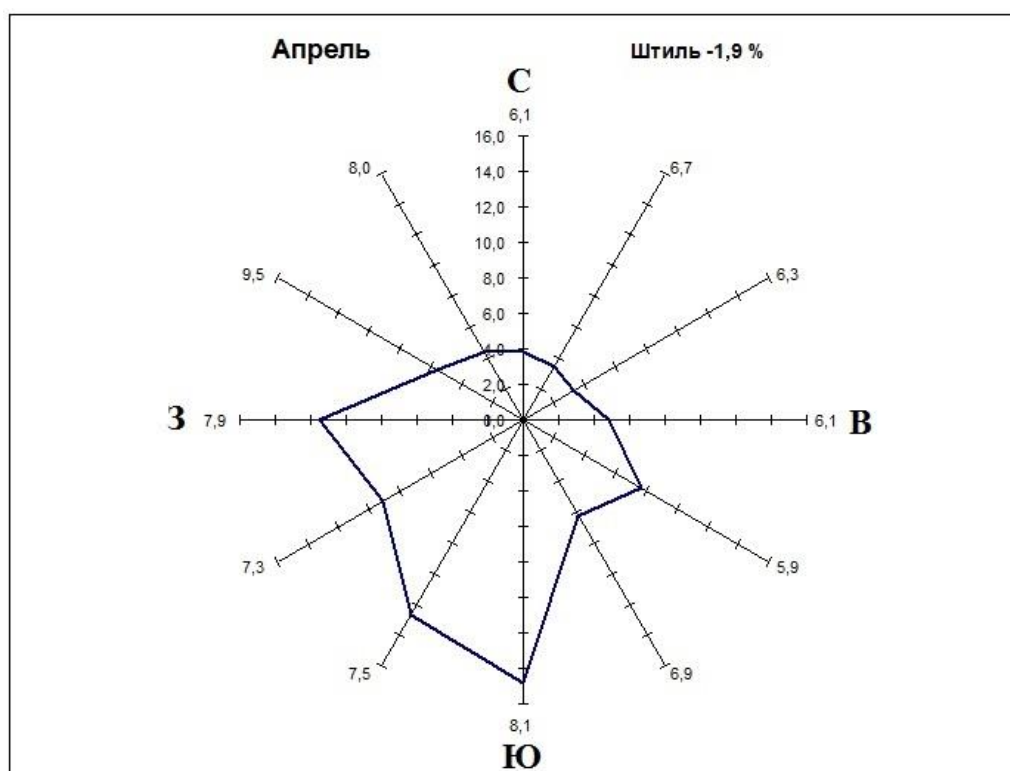


Рис. 3.5 - Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров) для апреля:

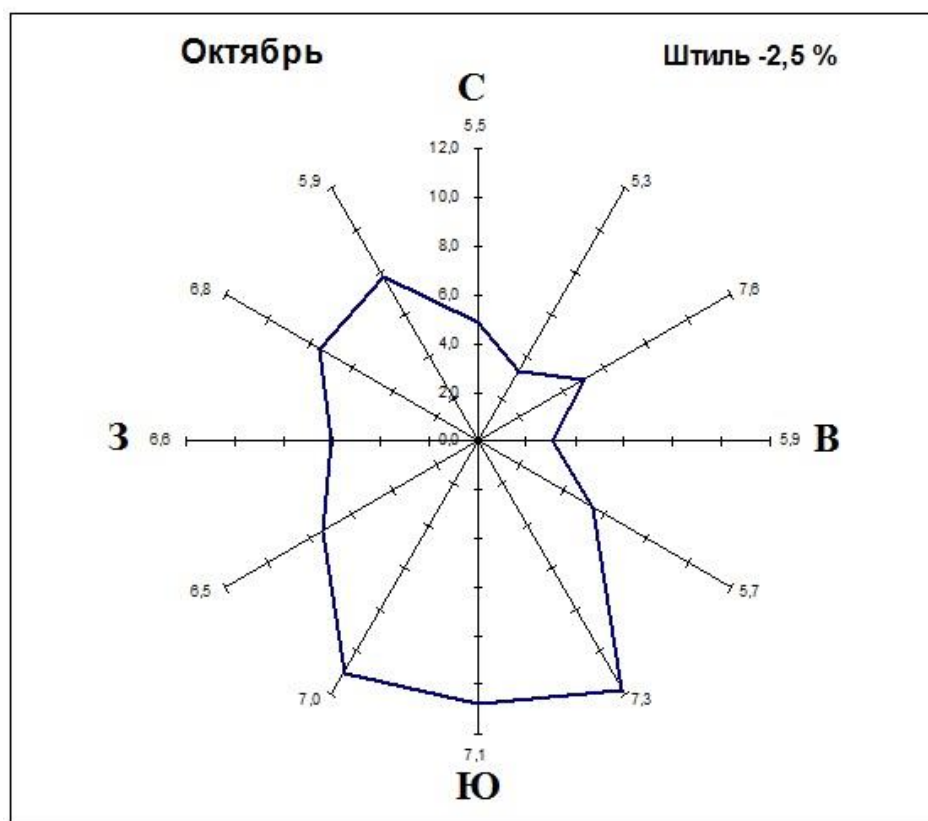


Рис.3.6 - Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров)
для октября.

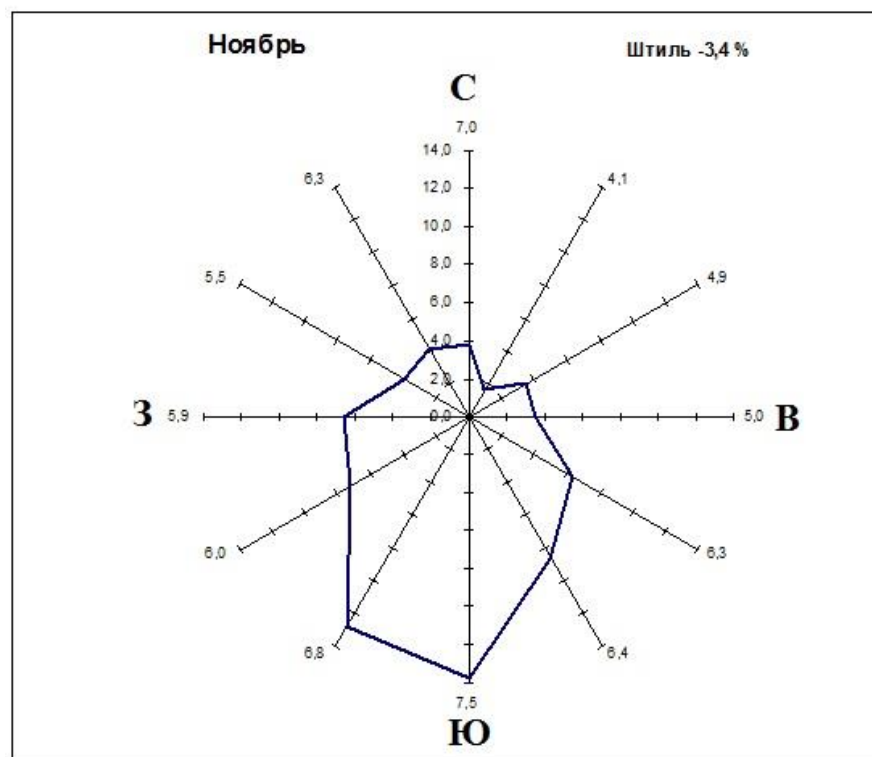


Рис.3.7 - Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров)
для ноября.

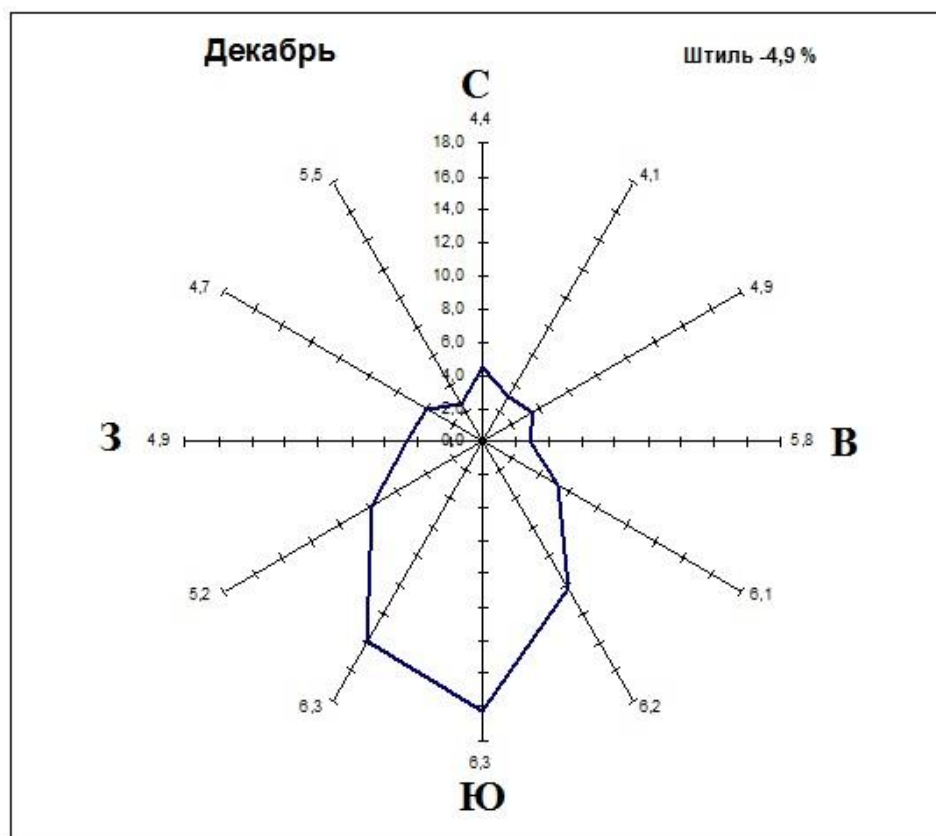


Рис. 3.8 - Повторяемость, %, направлений ветра (роза ветров) для декабря.



Рис.3.9 – Повторяемость скорости ветра в районе аэродрома.

Из графика видно, что скорости ветра в районе аэродрома достаточно для образования метелей.

3.2. Метели в районе аэродрома Когалым

Как уже рассматривалось в первой главе работы, дальность видимости в холодный период года в районе аэродрома Когалым ухудшается из-за метелей, которые возникают при наличии осадков в виде снега и сильного ветра – более 6 м/с. В районе аэродрома наблюдается как общая, так и низовая метель и поземок. Сильный ветер, особенно его боковая составляющая скорости ветра, превышающий критические значения для аэродрома Когалым, является опасным явлением погоды, а перенос снега значительно ухудшает летно-метеорологические условия и влияет на безопасность полетов.

Метели в районе Когалыма могут начинаться в октябре и заканчиваться в мае. Их появление связано с прохождением циклонов над рассматриваемой территорией и усилением ветра на атмосферных фронтах.

Когда над районом аэродрома проходят западные циклоны и так называемые «ныряющие циклоны» с акваторий Карского и Баренцева моря, траектории которых направлены с северо-запада на юго-восток, на холодных фронтах и в тылу циклонов возникает сильный ветер западных и северных направлений, начинаются метели.

Свой вклад в возникновение метелей вносят и южные циклоны. Когда они выходят на территорию нашей страны их хорошо прогретых районов, такие циклоны обладают высокой термодинамической энергетикой, перед теплыми фронтами и фронтами окклюзии возникают сильные метели, при которых видимость может ухудшаться до 1000 м и менее, а метели могут быть как низовые, так и общие.

Повторяемость метелей в течении года за период с 2019 по 2024 г. представлена в таблице 3.1 и в гистограмме 3.10.

Таблица 3.1 – Повторяемость метелей за 2019-2024 гг.

Количество метелей за каждый год							
год	2019г.	2020г.	2021г.	2022г.	2023г.	2024г.	общ.число
число сл.	153	142	34	133	149	127	738

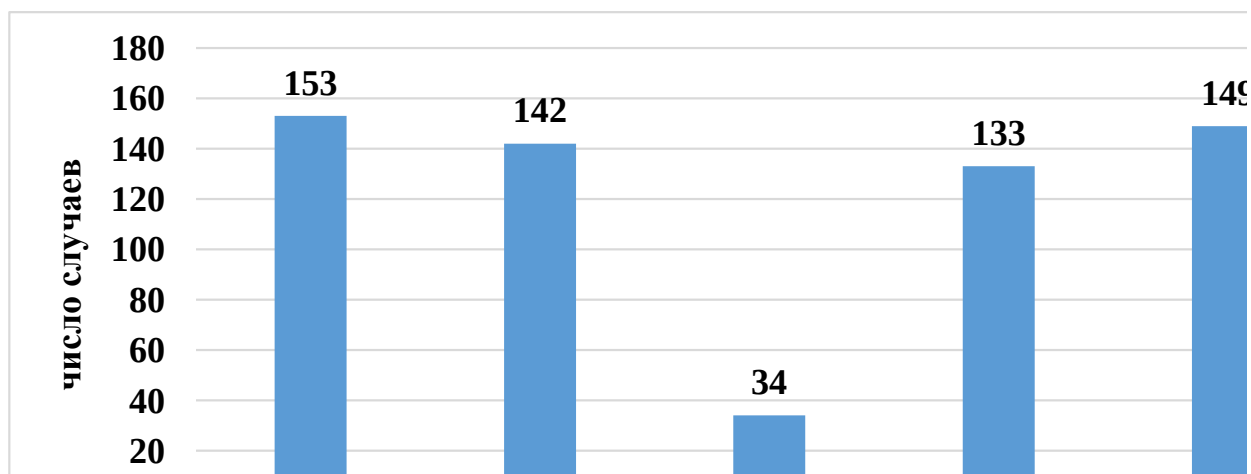


Рис. 3.10 - Повторяемость метелей в районе аэродрома

Всего в районе аэродрома за рассматриваемый период наблюдалось 738 метелей. Из таблицы видно, что наиболее метелевый был 2019 г (153 случая) и 2023 г (149 случаев). Меньше всего метелей наблюдалось в 2021 году (34 случая), что связано с малоснежной зимой в этом году в районе аэродрома.

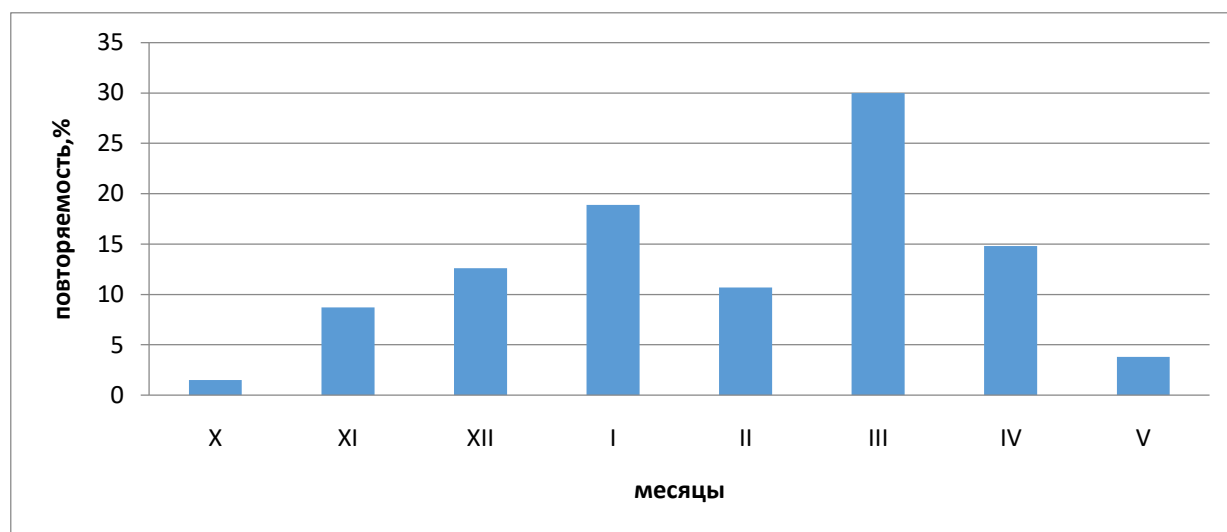


Рис.3.11 – Повторяемость метелей по месяцам за период 2019-2024 гг

Годовой ход метелей представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 –Повторяемость метелей по годам и месяцам, число случаев и %.

год	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	год	%
2019	0	24	6	25	4	73	21	0	153	20,7
2020	0	0	9	46	17	49	21	0	142	19,2
2021	10	1	14	0	5	4	0	0	34	4,6
2022	0	13	15	23	2	48	4	28	133	18
2023	1	2	23	46	17	39	21	0	149	20,2
2024	0	24	26	0	34	1	42	0	127	17,2
всего	11	64	93	140	79	214	109	28	738	100
%	1,5	8,7	12,6	18,9	10,7	30,0	14,8	3,8	100	

Метели в районе аэропорта Когалым наблюдаются с октября по май (рис.3.11). В марте (30%), январе (18,9%) и апреле (14,8%) повторяемость метелей максимальна. Наименьшая повторяемость метелей отмечается в декабре (0,4%). Март является переходным месяцем от зимы к весне. В марте все синоптические процессы становятся более интенсивными, скорость перемещения барических образований увеличивается, что приводит к резкой смене погоды, усилением количества осадков и скорости ветра, что приводит к образованию метелей в районе аэродрома. В апреле и мае на территорию Когалыма начинают прорываться южные циклоны, которые вызывают резкое потепление и таяние снега, но на смену этих циклонов вторгается холодный арктический воздух, сопровождающийся осадками, сильным ветром и метелями. В октябре и ноябре начинается перестройка осеннего климата на зимний. Устойчивые отрицательные температуры наблюдаются в районе аэродрома с третьей декады октября, появляется снежный покров.

В ноябре и декабре наблюдаются сильные ветры метели в районе аэродрома, так как растет повторяемость циклонов. Метели могут занимать довольно большие площади и наблюдаться каждые 3-4 дня.

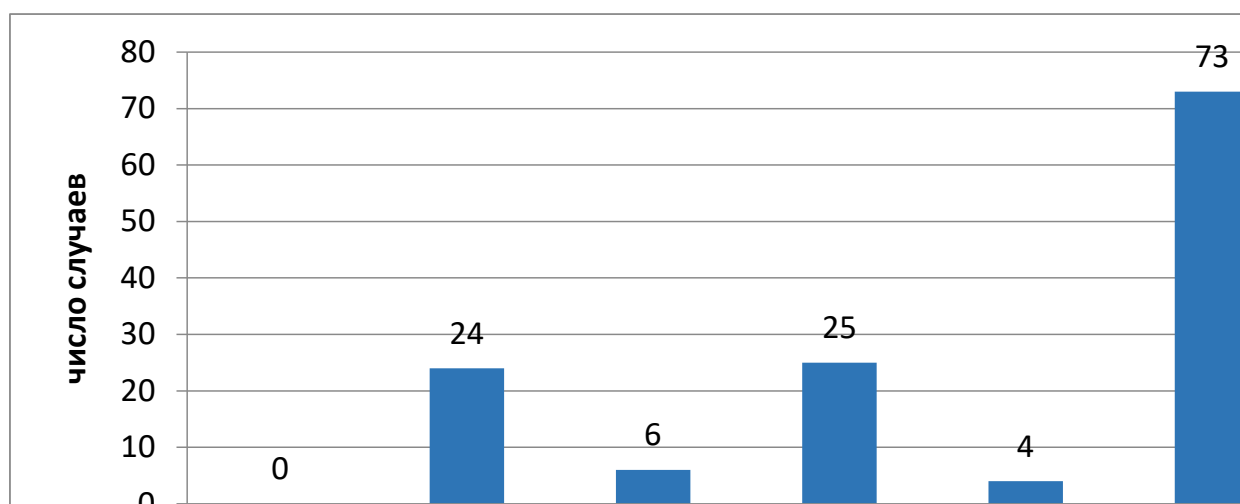


Рис. 3.12 –Повторяемость метелей в 2019 г (число случаев)

В 2019 году наиболее метелевым был март -73 случая метелей, январь и ноябрь (25 и 24 случая). Меньше всего метелей было декабре и феврале.

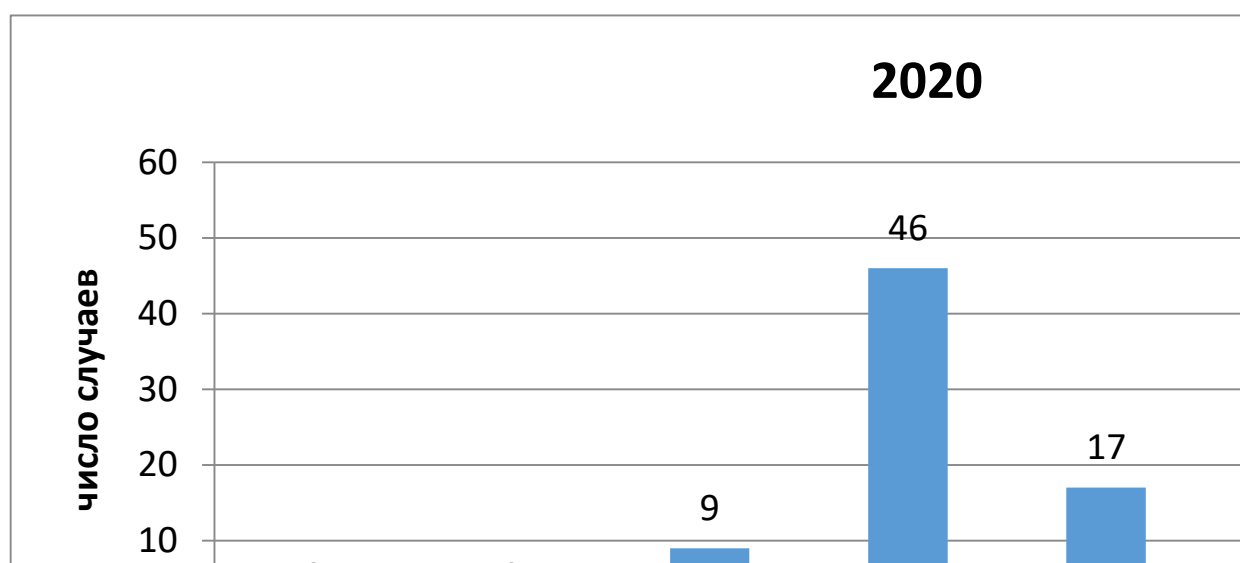


Рис. 3.13 – повторяемость метелей в 2020 г. (число случаев)

В 2020 году также наиболее метелевым был март - 49 случая метелей, январь и апрель (46 и 21 случай соответственно). Меньше всего метелей было декабре и феврале, как и в 2019 г.

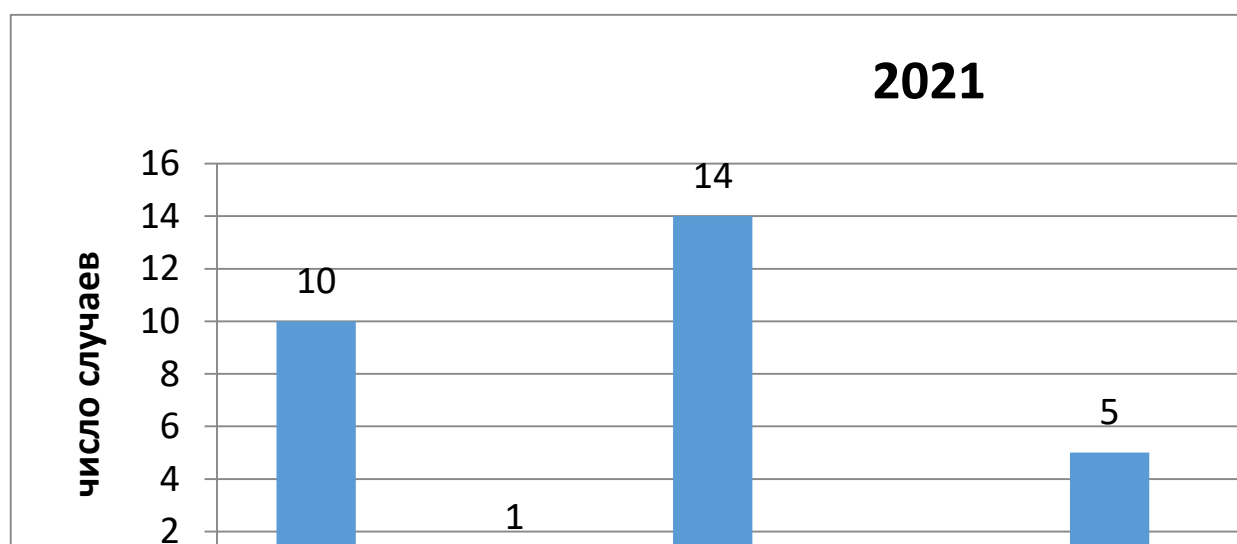


Рис. 3.14 – повторяемость метелей в 2021 г. (число случаев)

В 2021 году наблюдалось минимальное за весь период наблюдения число метелей, всего 34 случая (4,6% от общего числа метелей), . Наиболее метелевым был декабрь - 14 случаев метелей и октябрь – 10 случаев. Январь апрель и май были месяцами без метелей. Это можно объяснить тем, что зимний период был довольно бесснежным из-за установившегося над Сибирью Азорского антициклона.

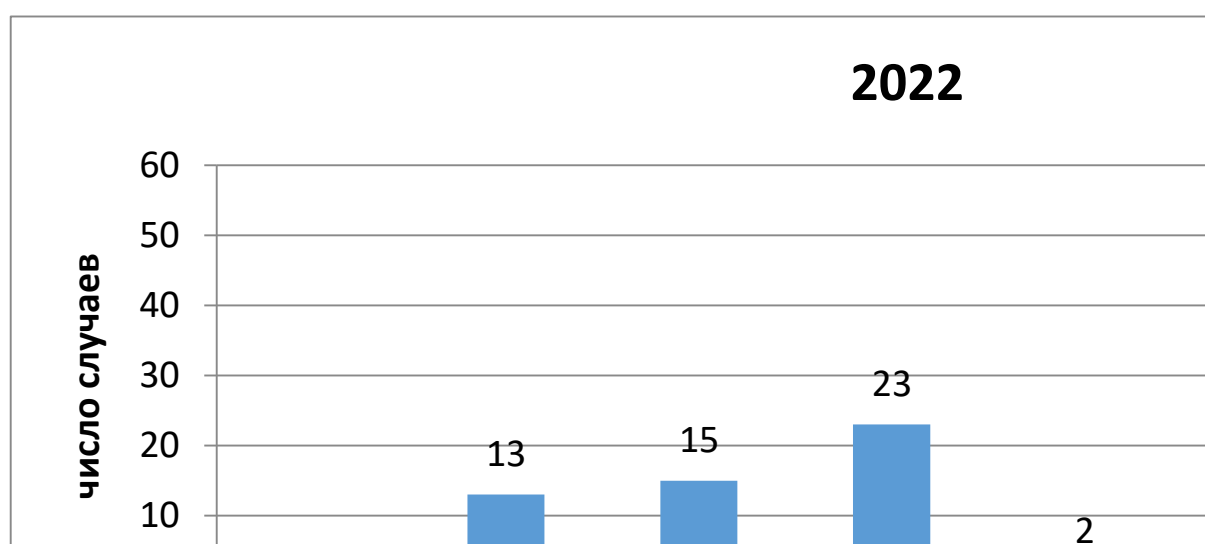


Рис. 3.15 – повторяемость метелей в 2022 г. (число случаев)

В 2022 году также наиболее метелевым был март - 48 случаев метелей, январь и май (23 и 28 случаев соответственно). Меньше всего метелей было в феврале (2 случая) и апреле (4).

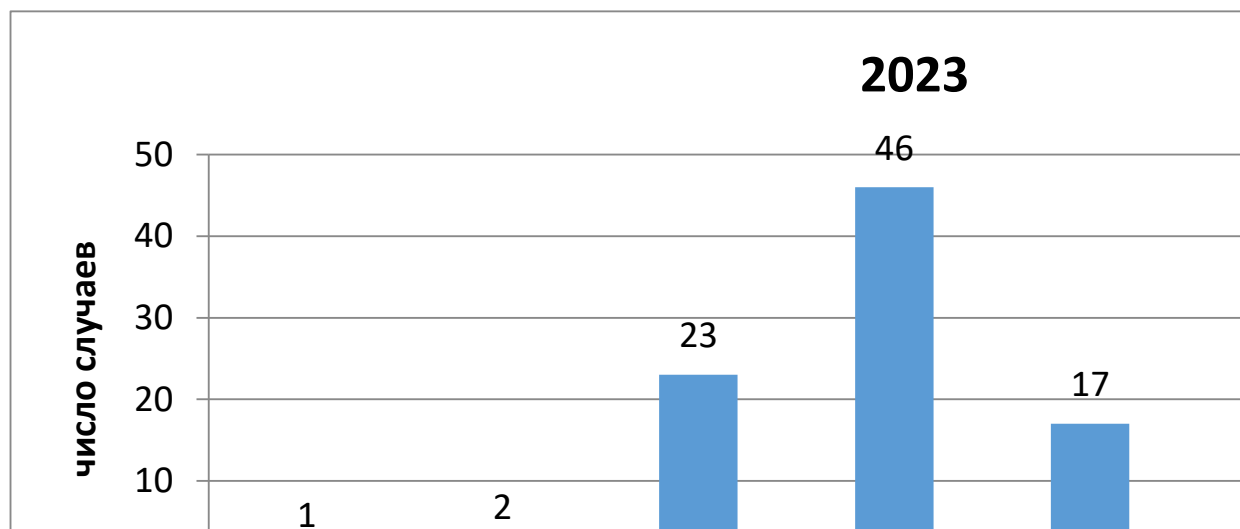


Рис. 3.16 – повторяемость метелей в 2023 г. (число случаев)

В 2023 году наиболее метелевыми были январь и март (46 и 39 случаев), меньше всего метелей наблюдалось в осенние месяцы и в мае.

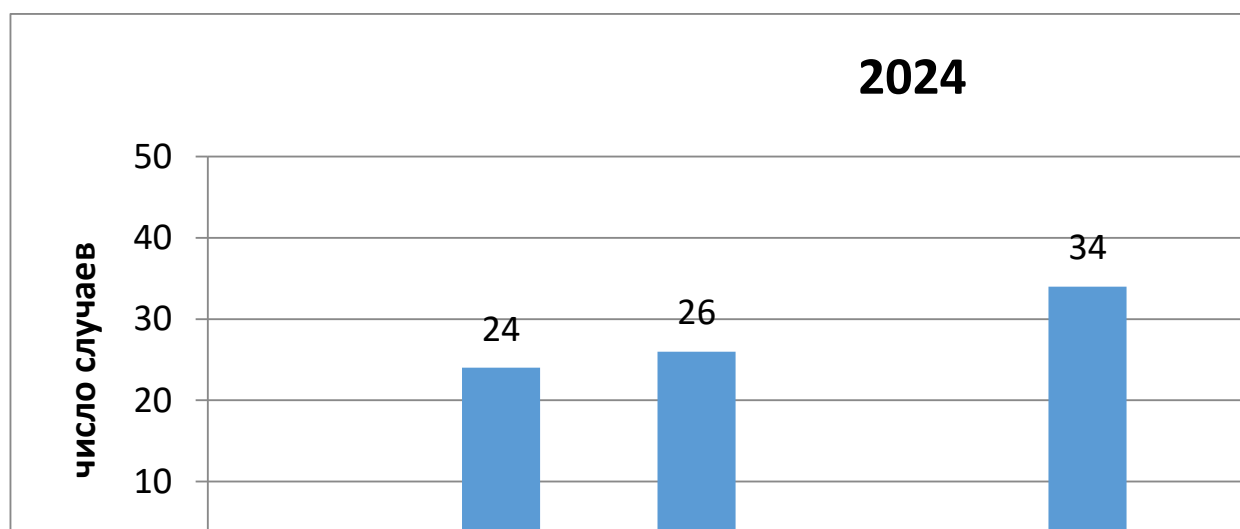


Рис. 3.17 – повторяемость метелей в 2024 г. (число случаев)

В 2024 году наблюдается противоположная 2023 году картина – наиболее метелевыми были апрель (42 случая) и февраль (34). Март отметился всего 2 случаями метели, а октябрь, январь и май были без метелей.

Таким образом можно сделать вывод, что в среднем каждый год в Когалыме наблюдается 140 метелей, за исключением 2021 года, а самым метелевым является март – 30% всех случаев метелей.

В течение суток повторяемость метелей распределена довольно равномерно, без ярко выраженного суточного хода.

Вызывает интерес продолжительность метелей в районе аэродрома. В таблице 3.3 представлена повторяемость (%) непрерывной продолжительности метелей по градациям времени.

Таблица 3.3 – Продолжительность метелей в районе аэродрома (часы)

часы	≤1	1-3	3-6	6-12	12-18
%	10,6	38,4	49,2	6	0

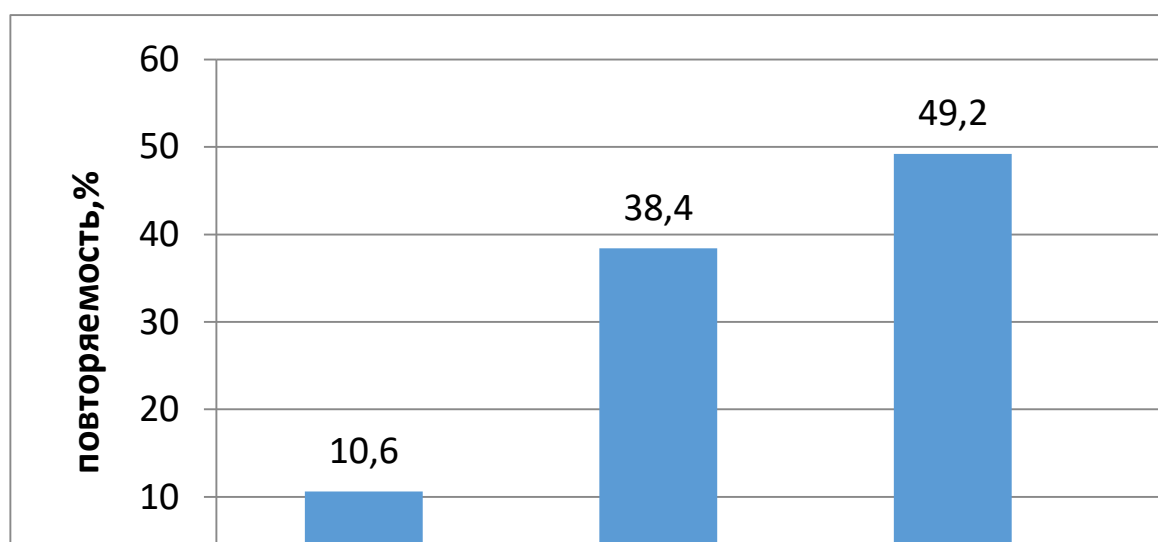


Рис. 3.18 – Повторяемость продолжительности метелей

Из таблицы видно, что чаще всего наблюдались метели продолжительностью от 3 до 6 часов – почти половина всех случаев метелей. Метели дли-

тельность от 1 до 3 часов наблюдались в 38,4% случаев, реже всего наблюдаются метели с продолжительностью 6-12 часов - 6,0% от общего числа случаев, а метелей более 12 часов в районе аэродрома не наблюдалось. Наибольшая продолжительность метели наблюдалась в марте 2022 г. -7,2 часа

Рассмотрим метели как явления, ухудшающие видимость в районе аэродрома. В таблице 3.4 представлена повторяемость, %, горизонтальной видимости при метелях. Метели с видимостью менее 200 м за рассматриваемый период не отмечались, а метелей с видимостью менее 2000 м наблюдалось более 67% (ниже дневного минимума погоды аэродрома)

Таблица 3.4 –Повторяемость градаций видимости в метелях (%)

ВИДИМОСТЬ, КМ	<200	<400	<800	<1000	<1500	<2000	<3000	<5000
%	0	2,5	11,3	15,9	38,5	67,8	96,7	100

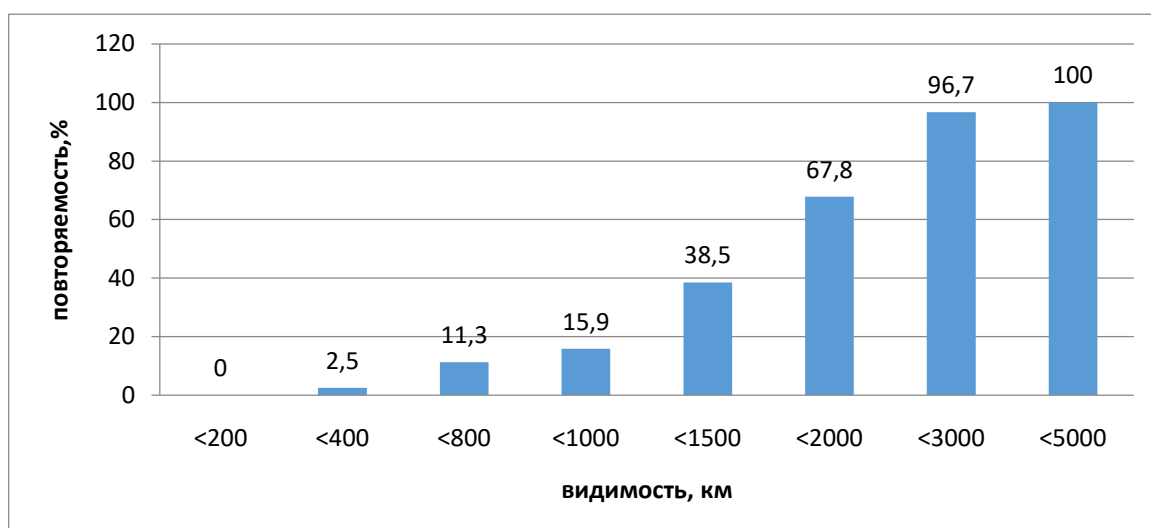


Рис. 3.19 – Повторяемость градаций видимости в метелях

В таблице 3.5 представлена повторяемость, %, метелей при определенных направлениях ветра.

Из таблицы видно, чаще всего метели возникали при ветре со скоростью 11-15 м/с (49,4%), реже при ветре со скоростью от 6 до 10 м/с (38,9%), на случаи метели с ветром более 15 м/с приходится 11,4% случаев.

Таблица 3.4 –Повторяемость метелей при разных градациях скорости и направлениях ветра (%).

скорость ветра	штиль	перем	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	%
6-10	0	0	2,5	9,6	3,3	0,8	7,1	1,3	1,4	13,0	38,9
11-15	0	0	13,0	9,6	9,2	0	4,6	2,9	0,5	10,0	49,4
>15	0	0	4,2	0,8	0,7	0	0,9	0,4	0	4,6	11,4
%	0	0	19,7	20	13,2	0,6	12,6	4,6	1,9	27,6	100

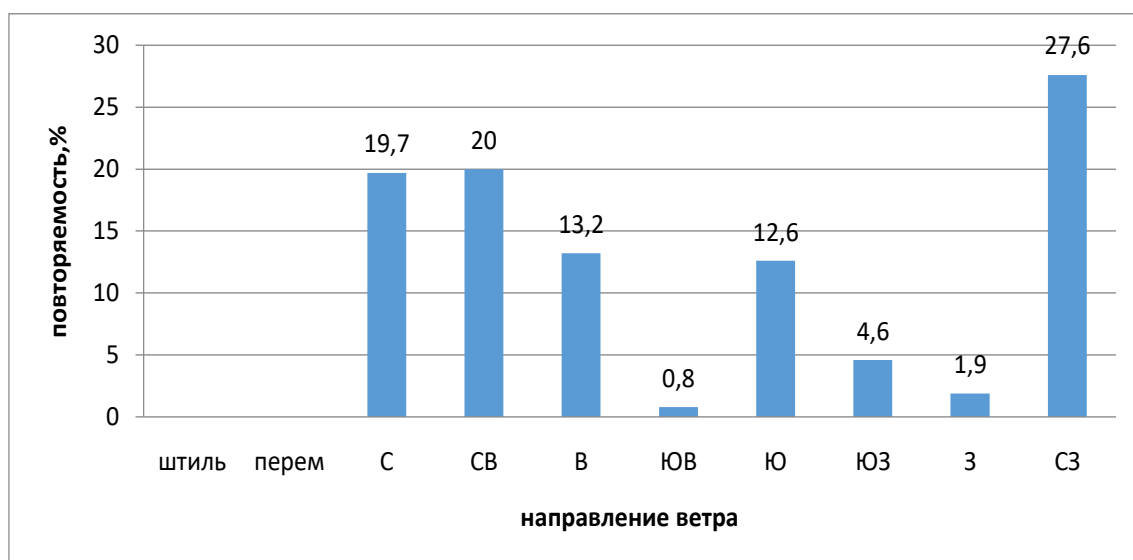


Рис. 3.20 – Повторяемость метелей при различных направлениях ветра

Чаще всего метели наблюдались при ветре Северо-западного, северного и северо-восточного направления, реже всего – при ветре юго-восточного и западного направлений (рис. 3.20).

Повторяемость метели при разных градациях скорости ветра представлена на рис. 3.21.

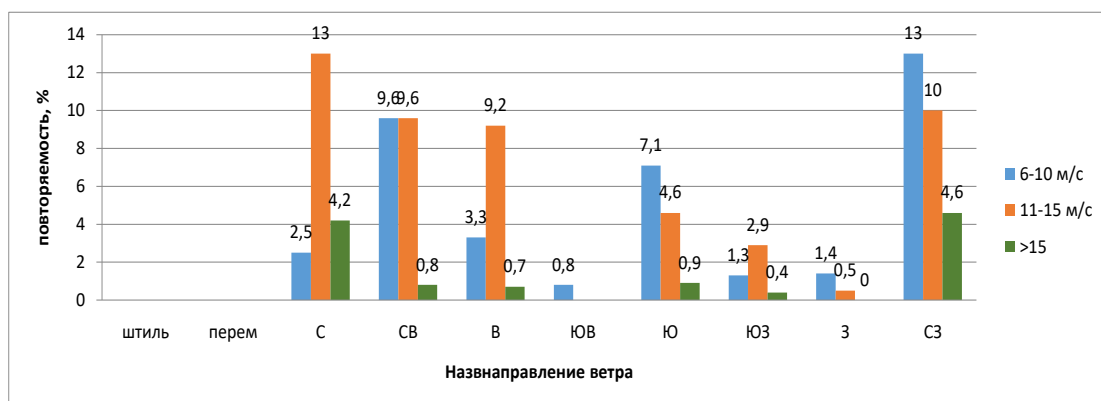


Рис. 3.21 – Повторяемость метелей при различных градациях скорости ветра.

Из гистограммы видно, что метели со скоростью ветра 6-10 м/с возникают при северо-западном и северо-восточном ветре (13 и 9,6% случаев), метели при скорости ветра от 11 до 15 м/с чаще наблюдались при ветрах северных направлений (10%, 13% и 9,6%) и восточном ветре (9,2%). Метели с ветром более 15 м/с наблюдались чаще при северном и северо-западном направлении ветра (4,6% и 4,2% случаев).

После анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы, которые изложены в заключении по работе.

Заключение

Метели в районе аэродрома Когалым чаще всего возникают при прохождении над ним западных циклонов и «ныряющих циклонов» с акваторий Карского и Баренцева моря, траектории которых направлены с северо-запада на юго-восток, когда на холодных фронтах и в тылу циклонов возникает сильный ветер западных и северных направлений.

Свой вклад в возникновение метелей вносят и южные циклоны. Когда они выходят на территорию нашей страны их хорошо прогретых районов, такие циклоны обладают высокой термодинамической энергетикой, перед теплыми фронтами и фронтами окклюзии возникают сильные метели, при которых видимость может ухудшаться до 1000 м и менее, а метели могут быть как низовые, так и общие.

Наиболее благоприятным для возникновения метелей является ветер со скоростью более 6 м/с.

В течение года в районе аэродрома Когалым наблюдаются ветры южных направлений, а менее всего – восточных направлений. В холодную половину года тоже преобладают ветры южных направлений, а в теплую – западные. В переходные периоды сохраняется повторяемость ветров южных направлений и увеличивается повторяемость северо-западного ветра. Реже всего отмечаются ветры северо-восточного и восточного направлений.

Среднегодовая скорость ветра – 6,3 м/с. Более сильный средний ветер наблюдается с марта по июль, в сентябре и октябре, максимум - в апреле (7,2 м/с), а более слабый - в январе, феврале, августе, ноябре и декабре, минимум - в январе (5,3 м/с). Преобладающим в течение года (31,9 %) является ветер скоростью 3-5 м/с, часто бывает погода с ветром 6-7 м/с (22,3%), повторяемость слабого ветра 1-2 м/с и ветра 8-10 м/с примерно одинакова (19,4% и 19,3% соответственно). Сильные ветры скоростью более 15 м/с имеют повторяемость 0,5 % от всех случаев наблюдений. При выпадении осадков возникают общие метели, в других случаях – низовые.

Метели в аэропорту Когалым отмечаются в период с октября по май, в среднем каждый год в Когалыме наблюдается 140 метелей, за исключением 2021 года, а самым метелевым является март – 30% всех случаев метелей. В течение суток повторяемость метелей распределена равномерно. Средняя продолжительность метелей составляет 2,9 часа, максимальная – 7,2 часа.

Список литературы

1. Таран И.В., Купянская Т.П. Прогноз метели различной интенсивности, включая стихийные для Европейской территории СССР // Труды Гидрометцентра СССР. – 1989. – Вып. 299. – С. 22–24.
2. Расписание погоды rp5 [Электронный ресурс]; Режим доступа: <https://rp5.ru/> , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Пособие по синоптической метеорологии / Ю. В. Ефимова, О. Н. Топтунова, И. А. Иванова [и др.] ; Российский государственный гидрометеорологический университет. Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2022. - 94 с.
4. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии.- СПб.: РГГМУ, 2009.-338 с.
5. Баранов А.М., Лещенко Г.П., Л.Ю. Белоусова Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов. Москва: изд. Транспорт, 1993.
6. Расследование авиационных происшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими факторами. Методическое пособие. - Издание третье, переработанное и дополненное.
7. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II, выпуск 2. Урал и Сибирь. Л: Гидромеоиздат, 1986 г.- с.4-13.
8. Архивные материалы АМСГ «Когалым» за 2019-2024 гг.