



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

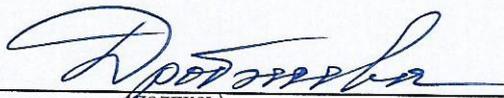
На тему «Физико-статистические методы расчета и анализ условий рассеяния
туманов на аэродроме Нягань»

Исполнитель Лиховид Юлия Николаевна

Руководитель кандидат географических наук

Волобуева Ольга Васильевна

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

доктор физико-математических наук, доцент

Дробжева Яна Викторовна

«15» июня 2018 г.

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Физические условия образования туманов	8
1.1 Основные понятия и характеристики туманов	8
1.2 Условия образования и классификация туманов	9
1.3 Методы прогноза и рассеяния туманов	12
1.3.1 Радиационные туманы	13
1.3.2 Адвективные туманы	25
1.3.3 Туманы испарения и фронтальные туманы	31
1.3.4 Туманы при отрицательной температуре воздуха	34
2 Влияние туманов на деятельность авиации	36
2.1 Туман, как опасное явление для полетов воздушных судов	36
2.2 Минимумы погоды	40
3 Климатические и физико-географические особенности аэродрома Нягань	44
3.1 Физико-географическое описание района аэродрома	44
3.2 Общие сведения о климате района аэродрома	45
3.3 Повторяемость туманов при различных метеорологических характеристиках	46
4 Анализ условий рассеяния туманов на аэродроме Нягань и методы расчета времени рассеяния тумана	54
4.1 Типизация случаев туманов на аэродроме Нягань	54
4.2 Классификация синоптических ситуаций при возникновении различных типов тумана	57
4.3 Анализ условий рассеяния туманов на аэродроме	61
4.4 Результаты методов расчета времени рассеивания туманов	65

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
Список используемых источников	72

СОКРАЩЕНИЯ

- ОЯ – опасное явление;
- АМСГ – авиационная метеорологическая станция гражданская;
- ВС – воздушное судно;
- КВС – командир воздушного судна;
- УВД – управление воздушным движением;
- ВПП – взлетно-посадочная полоса;
- ВПр – высота принятия решения;
- ИКАО – International Civil Aviation Organization (Международная организация гражданской авиации)
- ЛЭП – линия электропередачи;
- КТА – контрольная точка аэродрома;
- ВСВ – всемирное скоординированное время;
- АТ – абсолютная топография;
- ОТ – относительная топография.

ВВЕДЕНИЕ

Под опасным гидрометеорологическим явлением (ОЯ) понимается явление, которое по своей интенсивности, продолжительности или времени возникновения представляет угрозу безопасности людей, а также может нанести значительный ущерб различным отраслям экономики, транспорта и сельского хозяйства. При этом гидрометеорологические явления оцениваются как опасные явления при достижении критических значений гидрометеорологических величин. Опасные гидрометеорологические явления оказывают неблагоприятное воздействие на производственно-хозяйственную деятельность общества.

Одним из опасных явлений погоды, особенно для авиации, является туман, так как он уменьшает видимость, а в условиях плотного тумана ухудшает видимость до минимума; усложняет взлет и посадку воздушного судна; приводит к задержкам и переносам рейсов; приводит к закрытию аэродрома и, как следствие, перенаправлению воздушного судна на запасной аэродром. Все перечисленное говорит нам о том, что туман является важным метеорологическим явлением, требует глубокого рассмотрения условий, которые приводят к его образованию и разработки метода его прогноза.

Немаловажным аспектом в области прогнозирования туманов является и прогноз времени рассеяния тумана. Если мы можем рассчитать время образования тумана, то почему бы нам не сказать через какой промежуток времени данный туман рассеется?! То есть, можно сказать, что существует острая необходимость исследования синоптических условий и процессов, при которых туман рассеивается.

Зная время рассеяния тумана, можно заблаговременно оповестить об этом (в прогнозах, устных консультациях) диспетчеров, командиров летных экипажей и других авиапользователей, таким образом, работая на

корректировку и выполнение расписания полетов, своевременно предупреждая о задержках вылетов или об окончании сложных метеоусловий. В этом и заключается актуальность данной работы. Систематизировать типы синоптических процессов в районе аэродрома Нягань, уточнить прогноз времени рассеяния туманов для данного аэропорта – задачи, несомненно, являющиеся актуальными не только потому, что их решение положительно влияет на работу аэропорта, но и окажут помощь синоптикам АМСГ Сургут, специалисты которой не в полной мере знакомы со всеми особенностями района аэродрома Нягань, но с 2016 года они составляют прогнозы по АМСГ Нягань.

Цель данной работы заключается в проведении анализа условий рассеяния тумана на аэродроме Нягань и апробация методов рассеяния туманов для выявления наиболее оптимального для исследуемого района.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Исследовать синоптические условия образования туманов;
2. Определить климатические характеристики повторяемости туманов при различных метеорологических параметрах (условиях);
3. Произвести классификацию случаев туманов путем разделения их на типы;
4. Определить повторяемость синоптических ситуаций при возникновении различных типов туманов в различные периоды года;
5. Провести анализ условий рассеяния тумана на аэродроме;
6. Провести расчёт времени рассеяния тумана по известным формулам и методам определения времени рассеяния тумана и выявить наиболее точный для исследуемого района прогнозирования.

Новизна данной работы заключается в том, что впервые для аэродрома Нягань были подобраны графические и расчетные методы прогноза времени рассеяния тумана. Впервые для АМСГ Нягань произведена классификация туманов в зависимости от условий образования, по последним данным

составлены таблицы различных характеристик повторяемости туманов. Создан электронный архив данных по случаям образования туманов.

Предметом исследования являются региональные особенности развития условий образования туманов районе аэродрома Нягань.

Обоснование необходимости проведения работ: улучшение качества прогноза времени рассеяния тумана на АМСГ Нягань посредством проведения исследований, основанных на актуальных фактических материалах станции.

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) состоит из четырех глав. В первой главе обсуждаются условия образования туманов, дана их классификация, рассмотрены методы прогноза туманов. Во второй главе дано представление о влиянии туманов на деятельность авиации, описаны характеристики минимумов погоды. В третьей и четвертой главах представлены результаты самостоятельного исследования: на основании актуального аэросиноптического материала АМСГ Нягань составлены и проанализированы таблицы повторяемости туманов при различных метеорологических характеристиках, выделены типы и повторяемость туманов, которые образуются на аэродроме, определены повторяемости синоптических ситуаций (по приземным и высотным картам погоды) при возникновении различных типов тумана; проведен анализ условий рассеяния тумана на аэродроме; построены графики методов рассеяния туманов; проведены расчеты прогнозирования времени рассеяния тумана на аэродроме Нягань. В заключении представлены выводы, полученные на основании проведенного исследования.

Для магистерской диссертации были использованы архивные фактические данные за период с 2009 г. по 2016 г., предоставленные синоптиками АМСГ Нягань и архив синоптических и барических карт погоды.

1 Физические условия образования туманов

1.1 Основные понятия и характеристики туманов

Туманом называют совокупность взвешенных в воздухе капель воды или кристаллов льда, ухудшающих метеорологическую дальность видимости до значения менее 1 км. Туман - результат конденсации водяного пара (т.е. переход водяного пара, содержащегося в воздухе в жидкое состояние) в непосредственной близости к земной поверхности. При положительных температурах туман состоит из капелек воды радиусом 2 - 5 мкм, а при отрицательных – из переохлажденных капелек воды, ледяных кристаллов или замерзших капелек. Капельки воды, образующие дымку, имеют радиус менее 1 мкм. При укрупнении капель дымка может перейти в туман, а при испарении туман может превратиться в дымку. [1]

Одной из физических характеристик тумана является его водность. Используется она для характеристики туманов и обозначает общую массу водяных капелек в единице объёма тумана. Водность туманов обычно не превышает 0,05 - 0,1 г/м³, но в отдельных плотных туманах может достигать 1 - 1,5 г/м³. С повышением температуры может увеличиваться лишь водность туманов охлаждения. Водность туманов испарения, наоборот, при повышении температуры воздуха уменьшается. Всё это происходит потому, что с понижением температуры воздуха увеличивается разность температур вода-воздух, а вместе с этим поток водяного пара между водной поверхностью и каким-либо фиксированным уровнем. [2]

Кроме водности, на прозрачность тумана влияет размер частиц его образующих. Радиус капель тумана обычно колеблется от 1 до 60 мкм. Большинство же капель имеет радиус 5 — 15 мкм при положительной температуре воздуха и 2 - 5 мкм при отрицательной температуре.

В зависимости от агрегатного состояния туманы подразделяются на: а) капельно-жидкие туманы, состоящие из капель воды б) кристаллические или ледяные туманы, состоящие из кристаллов льда в) смешанные туманы, состоящие из капель воды и кристаллов льда.

Относительная влажность воздуха в туманах при положительных температурах чаще всего составляет 96 - 100 %. С понижением температуры относительная влажность уменьшается и при температурах от -30 до -40 °С достигает 80 - 70 %.

Наиболее характерной особенностью термического режима туманов является наличие вблизи земной поверхности слоя атмосферы, в котором температура понижается с высотой. Верхняя граница туманов находится между нижней и верхней границей инверсии температуры. В тех случаях, когда температура в приподнятой инверсии резко возрастает с высотой, верхняя граница практически совпадает с нижней границей приподнятой инверсии. [3]

1.2 Условия образования и классификация туманов

Туманы обычно образуются в тех случаях, когда парциальное давление водяного пара в слое атмосферы, прилегающем к земной поверхности, превышает давление насыщенного пара, а относительная влажность воздуха составляет 100% или несколько меньше.

По физическим условиям образования туманы можно разделить на несколько групп [4]:

Туманы испарения. Могут образовываться под влиянием испарения с поверхности теплой воды в относительно холодный воздух. Такие условия наблюдаются при движении холодной воздушной массы над более теплой водной (или сильно увлажненной) поверхностью. Часто образуются над арктическими морями, где температура поверхности льда или снега

значительно ниже температуры открытой воды. Воздух перемешивается и при переходе на водную поверхность оказывается значительно холоднее воды. Под влиянием интенсивного испарения с водной поверхности над полыньями образуется туман. Испарения воды играет заметную роль в образовании тумана над озерами и реками осенью, а также ночью, когда воздух при перемещении с суши оказывается холоднее воды. Однако основную роль в образовании таких туманов играет радиационное охлаждение воздуха. Испарение лишь усиливает эффект охлаждения.

Туманы, образованные в результате перемешивания. Перемешивание масс воздуха с различными тригонометрическими свойствами может происходить как в горизонтальном, так и вертикальном направлении. При определенных условиях в результате перемешивания (или смешения) масс воздуха может образовываться туман. Процесс смешения воздушных масс играет существенную роль в образовании облаков и туманов. Под влиянием в основном именно этого фактора образуются туманы вблизи береговой черты (при наличии значительного перепада температур между сушей и водоемом) и фронтальные туманы (вблизи фронта). При образовании других видов туманов смешение играет хотя и вспомогательную, но также не маловажную роль.

Туманы охлаждения. Образуются в результате понижения температуры воздуха, прилегающего к земной поверхности, ниже точки росы (точка росы – температура при которой относительная влажность достигает 100%). Туманы охлаждения в свою очередь делятся на радиационные и адвективные. [5]

Радиационные туманы образуются в результате охлаждения земной поверхности и прилегающего слоя воздуха под влиянием излучения и турбулентного перемешивания. Понижение температуры земной поверхности вследствие излучения составляет в среднем около 1°С в час. Для образования радиационного тумана благоприятны следующие условия: а) отсутствие облаков или наличие облаков только верхнего яруса; б) высокая

относительная влажность в начальный момент. Чем выше относительная влажность, тем меньше охлаждение, необходимое для достижения состояния насыщения и образования тумана.

Адвективные туманы образуются в теплой воздушной массе, перемещающейся на более холодную подстилающую поверхность, в результате неадиабатического охлаждения воздуха при соприкосновении с ней. В воздушной массе, сместившейся на холодную поверхность, устанавливается инверсионное распределение температуры. Образованию адвективных туманов благоприятствуют следующие условия: а) высокая относительная влажность перемещающегося воздуха до вступления его на более холодную подстилающую поверхность; б) большая разность температур воздушной массы и земной поверхности; в) умеренные скорости ветра. Если скорости большие, то развивается сильный турбулентный обмен, который препятствует образованию тумана; г) увеличение или постоянство доли водяного пара с высотой. Турбулентный обмен всегда способствует выравниванию доли водяного пара по вертикали, если доля водяного пара возрастает с высотой в приземном слое, то под влиянием турбулентного обмена количество водяного пара вблизи земной поверхности будет увеличиваться за счет переноса из более высоких слоев; д) умеренно устойчивая стратификация и сравнительно слабый турбулентный обмен. При очень устойчивой стратификации (сильной инверсии) турбулентный обмен прекращается. Частным случаем таких туманов являются береговые туманы, которые образуются на суше зимой при ветре с моря. Адвективные туманы наиболее интенсивные и занимают большие площади. [6]

Туманы восхождения образуются в результате подъема воздуха вдоль склонов, возвышенностей и гор. Воздух при этом адиабатически охлаждается, что приводит к конденсации водяного пара. Стратификация должна быть устойчивой, иначе вместо тумана будут образовываться кучевые облака.

Основными причинами образования фронтальных туманов служат: адвекция теплого воздуха (туман за теплым фронтом), горизонтальное перемешивание, а также увлажнения воздуха под влиянием испарения (с земной поверхности и капель дождя, выпадающих из облаков). [7]

К туманам, вызванным деятельностью человека, относятся городские и морозные (печные) туманы, а также специально создаваемые искусственные туманы, например, для борьбы с заморозками.

Городские туманы образуются в крупных городах, где в воздух выбрасывается большое количество отходов промышленного производства, они же являются ядрами конденсации, и в этом случае конденсация (образование тумана) начинается уже при относительной влажности от 75 %. Городские туманы иногда имеют темную окраску, обусловленную наличием в каплях частичек дыма, сажи и других примесей.

Морозные (печные) туманы образуются зимой при низкой температуре воздуха и при наличии приземной инверсии (задерживающего слоя, который препятствует переносу тепла, водяного пара и различных примесей, температура в этом слое повышается с высотой). Они обычно возникают утром над небольшими населенными пунктами, когда в воздух начинает поступать большое количество ядер конденсации вместе с дымом от топки печей, с чем и связано название туманов. [8]

1.3 Методы прогноза и рассеяния туманов

В зависимости от степени ухудшения видимости туманы подразделяются на слабые (видимость 500 - 1000 м), умеренные (видимость 200 - 500 м), сильные (видимость 50 - 200 м) и очень сильные (видимость менее 50 м). По своей вертикальной мощности туманы подразделяются на поземные ($H < 2$ м), низкие ($2 < H < 100$ м), средние ($10 < H < 100$ м) и

высокие ($H > 100$ м). Чем меньше видимость в тумане и чем больше его вертикальная мощность, тем более негативное воздействие он оказывает на различные отрасли народного хозяйства, в большей или меньшей степени зависящие от тумана. Например, туман оказывает влияние на все виды транспорта, на строительную отрасль, где туман, особенно сильный, ограничивает возможность проведения строительно - монтажных работ. Также оказывает негативное воздействие на самочувствие многих людей с различными заболеваниями. [9]

Прогноз тумана сводится к прогнозу двух температур: температуры туманообразования, минимальной температуры воздуха и их сравнению. В тех случаях, когда температура туманообразования оказывается выше минимальной температуры, в прогнозах погоды нужно указывать туман.

$$T_T > T_{\text{мин}} \rightarrow \equiv, \quad (1.1)$$

где T_T – температура туманообразования;
 $T_{\text{мин}}$ – минимальная температура воздуха;
 \equiv – туман.

1.3.1 Радиационные туманы

При прогнозе радиационных туманов необходимо учитывать продолжительность ночного выхолаживания, характер облачного покрова, скорость и направление ветра, исходные значения температуры и влажности воздуха, характер и стратификацию воздушной массы. Наиболее часто благоприятные условия для возникновения радиационных туманов создаются в антициклонах, их отрогах, барических гребнях и седловинах, реже и главным образом летом – в поле пониженного давления с небольшими барическими градиентами. Многообразие методов прогнозирования

радиационных туманов обусловлено и важностью правильной оценки возможности возникновения тумана, и существенной зависимостью туманов и их появления от местных условий. [10]

Прогноз по методу Н. В. Петренко.

Н.В. Петренко предложил определять температуру туманообразования по формуле:

$$T_{\tau} = T_d - \Delta T_d, \quad (1.2)$$

где T_d – температура точки росы в срок, близкий к заходу Солнца;

ΔT_d – возможное понижение температуры точки росы в течение ночи от начального срока до момента образования тумана.

Величина ΔT_d зависит в основном от температуры точки росы в исходный срок и определяется по таблице (таблица 1.1). [11]

Таблица 1.1 – Средние значения ΔT_d в зависимости от температуры точки росы в исходный срок

T_d	20...11	10...0	-1...-10	-11...-20	-21...-30
ΔT_d	1,4	1,6	2,0	2,5	2,3

Также Петренко предложил график (рисунок 1.1) для определения температуры туманообразования. На этом графике по горизонтальной оси – температура точки росы, а по вертикальной – температура образования тумана или дымки. Проведенные на графике наклонные линии позволяют определять искомую величину.

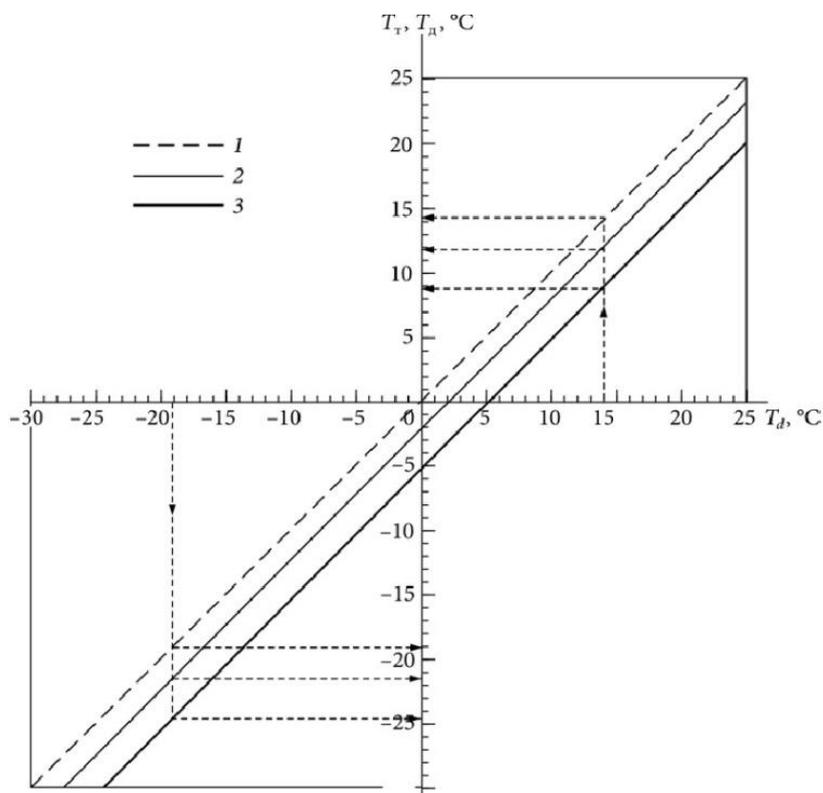


Рисунок 1.1 – График для прогноза радиационного тумана по методу Н. В. Петренко: 1- линия дымки, 2 - линия слабого тумана, 3 - линия сильного тумана

Графический метод дает положительные результаты при условии однородности воздушной массы, когда на её влагосодержание не будет влиять испарение с подстилающей поверхности или осадки.

Прогноз туманов по методу Б. В. Кирюхина.

Этот метод имеет высокую оправдываемость определения температуры туманообразования. Кирюхин предложил номограмму (рисунок 1.2), которую условно можно разделить на две части от нулевого значения ΔT_d по вертикальной оси.

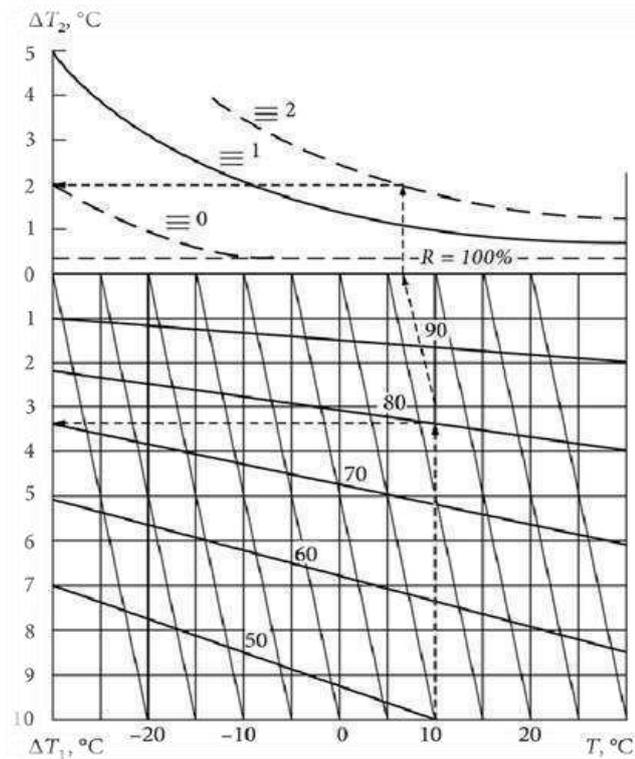


Рисунок 1.2 – Номограмма Б. В. Кирюхина для определения величины ΔT_T

По нижней части номограммы, используя фактические значения температуры и относительной влажности воздуха, определяется величина, которая обозначает необходимое понижение температуры для достижения воздухом насыщения. По верхней части номограммы определяется величина, обозначающая дополнительное понижение температуры, необходимая для возникновения тумана определенной интенсивности. Следовательно, общее понижение температуры, необходимое для возникновения тумана определенной интенсивности, будет равно

$$\Delta T_T = \Delta T_1 - \Delta T_2, \quad (1.3)$$

где ΔT_T – общее понижение температуры;

ΔT_1 – величина, которая обозначает необходимое понижение температуры для достижения воздухом насыщения;

ΔT_2 – дополнительное понижение температуры, необходимое для возникновения тумана определенной интенсивности.

Следовательно, температура туманообразования равна:

$$T_T = T - \Delta T_T, \quad (1.4)$$

где T – температура воздуха.

В верхней части номограммы кривые линии, проведенные на рисунке, соответствуют границе возникновения слабого, умеренного или сильного тумана, т.е. соответствуют видимости 1000, 500 или 200 м. Поэтому на каждом аэродроме вместо стандартных линий можно провести линии, которые будут соответствовать минимумам, установленным на конкретном аэродроме. Таким образом, можно будет не только прогнозировать туман, но прогнозировать туман такой интенсивности, которая в какой-то мере влияет на деятельность данного авиапредприятия.

Прогноз туманов по методу А.С. Зверева.

Для определения ночного понижения температуры, необходимого для образования тумана (ΔT_T) или дымки (ΔT_d), А. С. Зверевым была предложена другая номограмма (рисунок 1.3).

На ней по горизонтально оси отложена температура воздуха в момент, близкий к моменту захода Солнца, кривые линии соответствуют относительной влажности воздуха в тот же момент времени, а по вертикальной оси определяется необходимое понижение температуры для возникновения тумана или дымки. Причем по пунктирным кривым линиям определяется понижение температуры, необходимое для возникновения дымки, а по сплошным – для возникновения тумана.

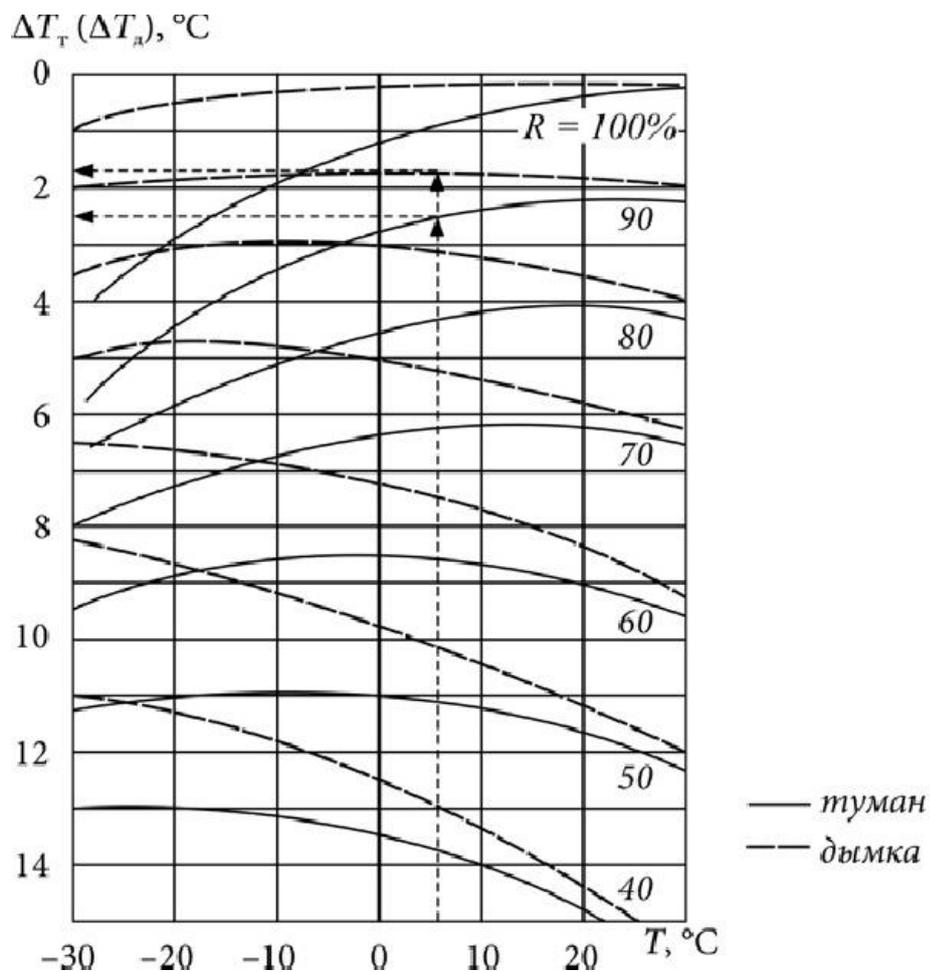


Рисунок 1.3 – Номограмма А. С. Зверева для прогноза тумана

Прогноз туманов по методу Д.Н. Лаврищева.

В практике обеспечения авиации достаточное распространение получил метод Д.Н. Лаврищева для определения T_T . Суть метода заключается в следующем. На графике (рисунок 1.4) проведена кривая, которая соответствует максимальной упругости водяного пара при насыщении при различных температурах.

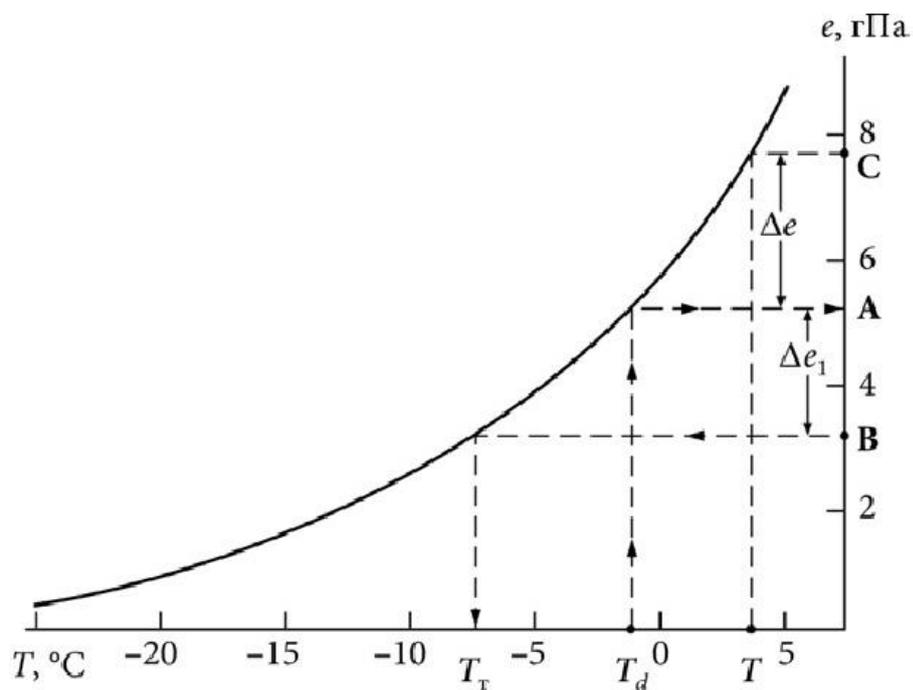


Рисунок 1.4 – График определения величины T_T по методу Д. Н. Лаврищева

Фактическое содержание водяного пара в воздухе обусловлено температурой точки росы T_d и может быть определено по графику (точка А). Также по графику можно определить максимально возможную упругость водяного пара (точка С), которая обусловлена температурой воздуха T . Разница между максимально возможной упругостью водяного пара и фактической упругостью на обозначена Δe . Для определения T_T по исходным данным следует от точки А сместиться по вертикали вниз до точки В на величину Δe_1 , которая должна быть определена по статистическим данным конкретного аэродрома.

Метод Д.Н. Лаврищева для определения температуры туманообразования близок к правилам определения T_T по аэрологической диаграмме. Следует отметить одно обстоятельство. На ряде АМСГ, где пользуются данным методом для прогноза радиационных туманов (Алма-Ата, Волгоград и др.), принимают $\Delta e = \Delta e_1$, что не совсем верно. Данный метод имел бы на этих станциях еще более высокую оправдываемость, если бы

величина Δe_1 определялась с учетом имеющихся статистических характеристик.

Оперативные методы прогноза радиационных туманов.

Эти методы иногда еще называют графическими. С помощью графических методов прогноза тумана можно определить время его образования и рассеяния. Наиболее удобный для пользования график предложен Н.В. Петренко (рисунок 1.5). На нём по горизонтальной оси откладывается время, а по вертикальной оси – температура воздуха (T), температура точки росы (T_d) и температура туманообразования (T_T). На график последовательно наносятся необходимые значения различных температур и соединяются отрезками прямых линий. Затем каждая линия продлевается вперед по времени на несколько часов. Точка пересечения линии (T) и (T_d) соответствует времени образования дымки, а точка пересечения линии (T) с линией (T_T) – времени образования тумана. Естественным и обязательным условием является то, что время образования дымки и тумана должно по графику получаться не позднее момента восхода Солнца. [12]

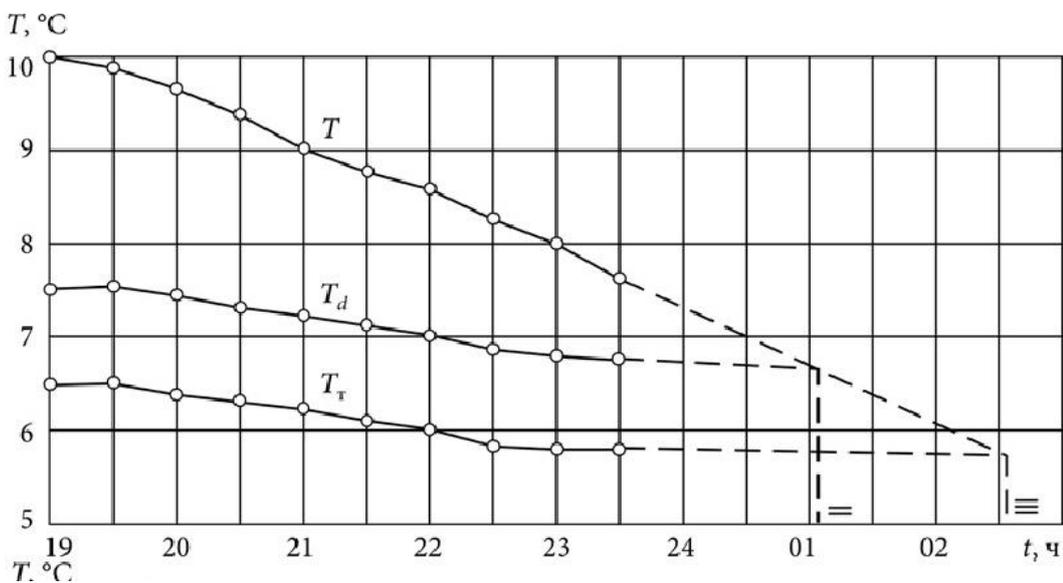


Рисунок 1.5 – Графический способ определения времени образования тумана.

Радиационные туманы практически всегда рассеиваются после восхода солнца. Время рассеяния тумана обусловлено тем промежутком времени, в течение которого температура прогревающегося от земной поверхности воздуха достигает точки росы при заходе Солнца. Эта задача решается графически (рисунок 1.6).

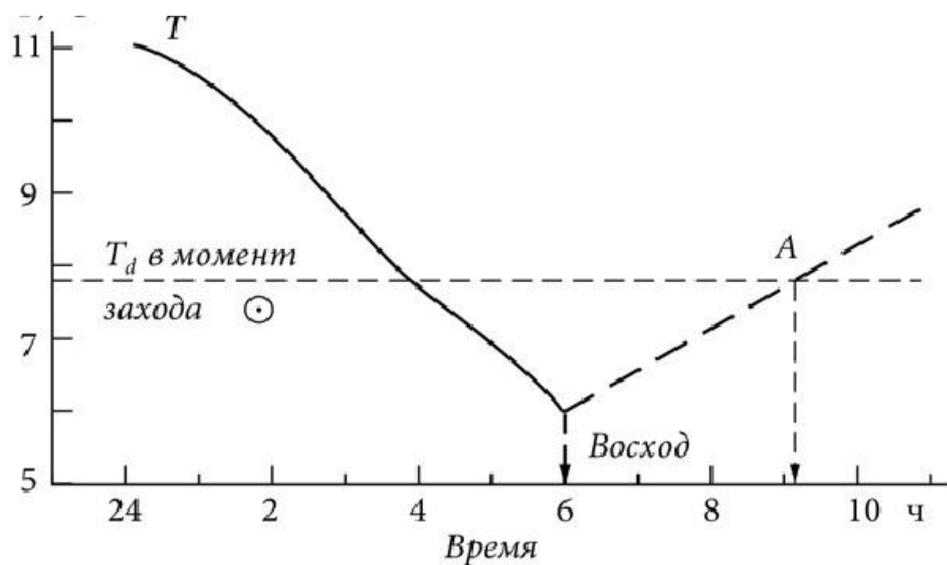


Рисунок 1.6 – Графический метод прогноза времени рассеяния тумана

При прогнозе времени рассеяния радиационного тумана учитываются общая синоптическая обстановка, данные температурно-ветрового зондирования, воздушной, радиолокационной обстановки и информация, поступающая от искусственных спутников Земли. При этом принимаются во внимание широта места, сезон, местные особенности, вертикальная и горизонтальная протяженность тумана.

При малооблачной погоде летом радиационный туман рассеивается спустя 1-2 часа после восхода солнца. При облачной погоде и осенью туман может сохраняться в течение 3-5 часов после восхода солнца. Зимой в антициклоне или седловине при наличии мощного слоя инверсии, которая не всегда способна разрушиться ввиду слабого дневного прогрева, туман может удерживаться в течение суток и более, пока не произойдет существенного изменения синоптической обстановки.

Усиление ветра, появление облачности, адвекция температуры и выпадение осадков могут привести к разрушению тумана в любое время суток. Температуру рассеяния тумана T_p можно определить по графику (рисунок 1.7).

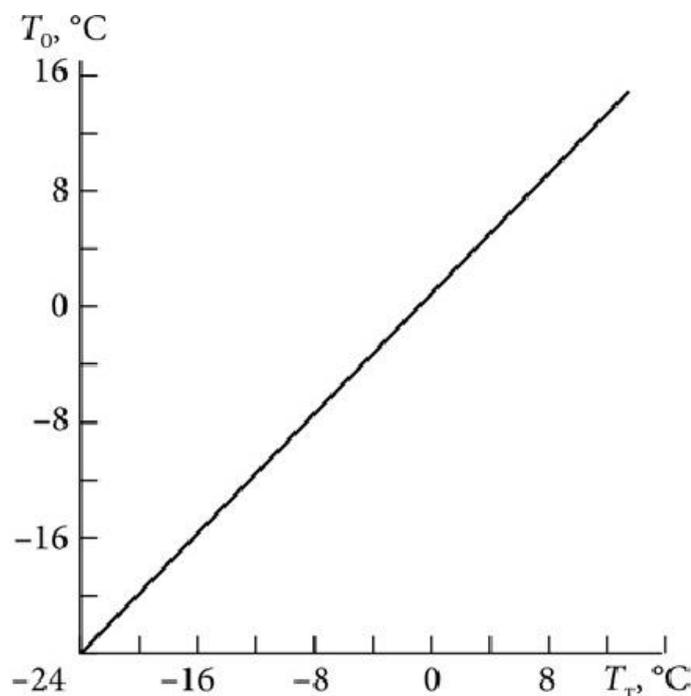


Рисунок 1.7 – График для определения температуры рассеяния по значению T_T

Определив по рисунку 1.7 температуру рассеяния тумана, следует воспользоваться графиком, аналогичным тому, который представлен на рисунке 1.6. Разница будет только в том, что горизонтальная изотерма будет проведена не на уровне температуры точки росы в момент захода солнца, а на уровне температуры рассеяния тумана, определенной по графику, приведенному на рисунке 1.7.

Обычно радиационный туман рассеивается, когда температура воздуха в приземном слое повышается до ее значения в момент образования тумана при неизменном значении точки росы.

При рассеянии тумана у земли часто образуются низкие слоистые разорванные облака, которые могут закрывать все небо. Летом эти облака

быстро исчезают, но в переходный период и зимой они существуют более длительное время.

При тумане $T-T_d$ колеблется в пределах 0-1 °С, а рассеяние радиационного тумана обычно начинается при дефиците точки росы ($T-T_d$), равном или несколько большем, чем в момент образования тумана. Строя экстраполяционные графики суточного хода T и T_d , определяют то время, когда разность $T-T_d$ достигнет значения дефицита точки росы, наблюдавшегося в момент образования радиационного тумана (рис. 1.8).

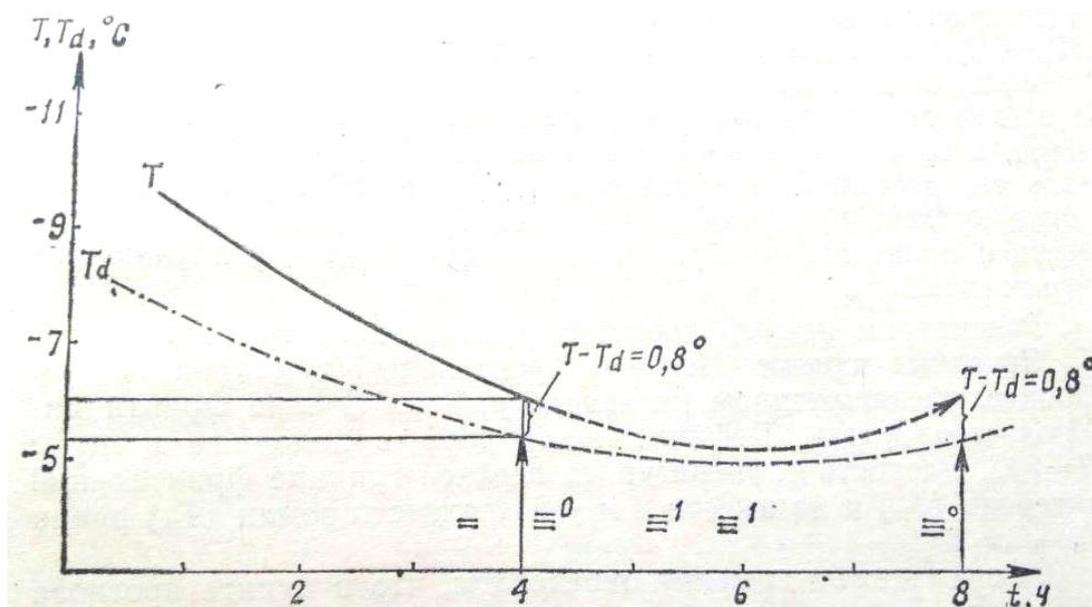


Рисунок 1.8 – Графический прогноз времени рассеяния радиационного тумана по характеру суточного хода температуры воздуха и точки росы

Метод Р.М. Меджитова.

Р.М. Меджитов предложил формулы, по которым можно определить время образования и рассеяния тумана. Эти формулы имеют вид:

$$t_{обр.т} = t_{з.с.} + \frac{T_{з.с.} - T_m}{\Delta T_{зах.}}, \quad (1.5)$$

где $t_{обр.т}$ – время образования тумана;

$t_{з.с.}$ – время захода солнца;

$T_{з.с.}$ – температура воздуха в момент захода солнца;

$\Delta T_{зах.}$ – ежечасные изменения температуры воздуха после захода солнца.

$$t_{расс.т.} = t_{в.с.} + \frac{T_{d_{з.с.}} - T_{мин}}{\Delta T_{восх.}} \quad (1.6)$$

где $t_{расс.}$ – время рассеяния тумана;

$t_{в.с.}$ – время восхода солнца;

$T_{d_{з.с.}}$ – точка росы в момент захода солнца;

$T_{мин}$ – минимальная температура;

$\Delta T_{восх.}$ – ежечасные изменения температуры воздуха после восхода солнца.

Во формуле (1.6) вместо $T_{d_{з.с.}}$ можно использовать температуру рассеяния тумана, полученную по графику.

Значения $\Delta T_{зах}$ и $\Delta T_{восх}$ приведены в таблице (таблица 1.2). Они получены по статистическим данным для средних широт и безоблачной погоды.

Таблица 1.2 – Значения ежечасных изменений температуры воздуха после захода или восхода солнца (°С/ч) в различные месяцы

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta T_{зах.}$	0,4	0,5	0,8	0,7	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0,4	0,5
$\Delta T_{восх.}$	1,3	1,4	1,1	1,2	1,2	0,9	0,8	0,7	1,2	1,0	0,6	1,3

Естественно, что на величину ΔT , указанную в таблице, после восхода солнца температура воздуха повышается, а после захода – понижается.

Успешность прогноза радиационного тумана в значительной мере зависит от качества прогноза облачности, ветра, минимальной температуры воздуха и учета местных физико-географических условий района.

1.3.2 Адвективные туманы

Адвективный туман следует ожидать в том случае, когда по прогнозу синоптического положения существуют условия для адвекции теплого и влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность. Эти туманы могут наблюдаться в любое время суток. Адвективные туманы возникают, как правило, зимой или в переходные сезоны года при заметном потеплении. При прогнозе адвективных туманов следует учитывать перемещение уже имеющихся зон тумана, адвективные изменения температуры и точки росы в приземном слое, возможность снижения облаков до поверхности земли, а также охлаждение воздуха в процессе ночного радиационного выхолаживания.

Общими условиями возникновения адвективных туманов являются:

- Дефицит температуры точки росы у земли должен быть небольшим (при $D_0 > 3$ °С туманы, как правило, не возникают);
- Скорость ветра у земли должна быть меньше 8 м/с (при большей скорости ветра происходит разрушение приземной инверсии и, как правило, разрушение тумана).

Для прогноза адвективных туманов можно воспользоваться несколькими методами. [13]

Метод И.В. Кошеленко.

И.В. Кошеленко для прогноза адвективного тумана предложил график (рисунок 1.8).

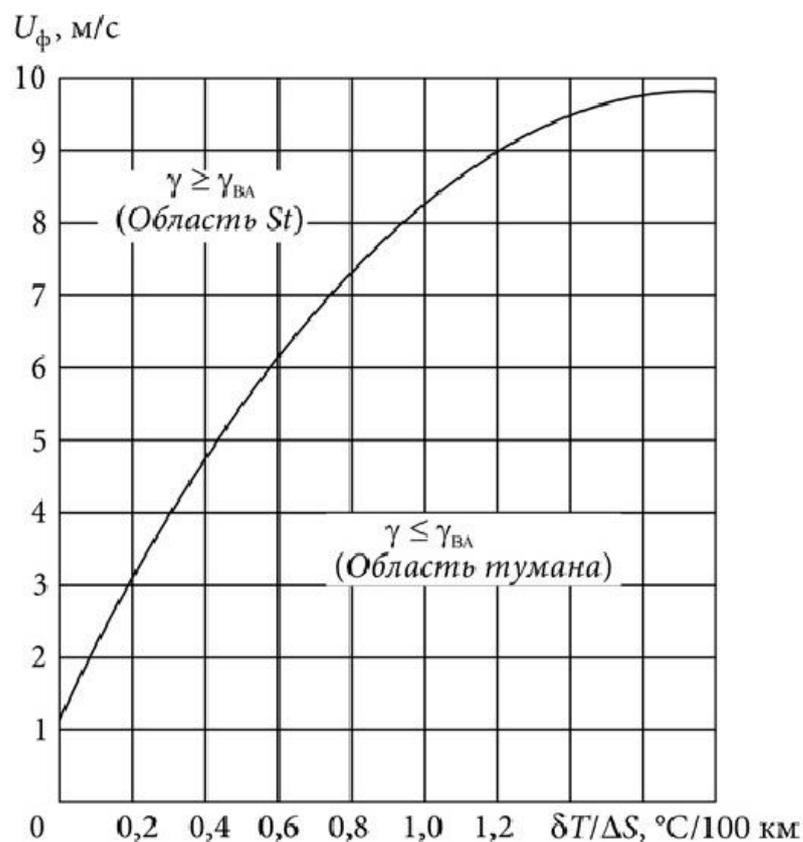


Рисунок 1.8 – График для прогноза адвективного тумана по
И. В. Кошеленко

По вертикальной оси на графике откладывается прогностическое значение скорости ветра на высоте флюгера, а по горизонтальной оси – горизонтальный градиент температуры, который определяется по картам погоды. Расстояние, а следовательно, и температуру воздуха с карт погоды необходимо определять в направлении, откуда переместится воздух в пункт прогноза. С помощью этого графика можно прогнозировать адвективный туман с заблаговременностью до 9 часов.

Если точка, соответствующая исходным данным, окажется ниже кривой на графике, то в прогнозе погоды следует указывать туман, а если выше – туман не прогнозируется.

Метод Н.В. Петренко.

Для прогноза адвективного тумана Н.В. Петренко предложил график (рисунок 1.9), который учитывает горизонтальный градиент температуры,

дефицит точки росы в начале траектории и прогностическое значение скорости ветра у земли. Если обе точки на графиках, построенные по исходным данным, попадут в область тумана, то в прогнозе следует указывать туман. Метод можно успешно использовать на практике при заблаговременности прогноза до 9 часов.



Рисунок 1.9 – Комплексный график для прогноза тумана по
Н. В. Петренко

Метод А.А. Шадринной.

А.А. Шадринная предложила график (рисунок 1.10), который позволяет определить возможность возникновения тумана по адвективным изменениям температуры точки росы у земли или на уровне 850 гПа. Если точка пересечения температур T и T_d у земной поверхности окажется ниже сплошной линии или ниже пунктирной линии для данных на уровне 850 гПа, то в прогнозе следует указывать туман. Этот метод дает хорошие результаты при сроке прогноза до 9 часов.



Рисунок 1.10 – График для прогноза тумана по методу А. А. Шадринной

Возможность возникновения тумана можно определить также по графику, представленному на рисунке 1.11.

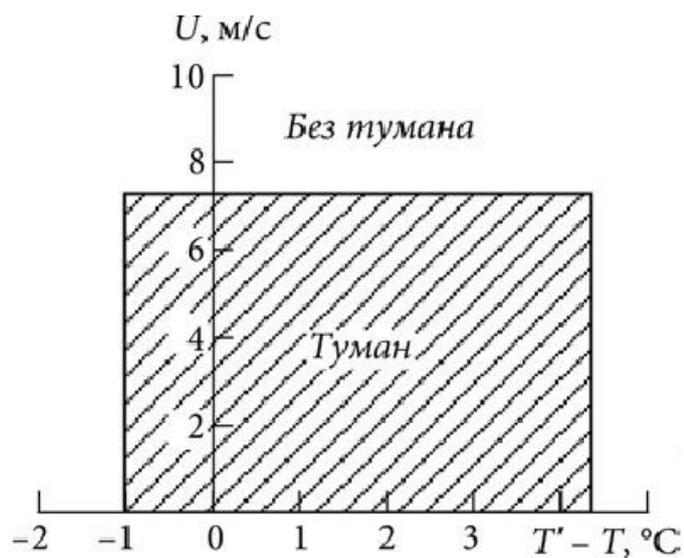


Рисунок 1.11 – График для прогноза адвективного тумана

Если по значениям ожидаемой скорости ветра у земли в пункте прогноза и фактической разности температур $T' - T$ в начале и конце траектории точка попадет в область тумана на графике, то в прогнозе следует указывать туман. Этот метод также дает хорошие результаты при сроке прогноза до 9 часов.

Метод Л.А. Ключниковой.

В прибрежных районах, примерно в 100 - километровой зоне, для прогноза тумана при вторжении теплого воздуха на холодную подстилающую поверхность можно пользоваться графиком, предложенным Л.А. Ключниковой . Зная температуру воздуха в пункте прогноза T и температуру воды $T_{\text{в}}$, по графику (рисунок 1.12) определяется не только возможность возникновения тумана, но и его интенсивность.

Известно, что в слабом тумане видимость меняется от 1000 до 500 м, в умеренном – от 500 до 200 м и в сильном – от 200 до 50 м. Поэтому границы тумана определенной интенсивности соответствуют конкретным значениям видимости. Если на графике вместо линий, разделяющих туманы разной интенсивности, провести линии, соответствующие различным значениям видимости (по существующим минимумам погоды), то данный график можно использовать более эффективно.

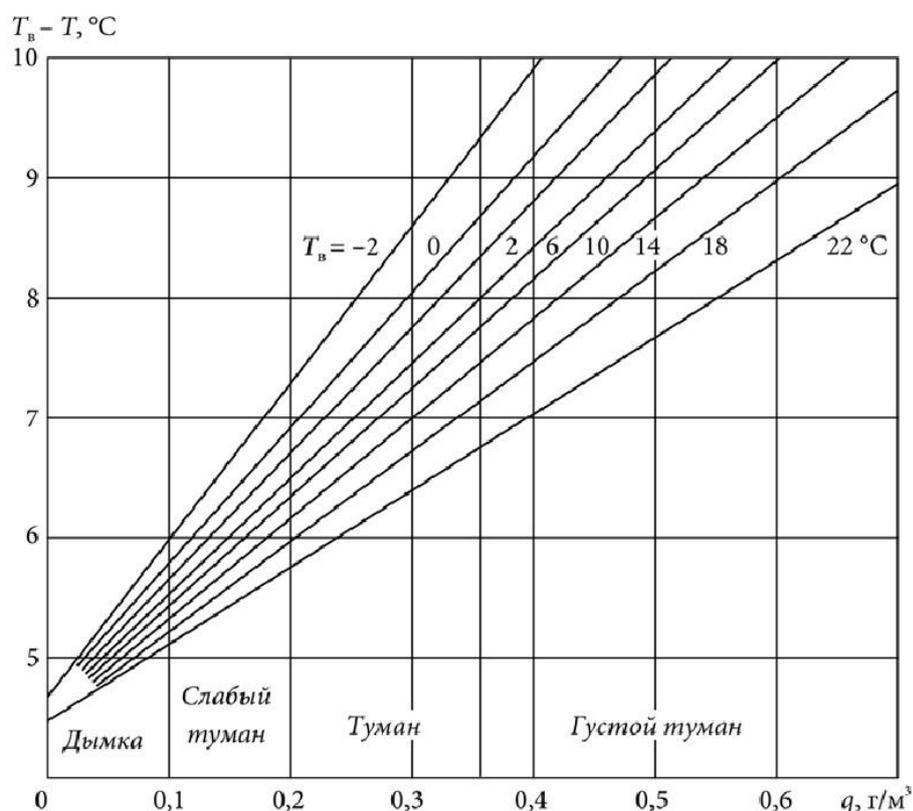


Рисунок 1.12 – График для прогноза тумана по методу
Л. А. Ключниковой

Метод Напетваридзе

В прибрежной зоне южных районов страны для прогноза адвективных туманов довольно часто используется метод Напетваридзе. На графике (рисунок 1.13) по вертикальной оси откладывается разность температуры воздуха в 19 ч (T_{19}) и температуры воды (T_B), а по горизонтальной оси – разность температуры точки росы и температуры воды за тот же срок ($T_d - T_B$).

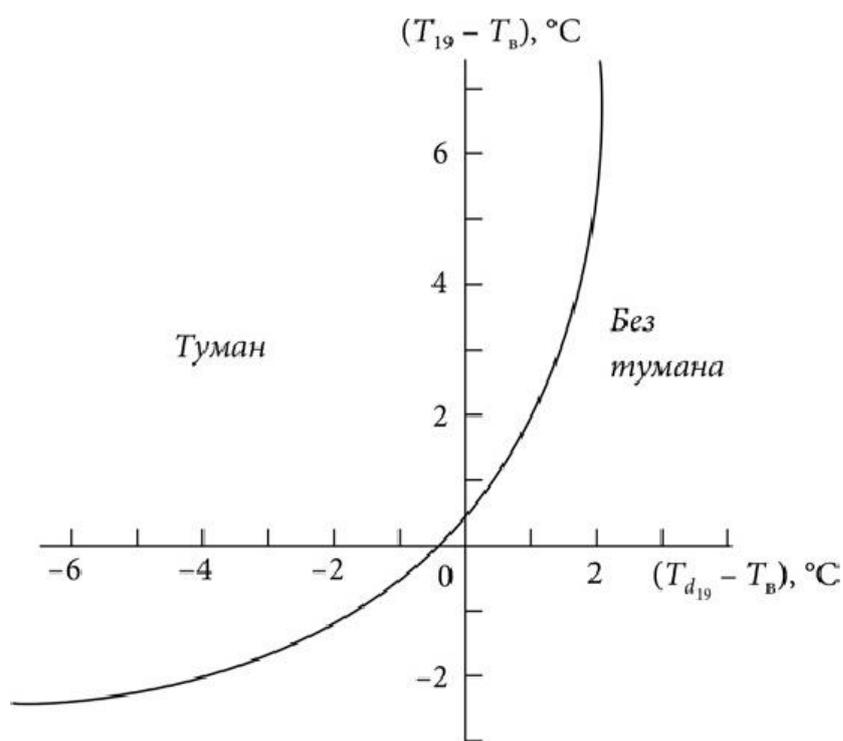


Рисунок 1.13 – График для прогноза адвективных туманов по методу Напетваридзе

Вся площадь графика разделена одной линией на зону с туманами и зону без тумана. Такие графики целесообразно строить по данным своего аэродрома.

Прогноз рассеяния адвективных туманов основывается на учете следующих факторов:

- Прекращение адвекции тепла в связи с изменением направления ветра;
- Прохождение теплого сектора циклона или окклюдирование циклона;

- Понижение точки росы в связи с конденсацией (сублимацией) водяного пара в приземном слое. Над снежным покровом, где максимально возможная упругость водяного пара уменьшается, вероятность адвективного тумана уменьшается;
- Возрастание вертикального турбулентного обмена при понижении удельной влажности с высотой;
- Выпадение интенсивных осадков, которые вызывают процесс переконденсации (мелкие капли испаряются, крупные растут) и коагуляции. При крупнокапельном дожде и интенсивном снеге туман ослабевает или рассеивается.

Рассеяние адвективного тумана может происходить в любое время суток, однако, чаще всего это происходит через 3 - 5 часов после восхода солнца. Иногда осенью туманы рассеиваются во второй половине дня, а зимой даже ночью.

1.3.3 Туманы испарения и фронтальные туманы

Для прогноза туманов испарения можно воспользоваться графиком (рисунок 1.14). На нем по горизонтальной оси откладывается температура воздуха, движущегося с суши на море, а по вертикальной оси – относительная влажность этого воздуха. График делится на три части. Если точка, соответствующая параметрам воздушной массы, попадает в область 1, то тумана ожидать не следует, а если в области 2 или 3, то следует ожидать умеренный или густой туман соответственно.

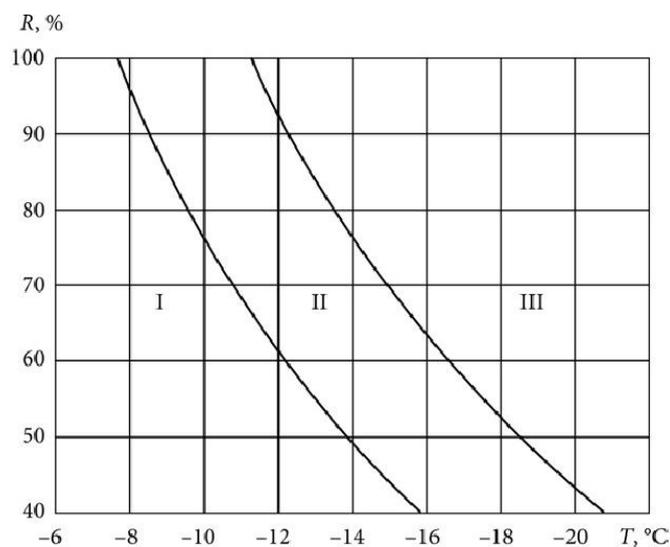


Рисунок 1.14 – График для прогноза туманов испарения

Представляет интерес также прогноз фронтальных туманов. Как правило, фронтальные туманы образуются перед медленно смещающимися теплыми фронтами или за малоподвижными холодными фронтами в холодную половину года. Основной причиной образования этих туманов является испарение капель дождя или мороси, которое будет тем сильнее, чем больше разность температур на верхней границе фронтальной инверсии и у земной поверхности ($T_{инв} - T$).

При прогнозе фронтальных туманов синоптическим методом необходимо помнить, что для возникновения тумана нужно, чтобы одновременно выполнялись следующие условия:

- температура на верхней границе фронтальной инверсии должна быть больше 0 °С;
- разность температур на верхней границе инверсии и у земли должна быть больше или равна 3 °С;
- дефицит температуры точки росы в холодном воздухе у земли вне зоны осадков не должен превышать 2 °С;
- скорость ветра у земли в холодном воздухе не должна быть больше 6 м/с.

Для прогноза фронтального тумана можно также воспользоваться графиком (рисунок 1.15).

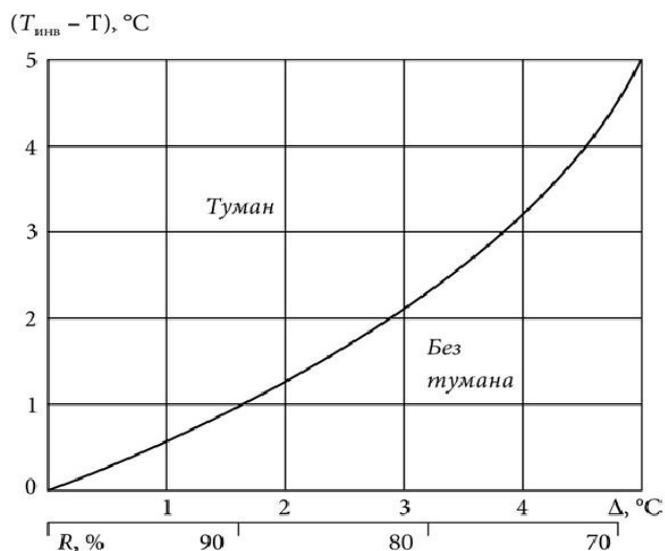


Рисунок 1.15 – График для прогноза фронтального тумана

По горизонтальной оси графика откладывается или относительная влажность R в пункте прогноза, или дефицит температуры точки росы $(T - T_d)$, а по вертикальной оси – разность температур $(T_{инв} - T)$. В тех случаях, когда точка, соответствующая исходным данным, попадает в область тумана, в прогнозе следует указывать туман.

Время образования и рассеяния тумана можно определить по скорости смещения атмосферного фронта, а, следовательно, и по скорости смещения фронтального тумана. Если же фронтальный туман образуется вновь, то происходит это обычно через 0,5 – 1,0 ч после прохождения фронта.

Дополнительно для оценки времени рассеяния фронтальных туманов необходимо учитывать изменение синоптической обстановки, характера адвекции, турбулентного обмена и, обязательно, местные признаки возникновения туманов.

1.3.4 Туманы при отрицательной температуре воздуха

Для прогноза возможности возникновения ледяного тумана по температуре и точке росы можно воспользоваться графиком предложенным А. В. Садовниковым.

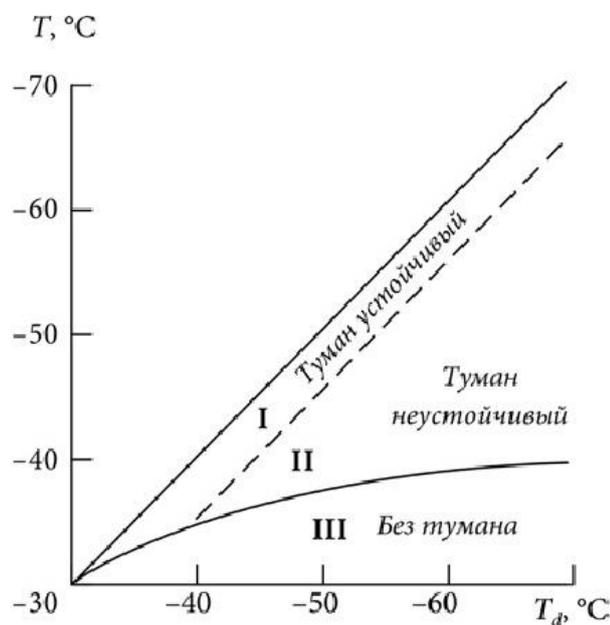


Рисунок 1.16 – График для прогноза ледяного тумана
(А. В. Садовников)

Вся площадь графика разделена на три области: I – область устойчивого ледяного тумана; II – область неустойчивого тумана, в которой туман образуется только при сгорании топлива, если при этом воздух достигает насыщения по отношению ко льду и III – область без тумана. На каждом аэродроме местные условия таковы, что при отрицательных температурах воздуха туман образуется при относительной влажности менее 100%, причем, чем ниже температура, тем при меньших значениях относительной влажности может возникнуть туман. Поэтому целесообразно, используя ряд наблюдений на аэродроме, построить график зависимости относительной влажности от температуры воздуха при возникновении тумана. Такой график представлен на рисунке 1.17.

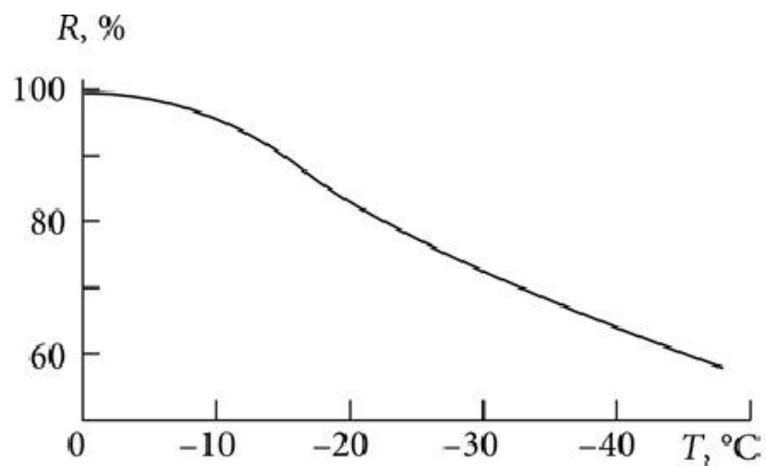


Рисунок 1.17 – Зависимость относительной влажности R от температуры воздуха при возникновении тумана

Этот график может использоваться в оперативной практике, причем ценность его увеличивается, если такие графики строить отдельно для разных направлений ветра.

2 Влияние туманов на деятельность авиации

2.1 Туман, как опасное явление для полетов воздушных судов

Туманы и густые дымки создают условия очень сложные для посадки самолетов из-за резкого ухудшения видимости, а включение бортовых фар при полете в тумане ночью приводит к возникновению светового экрана, к потере пространственного положения. При полете внутри тумана становится затруднительным сохранение горизонтального положения самолета и есть опасность скольжения на крыло при сильном крене. Также затрудняется ориентировка, так как земли не видно, а пользование компасом в этом случае затруднительно и требует обязательного применения в дополнение к нему, указателей искусственного горизонта.

Трудность полета в тумане в основном заключается в трудности сохранения равновесия самолета при невидимой земной поверхности. Видя землю и горизонт, летчик все время имеет возможность судить о нахождении самолета относительно горизонта по видимому положению самого самолета относительно земли и, следовательно, может вовремя предупредить действием управления непроизвольное нарушение равновесия самолета. При полете в тумане эта возможность пропадает и выступает весь риск внезапной потери равновесия самолета. Нужно, однако, отметить, что современное оборудование самолетов приборами (в частности жироскопическими креномерами и указателем поворота) вполне разрешает задачу сохранения равновесия в полете при невидимой земной поверхности, а, следовательно, и задачу полета в облаках или тумане. Сложнее обстоит дело с посадкой при невидимой земле. [14]

Условия видимости внутри тумана весьма различны и зависят от количества и радиуса капель воды, составляющих туман. В ряде случаев

видимость оказывается настолько хорошей, что позволяет летать, пользуясь зрительной связью, и видеть земную поверхность.

Густой туман над местом посадки как правило исключает возможность благополучной посадки, так как не дает возможности определить момент выравнивания машины и увидеть встречающиеся на пути препятствия. Как известно, самолет, идя на посадку, подходит к земле с большой скоростью, и для посадки пилот должен к моменту соприкосновения колес самолета с землей выровнять машину, чтобы вести самолет параллельно земной поверхности, а не врезаться под углом в землю. Отсюда возникает требование, чтобы поверхность места посадки была достаточно ровной, и на ней не было бы каких-либо препятствий. Очевидно, что указанное выравнивание машины может быть выполнено пилотом лишь при видимости земной поверхности, а самая посадка может быть совершена благополучно, если пилот видит, что непосредственно на месте посадки нет никаких препятствий. В результате при тумане задача благополучной посадки разрешима чрезвычайно трудно. Современная техника имеет в своем распоряжении некоторые способы определения момента выравнивания машины при посадке в тумане, но эти способы рассчитаны лишь на посадку на больших ровных аэродромах при условии точного определения в полете места посадочной площади аэродрома. Что же касается посадки в тумане вне аэродромов, то в этом случае даже самые лучшие приборы бессильны полностью обеспечить безопасность посадки.

В самом деле, если представить, что возможно, летя в тумане, определить мгновенно при помощи приборов свою высоту над землей с точностью хотя бы до сантиметра, то все же в следующую секунду самолет будет на 40 - 50 м дальше, и следовательно, если видимость не превышает 40 м, пилот не будет иметь возможности избежать вынырнувшего на пути препятствия. Особенно опасным является туман, сливающийся со слоем слоистых облаков, что создает такую высокую пелену тумана и облаков, из

которой летчику трудно вывести самолет без риска потерять необходимое равновесие. Нужно отметить, что иногда низовой стелящийся туман сверху достаточно хорошо просматривается и не мешает наблюдению за землей, но посадку он все же делает опасной, так как непосредственно у земли при попадании самолета в туман видимость резко уменьшается. [15]

В целях повышения безопасности полетов от летного состава требуется знание условий образования опасных явлений, умение сочетать возникновение опасных явлений погоды с характерными синоптическими процессами, барическими системами. Опыт полетов показывает, что только всесторонняя и грамотная оценка метеорологической обстановки на земле и в воздухе, тщательный учет этой обстановки при подготовке и проведении полетов и при посадке самолетов гарантирует безопасность полетов в метеорологическом отношении.

Сложнейшим периодом работы всей авиации с максимальной повторяемостью опасных явлений погоды является осенне - зимний. Анализ летных происшествий и предпосылок к ним показывает, что максимальное количество их происходит в осенне-зимнюю навигацию. Эти летные происшествия связаны с резким ухудшением видимости в туманах, осадках, метелях, с понижением облачности до высот ниже 100 м, при попадании в условия интенсивного обледенения и др. Только строгое выполнение требования руководящих документов позволит пилоту обеспечить безопасность полетов в зонах с опасными явлениями погоды.

При внезапном попадании ВС в условия ниже допустимых, установленных для полетов по правилам визуального полета, снижение ниже приборной безопасной высоты в целях перехода на визуальный полет запрещается. В этом случае КВС обязан перейти на пилотирование ВС по приборам, развернуться на 180 °, возвратиться на аэродром вылета или на запасной. При невозможности перейти на визуальный полет после разворота

на 180 °, КВС обязан приступить к набору нижнего безопасного эшелона, согласовав свои действия с диспетчером органа УВД.

Существует не мало случаев авиационных происшествий по причине плохой видимости, а именно туманов. Ниже представлены некоторые из них.

14 июня 1943 г., Австралия, город Маккай, Boeing B-17C. Самолёт взлетел во время утреннего тумана и после непродолжительного полёта на небольшой высоте упал на землю. Причины катастрофы не установлены. Погибло 40 человек.

5 сентября 1946 г., США, Невада, авиакомпания Trans-Luxury Airlines. При подлёте к аэродрому назначения самолет столкнулся с землёй. Вероятная причина - ошибка пилота при пространственной ориентировке в условиях сильного тумана. Погибло 20 человек.

7 мая 2002 г., пассажирский самолёт «Боинг-737» египетской авиакомпании «Иджипт эйр», следовавший из Каира в Тунис, потерпел катастрофу недалеко от столицы Туниса. Диспетчеры аэропорта получили сигнал бедствия, после чего связь с самолётом была потеряна. Лайнер врезался в вершину холма, расположенного в 10 км от тунисского аэропорта. Главная причина аварии - плохая видимость, вызванная дождем и туманом. На борту самолёта находились 63 человека - 56 пассажиров и 7 членов экипажа. В живых остались 33 человека, 27 из них получили ранения и ушибы различной степени тяжести.

11 февраля 2015 г. Международный аэропорт им. Леонова в Кемерово не смог принять два самолёта авиакомпаний «Аэрофлот» и «Сибирь» из Москвы по причине плохой видимости. Оба судна были направлены на запасной аэродром в Новосибирск.

2.2 Минимумы погоды

Минимумы погоды - общий термин, обозначающий предельные погодные условия, при которых разрешается выполнять полеты подготовленному командиру воздушного судна, эксплуатировать воздушное судно и использовать аэродром для взлета и посадки. Минимумы погоды определяются только двумя величинами – высотой нижней границы облачности и видимостью. Для обеспечения безопасности и регулярности полетов устанавливаются следующие минимумы погоды: минимум аэродрома, воздушного судна, командира ВС и вида авиационных работ. [16]

Минимумы аэродрома.

Зависят от географического положения аэродрома и его оборудования системами посадки. Минимум для взлета – это минимально допустимые значения видимости на ВПП (видимости) и при необходимости – высоты нижней границы облаков, при которых разрешается выполнять взлет на ВС данного типа. Видимость на ВПП – это максимальное расстояние, в пределах которого пилот ВС может видеть маркировку её покрытия или огни, ограничивающие ВПП или обозначающие её осевую линию. Минимум для посадки – минимально допустимые значения видимости на ВПП и высоты принятия решения, при которых разрешается выполнять посадку на ВС данного типа. Высота принятия решения – установленная высота, на которой должен быть начат маневр ухода на второй круг в случае, если до достижения этой высоты командиром не был установлен необходимый визуальный контакт с ориентирами для продолжения захода на посадку, а также если положение ВС в пространстве или параметры его движения не обеспечивают безопасной посадки.

Минимумы воздушного судна.

Обусловлены наличием и качеством специальной навигационной аппаратуры, имеющиеся на борту ВС. Минимум ВС для взлета – минимально

допустимые значения для видимости на ВПП, позволяющие безопасно производить взлет на воздушном судне данного типа. Минимум ВС для посадки – минимально допустимые значения видимости на ВПП и ВПР, позволяющее безопасно производить посадку на ВС данного типа.

Минимумы командира воздушного судна.

Обусловлены и определяются личной подготовкой летчика. Минимум командира ВС для взлета – минимально допустимое значения видимости на ВПП, при котором командиру разрешается выполнять взлет на ВС данного типа. Минимум командира ВС для посадки – минимально допустимые значения видимости на ВПП, при которых командиру разрешается выполнять посадку на ВС данного типа. Минимум командира ВС для полета по правилам визуального полета и особым правилам визуального полета – минимально допустимые значения видимости и высоты нижней границы облаков, при которых командиру разрешается выполнять визуальные полеты на ВС данного типа. По правилам визуального полета полет осуществляется визуально. Погодные условия для полета определены Наставлением по производству полетов гражданской авиации России. Этим же документом определено, полет в каких условиях может быть отнесен к полету по особым правилам визуальных полетов.

Минимум вида авиационных работ.

Минимально допустимые значения видимости и высоты нижней границы облаков, при которых разрешается выполнение авиационных работ с применением правил полетов (визуальных или по приборам), установленных для данного вида работ. С целью обеспечения безопасности и эффективности полетов в сложных метеоусловиях устанавливаются категорированные минимумы, или минимумы ИСАО. Эти минимумы делятся на три категории:

- Первая категория – высота нижней границы облаков 60 м, видимость на ВПП – 800 м;

- Вторая категория – высота нижней границы облаков менее 60 м, но не менее 30 м, видимость на ВПП – менее 800 м, но не менее 400 м;
- Третья категория- высота нижней границы облаков менее 30 м, а видимость на ВПП менее 400 м. Эта категория делится на три степени сложности: минимум категории Ш-А предусматривает видимость на ВПП не менее 200 м, категории Ш-В – не менее 50 м, а категории Ш-С видимость на ВПП может быть равна 0 (нулю) м.

Для аэродромов, ВС, командиров ВС и видов авиационных работ могут устанавливаться ограничения по скорости ветра.

В каждом конкретном случае (взлет, посадка) всегда учитываются три минимума погоды: минимум аэродрома, минимум ВС и минимум командира ВС и из этих трех выбирается наибольший.

Из этого всего можно сделать вывод, что для безопасного выполнения того или иного полета, в минимумах постоянно предусматриваются значения высоты нижней границы облаков и видимости.

Высота принятия решения.

Во время снижения по глиссаде, рано или поздно наступает момент, когда летчик должен определить для себя, посадочное ли положение у самолета. А именно, есть ли визуальный контакт с ВПП? В створе ли полосы идет машина? На заданной ли высоте и с заданной ли скоростью идет самолет? Если ответ на все эти вопросы — «да», то положение посадочное, и КВС принимает решение садиться. Если же не выполняется какое-либо из этих условий, то единственное решение: уход на второй круг. Для этого в авиации есть высота принятия решения.

ВПР - высота, установленная для точного захода на посадку, на которой должен быть начат манёвр ухода на второй круг в случае, если до достижения этой высоты командиром воздушного судна не был установлен необходимый визуальный контакт с ориентирами для продолжения захода на посадку или

положение воздушного судна в пространстве или параметры его движения не обеспечивают безопасности посадки.

Высота принятия решения это высота, на которой экипаж самолёта обязан прекратить выполнение захода на посадку и принять решение об уходе на второй круг, если:

- до пролета высоты принятия решения (ВПР) не установлен визуальный контакт с огнями приближения или другими наземными ориентирами, а также если после пролета ВПР такой контакт потерян;
- до установления визуального ориентира срабатывает сигнализация прохода высоты принятия решения или сигнал опасного сближения с землей;
- не соблюдаются ограничения эксплуатационных минимумов для данного аэродрома;
- к моменту пролета ВПР ветер у земли (с учетом порывов) не соответствует установленным ограничениям;
- отклонение от заданной траектории, скорости и вертикальной скорости превышают установленные ограничения;
- до пролета ВПР или достижения минимальной высоты снижения не получено разрешение на посадку;
- появилось препятствие или стая птиц на траектории захода или на ВПП;
- по другим причинам не может быть обеспечено безопасное выполнение посадки.

Обычно за 30 м до высоты принятия решения командиру экипажа следует запрос: «Оценка?», и тогда капитан обязан оторвать взгляд от приборов, установить визуальный контакт с землей и оценить положение. Через 6 - 7 секунд после команды «Оценка» следует запрос: «Решение?», после чего КВС должен окончательно принять решение, посадить ли самолет, или уходить на второй круг.

3 Климатические и физико-географические особенности аэродрома Нягань

3.1 Физико-географическое описание района аэродрома

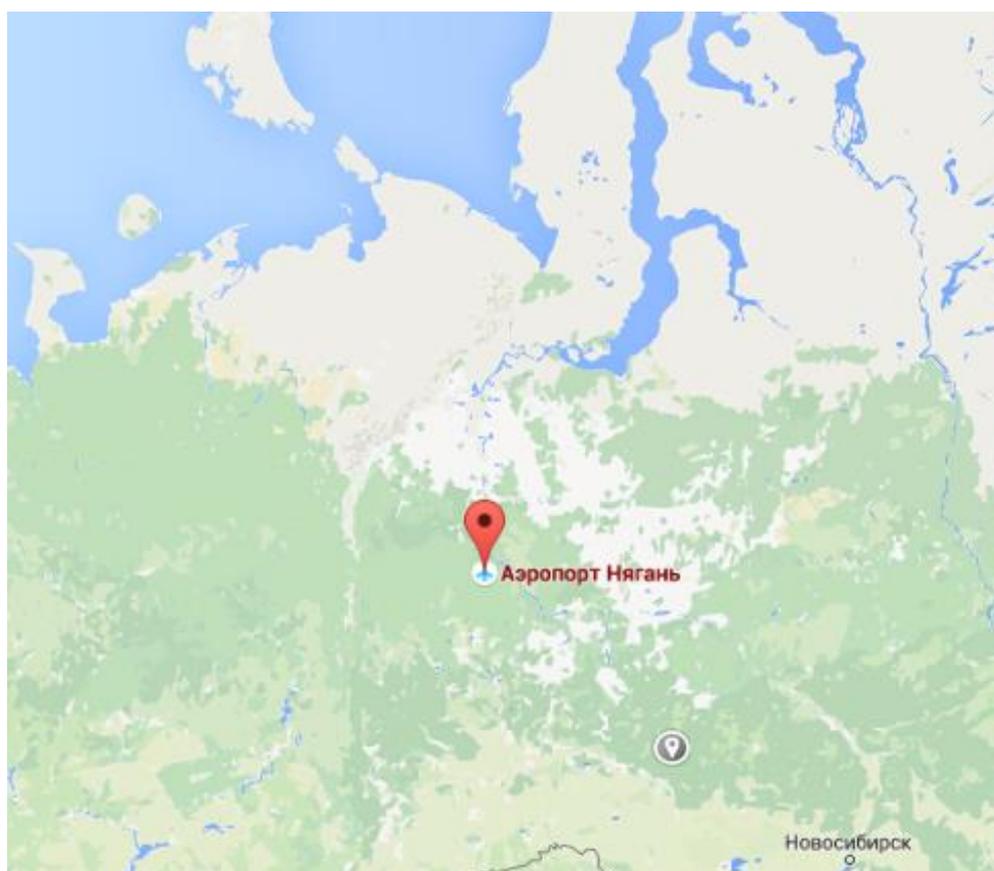


Рисунок 3.1 – Расположение аэродрома Нягань на географической карте

Аэродром Нягань находится на территории Российской Федерации, Тюменской области, Ханты-Мансийского автономного округа - Югра (Рисунок 3.1). Располагается в болотистой местности с большим количеством ручьёв и рек, на северо-востоке от аэродрома на расстоянии 40 км занимает пойма реки Обь, представляющая собой по левому берегу заливные луга и протоки, которые в весеннее время скрываются под воду, по правому берегу сопки, покрытые хвойными лесами, чередующимися с болотами. Крупные озера от района аэродрома располагаются: на юго-востоке на расстоянии 80

км Емьегоские, на севере на расстоянии 60 км Мольтув, на востоке на расстоянии 30 км Ун-Жальлор. Крупные болота большой протяжённости встречаются повсеместно.

По всему району аэродрома имеется большое количество нефтяных вышек, буровых, насосных станций, просек, ЛЭП и грунтовых дорог.

Географические координаты контрольной точки аэродрома (КТА) аэродрома: широта $62^{\circ}06',38''$ северная, долгота $065^{\circ}36'50''$ восточная. Абсолютная высота КТА аэродрома +110 м над уровнем моря. Разница между поясным (местным) временем и ВСВ: зимой +5 часов, +6 часов летом.

3.2 Общие сведения о климате района аэродрома

Климат района аэродрома формируется под влиянием западной циркуляции воздушных масс, в зимнее время под влиянием устойчивого сибирского антициклона. Защищённость территории с запада горными хребтами Урала, открытость её с севера и юга приводит к беспрепятственному проникновению в этот район арктического холодного воздуха с севера и прогретого умеренного и тропического с юга. Меридиональная циркуляция воздушных масс вызывает в районе аэродрома резкие изменения погоды, колебания температуры от суток к суткам и в течение одних суток. Подстилающая поверхность представляет собой равнинную местность, разделённую долинами рек и заболоченными понижениями, с большим количеством озёр, ручьёв, лесных массивов, что влияет на погодные характеристики и на ветровой режим.

В зимнее время преобладает антициклональный тип погоды, обусловленный влиянием отрога Сибирского максимума. Циклоны в основном проходят вдоль побережья Северного Ледовитого океана с вытянутыми на юг ложбинами. Резкие изменения в погоде связаны с

перемещение циклонов, развивающихся на арктическом фронте. Прохождение циклонов сопровождается резкими колебаниями атмосферного давления, снегопадами, метелями. Нередки в зимнее время прорывы южных циклонов, вызывающих оттепели. Вторжение холодных арктических масс воздуха с Карского моря обуславливает низкие температуры воздуха.

Весной все синоптические процессы отличаются большей интенсивностью и скоростью смещения, что обуславливает резкую смену погоды. В это время наблюдается наибольшее в году количество быстро смещающихся циклонов и антициклонов. Почти ежегодно в марте - апреле случаются прорывы южных циклонов, вызывающих резкое потепление воздуха и таяние снега, на смену которым обычно вторгается холодный арктический воздух.

Летом циркуляционные процессы ослаблены, преобладают ложбины и циклоны, но в меньшей степени, чем зимой и переходные периоды. В конце июня и в первую половину июля за счёт влияния Азорского максимума нередко устанавливается ясная тёплая погода.

Осенью наблюдается активизация Исландского минимума, циклоническая деятельность вызывает затяжное ухудшение погоды, часты низкая облачность, метели, туманы, гололёды. К концу осени восстанавливается Сибирский максимум.

3.3 Повторяемость туманов при различных метеорологических характеристиках

Основными факторами, определяющими степень сложности метеорологических условий, являются низкие облака и ограниченная видимость. Сложные метеорологические условия чаще всего отмечаются при полётах на малых высотах, когда пространственное положение воздушного

судна и его местонахождение определяется экипажем визуально по естественному горизонту и земным ориентирам. При полете в облаках или зоне плохой видимости чаще, чем при полете вне облаков, возникает или сильная турбулентность, или обледенение воздушных судов, или другие опасные явления погоды.

Зная повторяемость минимальных условий погоды для выполнения взлёта и посадки воздушных судов на аэродроме в различное время года и суток, можно планировать время наиболее интенсивных полётов.

По данным, предоставленным АМСГ Нягань, за период 2009 -2016 гг. были составлены и проанализированы таблицы повторяемости случаев туманов (таблицы 3.1- 3.5).

Таблица 3.1 – Повторяемость, %, туманов

Время (ВСВ), ч	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
20									0,4				0,1
21									0,4				0,1
22							0,4		0,4				0,1
23							0,4		0,4				0,1
00								0,4	2,0				0,2
01	-	-	-	1,6		1,2	1,6	4,5	7,7	4,1	0,4	-	2,6
02		0,8	0,8	2,0		0,4		2,4	7,3	5,3	1,2	0,4	1,8
03		0,8	0,4	1,6	0,4	0,4		1,2	6,9	4,9	1,2	0,4	1,6
04		0,8		1,6				1,2	4,1	3,7	1,2		1,1
05		0,4							2,8	2,4	0,8		0,6
06		0,4			0,4	0,4		0,4	0,4	0,8	0,4		0,3
07				0,4	0,4				0,4	0,4		0,4	0,2
08					0,4					0,4			0,1
09										0,4	0,4		0,1
10				0,4		0,4			0,4	0,8	0,4		0,2
11										1,2	0,8	0,4	0,2
12				0,4						0,8	0,4	0,4	0,5
13			0,4	0,4	0,4					0,4			0,2
14					0,4					0,4			0,1
15				-	-	-	-	-	-	-			
Среднее значение	0,0	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,5	1,7	1,4	0,4	0,1	0,5

По данным таблицы 3.1 построены график годового хода повторяемости (рисунок 3.2) и график суточного хода повторяемости туманов за год (рисунок 3.3).

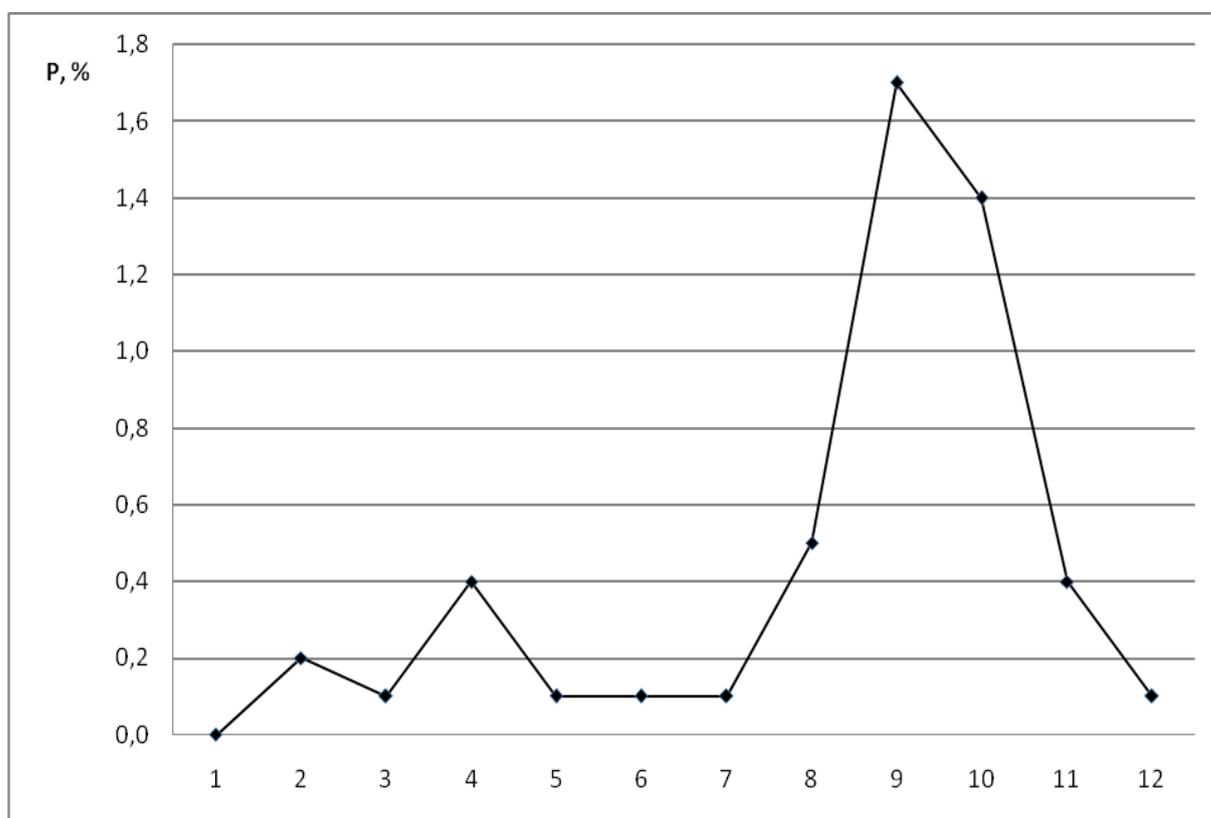


Рисунок 3.2– Годовой ход повторяемости, %, туманов

Из графика на рисунке 3.2 видно, что туманы отмечаются в течение всего года, за исключением января. Чаще всего они бывают в сентябре (1,7 %), октябре (1,4 %). Небольшое количество туманов отмечается в марте, мае, июне, июле и декабре – по 0,1 %.

В суточном ходе (по данным за год) наибольшая повторяемость туманов (рисунок 3.3) приходится на утреннее время, т.е. на часы, близкие к восходу солнца – в 01 ВСВ повторяемость составляет 2,6 %, в 2 часа -1,8%, затем в течение дня она уменьшается и к 8 часам составляет 0,1 %.

Если рассматривать каждый месяц в отдельности, то в суточном ходе проявляются свои особенности (таблица 3.1). В августе максимум туманов отмечается в 01 ВСВ (4,5 %), в сентябре – с 1 до 3 (от 7,7 до 6,9 %), в октябре максимум отмечается в 2 часа и составляет 5,3 %. В основном в это время

бывают радиационные туманы, которые развиваются ночью, достигают наибольшей интенсивности к утру (во время минимума температуры и максимума относительной влажности) и рассеиваются после восхода солнца.

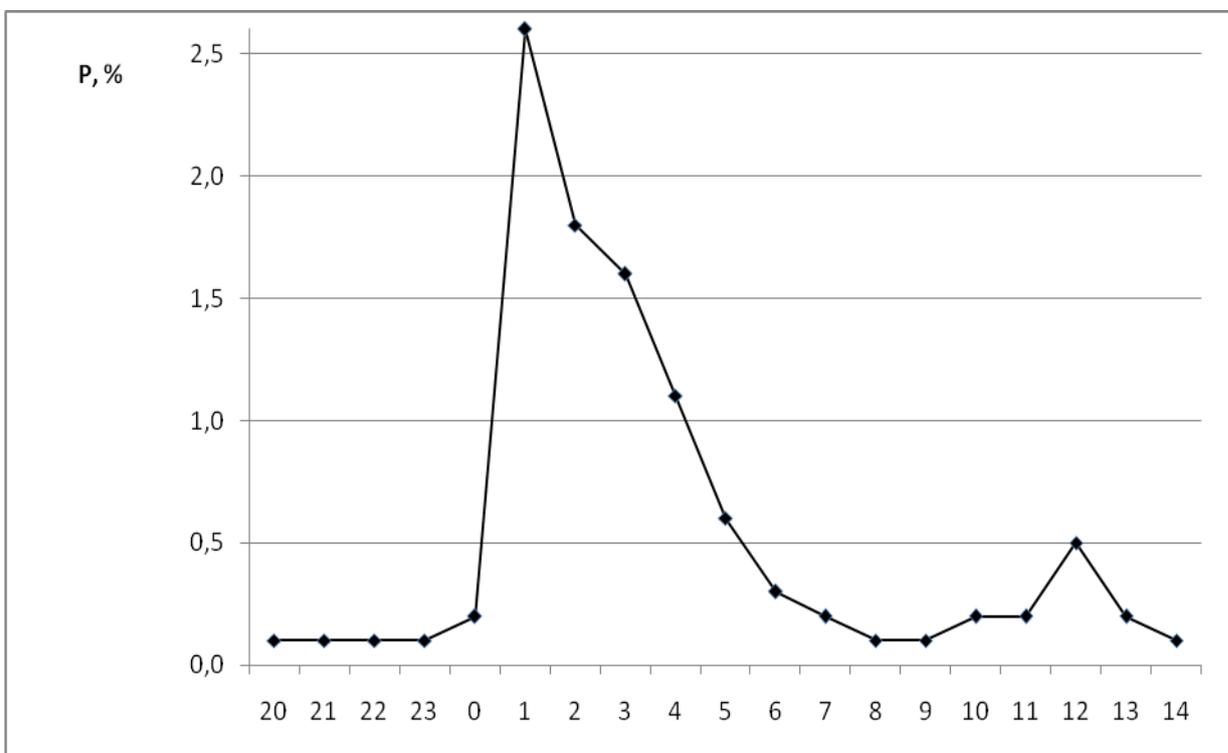


Рисунок 3.3 – Суточный ход повторяемости, %, туманов за год

Особо важное значение в авиации занимает продолжительность туманов.

В таблице 3.2 представлена повторяемость (%) непрерывной продолжительности туманов, а также средняя и максимальная продолжительность туманов на аэродроме Нягань.

Как видно из таблицы, чаще всего, в целом за год, наблюдаются туманы продолжительностью 1 час и менее (49,6 %) от общего числа периодов с туманом. В марте, июле и декабре эти случаи составляют 100%. Повторяемость туманов продолжительностью 1 - 3 часа составляет 35% от общего числа. Средняя продолжительность туманов за год составляет 1,8 часа.

Таблица 3.2 – Повторяемость, %, непрерывной продолжительности туманов

Ме- сяц	Продолжительность, час							Средн. число периодов	Средн. про- долж, час	Макс. прод-ть, час
	≤1	1-3	3-6	6-12	12- 18	18- 24	>2 4			
1										
2	75		25					0,8	1,5	4,0
3	100							0,8	0,5	1,0
4	50	20	30					2,0	1,9	3,5
5	50	50						0,8	1,25	2,0
6	80	20						1,0	0,8	2,5
7	100							1,0	0,5	1,0
8	58	42						3,8	1,1	2,0
9	29,5	52	18	3				6,8	2,3	6,5
10	36	40	20		4			5,0	2,5	13,5
11	37,5	62,5						1,6	1,4	2,5
12	100							1,0	0,5	1,0
Год	49,6	36,6	12,2	0,8	0,8			24,6	1,7	13,5

Летом быстрый прогрев подстилающей поверхности обеспечивает рассеивание радиационного тумана через 1 - 2 часа после восхода солнца. В это время преобладают туманы продолжительностью менее 1 часа - 80% туманов в июне, 100% в июле и 58% в августе. Средняя продолжительность туманов в летние месяцы составляет от 0,5 до 1,1 часа. Максимальная продолжительность наблюдалась в июне - 2,5 часа. Также в это время в районе аэродрома Нягань в утренние часы часто отмечаются поземные туманы, которые не ухудшают видимость и рассеиваются с восходом солнца.

Осенью туманы могут сохраняться и в течение 3-5 часов после восхода солнца. Повторяемость туманов продолжительностью более 3 часов составляет 18% в сентябре и 20 % в октябре. Средняя продолжительность туманов составляет в сентябре 2,3 часа, в октябре 2,5 часа, в ноябре 1,9 часа. Максимальный по продолжительности туман (13,5 часа) наблюдался 12 октября 2012 года.

В зимний период чаще наблюдались туманы продолжительностью менее 1 часа, кроме того в феврале наблюдались туманы продолжительностью 3 - 6 часов. В январе туманов не наблюдалось. Средняя продолжительность туманов в этот период колеблется от 0,5 до 1,5 часа. Максимальный по продолжительности туман (4 часа) наблюдался 6 февраля 2009 года.

Весной чаще наблюдались туманы продолжительностью менее 1 часа. В апреле также наблюдались туманы продолжительностью 3 - 6 часов. Средняя продолжительность в эти месяцы изменяется от 0,5 до 1,9 часа в апреле. Максимальная продолжительность 3,5 часа наблюдалась в апреле.

В таблице 3.3 приведены данные о повторяемости видимости в туманах на аэродроме Нягань.

Таблица 3.3 – Повторяемость, %, горизонтальной видимости при туманах.

Месяц	Видимость, м				Число случаев
	<200	<400	<800	<1000	
Январь					
Февраль		50,0	100,0		4
Март		50,0	50,0	100	4
Апрель	10,0	40,0	100,0		10
Май			100,0		4
Июнь		40,0	80,0	100	5
Июль		20,0	80,0	100	5
Август		42,1	84,2	100	19
Сентябрь	8,9	53,0	91,0	100	34
Октябрь	8,0	44,0	88,0	100	25
Ноябрь		62,5	100,0		8
Декабрь			40,0	100	5
Год	4,9	43,1	87,0	100	123

В данной таблице можно отметить, что наиболее интенсивные туманы (с видимостью менее 200 м) наблюдались в апреле, сентябре и октябре. Повторяемость этой градации составляет 10,0; 8,9 и 8,0 % от общего числа

случаев с туманом в эти месяцы. Видимость <400 м в туманах отмечается во все месяцы, за исключением января, мая и декабря. Чаще данная градация видимости преобладает в сентябре (53 %) и ноябре (62,5 %). В мае все туманы наблюдались с видимостью <800 м.

В таблицах 3.4 и 3.5 представлена повторяемость туманов при определенных значениях температуры воздуха и при определенных скоростях и направлениях ветра.

Таблица 3.4 – Повторяемость, %, туманов при определенных значениях температуры воздуха и дефицита точки росы.

Температура воздуха, °С	Дефицит точки росы, °С				Итого
	0 - 1	2 - 3	4 - 5	>5	
от - 45 до - 40	0,8				0,8
от - 30 до - 25		0,8			0,8
от - 25 до - 20		6,5			6,5
от - 20 до - 15	0,8	2,5			3,3
от - 15 до - 10	0,8	0,8			1,6
от - 10 до - 5	7,3				7,3
от - 5 до 0	11,4				11,4
от 0 до 5	30,1				30,1
от 5 до 10	17,1				17,1
от 10 до 15	18,7				18,7
от 15 до 20	2,4				2,4
Год	89,4	10,6			100

До 90% всех туманов на аэродроме Нягань наблюдались при дефиците точки росы 0 - 1 °С. При температуре воздуха от - 10 °С и ниже туманы наблюдались и при дефиците точки росы 2 - 3 °С.

По температурному режиму чаще всего на аэродроме Нягань туманы образуются при температуре от 0 до 5 °С (30,1 %). Не отмечено туманов при температуре выше 20 °С, а также в градациях от - 30 до - 40 °С.

Таблица 3.5 – Повторяемость, %, туманов при определенных скоростях и направлениях ветра.

Направление ветра, °	Скорость ветра, м/с			
	0-5	6-10	11-15	>15
штиль	32,5			
переменный	37,4			
С	2,4			
СВ	0,8	0,8		
В	0,8	0,8		
ЮВ	0,8	0,8		
Ю	5,7	0,8	0,8	
ЮЗ	0,8			
З	3,3			
СЗ	9,8	1,7		
Итого, %	94,3	4,9	0,8	
Число случаев	107	6	1	

Наибольшее число дней с туманами отмечалось при скорости ветра 0 - 5 м/с, повторяемость составляет 94,3 %. По направлению ветра туманы отмечаются с наибольшей повторяемостью 37,4 % при переменном ветре, существенна повторяемость при ветре северо-западного направления (9,8 %). Штили были отмечены при 32,5 % туманов. Наименьшая повторяемость 0,8 % отмечается при северо-восточном, восточном, юго-восточном и юго-западном направлениях. В редких случаях туманы отмечались при скорости ветра 6 - 10 м/с при ветрах с восточной составляющей (по 0,8%), южном (0,8%) и северо-западном ветре (1,7%). При южном ветре также наблюдалась скорость ветра 11 м/с 7 ноября 2013 года.

4 Анализ условий рассеяния туманов на аэродроме Нягань и методы расчета времени рассеяния тумана

4.1 Типизация случаев туманов на аэродроме Нягань

В ходе работы за период с 2009 по 2016 гг. были проанализированы приземные карты погоды, карты барической топографии, а также данные журнала АВ-6 в дни с туманами (114 дня) на аэродроме Нягань. По приземным и высотным (АТ-925, АТ-700,) картам были описаны основные барические образования, расположение фронтов, зон роста и падения давления. По картам АТ-850, ОТ-500/1000 были определены зоны тепла и холода, влажной и сухой воздушной массы.

В результате анализа синоптических карт дней с туманами на аэродроме Нягань были выделены типы туманов в зависимости от синоптических условий их образования: радиационные, адвективные, адвективно-радиационные (внутримассовые) и фронтальные. Повторяемость туманов по типам представлена на рисунке 4.1.

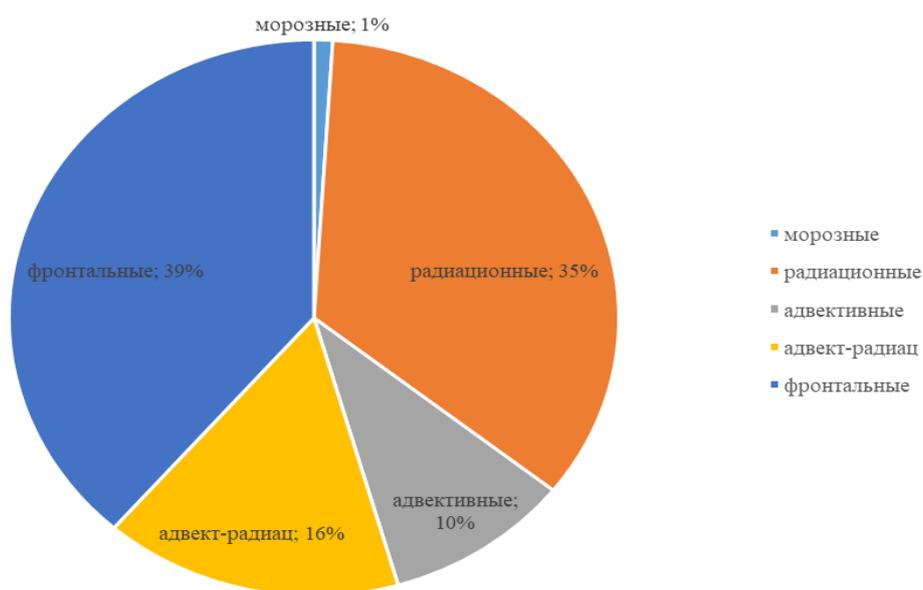


Рисунок 4.1 – Повторяемость типов туманов на АМСГ Нягань за период 2009-2016 гг.

В осенне-зимний период (с сентября по февраль) на аэродроме Нягань возникают все вышеперечисленные типы туманов (рисунок 4.2).

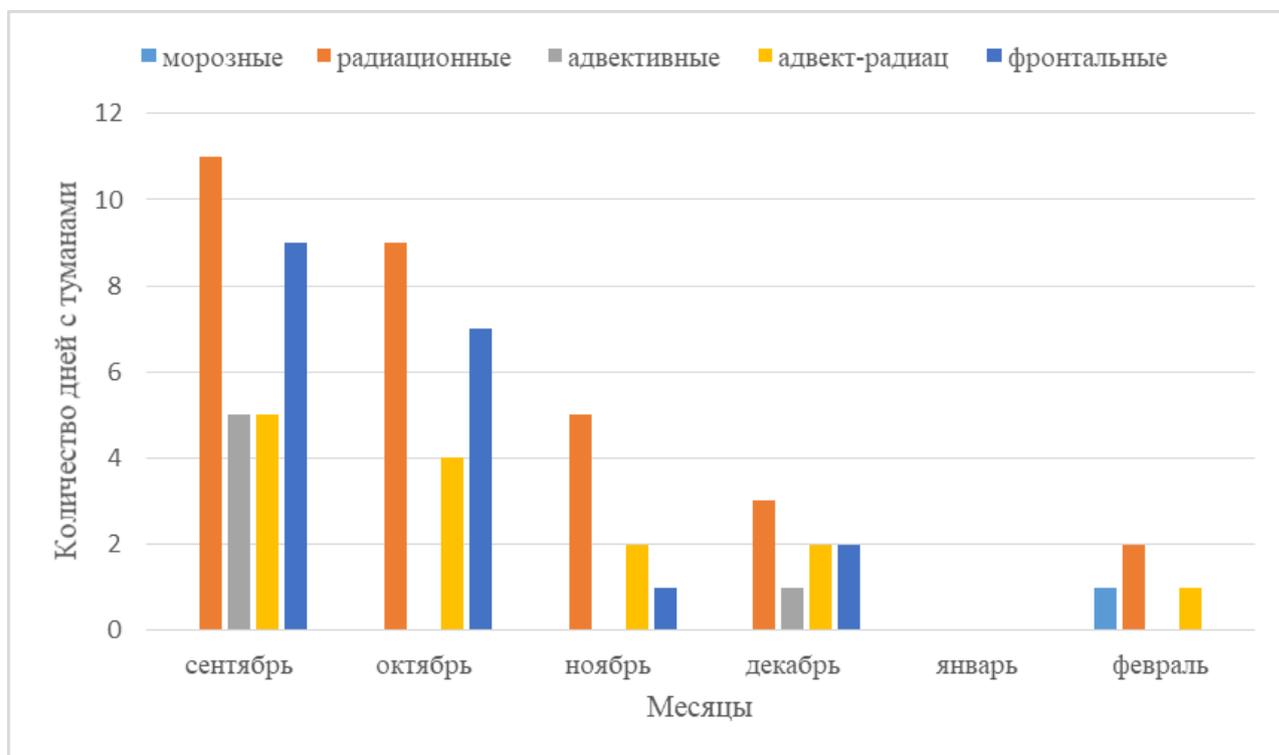


Рисунок 4.2 – Повторяемость туманов различных типов в осенне - зимний период

В исследуемый период наибольшее количество дней всех типов туманов было отмечено в сентябре.

Данные типы туманов за период с 2009 по 2016 года не наблюдались в январе. Адвективные туманы были отмечены только в сентябре и декабре, фронтальные же туманы наблюдались только с сентября по декабрь.

Один случай морозного тумана был отмечен 06 февраля 2015 года. Морозный туман образовался в гребне, с центром антициклона южнее Архангельска, температура при этом понижалась до отметки минус 44,4°С.

Образованию гребня накануне способствовало прохождение холодного фронта и затока холодной воздушной массы с севера. С 4 по 5 февраля температура наружного воздуха на аэродроме наблюдалась ниже 30°С.

Исследуя весенне-летний период (рисунок 4.3) можно выделить следующее: радиационные туманы не наблюдались в апреле; адвективные туманы не наблюдались в марте, мае и июле; адвективно-радиационные туманы не наблюдались с апреля по июль. Фронтальные же туманы были отмечены в течение всего весенне-летнего периода.

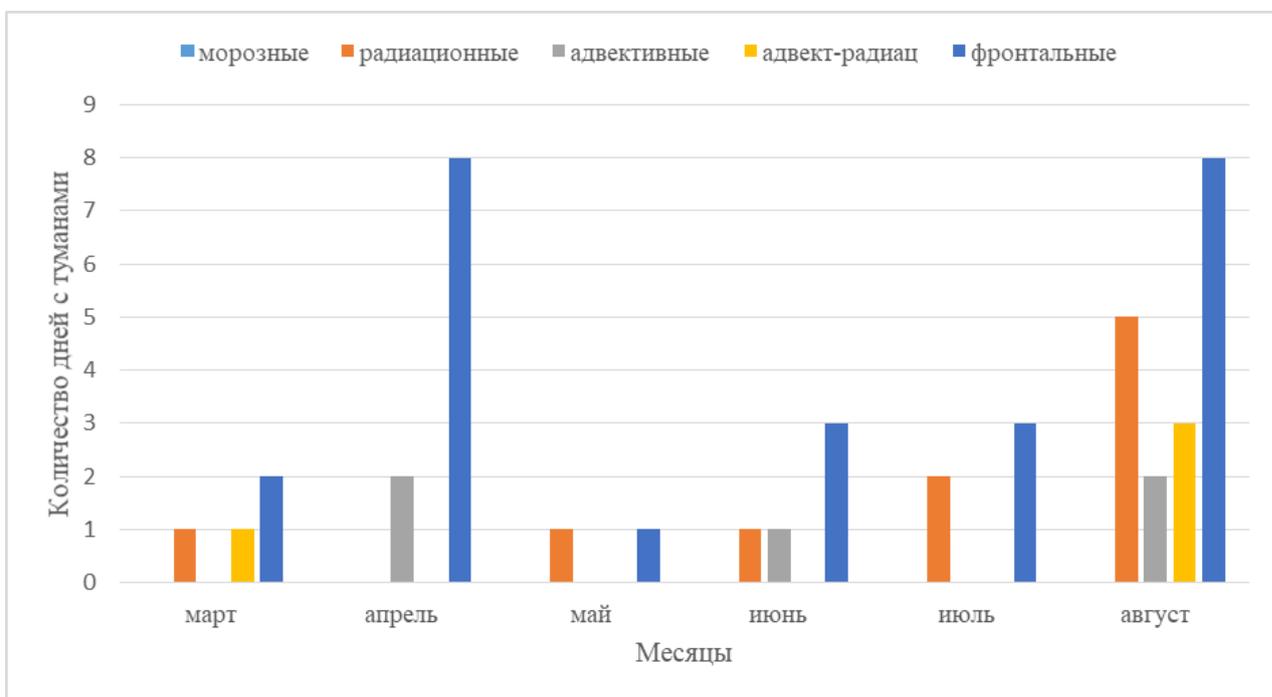


Рисунок 4.3 – Повторяемость туманов различных типов в весенне-летний период

Наибольшее количество дней образования всех типов туманов в весенне-летний период приходится на август (18 дней с туманами).

Обобщая графики можно сказать, что в осенне-зимний период чаще встречаются радиационные туманы (30 дней), а в весенне-летний период чаще встречаются фронтальные туманы (25 дней).

4.2 Классификация синоптических ситуаций при возникновении различных типов тумана

Радиационный туман на аэродроме Нягань в большинстве случаев возникает в осеннее - зимний период, по приземной карте погоды - в барических гребнях и седловинах и в термической ложбине и влажной воздушной массе на карте абсолютной топографии АТ-850 гПа (таблица 4.1).

Отмечены случаи образования радиационного тумана в осенне-зимний период и при обширной многоцентральной депрессии с одним из центров циклона в районе Тюмени. На карте АТ-850 гПа наблюдается термическая ложбина, воздушная масса влажная.

Таблица 4.1 - Повторяемость (%) синоптической ситуации при возникновении радиационного тумана на аэродроме Нягань

Приземная карта погоды	АТ-850	Повторяемость, (%)
Осенне-зимний период		
гребень	термическая ложбина, влажно	60
седловина	термическая ложбина, влажно	19
обширная многоцентровая депрессия	термическая ложбина, влажно	18
Весенне-летний период		
гребень	термическая ложбина, влажно	50
седловина	термическая ложбина, влажно	13
малоградиентное поле повышенного давления	термическая ложбина, влажно	37

В весенне-летний период благоприятные условия для образования радиационного тумана на аэродроме Нягань создаются в гребне (на приземной карте погоды), седловине и малоградиентном поле повышенного давления. На карте АТ-850 гПА наблюдается термическая ложбина и дефицит точки росы менее 3 °С.

Адвективные туманы на аэродроме Нягань в осенне-зимний и весенне-летний период наблюдаются в теплом секторе при дефиците температуры точки росы у земли 0,0-0,3 °С и скорости ветра 0-4 м/с. На карте АТ-850 гПА наблюдается гребень тепла, чаще всего воздушная масса влажная (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Повторяемость (%) синоптической ситуации при возникновении адвективных туманов на аэродроме Нягань

Приземная карта погоды	АТ-850 гПА	Повторяемость, (%)
Осенне-зимний и весенне-летний период		
теплый сектор	термический гребень, влажно	70
теплый сектор	термический гребень	30

Адвективно-радиационные туманы на аэродроме Нягань в осенне-зимний период наблюдаются в большинстве случаев (50%) в седловине и при влажном термическом гребне на карте АТ-850 гПА (таблица 4.3), в 22% приходится на гребень у земли и передней части термического гребня на высоте около 1,5 км.

На аэродроме Нягань адвективно-радиационные туманы образуются в 14% случаев в ложбине, связанной с циклоном в районе Обской губы и в теплом секторе обширной области пониженного давления с центром в районе Кольского полуострова.

Таблица 4.3 - Повторяемость (%) синоптической ситуации при возникновении адвективно-радиационных туманов на аэродроме Нягань

Приземная карты погоды	АТ-850 гПА	Повторяемость, (%)
Осенне-зимний период		
седловина	термический гребень, влажно	50
гребень	передняя часть термического гребня	22
ложбина	слабо выраженный термический гребень, влажно	14
теплый сектор, падение давление	термический гребень	14
Весенне-летний период		
Малоградиентное поле повышенного давления, слабый рост давления	термический гребень, влажно	75
	термическая ложбина, влажно	25

Адвективно-радиационные туманы на аэродроме Нягань в весенне-летний период наблюдаются в малоградиентном поле повышенного давления при слабом росте давления. На карте АТ-850 гПА наблюдается термический гребень в большинстве случаев (75%) и ложбина холода (25%), воздушная масса влажная.

Фронтальные туманы на аэродроме Нягань в осенне-зимний период чаще всего образуются за малоподвижными холодными фронтами (53%) при адвекции холодного влажного воздуха (32%). Перед медленно смещающимися теплыми фронтами туманы возникают в 18% случаев.

В 29 % случаев благоприятным условиям возникновения фронтального тумана на аэродроме Нягань способствует прохождение медленно смещающегося фронта окклюзии по типу теплого.

Таблица 4.4 - Повторяемость (%) синоптической ситуации по картам при возникновении фронтальных туманов на аэродроме Нягань

Приземная карты погоды	АТ-850 гПА	Повторяемость, (%)
Осенне-зимний период		
теплый фронт	адвекция теплого влажного воздуха	18
холодный фронт	адвекция холодного влажного воздуха	32
	тыловая часть термического гребня, влажно	21
фронт окклюзии по типу теплого	адвекция теплого влажного воздуха	29
Весенне-летний период		
теплый фронт	адвекция теплого влажного воздуха	38
холодный фронт	тыловая часть термического гребня, влажно	62

В весенне-летний период фронтальные туманы в 62% случаев возникают в зоне медленно смещающегося холодного фронта в тыловой части термического гребня и влажной воздушной массе на высоте. На зону медленно смещающегося (около 20 км/ч) теплого фронта приходится около 38% случаев, при этом на высоте наблюдается адвекция теплого влажного воздуха.

4.3 Анализ условий рассеяния туманов на аэродроме

Для исследуемого аэродрома был проведен анализ условий рассеяния тумана по предоставленным данным за период 2009 – 2016 гг.

Посмотрев на схему повторяемости типов туманов на АМСГ Нягань за период 2009-2016 гг. видно, что наиболее встречающиеся туманы в данном районе – это фронтальные (39%) и радиационные (35%). Анализировать условия рассеяния туманов мы будем по двум наиболее встречающимся градациям.

В зависимости от типа образовавшегося тумана, время рассеивания можно определить по различным критериям.

Фронтальные туманы чаще всего образуются перед теплым фронтом или теплым фронтом окклюзии, а также за малоподвижным холодным фронтом. Фронтальные туманы как правило существуют более 24 часов. Поэтому, что прогноз появления, что прогноз исчезновения (рассеяния) возникшего фронтального тумана сводится к прогнозу перемещения фронта, с которым этот туман связан. Следовательно, при прохождении фронта рассеивается и туман. Прогноз рассеивания фронтального тумана строится на основе синоптического прогноза перемещения фронтальной зоны. При этом учитывается эволюция тумана при изменении интенсивности и фазового состояния осадков и стратификации приземного слоя воздуха.

На рисунке 4.4 показан пример кольцевой карты погоды за 09.00 ВСВ. На карте мы видим фактическое положение фронта, фронт за срок 00.00 ВСВ и прогноз смещения фронтальной зоны к 15.00 ВСВ со скоростью 20 км/ч.

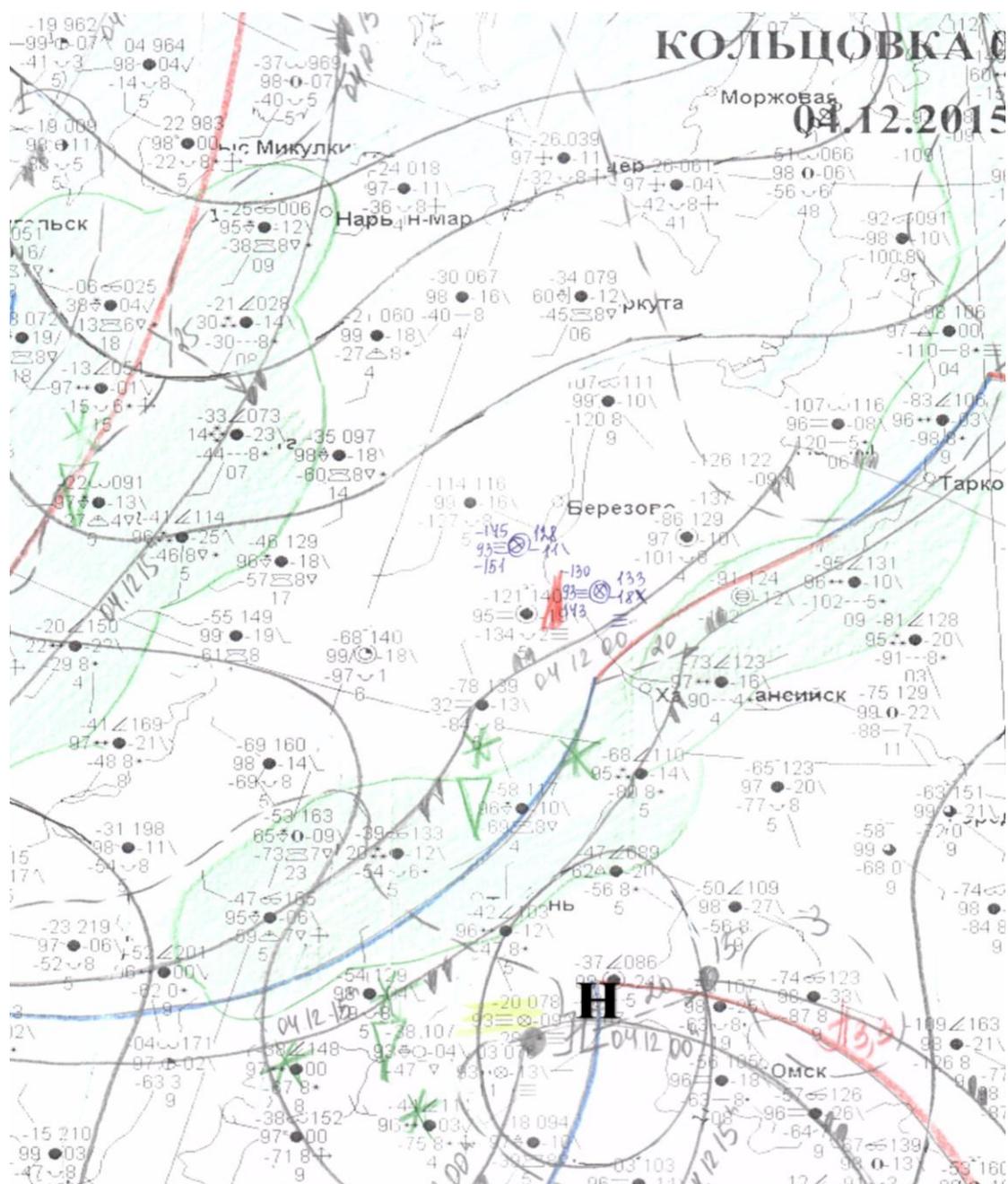


Рисунок 4.4 – Кольцевая карта погоды 4 декабря 2015 г.

Радиационные туманы почти всегда рассеиваются после восхода Солнца не позже, чем через 1 – 2 часа, а в холодный период времени это время может достигать 3 – 5 часов. Как правило, рассеяние тумана происходит в том случае, когда температура воздуха достигает значения точки росы в момент захода Солнца.

Зная, что наиболее благоприятными синоптическими условиями для радиационных туманов являются: центральные части антициклонов; оси

гребней и отрогов высокого давления; барические седловины; размытые барические поля, были построены графики межгодовой изменчивости времени рассеяния тумана в данных синоптических ситуациях (Рисунок 4.5).

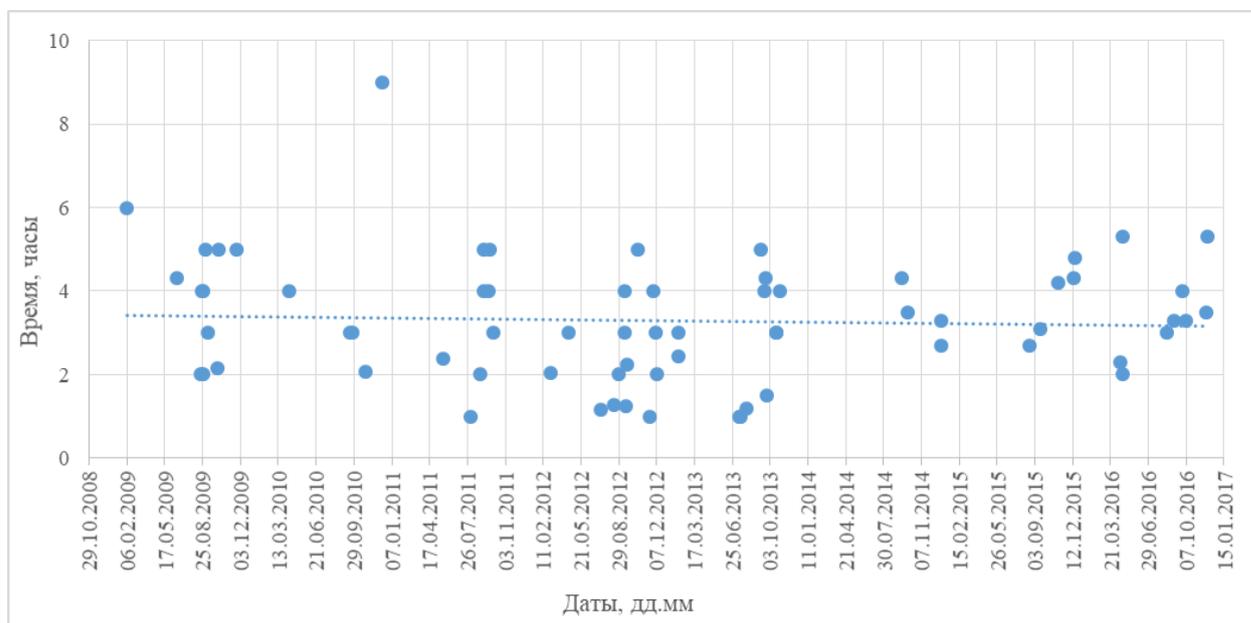


Рисунок 4.5 - График межгодовой изменчивости времени рассеяния радиационного тумана

По графику видно, что в среднем рассеяние радиационного тумана происходит в период с 02 до 05 утра.

Для более подробного анализа времени рассеивания радиационного тумана нами была составлена таблица сравнения фактического времени рассеивания тумана с теоретическим временем рассеивания тумана (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Сравнительные данные времени рассеяния тумана

Дата	Фактическое время рассеяния тумана	Время восхода Солнца	Разница
06.02.2009	6:00	3:51	2:09
20.08.2009	0:00	23:51	0:09
22.08.2009	4:00	23:57	4:03
26.08.2009	4:00	0:09	3:51
27.08.2009	2:00	0:12	1:48
03.09.2009	5:00	0:30	4:30
09.09.2009	3:00	0:46	2:24

Дата	Фактическое время рассеяния тумана	Время восхода Солнца	Разница
03.10.2009	2:16	1:49	1:33
07.10.2009	5:00	2:00	3:00
21.11.2009	5:00	4:05	0:55
11.04.2010	4:00	0:30	3:30
19.09.2010	3:00	23:48	3:12
25.09.2010	3:00	0:06	2:54
29.10.2010	3:07	3:00	0:07
13.12.2010	9:00	4:53	4:07
22.05.2011	2:38	22:26	4:12
03.08.2011	1:00	23:05	1:55
30.08.2011	2:00	0:19	0:41
06.09.2011	4:00	0:39	3:27
08.09.2011	5:00	0:43	4:17
20.09.2011	4:00	1:15	2:45
24.09.2011	5:00	1:25	3:35
02.10.2011	3:00	1:47	1:13
03.03.2012	2:03	2:36	0:33
17.04.2012	3:00	0:09	2:51
13.07.2012	1:15	22:17	2:58
17.08.2012	1:28	23:44	1:44
29.08.2012	2:00	0:16	1:44
14.09.2012	3:00	0:58	2:02
15.09.2012	4:00	1:01	2:59
18.09.2012	1:25	1:09	0:26
20.09.2012	2:25	1:15	1:10
17.10.2012	5:00	2:27	2:33
18.11.2012	4:00	3:56	0:04
27.11.2012	4:10	4:19	0:00
03.12.2012	4:50	4:35	0:15
09.12.2012	5:00	4:47	0:13
01.02.2013	4:00	4:06	0:00
02.02.2013	4:45	4:03	0:42
13.07.2013	1:00	22:12	2:48
17.07.2013	1:00	22:20	2:40
31.07.2013	1:20	22:57	2:23
08.09.2013	5:00	0:43	4:17
19.09.2013	4:00	1:12	2:48
22.09.2013	4:30	1:20	2:50
24.09.2013	2:00	1:25	0:45
18.10.2013	3:00	2:29	0:31
19.10.2013	3:00	2:32	0:28
28.10.2013	4:00	2:57	1:03
14.04.2016	2:30	0:20	2:10
21.04.2016	5:30	23:57	5:33
22.04.2016	2:00	23:54	2:06
17.08.2016	3:00	23:44	3:26
03.09.2016	3:30	0:30	3:00

Дата	Фактическое время рассеяния тумана	Время восхода Солнца	Разница
28.09.2016	4:00	1:35	2:25
06.10.2016	3:30	1:58	1:32
01.12.2016	5:30	4:30	1:00

Проанализировав таблицу, видно, что радиационные туманы рассеиваются в течении 1 – 2 часов после восхода Солнца в весенне-летний период и не позже 3 – 5 часов после восхода Солнца в осенне-зимний период.

4.4 Результаты методов расчета времени рассеивания туманов

Для определения времени рассеивания радиационного тумана были использованы два графических метода (Рисунок 1.6 – Графический метод прогноза времени рассеяния тумана и Рисунок 1.8 – Графический прогноз времени рассеяния радиационного тумана по характеру суточного хода температуры воздуха и точки росы) и расчетный метод Р. М. Меджитова.

Оба графических метода не дали нам сто процентных положительных результатов. Построенные графики не соответствуют графикам примера определения времени рассеяния тумана или определяют не правильное (или не достаточно точное) время рассеяния тумана. К примеру возьмем один из наиболее получившихся случаев прогноза времени рассеяния радиационного тумана (Рисунок 4.6).

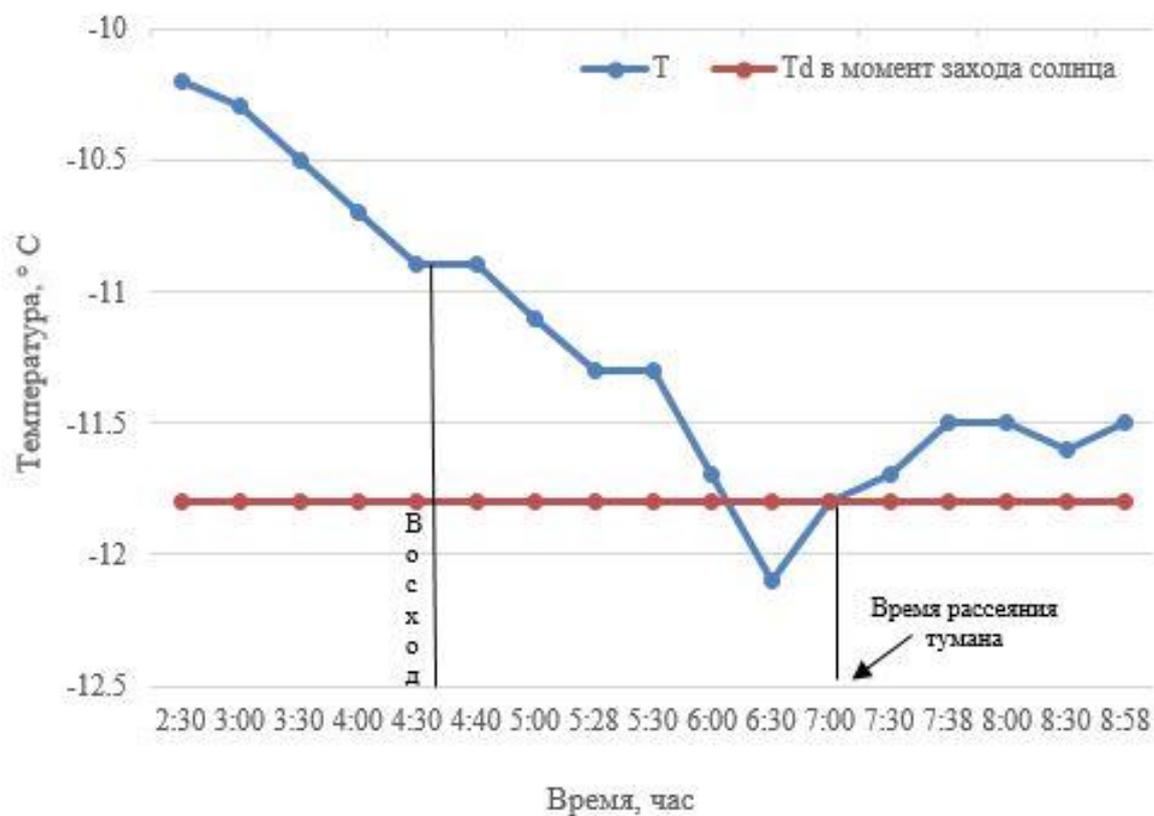


Рисунок 4.6 – График распределения температуры воздуха для определения времени рассейния радиационного тумана

График на рисунке 4.6 построен по данным за 01 декабря 2016 г. По приземной карте погоды видно, что аэродром Нягань находится под влиянием гребня антициклона (Рисунок 4.7)

Радиационный туман в данный день наблюдался с 2:30 по 5:28 часов, а прогноз времени рассейния радиационного тумана показывает, что туман должен рассейться после 7:00.

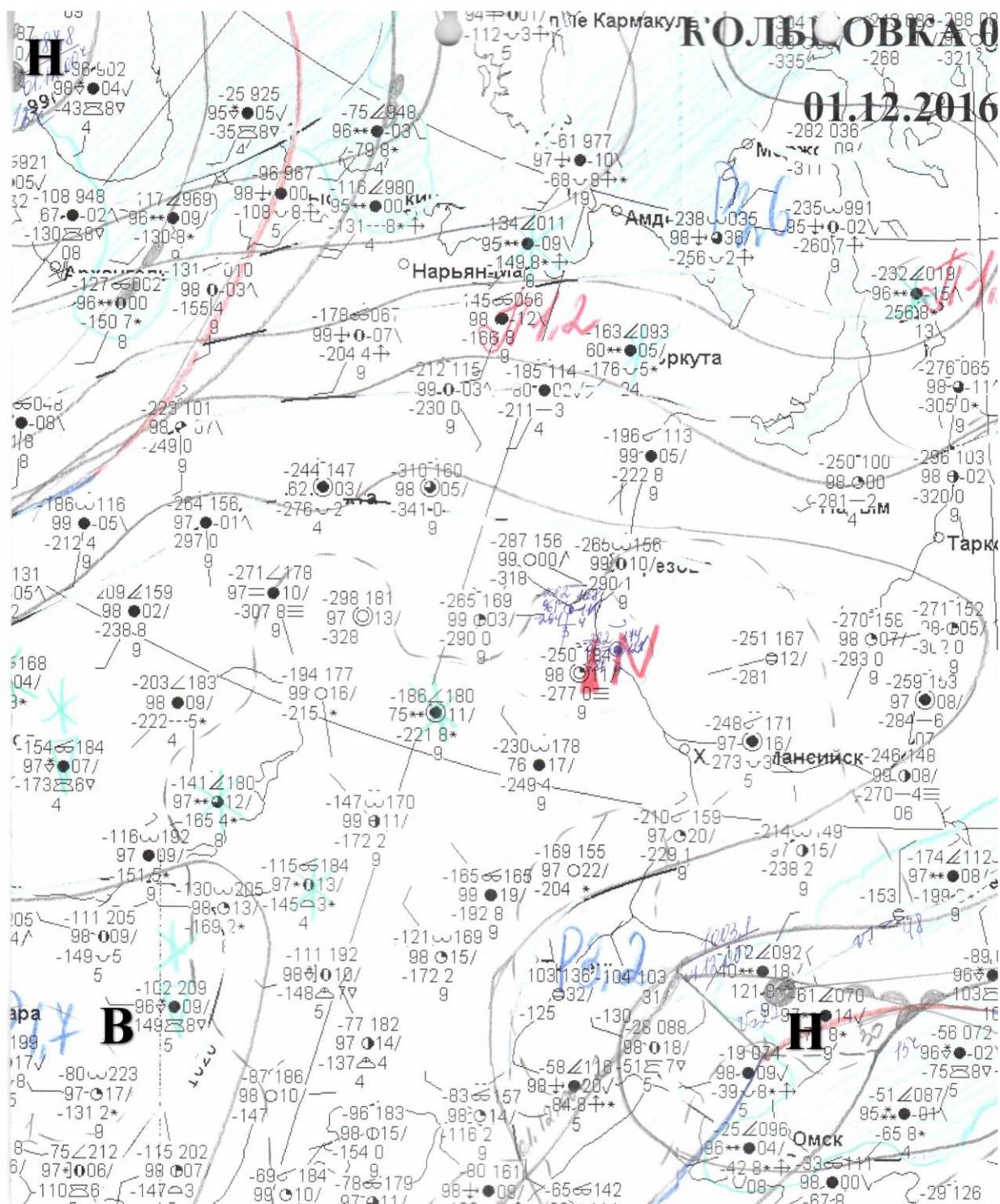


Рисунок 4.7 – Кольцевая карта погоды 01 декабря 2016 г.

Графический прогноз времени рассеяния радиационного тумана по характеру суточного хода температуры воздуха и точки росы дал более положительные результаты, но с погрешностью 1 – 3 часа. Один из примеров графиков представлен ниже (Рисунок 4.8).

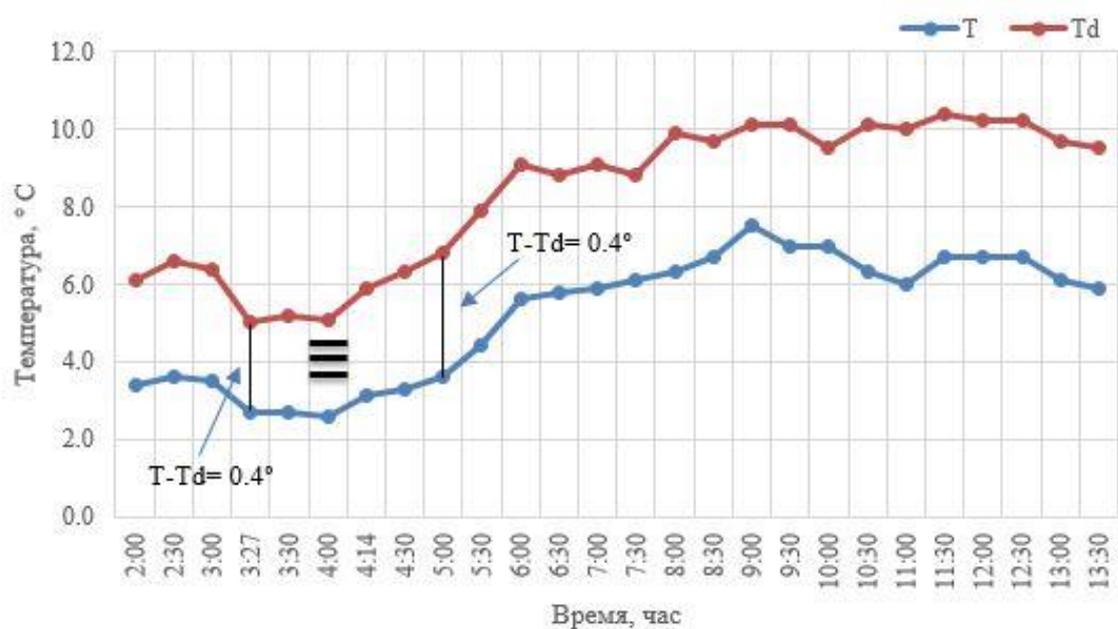


Рисунок 4.8 - Графический прогноз времени рассеяния радиационного тумана по характеру суточного хода температуры воздуха и точки росы.

В данном случае туман был с 3:27 до 4:14 часа, а на графике видно, что туман должен рассеяться к 5:00 утра.

Результаты расчета времени рассеяния тумана с помощью метода Р. М. Меджитова по формуле 1.6 выражены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Оправдываемость (%) расчета времени рассеяния тумана по методу Р.М. Меджитова.

Отклонение от фактического времени рассеяния тумана (часы)	0 – 2 ч	2 – 5 ч
Оправдываемость, %	64	36

Исходя из полученных данных видно, что расчетный метод Р. М. Меджитова работает дает погрешность не более двух часов от фактического времени рассеяния тумана на аэродроме Нягань в 64% случаев.

Проанализировав все используемые нами графические и расчетный методы определения времени рассеяния тумана в пределах исследуемого района, было выявлено, что графические методы дают большую погрешность в точности прогноза, а расчетный метод Р. М. Меджитова в 64% случаев дает погрешность не более 2 часов, что говорит нам о возможности использования и дальнейшей апробации данного метода для прогноза времени рассеяния тумана на АМСГ Нягань.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из опасных явлений погоды в авиации является туман, так как он ухудшает видимость, и, следовательно, усложняет взлет и посадку самолета, приводит к задержкам или переносам рейсов, что сказывается на функционировании аэропорта в целом.

Основной целью данной работы является проведение анализа условий рассеяния тумана на аэродроме Нягань и апробация методов рассеяния туманов для выявления наиболее оптимального для исследуемого района.

Поставленная цель и задачи были выполнены в полном масштабе и на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- За период 2009-2016 гг. на аэродроме Нягань было 114 дней с туманами;

- Наблюдались туманы всех типов (кроме туманов испарения) и всего 1 случай морозного тумана;

- Чаще наблюдались фронтальные (39%), радиационные (35%) туманы;

- Туманы наблюдались в течение всего года (за исключением января): Максимум повторяемости туманов наблюдался в августе, сентябре и октябре (в основном радиационные и фронтальные туманы); Чаще всего наблюдаются туманы продолжительностью 1 час и менее (49,6 %);

- Наиболее интенсивные туманы ($V < 200$ м) наблюдались в апреле, сентябре и октябре;

- Благоприятные условия для образования в весенне-летний период радиационного тумана на аэродроме Нягань создаются в гребне, седловине и малоградиентном поле повышенного давления;

- Адвективные туманы на аэродроме Нягань в осенне-зимний и весенне-летний период наблюдаются в теплом секторе при дефиците температуры точки росы у земли $0,0-0,3^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра $0-4$ м/с;

- Адвективно-радиационные туманы на аэродроме Нягань в весенне-летний период наблюдаются в малоградиентном поле повышенного давления при слабом росте давления;

- Фронтальные туманы на аэродроме Нягань в осенне-зимний период чаще всего образуются за малоподвижными холодными фронтами (53%) при адвекции холодного влажного воздуха (32%). В 29 % случаев благоприятным условием возникновения фронтального тумана на аэродроме Нягань способствует прохождение медленно смещающегося фронта окклюзии по типу теплого;

- Проанализировав графические и расчетный методы определения времени рассеяния тумана, было выявлено, что графические методы дают большую погрешность в точности прогноза, а расчетный метод Р. М. Меджитова в 64% случаев дает погрешность не более 2 часов, что говорит нам о возможности использования и дальнейшей апробации данного метода для прогноза времени рассеяния тумана на АМСГ Нягань;

- Заранее определенное время рассеяние тумана влияет на планирование утренних полетов и дальнейшее планирование полетов в течении суток для бортов различных масштабов, что подтверждает значимость исследования данной темы.

АМСГ Нягань с 2016 года функционирует без синоптической группы, а обслуживает аэродром Нагонь синоптическая группа аэропорта города Сургут, специалисты которой не достаточно знакомы со всеми особенностями данного региона, что говорит нам о несомненной актуальности рассматриваемой темы.

Обобщая все вышеизложенное следует сказать, что необходимо продолжать разрабатывать методы прогноза рассеяния тумана на аэродроме Нягань и в целом на уровне Росгидромета активизировать методическую работу по совершенствованию региональных методов прогноза времени рассеяния тумана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Матвеев Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы [текст] / Л.Т. Матвеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 752 с.
- 2 Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии [текст] / О.Г. Богаткин. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 339 с.
- 3 Богаткин О.Г. Авиационные прогнозы погоды [текст] / О.Г. Богаткин. – 2-е изд., стереотипное. – СПб.: БХВ - Петербург, 2010. – 288 с.: – ил. – (Учебное пособие).
- 4 Богаткин О.Г. Практикум по курсу «Основы авиационной метеорологии» [текст] / О.Г. Богаткин. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 136 с.
- 5 Климат Ярославля [текст] / под ред. Ц.А.Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 89 с.
- 6 Иоффе М. М., Приходько М. Г. Справочник авиационного метеоролога [текст] / Под ред. А. В. Костюченко. — М.: Воениздат, 1977. – 304 с.
- 7 Петерсен С. Анализ и прогноз погоды [текст] / Пер. с англ. В. А. Джорджио, под ред. А. С. Зверева. – Л.: Гидрометеиздат, 1961, – 158 с.
- 8 Воробьев В.И. Синоптическая метеорология [текст] / В.И. Воробьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
- 9 Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА – 95) [текст] / М.: изд. Росгидромет, 1995. – 160 с.
- 10 Астапенко П.Д. Авиационная метеорология [текст] / П.Д. Астапенко, А.М. Баранов, И.М. Шварев. – М.: Транспорт, 1985. – 262 с.
- 11 Иванов В. Х., Литвинов, В. И. Синоптическая и авиационная метеорология [текст] / Г. Г. Грицай, Л. М. Горячев. – М.: Воениздат, 1985. – 472 с.

12 Астапенко П. Д., Баранов А. М., Шварев И. М. Погода и полеты самолетов и вертолетов [текст] / П. Д. Астапенко, А. М. Баранов, И. М. Шварев. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 387 с.

13 ФГБУ Авиаметтелеком Росгидромета [электронный ресурс] / Электрон.дан. – М.: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный центр информационных технологий и метеорологического обслуживания авиации федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2011. – Режим доступа: <http://www.aviamettelecom.ru>, свободный. – загл. с экрана. – яз. рус.

14 Meteoweb [Интернет-журнал] / сост. О. Малахов. – М.: 2006. – Режим доступа: <http://www.meteoweb.ru>, свободный. – загл. с экрана. – яз. рус.