



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

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности
предприятий природопользования

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

На тему Влияние грозовой деятельности на безопасность полетов воздушных судов
на АМСГ Адлер

Исполнитель Арзуманян Карен Андроникович

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

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«23» 01 2020 г.

Туапсе
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| 1 Условия образования и развития гроз..... | 5 |
| 1.1 Основные условия образования гроз и их классификация..... | 5 |
| 1.2 Климатические и физико-географические условия района аэродрома города Сочи..... | 14 |
| 2 Методы наблюдения за грозами и их прогнозирование | 22 |
| 2.1 Технические средства зондирования гроз и обработка информации.... | 22 |
| 2.2 Методы прогнозирования гроз | 33 |
| 3 Анализ грозовой деятельности в районе аэропорта Адлер (Сочи)..... | 42 |
| 3.1 Анализ суточного и годового хода гроз в районе аэропорта Адлер (Сочи) | 42 |
| 3.2 Влияние грозовых явлений на полет воздушного судна | 50 |
| Заключение | 55 |
| Список использованной литературы..... | 57 |

Введение

Обеспечение безопасности полетов является основной проблемой авиации, над решением которой трудятся работники всех авиационных профессий – от создателей воздушных судов до лиц, эксплуатирующих эти суда и обслуживающих полеты.

Безопасность полетов зависит от многих факторов, в том числе и от факторов внешней среды, среди которых значительную роль играет грозовая деятельность. Ряд летных инцидентов обусловлено негативным воздействием грозового электричества на летательные аппараты.

Для эффективной работы авиации необходимо решать вопросы своевременного обнаружения гроз и выявления их интенсивности. Предполетная консультация вылетающих экипажей о местоположении зон с грозовой деятельностью оказывает значительную помощь при выполнении полета. Она ориентирует летный состав на тщательное наблюдение за погодой именно в тех районах, где ожидаются грозы, и тем самым существенно уменьшает число случаев неожиданного попадания самолетов в районы с интенсивной грозовой деятельностью.

Авиационная метеорология изучает влияние метеоусловий на деятельность авиации и разрабатывает теоретические основы для практической работы метеорологической службы. На базе этих исследований разрабатываются теория и методика прогнозирования погоды и опасных явлений в интересах авиации и практических приемов использования новых методов.

Актуальность исследования заключается в выявлении условий и закономерностей образования гроз в аэропорту города Сочи, метеорологического обеспечения безопасности полетов самолетов и поддержания высокой экономической деятельности авиакомпаний и аэропорта в целом.

Объектом исследования являются грозовые явления.

Предмет исследования – атмосферные процессы, влияющие на образование гроз.

Цель исследования – изучение условий развития гроз, особенностей их обнаружения и анализ суточного и годового хода гроз в районе АМСГ Адлер (Сочи).

Для достижения данной цели в работе поставлены следующие задачи:

- рассмотреть условия развития гроз и их физическую сущность;
- рассмотреть физико-географические и климатические условия аэродрома Адлер (Сочи);
- провести анализ суточного и годового хода гроз в районе аэродрома Адлер (Сочи);
- проанализировать влияние грозовых явлений на безопасность полетов ВС.

1 Условия образования и развития гроз

1.1 Основные условия образования гроз и их классификация

Гроза - явление, выраженное в интенсивном процессе облакообразования, сопровождающемся электрическими разрядами в виде молний и звуковыми явлениями в виде грома, а часто и выпадением ливневых осадков; гроза без осадков наблюдается редко. Кучево-дождевые облака образуются в результате интенсивных восходящих потоков влажного воздуха. Такие потоки возникают вследствие термической конвекции и вынужденного поднятия воздуха вдоль горных склонов или вытеснения вверх теплого воздуха на атмосферных фронтах. Термическая конвекция и вынужденный подъем воздуха нередко действуют одновременно. Однако на развитие грозовых облаков первостепенное влияние оказывает степень устойчивости воздушных масс по вертикали [18, с.125].

Известно, что восходящие движения воздуха особенно хорошо развиваются при неустойчивом состоянии атмосферы, при этом немаловажное значение имеет влагосодержание поднимающегося воздуха. Большая влажность способствует интенсивному развитию грозовых облаков.

При проведении специальных исследовательских полетов было установлено, что грозовые облака представляют собой отдельные конвективные ячейки с горизонтальной протяженностью 5-11 км. Каждая такая ячейка проходит определенный цикл развития, состоящий из трех стадий. Продолжительность одной стадии составляет около полутора часов.

Строение СБ и особенности их эволюции. Кучево-дождевые облака состоят из одной или нескольких (до 5–8) конвективных ячеек, имеющих горизонтальные размеры от 1–1,5 до 8–10 км. Они расположены либо беспорядочно, либо вдоль линии, образующей некоторый угол с направлением перемещения облака. Отдельные ячейки сравнительно слабо взаимодействуют друг с другом. В этом смысле СБ состоят из более или менее автономных конвективных «блоков», каждый из которых проходит через несколько стадий

эволюции. В разных ячейках многоячеековых СБ эти стадии обычно протекают не одновременно [20, с.131].

Развитие конвективных ячеек начинается с начальной стадии развития и характеризуется их бурным ростом вверх (рисунок 1.1).

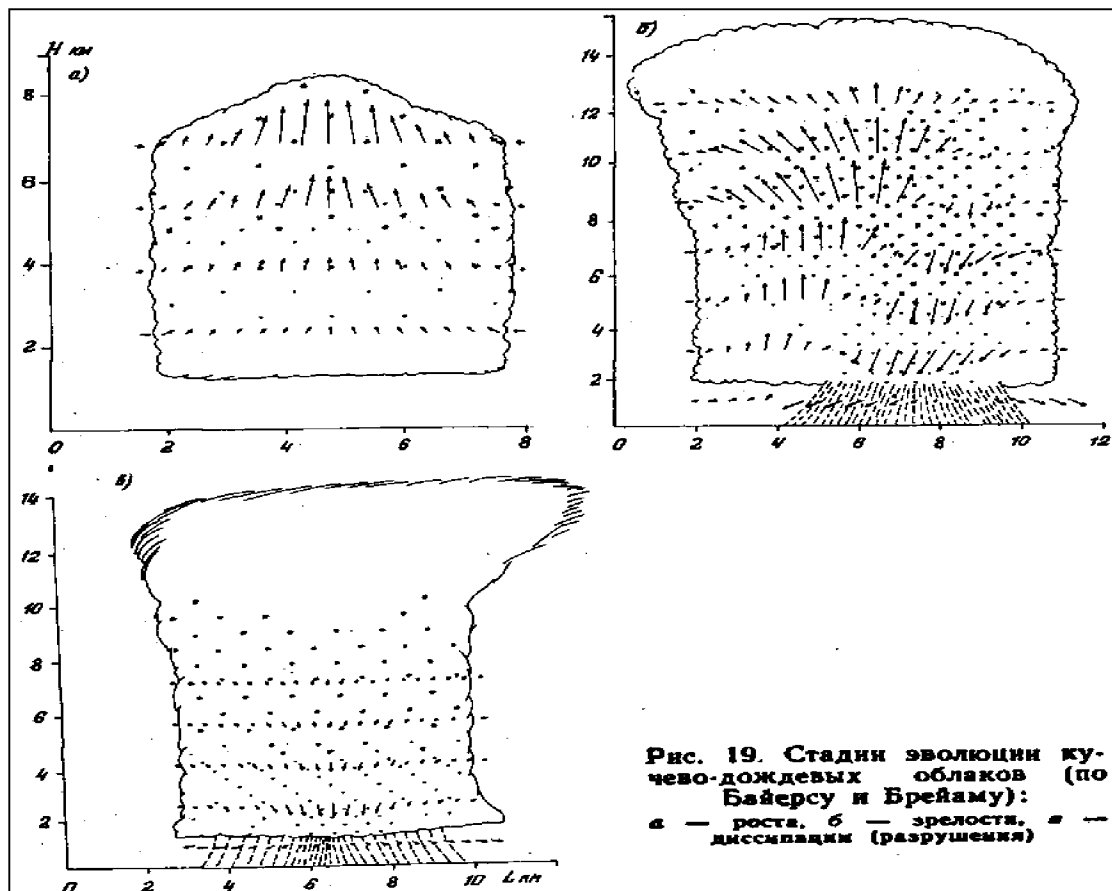


Рисунок 1.1 – Стадии эволюции кучево-дождевых облаков - а - роста, б - зрелости, в - диссипации (разрушения) [20, с.131]

Первая стадия начинается с момента развития кучевого облака, которое при благоприятных условиях быстро растет по вертикали и становится мощным кучевым. Вершина его достигает 3-5км. На этих высотах температура, как правило, отрицательная. Поэтому верхняя часть мощного кучевого облака состоит из переохлажденных капель. Наличие в облаке интенсивных восходящих движений воздуха приводит к тому, что в нем идет активный процесс укрупнения капель за счет слияния.

Отличительной особенностью первой стадии развития грозового облака является преобладание в нем восходящих потоков воздуха. Скорость их в

начале развития облака составляет около 5м/сек, а когда облако становится мощным кучевым, скорость возрастает до 15-20м/сек [14, с.345].

Бурное развитие мощного кучевого облака приводит к тому, что его верхняя часть попадает в зону все более низких температур. Вследствие этого часть переохлажденных капель замерзает, превращаясь в ледяные кристаллы. Состав облака становится смешанным (переохлажденные капли и кристаллы льда), в результате чего в нем начинается интенсивный процесс укрупнения облачных элементов и образование осадков. Сильная турбулентность, наблюдающаяся в облаке, способствует этому процессу.

Растущие СЪ, как правило, являются «лысыми» (*calvus*) поскольку в 60–70% случаев их верхняя часть имеет куполообразную форму и визуальных признаков оледенения (наковальни) нет, отсутствуют в «молодых» ячейках и грозовые явления.

В следующей стадии зрелости, в ячейке (облаке) рядом с восходящим потоком формируется нисходящий, относительно холодный поток, который порождается увлечением воздуха вниз падающими частицами осадков.

Вторая стадия. Начало выпадения осадков из облака указывает на то, что облако перешло во вторую стадию развития и стало кучево-дождевым. Установлено, что грозовые явления возникают в облаке в том случае, если оно в своем развитии достигло уровня, где температура воздуха -25°C и ниже. Если же вершина облака располагается ниже этого уровня, то, как правило, из него выпадают только ливневые осадки и не наблюдается электрических разрядов [23, с.84].

Вторая стадия развития кучево-дождевого облака начинается с момента, когда его верхняя часть приобретает вид огромной «наковальни». К этому времени облако достигает максимального развития. Вершина его располагается на высоте 8-10км, а иногда и более. Характер вертикальных движений в облаке на этой стадии существенно меняется. Наряду с восходящими потоками воздуха появляются и нисходящие, они возникают вместе с выпадением осадков, что приводит к сильной турбулентности воздушных потоков.

Турбулентные вихри имеют самые различные размеры, от нескольких метров до нескольких десятков метров в диаметре. Скорость вертикальных порывов в таких вихрях достигает 15-20, а иногда 30-35 м/сек, причем нарастание скорости происходит почти мгновенно.

Кучево-дождевое облако по своему микрофизическому строению является смешанным.

В стадии максимального развития облако без видимых изменений сохраняется некоторое время, после чего начинается его разрушение [20, с.91].

Вертикальная протяженность хорошо развитых кучево-дождевых облаков, особенно летом, составляет 7-9 км и более. Так, например, в Сочи наблюдалась мощная кучевая облачность высотой до 16 км, а в тропиках вершины кучево-дождевых облаков могут достигать высоты 20 км (Индонезия, Флорида и др.) [1, с.27].

Внутри крупных зрелых СБ образуются электрически разноименно заряженные участки, напряженность электрического поля между которыми может достигать сотен тысяч вольт на метр. Благодаря этому возникают электрические разряды – молнии, длиной до нескольких километров. Чаще всего они наблюдаются внутри облака, так как им легче пройти короткий путь в нем, чем длинный от облака к земле. По той же причине, между близко расположенными облаками молнии наблюдаются чаще, чем между далекими.

Третья, заключительная стадия жизни кучево-дождевого облака является стадия диссипации (разрушения) облака, характеризуется наличием в нем преобладающего нисходящего потока. Поскольку этот поток тесным образом связан с осадками, то по мере их ослабления ослабевает и нисходящий поток воздуха. Размывание кучево-дождевого облака начинается снизу. Весь цикл жизни кучево-дождевого облака продолжается 1-5 ч. В реальных условиях часто наблюдаются те или иные отклонения от описанной схемы эволюции СБ. Так, иногда облако переходит в зрелую стадию, а затем распадается, не имея наковальни. Это наиболее типично для небольших СБ, т.е., в случаях, когда энергия неустойчивости мала [7, с.326].

На развитие грозовых облаков первостепенное влияние оказывает степень устойчивости атмосферы. Восходящие движения воздуха особенно хорошо развиваются при неустойчивом состоянии, при этом немаловажное значение имеет влагосодержание поднимающегося воздуха. Внутри облаков и между ними наиболее велика вероятность молний на высотах, где температура воздуха заключена в интервале от 5 до -5°C , т. е. вблизи нулевой изотермы.

К наиболее опасным для авиации явлениям погоды, связанным с СБ, относятся грозы. Они образуются из-за наличия в наиболее мощных из этих облаков больших разноименных электрических зарядов, создающих электрические поля, характеризуемые напряженностями до нескольких киловольт на сантиметр. При столь больших напряженностях становится возможным электрический «пробой» воздуха и возникают гигантские искры – молнии. В большинстве случаев СБ становятся грозовыми лишь тогда, когда температура на уровне их верхней кромки опускается ниже -15 – -20°C . Чем больше вертикальная мощность грозового облака, тем, как правило, больше и его молниевая активность [11, с.101].

Самолету, летящему намного ниже уровня замерзания, угрожают разряды между СБ и землей. Чем ниже расположено основание облака, тем вероятнее такие молнии. При высоком расположении нижней границы СБ молнии между облаками наблюдаются чаще, чем под ними. В зависимости от электрической активности облака, молнии могут следовать друг за другом с интервалом от нескольких секунд до нескольких десятков секунд. Их длина максимальна в сомкнутых или расположенных близко друг к другу фронтальных СБ, где она иногда превышает 100 км. Во внутримассовых и изолированных фронтальных СБ длина молний превышает несколько километров довольно редко [24, с.30].

Опасные атмосферные явления. Такие атмосферные явления как гроза, шквал, град - называются опасными (ОЯ); электрические разряды, шквалистый ветер, опасные осадки в виде града, представляют серьезную опасность и могут нанести серьезный ущерб.

Молния. В кучево-дождевых облаках могут создаваться электрические

поля огромной напряженности, вследствие чего происходят искровые электрические разряды, которые называют молниями. Разряды бывают между облаком и землей, между различными облаками и между отдельными частями одного и того же облака [2, с.194].

Большое напряжение электрического поля в облаке возникает в результате электризации облачных элементов и разделения разноименных зарядов. Эти процессы весьма разнообразны и происходят при изменении агрегатного состояния воды в облаках (замерзание, таяние и т. д.), а также при разбрызгивании капель воды и от разламывания ледяных кристаллов при их падении в воздухе. Поскольку кучево-дождевые облака смешанные, то в них постоянно идет процесс образования зарядов за счет таяния ледяных кристаллов, сублимации, намерзания переохлажденных капель на кристаллы и т. д. [10, с.89].

Указанные процессы приводят к образованию в грозовом облаке огромных объемных электрических зарядов. В верхней части облака, состоящей из мелких ледяных кристаллов, возникает объемный электрический заряд. Другой такой заряд образуется в той части облака, где имеют место наибольшие скорости вертикальных движений воздуха и интенсивные осадки, создающие наиболее благоприятные условия для дробления крупных капель. Центральная часть этого объемного положительного заряда располагается вблизи изотермы 0°C . Остальная часть облака, в которой преобладают мелкие капли, оказывается заряженной отрицательно [2, с.193].

Электрические разряды (молнии) возникают в том случае, когда напряженность электрического поля между объемными зарядами достигает пробивного значения, равного около 1 000 000в на 1м. Сила тока молнии очень велика и составляет $(1-1,5) \cdot 10^8$ Аи даже больше.

Молнияпредставляет собой искровой электрический разряд в виде искривленной линии, иногда с многочисленными ответвлениями. Длина такой молнии чаще всего составляет 2-4 км, но отмечались случаи, когда длина молнии достигала 20-30 км. Разряд линейной молнии сопровождается

звуковым эффектом – громом. В канале, по которому идет разряд, воздух мгновенно нагревается до $(1,5-2,0)^{10}$ градусов и расширяется, затем так же быстро охлаждается и сжимается. Образуются взрывные волны, дающие начало звуковым волнам - грому. Гром можно услышать на расстоянии до 20-25км.

В метеорологии принято подразделять все грозы на внутримассовые и фронтальные [23, с.167].

Внутримассовые грозы. Образуются в неустойчивых воздушных массах, в результате термической конвекции или подъема воздуха вдоль наветренных горных склонов. Нередко указанные виды восходящих движений воздуха сочетаются с динамической турбулентностью.

В подавляющем большинстве случаев внутримассовые грозы возникают в тыловой части циклонов при северных и северо-западных ветрах и заполняющихся циклонах. Над сушей они образуются в теплое время года во вторую половину дня, однако грозовая деятельность наблюдается и в холодное полугодие.

Известно, что в тылу циклона происходит вторжение холодного воздуха, которое сопровождается ростом давления у земной поверхности. Этот фактор не способствует значительному вертикальному развитию облачности, поэтому в умеренных широтах над сушей грозы проявляются слабо. Вертикальная мощность кучево-дождевых облаков обычно составляет 4-5км. Дальнейшему развитию их по вертикали препятствуют вышележащие задерживающие слои.

Грозовая деятельность над морями и океанами может развиваться в любое время суток, поскольку суточные колебания температуры воды не велики. В то же время над внутренними морями и большими водоемами грозы чаще всего возникают вечером или ночью. Внутримассовые грозы обычно располагаются отдельными очагами и на расстоянии нескольких десятков километров друг от друга. Перемещаются грозы, как правило, медленно, со скоростью 5-20 км/ч. [24, с.131].

В большинстве случаев внутримассовые грозы возникают в тыловой части. Над сушей они образуются в теплое время года во вторую половину дня.

Внутримассовые грозы зимой возникают над западной Европой, главным образом в ее прибрежной части и над Черноморским побережьем Кавказа. Зимняя грозовая деятельность здесь связана с выносом теплого и влажного воздуха с водных поверхностей Атлантики и Черного моря. К внутримассовым грозам относятся конвективные, адвективные и орографические грозы.

Конвективные грозы возникают при сильном прогреве земной поверхности и влажной воздушной массы в нижнем слое атмосферы. Выше располагается относительно холодная масса воздуха. Их возникновение чаще всего отмечается летом в послеполуденные часы в размытом барическом поле, на периферии заполняющихся циклонов и седловинах.

Адвективные грозы отмечаются летом в быстро перемещающейся относительно холодной, но влажной воздушной массе над теплой подстилающей поверхностью, например, в передней части барического гребня в холодной воздушной массе за холодным фронтом. Адвективные грозы наблюдаются и над побережьем в дневное время и в районах прибрежных вод морей ночью.

Орографические грозы образуются при вынужденном поднятии неустойчивой воздушной массы вдоль наветренных склонов горных препятствий. Кучево-дождевые облака в горных районах обычно сильно развиты по вертикали, как правило, верхняя граница их превышает 11 км, вершинами могут достигать тропопаузы. Горные грозы обычно интенсивнее равнинных. Отмечается что кучево-дождевые облака в низких широтах имеют большую вертикальную мощность, чем облака, образующиеся в более широких широтах. Здесь сказывается положение тропопаузы, высота которой увеличивается от полюсов к экватору [23, с.123].

Фронтальные грозы могут возникать на всех видах атмосферных фронтов. Часто образуются на холодных фронтах и особенно на холодном фронте второго рода. Здесь, образование гроз, обусловлено интенсивным вытеснением теплого неустойчивого воздуха подтекающим под него холодным воздухом.

Грозовая деятельность на холодных фронтах обычно развивается вдоль

фронта на расстоянии в несколько сотен километров, ширина же зоны составляет несколько десятков, иногда и более сотни километров. Вертикальная мощность кучево-дождевых облаков довольно велика, может достигать тропопаузы, а иногда и проникать в нижнюю стратосферу. Такие мощные кучево-дождевые облака развиваются в том случае, когда теплая воздушная масса, располагающаяся перед холодным фронтом, имеет достаточно высокую температуру и большое влагосодержание.

Грозы на холодных фронтах располагаются почти сплошной грядой вдоль фронта, и расстояние между грозовыми очагами, не превышает нескольких километров. Но в такой гряде обычно не все облака имеют одинаковую вертикальную мощность. Поэтому на больших высотах расстояния между вершинами могут достигать 20км и более, скорость перемещения находится в диапазоне 20-60 км/ч.

Практикой установлено, что, если разность между температурой теплой и холодной воздушной массой составляет 10°C и более прохождение такого фронта через какой-либо район сопровождается сильными шквалами, ливнями, градом [3, с.196].

Наиболее интенсивная грозовая деятельность на холодных фронтах наблюдается в теплое время года и во вторую половину дня, когда термическая конвекция достигает максимального развития и способствует усилению грозовой деятельности в зоне фронта. Над достаточно обширными водоемами грозы на холодном фронте обычно достигают наибольшей интенсивности вечером или ночью, днем же грозовая деятельность ослабевает, а иногда прекращается совершенно. Грозы на теплом фронте возникают в том случае, когда теплый воздух, поднимающийся вверх по фронтальной поверхности недостаточно устойчив. В этом случае, за счет влагонестойчивости, усиливаются восходящие движения в теплом воздухе и среди облачной системы слоисто-дождевых облаков, возникают кучевые облака. Эти очаги гроз замаскированы облаками теплого фронта [8, с.232].

Отсюда следует, что кучево-дождевые облака образуются в результате

интенсивных восходящих потоков влажного воздуха. Скорость вертикальных порывов может происходить почти мгновенно, что способствует быстрому развитию облаков, в которых могут создаваться электрические поля огромной напряженности.

1.2 Климатические и физико-географические условия района аэродрома города Сочи

Аэродром Сочи (Адлер) расположен в юго-западной части Краснодарского края на Черноморском побережье Кавказа, в 30 км к юго-востоку от г. Сочи и 2 км к северо-востоку от населенного пункта Адлер в долине реки Мзымта (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Местоположение АМСГ Сочи (Адлер) на карте ЮФО

Географические координаты контрольной точки аэродрома (КТА): $43^{\circ}26,7$ с.ш., $39^{\circ}56,9$ в.д. Абсолютная высота аэродрома 27 м над уровнем моря, магнитное склонение +5 градусов.

Практически всю территорию аэропорта окружают гряды холмов, возвышенностей и горных хребтов Большого Кавказа, только со стороны моря

(юго и юго-запад) подходы к аэродрому открыт (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Вид на АМСГ Сочи (Адлер) в 2019 г [25]

Ближайшие естественные препятствия расположены на удалении 1-2 км на северо-запад от аэродрома и имеют абсолютные превышения от 88м до 187м. За полосой холмов начинаются средневысокие горы на удалении 15 км от аэродрома г. Дзыхра 1277м над уровнем моря, и дальше следуют горы Главного Кавказского хребта. Максимальная высота рельефа г. Цахвоа высота 3345м над уровнем моря. Возвышенности и хребты, окружающие аэродром, покрыты лесными массивами.

Аэродром годен для эксплуатации всех типов воздушных судов круглый год днем и ночью с расчетным взлетно-посадочным весом [25].

В формировании климата района АМСГ Сочи (Адлер) существенную роль принадлежит следующим факторам:

- преобладающий перенос воздушных масс с запада на восток;
- защищенность территории с северо-запада, севера, северо-востока и востока горными хребтами Главного Кавказского хребта;
- открытость территории с юга-запада, со стороны моря.

Местные орографические факторы - пересеченный рельеф и наличие обширного водоема Черного моря сильно усложняют развитие атмосферных процессов. Сложный рельеф района оказывает большое влияние на развитие атмосферных процессов в регионе. Особая роль здесь принадлежит Чёрному морю, существенно сглаживающему температурный режим климата. Мощной преградой для проникновения северных воздушных является широтное расположение Главного Кавказского хребта, который защищает территорию аэропорта от проникновения холодных воздушных масс с севера и северо-востока, лишь изредка холодный воздух проникает на побережье со стороны Черного моря.

Холодный воздух значительно прогревается над теплой водной поверхностью моря, что способствует развитию мощности конвективной облачности, сопровождающейся грозами. Такая погода часто носит затяжной характер, особенно в зимний период года, т.к. более теплое море и вынужденный подъем воздушных масс по горным хребтам способствуют их неустойчивости. При переваливании через хребет воздушные потоки приобретают восходящие и нисходящие движения. Восходящий характер западных потоков на Черноморском побережье Кавказа обуславливает падение температуры воздуха и увеличение относительной влажности [1, с.23].

Нередки в районе аэродрома наблюдаются фены - нисходящие движения воздуха, направленные с востока, которые способствуют адиабатическому нагреву воздуха и сильному падению влажности воздуха. Наиболее активное развитие циклонической деятельности наблюдается над Черным морем зимой и в начале весны, в результате увеличения температурных контрастов в ВФЗ.

С декабря по март наблюдается наибольшее количество выходов южных циклонов, которые сопровождаются усилением юго-восточного ветра, осадками, грозами. С Баренцева и Карского морей приходят «ныряющие» циклоны, приносящие с собой на Черноморское побережье понижение температуры воздуха до отрицательных значений и сопровождающиеся усилением северо-западного ветра.

С наступлением весны в районе аэродрома наблюдается ухудшение погодных условий. Чаще других явлений, опускающихся до значений ниже минимума по аэродрому, наблюдается ухудшение видимости - с марта по май (иногда захватывая первую половину июня). Ухудшение видимости связано в преобладающем большинстве случаев с выносом на береговую зону полей тумана и низкой облачности, сформировавшихся над акваторией Черного моря. Вынос осуществляется при ветрах юго-восточных, южных, юго-западных и западных румбов со скоростями 2-7 м/с.

В летний и осенний периоды циклоническая деятельность в районе аэродрома наблюдается крайне редко, территория чаще всего находится в малоградиентном поле, а фронтальные разделы проходят севернее или размываются.

В результате температурных контрастов между сушей и морем активное развитие приобретает бризовая циркуляция, которая нарушается только интенсивными циклоническими процессами.

Средняя многолетняя годовая температура воздуха равна +13,7. Самый холодный месяц в году – январь- февраль, со средней температурой +5,3. Самый теплый месяц- июль и август со средней температурой +23,0. Среднее число дней за год с морозом составляет 22,3 дня, максимальное 45 дней за год (таблица 1.1, рисунок 1,4).

Таблица 1.1 – Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха АМСГ Адлер (Сочи)

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Средняя температура воздуха, °С | | | | | | | | | | | | |
| 5,3 | 5,7 | 7,7 | 11,8 | 16,0 | 20,0 | 22,9 | 22,9 | 19,3 | 14,6 | 10,4 | 7,2 | 13,7 |
| Абсолютная максимальная температура воздуха, °С | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 23 | 26 | 32 | 34 | 35 | 39 | 38 | 34 | 32 | 27 | 24 | 39 |
| Абсолютная минимальная температура воздуха, °С | | | | | | | | | | | | |
| -15 | -15 | -12 | -6 | 2 | 6 | 10 | 9 | 1 | -7 | -7 | -10 | -15 |

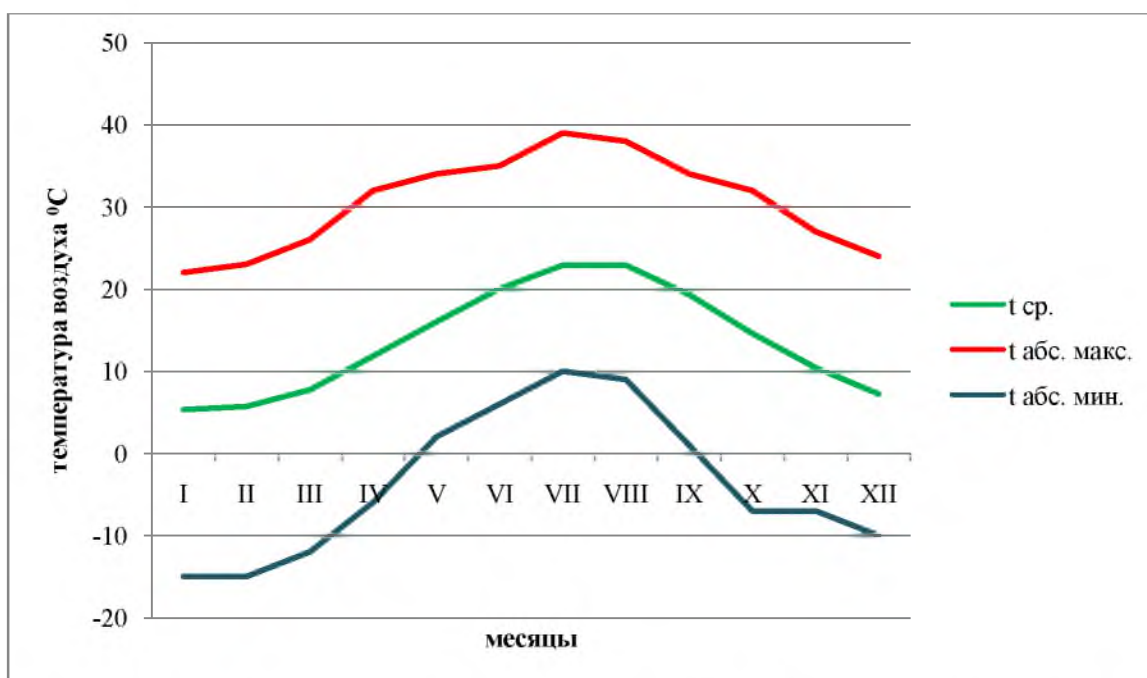


Рисунок 1.4 – Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха АМСГ Адлер (Сочи)

Близость моря определяет в течение всего года высокую относительную влажность в районе аэродрома Сочи (Адлер) от 77% до 80%. Средняя годовая относительная влажность составляет 79%. Уменьшение влажности воздуха в период с ноября по март объясняется частным возникновением фёнов в этот период (таблица 1.2, рисунок 1.5).

Таблица 1.2 – Среднемесячная и среднегодовая влажность воздуха АМСГ Адлер (Сочи)

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 73 | 71 | 71 | 74 | 78 | 78 | 78 | 78 | 76 | 75 | 73 | 72 | 75 |

Годовая сумма осадков составляет 1495мм, наибольшее количество осадков выпадает в октябре и ноябре (189мм и 165мм), наименьшее в июне и августе (по 83мм). В среднем, в году наблюдается 166 дней с осадками. Наиболее часто осадки выпадают в декабре (18 дней).

В период с ноября по апрель выпадают смешанные осадки (таблица 1.3, рисунок 1.6).

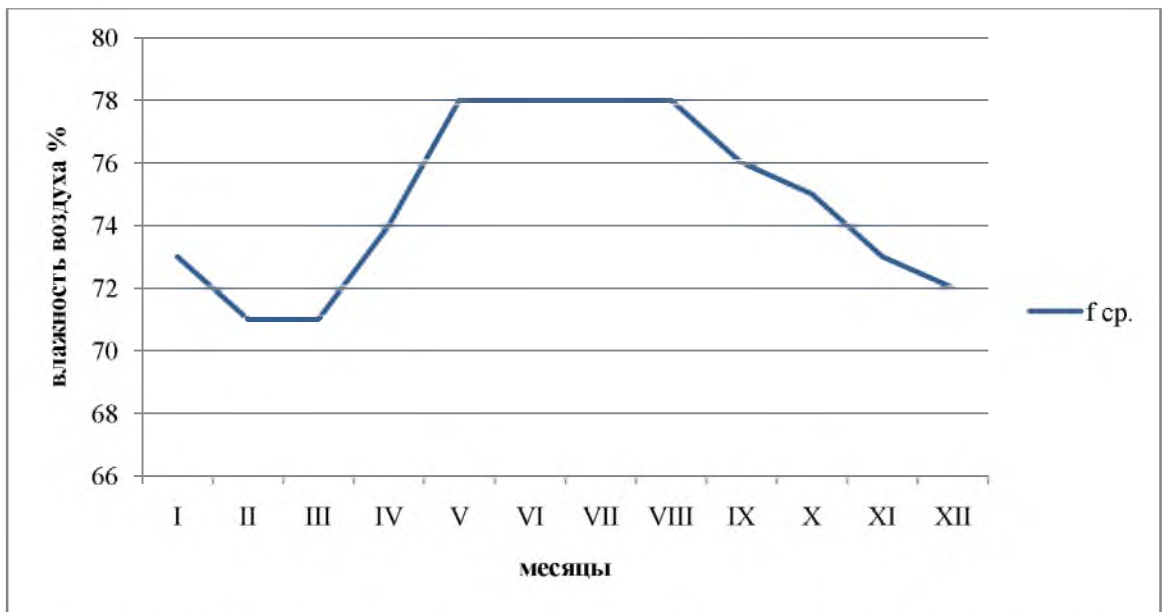


Рисунок 1.5 – Среднемесячная и среднегодовая влажность воздуха АМСГ Адлер (Сочи)

Таблица 1.3 – Среднемесячная и среднегодовая суммы осадков АМСГ Адлер (Сочи)

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 149 | 126 | 114 | 102 | 89 | 95 | 91 | 111 | 119 | 147 | 164 | 161 | 1467 |

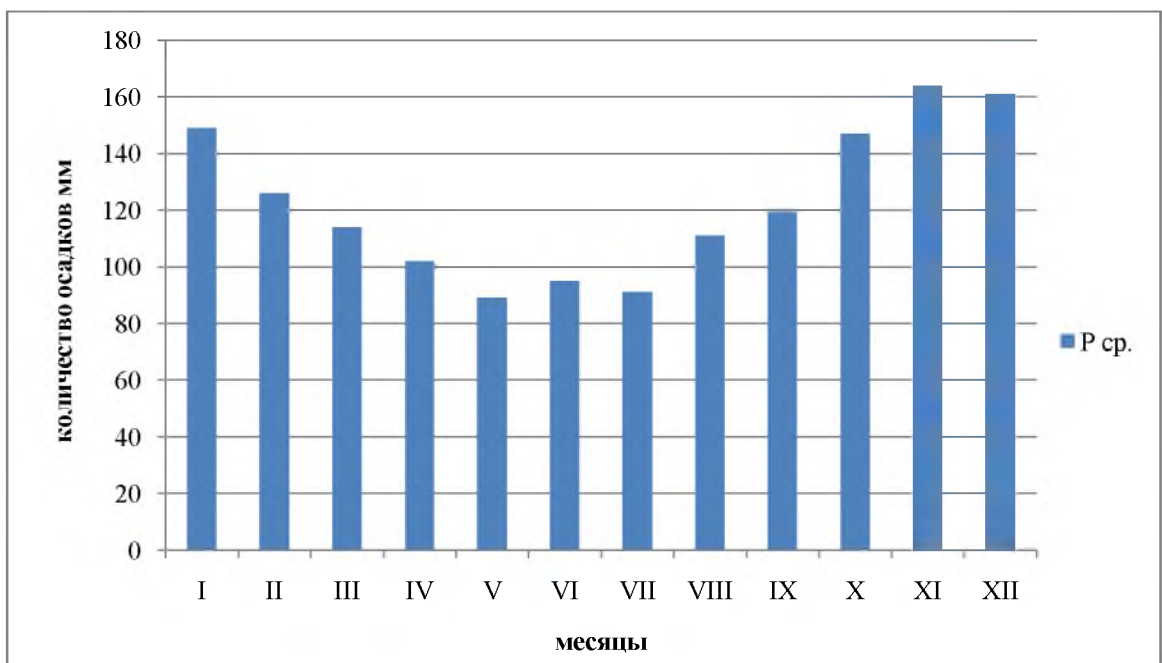


Рисунок 1.6 – Среднемесячная и среднегодовая суммы осадков АМСГ Адлер (Сочи)

Преобладающими в течение года являются ветры восточного направления. Среднегодовая скорость ветра составляет 3,2 м/с. Повторяемость направлений ветра и штилей (%) приведены в таблицах 1.4-1.5. Розы ветров по АМСГ Адлер приведены на рисунке 1.7.

Таблица 1.4 – Повторяемость направлений ветра и штилей (%) по месяцам и за год АМСГ Адлер (Сочи)

| Месяц | С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | З | СЗ | Штиль |
|-------|---|----|----|----|---|----|----|----|-------|
| I | 4 | 29 | 37 | 13 | 4 | 1 | 6 | 6 | 5 |
| II | 1 | 25 | 33 | 16 | 7 | 3 | 9 | 6 | 6 |
| III | 2 | 20 | 26 | 17 | 9 | 4 | 14 | 8 | 8 |
| IV | 2 | 15 | 23 | 17 | 9 | 6 | 19 | 9 | 10 |
| V | 2 | 15 | 21 | 12 | 9 | 8 | 22 | 11 | 10 |
| VI | 3 | 17 | 23 | 8 | 8 | 8 | 22 | 11 | 8 |
| VII | 3 | 20 | 24 | 7 | 7 | 8 | 21 | 10 | 7 |
| VIII | 2 | 25 | 28 | 5 | 7 | 6 | 19 | 8 | 6 |
| IX | 4 | 26 | 30 | 5 | 5 | 6 | 15 | 9 | 6 |
| X | 4 | 29 | 35 | 7 | 5 | 3 | 9 | 8 | 6 |
| XI | 4 | 32 | 37 | 9 | 4 | 2 | 7 | 5 | 5 |
| XII | 4 | 32 | 38 | 13 | 2 | 1 | 6 | 4 | 5 |
| год | 3 | 24 | 29 | 11 | 5 | 5 | 14 | 9 | 7 |



Рисунок 1.7 – Роза ветров по АМСГ Адлер

Таблица 1.5 – Повторяемость (%) направления ветра и средняя скорость ветра по румбам АМСГ Адлер (Сочи)

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Направление | С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | З | СЗ | Штиль |
| Повторяемость, % | 3 | 20 | 26 | 13 | 7 | 7 | 10 | 14 | 9 |
| Скорость, м/с | 2,3 | 2,7 | 3,0 | 5,2 | 3,8 | 3,0 | 3,4 | 3,6 | - |

Средняя и максимальная скорости ветра на АМСГ Адлер (Сочи) приведены в таблице 1.6 и на рисунке 1.8.

Таблица 1.6 – Средняя и максимальная наблюдаемая скорость ветра, м/с

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Средняя скорость | 3,8 | 3,7 | 3,8 | 3,2 | 3,1 | 2,9 | 3,0 | 3,3 | 3,1 | 2,9 | 3,2 | 3,3 | 3,3 |
| Максимальная скорость без учета порывов | 20 | 20 | 25 | 20 | 20 | 15 | 15 | 20 | 19 | 22 | 20 | 20 | 25 |
| Максимальная скорость с учетом порывов | 25 | 28 | 28 | 24 | 24 | 30 | 20 | 21 | 25 | 25 | 28 | 24 | 30 |



Рисунок 1.8 – Средняя и максимальная наблюдаемая скорость ветра, м/с

2 Методы наблюдения за грозами и их прогнозирование

2.1 Технические средства зондирования гроз и обработка информации

Только применение радиолокатора в метеорологии обеспечило возможность получения качественно новой информации, о явлениях которыми сопровождаются кучево-дождевые облака. Радиолокация основана на свойствах радиоволн распространяться в однородной среде, по известным траекториям, с постоянной скоростью. Это позволяет определить направление на цель и дальность цели.

Активная радиолокация осуществляется путем облучения цели электромагнитной энергией, излучаемой антенной радиолокационной станции (РЛС), и приема энергии, отраженной от цели [5, с.92].

Если в среде при распространении в ней электромагнитных волн встречается тело, электрические свойства которого (электропроводность, диэлектрическая постоянная и магнитная проницаемость) отличаются от электрических свойств среды, то оно может быть радиолокационной целью [13, с.28].

В метеорологических радиолокационных станциях МРЛ, предназначенных для радиолокации облаков и явлений, связанных с облаками, используют импульсный метод радиолокации. Передатчик РЛС генерирует, а антенна излучает электромагнитные колебания сверхвысокой частоты (СВЧ) в виде периодических повторяющихся кратковременных сигналов (зондирующих импульсов).

В промежутки времени между зондирующими импульсами происходит прием отраженных сигналов антенной РЛС, затем их усиление и преобразование приемным устройством. С выхода приемника преобразованные и усиленные сигналы (видеоимпульсы) поступают на индикаторные устройства. Индикаторное устройство позволяет измерить интервал времени ($t_{зап}$) между началом излучения зондирующего импульса и началом приема отраженного, а, следовательно, и определить расстояние до отражающей цели [13, с.31].

Метеорологические радиолокаторы (МРЛ) обладают рядом специфических особенностей, которые обеспечивают их высокую эффективность при обнаружении и измерении параметров метеобразований.

Основные характеристики МРЛ находятся в следующих пределах:

- Длина волны λ5 мм -11 см
- Импульсная мощность..... 100-1000 кВт
- Чувствительность приемника $R_{пр}$ 10^{-13} - 10^{-14} Вт
- Длительность зондирующего импульса $\tau_{зонд}$... 0,5-4 мкс
- Скорость обзора пространства.....до $36^{\circ}/с$
- Диаграмма направленности антенны Θ $0,5$ - 2°

Только наличие атмосферной влаги в облаках дает эхосигнал и это позволяет судить о метеорологических процессах и явлениях, после обработки и анализа радиолокационной метеоинформации о движении радиолокационных контрастных облаков можно судить по смещению их изображения на индикаторах кругового обзора (ИКО). Общий вид индикаторов МРЛ-5 представлен на рисунке 2.1 [13, с.29].



Рисунок 2.1 – Индикаторы МРЛ-5 [13, с.29]

Дело в том, что сантиметровые радиоволны, излучаемые передатчиком радиолокатора, отражаются от наиболее плотной части кучево-дождевого облака, состоящей из крупных капель или градин. Отраженный сигнал на индикаторе радиолокатора имеет вид светлого пятна. Наблюдая за движением пятна (засвета), определяют направление и скорость перемещения грозового очага. По интенсивности свечения пятна можно примерно судить об интенсивности грозы. Так как на самом индикаторе трудно выявлять градации уровня сигналов, то с развитием компьютерных технологий был разработан автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс «Метеоячейка».

Автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс (АМРК) «Метеоячейка» предназначен для автоматизации метеорологического радиолокатора МРЛ-5 с целью обеспечения аэродромов и автоматизированных систем управления воздушным движением информацией об облачности и связанных с ней опасных явлениях погоды с высокой надежностью и оперативностью в наиболее удобном для потребителя виде. АМРК позволяет эксплуатировать МРЛ в условиях аэропорта при дистанционном режиме управления с использованием обычных кроссовых линий связи [21, с.132].

Автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс «Метеоячейка» состоит из двухволнового радиолокатора МРЛ-5 и средств автоматизации получения, обработки и передачи радиолокационной информации.

В состав оборудования АМРК «Метеоячейка» входят:

- метеорологический радиолокатор МРЛ-5;
- комплект технических средств автоматизации получения информации;
- центральная система АМРК (ЦС);
- специализированные рабочие станции потребителей информации.

АМРК является пространственной распределенной системой управления МРЛ. Центральная система по команде оператора при работе в автоматическом режиме формирует комплексные управляющие команды, которые по каналу

связи передаются в УПО-ДМ - устройство предварительной обработки сигналов дистанционное [21, с.134].

Типовая схема АМРК приведена на рисунке 2.2.

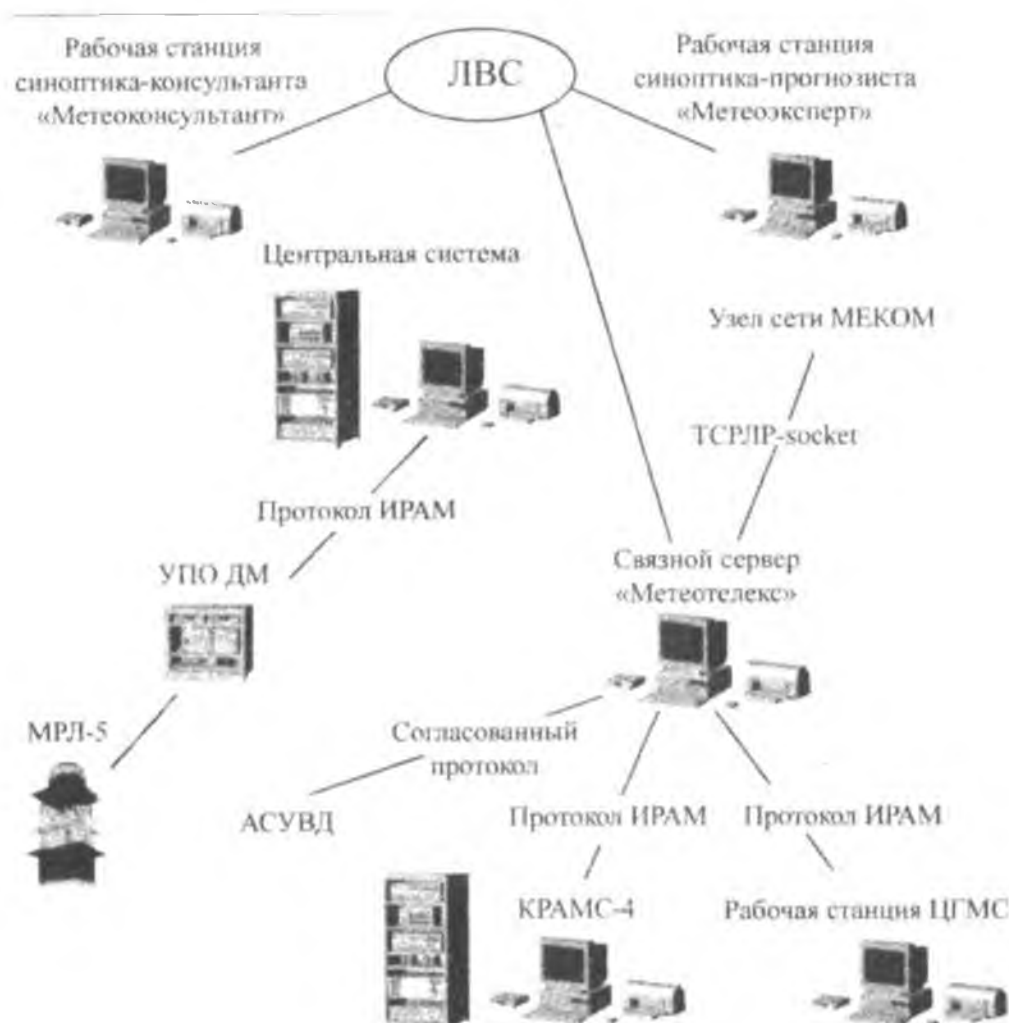


Рисунок 2.2 – Структурная схема АМРК «Метеоячейка» [21, с.134]

Структурная схема АМРК «Метеоячейка». УПО-ДМ устанавливается в аппаратной кабине МРЛ. УПО-ДМ представляет собой специализированную ЭВМ, непосредственно управляющую МРЛ и выполняющую всю предварительную обработку и сжатие информации. По окончании сеанса наблюдений полученные данные передаются в центральную систему, где производятся их анализ, архивация, визуализация и передача потребителям.

Специальное программное обеспечение АМРК «Метеоячейка» реализовано в виде комплекта 32-разрядных приложений, работающих под управлением ОС WindowsXPPro в локальной вычислительной сети (ЛВС).

Рабочие станции могут работать также в среде Windows 95/98/2000. При большом числе рабочих станций передача данных выполняется через связной сервер «Метеотелекс».

Специальное программное обеспечение связного сервера АМРК позволяет одновременно работать с 18 каналами связи, включая скоростные каналы с протоколом TCP/IP-socket [13, с.142].

Информация с любого АМРК может передаваться в любую организацию Росгидромета по сети АСПД (сеть МЕКОМ) с использованием протокола TCP/IP-socket в коде BUFR, в том числе в любые центры объединения радиолокационной информации.

Решение о передаче данных конкретному потребителю принимает владелец информации [13, с.141].

На рабочей станции синоптика-прогнозиста «Метео-Эксперт» имеется возможность прогнозирования ОЯ с использованием численных моделей пограничного слоя атмосферы и конвективного облака.

В процессе работы АМРК производит постоянный контроль всех устройств, что позволяет размещать центральную систему АМРК на любом удалении от МРЛ. Единственное требование – обеспечение скорости обмена по линии связи не ниже 4800 бит/с.

Таким образом, при наличии обычной телефонной линии связи оператор может управлять МРЛ, который удален от него на десятки или сотни километров так же, как и при размещении центральной системы в здании МРЛ

АМРК «Метеоячейка», как метеооборудование аэропорта и одновременно система для единой многофункциональной сети автоматизированных МРЛ Росгидромета, обеспечивает:

- возможность постоянного контроля параметров АМРК в допусковом режиме, что является особенно актуальным при дистанционном управлении МРЛ;
- постоянное информирование справочной системы о сбоях при работе комплекса, что позволяет оперативно реагировать и устранять неполадки

- в работе АМРК «Метеоячейка»;
- контроль с центральной системы АМРК за передачей и поступлением радиолокационных данных на абонентские пункты независимо от их удаления от центральной системы АМРК;
 - реализацию функции вывода на печать бланк-карты МРЛ за любой срок наблюдений с планом воздушной зоны, рельефом местности, метеостанции, административных карт на ЦС АМРК и на абонентских пунктах;
 - ввод данных метеостанций об опасных явлениях погоды и сопоставление данных ГМС об опасных явлениях с данными АМРК;
 - вывод контуров опасных явлений погоды на экран ПЭВМ;
 - вывод карты вертикального сечения радиоэха в заданном азимуте или по выбранной воздушной трассе;
 - возможность использования любого числа АМРК для составления композитных карт;
 - ретрансляция данных отдельных АМРК на другие рабочие станции;
 - формирование контуров опасных явлений для передачи в АС УВД в оперативном режиме работы;
 - вывод на экран и печать таблицы Штормоповещения с информацией об опасных явлениях погоды;
 - выбор любого географического района для просмотра композитных карт;
 - представление информации в виде карт: с распределением метеообъектов и их радиолокационных характеристик в горизонтальной плоскости (размер ячеек представления 4x4км, число цветовых градаций 16), метеоявлений высоты верхней границы радиоэха метеообъектов, отражаемости метеообъектов в 11 слоях, опасных явлений погоды, контуров опасных явлений, контуров скоростей шквалов, интенсивности осадков, обледенения в облаках [6, с.124].

Базовые данные – отражаемость Z , средняя радиальная скорость v_p , ширина спектра σ_v – обрабатываются на АМРК с помощью алгоритмов

распознавания метеорологических явлений. Последние доставляются потребителям в согласованных с ними форматах, протоколах и объемах для отображения на АРМ потребителей [6, с.124].

Определенным недостатком АМРК и МРЛ является невозможность измерения вертикальной составляющей и радиальных скоростей. Такими возможностями обладает МЕТЕОР-500С

Информацию о вертикальной составляющей, а также зоны восходящих и нисходящих потоков в облаках могут выдавать только доплеровские метеолокаторы, для авиации важно иметь количественные значения вертикальной составляющей турбулентного потока.

Доплеровские метеорологические радиолокаторы МРЛ, МЕТЕОР-500С измеряют, турбулентность во все толще тропосферы до высот 12000-15000 м нижняя граница изменения часто ограничена углами закрытия препятствий.

Основные рабочие характеристики ДМРЛМЕТЕОР-500С.

- Длительность зондирующего импульса0.83 мкс
- Частота следования импульсов.....250 -1200Гц
- Диапазон измерения скорости $\pm 47,8$ м/с
- Чувствительность на входе логарифмического узкополостного усилителя..... ≤ -138 дБ/Вт
- Частота следования импульсов 250-550 Гц
- Максимальная дальность ≥ 500 км
- Максимум ширины луча ДНА в точках 3дБ 1.0^0

В таблице 2.1 приведены основные характеристики МРЛ-5 и МЕТЕОР-500С [13, с.146].

Анализ данной таблицы показывает, что основная тенденция при разработке нового поколения МРЛ – повышение разрешающей способности по угловым координатам (ширина ДНА $\leq 1^0$), увеличение минимальной отражаемости, т.е. повышение вероятности обнаружения облаков любых форм и зон турбулированной атмосферы, а также обеспечение доплеровского режима работы МРЛ в радиусе 100-120 км.

Таблица 2.1 – Основные характеристики МРЛ-5 и МЕТЕОР-500С [13, с.146]

| Основные параметры | МРЛ-5 | | Метеор-500С (Германия) |
|---|----------|----------|--------------------------------|
| | Канал 1 | Канал 2 | |
| Полоса частот | X | S | C |
| Импульсная мощность кВт | 250 | 800 | 250 |
| Минимально принимаемая мощность дБ/Вт | -137 | -140 | -142(2.0 мкс) -138(0.8 мкс) |
| Частота повторения зонд. импульсов, Гц | 250 | 250 | 250 |
| Длительность зонд. импульса, мкс | 1;2 | 1;2 | 2,0 |
| Рабочий радиус, км | 300 | 300 | 500 |
| Диаметр антенны | 4,5 | 4,5 | 4,2 |
| Ширина диаграммы направленности (ДНА) на уровне 3 дБ | 0.45 | 1.5 | 1.0 |
| Уровень бокового лепестка по отношению к главному, дБ | -20..-27 | -20..-27 | -28..-30 |

Опыт практического применения доплеровских МРЛ позволил разработчикам предложить метеорологам ДМРЛ нового поколения. В них учтен опыт эксплуатационников, практиков-метеорологов, и достижения в радиоэлектронике последнего десятилетия. Важно своевременно обнаружить ухудшение параметров (элементов) погоды, в том числе и грозоопасной облачности, для надежного регулярного и своевременного предоставления метеоинформации потребителям на аэродроме.

Применения нового поколения средств измерения параметров турбулентности, позволит создать принципиально новую информационную базу метеоданных и на ее основе в перспективе разработать новое поколение прогнозирование погоды для авиации с учетом мезо процессов в районе аэродрома [13, с.148].

Для обнаружения грозových очагов используются как наземные, так и бортовые радиолокационные станции.

Безопасность полета в зоне грозовой деятельности помогают повысить и бортовые радиолокаторы. С их помощью экипаж может обнаружить грозвые

очаги по интенсивности засветки, определить направление и скорость движения грозовых облаков и обойти опасные для полета зоны.

Грозопеленгаторы, установленные на аэродроме, должны использоваться совместно с МРЛ или автономно для получения информации о местоположении грозовых очагов. При грозовых разрядах возникают электромагнитные колебания, которые создают различные шумы и треск, мешающие нормальному радиоприему, в метеорологии эти помехи называют атмосфериками. В большинстве случаев происхождение атмосфериков связано с грозовой деятельностью. Поэтому, с помощью чувствительной радиоаппаратуры, можно на большом расстоянии определить месторасположение очага излучения атмосфериков, т. е. грозового очага.

Для обнаружения используют метод пеленгования. Заключается он в том, что один и тот же атмосферик засекается тремя-четырьмя пеленгаторами, расположенными в различных местах. Затем после обработки данных пеленгаторов по азимутам на карте определяется местоположение грозового очага. Большое значение метод пеленгования атмосфериков приобретает в том случае, когда необходимо получить сведения о грозовой деятельности с территории, которая слабо или совершенно не охвачена метеорологическими наблюдениями. При настоятельной необходимости полета с пересечением зон грозовой деятельности, для обеспечения безопасности полетов, важное значение приобретает своевременное обнаружение грозовых очагов, с целью их обхода [13, с.154].

Использование информации ИСЗ для диагноза и прогноза ОЯ. Изображение облачной системы на снимке облачности с ИЗС, показывают практически одновременное распределение облачности на значительной территории. Основной особенностью информации ИСЗ является непрерывность наблюдений в пространстве и при необходимости во времени (геостационарные спутники) за облачными полями.

Формально спутниковые фотографии дают сведения только об облачности. Однако облака и в первую очередь их структурные особенности

представляют собой следствие развивающихся в атмосфере процессов, при которых они возникли. Отсюда вытекает возможность определения по снимкам облачности тех синоптических процессов, при которых они возникли. С их помощью можно определить:

- процессы крупного синоптического масштаба (фронтальные облачные полосы, облачные вихри в циклонах);
- процессы среднего масштаба (полосы или гряды облаков скопления кучево-дождевых облаков внутри однородных воздушных масс);
- локальные процессы (мезовихри, конвективные ячейки, полосы и гряды протяженностью до 100км) [10, с.73].

Информация с ИСЗ поступает в цифровом виде, или в качестве изображения в видимом (ТВ) и инфракрасном (ИК) в участках спектра. Обнаружить облачность на фоне подстилающей поверхности, можно по их различной способности отражать падающую на них прямую и рассеянную радиацию, благодаря чему на снимках они характеризуются различной яркостью.

В видимом участке спектра альbedo облаков в основном определяется их вертикальной мощностью, водностью, фазовым состоянием и высотой Солнца. ИК-снимки получаются благодаря наличию энергетических контрастов между подстилающей поверхностью и облаками, объекты имеющие более высокую температуру, т.е. излучающие большое количество лучистой энергии, изображаются в виде более ярких областей, чем объекты с меньшей температурой. Одновременный анализ ТВ- и ИК-снимков помогает уточнить типы облачности и определить наиболее активные её участки в местах совпадения яркости изображений. Мощные кучево-дождевые облака, имеют высокую отражательную способность и на ТВ- и ИК-снимках имеют одинаковую яркость. Различие яркости на ТВ-снимках связано с различной отражательной способностью объектов, а на ИК-снимках – с различной температурой с излучающей поверхности [13, с.238].

Данные геостационарных спутников имеют большую информативность с

точки зрения анализа мезомасштабных процессов и особенно динамики конвективных облаков. В сочетании с аэросиноптическими данными спутниковые данные несут информацию о зонах осадков с высоким пространственным и временным разрешением. Если снимок облачности с искусственных спутников Земли нанести данные наблюдения МРЛ, то можно определить следующее: характер и конфигурацию облачности, горизонтальные и вертикальные размеры, интенсивность и вид явления на большой территории.

Спутниковая информация позволяет определить эволюцию синоптических процессов, оценить ряд метеорологических элементов и характеристик атмосферы, а также скорость и направление перемещения циклонов и атмосферных фронтов [10, с.76].

Применяемые технические средства дают ценную информацию об облачности и процессах, происходящих в них (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Возможности технических средств обнаружения гроз [10, с.77]

| Тип тех. средства | наличие гроз | Азимут дальность | высота | Радиальная скорость | Турбулентность | Программ. обработка |
|-------------------|--------------|------------------|--------|---------------------|----------------|---------------------|
| КРАМС | + | – | – | – | – | – |
| Грозопеленгатор | + | + | – | – | – | – |
| БРЛС | + | + | – | – | – | – |
| МРЛ-5 | + | + | + | + | – | + |
| М-500 С | + | + | + | + | + | + |
| МСЗ | – | + | – | – | – | + |

При сравнении возможностей применяемых технических средств обнаружения грозы из таблицы видно, что МРЛ несут большую информативность, что весьма ценно в прогностической работе.

Таким образом, опасные конвективные явления связаны в основном с мезомасштабными возмущениями, которые часто нельзя обнаружить при помощи традиционных методов наблюдений, так как эти наблюдения дискретны. Спутниковые и радиолокационные наблюдения за облаками

обладают достаточным пространственно-временным разрешением и расширяют возможности улучшения качества прогнозов опасных конвективных явлений. Дальнейшее усовершенствование систем обработки автоматизированных МРЛ позволит разработать новые критерии опасных явлений, с помощью которых можно будет выявлять прогностические возможности радиолокационной информации.

2.2 Методы прогнозирования гроз

Военная и гражданская авиация требует информации не только о текущей, но и о будущей погоде. Прогнозом погоды называется научно обоснованное предположение о будущем состоянии погоды. Прогноз - научное предвидение, основанное на анализе атмосферных процессов исходя из известной науки закономерностей их развития, он формулируется в соответствии с установленной терминологией или представляется графически.

Прогностическая работа основывается на глубоком и всестороннем анализе аэросиноптических материалов и данных метеорологических спутников Земли; на изучении и использовании данных о текущей погоде (наземные и аэрологические наблюдения, результаты воздушной, радиолокационной и других видов разведки погоды) ее изменениях; на использовании авиационно-климатических описаний и справочников; на оценке влияния местных физико-географических, а также сезонных особенностей на развитие атмосферных процессов и погоду [8, с.48].

Существующие расчетные термодинамические и гидродинамические методы прогноза указанных явлений погоды, позволяют прогнозировать их достаточно надежно лишь при отсутствии обширных облачных систем, когда данные радиозондирования достоверно отражают стратификацию атмосферы.

Эти методы не удовлетворяют требования, предъявляемые к прогнозам конвективных явлений, в грациях опасных (ОЯ) и стихийных (СГЯ). Выявлено что опасные и стихийные конвективные явления образуются в

результате сложного взаимодействия атмосферных процессов всех масштабов.

Чрезвычайно важную роль в «жизни» атмосферы играют мезомасштабные процессы (явления), охватывающие диапазон размеров от нескольких до сотен километров и времен существования – от минут до нескольких часов. К мезомасштабным процессам относятся, например, конвективные явления и, связанные с ними, облака, грозы, смерчи и шквалы.

Изменчивость метеорологических условий и, в частности, вероятность тех из них, которые являются опасными для авиации, на малых высотах гораздо значительнее, чем больших. Это обусловлено тем, что именно вблизи земли на погодные условия наибольшее влияние оказывают локальные (местные) условия, связанные с неоднородностями подстилающей поверхности [23, с.23].

При этом, взаимодействие синоптических и мезомасштабных процессов, попеременно доминирует то влияние первых из этих явлений, то вторых. Эти изменения пока еще плохо прогнозируются, что вызвано их недостаточной изученностью и сильной зависимостью мезомасштабных метеоявлений от многочисленных факторов, связанных с сезоном года, погодно-климатическими местными условиями, характером подстилающей поверхности и т.д.

Опасные и стихийные явления, связанные с конвекцией, относятся к мезометеорологическим явлениям. Масштаб этих явлений значительно меньше расстояния между метеорологическими станциями.

Существующая сеть метеорологических наблюдений не обеспечивает оптимальное обнаружение этих явлений и определение условий, способствующих их возникновению. Этим объясняется низкая вероятность их обнаружения и низкая оправдываемость прогнозов явлений в градациях ОЯ при помощи существующих термодинамических методов.

Поскольку указанные явления погоды, связаны с облачностью образующейся в результате взаимодействия атмосферных процессов, макро- мезо- и микромасштаба, то ее характер, отображаемый на снимках с искусственных спутников Земли и параметры радиоэха на картах сети МРЛ использованы как самостоятельные предикторы, в описаниях условий

возникновения и развития этих явлений [13, с.165].

Совместное использование снимков облачности с ИСЗ и карт с данными сети МРЛ, позволяет определить характер атмосферных процессов и их активность одновременно на большой территории. Непрерывная по площади информация с ИСЗ и МРЛ, позволяет устранить недостаток данных редкой сети метеорологических и аэрологических наблюдений и получить дополнительную информацию о характере атмосферных процессов, обуславливающих развитие явлений в грациях ОЯ [13, с.168].

Предусмотрены разные варианты методов прогноза ОЯ как с использованием комплекса указанных данных, так и с автономным использованием данных МРЛ или ИСЗ, в комплексе с термодинамическими параметрами атмосферы.

Успешность этих методов прогноза ОЯ не зависит от физико-географических условий, так как в их основу положен механизм развития явлений. Для определения типа погоды с грозой и градом, как для пункта, так и для территории радиусом 100км, следует использовать данные МРЛ, так как они полнее характеризуют тип погоды по сравнению с данными редкой стандартной сети метеорологических наблюдений [10, с.74]

Метеорологические условия в районе полетов определяются такими главными элементами метеорологической обстановки, как: воздушные массы, атмосферные фронты и барические системы. Исходя из этого задачей анализа является прослеживание перемещения воздушных масс и установление их стратификации, уточнение фронтальных разделов между различными воздушными массами, выявление барических систем и определение траектории их перемещения.

Прогностические признаки, указывающие на возможность возникновения грозовых явлений. Неустойчивая воздушная масса, как правило, холодная, при движении над теплой подстилающей поверхностью создаются условия для вертикальных движений и конвекции. Днем развиваются кучево-дождевые облака, над сушей возможна грозовая деятельность, над морем выпадение

осадков и грозовая деятельность происходят в ночное время [14, с.223].

Холодный фронт I рода располагается в основном на периферии циклона и перемещается со скоростью менее 30 км/ч. Теплый воздух, вытесняемый вверх клином холодного, скользит вдоль наклонной фронтальной поверхности вверх и адиабатически охлаждается, что приводит к образованию облачной системы.

В теплое время года на фронте в его передней части развиваются кучевые облака часто с грозами (рисунок 2.3).

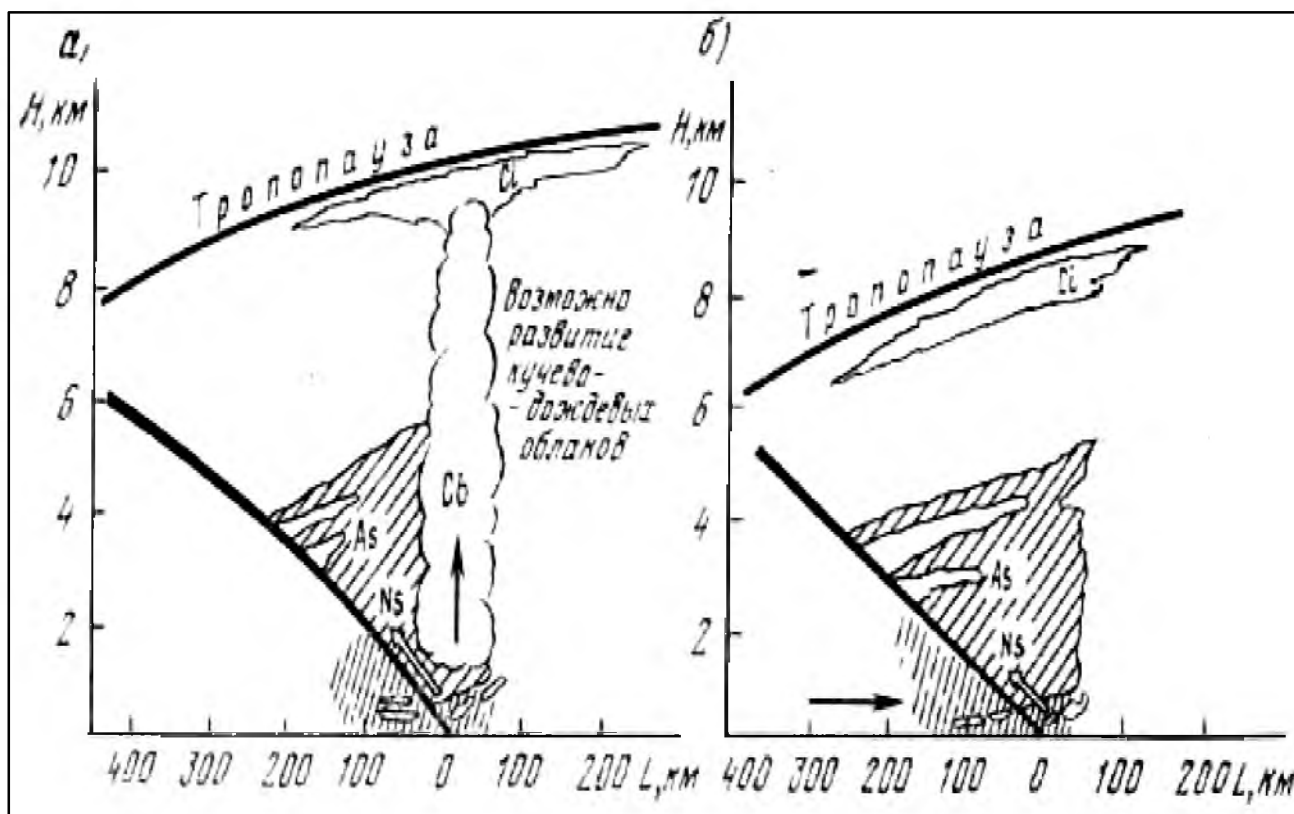


Рисунок 2.3 – Схема облачности холодного фронта I рода (периферия циклона)

а) - теплый период года; б) - холодный период года [14, с.223]

Холодный фронт II рода (рисунок 2.4) располагается в центральной части развивающегося циклона и является быстродвижущимся фронтом.

Вследствие трения о землю быстро перемещающегося тяжелого холодного воздуха и большой крутизны поверхности фронта теплый воздух интенсивно вытесняется вверх до больших высот идет интенсивное развитие мощных кучево-дождевых облаков. При прохождении фронта наблюдаются

ливневые осадки, грозы [14,с.225].

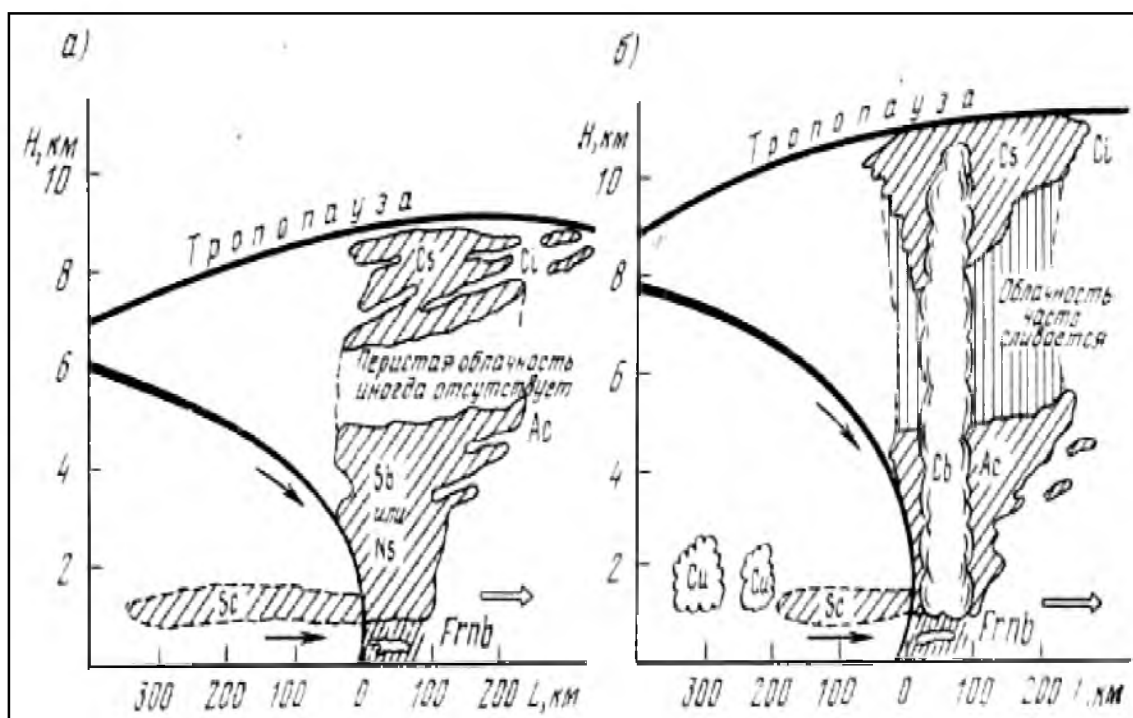


Рисунок 2.4 – Схема облачности холодного фронта II рода (центральная часть циклона) а) - теплый период года; б) -холодный период года [14, с.225]

Вторичные холодные фронты образуются в однородной неустойчивой воздушной массе в тыловой части циклона при его окклюзировании и заполнении. В этой части циклона происходит заток холодных масс воздуха с севера и северо-запада.

Холодный воздух, смещаясь в южном и юго-восточном направлении, прогревается и приобретает свойства неустойчивости. В результате в тыловой части циклона возникают вторичные холодные фронты.

В теплое время года часто развиваются грозы с ливневыми осадками и порывистыми ветрами.

Если воздух за фронтом окклюзии теплее массы воздуха перед ним, то фронт называется теплым, преобладает в теплый период года. Различие в строении фронтов окклюзии отмечается до высоты 1-1,5 км. Нижняя граница в зоне осадков 200-300м, кучево-дождевые облака реже развиваются в теплый период года на теплом фронте окклюзии.

Очаги этой облачности располагаются грядами вдоль фронта, при этом они замаскированы другими формами облаков (рисунок 2.5).

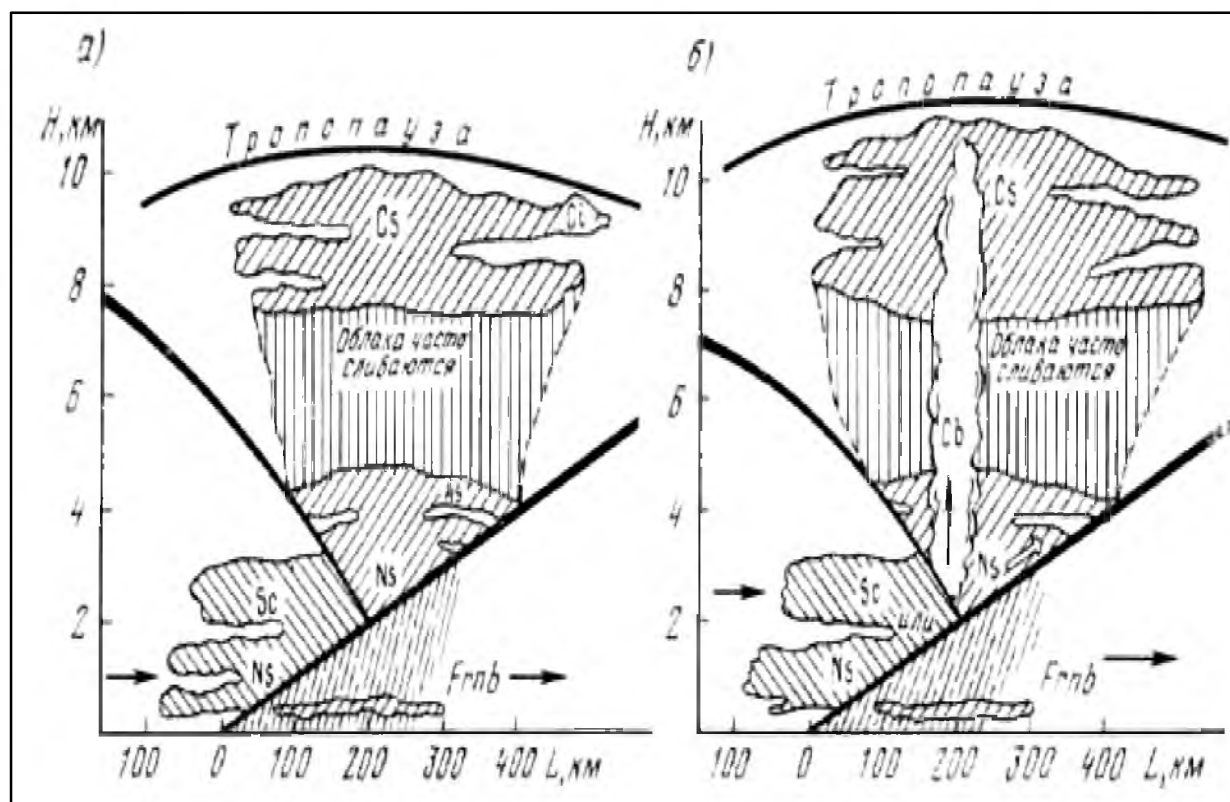


Рисунок 2.5 – Схема облачности теплого фронта окклюзии (центральная часть циклона) а) - холодный период года; б) - теплый период года [14, с.227]

Тыловая часть циклона. Метеорологические условия здесь обуславливаются деятельностью холодных вторичных фронтов. В теплое время года наблюдаются ливневые осадки с грозами.

Теплый сектор циклона. Метеорологические условия обуславливаются притоком теплых масс воздуха, в теплый период в отдельных случаях при достаточной влажности и высокой температуре воздуха могут возникать грозы.

Седловинахарактерна малыми градиентами давления в летний период при наличии неустойчивой воздушной массы развиваются мощные кучево-дождевые облака с очагами ливней и гроз.

Передняя часть антициклона. Имеет место движение холодного воздуха в теплый период года, облачность переменная, кучевообразных форм, ветер северный, сильный, что способствует развитию турбулентности, при достаточной влажности и неустойчивости атмосферы выпадают ливневые

осадки нередко с грозами [14, с.229].

Для получения пространственного представления о характере атмосферных процессов необходимо использовать весь комплекс аэросиноптических материалов, изготавливаемых на метеорологических станциях аэропортов. Применение этих материалов позволяет проанализировать не только состояние, но и развитие синоптических процессов, т. е. динамику изменения физических свойств воздушных масс атмосферных фронтов и барических систем, как во времени, так и в пространстве [3, с.119].

В практической работе на оперативной сети авиаметеостанций гражданской авиации применяется ряд правил и приемов определения перемещения и эволюции барических систем и атмосферных фронтов. Эти правила приемлемы для пилотов и диспетчеров службы движения в их практической работе при самостоятельном изучении метеобстановки на воздушных трассах.

Виды авиационных прогнозов. Авиационные прогнозы погоды составляются АМСГ I, II, III разрядов, имеющие синоптическую часть. Они подразделяются на прогнозы по аэродрому (в радиусе 10 км), району аэродрома (в радиусе 50–100 км, для аэродромов МВЛ – 25–50 км), воздушным трассам (МВЛ) и районам полетов (прогнозы по площади), прогнозы на посадку [3, с.123].

По аэродрому составляются:

- суточный прогноз;
- оперативные прогнозы на 6; 9; 12 ч в зависимости от продолжительности полетов, обслуживаемых данной АМСГ (при обеспечении беспосадочных полетов более 3 ч составляются 9-часовые прогнозы, более 5 ч– 12-часовые);
- прогнозов и штормовых предупреждений по своему аэродрому, а также всей метеорологической информации по аэропортам посадки, запасным аэродромам, трассам (районам) полетов, поступившей в АМСГ;

- часовые прогнозы – на ближайший час; составляются в том случае, если в течение ближайшего часа ожидаются сложные метеоусловия (или переход их в простые), возникновение (сохранение, прекращение) опасных для авиации явлений погоды.

Бортовая погода. Бортовая погода – это любые сведения о метеоэлементах (метеоявлениях), полученные от экипажа летательного аппарата как в период полета, так и после посадки. Данные бортовой погоды имеют большое значение при метеорологическом обеспечении полетов. Зачастую аэросиноптические материалы, имеющиеся в распоряжении инженера-синоптика АМСГ, не могут с необходимой точностью дать полную картину метеорологических условий по маршруту полета.

Сведения о наблюдаемой в полете погоде передаются в следующих случаях: при встрече с опасными явлениями погоды; по запросу диспетчера службы движения; если передача погоды была обусловлена специальным заданием; после взлета и посадки в сложных метеоусловиях. Если донесение содержит сведения о грозовых очагах, то сообщается удаление от очага и в каком направлении он расположен.

Данные бортовой погоды используются инженерами-синоптиками АМСГ в оперативной работе при консультации летного состава и диспетчеров службы движения, а также для уточнения прогнозов погоды [5, с.46].

Авиационные метеорологические станции (АМС) авиации других ведомств и гидрометеостанции также передают на АМСГ (АМЦ) штормовые оповещения об опасных для авиации метеорологических явлениях, посылают ответы на запросы о погоде и т. п. АМСГ (АМЦ) отвечают на поступающие к ним запросы о погоде, а также посылают штормовые оповещения, необходимые для обеспечения полетов, консультируют о развитии атмосферных процессов и прогнозах погоды.

В авиационных прогнозах погоды указываются: осадки, опасные явления погоды, дальность горизонтальной видимости, облачность (количество, форма, высота нижней и верхней границ, условия полетов в облаках), направление и

скорость ветра (у земли и на высотах), температура воздуха, ее отклонения от СА, высота изотермы 0°С, высота тропопаузы, закрытие облаками гор, сопок, перевалов и искусственных препятствий в районе аэродрома [5, с.47].

Конкретные требования к содержанию каждого вида прогноза погоды, к последовательности изложения, терминологии, документированию и порядку доклада, должностным лицам, изложены в «Наставлении по метеорологическому обеспечению гражданской авиации» НМО ГА.

Текст авиационного прогноза должен быть лаконичным, ясным, не должен допускать двойственного толкования. Все авиационные прогнозы погоды при ожидаемом изменении метеорологических условий, не предусмотренных в прогнозе, должны корректироваться.

На АМСГ и в службе движения аэропорта ежедневно производится учет возвратов воздушных судов, а также посадок на других аэродромах (не на аэродроме назначения), по неоправдавшимся прогнозам [5, с.48].

Каждый вид прогноза погоды разрабатывается на основе изучения и использования данных о фактическом состоянии погоды, данных воздушной и радиолокационной разведок погоды, метеорологических искусственных спутников Земли; глубокого и всестороннего анализа аэросиноптического материала.

3 Анализ грозовой деятельности в районе аэропорта Адлер (Сочи)

3.1 Анализ суточного и годового хода гроз в районе аэропорта Адлер (Сочи)

Сложный рельеф горных систем, характеризующийся большими перепадами высот, разнообразный характер подстилающей поверхности и различная экспозиция склонов оказывают большое влияние на повторяемость и интенсивность конвективных явлений в районе аэропорта Сочи.

Для горных районов Кавказа вертикальные составляющие скорости ветра, обусловленные орографией, могут достигать значений 30 - 40 м/с. Как следствие, за счет вынужденного подъема воздушных масс, в районе аэропорта могут наблюдаться конвективные процессы. В сложившихся условиях потенциально неустойчивый воздух становится влажно-неустойчивым, что приводит к усиленному развитию конвективной облачности, как следствие, наблюдается возрастание числа гроз на наветренных склонах хребтов. Примерно в июне месяце предгорья и средневысотная часть Большого Кавказа становятся намного теплее окружающей свободной атмосферы и подстилающей поверхности более высокой части гор, покрытой снежным покровом.

К августу месяцу температурные контрасты нивелируются, происходит значительное иссушение почвы, что снижает интенсивность процессов конвекции. Интенсивность грозовой деятельности может быть выражена через ее продолжительность. Так, грозы, цикл деятельности которых (наличие грозовых разрядов) превышает 1,5 ч, являются продолжительными. Для горных районов Кавказа вероятность продолжительных гроз составляет 45 - 80%, причем максимум их приходится на период май – август, что обусловлено общесиноптическими процессами и температурными условиями [1, с.26].

Суточный ход грозовой деятельности в большей степени зависит от высоты. В местный полдень начинаются грозы с низким расположением уровня конденсации в пунктах наблюдений, расположенных на открытых склонах и в

открытых сужающихся долинах на высотах больше 1500 м. В предгорьях, на высотах 400 - 900 м и в обширных долинах, начало грозовой деятельности смещается на более поздние часы [1, с.29].

В районе аэропорта грозовая деятельность возможна в любое время года, но наибольшая повторяемость приходится на летние месяцы июнь – сентябрь. По многолетним данным, в среднем в году наблюдается порядка 42 дней с грозой. Наибольшее отмеченное число дней в году с грозами - 80. Средняя продолжительность грозы в году составляет 169,2 часа, наибольшая – 245 часов (2002 г.) (таблица 3.1, рисунок 3.1).

Таблица 3.1 – Повторяемость числа дней с грозами

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|------------------------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|----|----|-----|---------|
| Среднее | 1 | 1 | 0,6 | 1 | 3 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 42 |
| Наибольшее | 7 | 5 | 3 | 9 | 8 | 15 | 14 | 16 | 16 | 12 | 8 | 7 | 80 |
| Средняя продолжительность | | | | | | | | | | | | | 169 час |
| Наибольшая продолжительность | | | | | | | | | | | | | 245 час |

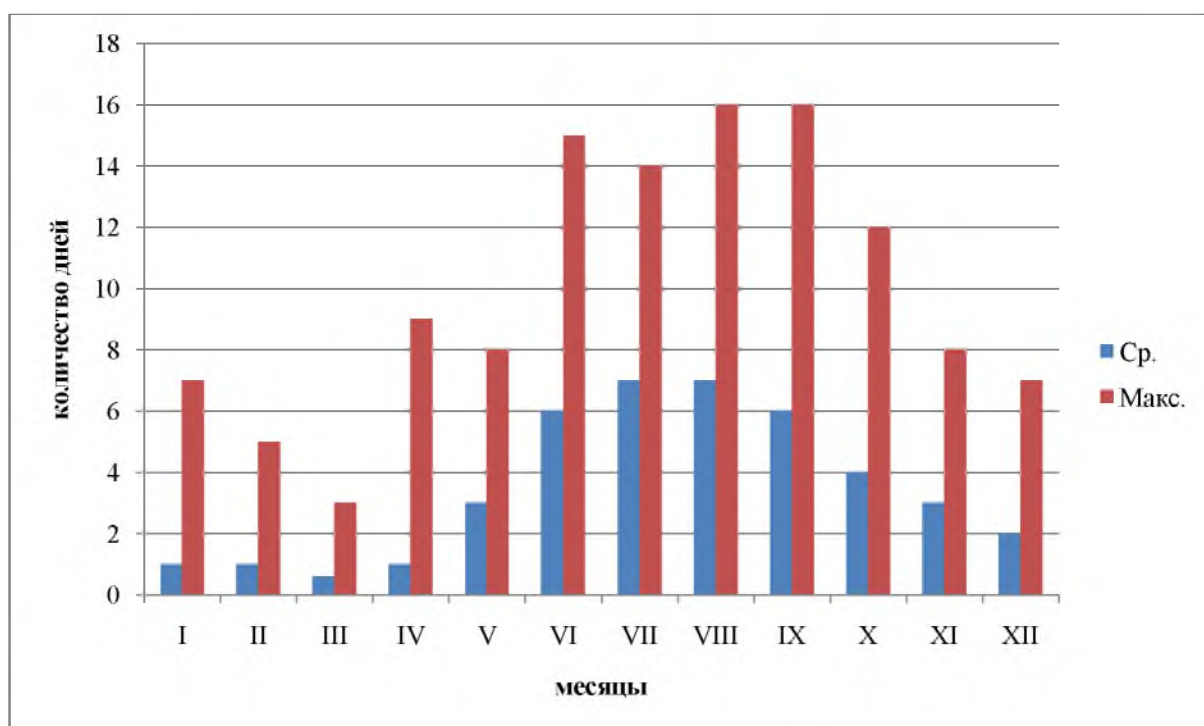


Рисунок 3.1 – Повторяемость числа дней с грозами

Иногда грозы сопровождаются градом. В среднем, за год наблюдается чуть более 1 дня с явлением, наибольшая повторяемость числа дней с градом составляет около 6 дней в году (таблица 3.2, рисунок 3.2).

Таблица 3.2 – Повторяемость числа дней с градом

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|------------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Среднее | 0,2 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,04 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 1,5 |
| Наибольшее | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 | 6 |

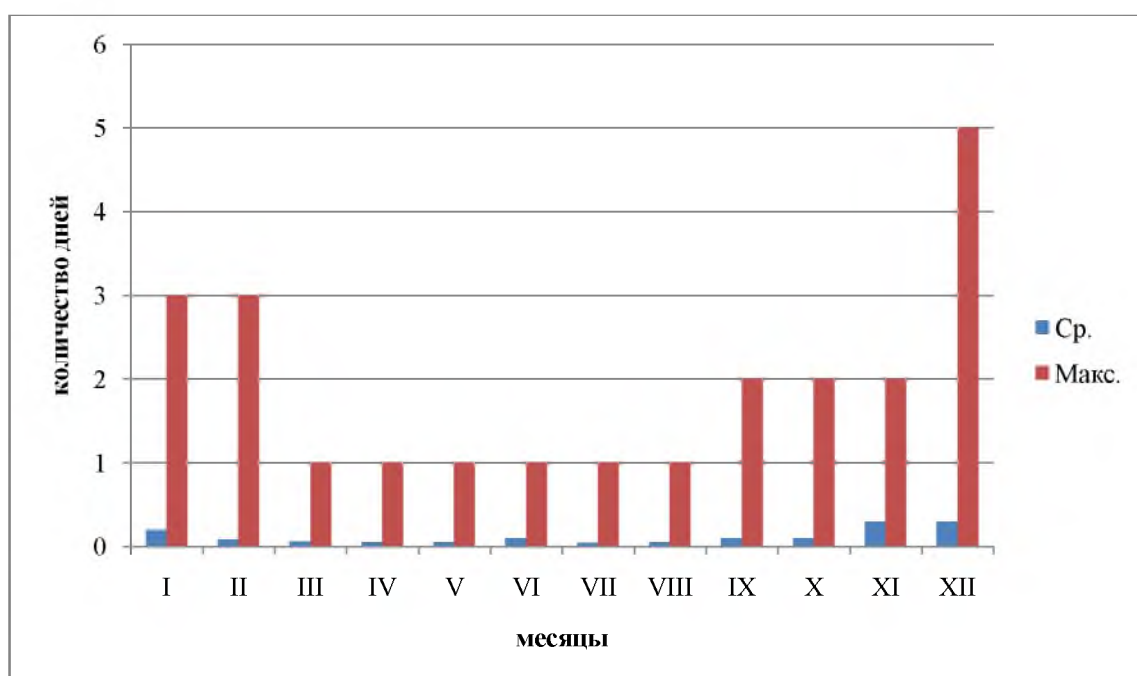


Рисунок 3.2 – Повторяемость числа дней с градом

Число дней с грозой определяют по ежечасным данным МРЛ и по данным МС Сочи, Адлер, Красная поляна.

В зимние месяцы, грозы бывают в среднем от 3 до 10 дней, максимум приходится на июнь-июль до 40 случаев, за год наблюдается до 120 дней с грозой (по данным метеорологического лоатора).

В холодный период года при малом количестве дней с грозой сопоставление не проводится. Оправдываемость за каждый месяц выражается в процентах (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Количество дней с грозой в районе аэропорта Адлер (Сочи)

| Наблюдения 2013г | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| годы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
| Кол-во случаев | - | - | - | 4 | 7 | 21 | 19 | 18 | 15 | 10 | 10 | - | 130 |
| Оправды ваемость прогноза | - | - | - | 93,4 | 100 | 100 | 96,2 | 100 | 92,5 | 97,3 | 92,8 | - | 96,4 |
| Наблюдения 2014г | | | | | | | | | | | | | |
| годы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
| Кол-во случаев | - | - | 4 | 8 | 19 | 23 | 17 | 18 | 13 | 12 | 6 | - | 126 |
| Оправды ваемость прогноза | - | - | 95,6 | 95,4 | 100 | 100 | 98,5 | 100 | 100 | 98,9 | 100 | - | 98,-4 |
| Наблюдения 2015г | | | | | | | | | | | | | |
| годы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
| Кол-во случаев | - | - | - | 9 | 15 | 20 | 20 | 11 | 13 | 6 | 6 | 4 | 104 |
| Оправды ваемость прогноза | - | - | - | 97,3 | 98,9 | 100 | 100 | 98,9 | 100 | 100 | 94,3 | 97 | 98,6 |
| Наблюдения 2016г | | | | | | | | | | | | | |
| годы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
| Кол-во случаев | - | - | - | 6 | 18 | 25 | 17 | 15 | 12 | 8 | - | - | 106 |
| Оправды ваемость прогноза | - | - | - | 94,3 | 99,2 | 100 | 100 | 97,9 | 100 | 100 | - | - | 98,7 |
| Наблюдения 2017г | | | | | | | | | | | | | |
| месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
| Кол-во случаев | - | - | - | 8 | 14 | 24 | 19 | 11 | 12 | 6 | 7 | 5 | 113 |
| Оправды ваемость прогноза | - | - | - | 93,3 | 100 | 100 | 96,6 | 100 | 95,9 | 100 | 100 | 93,9 | 97,9 |
| Наблюдения 2018г | | | | | | | | | | | | | |
| месяцы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
| Кол-во случаев | 2 | 1 | 4 | 12 | 18 | 26 | 19 | 21 | 17 | 9 | 6 | - | 135 |
| Оправды ваемость прогноза | 93,4 | 94,2 | 94,6 | 94,8 | 99,3 | 100 | 100 | 100 | 96,7 | 94,9 | 100 | - | 97,1 |

Количество дней с грозой в районе аэропорта Адлер (Сочи) представлено

на рисунке 3.3. Среднегодовое количество дней с грозой в районе аэропорта Адлер (Сочи) с 2013 по 2018 гг. представлено на рисунке 3.4.

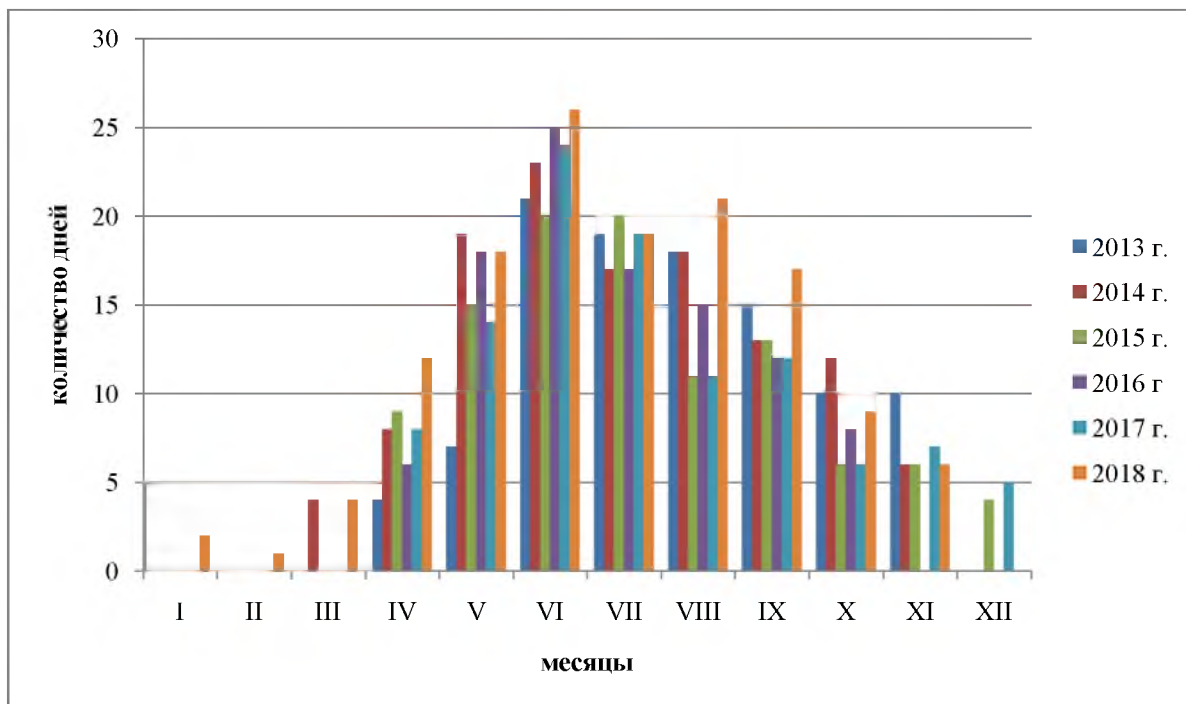


Рисунок 3.3 – Количество дней с грозой в районе аэропорта Адлер (Сочи)

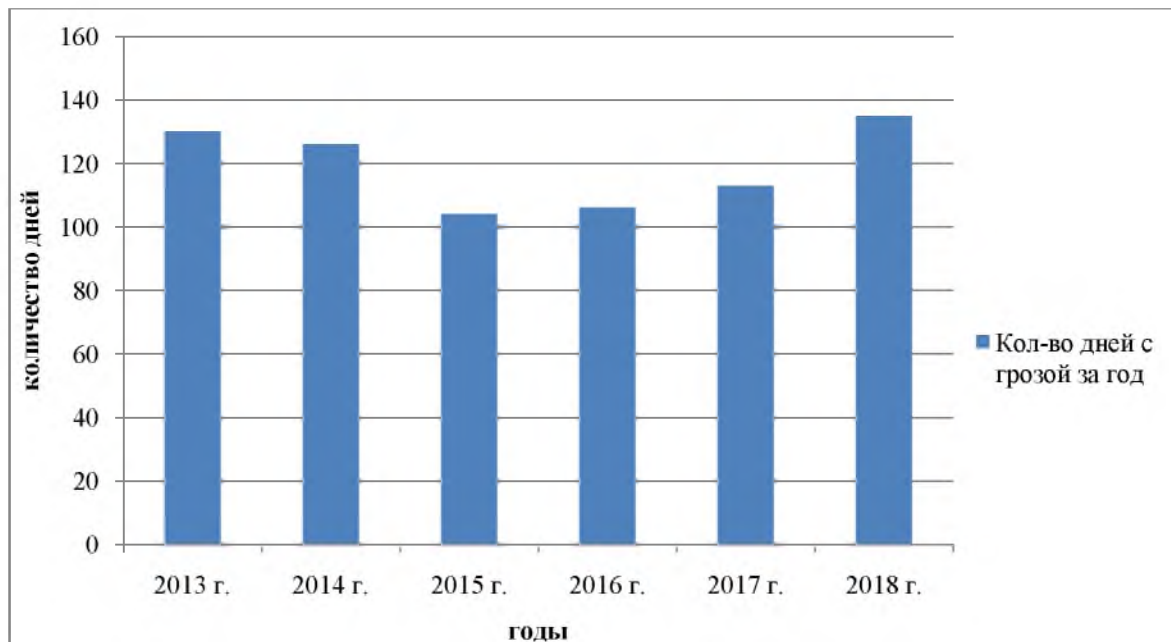


Рисунок 3.4 – Среднегодовое количество дней с грозой в районе аэропорта Адлер (Сочи) с 2013 по 2018 гг.

В работе проведен анализ суточного хода грозовых очагов. В таблицах 3.4, 3.5, 3.6 проанализирован суточный ход гроз в различное время

суток за 2016-2018 год.

По данным таблицы построены диаграммы повторяемости гроз в различное время суток по всемирному скоординированному времени ВСВ (рисунки 3.5-3.7).

Таблица 3.4 – Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе аэропорта Адлер (Сочи), 2016 г

| время | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | всего |
|-------|---|----|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|-------|
| 00-03 | | | | 2 | 3 | 4 | 2 | 6 | 5 | 1 | | | 23 |
| 03-06 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 6 | 3 | | | 37 |
| 06-09 | | | | 4 | 9 | 7 | 5 | 6 | 7 | 2 | | | 40 |
| 09-12 | | | 1 | 3 | 8 | 12 | 5 | 5 | 7 | 2 | | | 43 |
| 12-15 | | | | 1 | 11 | 12 | 5 | 9 | 7 | | | | 45 |
| 15-18 | | | | 1 | 5 | 6 | 3 | 6 | 6 | | | | 27 |
| 18-21 | | | | 1 | 2 | 4 | 1 | 5 | 5 | | | | 18 |
| 21-24 | 1 | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | | | | 15 |

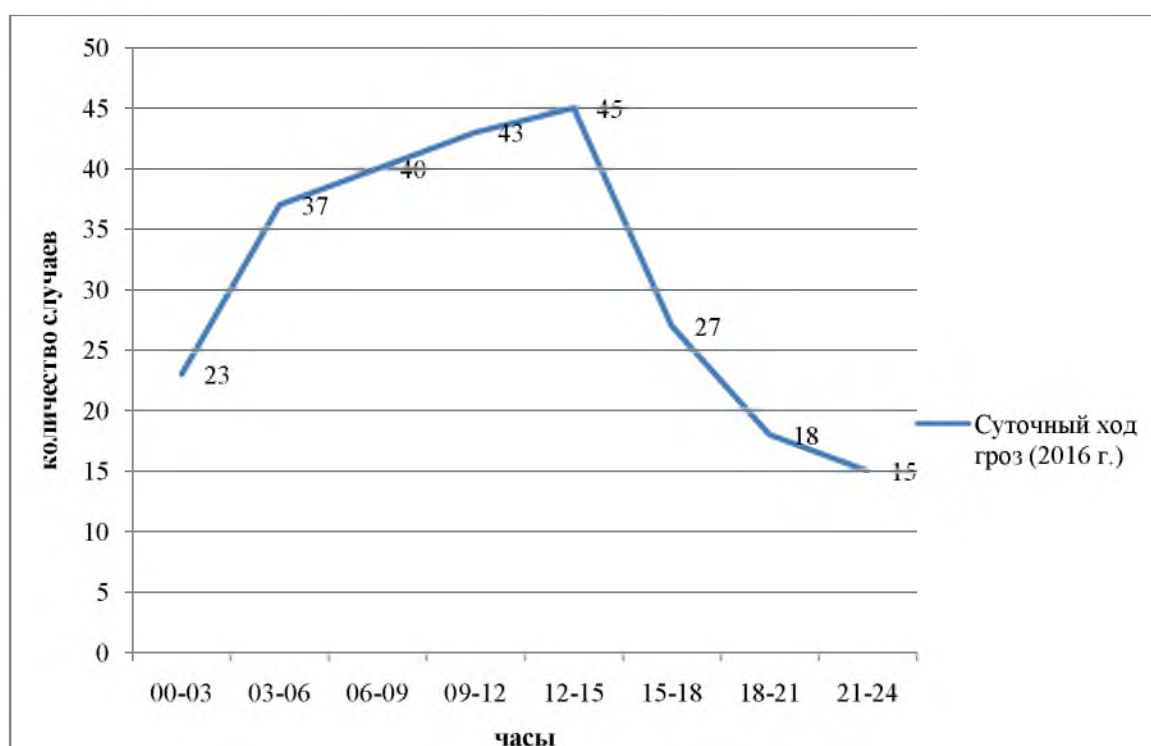


Рисунок 3.5 – Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе аэропорта Адлер (Сочи), в 2016 г

Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе АМСГ Адлер (Сочи), 2017 г. представлен в таблице 3.5 и на рисунке 3.6.

Таблица 3.5 – Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе АМСГ Адлер (Сочи), 2017г

| время | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | всего |
|-------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-------|
| 00-03 | | | 1 | 1 | 1 | 10 | 3 | 6 | 4 | 4 | 2 | 32 |
| 03-06 | | | 2 | 1 | 1 | 9 | 5 | 7 | 5 | 3 | 5 | 38 |
| 06-09 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 12 | 5 | 10 | 4 | 4 | 6 | 45 |
| 09-12 | | | 1 | | 2 | 16 | 7 | 18 | 5 | 5 | 7 | 61 |
| 12-15 | | | 1 | | 5 | 18 | 10 | 24 | 6 | 5 | 7 | 76 |
| 15-18 | | | 1 | 1 | 3 | 13 | 5 | 16 | 4 | 5 | 6 | 52 |
| 18-21 | | | 1 | 1 | 1 | 9 | 2 | 8 | 3 | 4 | 7 | 36 |
| 21-24 | 1 | | | 1 | 1 | 7 | 2 | 9 | 3 | 2 | 5 | 31 |

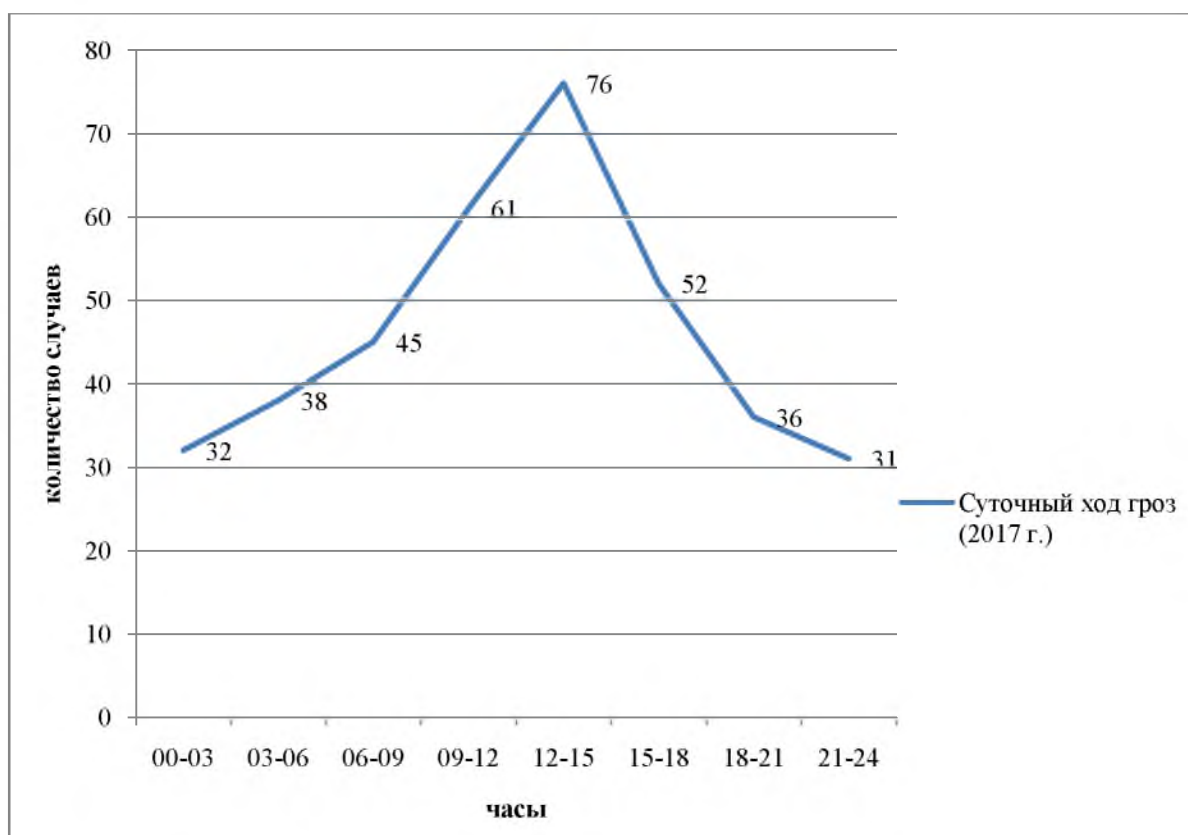


Рисунок 3.6 – Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе аэропорта Адлер (Сочи), в 2017 г

Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе АМСГ Адлер (Сочи), в 2018 г. представлен в таблице 3.6 и на рисунке 3.7

Таблица 3.6 – Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе АМСГ Адлер (Сочи), в 2018 г

| время | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Всего |
|-------|---|----|-----|----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|-------|
| 00-03 | 1 | | | 2 | 10 | 7 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 | 33 |
| 03-06 | 1 | | 1 | 1 | 8 | 6 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 40 |
| 06-09 | | | | 2 | 7 | 11 | 2 | 3 | 6 | 6 | 8 | 5 | 50 |
| 09-12 | | | 1 | 3 | 12 | 12 | 2 | 2 | 6 | 8 | 7 | 2 | 53 |
| 12-15 | | | | 1 | 10 | 10 | 2 | 7 | 8 | 7 | 6 | 3 | 54 |
| 15-18 | | | 1 | 3 | 9 | 7 | 2 | 2 | 6 | 5 | 5 | 3 | 43 |
| 18-21 | 1 | | 1 | 2 | 5 | 6 | 2 | 3 | 7 | 4 | 5 | 3 | 39 |
| 21-24 | 2 | | | 4 | 4 | 7 | 2 | 3 | 6 | 2 | 5 | 3 | 38 |

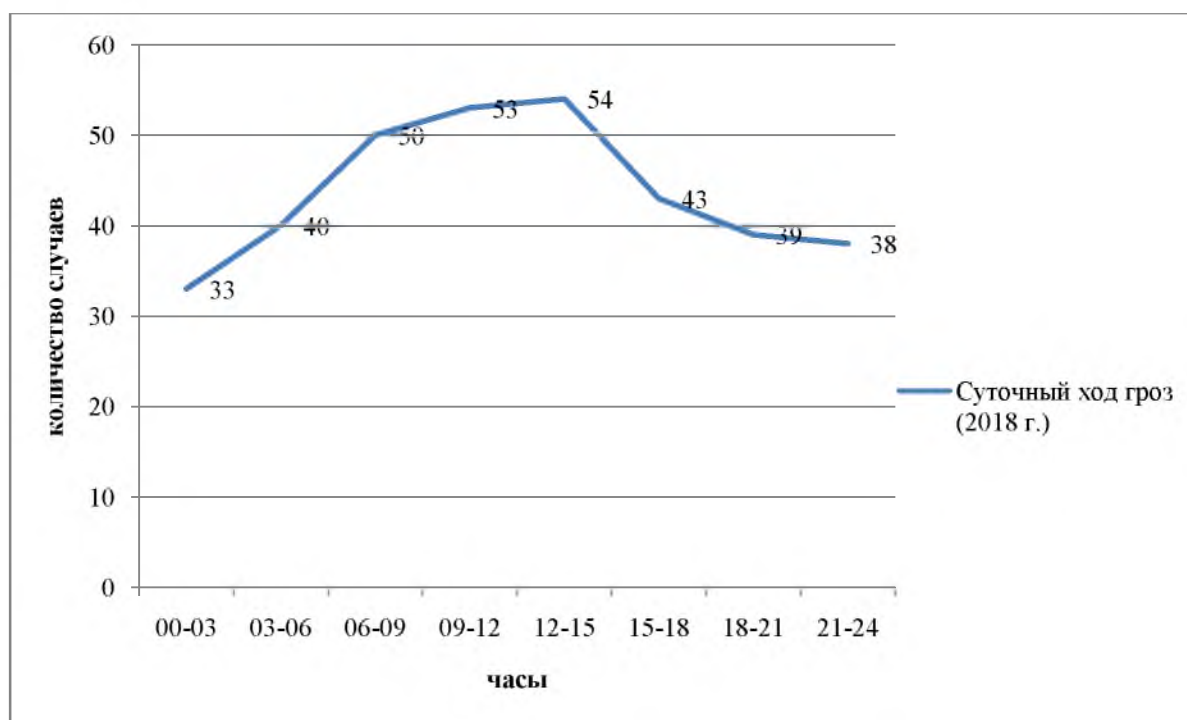


Рисунок 3.7 – Суточный ход гроз по данным МРЛ-5 в районе АМСГ Адлер (Сочи), 2018г

Из анализа данных таблиц следует, что в суточном ходе наибольшая

повторяемость гроз наблюдается во второй половине дня и в вечерние часы с 12 до 21 час по московскому времени. Максимум повторяемости гроз приходится на 15-18 часов.

Обработка результатов наблюдений ОЯ МРЛ за один месяц, осуществляется с целью оценки эффективности работы метеорологического лоатора, получения архивных данных, подготовки климатических материалов. Для этого необходимо чтобы наблюдения были качественными и сравнимыми.

Наземный метод наблюдения, так же, как и радиолокационный, имеет свои ограничения и не гарантирует 100% обнаружения всех гроз (особенно локальных). Рассчитывается количество совпадений наземной и радиолокационной информации в зоне до 30км от МРЛ. Грозы считаются одновременными если в течении 10 мин до и после середины срока наблюдений они подтверждены наземными наблюдениями. В конце каждого месяца вычисляется в процентах количество совпадений наблюдений грозовых явлений [10, с.20].

Из анализа общей климатической характеристики можно сделать вывод о том, что высокие горы, близость теплого моря способствуют развитию и обострению грозовых явлений на аэродроме города Сочи.Орография района оказывает влияние на развитие кучево-дождевой облачности по вертикали, которая достигает 11-13 км. что является опасным для полета ВС.

3.2 Влияние грозовых явлений на полет воздушного судна

Условия полета, в зоне грозовой деятельности, довольно сложны и опасны. Опасность для полетов всех типов самолетов и вертолетов обусловлена сильной турбулентностью, интенсивным обледенением в кучево-дождевых облаках, возможностью поражения летательных аппаратов молнией, градом [2, с.41].

К метеорологическим условиям, которые оказывают наибольшее воздействие на условия полетов летательных аппаратов, относятся кучево-

дождевые облака Сб. Это обусловлено в первую очередь тем, что даже на расстояниях до нескольких десятков километров от таких облаков возможно поражение летательного аппарата молнией. Кроме того, вблизи Сб, и особенно внутри них, чрезвычайно интенсивна турбулентность (болтанка), а также велики горизонтальные и вертикальные градиенты (сдвиги) ветра. Очень опасны полеты под облаком, где, в дополнение к перечисленному, нельзя не учитывать и опасности повреждения фюзеляжа градом – формой осадков, выпадающих из наиболее крупных Сб [2, с.43].

Электрическая структура индивидуальной внутриоблачной конвективной ячейки чаще всего характеризуется наличием в верхней половине Сб положительного, а в нижней – приблизительно аналогичного по значению объемного отрицательного заряда, под которым вблизи нижней границы Сб иногда имеется вторичный положительный заряд. Между внутриоблачными зарядами, а также между облаком и землей наблюдается преобладающая часть молний. Наблюдаются они также между зарядами, расположенными в смежных внутриоблачных ячейках или соседних облаках. К концу грозы, после того как жидкокапельная часть Сб уже в основном разрушилась, в наковальне облака электрические разряды все еще иногда происходят. Поэтому возможность удара молнии в самолет сохраняется вплоть до полного распада Сб [3, с.145].

Наиболее опасны полеты в зоне многоячеековых Сб. Это связано с тем, что в различных ячейках грозовые процессы могут возникать в разное время.

В результате, хотя весь цикл жизни в одной ячейке не превышает часа, многоячеековое грозовое облако может генерировать молнии на протяжении нескольких часов. При проведении анализа летных происшествий, молния попадает в самолет, не чаще чем один раз при 100 пересечениях грозовых облаков. Еще реже это может случиться при полетах вне облака. Внутри облаков и между ними наиболее велика вероятность молний на высотах вблизи нулевой изотермы. Самолету летящему намного ниже уровня замерзания угрожают разряды между Сб и землей. Чем ниже расположено основание облака, тем вероятнее такие молнии. При высоком расположении нижней

границы облака молнии между облаками наблюдаются чаще, чем под ними.

При полетах в грозовой зоне всегда следует учитывать возможность провоцирования молнии самолетом. Чаще всего она провоцируется коронным разрядом с выступающих частей фюзеляжа (концов крыльев, хвоста, радиоантенн и т. д.) поэтому поражение самолета молнией может происходить даже в зоне Сб, характеризуемого не очень большой электрической активностью.

В этом смысле весьма опасны, в частности, полеты рядом с облаками в стадии их распада [2, с.64].

При рассмотрении авиационно-метеорологических вопросов, связанных с кучево-дождевой облачностью, приходится учитывать, что наличие в районе аэродрома мощных грозоградовых облаков почти автоматически влечет за собой его закрытие для взлета и посадки или, по крайней мере, резкое ограничение их возможности. Вместе с тем, поскольку оправдываемость существующих методов прогноза столь опасных для авиации явлений пока еще оставляет желать лучшего, не исключено произвольное попадание самолета в ту или иную часть зоны Сб. Такая опасность максимальна при фронтальных облаках, поскольку обход их летательным аппаратом крайне сложен.

Грозовые явления иногда сопровождаются выпадением града. Кроме того, град можно встретить и в самом грозовом облаке, на различных высотах, в том числе и в верхней части облака. Полет в зоне града сопровождается механическими повреждениями различных частей самолета.

Повреждения могут быть настолько серьезными, что дальнейшее выполнение полетного задания становится опасным. Поэтому полеты в мощных кучевых облаках категорически запрещаются [2, с.71].

В таблице 3.7 представлены и проанализированы 31 случай поражения ВС электрическими разрядами в атмосфере за тридцатилетний период с 1988 по 2018 гг.

Из анализа данных таблицы 3.7 следует, что при попадании молнии в самолет, прежде всего, наблюдаются следующие неисправности ВС:

оплавление разрядников, зафиксировано 7 случаев, антенные устройства - 5 случаев, прожоги обшивки - 2 случая, оплавление корпуса двигателя, разрушение ступени компрессора - 1 случай.

Таблица 3.7 – Анализ авиационных происшествий в аэропорту Адлер (Сочи) за период 1988-2018 гг.

| ВС | Кол-во случаев | | Разруше ниеантен ны | Оплавлени е разрядник ов | Прожог обшивк и | Разрушен ступени компресс ора |
|--------|------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|
| | Декабрь- март | Апрель- ноябрь | | | | |
| Ту 134 | 7 | 1 | 2 | 3 | – | – |
| Ту-154 | 10 | 3 | 3 | 3 | – | 1 |
| АН-24 | 4 | – | – | 1 | 1 | – |
| Ил-86 | 3 | 1 | – | – | – | – |
| Як-40 | 1 | 1 | – | – | 1 | – |

Попадания молний в самолет наблюдаются как в облаках, так и вблизи них. Анализ летных происшествий показал, что в большинстве случаев поражение происходило в облаках, где до появления самолетов молний не зафиксировано.

Сопоставление распределения вероятности поражения самолетов молниями по сезонам года показывает следующее: хотя в зимний период гроз бывает на 90 % меньше, чем в летний, однако поражение ВС электрическими зарядами зимой наблюдается чаще, чем летом.

Это объясняется тем, что с внедрением в эксплуатацию скоростных самолетов остро встала проблема электризации самолетов. Электрический заряд, приобретаемый ВС при полете в облаках и осадках, зависит от ряда факторов. Главными являются:

- характеристика самолета
- режим полета самолета
- свойство среды, в которой осуществляется полет.

Сущность заряжения самолета в облаках состоит в том, что при соприкосновении нейтральной частицы облака с поверхностью незаряженного самолета и при отскакивании от нее отлетающая частица уносит заряд одного знака, а самолет получает заряд, равный по величине, но противоположный по знаку. Наибольший заряд ВС приобретает в кучево-дождевых облаках, но и в слоисто-дождевых вероятность возникновения больших зарядов весьма велика, особенно в области ограниченной изотермами 0-15⁰С. Вероятность больших зарядов самолетов возрастает с ростом средней радиолокационной отражаемости облаков.

Наибольшая вероятность поражения самолета молнией, имеет место при полете в грозовом облаке, на высоте где температура близка к 0⁰С (0-8⁰С). Летом это соответствует обычно высоте несколько больше 3 км, а наиболее интенсивные разряды наблюдаются при переходе облака от второй к третьей стадии развития [12, с.27].

Таким образом, особенно важным является своевременный прогноз и анализ особенности расположения грозовых очагов при фронтальной и внутримассовой облачности. Такие знания способствуют оптимальной консультации к выполнению полета в подобных экстремальных условиях.

Заключение

На основании проделанной работы сделаны следующие выводы:

Расположение международного аэропорта Адлер (Сочи) является одним из самых сложных для взлета и посадки авиационной техники, поэтому так важно своевременное обнаружение, наблюдение и оповещение летного состава и диспетчеров при обнаружении опасных явлений.

Опасные и стихийные явления, связанные с конвекцией, относятся к мезометеорологическим явлениям погоды.

Сложный горный рельеф Кавказа в сочетании с географическим положением и особенностями господствующих здесь циркуляционных процессов мезомасштабного характера, обуславливает в целом по территории высокую грозовую активность.

В горных районах внутримассовые кучево-дождевые облака сильнее развиты по вертикали от 11-13 км, максимум 16 км, что является значительно выше уровня потолка самолета.

Над Черным морем грозы на холодном фронте в теплое время года достигают наибольшей интенсивности вечером или ночью. Продолжительных гроз составляет 45 - 80%, причем максимум их приходится на период май – август, что обусловлено обще синоптическими процессами и температурными условиями. Зимняя грозовая деятельность связана с выносом теплого и влажного воздуха с водной поверхности Черного моря.

В районе аэропорта грозовая деятельность возможна в любое время года, но наибольшая повторяемость приходится на летние месяцы июнь – сентябрь. По многолетним данным, в среднем в году наблюдается порядка 42 дней с грозой. Наибольшее отмеченное число дней в году с грозами - 80. Средняя продолжительность грозы в году составляет 169,2 час, наибольшая – 245 час.

В условиях аэропорта статистические характеристики проявления грозовой активности, представленные в таблицах, позволяют сделать обобщения, что в зимние месяцы, грозы бывают в среднем от 3 до 10

дней, максимум приходится на июнь-июль до 40 случаев, за год наблюдается до 120 дней с грозой (по данным метеорологического локатора).

В суточном ходе наибольшая повторяемость гроз наблюдается во второй половине дня и в вечерние часы с 12 до 21 час по московскому времени. Максимум повторяемости гроз приходится на 15-18 часов.

Орография района оказывает влияние на развитие кучево-дождевой облачности по вертикали, которая достигает 11-13 км. что является опасным для полета ВС.

К метеорологическим условиям, которые оказывают наибольшее воздействие на условия полетов летательных аппаратов, относятся кучево-дождевые облака СБ. Это обусловлено в первую очередь тем, что даже на расстояниях до нескольких десятков километров от таких облаков возможно поражение летательного аппарата молнией

При попадании молнии в самолет, прежде всего, наблюдаются следующие неисправности ВС: оплавление разрядников, зафиксировано 7 случаев, антенные устройства - 5 случаев, прожоги обшивки - 2 случая, оплавление корпуса двигателя, разрушение ступени компрессора - 1 случай.

Сопоставление распределения вероятности поражения самолетов молниями по сезонам года показывает следующее: хотя в зимний период гроз бывает на 90 % меньше, чем в летний, однако поражение ВС электрическими зарядами зимой наблюдается чаще, чем летом.

Особенно важным является своевременный прогноз и анализ особенности расположения грозовых очагов при фронтальной и внутримассовой облачности. Такие знания способствуют оптимальной консультации к выполнению полета в подобных экстремальных условиях.

Список использованной литературы

1. Абдушелишвили, К.Л., Керимов, А.А. Опасные метеорологические явления на Кавказе / под ред. Г.Г. Сванидзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 57 с.
2. Баранов, А.М., Солонин, С.В. Авиационная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 331 с.
3. Богаткин, О.Г., Еникеева, В.Д. Анализ и прогноз для авиации. – Л.: Гидрометиздат, 1985. – 320 с.
4. Бочарников, Н.В., Брылев, С.О. Метеорологическое оборудование аэродромов и его эксплуатация. – СПб.: Гидрометиздат, 2003. – 280 с.
5. Варагушин, Ю.В., Петрова, М.В. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России. – М.: Транспорт, 1995. – 210 с.
6. Ветлов, И.П., Вельтищев, Н.Ф. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 200 с.
7. Воробьев, В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
8. Глушкова, Н.И., Лапчева, В.Ф. Руководство по прогнозу ОЯ по данным метеорологических локаторов и искусственных спутников Земли. – М.: ФСР по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996. – 250 с.
9. Дроздов, О.А. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
10. Руководство по прогнозированию метеорологических условий авиации. – Л.: Гидрометиздат, 1985. – 135 с.
11. Калинин, Н.А., Смирнова, А.А. Исследования радиолокационных характеристик для распознавания опасных явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью // Метеорология и гидрология. – 2005. –

- № 1. – 250 с.
12. Качурин, Л.Г. Методы метеорологических измерений. – Л.: Гидрометиздат, 1985. – 235 с.
 13. Маланичев, С.А., Брылев, Г.Б. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 330 с.
 14. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 2006. – 380 с.
 15. Минакова, Н.Е. Методическое письмо. Комплексное использование данных ИСЗ и МРЛ в анализе атмосферных фронтов. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 150 с.
 16. Нагалецкий, Ю.Я., Чистяков, В.И. Физическая география Краснодарского края. – Краснодар: изд. «Северный Кавказ», 2003. – 256 с.
 17. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России. – М.: Гидрометиздат, 1995. – 180 с.
 18. Никандрова, В.Я., Шишкина, Н.С. Исследования облаков, осадков, грозового электричества. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 350 с.
 19. Орехов, С.Я., Молодкин, П.Ф., Дугуян, Д.К. По Северо-Западному Кавказу. – Ростов, 1968. – 116 с.
 20. Роджерс, Р.Р. Краткий курс физики облаков. – Л.: Гидрометиздат, 1960. – 130 с.
 21. Солонин, А.С., Бочарников, Н.В. Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеоячейка». – СПб.: Гидрометеиздат, 2007. – 315 с.
 22. Хромов, С.П., Петросянц, М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во Московского ун-та, 2001. – 527 с.
 23. Шишкин, Н.С. Облака, осадки и грозовое электричество. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 220 с.
 24. Шмeтер, С.М., Постнов, А.А., Безрукова, Н.А. Влияние мезометеорологических процессов в нижней тропосфере на условия

- полетов воздушных судов на малых и средних высотах. – Л.:
Гидрометиздат, 1988. – 155 с.
25. Фондовые материалы АМСГ Адлер (Сочи).