



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Синоптические и метеорологические особенности развития
грозы в Средней полосе России (Сасово)».

Исполнитель Юрасова Людмила Алексеевна
(фамилия, имя, отчество)

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

Михайловский Юрий Павлович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

« 08 » 06 2020г.

Санкт-Петербург
2020

Содержание

Введение

1 Влияние грозовой деятельности на работу авиации.

1.1 Классификация и условия образования гроз.

1.2 Особенности полета в зоне грозовой деятельности. Опасные явления сопутствующие грозе.

1.3 Прогнозирование грозовой деятельности.

1.3.1 Авиационные прогнозы погоды и предупреждения.

1.3.2 Расчетные методы прогноза гроз.

1.3.3 Синоптические методы прогноза гроз.

1.4 Использование данных ДМРЛ и ИСЗ для прогноза грозовых очагов.

2 Метеорологические данные и методы их обработки.

2.1 Исходные данные.

2.2 Методика обработки исходной информации.

2.3 Физико-географическое описание аэропорта Сасово.

2.4 Общая климатическая характеристика.

3 Распределение гроз в районе аэропорта Сасово.

3.1 Годовой ход гроз.

3.2 Суточный ход гроз.

3.3 Продолжительность гроз.

3.4 Характерные условия образования гроз.

Заключение

Список использованных источников

Приложения

Введение

Состояние воздушной среды, то есть погода, в жизни людей имеет большое значение. Человечество живет и действует в воздушной оболочке Земли – атмосфере, в которой и происходят все явления погоды. Погода - это сочетание метеорологических явлений и параметров атмосферы в данное время.

Наблюдение и прогнозирование опасных явлений стало необходимо для работы авиации, сельского хозяйства и других отраслей деятельности человека.

Когда начала развиваться авиация, то стало сразу ясно , что без хорошей погоды полеты не возможны. По мере увеличения дальности и продолжительности полетов возникла необходимость сбора информации о погоде и потребовалось составление авиационных прогнозов. Выявились опасные для полетов метеорологические явления. К их числу отнесена грозовая деятельность и связанные с ней опасные явления.[15,с.7].

Для авиации важно своевременно обнаруживать грозовые очаги и их интенсивность. В предполетную подготовку экипажей воздушного судна входит ознакомление с опасными явлениями по маршруту в том числе и грозовых очагов, что оказывает существенную помощь при полете. Она помогает сориентироваться летному экипажу в каких районах можно ожидать грозовую деятельность, что способствует уменьшению непреднамеренного попадания в грозовой очаг.[2,с.193].

Актуальность выбранной темы состоит в выявлении условий и закономерностей образования гроз в районе аэропорта города Сасово, метеорологического обеспечения безопасности учебных полетов и поддержания высокой экономической деятельности аэропорта в целом.

Объектом исследований данной работы являются комплексные атмосферные процессы с образованием гроз и их воздействие на полеты воздушных судов.

Основной целью работы является изучение природы гроз, классификации структуры образования конвективных облаков и особенностей ее обнаружения на начальной стадии формирования по аэродрому города Сасово.

Первостепенной задачей этой работы является:

- анализ условий развития гроз и физическая сущность этого явления;
- влияние грозовых явлений на безопасность полетов ВС;
- особенности метеорологического обеспечения полетов авиации в условиях гроз;
- рассмотреть и проанализировать возможности современных технических средств зондирования гроз.

В работе использованы данные метеорологических наблюдений на АМСГ Сасово и синоптические материалы за период с 2015 по 2019г. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

В главе 1 были рассмотрены физические условия образования гроз, их влияние на полеты самолетов; а также приведены основные методы прогнозов, используемых на АМСГ Сасово.

Вторая глава включает в себя физико-географическое описание района аэропорта Сасово, его общую климатическую характеристику. Здесь же дана характеристика исходного материала и методы его обработки.

В третьей главе приведены результаты обработки статистических данных. За исследованный период было выявлено 125 случая гроз. Все случаи были проанализированы и распределены по таблицам. Далее был проведен анализ повторяемости гроз в годовом и суточном ходе, а также посчитана их продолжительность.

В заключении даны краткие выводы по проделанной работе.

1 Влияние грозовой деятельности на работу авиации.

1.1 Классификация и условия образования грозы.

Гроза это совокупность атмосферных явлений, связанные с образованием конвективной облачности, которое сопровождается электрическими разрядами (то есть молния) и характерным звуком в виде грома, что обычно сопровождается выпадением ливневых осадков. Гроза это результат неустойчивости атмосферы, которой способствуют восходящие потоки воздуха и из-за этого начинают свое развитие кучевые облака, которые в дальнейшем переходят в TCU и Cb облака.

Образование кучево-дождевой облачности начинается благодаря интенсивному восходящему потоку влажного воздуха. Данные потоки образуются из-за вынужденного поднятия воздуха вдоль горных склонов и термической конвекции или вытеснения вверх теплого воздуха холодным. Вынужденный подъем воздуха и термическая конвекция часто бывают вместе. Для развития грозового облака в первую очередь важно что бы воздушная масса была неустойчивой. [21,с.25].

Неустойчивое состояние атмосферы способствует восходящее движение влажного воздуха. Чем больше влажность, тем интенсивнее развитие грозовых облаков. При высокой неустойчивости стратификации атмосферы весь процесс развития Cb облака в среднем длится 40 минут.

Кучево - дождевые облака могут быть как одноячейковые так и многоячейковыми. Одноячейковое грозовое облако развивается когда тихий ветер и размытое барическое поле. Они могут достигать грозовой или градовой интенсивности, но и быстро распадаются с началом выпадения осадков. Такое облако может достигать определенных размеров: поперечный до 20км, вертикальный до 12 км и продолжительность жизни примерно 30 минут.

Многоячейковые кучево-дождевые облака встречаются гораздо чаще одноячейковых. Несмотря на то что у них разные стадии развития кучевых ячеек двигаются они друг за другом, как одно целое. Вершины таких ячеек могут проникать и стратосферу. Такие грозы могут сопровождаться градом, ливневым дождем или шквальным ветром. Жизнь такого облака в зрелой стадии длится около 20 минут. Все остальные облака в этой череде могут существовать несколько часов. Такие грозы наиболее интенсивны.[22,с.21].

Прежде чем стать грозовым облаком, нужно пройти три стадии развития грозового облака (рис.1.), облако должно иметь хорошее конвективное развитие.

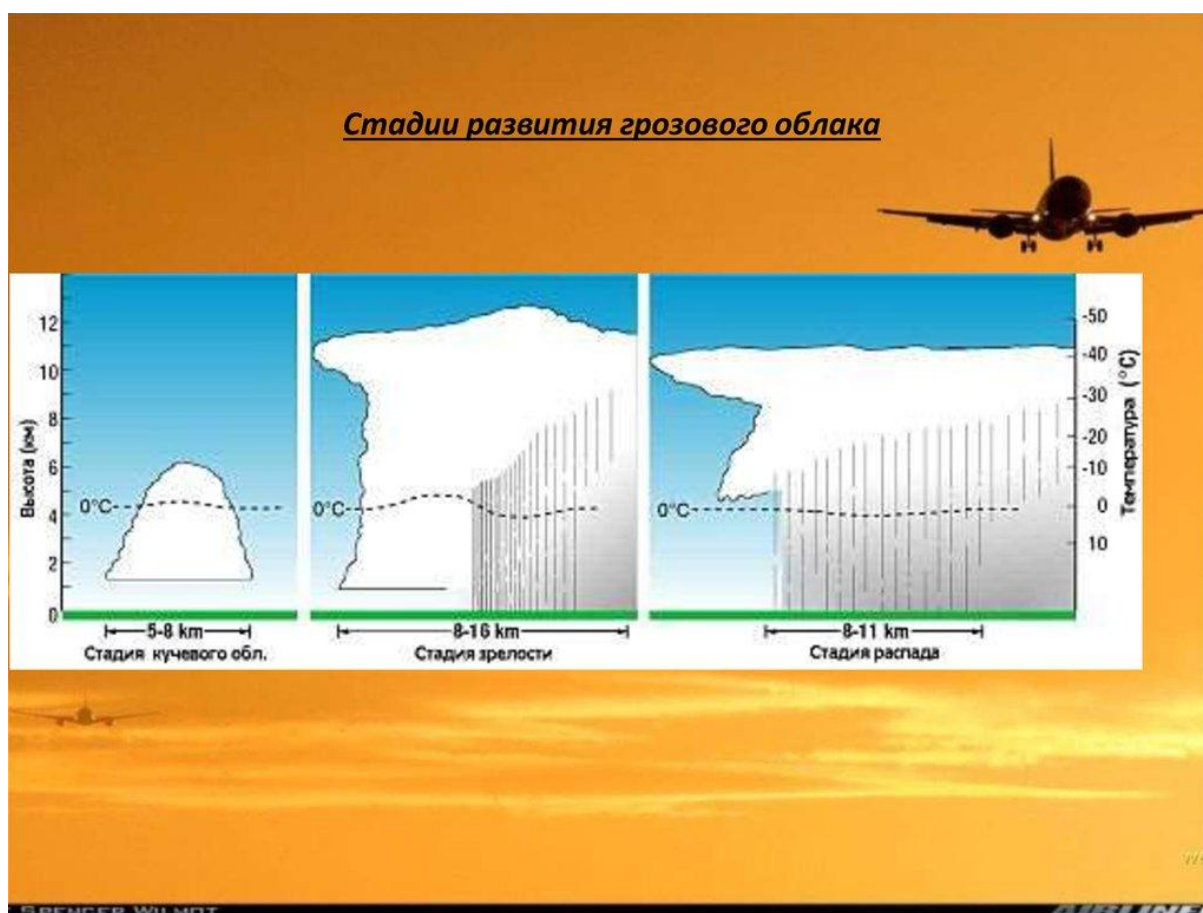


Рис.1. Три стадии развития кучево-дождевых облаков.

Первая стадия - начало развития, начинается с момента развития кучевого облака, хорошей погоды. Которое при благоприятных условиях быстро растет по вертикали и становится мощным кучевым (TCU). Вершина его достигает 3-5 км. На этих высотах отрицательная температура. За счет этого верхняя часть TCU облака состоит из переохлажденных капель. Из-за того, что в облаке присутствуют интенсивные восходящие потоки воздуха, все это приводит к активному процессу увеличения капель за счет слияния. Эта стадия отличается от других тем, что в ней преобладают восходящие потоки воздуха. Средняя скорость восходящих потоков примерно равно 3-6м/с, в отдельных случаях может достигать и 20м/с. [22,с.22].

При интенсивном развитии TCU (мощного кучевого) облака верхняя его часть попадает в зону отрицательных температур и имеет форму верхушек в виде гор и башен. Из этого следует, что часть водянных капель замерзает и превращается в кристаллы. В следствии этого состав облака становится смешанным, в результате чего в нем начинается образование осадков. Наблюдается сильная турбулентность. Кучево-дождевые облака, могут быть «лысыми» (calvus) или «волосатыми».

Постепенно в таком облаке по мимо восходящих потоков начинает формироваться нисходящий поток воздуха. Этот поток холодный (рисунок 1.1) и возникает благодаря усилению воздуха падающими осадками.

Вторая стадия это стадия зрелости. Когда начинают выпадать осадки, то это говорит о том что этот массив мощно-кучевого облака перешел в следующую стадию и теперь оно стало Cb. Уже давно изучено, что если температура в момент развития выше, чем минус 25 градусов, то явлений связанных с грозовой деятельностью не будет, из него будут выпадают только ливневые осадки [24,с.21]. Как только верхушка облака принимает вид «наковальни» начинается стадия развития Cb массива. Размеры этого облака становятся гораздо выше и вершина уже достигает 10км, в тропиках может быть гораздо выше. Вертикальные движения в таком облаке на такой стадии

существенно изменяются. Вместе с восходящими потоками появляются и нисходящие потоки воздуха. Нисходящие потоки воздуха появляются вместе с выпадением осадков, это приводит к сильной турбулентности. Турбулентные вихри могут достигать больших размеров в диаметре и в скорости. Порыв может достигать 35м/с.

Внутри кучево-дождевых облаков возникает очень большая разность электрического заряда в облаках или между ними или землей, должно быть облако сильно электролизованно. Облачные массивы по разным причинам получают разного знака электрические заряды, следствием этого является молния. Молнии бывают чаще всего внутри облака и между близко расположенными облаками, вся причина в том что так путь короче, чем между самим облаком и землей. В основном молния возникает в близи нулевой изотермы (плюс или минус 5 градусов).

Третья стадия – заключительная, стадия – разрушения кучево-дождевого облака (рис.1.1), в нем уже преобладает нисходящий поток воздуха. Нисходящий поток воздуха связан с выпадением осадков, из этого следует что когда ослабевают осадки то и нисходящий воздушный поток то же ослабевает. Распад кучево-дождевого облака начинается с размывания нижнего края облачности. В теории жизнь всех трех стадий вместе может длиться примерно 1-5 часов, но в реальности могут быть и отклонения как в большую сторону так и в меньшую. Бывает что достаточно и одного часа что бы облако не только успело конвективно развиваться , но и разрушиться, а бывает затянется на долгое время.

Классификация гроз.

В зависимости от условий образования бывают фронтальные и внутримассовые грозы.

На образование гроз в однородных воздушных массах влияет орография местности и термическая конвекция. За счет этого все внутримассовые грозы и конвективные осадки образуются над континентом летом в послеполуденные

часы. В эти часы на поверхности земли температура воздуха достигает максимальных значений, а над морем эти явления наблюдаются чаще всего зимой и в ночные часы, потому что поверхность воды теплее в ночные часы.

В основном внутримассовые грозы возникают в заполняющемся циклоне или в тыловой части циклона при северном и северо-западном ветре. В тыловой части циклона происходит вторжение холодного воздуха (северного и северо-западного), и влечет за собой рост давления у земли. Это не является причиной, которая способствует сильному развитию конвективной облачности, в связи с этим в умеренных широтах над земной поверхностью грозы проявляются слабо. Вертикальное развитие кучево-дождевых облаков в среднем достигает 7 км, дальнейшему развитию по вертикали могут препятствовать вышележащие задерживающие слои.

Грозовые очаги над большими водными поверхностями, такими как моря и океаны могут развиваться в любое время суток, потому что у воды суточные колебания температуры не значительны. Над внутренними морями и большими озерами грозы могут возникать как ночью так и вечером. Внутримассовые грозовые очаги в основном располагаются отдельными очагами, на расстоянии нескольких десятков километров друг от друга. Скорость смещения таких гроз составляет от 5 до 20 км/ч [20,с.31].

Те внутримассовые грозы которые возникают в тыловой части циклонов над сушей образуются в теплое время года во второй половине дня. В зимнее время внутримассовые грозы возникают над западной Европой в прибрежной части и над Кавказом (Черноморским побережьем).

К внутримассовым грозам относятся конвективные (местные), орографические и адвективные грозы.

Конвективные грозы возникают при влажной воздушной массе в нижнем слое атмосферы, выше располагается более холодная воздушная масса и при сильном прогреве земной поверхности. Конвективные грозы в основном

отмечаются летом в послеполуденные часы в малоградиентном барическом поле, в седловине и на периферии заполняющегося циклона.

Орографические грозы образуются при поднятии неустойчивой воздушной массы вдоль наветренных склонов горных препятствий. Кучево-дождевые облака в горных районах сильно развиты по вертикали, верхняя граница их достигает 11 км. Горные грозы интенсивнее, чем равнинные. Кучево-дождевые облака в низких широтах имеют большую вертикальную мощность, чем облака, образующиеся в более широких широтах, на это влияет положение тропопаузы, высота которой к экватору увеличивается [24,с.23].

Адвективные грозы встречаются в быстро движущейся относительно холодной и в тоже время влажной воздушной массе над теплой подстилающей поверхностью. Бывают летом в передней части гребня антициклона в холодной воздушной массе (ветер северной составляющей) за холодным фронтом. Адвективные грозы могут возникать в дневное время над побережьем и в ночные часы в районах прибрежных вод моря.

Фронтальные грозы наблюдаются в: теплом фронте, холодных фронтах 1 и 2 рода, фронт окклюзии. В основном возникают на холодных фронтах, особенно хорошо развиваются на холодном фронте 2 рода. На холодном фронте II рода образование гроз, объясняется интенсивным подтеканием холодного воздуха под теплую воздушную массу.

На холодных фронтах 1 и 2 рода , грозы обычно развиваются вдоль фронта на расстоянии в несколько сотен километров, ширина же этой зоны составляет несколько десятков, иногда и более сотни километров. Вертикальное развитие кучево-дождевых облаков довольно большое и может достигать тропопаузы, а иногда и проникать в нижнюю стратосферу. Такие мощные кучево-дождевые (TCU) облака могут развиваться только в том случае если теплая воздушная масса, которая находится перед ХФ (холодным фронтом), имеет достаточно высокую температуру и большую влажность.

Грозы на холодных фронтах, располагаются сплошной линией вдоль

фронта и расстояние между грозовыми очагами в пределах двух километров. Как правило не у всех облаков верхняя граница находится на одном уровне, из-за этого на больших высотах расстояния между вершинами кучево-дождевых облаков могут достигать 20км и более, скорость перемещения холодного фронта 2 рода значительно быстрее чем ХФ 1 рода и может достигать 60 км/ч.

Известно, что если разница между воздушными массами составляет более 8°C прохождение такого фронта может сопровождаться сильными шквалами, ливнями, градом [2,с.196].

Наиболее интенсивная грозовая деятельность на холодных фронтах наблюдается в теплое время года и во вторую половину дня, когда наступает максимальная температура воздуха, за счет этого может усиливаться грозовая деятельность в зоне фронта. Над морями и океанами грозы связанные с холодным фронтом наиболее интенсивны в ночные часы.

Грозовые очаги на теплом фронте тяжело определить, потому что они замаскированы слоистообразной облачностью. Воздух для грозы на таком фронте должен быть недостаточно устойчив. Восходящее движение теплого воздуха усиливается из-за влажно неустойчивости и поэтому среди слоистых облаков начинают развиваться кучевые облака [20,с.32].

Теплый воздух поднимается намного медленнее чем холодный, поэтому скорость восходящего движения воздуха сильнее на ХФ, соответственно и грозы на ХФ встречаются намного чаще, чем на ТФ. Если теплый воздух влажно неустойчиво стратифицирован, то вертикальные движения в нем принимают турбулентный характер и тогда на фоне облачной системы слоистых облаков (Cs – As – Ns) начинают появляться кучево-дождевые облака, с грозовыми очагами. Так как кучево-дождевые облака получаются скрыты слоистообразной облачностью, то это имеет не маловажный фактор в обеспечение и безопасность полетов. Так как есть большая вероятность не преднамеренного попадания воздушного судна в активную грозовую деятельность.

На теплых фронтах грозы возникают когда циклон движется с юга и юго-запада (приложение 1). В теплом секторе циклона присутствуют воздушные массы влажного тропического воздуха. Ведущий поток является дивергентным. Грозовая деятельность в таком фронте в основном обостряется вечерние и ночные часы. Обусловлено это тем, что в слоисто-дождевых облаках может происходить развитие сильного вертикального движения воздуха из-за образования неустойчивой стратификации когда понижается температура верхней границы облачности.

Грозы в точки окклюзии и на волне (стадия зарождения) могут быть вместе с ливнем, градом, шквалом, смерчем. Такие опасные явления обычно наблюдаются когда циклон окклюдируется и особенно часто на волне. В обоих случаях наблюдаются большой контраст температуры, в теплой воздушной массе температура днем может превышать 30°C , а в холодном воздухе они находятся в пределах $15 - 20^{\circ}\text{C}$.

Волна которая образуется на холодном фронте не развивается в самостоятельный циклон, а очень быстро смещается со скоростью до 90 км/ч , в направлении ведущего потока в средней и верхней тропосфере. Обнаружение таких возмущений на синоптической карте затруднено, особенно утром потому что в начальной стадии они ни как не проявляются. Через некоторое время рядом с центром возмущения внезапно возникают мощные кучево-дождевые облака, как правило в послеполуденные часы.

Образование топографических и орографических гроз зависит от особенностей топографии и орографии места, причем эта зависимость в большей степени выражена при внутримассовых грозах и в меньшей – при фронтальных.

Чаще всего грозы возникают над местами, где имеются импульсы для развития конвекции, то есть над сильно нагреваемыми участками, над возвышенностями, над участками с увеличенным трением, у горных

препятствий. Поэтому грозы чаще наблюдаются в горных местностях, над береговой полосой и в городской черте.

С другой стороны, развитию гроз способствует влажнонеустойчивость атмосферы, а значит, и увеличение абсолютной влажности воздуха. Поэтому наличие источников увлажнения воздуха содействует образованию гроз при условии, что это увлажнение не сопровождается сильным снижением температуры. Повышение точки росы на 1° эквивалентно повышению температуры на $1,5^{\circ}$. Это соотношение объясняет интенсивное образование над болотистыми районами кучево-дождевой облачности. Над озерами наблюдается сравнительно небольшое повышение точки росы и значительное понижение температуры воздуха.

1.2 Особенности полета в зоне грозовой деятельности. Опасные явления сопутствующие грозе.

Гроза – наиболее опасное метеорологическое явление. Развитие неустойчивой атмосферы, результатом, которого является интенсивное образование кучево-дождевых облаков с большими электрическими зарядами, зависит от характера подстилающей поверхности и местных условий. Поскольку на образование гроз оказывает влияние ряд факторов, которые учесть сложно, грозу трудно прогнозировать для конкретных пунктов и на заданное время. Для того чтобы избежать неожиданного появления грозы в районе аэропорта, составляются штормовое оповещение и предупреждение.

Опасность грозовой деятельности связана:

- с сильной турбулентностью в облаках, которая может вызвать сильную болтанку самолеты и приращение перегрузок, превышающих предельно допустимые;
- с сильным обледенением на высотах, где температура ниже 0°C ;

- с возможностью поражения самолета разрядами молний;
- с интенсивными ливневыми осадками и другими конвективными явлениями.

Опасные явления которые связаны с грозовой деятельностью и сопровождают ее - это смерч и шквал.

Смерч – сильный вихрь с приблизительно вертикальной, часто изогнутой осью. Внешне такой вихрь представляется в виде свисающего из облака и достигающего поверхности земли крутящегося облачного столба, наподобие огромного хобота.

Диаметр смерча, который имеет четкие очертания, составляет несколько десятков метров, с размытыми очертаниями – несколько сотен метров. Длительность смерча варьирует от нескольких минут до нескольких часов; они возникают при таких же синоптических условиях, как и грозы. Наиболее благоприятные условия для смерча создаются летом на холодном фронте с большим контрастом температур. При волновой деятельности смерчи образуются у вершин волн. Вертикальное развитие смерчей достигает в средних широтах 12 – 15 км, в южных – до 20 км; горизонтальная протяженность достигает несколько десятков километров.

Разрушительная сила смерча обусловлена огромной скоростью ветра, может достигать до 90 м/с. Максимальная скорость движения воздуха в вихре смерча может достигать 200 м/с. Вертикальные движения при смерчах так же достигают огромных скоростей, до 90 м/с. Такие сильные восходящие потоки воздуха объясняются резким понижением давления в центре смерча, до 40 – 100 гПа. Вследствие этого происходит значительное падение температуры, что приводит к конденсации водяного пара, т.е. к образованию свисающего облачного столба.

Поступательная скорость смерча небольшая: от 10 – 20 до 60 – 70 км/ч и определяется преимущественно скоростью ветра в ведущем потоке (средней и верхней тропосфере).

Шквал – резкое кратковременное усиление ветра, после прохождения шквала, ветер меняет направление. Скорость ветра при шквале может достигать 20 – 30 м/с и более. Самая большая скорость ветра при шквале была равна 65 м/с.

Возникновение шквала обычно связано с прохождением грозового облака. В этих случаях впереди грозового облака, за 1 – 2 км до сплошной стены дождя, можно видеть темный, нависший крутящийся вал – «шкваловый ворот», представляющий собой вихрь с горизонтальной осью. Этот вихрь образуется в зоне противоположных движений воздуха – против часовой стрелки. Впереди его существует восходящий поток, а в тыловой части – нисходящий. Обычно вихрь движется на высоте 500 м, но иногда опускается до 50м. После прохождения вихревого вала и наступает резкое усиление ветра, сопровождающееся изменением его направления, т.е. шквал. При этом наблюдается значительное понижение температуры и рост давления, вызванные распространением охлажденного воздуха осадками.

Совершенно очевидно, что шквал и смерч, представляют серьезную опасность для всех отраслей, но особенно для авиации. Если самолет в полете встретиться со смерчем, то авиационное происшествие неизбежно. Правда, сочетание всех неблагоприятных явлений одновременно практически не возможно.

При грозах часто наблюдается сильный сдвиг ветра, обусловленный как сильными вертикальными токами, так и небольшой неоднородностью в поле ветра вблизи кучево-дождевого облака.

Большую опасность представляет электрический разряд в самолет. В кучево-дождевых облаках могут создаваться электрические поля огромной напряженности, порядка нескольких киловольт на сантиметр. При столь больших напряженностях становится возможным электрический «пробой» воздуха и возникают гигантские искры — молнии.

Большое напряжение электрического заряда в облаке возникает в

результате электризации облачных элементов (капли и кристаллы) и разделения потенциально разных 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. [24,с.22] .

Все эти процессы в грозовом облаке приводят к огромному образованию электрических зарядов. На верхней границы облаков которые состоят из мелких кристаллов, образуется положительный электрический заряд. Основная часть этого электрического заряда находится возле нулевой изотермы. Те участки облака, где присутствуют мелкие капли, оказываются отрицательно заряженными частицами [2,с.193].Разность потенциалов измеряется сотнями тысяч вольт на 1м.

Линейная молния представляет собой гигантский искровой электрический разряд между разноименными облачными зарядами. Длина такой молнии несколько километров, но бывают случаи когда достигает более 20 км. От основного канала имеется несколько ответвлений длиной 2 – 3 км, что повышает вероятность удара молнии в самолет. Средняя скорость движения молнии 150 км/с, а температура может достигать 30000 градусов. Быстрое и сильное нагревание влечет за собой расширение воздуха который образует звуковой эффект то есть гром. Сначала видим молнию, а потом слышим гром.

Обычно разряды происходят между облаком и землей, но бывают электрические разряды как между облаками так и разными частями облака.

По расчетам и наблюдениям лишь один из 100 электрических разрядов может поразить самолет.

При полете в кучево-дождевом облаке вблизи грозового очага ультракороткие радиоволны, попадая на проводящую поверхность самолета, отражаются от нее и впереди самолета, так же как и над поверхностью земли, образуется электрическое поле большой напряженности. Это и создает впереди самолета благоприятные условия для возникновения молнии.

Ливневые осадки часто сопровождают грозы. Сильный ливневой дождь очень опасен для полетов, так как при этом нарушается нормальная работа двигателей у самолета, ухудшается горизонтальная и вертикальная видимость.

Град – это твердые осадки, которые могут выпадать как вместе с ливневым дождем из мощных кучево-дождевых облаков в виде частичек льда так и отдельно. Градины бывают самых различных форм и размеров от 5 мм до 10 см в диаметре.

Важнейшим условием образования града является большая водность облака и достаточно интенсивные восходящее движение воздуха, которые должно обеспечивать возможность конвективного роста до высоты 8 км и увеличения ледяных частиц до больших размеров.

Обычно град выпадает летом во второй половине дня и вечером, очень редко ночью; преимущественно град отмечается на холодных фронтах.

Опасное явление, как град можно встретить на разной высоте. При встрече в полете такого явления как град, можно получить различные повреждения обшивки самолета и даже разгерметизации кабины и пассажирского салона.

Перечисленные выше опасные явления могут наблюдаться одновременно. Поэтому от экипажа воздушного судна, работников службы движения и синоптиков требуется очень внимательно проанализировать возможность возникновения грозы и какая вероятность встречи с ней в районе аэродрома или по маршруту полета. Именно за совокупности опасных явлений в перечне опасных явлений для авиации гроза стоит на первом месте. Следует также отметить, что самым опасным фактором, для полета воздушного судна,

связанного с грозой является атмосферная турбулентность. Это подтверждено авиационной практикой и специальными исследованиями, которые проводились в нашей стране и США. Следует отметить еще одно важное обстоятельство: трудные, а иногда и невозможные условия для полетов при грозе создаются не только в грозовых облаках, но и вблизи этих облаков, поскольку воздух находится в состоянии сильной турбулентности, как внутри облаков, так и вблизи них. Именно по этой причине для обеспечения безопасного полета входить в грозовые облака категорически запрещается, а обходить их стороной следует на достаточно большом безопасном расстоянии, отделяющем самолет от облака.

Условия полета в зоне грозовых очагов.

В основном грозовая деятельность происходит летом. Для того чтобы полет происходил без авиационных происшествий и предпосылок к ним нужно всем работникам гражданской авиации и сотрудникам АМСГ осуществлять своевременно все необходимые меры чтобы не допустить сигнала «тревога». Недопустимы халатность и какие – либо нарушения, упущения при организации, обеспечении и выполнении полетов и управлении воздушным движением.

Практика выполнения полетов показывает, что в ряде районов страны грозовая деятельность является основной причиной нарушения регулярности воздушного движения предпосылок к летным происшествиям. Установлено также, что все самолеты могут подвергаться атмосферным электрическим разрядам, причем доказано, что с увеличением размеров и скорости полета самолетов вероятность попадания молнии в самолет увеличивается. Поэтому от пилотов и работников службы организации движения воздушного судна требуется тщательная оценка метеорологических условий полета, что и предусматривается основными руководящими документами, регламентирующими летную работу.

Экипаж воздушного судна во время полета обязан внимательно следить за состоянием атмосферы и за метеорологическими условиями полета. Если предстоит подход к зоне грозовой деятельности или сильных ливневых осадков, командир воздушного судна должен оценить возможность продолжения полета и принять соответствующее решение на обход зоны, непременно согласовав свои действия с органами управления воздушным движением.

В случае визуального обнаружения в полете мощных кучевых и (или) кучево-дождевых облаков, примыкающих к грозовым очагам, разрешается обходить их на удалении не менее 10км, при наличии бортовой радиолокационной системы (РЛС) – на удалении не менее 15км. Если нет возможности обойти указанные облака на заданной высоте, разрешается визуальный полет под облаками или выше их. Под облаками полет разрешается только днем, вне зоны ливневых осадков, причем высота полета над рельефом местности и искусственными препятствиями должна быть не менее безопасной высоты полета (200м над равнинной и холмистой местностью и 600м в горной местности). Расстояние от высоты полета до нижней границы облаков не должно быть при этом менее 200м. В случае полета над облаками расстояние от верхней границы облака и высотой полета не должно быть менее 500м (рисунок 2).

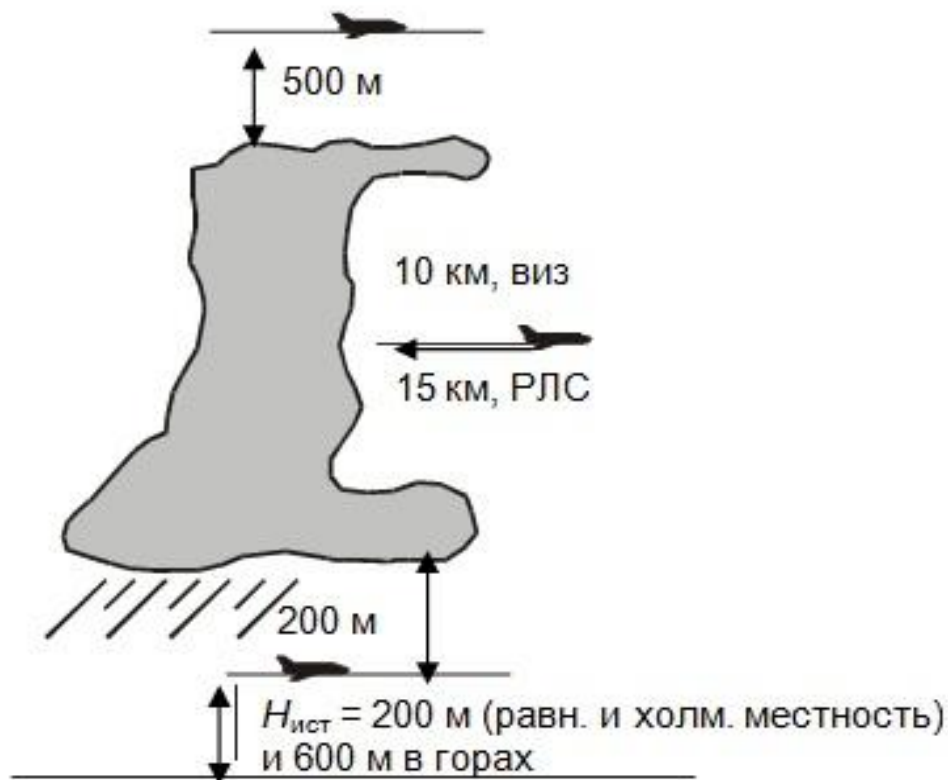


Рис. 1.2. Схема облета грозового облака

Рисунок 2. Схема обхода грозового облака воздушным судном имеющим бортовую радиолокационную систему.

Самое опасное при попадании в грозовое облако – потеря управления самолетом, беспорядочное его падение и перегрузки катастрофического характера, способные разрушить самолет. Специальные исследовательские полеты показывают, что мощные неупорядоченные движения в грозовых облаках создают перегрузки самолета до $\pm 2g$. Они хотя и меньше эксплуатационных, но чрезвычайно опасны тем, что, накладываясь на маневренные перегрузки, могут создать суммарную перегрузку, превышающую предельно допустимую, в результате чего самолет может разрушиться.

Кроме того, нужно иметь в виду, что в грозовых облаках возможны очень высокие скорости вертикальных движений воздуха. По косвенным данным, например, по весу выпадающих градин, они могут достигать 60м/с.

Наибольшую опасность представляет попадание самолета в зону сильных вертикальных движений в верхней части грозового облака, где разность между максимальной и минимальной скоростями полета и допустимые перегрузки меньше, чем в нижней тропосфере. Вблизи потолка самолета допустимая перегрузка значительно меньше. Поэтому при сильной болтанке возникает опасность выхода самолета на закритический угол атаки, в результате чего могут остановиться двигатели и управление самолетом может быть потеряно.

При сильных неупорядоченных вертикальных движениях воздуха независимо от управления самолетом резко изменяются углы атаки и тангажа, а отсюда подъемная сила и лобовое сопротивление. В результате самолет беспорядочно бросает вверх и вниз. Отмечены случаи, когда скорость вертикальных порывов в облаках достигала 34м/с, самолет бросало на 1700м, а его произвольное кренение при болтанке составляло 60°.

Вследствие большой влажности кучево-дождевых облаков и их смешанной структуры при отрицательных температурах воздуха очень вероятно обледенение.

Большую опасность для полетов представляют электрические разряды. Согласно материалам, опубликованным в США, вероятность поражения молнией различных частей самолета и приборов следующая: радиоантенн 27%, крыльев 22%, плоскостей хвоста 21%, фюзеляжа 15%, винтов 7%, контрольных отверстий 6%, компаса 2%.

Поражение самолета молнией может привести к тяжелому летному происшествию.

Анализ авиационных происшествий и специальные исследования показывают, что фактическая вероятность поражения самолетов молниями в активных в грозовом отношении облаках равна примерно 10, т.е. молния

попадает в самолет в среднем один раз за 100 проходов через грозовое облако. Иными словами, если за время нахождения самолета в облаке в последнем вспыхнет 100 молний, то лишь одна из них ударит в самолет.

Расчетная же вероятность встречи самолета с молнией в активном грозовом облаке при учете, что появление самолета не сказывается на траектории молнии, значительно меньше, ≤ 10 . Иначе говоря, на 10 000 пролетов самолета через грозовые облака молния может ударить в самолет только один раз.

Расхождение между вероятностями обусловлено тем, что сам самолет, являясь своеобразным проводником как бы «вызывает» на себя близко проходящую молнию.

Если облака в грозовом отношении малоактивны, но самолет летит в них в течение времени, за которое на нем накапливается достаточно большой заряд, и потенциал самолета по отношению к окружающей среде превышает 1 000 000В, то может произойти электрический разряд. Таким образом, при определенных условиях самолет может быть поражен молнией в слоисто-дождевых облаках, если они обладают электрическим полем, достаточным для поддержания разряда, а самолет несет электрический заряд, необходимый для начала разряда. Молния, вызванная появлением самолета в таких облаках, неминуемо ударит в самолет. Больше всего опасность во время полета возникает в зоне многоячейковых кучево-дождевых облаках. Это связано с тем, что в многоячейковых облаках грозовые очаги возникают в разное время. Из этого вытекает результат, что все три стадии в одноячейковом облаке длится не больше часа, в многоячейковом кучево-дождевом облаке с грозовым очагом может длиться электрический разряд (молнии) нескольких часов. В самих облаках и между облаками чаще всего электрические разряды бывает вблизи высоты, где ноль градусов. Самолет, который летит ниже высоты уровня замерзания может получить электрические разряды между кучево-дождевыми облаками и землей. Чем ниже нижняя граница облаков, тем больше вероятность

таких молний. Если нижняя граница облака расположена достаточно высоко, то электрические разряды будут наблюдаться чаще между облаками, чем под облаками. При осуществлении полета в зоне грозового очага не надо исключать вероятность попадания электрического разряда в воздушное судно. Наибольшая вероятность попадания разряда в выступающие части самолета, например хвост, крылья. Это может произойти в обычном кучево-дождевом облаке, где нет множества электрических зарядов. Когда кучево-дождевое облако находится на стадии разрушения, там все равно пусть и незначительное количество электрических разрядов, но все же наблюдается, поэтому не надо об этом забывать и пренебрегать этим.

Когда в авиации возникают вопросы связанные с кучево-дождевыми облаками нужно обязательно учитывать наличие грозовых очагов в пределах аэродрома, что влечет за собой прекращение полетов. Спрогнозировать грозу не всегда получается и поэтому всегда остается вероятность попадания в зону грозовой деятельности, где молния может повредить фюзеляж самолета. Эта ситуация может возникнуть в фронтальной зоне, где очень сложно облететь эти облака стороной.

Гроза может сопровождаться таким опасным явлением как выпадение града. Также не исключено встретить град и в кучево-дождевом облаке на различных участках. Попадания воздушного судна в зону с градом может повлечь за собой механическое повреждение, которое может привести к серьезным опасным последствиям. В связи с этим и запрещается производить полеты в кучево-дождевых облаках [27,с.41].

Безопасность полетов в зоне грозовой деятельности помогают повысить наземные и бортовые радиолокаторы. С их помощью экипаж может обнаружить грозовые очаги по интенсивности засветки, определить направление и скорость движения грозовых облаков.

Если воздушное судно имеет бортовую РЛС (радиолокационную систему), то экипажу разрешается обходить мощные кучевые и кучево-

дождевые облака на удалении не менее 15км от ближней границы засветки. Пересекать фронтальную облачность с отдельными грозowymi очагами можно в том месте, где расстояние между границами засветок на экране бортовой РЛС не менее 50км. Если грозowymi очаги обойти на заданной высоте невозможно, разрешается полет с превышением не менее 500м над верхней границей облаков.

Чтобы успешно преодолеть зону грозовой деятельности, экипаж обязан принять все зависящие от него меры безопасности. Еще до полета он должен получить в метеоподразделении подробную консультацию о метеорологической обстановке. Находясь в полете, нужно внимательно следить за погодой, чтобы не встретить грозу неожиданно.

Подходить к грозowym очагам на расстояния меньше установленных запрещается. Категорически запрещается преднамеренно заходить в мощные кучевые и кучево-дождевые облака.

В том случае, когда предстоит взлет или заход на посадку в условиях ливневых осадков, экипаж должен хорошо представлять степень ухудшения летных и аэродинамических характеристик воздушного судна.

Если в полете экипаж обнаруживает вертикальные вихри, они должны обходитьсЯ стороной, а вихри (смерчи), связанные с кучево-дождевыми облаками, должны обходитьсЯ на удалении не менее 30км от их видимых боковых границ.

При полете в зоне грозовой деятельности также должны осуществляться меры безопасности полета на случай встречи с сильным сдвигом ветра, электрическими разрядами, обледенением и другими явлениями.

Электризация самолета – сложный и неоднородный процесс, поскольку при полете самолет приобретает заряд и теряет его. Величина электрического заряда зависит от состояния токов, заряжающих и разряжающих самолет.

Сущность заряжения самолета в облаках состоит в том, что когда нейтрально заряженные частицы соприкасаются с обшивкой самолета,

происходит обмен положительных и отрицательных частиц между собой. В кучево-дождевом облаке воздушное судно получает больше электрического заряда, в слоисто-дождевых. В слоисто-дождевых облаках электрический заряд можно получить в зоне температур от минус нуля до минус пятнадцати градусов. Большая вероятность поражения самолета во время полета электрическим разрядом возникает вблизи нулевой изотермы. Летом нулевая изотерма находится примерно на высоте 2600-3000м. Большую интенсивность имеет электрический заряд при переходе из стадии развития кучево-дождевого облака в стадию разрушения [12,с.27]. На электризацию самолета существенное влияние оказывает и микроструктура облаков. Например, чем больше водность облаков, тем интенсивность заряжения самолета выше. Особенно опасны мощные кучевые, кучево-дождевые, плотные слоисто-дождевые облака. При длительном полете в высокостроистых и перисто слоистых облаках может произойти сильная электризация самолета.

Повышенная электризация самолетов наблюдается в облаках большой вертикальной протяженности. Так, согласно экспериментальным данным, в слоисто-дождевых облаках толщиной 5000м заряд в 5 – 10 раз больше, чем в облаках этой формы толщиной 500м. При интенсивной электризации самолетов возникает опасность шаровой молнии.

Разрядка самолета происходит вследствие проводимости горячих выхлопных газов, срыва частиц облаков (осадков) с самолета и коронного разряда. Процесс разрядки осуществляется в основном через разрядники, а при максимальном заряде – через выступающие заостренные части самолета, например, через антенны, их стойки, кромки крыльев, приемник воздушного давления и др. Этот процесс повышает вероятность поражения самолета молнией. Разница в скоростях заряда и разряда самолета обуславливает величину электрического заряда, оставшегося на самолете во время его посадки.

Электрический заряд на самолете таит в себе двойную опасность. С одной стороны, в полете электрический заряд «провоцирует» разряд молнии в самолет даже в тех случаях, когда напряженность электрического поля (без самолета) в воздухе еще не достигла пробивной напряженности. С другой стороны, после посадки при заправке самолета топливом может проскочить искра между заправочным пистолетом и открытой горловиной топливного бака со всеми вытекающими отсюда последствиями. Поэтому на многих типах самолетов предусмотрена система автоматического заземления фюзеляжа, а техник самолета после его заруливания на стоянку в первую очередь обязан заземлить самолет [2, с.129].

Таким образом, весьма важен своевременный прогноз и анализ особенности расположения очагов во фронтальной и внутримассовой облачности. Такие знания помогут давать оптимальные консультации к выполнению полета в подобных экстремальных условиях.

1.3 Прогнозирование грозовой деятельности.

1.3.1 Авиационные прогнозы погоды и предупреждения.

Для авиации важна информация не только о текущей погоде, но и о предстоящей. Прогноз погоды это научно обоснованное предположение о будущем состоянии атмосферы в определенном районе на определенный момент времени.

Прогнозирование основывается на тщательном изучении данных радиозонда, данных ИСЗ и ДМРЛ, также на данных текущей погоды которые передаются с метеорологических станций и постов, бортовой погоды. Используется климатическое описание станции и не забывается про сезонные особенности и физико-географического расположения.

Прогностическая работа на АМСГ – один из основных видов работы оперативных органов Росгидромета. При производстве полетов необходимо иметь сведения о погоде и должным образом учитывать метеорологические условия, как в данный момент, так и ко времени прибытия самолета на соответствующий участок маршрута полета, особенно на аэродром посадки.

Потребителю, особенно авиационному, необходим максимально точный прогноз погоды. Поэтому авиационные прогнозы погоды должны быть достаточно обоснованными и точными. Они должны характеризовать наиболее вероятные метеоусловия в районе, для которого давался прогноз. Текст авиационного прогноза должен быть кратким, ясным и не допускать двойственного толкования. Особенно это касается штормовых предупреждений [2, с.171].

Исходными материалами для разработки всех прогнозов погоды на АМСГ Сасово являются следующие:

- приземные синоптические и кольцевые карты погоды;
- карты барической топографии разных уровней;
- приземные и высотные прогностические карты;
- данные температурно-ветрового зондирования атмосферы различных пунктов;
- данные о фактической и ожидаемой погоде с аэродромов посадки и запасных аэродромов;
- штормовые оповещения от станций штормового кольца;
- информация о погоде по запросу;
- данные бортовой погоды;
- данные искусственных спутников Земли;
- данные ДМРЛ;

На АМСГ Сасово, в соответствии с требованиями наставления по метеорологическому обеспечению гражданской авиации (НМО ГА), составляются следующие виды авиационных прогнозов:

- 1) Оперативные 6-ти часовые прогнозы по аэродрому (коррективы к ним) составляются каждые 3 ч, в 02, 05, 08, 11, 14, 17, 20, 23ч ВСВ. Прогнозы составляются в формате кода TAF и выпускаются с заблаговременностью не менее 1 часа до начала времени их действия (приложение 2).
- 2) Прогнозы на посадку типа «тренд» (коррективы к ним), составляются ежечасно и каждые 30 минут в период работы аэропорта, а также по запросам диспетчеров и экипажей ВС на период 2 часа, начиная с момента составления.
- 3) 6-ти часовые прогнозы температуры и ветра (коррективы к ним) на высотах 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000, 3000м. (над уровнем моря) по маршрутам международных воздушных линий (МВЛ), с предоставлением температуры (Т) и давления (Р) минимального (приложение 3) для расчета безопасной высоты полета и вручаются дежурному штурману под роспись за час до начала срока действия прогноза, копии прогнозов помещаются на метеовитрине в комнате синоптиков и в штурманской.

Для метеорологического обеспечения полетов международных воздушных линий (МВЛ) по правилам визуальных полетов (ПВП) используются 6-ти часовые прогнозы GAMET (приложение 2) по трассам международных воздушных линий (МВЛ), составляемые синоптиком АМСГ Воронеж.

Так же выпускаются предупреждения по аэродрому, маршрутам и району полетов.

1.3.2 Расчетные методы прогноза гроз.

Большое разнообразие применяемых на практике методов прогноза конвекции и связанных с ней явлений обусловлено не только отсутствием

удовлетворительной теоретической модели, но и значительной зависимостью развития конвекции от географических особенностей. В связи с этим большое распространение получили расчетные термодинамические и гидродинамические методы прогноза.

Прогноз гроз методом частицы.

Этот метод самый простой и доступный. Он применим при составлении прогноза заблаговременностью до 36 (42) ч. Суть метода заключается в анализе вертикального адиабатического подъема частицы в окружающей атмосфере, находящейся в статическом равновесии.

По данным температурно-ветрового зондирования за утренний срок синоптик обрабатывает аэрологическую диаграмму, на которой строит кривую состояния. Эта кривая состояния показывает как изолированный объем воздуха (отдельная частица) будет изменять свою температуру при изменении высоты. Если после всех построений на аэрологической диаграмме оказывается, что уровень конвекции выше уровня конденсации на 4,5 км и более, то по району следует ожидать грозы [1, с.203].

Прогноз гроз по методу Н.В. Лебедевой.

Для прогноза гроз, ливневых осадков и других явлений, связанных с развитием мощной кучевой и кучево-дождевой облачности, Н.В. Лебедева предложила по данным утреннего зондирования атмосферы рассчитывать параметры конвекции, по которым и определяется возможность возникновения тех или иных конвективных явлений. К таким параметрам относятся:

1. Суммарный дефицит температуры точки росы на уровнях 850, 700 и 500 гПа ($\Sigma D^{\circ}\text{C}$). Этот параметр косвенно учитывает влияние вовлечения и характеризует возможность образования облачности в слое 850-500 гПа.

2. Дефицит температуры точки росы у земли или на верхней границе приземной инверсии и на момент максимального развития конвекции ($D, ^{\circ}\text{C}$).

3. Толщина конвективно-неустойчивого слоя (КНС) – ($\Delta H_{\text{КНС}}, \text{гПа}$). Каждая частица этого слоя будет участвовать в конвекции до больших высот. Чем

больше толщина КНС, тем больше вероятность образования кучево-дождевой облачности, тем больше вероятность развития грозовой деятельности.

4. Уровень конденсации ($H_{\text{конд}}$, км). Уровень конденсации указывает среднее положение высоты нижней границы кучево-дождевой облачности. Определение уровня конденсации также производится по аэрологической диаграмме.

5. Уровень конвекции ($H_{\text{конв}}$, км). Уровень конвекции позволяет определить среднее положение вершин кучево-дождевых облаков. Чем выше этот уровень, тем более мощными должны быть облака.

6. Температура воздуха на уровне конвекции ($T_{\text{конв}}$, °C). Установлено, что чем ниже эта температура, тем более вероятны ливни и грозы.

7. Средняя величина отклонения температуры на кривой состояния (T') от температуры на кривой стратификации (T).

8. Средняя вертикальная мощность конвективных облаков ($\Delta H_{\text{к.о}}$, км). Эта величина определяется как разность высот уровня конвекции и уровня конденсации. Чем больше эта величина, тем более вероятно возникновение конвективных явлений и тем больше их интенсивность.

По результатам расчета указанных восьми параметров конвекции Н.В. Лебедева предлагает оценивать возможность возникновения конвективных явлений. Оправдываемость прогноза наличия гроз по методу Н.В. Лебедевой составляет 80%, их отсутствия – 89%. Метод Н.В. Лебедевой разработан на основе метода частицы.

Другие расчетные методы прогноза. К ним относятся:

- Метод Бейли. Используется обычно в сочетании с другими методами.
- Метод Вайтинга основан на расчете по данным утреннего зондирования параметра K , который определяется по формуле:

$$K=2T_{850}-T_{500}-D_{850}-D_{700}$$

где T – температура, а D – дефицит температуры точки росы на соответствующем уровне.

Метод Вайтинга дает хорошие результаты при прогнозе гроз не по пункту, а по площади.

- Метод Фауста основан на определении разности (ΔT) между температурой нулевого испарения (T_v) и температурой на уровне 500гПа (T_{500}). На европейской части России оправдываемость наличия гроз по методу Фауста составляет 82%, а их отсутствия – 91%.

- Метод Г.Д.Решетова.

Г.Д.Решетов предложил определять возможность возникновения гроз по трем параметрам, которые сравнительно легко находятся по аэрологической диаграмме. Таким параметрами являются: высота вершин кучево-дождевой облачности (H_v), значение температуры воздуха на этой высоте (T_v) и толщина слоя облака, его верхней части, в которой наблюдаются отрицательные температуры (ΔH).

Существует еще множество методов прогноза гроз. Эти методы носят региональный характер. На АМСГ Сасово используется метод частицы (метод ГМЦ), который будет подробно описан далее.

1.3.3 Синоптические методы прогноза гроз.

Есть два расчетных метода прогноза гроз: термодинамический и гидродинамический, которые эффективны в прогнозировании опасных явлений лишь в том случае, когда данные ветрового зондирования достоверно передают состояние стратификацию атмосферы. Термодинамический и гидродинамический методы не соответствуют требованиям к прогнозу опасных явлений и стихийных явлений, которые возникают в конвективной облачности. Известно, что эти явления напрямую связаны с взаимодействием всей атмосферы [24,с.23].

Условия полета воздушного судна по району определяется метеорологической обстановкой, то есть барической системой, воздушной массой и атмосферными фронтами. Главной задачей анализа является отслеживание смещения воздушных масс (состояние их стратификации), выявления наличия фронтов в различных воздушных массах, образование барической системы и определить траекторию смещения (приложение 1).

Ниже приведены признаки с помощью которых можно спрогнозировать грозовую деятельность и явления с ней связанные.

Холодная, неустойчивая ВМ когда подтекает под теплую ВМ, то начинаются создаваться условия для восходящих вертикальных движений воздуха и конвекции. В послеполуденные часы начинается интенсивное развитие Сб облака, и возможно возникновение грозового очага.

Теплый фронт. Грозы на теплом фронте бывают очень редко, обостряются в ночные часы.

Теплый сектор циклона, находится между теплым и холодными фронтами. Летом в теплом секторе циклона могут возникать грозы, все зависит от влажности воздушной массы.

Холодный фронт I рода располагается на периферии циклона в глубокой ложбине. Его скорость смещения меньше 30 км/ч. Теплый воздух медленно вытесняется холодной воздушной массой, поднимаясь плавно вверх, это приводит к образованию облаков. В облаках такого фронта велика вероятность турбулентности и обледенения. В летнее время года образуются кучево-дождевые облака которые могут сопровождаться грозой и выпадением града.

Холодный фронт II рода это быстродвижущийся фронт, его скорость может достигать до 60 км/ч. Холодный воздух движется быстрее теплого, в результате этого образуется мощный восходящий поток

теплого воздуха, что приводит к конвекции, а следовательно к образованию Сб облачности. В передней части фронта может образовываться шквальный вихрь, что очень опасно для полетов. Холодный фронт II рода обостряется летом, в послеполуденные часы и часто сопровождается со шквалом, сильным ливневым дождем с градом и грозой.

Вторичные холодные фронты образуются в нутрии холодной воздушной массы арктического воздуха, в тылу циклона за основным ХФ (приложение 4). Вторичный фронт прослеживается до высоты 3000м. Такой фронт летом опасен сильной турбулентностью в облаках и около, шквалом, грозой и ливневым дождем.

Фронты окклюзии.

Фронт окклюзии бывает по типу теплого и по типу холодного. Фронт окклюзии возникает при смыкании теплого фронта с холодным.

Летом чаще всего бывает фронт окклюзии по типу холодного, с более мощной системой облаков, чем по типу теплого. Летом сопровождается ливневыми осадками, грозами.

В тыловая часть циклона, могут образовываться вторичный ХФ. Летом сопровождается ливневым дождем с грозой.

Седловина – размытое барическое поле, которое находится между циклонами и антициклонами. Летом при наличии высокой влажности днем и за счет интенсивного прогрева подстилающей поверхности образуются кучево-дождевые облака и внутримассовые грозы (приложение 4).

В передней части антициклона, преобладают северные ветра, летом в кучево-дождевых облаках развивается турбулентность, при большой влажности воздуха происходит выпадение ливневых дождей, могут сопровождаться грозой [24,с.24] (приложение 4).

Для более точного анализа атмосферных фронтов нужно использовать весь материал (данные радиозондирования, спутниковые снимки, ДМРЛ, синоптические карты). Использование этих данных помогает анализировать состояние атмосферы и развитие барических образований, т. е. увидеть как будет изменяться воздушная масса в атмосферных фронтах и барические системы, как по времени, так и по пространству [18,с.9].

1.4 Использование данных ДМРЛ и ИСЗ для прогноза грозовых очагов.

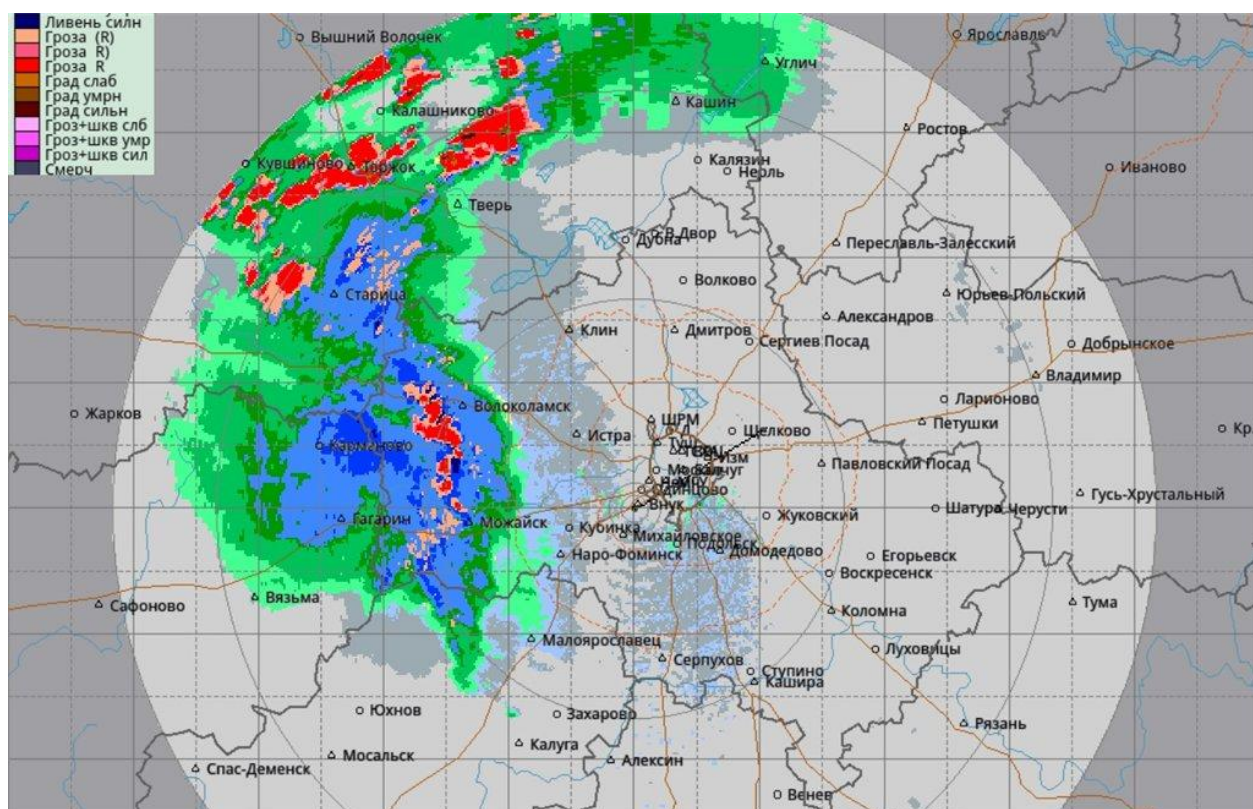


Рисунок 3. Карта метеорологического радара (ДМРЛ Внуково)

Большое распространение имеет радиолокационный метод обнаружения грозовых очагов. С помощью метеорологических радиолокаторов в

аэропортах получают необходимую метеорологическую информацию, которая обеспечивает безопасность полета.

Обнаруженные при радиолокационных наблюдениях облака в зависимости от сопутствующих явлений погоды подразделяются на три группы:

1. Градоопасные облака и грозовые облака с градом.

Облака, в которых образуется град диаметром 0,5 см и более, принято называть градовыми. Если высота нулевой изотермы составляет 3 – 4 км, то диаметр образующегося града обычно меньше 1,6 – 1,8 см. Такой град тает при падении, не достигая земли. Облака, в которых образуется подобный град, называют градоносными. Если же нулевая изотерма расположена на высоте 1,5 – 2 км, то такие облака становятся градоопасными, так как выпадающий град достигает земли. Отраженные радиосигналы от градовых и дождевых облаков значительно отличаются друг от друга. Эти отличия и используют на практике.

2. Грозоопасные облака и ливневой дождь с грозой.

К грозоопасным облакам относятся кучево-дождевые облака в предгрозовой, грозовой и послегрозовой стадиях. Радиоэхо внутримассовых кучево-дождевых облаков прослеживается 1 – 2,5 ч, а фронтальных облаков – от 3 до 6 ч. Характерная особенность радиоэха кучево-дождевых облаков заключается в большой их вертикальной протяженности (до 13 – 15 км в умеренных широтах и 16 – 18 км в тропических), которая часто бывает больше горизонтальных размеров радиоэха.

3. Негрозоопасные конвективные облака и ливни.

В основном это мощные кучевые и кучево-дождевые облака, которые в процессе развития не достигают стадии грозового облака, но могут сопровождаться интенсивными восходящими движениями, развитой турбулентностью и дождями.

Количество осадков, выпавших за какой – либо период времени, можно определить по типу радиоэха и его высоте, используя статистические данные, а

прогноз осадков, гроз и града основывается на использовании принципа перемещения этих явлений вместе с зоной радиоэха облачности. Заблаговременность прогноза может колебаться от 1 до 12ч, однако наилучшие результаты получаются при сроке прогноза до 3ч.

Результаты наблюдений представляют собой карту радиолокационных информации как по данным одного, так и по данным нескольких ДМРЛ. В последнем случае карта называется стыкованной. По данным одного ДМРЛ составляются карты-схемы в пункте наблюдения и освещают территорию в радиусе до 200 км. На АМСГ Сасово используют Тамбовский ДМРЛ, в том случае когда ждем грозовую деятельность с юга и юга-запада, если грозовая деятельность подходит с запада, то используется ДМРЛ Внуково.

К данным ДМРЛ целесообразно привлекать информацию ИСЗ. С помощью снимка ИСЗ можно просмотреть распределение воздушной массы на большой территории. Главным достоинством информации ИСЗ является возможность не прерывного наблюдения за облачным массивом.

На спутниковых снимках можно увидеть облака всех ярусов. На снимках можно увидеть какие процессы происходят в атмосфере и определить какие в данное время развиваются синоптические процессы.

Информация с ИСЗ поступает с помощью радиотелеметрических систем. С целью получения метеорологических данных для прогноза погоды ИСЗ делает одновременно радиационные измерения потоков в разных диапазонах спектра и фотографирование облачного покрова в видимом и инфракрасном спектрах. Отличить облачный массив от подстилающей поверхности можно по нескольким признакам: с помощью анимации - облака двигаются над подстилающей поверхностью и с помощью предшествующих снимков (история). Облака разных ярусов имеют разную отражательную способность. Для точного анализа и прогноза лучше сравнивать разные снимки: видимый спектр, инфракрасный канал и канал водяного пара. У каждого из них есть свои

плюсы и минусы, но в совокупности дают хорошее представление о синоптических процессах происходящих в атмосфере. Формы облаков можно отличить по их разной отражательной способности поглощать прямую и рассеянную радиацию, поэтому облака на снимках имеют разную цветовую гамму. Хорошо развитые конвективные облака и слоисто-дождевые имеют высокую отражательную способность на всех снимках. На ТВ-снимках облачный массив выглядит в серых тонах, это связано с различной отражательной способностью объектов, чем светлее серый цвет, тем толще облака. На ИК-снимках – цветовая палитра указывает на низкую температуру облаков (-30°C и ниже), поэтому вершины Сб можно легко распознать по походным оттенкам цветовой палитры. Что бы сделать выводы и прогноз о грозовой деятельности и явлениях связанные с ней ИК-снимки оказывают хорошую помощь синоптику [18,с.5-8].

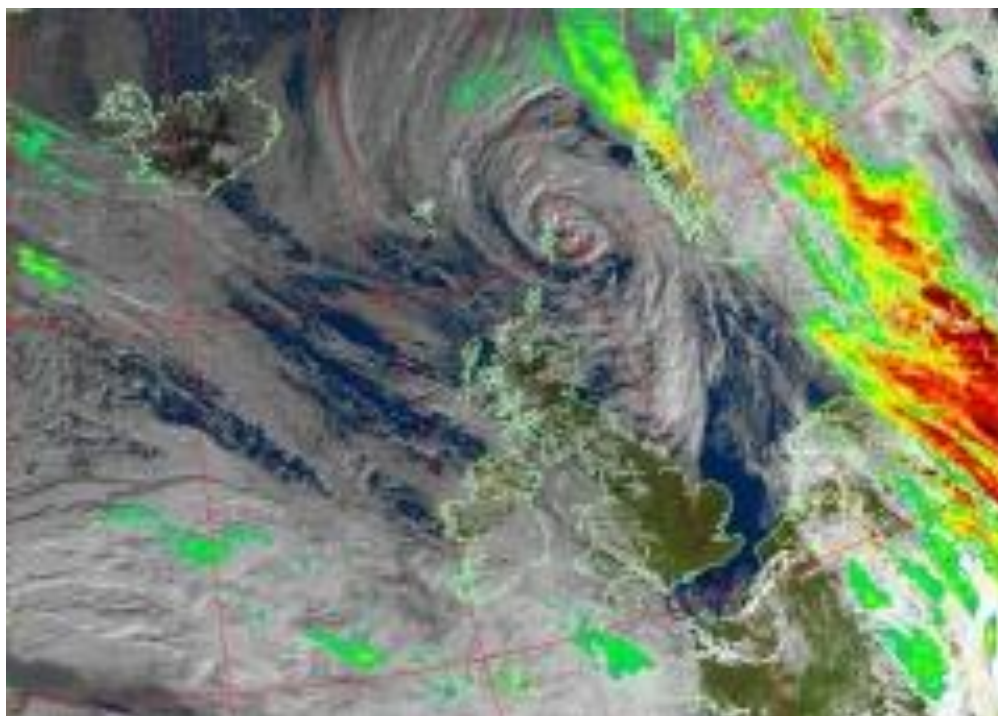


Рисунок 4. ИК-снимок с метеорологического спутника

По данным ИСЗ и синоптическим можно также определить время, интенсивность и размер территории занимаемой осадками и конвективными явлениями.

Таким образом ДМРЛ и снимки ИСЗ способствуют улучшению качества прогноза опасных явлений, смещение цикло и атмосферных фронтов[9,с.27-28].

Глава 2. Исходный материал и методы его обработки.

2.1 Характеристика исходного материала.

В качестве исходных данных были использованы результаты метеорологических наблюдений за период с 1 января 2015 по 31 декабря 2019гг. Выборка данных производилась из архивного материала журналов АВ-6. Также из архива данных за 2015-2019гг были использованы синоптические карты. Аэрологические данные получены с ближайшей аэрологической станции, находящейся в г. Рязани. Термодинамические параметры атмосферы определялись с помощью аэрологических диаграмм. Данные наблюдений обрабатывались вручную (рисунок 5).

Данные наблюдений за облачностью включают сведения о количестве, форме и высоте нижней границы облаков, получаемой инструментальным или визуальным способами. Наблюдения за явлениями текущей погоды производятся непрерывно и отражают условия на аэродроме.

2.2 Методика обработки исходной информации.

Для прогноза гроз на АМСГ Сасово за исследуемый период с 2015 по 2019гг. включительно использовался расчетный метод ГМЦ. Расчет производится в теплый период года с 15 апреля по 15 октября. Суть метода

закljučается в анализе вертикального адиабатического подъема частицы в окружающей атмосфере, находящейся в статическом равновесии.

Определение стратификации температуры и влажности для прогноза гроз, ливней, града.

1. Для расчетов используются фактические данные зондирования в случаях:

а) когда в момент составления прогноза над пунктом или в районе прогноза радиусом 50км наблюдаются отдельные очаги радиоэхо, в радиусе до 100км перемещаются в сторону пункта прогноза.

б) если в момент составления прогноза ясно и адвекция отсутствует.

Данные о влажности у земли в этих случаях берутся за 08-09 часов в пункте прогноза.

2. Для расчетов используется прогностическая кривая стратификации в случаях:

а) когда через пункт прогноза ожидается прохождение фронтального раздела (кривая стратификации строится на момент прохождения облачной системы фронта через пункт прогноза). Значение точки росы у поверхности земли выбирается максимальным в зоне облачной системы, приближающейся к пункту прогноза.

б) когда в момент составления прогноза ясно, но имеет место адвекция (кривая стратификации строится на момент максимального развития конвекции) или обнаруженные на экране МРЛ очаги радиоэхо за последний срок наблюдения, перед составлением прогноза, связаны с уходящей облачной системой к моменту начала действия прогноза и сместятся из района прогноза. Прохождение другой облачной системы не ожидается.

Определение уровня конденсации.

Для определения уровня конденсации по фактической кривой стратификации проводится изограмма влажности до пересечения кривой

стратификации и, независимо от того, что градиент температуры в приземном слое меньше сухадиабатического, принимается, что конденсация произойдет.

Уровень конденсации для случаев определяется точкой пересечения кривой стратификации и изограммы влажности, но, если пересечение произойдет ниже уровня 850 гПа, то от значения температуры на уровне 850 гПа проводится сухая адиабата до пересечения с изограммой влажности.

Для случаев производится анализ необходимости дальнейшего расчета, для чего от приземного значения точки росы проводится изограмма до пересечения с кривой стратификации. От точки пересечения опускаемся по сухой адиабате до уровня поверхности земли и определяем T' .

T' - температура, при которой может начать развиваться конвекция.

Если $T' > T_{\max}$, то прогнозируется отсутствие конвекции и дальнейшие расчеты не производятся.

$T_{\max}$ - максимальная температура воздуха прогнозируемая на день обычным синоптическим методом.

Если $T' \leq T_{\max}$, то конденсация произойдет и точка пересечения изограмм с кривой стратификации будет уровнем конденсации.

В случаях, когда относительная влажность в слое 850-500гПа меньше 60%, определяется среднее значение температуры точки росы на уровнях земля-850гПа. Для определения уровня конденсации проводится изограмма через найденное среднее значение точки росы. Таким образом, учитывается вовлечение.

Относительная влажность на каждом из уровней рассчитывается по формуле:

$$U = \frac{g_{\text{факт.}}}{g_{\text{насыщен.}}} \times 100\% \quad (1)$$

Средняя относительная влажность в слое 850-500гПа:

$$U = \frac{\sum_{850}^{500} U}{3} \quad (2)$$

Определение уровня конвекции.

От найденного уровня конденсации проводится влажная адиабата до пересечения с кривой стратификации, и точка пересечения кривой состояния с кривой стратификации и есть уровень конвекции.

Определение уровня и величины максимальной скорости восходящего потока.

Этот уровень располагается на верхней границе влажнонеустойчивого слоя (ВНС), т.е. слоя с $\gamma \geq \gamma_b$.

Кривая стратификации мысленно делится на слои по 50гПа и для каждого слоя от точки кривой стратификации на нижней границе слоя проводится влажная адиабата.

Верхняя граница влажно-неустойчивого слоя располагается на верхней границе слоя с $\gamma \geq \gamma_b$.

Если слои с $\gamma \geq \gamma_b$ и $\gamma < \gamma_b$ чередуются, то за уровень максимальной скорости принимается самый верхний уровень слоя, где $\gamma \geq \gamma_b$.

Для нахождения величины W_m необходимо по аэрологической диаграмме определить:

-отклонение кривой состояния от кривой стратификации ΔT_m на уровне W_m ,

-давление на уровне конденсации – P_1 ,

-давление на уровне W_m (т.е. на верхней границе ВНС) – P_2 .

По значениям P_1 и P_2 находится $\ell g = \frac{P_1}{P_2}$,

а затем по этой величине и величине ΔT_m с помощью графика определяем W_m .

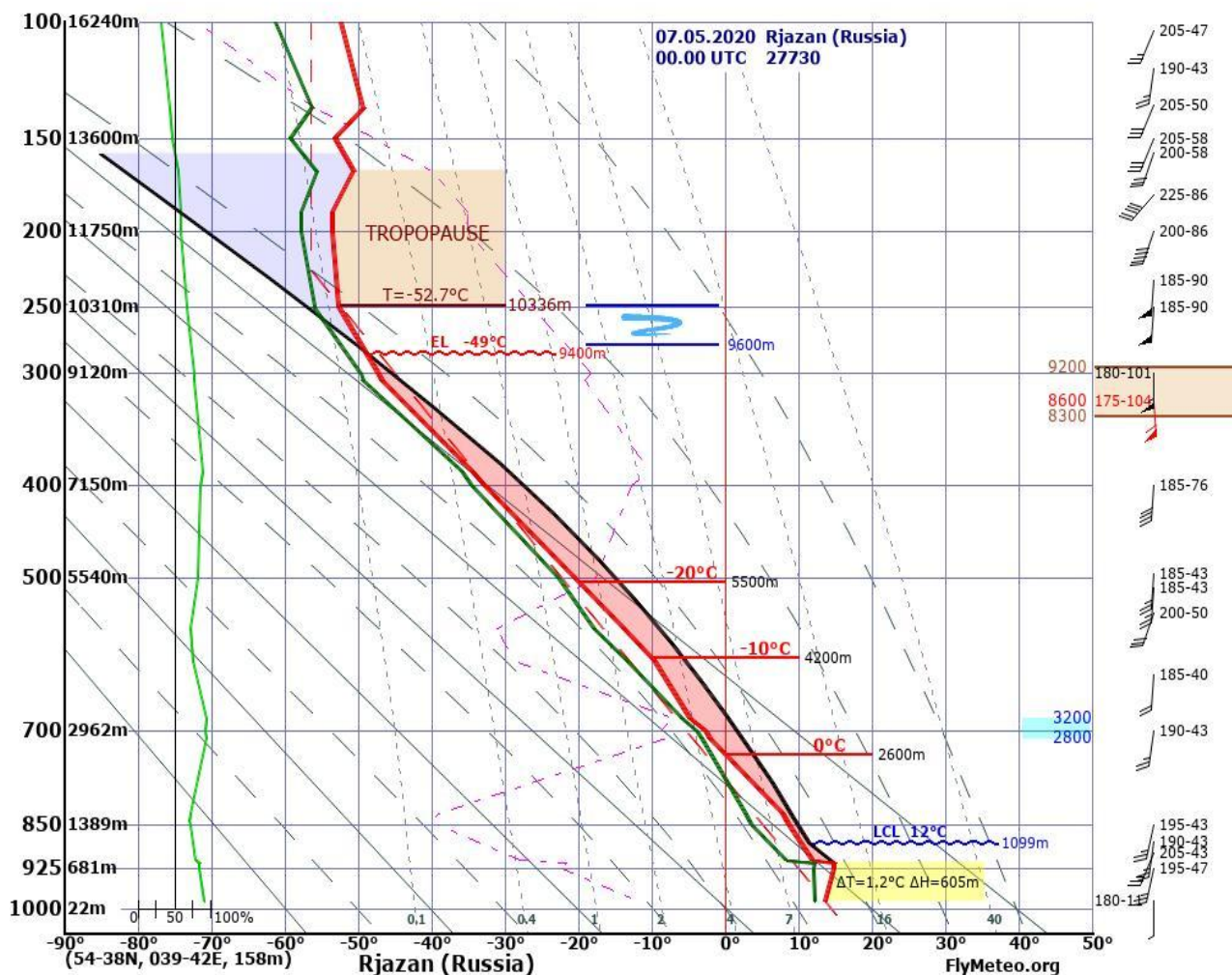


Рисунок 5. Аэрологическая диаграмма.

На АМСГ Сасово используют расчетные методы: ГМЦ, Лебедевой и Вайтинга. За исследуемый период был сделан 151 расчет. Оправдываемость прогноза наличия гроз и других конвективных явлений составляет 117 случаев (77%), не оправдалось по данным расчетам 34 случая (23%).

2.3 Физико-географическое описание аэродрома Сасово.

Аэродром расположен в городе Сасово на территории летного училища гражданской авиации имени Героя Советского Союза Г. А. Тарана в Рязанской области.

Площадь Рязанской области составляет 39,6 тыс. км². На востоке она граничит с Мордовской республикой; на юго-востоке и юге с Пензенской областью, Липецкой и Тамбовской областями; на западе с Тульской областью; на северо-западе, севере и северо-востоке с Московской, Владимирской и Нижегородской областями.



Рисунок 6. Карта Рязанской области.

Рязанская область расположена в центральной части Русской равнины. Крайняя северная точка находится на 55°22' с.ш., крайняя южная – 53°19' с.ш.

С запада на восток область протянулась от 38⁰38' в. д. до 42⁰31' в. д. По характеру рельефа область делится на три основные части. Северная часть (левобережье реки Ока) наиболее пониженная, входит в состав Мещерской низменности, представляет плоскую песчано-болотную равнину. В понижениях много болот и озер. Восточная часть (правобережье реки Ока), более высокая, расположена в пределах Окско-Донской низменности. Рельеф слегка холмистый, характеризующийся чередованием меридионально вытянутых повышений и понижений. Западная часть, по югу которой проходят отроги Средне-Русской возвышенности, имеет пересеченный рельеф, расчлененный оврагами и балками.

Рязанская область входит в пределы 2-х ландшафтных зон: лесной и лесостепной, граница между которыми проходит вдоль р. Оки. Большая часть территории расположена в пределах лесной зоны. На повышенных участках больше пространства занимает сосна, на пониженных местах – еловые леса. Из лиственных и широколиственных пород встречаются осина, дуб, безёза, липа, ясень и вязь.

Почвенный покров весьма разнообразен. В северной и восточной частях области распространены дерново-подзолистые почвы. В центральной части преобладают серые лесные почвы, а в южной – наиболее распространены черноземы.

Реки Рязанской области относятся к бассейну реки Оки, часть притоков которой берет начало в смежных областях. Всего по области насчитывается около 200 водотоков протяженностью свыше 10 км, из них 20 рек протяженностью более 50 км, длина же большинства рек не превышает 10-20 км.

Озера в Рязанской области представляют собой пойменные водоемы, входящие в систему рек Пра и Пара. Наибольшее озеро – Великое, имеет площадь водного зеркала 21 км².

В формировании современного рельефа области решающую роль сыграли:

оледенения, талые воды ледников, река Ока с её многочисленными притоками.

Климат Рязанской области носит умеренно-континентальный характер, не отличающийся экстремальностью и резкими изменениями величин. Географическое положение, равнинный рельеф, воздействие Азорского и Азиатского антициклонов и Исландского циклона позволяют проникать на равнины области воздушным массам различного происхождения. В регион проникает воздух с Северного Ледовитого и Атлантического океанов, а также со Средиземного моря и Средней Азии. Всё это делает климат области сбалансированным, с умеренно-холодной зимой и жарким летом.

Рельеф оказывает влияние на формирование микроклиматических условий водоразделов, оврагов и балок — весной и осенью в этих местах дольше застаивается холодный воздух. В какой-то степени на климат влияет и растительность. На лесных территориях влажность воздуха значительно выше, чем на лесостепных.

Для Рязанской области характерны засушливые годы, частые зимние оттепели и гололедицы, ранние весенние и поздние осенние заморозки, грозы и сильные ветра в тёплое время года.

Аэродром Сасово расположен в восточной части Окско - Цнинского плато, междуречье Цны и Оки в 180км от города Рязань .

Координаты: 54.21с.ш.

41.58в.д.

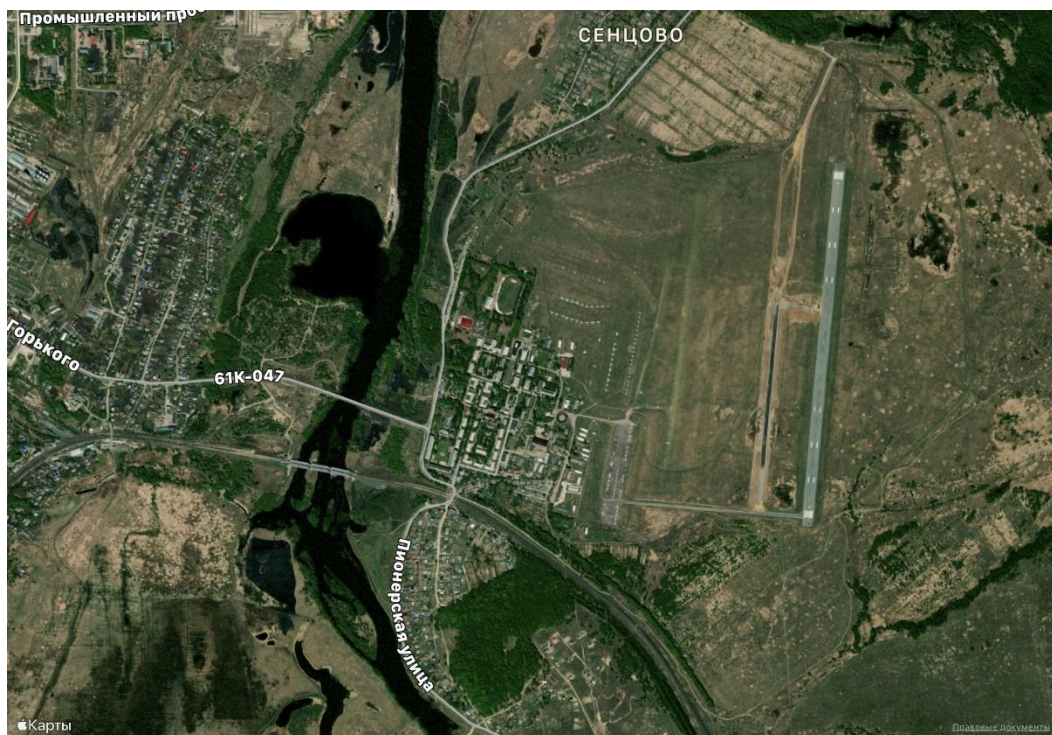


Рисунок 7. Снимок ВПП СЛУ ГА

Наиболее высокие части окружающей местности не превышают 100-115м над уровнем моря. Высота аэродрома 114м. Магнитное склонение +10. Рельеф слегка холмистый, характеризующийся чередованием меридиональным вытянутых возвышенностей (Окско - Цнинский вал) и низменностей (Рязано - Тамбовская и Мокшинская низменности).

На западной окраине аэродрома на расстоянии 800м с юга на север протекает река Цна, пойменная трасса которой весной затопляется на 6-10 дней. Ближайший лес находится в 3-4 км к востоку от здания КДП. К югу от станции находится роща на расстоянии 650м. Дома поселка находятся на расстоянии 60-150м. Высота строений 7-12м. Характерными линейными ориентирами аэродрома являются: железная дорога Москва – Иркутск, проходящая южнее в 600м, река Цна.

На аэродроме Сасово основная ВПП ровная, покрыта асфальтобетоном имеет прямоугольную форму размером 1490 x 45м с магнитным курсом 355/175⁰.

С высоты полета ВПП просматривается хорошо. Параллельно основной ВПП с искусственным покрытием расположена запасная грунтовая взлетно-посадочная полоса, которая непосредственно примыкает к основной ВПП, и имеет прямоугольную форму .

Поверхность запасной посадочной полосы ровная, уплотнена укаткой, почва чернозем с травянистым покровом, задернение хорошее. При обильных осадках и снеготаяние подвержена размоканию и для посадки непригодна.

Подходы к аэродрому, кроме лесного массива, ограничены следующими препятствиями: с запада – зданием КДП высотой 28м, общежитием высотой 28м, с юга –запада телеантенной высотой 56м на расстоянии 5 км, с запада комбикормовым заводом высотой 46м на расстоянии 3 км, с северо-запада ЛЭМ высотой 18м на расстоянии 3 км, с запада радиоцентром и ангаром высотой 12-20м на расстоянии 730-750м.

2.4 Общая климатическая характеристика

Климат района аэродрома Сасово расположен в зоне умеренно-континентального климата, характеризуется теплым летом, умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходными сезонами года – весной и осенью.

Таблица 2.4.1

Средние месячные и годовые, максимальные и минимальные значения температура воздуха с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ср.мес. т-ра	-9,9	-9,2	-5,7	6,8	14,9	18,0	21,7	19,9	12,7	6,3	0,2	-5,5	5,9
Абс.Мин.	-34,9	-32,1	-24,6	-9,0	-1,8	1,0	4,3	3,7	-4,1	-7,5	-18,5	-30,0	-34,9
Ср. мин	-28,0	-25,2	-15,0	-5,2	1,1	4,7	8,2	5,0	-0,3	-4,7	-12,3	-22,2	-7,8
Абс. Макс.	6,3	4,1	17,8	26,3	35,0	37,5	40,6	41,1	33,6	22,6	14,9	8,4	41,1
Ср. макс	1,5	2,2	11,9	22,3	29,6	32,7	34,8	34,8	29,5	19,8	10,4	5,7	19,6
Ч.дней с оттепель	6,4	5,8	18,0								13,0	10,6	53,8

Самым холодным месяцем в году является январь. Средняя температура января составляет $-9,9^{\circ}\text{C}$. Самым теплым месяцем в году является июль, когда

средняя месячная температура воздуха равняется $21,7^{\circ}\text{C}$. В отдельные жаркие дни температура воздуха повышалась до $+41,1^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум наблюдался в январе 2015г. $-34,9^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность теплого периода года в среднем составляет 230 дней. Продолжительность безморозного периода до 160 дней в году. Средняя дата наступления заморозков в воздухе 30 сентября. Средняя дата окончания заморозков в воздухе 6 мая. Число дней с оттепелью в зимний период составляет 54 дня.

Таблица 2.4.2

Среднее месячное и годовое количество осадков с 2015 по 2019 гг (мм).

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кол-во осадков	38,6	27,8	26,5	20,3	40,7	69,1	49,3	46,8	44,5	40,5	40,6	47,0	491,7

Аэродром находится в зоне неустойчивого увлажнения. Среднее годовое количество осадков составляет 491,7мм, наибольшее количество осадков выпадает в теплое время года, когда осадки носят преимущественно ливневый характер. За период с апреля по сентябрь выпадает 271 мм , что составляет 55% всего возможного за год количества осадков. Больше всего осадков выпадает в июне месяце, их количество достигает 69,1 мм.

Таблица 2.4.3

Среднее количество дней с осадками по месяцам и за год с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кол-во дней	12,6	31,8	32,2	16,0	15,0	16,4	15,2	15,4	16,2	26,4	41,2	36,8	275,2

Наибольшее число дней с осадками наблюдается в холодное время года, максимальное количество дней с осадками приходится на ноябрь – 41,2 и декабрь – 36,8 дней, минимальное - на январь – 12,6 дня.

Таблица 2.4.4

Средние месячные и годовые значения абсолютной и относительной влажности с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ср. абс. влажность	1,2	0,6	1,5	4,4	8,0	8,1	10,7	10,1	4,4	2,4	1,1	0,6	4,4
Ср. относ. влажность	85	81	78	62	63	69	68	67	76	81	84	85	75

Влажность воздуха на аэродроме Сасово всегда достаточно высокая. Средняя годовая относительная влажность составляет 75%. Максимальных значений относительная влажность достигает в холодное время года – декабрь, январь 85%. Наименьшая относительная влажность наблюдается в апреле 62%. Повышенной влажностью отличаются ночные и утренние часы. Минимальная относительная влажность составляет 63%, влажность ниже 30% отмечается только весной и летом в редких случаях.

Среднее значение атмосферного давления составляет 750 мм рт ст, минимальное давление – 722 мм рт ст, а максимальное – 780 мм рт ст.

Таблица 2.4.5

Среднее количество ясных и пасмурных дней по сезонам года с 2015 по 2019гг.

Сезон		Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Кол-во дней	Ясных	1,6	1,6	2,2	2,0	7,4
	Пасмурных	45,8	19,4	10,8	34,0	110,0

Наибольшее число пасмурных дней наблюдается в холодное время года, максимум их приходится на ноябрь – декабрь (19 дней), минимум на теплое время года не превышает 11 дней.

Средний балл общей облачности 7.2 , средний балл нижней облачности 3.7.

Таблица 2.4.6

Средняя скорость ветра по месяцам и за год с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость м/с	4,3	4,8	4,7	5,0	4,9	4,7	4,4	4,5	4,2	3,5	4,9	3,1	4,4

Средняя многолетняя скорость ветра – 4.4 м/с. В среднем за 5 лет было 49 случаев с ветром 10-15 м/с, 9 случаев с ветром 15-20 м/с и 1 случай с ветром 20-25 м/с. Господствующее направление ветра в течение года южное.

Таблица 2.4.7

Средняя высота снежного покрова на поле по данным с постоянного участка для снегосъёмки (см) с 2015 по 2019гг.

Месяцы	I	II	III	XI	XII	Средняя за год
Высота снежного покрова в см.	22	32	21	5	11	18

В зимний период образуется устойчивый снежный покров. Средняя дата установления устойчивого снежного покрова 28 ноября. Средняя дата схода снежного покрова 3 апреля.

Максимальная высота снежного покрова отмечалась в январе 2015 года – 50см., минимальная приходится на декабрь 2019 года – 3см.

Таблица 2.4.8

Среднее число дней в году с туманами с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кол-во дней	2,6	2,2	3,8	1,2	3,0	2,0	3,0	2,8	3,8	3,6	1,8	3,6	33,4

Среднее число дней с туманами - 33, из них на период с сентября по март приходится – 21 день.

Таблица 2.4.9

Среднее число дней в году с метелями с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	XI	XII	Год
Кол-во дней	3,2	3,0	1,2	1,0	2,2	10,6

Среднее число дней с метелями - 11 , наблюдается с ноября по март.

Таблица 2.4.10

Среднее число дней в году с гололёдом с 2015 по 2019гг.

Месяц	I	II	III	XI	XII	Год
Кол-во дней	1,0	1,2	0,4	0,4	1,8	4,8

Среднее число дней с гололедом – 5, максимум в декабре 2.

Таблица 2.4.11

Среднее число дней в году с грозой с 2015 по 2019гг.

Месяц	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Кол-во дней	1,8	5,4	6,0	6,8	3,4	1,4	0,2

Грозы наблюдаются с апреля по октябрь. Наиболее «грозовым» является июль месяц 6,8 дней, реже в сентябре 1,2 и октябре 0,2 дней.

Глава3. Распределение гроз в районе аэродрома Сасово.

3.1 Годовой ход гроз.

Образование гроз связано с процессами конвекции и мощными восходящими потоками в атмосфере. В Сасово наблюдаются как

внутримассовые, так и фронтальные грозы. Внутримассовые грозы обычно возникают в малоградиентных полях пониженного давления, в тылу заполняющихся циклонов, отступающих к востоку. Фронтальные грозы связаны обычно с холодными фронтами (основными, вторичными и фронтами окклюзии).

Распределение гроз в течение года за пятилетний период представлено в таблице 3.1. По данным этой таблицы построена гистограмма годового хода гроз. Как видно из таблицы грозовая деятельность в районе аэродрома Сасово, существенно влияющая на работу авиации, может наблюдаться в период с мая по сентябрь. За весь исследуемый период выявлено 125 дней с грозами. Чаще всего грозы наблюдаются в летние месяцы, значительно реже в весенние и осенние месяцы.

Наибольшее количество гроз отмечается в июне и июле. За исследуемый период общее число дней с грозой в июне составило 30, в июле – 34.

Максимальное число дней с грозой отмечалось в июле 2016 и 2018 гг. – 10 дней, так же на рисунках 9 и 11 видно, что в эти года среднесуточная температура была выше, чем в 2015, 2017 и 2019 года, из этого следует что число случаев с грозой напрямую связано с повышением температуры воздуха. Минимальное число дней с грозой были в апреле 2017, июне 2018, и октябре 2019 по одному случаю в месяц. Меньше всего гроз было в 2017 году. Самый грозовой год – 2016 и среднесуточная температура в этом году за период с апреля по октябрь была выше, чем в другие года и составляет $13,9^{\circ}\text{C}$.

Таблица 3.1

Число дней с грозой за 2015-2019гг.

Год Месяц	2015	2016	2017	2018	2019	Всего
Апрель	3	2	1	3		9
Май	8	6	2	3	8	27
Июнь	12	9	3	1	5	30
Июль	4	10	4	10	6	34
Август	4	5	2	3	3	17
Сентябрь		3	2	2		7
Октябрь					1	1
Всего	31	35	14	22	23	125

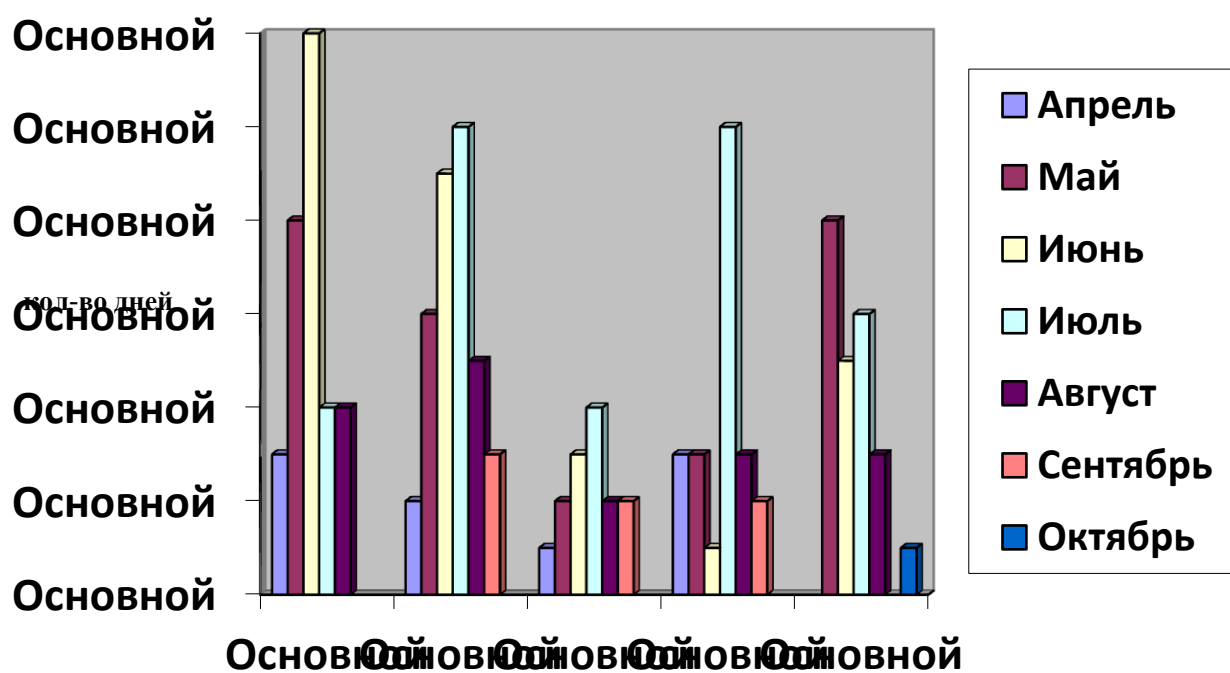


Рисунок 8. Гистограмма годового хода гроз.

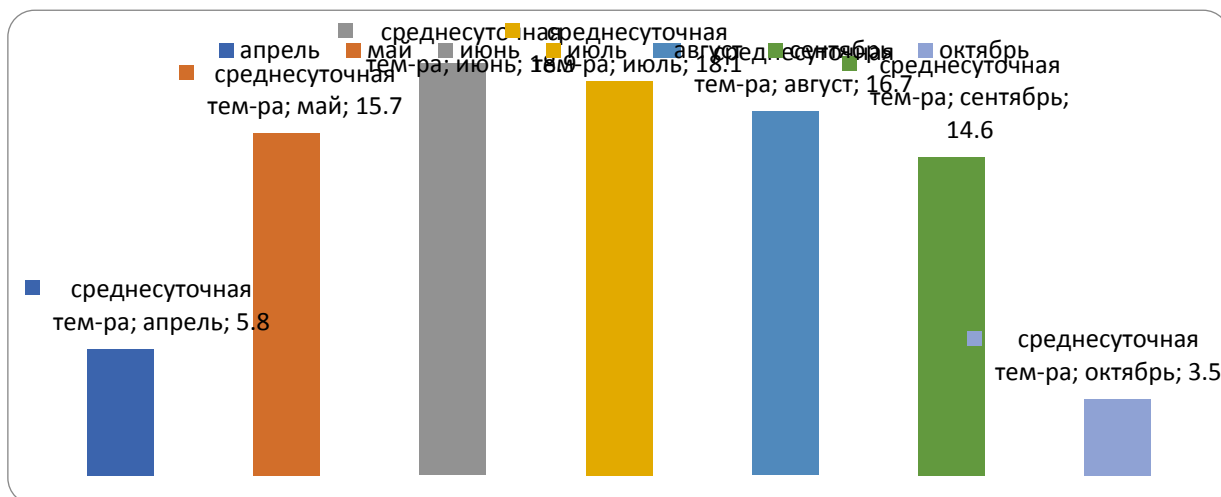


Рисунок 9. Гистограмма среднесуточной температуры воздуха за 2015г.

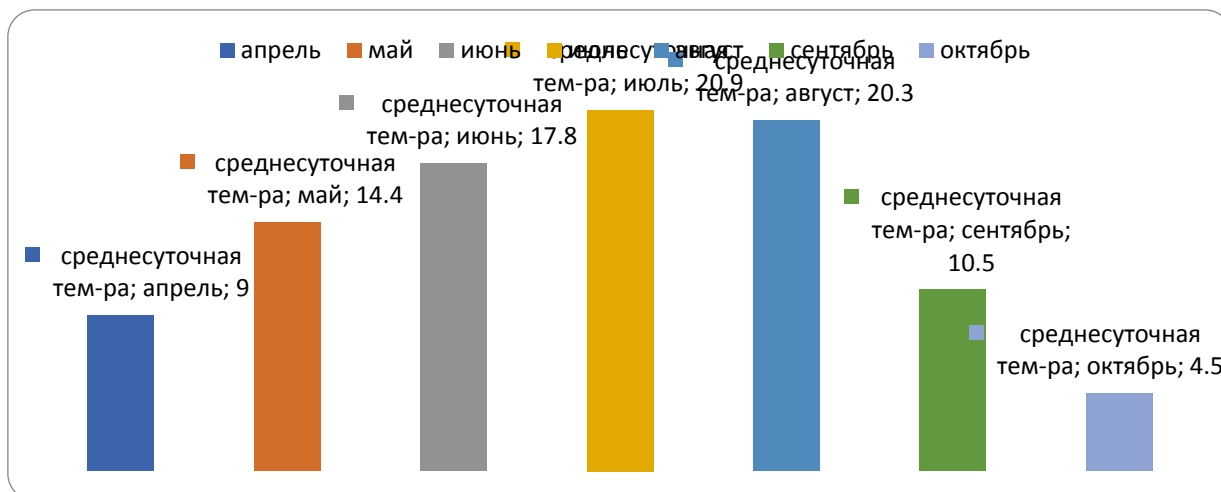


Рисунок 10. Гистограмма среднесуточной температуры воздуха за 2016г.

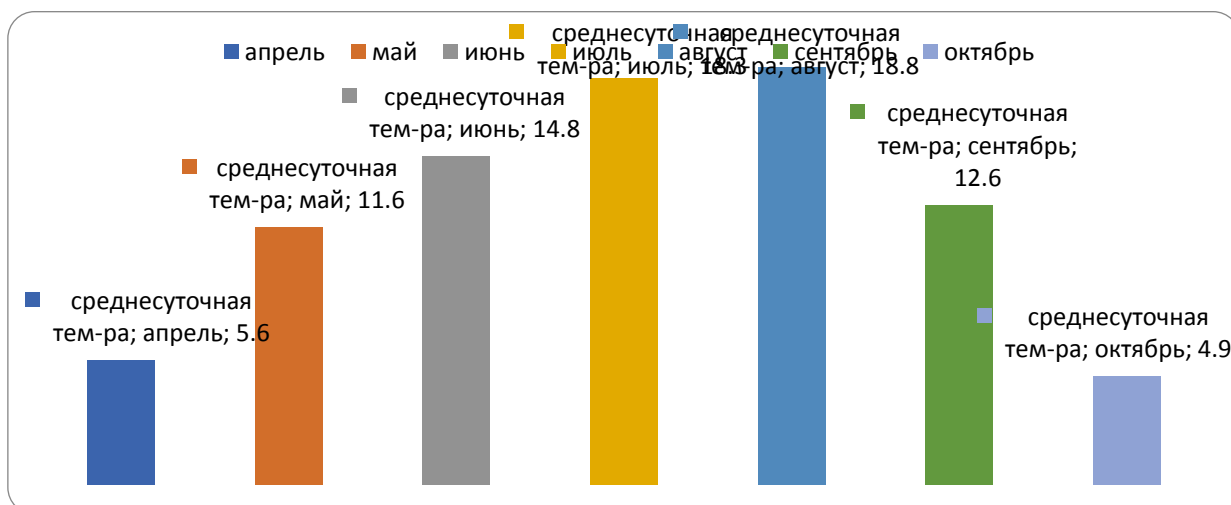


Рисунок 11. Гистограмма среднесуточной температуры воздуха за 2017г.

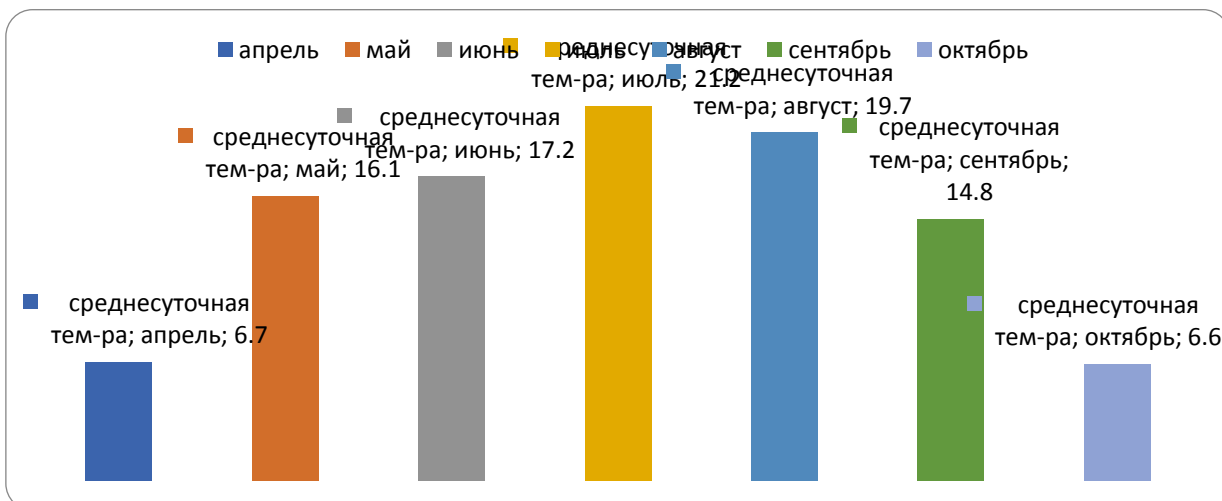


Рисунок 12. Гистограмма среднесуточной температуры воздуха за 2018г.

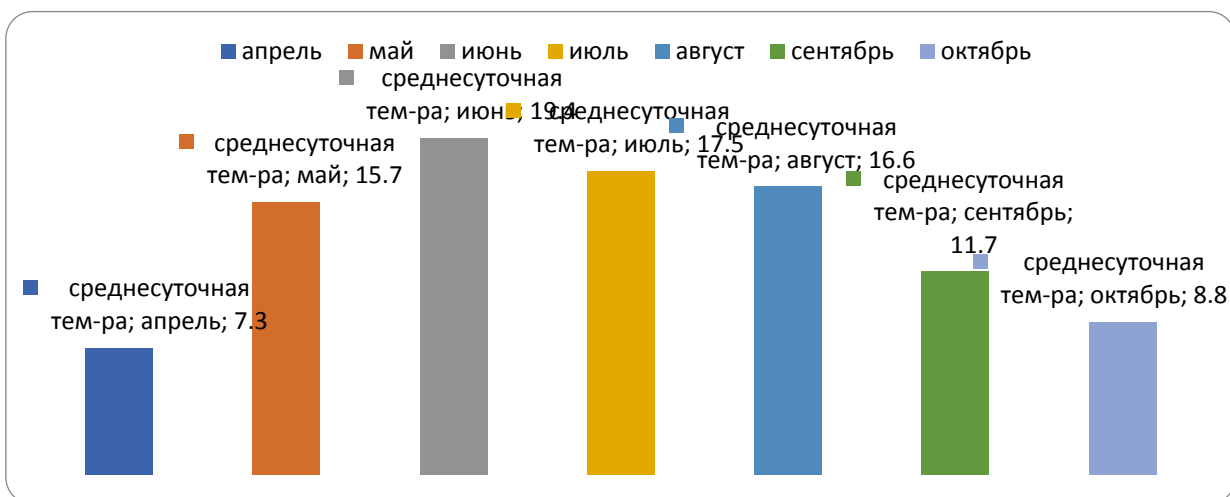


Рисунок 13. Гистограмма среднесуточной температуры воздуха за 2019г.

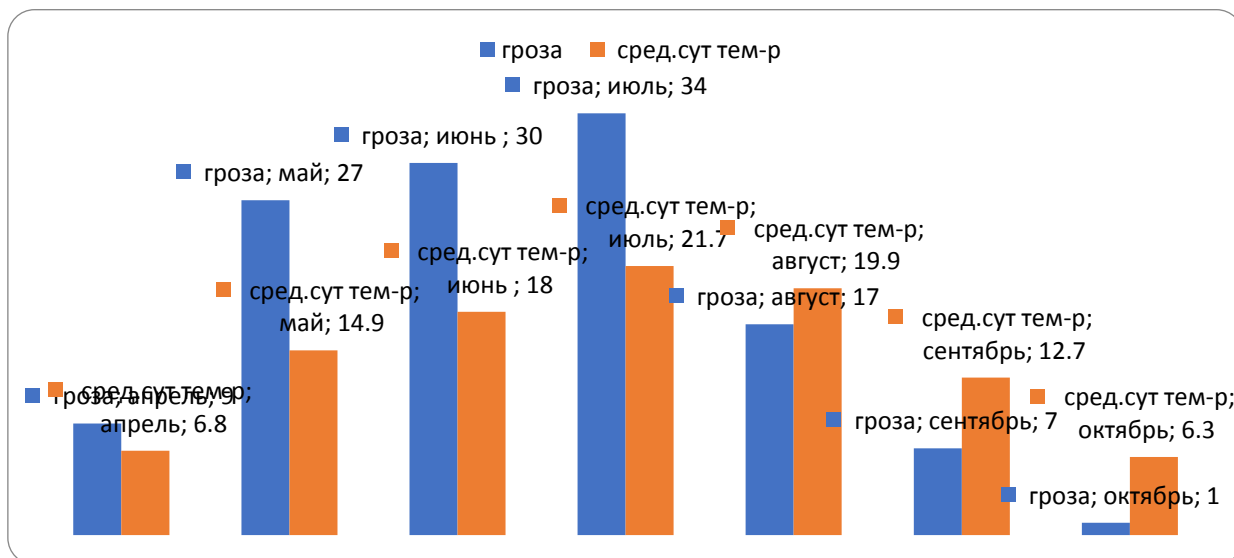


Рисунок 14. Взаимосвязь грозы с температурой по месяцам

Проанализировав графики можно прийти к выводу, что годовой ход гроз в Сасове имеет свои закономерности – максимальная повторяемость отмечается в летний период, минимальная – весной и осенью.

3.2 Суточный ход гроз.

Как уже говорилось выше образование гроз связано с процессами конвекции и мощными восходящими потоками в атмосфере. В Сасово наблюдается хорошо выраженный суточный ход гроз.

Внутримассовые грозы в тыловой части циклона над сушей, вследствие суточных колебаний температуры воздуха, возникают в послеобеденное время. Грозы в заполняющемся циклоне наблюдаются большей частью во второй половине дня.

На АМСГ Сасово грозы с вязанные с прохождением холодных фронтов наиболее частое явление , они достигают наибольшей интенсивности во второй половине дня и в основном сопутствует с выпадением осадков.

Грозы на теплых фронтах бывают значительно реже, чем грозы холодного фронта. Такие грозы наиболее активны в вечерние и ночные часы.

Грозы фронта окклюзии и в зоне волновых возмущений в утренние часы, как правило, не проявляются, но потом внезапно возникают мощные грозовые облака с ливнями, особенно в послеполуденные часы.

В таблице 3.2 проанализировано 350 случаев распределение гроз в разное время суток за период с 2015г. по 2019г. По данным таблицы построена гистограмма суточного хода гроз (рис.15). Как видно из таблицы с апреля по октябрь грозы наблюдаются в любое время суток. Летом максимум повторяемости гроз приходится на период с 12 до 14ч. ВCB, высокая повторяемость продолжает оставаться и в вечерние часы. В ночные часы повторяемость гроз значительно меньше, а вот в первой половине дня повторяемость гроз минимальна. Отсюда можно сделать вывод, что за исследуемый период большей частью наблюдались все виды гроз возникающих во второй половине дня и в ночные часы.

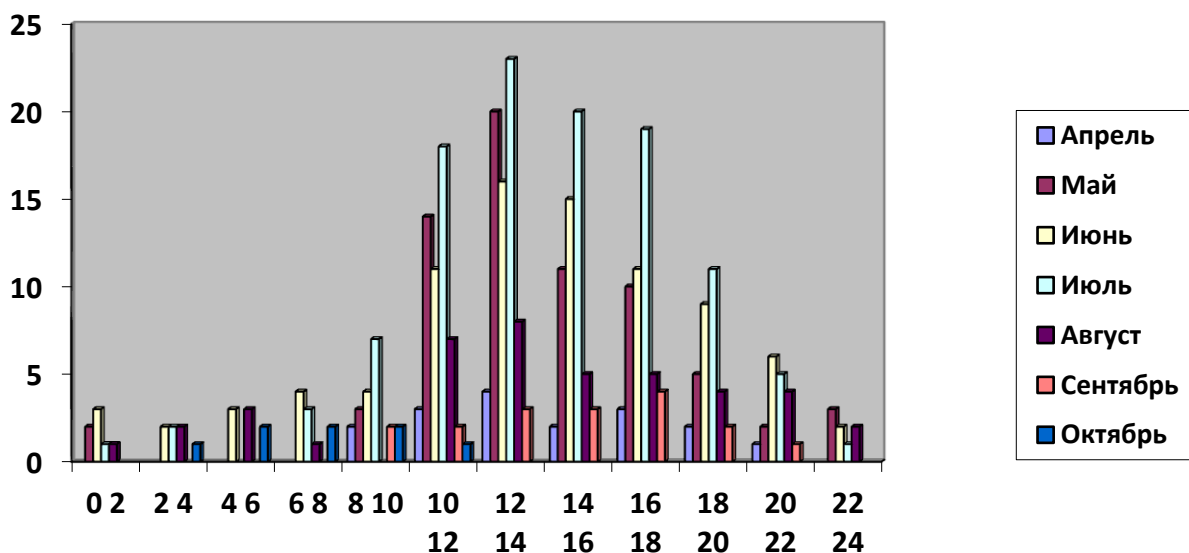


Рисунок 15. Гистограмма суточного хода гроз за период с 2015 по 2019гг.

Таблица 3.2

Суточный ход гроз за период с 2015 по 2019гг.

	0 2	2 4	4 6	6 8	8 10	10 12	12 14	14 16	16 18	18 20	20 22	22 24	Всего
Апрель					2	3	4	2	3	2	1		17
Май	2				3	14	20	11	10	5	2	3	70
Июнь	3	2	3	4	4	11	16	15	11	9	6	2	86
Июль	1	2		3	7	18	23	20	19	11	5	1	110
Август	1	2	3	1		7	8	5	5	4	4	2	42
Сентябрь					2	2	3	3	4	2	1		17
Октябрь		1	2	2	2	1							8
Всего	7	7	8	10	20	56	74	56	52	33	19	8	350

3.3 Продолжительность гроз.

Важной характеристикой гроз является их продолжительность. Внутримассовые грозы заполняющихся циклонов, которые перемещаются очень медленно, могут отмечаться довольно длительное время.

Продолжительность фронтальных гроз зависит от скорости прохождения фронтов над данным пунктом.

Из таблицы 3.3 видно, что чаще всего грозы наблюдаются небольшой продолжительности всего 1-2ч. и менее часа. Самые продолжительные грозы от 5 до 10ч. наблюдаются в июне, июле (рис.16). Средняя продолжительность гроз составляет не более 2 – 3ч.

За исследуемый пятилетний период наибольшее количество гроз отмечалось в июле, продолжительностью 1-2ч. Самая продолжительная гроза наблюдалась в июле 2019г. и составила более 8 часов.

Грозовая деятельность во многом зависит от особенности орографии места расположения аэродрома, причем эта зависимость в большей степени выражена при внутримассовых грозах и в меньшей – при фронтальных.

Таблица 3.3

Продолжительность гроз за период с 2015 по 2019гг.

	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
>1	3	9	8	7	6	1	1
1-2	5	15	15	21	13	2	2
2-3	1	5	9	4			1
3-5	1	5	3	12	3	1	
5-10		1	4	4	3		

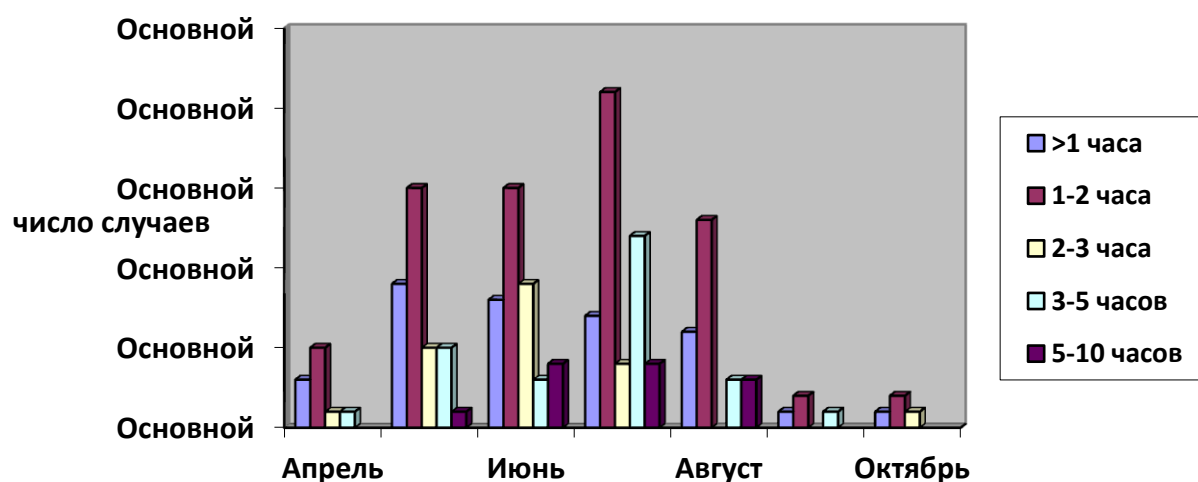


Рисунок 16. Гистограмма продолжительности гроз за период с 2015г. по 2019г.

3.4 Типичные условия образования гроз.

Для создания сильных вертикальных потоков воздуха, а следовательно и конвекции воздушная масса должна быть холодной влажно неустойчивой над теплой подстилающей поверхностью. С утра

появляются кучевые облака хорошей погоды, а в последствии с прогревом подстилающей поверхности они развиваются в кучево-дождевую облачность. В послеобеденные часы возможна гроза.

Рассмотрим типичные условия образования гроз на холодном фронте I рода (рис.17.). Такой фронт имеет маленькую скорость смещения (не более 30км/ч) и располагается в тыловой части циклона . Холодный воздух, клином подтекает под теплый воздух, тем самым вытесняя его вверх, это и приводит к образованию конвективной облачности. Летом в передней части ХФ развиваются кучево-дождевые облака имеющие грозовой очаг.

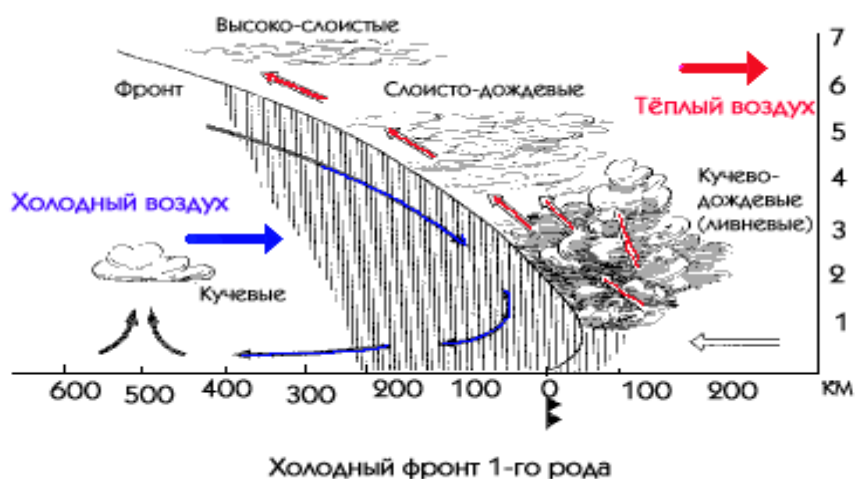


Рисунок 17. Холодный фронт I-го рода.

Теперь рассмотрим холодный фронт II рода (рис.18).Этот фронт намного быстрее смещается, чем ХФ I рода. Скорость может достигать

60км/ч. Это связано с быстрым вытеснением теплого воздуха, холодным , в следствие этого происходит мощное развитие Сб облачности. Располагается в центральной части циклона. Такой фронт быстро проходит и летом сопровождается грозами и осадками.

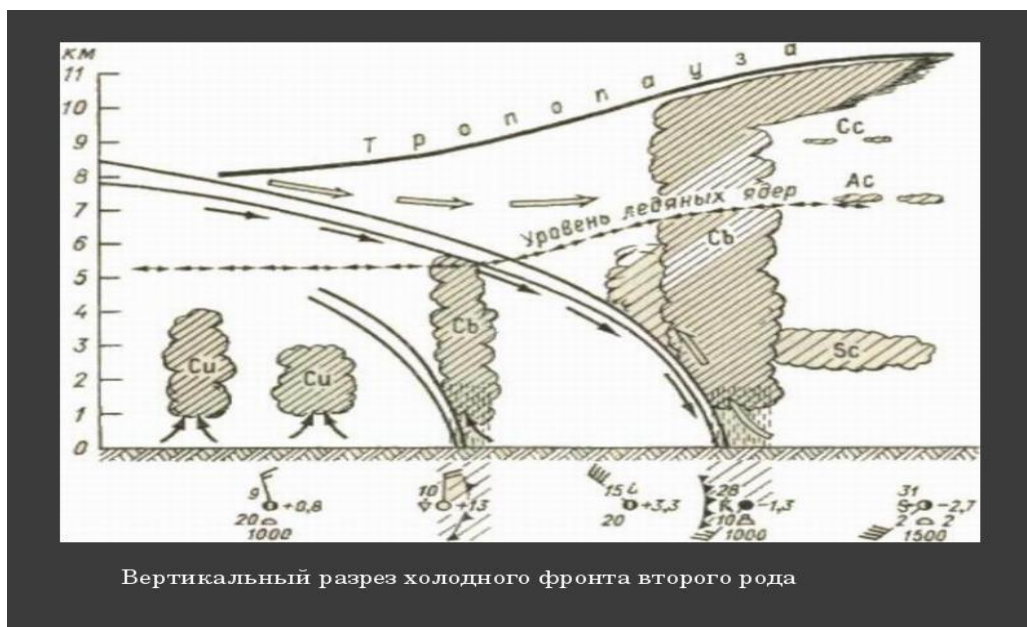


Рисунок 18. Холодный фронт II-го рода.

Помимо холодных фронтов I и II рода, есть еще вторичный холодный фронт. Такой фронт образуется в неустойчивой воздушной массе на периферии циклона, когда он находится в стадии заполнения или окклюирования. В этой части циклона всегда холодная воздушная масса (ветер северный и северо-западных составляющих) при смещении на юг и юго-восток, прогревается и приобретает свойства неустойчивой атмосферы. В связи с этим и возникают вторичные холодные фронты. При прохождении такого фронта летом, бывают грозы с ливневыми осадками и шквалами.

Фронт окклюзии бывает по типу теплого и по типу холодного, все зависит от того какая воздушная масса за фронтом и перед фронтом

(рисунок 19). Летом фронт окклюзии по типу холодного, зимой по типу теплого.

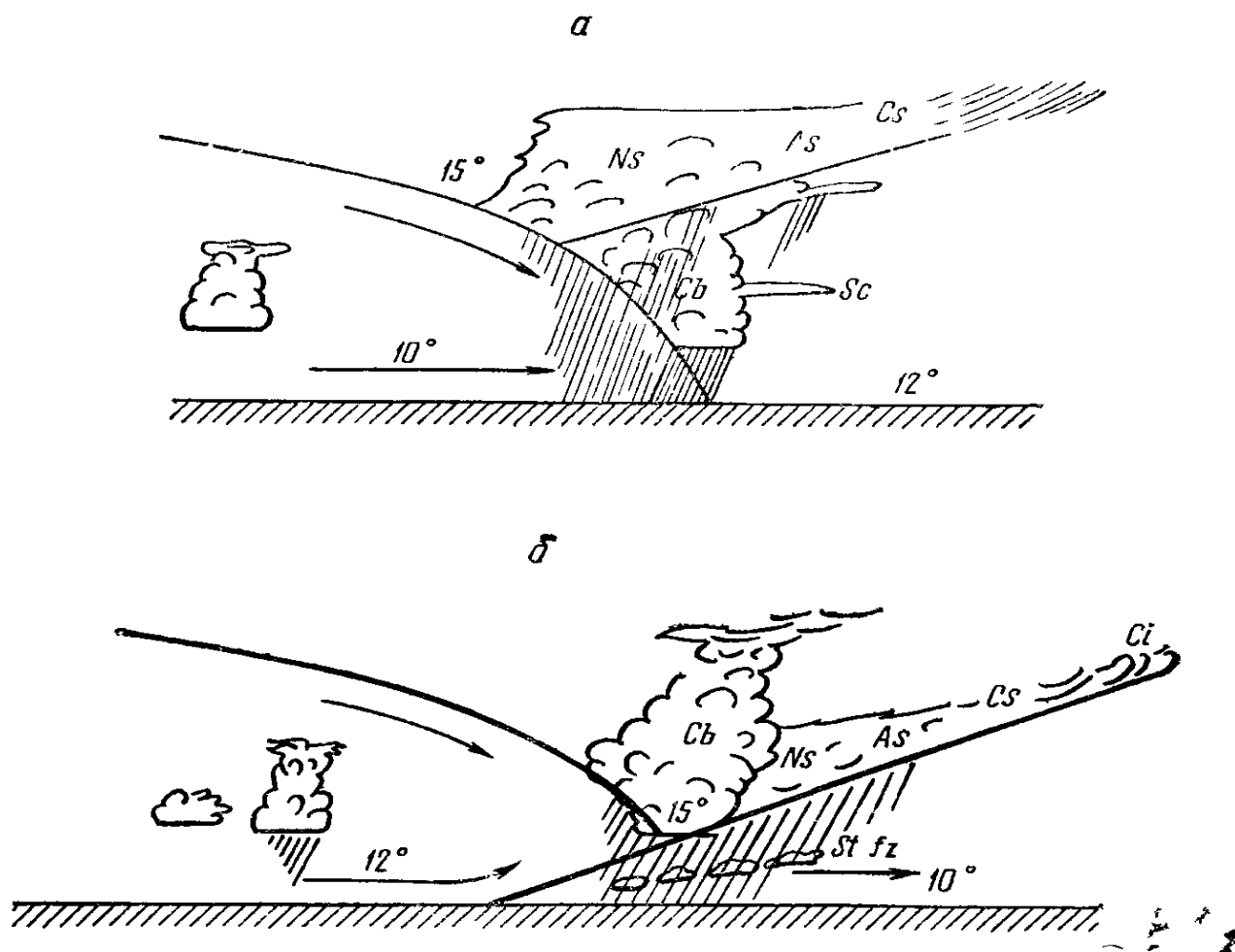


Рис. 6:
а — холодный фронт окклюзии, б — теплый фронт окклюзии

Рисунок 19. Схема облачности фронтов окклюзии а)- холодный; б)- теплый.

Строение фронта окклюзии отличается только до высоты 1500м. Высота нижней границы облаков в зоне осадков опускается до 200-300м, грозовая деятельность в основном развиваются летом на холодном фронте окклюзии.

Седловина — размытое барическое поле, которое находится между циклонами и антициклонами. Летом при наличии высокой влажности

днем и за счет интенсивного прогрева подстилающейся поверхности образуются кучево-дождевые облака и внутримассовые грозы (приложение 4).

В передней части антициклона, преобладают северные ветра, летом в кучево-дождевых облаках развивается турбулентность, при большой влажности воздуха происходит выпадение ливневых дождей, могут сопровождаться грозой [23,с.24] (приложение 4).

В большинстве случаев на аэродроме Сасово грозовая деятельность связана с фронтами (59,2%): при прохождении теплого фронта отмечено 16,7%; холодного фронта 18,1% и фронта окклюзии по типу холодного 24,4%. Внутримассовые грозы составляют 40,8%.

Заключение

Подробно изучив распределение гроз в районе аэродрома Сасово и их влияние на деятельность авиации можно сделать следующие выводы:

1. Для авиации грозы наиболее опасны. Помимо мощных электрических разрядов, которые возможны в облаке, на воздушное судно оказывают влияние сильные вертикальные токи в облаке и вокруг него, интенсивная турбулентность, вызывающая болтанку ВС, сильное обледенение, град, удары которого об обшивку самолета могут привести к разгерметизации кабины не говоря уже о нарушении связи, искажении показаний навигационных приборов и электризации и перегрузках самолета. Полет в зоне грозовой деятельности очень опасен, поэтому все руководящие документы, регламентирующие деятельность авиации запрещают преднамеренно заходить в кучево-дождевые облака.

2. Грозу нужно уметь прогнозировать и вовремя доводить прогноз до потребителя. К прогнозу гроз привлекается информация о фактической погоде на аэродроме, информация с синоптических карт, данные температурно-ветрового зондирования, данные станций штормового кольца, бортовая погода, данные ДМРЛ и ИСЗ и др. Существует множество методов прогноза гроз, но, как правило, на АМСГ пользуются одним – двумя наиболее распространенными методами.

3. Статистические характеристики проявления грозовой активности, представленные в таблицах и графиках, позволяют сделать обобщения, что грозовая деятельность в районе аэродрома Сасово может наблюдаться в теплое время года. Наибольшее количество гроз отмечается в июне и июле. За исследуемый период общее число дней с грозой в июне составило 30, в июле – 34. Весной, летом и осенью отмечаются как фронтальные (59,2%), так и внутримассовые (40,8%) грозы. В суточном ходе гроз наибольшая повторяемость наблюдается во второй половине дня и в вечерние часы.

Продолжительность гроз очень разнообразна и зависит от сезона года. Наибольшую продолжительность (до 8 часов) имеют грозы, которые наблюдаются в июле. Средняя продолжительность гроз составляет не более 2ч.

В основном грозы на АМСГ Сасово наблюдаются при смещении воздушных масс с юга и юга-запада в послеобеденные часы.

4. Применение ДМРЛ и ИСЗ дает ценную информацию об облачности и процессах происходящих в ней. Эта информация является основной для прогнозов синоптика в выходе грозовых явлений на аэродром и участки воздушных трасс, и доводится летному составу и диспетчерской службе с целью обхода зон облачности с активной грозовой деятельностью. Своевременный прогноз о возникновении опасных атмосферных явлений необходим для работы авиации.

Список использованных источников

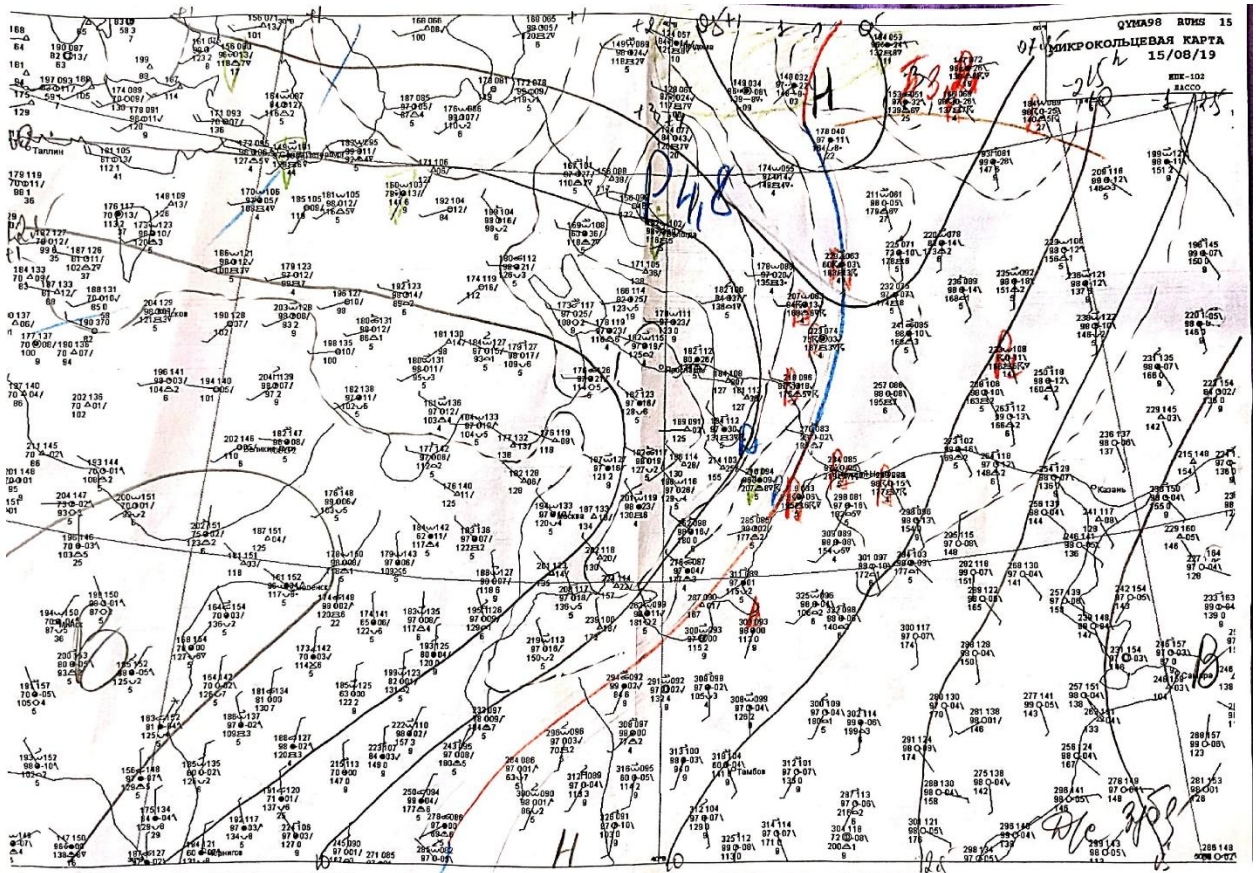
1. Абдушелишвили К.Л., Керимов А.А. Под ред. Сванидзе Г.Г. Опасные метеорологические явления на Кавказе.- Л.: Гидрометеиздат, 1983г. 57с.
2. Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология.- Л.: Гидрометеиздат 1981г. 331с.
3. Баранов А.М.Фронтальные облака и условия полетов в них.- Л.: Гидрометеиздат, 1964г. 245с.
4. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз для авиации –Л. Гидрометеиздат. 1985г. 320с.
5. Бочарников Н.В., Брылев С.О. Метеорологическое оборудование аэродромов и его эксплуатация. Санкт-Петербург, Гидрометиздат, 2003г. 280с.
6. Варагушин Ю.В. Петрова М.В. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России. -М.: Транспорт 1995г. 210с.
7. Ветлов И. П., Вельтищев Н. Ф. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды.- Л.: Гидрометеиздат 1982г. 200 с.
8. Говердовский В.Ф. Космическая метеорология. С-Петербург Российский государственный гидрометеорологический институт. 1995г. 220с.
9. Глушкова Н.И. Лапчева В.Ф. Руководство по диагнозу и прогнозу ОЯ по данным метеорологических локаторов и искусственных спутников Земли.- М.:ФСР по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1996г. 250с.
10. Госкомитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Методические указания по обработке данных МРЛ.-Л.: 1978г. 235с.
11. Шметер С.М., Постнов А.А., Безрукова Н.А. Влияние мезометеорологических процессов в нижней тропосфере на условия

- полетов воздушных судов на малых и средних высотах М., Гидрометиздат 1988г. 155с.
12. Зак М.Е., Мазурин Н.И. Метеорологические условия полета летательных аппаратов. - М.: Транспорт 1988г. 285с.
 13. Руководство по прогнозированию метеорологических условий авиации Л.:Гидрометиздат 1985г. 135с.
 14. Калинин Н.А., Смирнова А.А. Исследования радиолокационных характеристик для распознавания опасных явлений погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью. Метеорология и гидрология. 2005г. №1. 250с.
 15. Кан С.И. Океан и атмосфера. Москва. Изд-во «Наука», 1982г. 68с.
 16. Качурин Л.Г. Методы метеорологических измерений Л.: Гидрометиздат 1985г. 235с.
 17. Маланичев С.А., Брылев Г.Б., Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. С-Петербург. Гидрометеиздат 2002г. 330с.
 18. Минакова Н.Е. Методическое письмо. Комплексное использование данных ИСЗ и МРЛ в анализе атмосферных фронтов.- Л.: Гидрометеиздат 1986г. 150с.
 19. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России., М. Гидрометиздат 1995г. 180с.
 20. Нейбургер М., Эдингер Д. Познание окружающей нас атмосферы. Москва.: Издательство «Знание», 1985г. 97с.
 21. Никандрова В.Я., Шишкина Н.С.- Исследования облаков, осадков, грозового электричества.-Л. :Гидрометеиздат, 1971г. 350с.
 22. Роджерс Р.Р. Краткий курс физики облаков. – Ленинград: Гидрометиздат, 1960г. 130с.
 23. Солонин А.С. Бочарников Н.В Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеоячейка».Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2007г. 315с.

24. Шишкин Н.С. Облака, осадки и грозное электричество. Ленинград: Гидрометеиздат, 1964г. 220с.
25. Шмелер С.М. Постнов А.А. Безрукова Н.А. Влияние мезометеорологических процессов в нижней тропосфере на условия полетов воздушных судов на малых и средних высотах.- М. Гидрометеиздат 1988, 195 с.
26. Шмелер С.М. Физика конвективных облаков. Ленинград: Гидрометеиздат, 1964г. 450с.
27. Черный М.А.,Кораблин В.И. Самолетовождение.- М. Транспорт 1987, 251с.
28. Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды. СПб.: БХВ-Петербург 2010, 288с.

Приложение 1

Движение циклона с юга на микрокольцевой карте 15.08.2019г за 15ч.UTC.



Приложение 2

Бланк погоды АМСГ Сасово с прогнозами TAF и GAMET.

БЛАНК №6

АМСГ Сасово 15.08.2019г.

ФЦ: TAF UUBG 151357Z 1515/1521 22006MPS 9999 SCT025 SCT033CB BKN100 TEMPO 1518/1521 3100 -SHRA
 BKN020CB PROB40 TEMPO 1518/1521 -TSRA BKN020CB=
 ФЦ: TAF UWPS 151400Z 1515/1524 17003G08MPS 9999 SCT020=
 ФТ: TAF UDD 151355Z 1515/1621 33006MPS 9999 BKN020 TX20/1515Z TN13/1603Z
 BECMG 1518/1520 03004MPS TEMPO 1600/1612 02007MPS -SHRA FEW006 SCT015CB=
 FA: UUVV GAMET VALID 151200/151800 UUUO-
 UUVV MOSCOW FIR/VORONEZH 1-6 BLW FL100
 SECN I
 SFC VIS: 14/18 LCA 3000 M FBL SHRA SECT 2,3,4
 SIGWX: 14/18 ISOL TS SECT 2,3,4
 SIG CLD: ISOL CB 900/XXX M AGL
 TURB: MOD SFC/FL030
 SECN II
 PSYS: TROUGH
 WIND/T: SFC 190/05MPS
 0300 M 190/05MPS PS27
 0400 M 200/06MPS PS26
 0600 M 200/07MPS PS24
 0900 M 200/07MPS PS21
 1200 M 200/08MPS PS19
 2000 M 210/10MPS PS13
 3000 M 220/13MPS PS07
 CLD: BKN CU 900/2500 M AGL
 FZLVL: ABV 3000 M AMSL
 MNM QNH: 1009 HPA/756 MM HG
 VA: NIL=
 FA: UWWW GAMET VALID 151200/151800 UWPS-
 UWWW SAMARA FIR/SARANSK 1-4 BLW FL100
 SECN I
 HAZARDOUS WX NIL
 SECN II
 PSYS: FRONTAL PART OF TROUGH
 WIND/T: SFC 200/05G10MPS PS31
 0300 M 210/08MPS PS28
 0600 M 220/08MPS PS26
 1500 M 220/08MPS PS18
 3000 M 240/10MPS PS08
 CLD: SCT CU 800/1500 M AGL
 FZLVL: ABV 3000 M AMSL
 MNM QNH: 1011 HPA/758 MM HG
 VA: NIL=
 FA: UUVV GAMET VALID 151200/151800 UUVV-
 UUVV MOSCOW FIR/KALUGA 1-5 BLW FL100
 SECN I
 SFC VIS: LCA 4000 M FBL SHRA
 SIG CLD: ISOL CB 600/XXX M AGL
 TURB: MOD SFC/FL020
 SECN II
 PSYS: E PERIPHERY OF H
 WIND/T: SFC 310/07G12MPS
 0300 M 320/10MPS PS21
 0500 M 320/10MPS PS19
 0600 M 310/10MPS PS18
 1000 M 280/13MPS PS15
 1500 M 260/13MPS PS13
 2000 M 240/13MPS PS10
 3000 M 230/15MPS PS05
 CLD: BKN SC 500/1500 M AGL
 FZLVL: ABV 3000 M AMSL
 MNM QNH: 1009 HPA/756 MM HG
 VA: NIL=
 Синоптик *Зубкова* Вручено *[подпись]*

Прогноз ветра по высотам АМСГ Сасово.

700 — 300 000 ООП — 1993

Приложение 4

Типичные образования гроз микрокольцевая карта АМСГ Сасово 15.08.2019 за 18UTC.

