

**Охрана окружающей среды и природопользование
Гидрометеорологическая деятельность**

**ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ**

**Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне
Гідраметэаралагічная дзейнасць**

**ПРАВІЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ МЕТЭАРАЛАГІЧНЫХ
РАДЫЕЛАКАЦЫЙНЫХ НАЗІРАННЯЎ І РАБОТ**

Издание официальное



**Минприроды
Минск**

Ключевые слова: метеорологические радиолокационные наблюдения, метеорологическая радиолокационная цель, радиолокатор, радиолокационная метеорология, радиолокационная отражаемость, радиолокационное эхо, радиолокация.

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь “О техническом нормировании и стандартизации”.

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды установлены Законом Республики Беларусь “Об охране окружающей среды”.

1 РАЗРАБОТАН Государственным учреждением “Республиканский гидрометеорологический центр”, подчиненным Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

ВНЕСЕН Департаментом по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 ноября 2010 г. № 11-Т

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой Руководства по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ – 1, МРЛ – 2 и МРЛ – 5 РД 52. 04. 320 – 91 Санкт – Петербург Гидрометеоиздат, 1993)

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Содержание

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Область применения..... | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки..... | 1 |
| 3 | Термины и определения..... | 2 |
| 4 | Обозначения, сокращения..... | 2 |
| 5 | Общие положения..... | 3 |
| 6 | Установка радиолокаторов | 3 |
| 7 | Калибровка и обслуживание радиолокатора..... | 7 |
| | 7.1 Калибровка радиолокатора..... | 7 |
| | 7.2 Обслуживание радиолокатора..... | 7 |
| 8 | Технические характеристики радиолокаторов..... | 9 |
| 9 | Многофункциональная метеорологическая автоматизированная радиолокационная сеть..... | 10 |
| 10 | Применение радиолокации в метеорологии..... | 11 |
| | 10.1 Радиолокационная отражаемость..... | 11 |
| | 10.2 Ослабление сантиметровых волн | 11 |
| | 10.3 Ограничение радиолокационных метеорологических методов наблюдений..... | 12 |
| | 10.4 Критерии аномального радиоэха..... | 13 |
| | 10.5 Определение условного периода года..... | 15 |
| | 10.6 Радиолокационная структура и классификация облаков и явлений..... | 16 |
| | 10.7 Облака термической конвекции..... | 18 |
| | 10.8 Осадки и явления кучево-дождевой облачности..... | 19 |
| | 10.9 Слоисто – дождевая облачность..... | 23 |
| 11 | Радиолокационные критерии для выявления зон осадков и локализации опасных явлений в теплый период года..... | 23 |
| | 11.1 Обложной дождь..... | 23 |
| | 11.2 Ливневый дождь..... | 24 |
| | 11.3 Интенсивность выпадения осадков..... | 24 |
| | 11.4 Радиолокационные критерии определения шквалов..... | 25 |
| 12 | Получение первичных метеорологических радиолокационных данных..... | 27 |
| 13 | Расчетная оправдываемость прогноза для различных интервалов заблаговременности..... | 29 |
| | Приложение А (обязательное) Метеорологические радиолокаторы | 32 |
| | Приложение Б (обязательное) Автоматизированные средства проведения метеорологических радиолокационных наблюдений..... | 35 |
| | Библиография..... | 39 |

Текст для ознакомления

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ**Охрана окружающей среды и природопользование
Гидрометеорологическая деятельность
ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ****Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне
Гідраметэаралогічная дзейнасць
ПРАВИЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ МЕТЭАРАЛАГІЧНЫХ
РАДЫЕЛАКАЦЫЙНЫХ НАЗІРАННЯЎ І РАБОТ**

Environmental Protection and Nature Use
Hydrometeorological activity
Rules of carrying control meteorological radiolocation
observations and works

Дата введения 2011-02-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает правила проведения метеорологических радиолокационных наблюдений и работ, а также требования к организации пункта метеорологических радиолокационных наблюдений.

Требования настоящего технического кодекса обязательны для организаций, осуществляющих метеорологические радиолокационные наблюдения и работы.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 17.10-12-2009 Правила проведения приземных метеорологических наблюдений на станциях

СТБ 8003-93 Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в [1]–[3], ТКП 17.10-12, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 калибровка: Составная часть метрологического контроля, включающая выполнение работ, в ходе которых устанавливаются метрологические характеристики средств измерений путем определения в заданных условиях соотношения между значением величины, полученным с помощью средства измерений, и соответствующим значением величины, воспроизводимым эталоном единицы величины.

3.2 код RADOB: Код для передачи первичных метеорологических радиолокационных данных, полученных в результате метеорологических радиолокационных наблюдений.

3.3 контроль первичных метеорологических радиолокационных данных: Комплекс методов и приемов, направленных на оценку соответствия качества первичных метеорологических данных установленным стандартам.

3.4 метеорологические радиолокационные наблюдения: Оценка эха, позволяющего на экране радиолокатора в показателях ориентации, охвата, интенсивности, тенденции интенсивности, высоты, движения и отдельных характеристик, которые могут указывать на определенные типы погоды, включая сильные штормы и аномальные распространения явлений.

3.5 метеорологический радиолокатор: Радиотехническое устройство для излучения и приема электромагнитных волн от метеоцелей.

3.6 метеорологические цели; метеоцели: Облака и связанные с ними опасные для авиации явления погоды, атмосферные осадки, турбулентные образования атмосферы, атмосферные фронты и т.д.

3.7 первичные метеорологические радиолокационные данные: Вид, местоположение, площадь облачных систем, осадков, метеорологических явлений, связанных с облачными системами (грозы, шквалы ливни), их интенсивность, скорость и направление перемещения, определяемые в соответствии с установленными программами радиолокационных метеорологических наблюдений.

3.8 пункт наблюдений, осуществляющий метеорологические радиолокационные наблюдения; пункт метеорологических радиолокационных наблюдений: Специально оборудованное место на земельном участке, в здании, сооружении с установленными на нем приборами, оборудованием и метеорологическим радиолокатором.

3.9 радиолокационная метеорология; радиометеорология: Изучение отражения радиолокационных волн всеми типами атмосферных явлений.

3.10 радиолокация: Метод радиобнаружения в пространстве различных объектов (самолетов, радиозондов, областей осадков) при любых условиях видимости посредством облучения их радиоволнами и приема отраженных от них радиоволн.

3.11 радиолокационная отражаемость: Мера эффективности радиолокационной цели при перехвате и возвращении радиоэнергии. Она зависит от размера, формы, стороны и диэлектрических свойств поверхности цели и включает влияние не только отражения, но также рассеяния и дифракции.

3.12 радиолокационное эхо: Та часть энергии излучаемого луча, которая отражается и принимается после того, как луч наталкивается на препятствие в атмосфере.

4 Обозначения и сокращения

АКСОПРИ – автоматизированный комплекс сбора, обработки и передачи радиолокационной информации

АМРК – автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс

АМСГ – авиационно-метеорологическая станция гражданская

ДКР – дискретно-когерентное радиоэхо

ДНА – диаграмма направленности антенны

ИДВ – индикатор дальность – высота

ИКО – индикатор кругового обзора

МАРС – многофункциональная метеорологическая автоматизированная радиолокационная сеть

ОЯ – опасные явления

РКО – радиоэхо конвективных облаков

РКСО – радиоэхо облаков слоистообразной и конвективных форм

РПУ – радиопрозрачное укрытие

РСО – радиоэхо слоистообразных облаков

ПЭВМ – персональная ЭВМ

СВНО – среднее время наработки на отказ

СПО – специальное программное обеспечение

УПО-ДМ – устройство предварительной обработки с дистанционным управлением модифицированное

5 Общие положения

В настоящем техническом кодексе изложены основные правила проведения метеорологических радиолокационных наблюдений и правила кодирования первичных метеорологических радиолокационных данных в пунктах метеорологических радиолокационных наблюдений для дальнейшего обобщения и контроля.

Радиолокационные метеорологические наблюдения представляют собой ручную или автоматическую “оценку” радиолокационных отраженных сигналов, полученных от метеорологических радиолокационных целей (далее метеоцелей), закодированную в виде сообщения, которое передается в различные метеорологические центры или другим пользователям через регулярные промежутки времени.

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

К характерным особенностям метеоцелей следует отнести:

- значительные вертикальные и горизонтальные размеры (пространственно протяженные цели);
- малые скорости перемещения (от 1 до 70 км/ч);
- значительную пространственно временную изменчивость внутренней и внешней структуры кучево-дождевых облаков;
- большой диапазон изменения отражаемости при одном цикле наблюдений в радиусе максимального обзора;
- особенности структуры (большинство метеоцелей образовано совокупностью огромного числа частиц, хаотически перемещающихся относительно друг друга в достаточно широких пределах).

Метеорологический радиолокатор предназначен для обнаружения метеоцелей и оперативного представления интегрированной информации о них потребителям. Поэтому метеорологические радиолокаторы одновременно являются и информационно-измерительными системами.

6 Установка радиолокаторов

Оптимальный выбор места установки метеорологического радиолокатора зависит от предполагаемого использования. Когда имеется определенная зона, по которой требуются штормовые предупреждения, то обычно самым лучшим компромиссом является расположение оборудования на расстоянии 20—50 км от интересующей зоны и, как правило, в направлении навстречу ветру в соответствии с основной траекторией движения циклонов. Рекомендуется устанавливать радиолокатор несколько в стороне

от нее, с тем, чтобы избежать сложностей измерения при прохождении циклонов над радиолокатором. Одновременно это приведет к получению высокого разрешения над интересующей зоной и выпуску заблаговременного предупреждения о надвигающихся штормах.

В случае если радиолокационная сеть предназначается, прежде всего, для синоптических применений, в средних широтах радиолокаторы следует располагать на расстоянии приблизительно 150—200 км друг от друга. Радиолокаторы с узким лучом будут давать лучшую точность для измерения осадков.

Принципы, которые следует учитывать при выборе площадки для радиолокационной станции:

- участок должен быть свободен от естественных или искусственных препятствий, которые могли бы создать помехи радиолокационному лучу. Следует изучить локальные планы застройки для определения будущих потенциальных помех. Местных препятствий по возможности должно быть меньше или они не должны превышать уровень радиолокационной антенны более чем на $0,5^\circ$;

- требуется проведение обследования, чтобы не допустить влияния микроволнового излучения на население в районе пункта наблюдений;

- разрешение на работу радиолокатора на планируемой площадке должно быть получено от соответствующих организаций по радиотелесвязи, чтобы избежать любых помех со стороны других установок.

На точный выбор места установки радиолокатора влияют многие экономические и технические факторы:

- наличие дорог для сообщения с радиолокатором;
- наличие электролиний и линий связи;
- наличие установок для защиты от молний;
- близость средств контроля и обслуживания.

Каждое обследование потенциальных мест установки должно включать тщательную проверку на наличие электромагнитных помех в целях максимально возможного исключения взаимного влияния с другими системами связи, такими как телевидение, микроволновые линии, или с другими радиолокаторами. Следует также убедиться, что микроволновое излучение радиолокатора не представляет возможной угрозы для здоровья населения, живущего вблизи предполагаемого места его установки

Выбор позиции для размещения радиолокатора является наиболее ответственным этапом, предшествующим строительным работам.

Для устранения отраженных сигналов от местных предметов по боковым лепесткам наилучшей позицией для радиолокатора был бы одиночный холм с кратером. Глубина кратера должна быть такой, чтобы антенна радиолокатора могла смотреть прямо над его кромкой.

В режиме штормового оповещения радиолокатор должен получать информацию в максимальном радиусе обзора, т. е. работать под малыми углами места по всем азимутам и в любом случае в тех азимутах, откуда приходят наиболее опасные явления. В режиме штормового оповещения максимальная дальность обнаружения на радиолокаторе должна составлять в средних широтах 200–250 км. На этих удалениях нижняя граница ДНА при угле места 0° находится на высоте 2,25–3,75 км над уровнем антенны радиолокатора.

При измерении осадков требования к максимальному радиусу действия остаются, однако угол места не должен превышать $0,3$ – $0,5^\circ$ при минимальном числе отражений от местных предметов. При этом необходимо учитывать ширину ДНА радиолокатора и высоту нулевой изотермы в пункте размещения. В умеренных широтах при ширине ДНА 1° и угле места 0° максимальный радиус действия радиолокатора не может превышать 100 км.

Радиолокатор, не обслуживаемый в месте установки, дает большие возможности при выборе позиции. Она должна обеспечить периодическое посещение радиолокатора и наличие электроэнергии, снимая вопросы о необходимости всех требований, возникающих в случае присутствия на радиолокаторе постоянного обслуживающего персонала.

Для штормового оповещения радиолокатор обычно располагался на аэродроме или в прогностическом центре.

При выборе позиций радиолокаторов многофункциональной метеорологической автоматизированной радиолокационной сети (далее МАРС) требования становятся более жесткими. По существу выбор позиции для радиолокатора состоит из трех этапов. На первом этапе происходит начальная оценка места. При этом получается карта для поиска оптимального места с учетом уже функционирующих сооружений.

Затем, на втором этапе, происходит выбор места и завершается его предварительное изучение (анализ радиолокационного обзора, географической и оперативной пригодности, дорог и коммунальных служб).

На третьем этапе возможные позиции сводятся до одной двух. На эти позиции снова выезжают и уже детально оценивают оптимальность выбранной позиции.

Позиция для установки радиолокатора МАРС должна удовлетворять следующим требованиям:

- следует обеспечить максимальный радиус действия радиолокатора, для чего во всех направлениях кругового обзора углы закрытия антенны радиолокатора не должны превосходить $0,5^\circ$.

- необходимо обеспечить наилучшие условия обзора в секторах, через которые проходят авиатрассы.

- в радиусе 500 м от выбираемой позиции должны отсутствовать высокие местные предметы (здания, линии электропередачи, железнодорожные насыпи и пр.).

Углы закрытия не должны превышать половины ширины ДНА радиолокатора или быть нулевыми. Более высокие углы закрытия, особенно если они отмечаются в азимутах прихода в выбранный пункт наблюдений наиболее опасных стихийных явлений, резко уменьшают метеорологическую эффективность радиолокатора за счет низкой достоверности его информации или резкого уменьшения заблаговременности их прогноза ввиду позднего обнаружения явлений радиолокатором.

Высокие углы закрытия антенны радиолокатора в отдельных азимутах или секторах приводят к расширению зоны ответственности соседнего радиолокатора единой сети. Чтобы оценить приемлемость углов закрытия, необходимо построить зоны пересечения диаграмм направленности радиолокатора с учетом углов закрытия в каждом из соседних пунктов. Неправильный выбор места установки радиолокатора может привести к потере информации об опасных явлениях над важными для потребителя районами.

Выбираемая позиция должна исключать возможность возникновения взаимных помех радиолокационных станций, несущие частоты которых близки к диапазону излучения радиолокатора. Для оценки электромагнитной совместимости размещаемого радиолокатора с работающими в пункте радиолокационными системами требуется пройти экспертизу и получить разрешение от комиссии по радиочастотам.

В целях обеспечения санитарных норм и соблюдения правил защиты населения от электромагнитных полей, создаваемых радиолокатором, выбор позиции для радиолокатора следует производить в соответствии с действующими санитарными нормами и методическими указаниями по определению электромагнитной обстановки в местах размещения радиолокаторов:

С этой точки зрения размещение радиолокаторов на самых высоких домах в жилых кварталах всегда таит опасность. Достаточно построить рядом более высокое здание, как немедленно последует запрет на излучение радиолокатором в секторе, где оно

находится. По этой причине рекомендуется выбранную позицию согласовать с местными заинтересованными организациями с учетом перспективных планов развития района.

Помимо перечисленных требований при выборе позиции для радиолокатора в каждом случае решаются следующие вопросы:

- удобство подводки силового питания 3х220х50 мощностью 20–25 кВт, а также возможность подключения к внешней телефонной сети для обеспечения передачи оперативной информации;

- для обслуживаемого радиолокатора обеспечение максимума технических и эксплуатационных удобств (подъездные пути, бытовые условия для обслуживающего персонала и т.д.).

В некоторых местах размещения радиолокатора в соответствии с изложенными требованиями встречаются следующие трудности:

- орографические особенности местности не позволяют установить радиолокатор в непосредственной близости от потребителя,

- большая насыщенность местности современными радиолокационными средствами вызывает взаимные помехи,

- невозможно соблюсти требуемые нормы санитарно-защитной зоны.

Таким образом, радиолокатор может устанавливаться на удалении от потребителя, если по местным условиям выбрать позицию ближе невозможно. Метеорологическая информация в этом случае передается с помощью линий связи.

При необходимости и возможности разделения передающего и приемного устройств радиолокатора необходимо учитывать, что увеличение длины волновода приводит к заметным потерям потенциала радиолокатора. Обычно изготовители не рекомендуют, чтобы длина волновода превышала 15 м, а предельным считается значение 30 м.

В практическом плане для выбора позиции требуется теодолит, который необходимо установить на высоте размещения антенны радиолокатором. С его помощью надо составить график углов закрытия горизонта через 1° от 0 до 360°. График следует нанести на подробную карту топографических съемок местности, желательно оцифрованную, которую лучше всего иметь в компьютере. С помощью карты и графика можно оценить наличие и высоту местных предметов, высоту зон радиотени в каждом азимуте через 1°.

Одновременно можно оценить, какое число местных предметов может быть подавлено с помощью задействованной на радиолокаторе системы подавления местных предметов (маска–карта, доплеровский режим).

Если радиолокатор будет применяться для измерения осадков в условиях пересеченной местности, то предпочтительнее иметь свободное поле обзора над долинами, чем над вершинами холмов. Если бассейны рек состоят из широких долин среди возвышенностей с небольшим наклоном, то местные предметы не должны создавать проблем для радиолокационного измерения осадков.

Если долины узкие и возвышенности имеют крутые склоны, что чаще всего отмечается в районах частых наводнений, то измерять осадки придется на более высоких уровнях, заметно удаленных по вертикали от места выпадения осадков. Общее правило при выборе места установки с учетом конкретного бассейна: радиолокатор необходимо устанавливать на краю бассейна.

7 Калибровка и обслуживание радиолокатора

Калибровка и обслуживание любого радиолокатора должны осуществляться в соответствии с процедурами, предписанными производителем.

7.1 Калибровка радиолокатора

Для полной калибровки отражаемости используется внешняя мишень с известной радиолокационной отражаемостью, например, сфера с металлическим покрытием. Смысл заключается в том, чтобы проверить антенну и волноводы на соответствие их номинальным характеристикам. Однако данный метод используется очень редко из-за практических трудностей подъема сферы и многочисленных отражений от земной поверхности. При обычной калибровке антенна не проверяется, а калибруются волноводный тракт и приемопередающая система. Обычно предписываются следующие мероприятия:

- измерение излучаемой мощности и формы волны в соответствующем диапазоне частот;
- проверка излучаемой частоты и частотного спектра;
- подача известного микроволнового сигнала на вход приемника, с тем чтобы проверить правильность связи указанных радиолокатором уровней отражаемости с мощностью входного сигнала;
- измерение отношения сигнал — шум, которое должно быть в пределах номинального диапазона, соответствующего техническим характеристикам радиолокатора.

Если любая из этих калибровочных проверок указывает какие-либо изменения или отклонения, необходимо произвести корректирующие настройки. Доплеровская калибровка включает проверку и настройку фазовой стабильности с использованием фиксированных целей или искусственных сигналов, масштабирование реальной и мнимой частей комплексного видеосигнала и тестирование процессора сигналов по известным искусственно генерируемым сигналам.

Установка по горизонтали и угла места лучше всего проверяется отслеживанием положения солнца в режиме „только прием” и путем использования имеющейся информации о положении солнца; в противном случае нужна механическая установка уровня антенны. Наличие или отсутствие эхосигналов от неподвижных наземных целей может также служить грубой проверкой качества работы передатчика или приемника.

Хотя современные радиолокаторы обычно снабжаются очень стабильными электронными устройствами, калибровки необходимо выполнять достаточно часто, чтобы гарантировать надежность и точность данных. Калибровка должна производиться либо квалифицированным персоналом, либо с помощью автоматических методик, например с использованием, постоянно подключенного к радиолокатору контрольно-диагностического оборудования. В первом случае, который требует участия человека, оптимальными являются, по крайней мере, еженедельные калибровки. Во втором случае они могут выполняться ежедневно или даже полунепрерывно. Простые сравнительные проверки мощности эхосигнала и местоположения можно осуществлять часто, используя два или более радиолокаторов с перекрывающимися зонами обзора и следящих за соответствующей целью.

7.2 Обслуживание радиолокатора

Современные радиолокаторы, если они надлежащим образом установлены и эксплуатируются, не должны часто отказывать. Некоторые производители объявляют, что среднее время наработки на отказ (далее СВНО) составляет около года. Однако эти заявления часто являются оптимистичными, и реализация СВНО требует спланированного профилактического обслуживания. Чтобы время ремонта было возможно более коротким, необходимо плановое повседневное обслуживание и достаточное количество технического персонала.

Профилактическое обслуживание должно включать, по крайней мере, ежемесячную проверку всех подверженных износу частей радиолокатора, например редукторов, моторов, вентиляторов, а также несущих конструкций. Местный обслуживающий

персонал должен вносить результаты проверок в журнал обслуживания радиолокатора. Когда имеется много радиолокаторов, можно организовать как централизованную службу материально-технического снабжения, так и ремонтную службу. Ремонтная служба получает вышедшие из строя части радиолокаторов, ремонтирует их и передает в службу материально-технического снабжения для хранения в качестве запасных частей, необходимых в месте эксплуатации.

Для выполнения ремонтных работ служба должна быть достаточным образом укомплектована:

- запасными частями для всех самых важных элементов, что желательно использовать 30% первоначальных затрат на радиолокатор для приобретения запасных частей, хранимых в месте его расположения. Если имеется много радиолокаторов, то эта процентная доля может быть снижена до уровня примерно 20% при соответствующем распределении между централизованным и местным обслуживанием;

- испытательной аппаратурой, включая оборудование для калибровки; обычно это составляет приблизительно 15% от стоимости радиолокатора;

- хорошо подготовленным персоналом, способным быстро и эффективно осуществлять диагностику и ремонтные работы. Продуманная организация обслуживания в результате даст возможность использовать радиолокатор 96% времени в течение года при наличии стандартного оборудования. Лучшие показатели можно получить при более высоких расходах.

Рекомендуемый минимум оборудования для калибровки и обслуживания включает следующие виды:

- генератор микроволновых сигналов;
- микроволновый измеритель мощности;
- мегагерцовый осциллограф;
- микроволновый измеритель частоты;
- рупорные антенны со стандартным усилением;
- генератор сигналов промежуточной частоты (ПЧ);
- микроволновые компоненты, включая нагрузочные устройства, блоки сопряжения, аттенюаторы, соединительные устройства, кабели, адаптеры и т. д.;
- универсальный анализатор микроволнового спектра в центральной службе;
- стандартные электрические и механические инструменты и оборудование.

Регламентные работы автоматизированного радиолокатора должны проводиться регулярно в соответствии с рекомендациями изготовителя и разработчика радиолокатора. Это позволяет на ранней стадии обнаружить начинающиеся изменения характеристик радиолокатора или отказ.

Механические работы (не реже двух раз в год) заключаются в основном в чистке колец токосъемника и смазке моторов антенной системы.

Контроль за работой приемника должен проводиться еженедельно, пока не будет достигнута стабильность и точность, предусмотренные техническими условиями на радиолокатор.

Критерием надлежащей эксплуатации радиолокатора является достижение и превышение СВНО для данного типа радиолокационной аппаратуры.

Технический ресурс радиолокатора при круглосуточной и непрерывной работе составляет 15 лет.

На устранение технической неисправности на радиолокаторе, укомплектованном запасными частями, уходит не более трех часов, на замену механических деталей – не более трех дней.

На радиолокаторе без обслуживающего персонала необходим автоматический мониторинг технического состояния. Самый надежный мониторинг достигается включением небольших сенсоров в контролируемые системы радиолокатора.

Надежность любой системы автоматического мониторинга должна быть на порядок выше надежности аппаратуры, которую она контролирует.

Наиболее прогрессивный способ технического обслуживания автоматизированного радиолокатора заключается в найме специализированной фирмы. Несмотря на относительно небольшие трудозатраты на техническое обслуживание радиолокатора, надо иметь в распоряжении не менее пяти человек. По требованиям техники безопасности на радиолокаторе должно находиться не менее двух специалистов, особенно если требуется не обычная проверка технических параметров, а выполнение работ, связанных с высоким напряжением.

8 Технические характеристики радиолокаторов

Любая радиолокационная система характеризуется определенными техническими характеристиками (параметрами). Выбор этих параметров зависит от назначения системы, требуемой дальности действия, точности определения координат метеоцели, отражающих свойств цели. Правильный выбор параметров обеспечивает высокую эффективность аппаратуры при практическом ее использовании.

Метеорологические радиолокаторы с характеристиками, лучше всего подходящими для наблюдений и исследований атмосферы, излучают электромагнитные импульсы в диапазоне частот 3–10 ГГц (длина волны соответственно 10^{-3} см). Они предназначены для обнаружения и отображения зон осадков, измерения их интенсивности и движения, а также возможного определения типа осадков. Более высокие частоты используются для обнаружения гидрометеоров малого размера, таких как капельки облаков или даже тумана.

Обратный сигнал, поступающий после отражения излучаемого импульса от метеоцели и называемый радиолокационным эхом, имеет свою амплитуду, фазу и поляризацию. Амплитуда используется для определения параметра, называемого отражаемостью (Z), которая позволяет с помощью эмпирических соотношений оценить массу осадков в единице объема или их интенсивность. Таким образом, важным применением является мгновенное определение, картирование и оценка осадков на уровне земли в практически непрерывном режиме и по большим территориям.

Доплеровские радиолокаторы позволяют определять разность фаз между переданным и принятым импульсом. Эта разность является мерой средней доплеровской скорости частиц – отражаемости, средневзвешенной по радиальным компонентам скоростей перемещения гидрометеоров в импульсном объеме. Ширина доплеровского спектра является мерой пространственной изменчивости скоростей и приблизительно указывает на сдвиг ветра и турбулентность.

Современные метеорологические радиолокаторы должны иметь характеристики, оптимальные для получения наилучших данных, удовлетворяющих оперативным потребностям, а также адекватным образом устанавливаться, эксплуатироваться и обслуживаться для использования возможностей системы в интересах потребителей.

В радиусе своего обзора радиолокатор осуществляет:

- обнаружение облаков и связанных с ними опасных явлений;
- их распознавание по заданным алгоритмам;
- определение для каждого явления местоположения, геометрических размеров, интенсивности, скорости и направления движения, тенденции развития;
- измерение интенсивности и количества осадков в оптимальных и неоптимальных условиях;
- определение высоты нулевой изотермы внутри слоисто-дождевых облаков и в кучево-дождевых облаках в стадии распада;
- определение фазового состояния отражающих объектов;
- определение доплеровских скоростей в облаках и осадках.

Периодичность обновления информации в радиусе обзора для потребителей составляет от 3 ч до 10 мин.

Точность измерения нижней границы облаков определяется шириной ДНА радиолокатора и его потенциалом.

Точность измерения отражаемости и доплеровских скоростей определяется принятыми системами обработки и калибровки приемно-измерительных трактов радиолокатора.

Вероятность радиолокационного обнаружения облаков и осадков зависит от физико-географических условий и величины углов закрытия антенны в месте установки радиолокатора.

9 Многофункциональная метеорологическая автоматизированная радиолокационная сеть

Под многофункциональностью понимается синхронная работа всех сетевых радиолокаторов по единой программе наблюдений и обработке на основе базовых измерений и алгоритмов выходных информационных продуктов, которые удовлетворяют запросы всех потребителей как отдельного радиолокатора, так и сети в целом.

МАРС предназначена для следующих целей:

- штормового оповещения населения и организаций на новом качественном уровне, т.е. создания автоматизированной технологии текущего прогноза опасных стихийных явлений с целью многократного повышения его оперативности и качества;
- организации метеообеспечения гражданской авиации в соответствии с требованиями, предъявляемыми автоматизированными системами управления воздушным движением как по территории, так и в каждом аэропорту;
- измерения интенсивности и количества осадков по территориям для использования в метеорологических и гидрологических прогнозах наводнений;
- повышения качества работы подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям;
- повышения уровня метеообеспечения административных органов;
- перевода на качественно новый уровень обслуживания любых потребителей и в первую очередь тех, производственная деятельность которых существенно зависит от гидрометеорологических условий.

В зависимости от повторяемости опасных явлений, интенсивных осадков и ценности информации МАРС для минимизации ущерба в каждой стране устанавливают приоритеты задач:

- климатологические аспекты (повторяемость опасных явлений и интенсивных осадков по территории);
- социально-экономические факторы (учет распределения плотности населения и важнейших объектов отраслей экономики по территории страны);
- выбор высоты уровня единого радиолокационного поля страны (ни одно атмосферное явление, верхняя граница которого этот уровень превышает, не будет пропущено при радиолокационных наблюдениях);
- основные принципы сбора информации и распространения ее потребителям;
- источники финансирования;
- технико-экономическое обоснование концепции.

10 Применение радиолокации в метеорологии

Радиолокационные наблюдения находят широкое применение для:

- обнаружения, отслеживания и предупреждения опасных явлений погоды;
- мониторинга метеорологических явлений синоптических и мезомасштабных метеорологических систем;

- оценки количества осадков;
- обнаружения сдвига ветра.

10.1 Радиолокационная отражаемость

Применение радиолокации в метеорологии основано на рассеивании радиоволн сантиметрового и дециметрового диапазона частицами облаков и осадков в виде капель дождя, градин, кристаллов, снежинок и их различных комбинаций. При этом часть падающей электромагнитной волны переизлучается в виде рассеянной энергии по различным направлениям, в том числе и совпадающим с направлением на радиолокатор. На вход приемника радиолокатора одновременно поступают отраженные сигналы создаваемые не одной частицей, а совокупностью частиц, которые заключены в объеме ограниченном шириной диаграммы направленности антенны.

Количество, размеры, фазовое состояние заключенных в объеме воздуха частиц (облаке) все это влияет на силу отраженного сигнала – радиолокационную отражаемость Z .

Величина Z характеризует отражающие свойства единичного объема гидрометеоров называется радиолокационной отражаемостью и измеряется в $\text{мм}^6/\text{м}^3$ или ДБZ относительно $Z_0 = \text{мм}^6/\text{м}^3$.

В связи с тем, что диапазон чисел отражаемостей в реальных областях применения очень велик, то для удобства записи используются логарифмы.

Пример: $Z=10^2 \text{мм}^6/\text{м}^3$ записывают как $\text{Lg}Z=2,0$.

Таким образом, радиолокационная отражаемость является специфической характеристикой микроструктуры облаков и осадков, такой же, как водность облаков ($\text{г}/\text{м}^3$) или интенсивность выпадающих осадков ($\text{мм}/\text{ч}$) и содержит метеорологическую информацию об объемах облаков и осадках рассеивающих радиоволны.

Отражаемость является метеорологической характеристикой интегральной микроструктуры облаков и осадков, такой же, как водность облаков ($\text{г}/\text{м}^3$) или интенсивность выпадающих осадков ($\text{мм}/\text{ч}$) и содержит метеорологическую информацию об объемах облаков и осадков, рассеивающих радиоволны. Величина Z не зависит от длины волны λ и от других параметров радиолокатора.

10.2 Ослабление сантиметровых волн

Ослабление энергии радиоволн, при их распространении в тропосфере обусловлено двумя причинами:

- поглощением радиоволн, т.е. превращением электромагнитной энергии в тепловую;
- рассеянием радиоволн частицами облаков и осадков.

Поглощение радиоволн происходит в газах тропосферы (в кислороде и водяном паре) и в частицах воды и льда облаков и осадков. Поглощение радиоволн газами тропосферы имеет избирательный, резонансный характер. Величина поглощения, выражающаяся в $\text{дБ}/\text{км}$, варьируется для различных длин волн. Ослабление радиолуча в облаках зависит от фазового состояния элементов облаков и температуры.

Коэффициент ослабления радиолуча $\alpha_{\text{осл}}$ измеряется в децибелах на единицу пути ($\text{дБ}/\text{км}$) и равняется сумме коэффициентов ослабления в атмосферных газах (кислороде и водяном паре) ($\alpha_{\text{ат}}$), в облаках ($\alpha_{\text{обл}}$) и осадках ($\alpha_{\text{ос}}$).

Из таблицы 1 видно, что для длины волны ($\lambda=3,2\text{см}$) коэффициенты ослабления в кристаллических облаках на два порядка меньше, чем в водяных с тем же содержанием влаги.

В холодный период года, когда приземные фактические температуры меньше 0°C , а облака имеют в основном кристаллическое строение, для всех практических целей ослаблением можно пренебречь.

Таблица 1 – Коэффициент ослабления в облаках при распространении радиоволн

| Облако | Температура, °С | Величина затухания радиосигнала, дБ/км |
|-----------------|-----------------|--|
| Водяное | 20 | 0,0483 |
| | 10 | 0,0630 |
| | 0 | 0,0858 |
| Кристаллическое | 0 | $2,46 \cdot 10^{-3}$ |
| | -10 | $8,19 \cdot 10^{-3}$ |
| | -20 | $5,63 \cdot 10^{-3}$ |

Ослабление в снеге всегда мало, если снег сухой.

В мокром снеге ослабление такое же, как и в дожде той же интенсивности.

В теплый период, ослабление в осадках зависит от их интенсивности, которая в свою очередь, зависит от содержания жидкой воды, так и от скорости падения капель, причем последняя в свою очередь зависит от размера капель (для I канала МРЛ-5)

В таблице 2 приведен коэффициент ослабления $\alpha_{осл}$ в осадках разной интенсивности при температуре воздуха 18°C. Поправка на температуру незначительна, поэтому данными можно пользоваться для расчета ослабления в широком диапазоне температур.

Таблица 2 – Коэффициент ослабления (дБ/км) в осадках разной интенсивности при температуре воздуха 18°C

| Интенсивность осадков, мм/ч | Длина волны, см | |
|-----------------------------|-----------------|----------|
| | 3,2 | 10 |
| 1,25 | 0,0117 | 0,000416 |
| 2,5 | 0,0317 | 0,000785 |
| 12,5 | 0,238 | 0,00364 |
| 50 | 1,26 | 0,0149 |
| 100 | 2,8 | 0,0311 |

10.3 Ограничение радиолокационных метеорологических методов наблюдений

Предельная дальность обнаружения метеоцелей радиолокатором ограничивается лишь дальностью прямой радиовидимости (радиогоризонтом). Радиолокатор может принимать отраженный сигнал от всех облаков, вершины которых лежат выше линии радиогоризонта.

Начиная с удаления 50 км от радиолокатора, существует зона радиотени от поверхности земли до нижней границы ДНА (таблица 3). Облака, образовавшиеся в этой зоне, не будут обнаруживаться радиолокатором из-за того, что их вершины будут лежать ниже линии радиогоризонта. По этой причине с помощью локатора на расстояниях свыше 100- 120 км нельзя измерить интенсивность осадков.

Таблица 3 – Высота (км) нижней границы ДНА антенны радиолокатора над поверхностью земли в зависимости от угла места антенны

| Угол места антенны | Удаление от радиолокатора, км | | | | |
|--------------------|-------------------------------|------|-------|------|-------|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| 0° | 0,15 | 0,6 | 1,35 | 2,4 | 3,75 |
| 0,5° | 0,58 | 1,47 | 2,655 | 4,14 | 5,925 |

Наличие высоких местных предметов (здания, горы, лес) вокруг радиолокатора создает углы закрытия, часто превышающие нулевые углы возвышения антенны. В связи

с этим увеличивается минимальная высота обнаружения облачности, расположенной в азимуте (секторе) высоких местных предметов, возрастает верхняя граница радиотени.

С расстоянием увеличивается минимальное значение отражаемости, которое при заданном потенциале Пм радиолокатора, может дать радиоэхо.

Из-за сильного ослабления радиоволн в облаках и осадках радиолокатор может не обнаружить облака, которые находятся за зоной интенсивных и протяженных осадков.

С увеличением расстояния от радиолокатора увеличивается ширина ДНА и резко уменьшается его разрешающая способность по угловым координатам.

Все эти ограничения должны учитываться при разработке методов метеорологической интерпретации радиолокационной информации.

Пример - На расстоянии 300 км, при диаграмме направленности 0.5° размер "пятна" радиолуча облучающего облако, составит примерно 2,5 км, в тоже время на расстоянии 30 км оно равно 0,25 км. Отсюда следует неравномерность радиолокационной информации о высотах и площадях радиоэхо занятых облачностью и ее зависимость от расстояния.

10.4 Критерии аномального радиоэха

Часто на экранах ИКО, ИДВ и амплитудном отмечаются различные типы радиоэха, которые не по всем своим свойствам могут быть отнесены к радиоэху облаков и осадков и поэтому называются аномальными. Радиус обнаружения аномального радиоэха изменяется в широких пределах — от 3 до 200 км, а существование такого радиоэха возможно при любых погодных условиях. Рассмотрим подробнее их особенности, условия появления и способы, с помощью которых их можно отделить от радиоэха облаков и осадков.

10.4.1 Радиоэхо при суперрефракции. Причиной радиоэха при суперрефракции является распространение радиоволн по атмосферному «волноводу». При этом возвышенности, высоко расположенные здания, высокие берега рек, озер становятся радиолокационными целями на аномально больших расстояниях, в 2 — 3 раза, а иногда и более превышающих обычные. Аномальное радиоэхо такого типа может быть похожим на зоны кучево-дождевых облаков и осадков. Для того чтобы отделить его от радиоэха ливней и гроз, обычно достаточно увеличить угол возвышения антенны радиолокатора на $0,5 - 1^\circ$. Радиолуч при этом пересечет верхнюю границу волновода, и радиоэхо местных предметов пропадут. Аномальное радиоэхо такого типа неподвижно в течение всего времени существования в отличие от радиоэха облаков и осадков. Его не трудно в большинстве случаев привязать к гипсометрической карте.

Однако иногда перечисленных признаков оказывается недостаточно для распознавания аномального радиоэха. В этом случае привлекают особенности отраженных сигналов на амплитудном индикаторе, используя точную и грубую развертку. При этом отмечается отсутствие сплошных и сильно пульсирующих сигналов, характерных для осадков на амплитудном индикаторе. Сигналы от местных предметов пульсируют значительно меньше и состоят обычно из нескольких узких зон.

Аномальное радиоэхо возникает, как правило, в антициклоническую погоду, когда отмечается сильная приземная инверсия при пониженной влажности атмосферы от поверхности Земли до нижней границы инверсии. Это является дополнительным признаком, позволяющим выяснить характер радиоэха. Надо отметить, что аномальное радиоэхо такого типа иногда возникает и после прохождения интенсивных гроз.

10.4.2 Аномальное радиоэхо в виде тонких линий и полос. Радиоэхо такого типа, перемещается впереди интенсивных гроз и связывается с линией ветрового сдвига. В районе сдвига может повышаться концентрация частиц пыли и пыльцы растений, происходит резкое увеличение градиента коэффициента преломления. Все это вместе взятое является причиной возникновения отраженного сигнала.

Многие исследователи отмечали подобные тонкие линии в отсутствие облаков, связывая их с зоной ветрового сдвига. Радиус обнаружения тонких линий в этих случаях редко превосходит 50 км, а высота 1—2 км.

Однако часто отмечаются полосы сигналы от пассивных радиолокационных помех, связанных с выбросами самолетов. Полосы такого типа могут отмечаться на разных высотах и на расстояниях до 200—250 км. Время их существования зависит от скорости ветра и интенсивности турбулентности в атмосфере, как правило, превышая 1 ч. По мере уменьшения концентрации помех отражаемость таких полос убывает, они растягиваются по высоте и становятся шире, а затем исчезают. Для каждого конкретного радиолокатора районы их появления практически постоянны.

Надо иметь в виду, что на расстояниях до 40 км от радиолокатора сечение радиолучом перистых облаков тоже могут дать на ИКО и ИДВ радиоэхо в виде полос. Однако такое радиоэхо четко привязывается к приближающейся облачности.

10.4.3 Дискретно-когерентное радиоэхо. На расстояниях до 20—25 км на ИКО и ИДВ отмечается радиоэхо в виде светящихся точек, а на амплитудном индикаторе им соответствует устойчивый импульс, повторяющийся по форме зондирующий резко отличающийся по характеру от пульсирующих сигналов облаков и осадков. Это свойство отраженного сигнала и позволило отнести его к когерентным. Перечислим ряд особенностей такого радиоэха, которое принято называть дискретно-когерентным (ДКР). Максимальная высота появления ДКР и концентрация облаков обладают суточным и сезонным ходом. Максимум суточного хода приходится на ранние послеполуденные часы, а годового — на теплые летние месяцы (июнь—август). Концентрация ДКР убывает с высотой. Наибольшая концентрация зафиксирована в дни с теплым, влажным воздухом и незначительной скоростью ветра (2—5 м/с). Сигналы не наблюдались при скорости ветра, большей 20 м/с. Время существования сигналов зависит от скорости ветра на высотах. Отражения облаков обладают свойством точечной цели и их эффективная площадь рассеяния зависит от длины волны. Такое радиоэхо может появляться в любое время суток. На расстояниях свыше 12—15 км концентрация источников ДКР в отражающем объеме может быть настолько большой, что радиоэхо будет иметь пульсирующий некогерентный характер.

В последнее время было выяснено, что источником таких отражений в основном являются птицы и насекомые, визуально не определяемые с поверхности земли. Насекомые могут переноситься существующими на высотах потоками и подниматься до высот 2—4 км. Источники радиоэха такого типа концентрируются в подинверсионных слоях и слоях с изменением скорости и направления ветра. По верхним границам зон повышенной концентрации радиоэха иногда можно установить нижнюю границу инверсии.

Отмечались случаи, когда в ясную и практически безоблачную погоду работники по тонким полосам радиоэха на высотах 0,5—2 км давали слоистые или слоисто-кучевые облака. Чтобы избежать этой ошибки в сомнительных случаях, надо посмотреть сигнал в ближайшей к началу развертки точке линии радиоэха на ИКО и амплитудном индикаторе.

Все случаи аномального радиоэха должны анализироваться с учетом метеорологической обстановки, чтобы отыскать причину и источник отражений.

10.4.4 Радиоэхо самолета. Радиоэхо самолета может наблюдаться на любых расстояниях в виде точечной цели, перемещающейся с большой скоростью. Местоположение такой цели изменяется от оборота к обороту антенны радиолокатора, обычно оставаясь на одной и той же высоте.

10.4.5 Радиоэхо за счет боковых лепестков антенны. При излучении радиоволн всегда небольшое количество энергии будет излучаться в направлении боковых лепестков диаграммы направленности антенны. Мощность энергии в боковых лепестках, особенно той, которая излучается в направлениях, образующих большие углы с осью

главного лепестка, на много порядков меньше мощности энергии, излучаемой вдоль оси главного лепестка. Мощность, излучаемая первым боковым лепестком, на 20–25 дБ меньше мощности, излучаемой главным лепестком.

Однако иногда даже такое небольшое количество энергии, отраженное от высоко расположенных местных предметов и “стволов” высокой отражаемости в грозах, может быть обнаружено в виде радиоэха на экранах индикаторов радиолокатора. В таких случаях размеры радиоэха могут быть сильно преувеличены.

На ИДВ радиоэхо местных предметов обнаруживается в виде тонких вытянутых столбов, которые в некоторых случаях могут следовать параллельно меткам дальности. Они обычно всегда привязаны к одному и тому же азимуту и летом дают большую интенсивность радиоэха, чем зимой. Перед началом эксплуатации радиолокатора в каждом конкретном районе надо снять “розу” местных предметов на ИКО и ИДВ через 1° по азимуту.

10.5 Определение условного периода года

Качество информации радиолокатора зависит от регулярности и частоты температурно-ветрового зондирования атмосферы. Если зондирования не производится, то от точности рассчитанных синоптиками высот расположения нулевой изотермы (H_{t0}), изотермы минус 22 градуса (H_{t-22}).

Условный период года определяется по значениям высоты нулевой изотермы H_{t0} и температуре фактической $t_{\text{факт}}$.

Холодный период (далее – ХП) – фазовое состояние осадков: “Твердые”.

$H_{t0} < 500$ м и $t_{\text{факт}} < 0^\circ \text{C}$.

Переходный период (далее – ПП) – фазовое состояние осадков: “Смешанные”.

$H_{t0} < 500$ м и $t_{\text{факт}} = 0 \div 3^\circ \text{C}$.

Теплый период (далее – ТП) – фазовое состояние осадков: “Жидкие”.

$H_{t0} \geq 500$ м и $t_{\text{факт}} \geq 3^\circ \text{C}$

Значения вышеперечисленных H_{t0} и $t_{\text{факт}}$ выбраны исходя из климатических особенностей региона, где установлен радиолокатор. Температурно-ветровое зондирование производится в пункте наблюдений не чаще двух раз в сутки, поэтому условный период года (фаза осадков), определённый на основании H_{t0} и $t_{\text{факт}}$ порой не является бесспорным.

Воздушные массы, перемещаясь над обслуживаемым радиолокатором районом, выхолаживаются или наоборот прогреваются, при этом изменяются их свойства. Трансформация воздушной массы отражается и на высоте расположения нулевой изотермы. Скажем, под действием дневного прогрева высота нулевой изотермы может оказаться значительно выше, нежели полученная по ближайшим ночным данным зондирования. Правила определения условного периода года не учитывают также возможность образования приподнятых инверсий в нижней части тропосферы.

При отсутствии аэрологических данных условный период рекомендуется определять по фактическим осадкам и температуре того пункта, в районе которого обнаружено радиоэхо. Условный период года должен быть единым для всех систем радиоэха, наблюдаемых в каждый конкретный срок в пространстве обзора радиолокатора.

Рекомендуется определять условный период по ближайшей к радиолокатору системе радиоэха, но при этом должна учитываться траектория перемещения облачности.

Приближающаяся система облачности представляет интерес для дежурного синоптика с точки зрения прогноза времени выхода её в пункт наблюдения.

При определении фазового состояния осадков в пространстве обзора радиолокатора предпочтение следует отдавать жидкой фазе, но только в том случае если радиолокационные параметры радиоэха соответствуют критериям для локализации опасных явлений гроз в теплый период. В противном случае, при выборе фазового

состояния осадков между жидкими или смешанными приоритет отдается осадкам, выпадающих в смешанной фазе.

В случае отсутствия или при устаревании данных о расположении Нто, есть возможность в некоторых типах облачности на ИДВ выявить, после введения нескольких ступеней затухания расположенную в облачности яркую полосу. Она выявляется в тех типах облачности, где агрегатное состояние его микроэлементов смешанное, состоящее из смеси переохлажденных водяных капель и ледяных кристаллов одновременно.

При уменьшении восходящих движений воздуха (разрушение облака), ледяные кристаллы, расположенные в верхней части облака, в области отрицательных температур, опускаются в район расположения нулевой изотермы, где начинается их обтаивание. Радиоволны лучше всего отражаются от смоченной поверхности льда, нежели от сухого льда и водных капель того же размера. При этом возникает эффект светимости этой области «таяния снега» на фоне остальной части радиоэха.

Необходимо учитывать, что полоса «таяния снега» лежит ниже Нто на расстоянии 150-250 м и имеет толщину примерно 300 м.

10.6 Радиолокационная структура и классификация облаков и явлений

Облаком называется видимое скопление продуктов конденсации водяного пара на некоторой высоте в свободной атмосфере. Конденсация происходит на ядрах конденсации, присутствующих в атмосфере, представляющие собой в основном, молекулы солей размером $5 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-4}$ мм. Облака образуются главным образом в результате восходящих движений воздуха. В зависимости от характера восходящих движений воздуха, интенсивности, горизонтальных размеров областей, охваченных ими, по условиям образования облака разделяются на три класса: кучевообразные волнистообразные и слоистообразные (таблица 4).

Кучевообразные облака – это облака сильно развитые по вертикали и имеющие сравнительно небольшую горизонтальную протяженность. Образуются они в результате интенсивных восходящих (конвективных) движений воздуха.

Волнистообразные облака – распространенный по горизонтали слой облаков, образовавшихся в результате волновых движений в атмосфере

Слоистообразные облака – это облака, имеющие вид более или менее сплошной пелены. Горизонтальная протяженность этих облаков в десятки, сотни раз больше их вертикальной мощности. Слоистообразная облачность образуется в результате медленных плавных восходящих движений, в частности над фронтальными поверхностями, но могут быть и внутримассовыми, образовавшимися в результате неупорядоченных движений воздуха – турбулентности.

Таблица 4 – Классификация облаков

| Международная классификация облаков | Метеорология | Радиометеорология |
|-------------------------------------|---|---|
| | название, обозначение | формы, высоты залегания |
| Семейство облаков верхнего яруса | Перистые облака Ci Перисто-слоистые Cs Перисто-кучевые Cc | Радиоэхо облаков верхнего яруса С Ннг > 6 км в теплый период Ннг > 5 км в холодный и переходный периоды |
| Семейство облаков среднего яруса | Высоко-кучевые Ac Высоко-слоистые As | Радиоэхо облаков среднего яруса - А в теплый период с 2 до 6 км в переходный и холодный с 2 до 5 км |
| Семейство облаков нижнего яруса | Слоисто-кучевые Sc Слоистые облака St Слоисто-дождевые Ns | Радиоэхо облаков нижнего яруса S Нвг ≤ 2 км во все периоды года Ns – радиоэхо слоисто-дождевых облаков Нвг ≤ 4 км в теплый период. Нвг ≤ 3 км в холодный и переходный периоды |

| | | |
|--|---|---|
| Семейство облаков вертикального развития | Кучевые облака Cu Кучево-дождевые Cb | Радиоззо конвективных облаков – Q Q без осадков – кучевые Q с осадками и явлениями: кучево-дождевые |
|--|---|---|

По микрофизическому строению облака делятся на три группы: кристаллические, водяные и смешанный состав микроэлементов. Кристаллические (ледяные) состоят из ледяных кристаллов. Кристаллические облака образуются в основном в верхней части тропосферы. Ледяные кристаллы, составляющие облака, отличаются как своими размерами, так и разнообразием форм, зависящих от температуры и влажности в облаке. Основной формой является шестигранная призма. По данным исследования фазового состояния облаков в умеренных широтах только при температуре минус 40 °С облака, в основном, имеют чисто кристаллическое строение.

Типично кристаллическими облаками являются облака верхнего яруса: Ci, Cs, Cc. Они состоят из весьма мелких 0,001-0,01 мм, имеющих форму шестигранных призм, столбиков, часто объединенных в комплексы элементов.

Водяные (капельножидкие), состоящие из капелек воды, при отрицательных температурах - переохлажденных капель. Водяные облака в теплое время года образуются в нижней части тропосферы.

St состоят из капель воды радиусом 2–5 мкм. В частях облака, имеющих температуру ниже 0 °С, эти капли переохлажденные.

Sc состоят из капелек воды радиусом 5–7 мкм. В зимнее время эти облака состоят из переохлажденных капель, иногда встречаются Sc с некоторой примесью ледяных кристаллов и снежинок.

As являются, как правило, водяными. Состоят преимущественно из переохлажденных капель воды радиусом 6 - 8 мкм. As обладают сравнительно высокой водностью, поэтому в них часто содержатся капли большего размера. Изредка в этих облаках имеются и ледяные кристаллы, в виде толстых шестигранных пластин или столбиков.

Сi состоят из водяных капель, в верхней части переохлажденных, радиусом до 10 мкм, в основании более мелких – около 6 мкм.

Остальные облака (As; Ns; Cb) имеют, который состоит, как из водяных капель, так и ледяных кристаллов одновременно.

В облаке не существует резкой границы между областями жидкими и твердыми элементами воды. Капли и кристаллы, составляющие облако, не остаются постоянно во взвешенном состоянии. Восходящими потоками они могут увлекаться вверх, при ослабевании же восходящих движений под действием силы тяжести опускаются вниз.

Выше уровня нулевой изотермы облака состоят преимущественно из переохлажденных капель. Переохлажденные водяные капли наблюдаются до уровня замерзания. Уровень замерзания располагается на высоте, где температура воздуха опускается от минус 12 °С до минус 17 °С. Выше этого уровня происходит уже сублимация водяного пара и облака состоят в основном из ледяных кристаллов.

10.7 Облака термической конвекции

Облака термической конвекции образуются под действием прогрева подстилающей поверхности. Различные участки земной поверхности нагреваются неодинаково, в результате над более нагретыми участками развиваются восходящие движения воздуха, а над менее нагретыми – нисходящие. Постепенно отдельные восходящие струйки сливаются и образуют мощный восходящий поток, вовлекающий в себя большие и большие объемы воздуха. На его периферии образуются многочисленные компенсирующие нисходящие движения. Скорость восходящих движений воздуха в конвективных облаках изменяется от нескольких долей метра в секунду до 30–40 м/с.

Если влагосодержание воздуха велико и имеются благоприятные условия для дальнейшего развития конвекции (отсутствие задерживающих слоев – инверсий;

неустойчивая стратификация средней части тропосферы), то кучевое облако быстро растет в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Вертикальное развитие кучевого облака происходит до тех пор, пока температура поднимающегося воздуха не сравняется с температурой окружающей среды. Особенно резко тормозится рост облака, когда его вершина попадает в слой с глубокой инверсией температуры. Однако при достаточно большой энергии восходящих движений кучевое облако может проникнуть через слой инверсии. Тогда на уровне "пробитой" инверсии остаются полосы облаков Ас.

Превращение мощных кучевых облаков в кучево-дождевые происходит при проникновении вершин конвективных облаков в слои с отрицательными температурами воздуха. При этом отмечается оледенение его вершины. Оледенение Сb начинается на высоте, где температура воздуха составляет минус 20 °С минус 25 °С (уровень кристаллизации).

Проникновение вершин кучевых облаков в область отрицательных температур увязывают с процессами укрупнения облачных элементов, самые крупные из которых могут выпадать в виде дождя или снега. В частности, с превышением Нвг Сb облака уровня кристаллизации связывают с образованием в облаке зародышей града и началом разделения в облаке объёмных зарядов. Верхняя граница Сb может быть ограничена, во-первых: ослабеванием энергии восходящих движений воздуха с высотой; во-вторых: достижением вершиной облака задерживающего слоя. В верхней тропосфере таким задерживающим слоем является тропопауза, хотя при интенсивной конвекции, по инерции, вершина Сb может проникнуть и в лежащую выше тропопаузы стратосферу. Превышение Нвг Сb высоты тропопаузы на 1-3 км бывает часто и связывает данное Сb с образованием в нем осадков и явлений очень высокой интенсивности.

Известно, что Сb состоят из одной или нескольких ячеек, каждая из них за время своего существования проходит через три стадии эволюции: рост, зрелость и распад.

По структуре радиозеха, облака кучевые и кучево-дождевые (далее Q) можно разделить на одноячейковые, мультячейковые, суперячейковые. За ячейку, здесь принимается, локальный максимум отражаемости и связанный с ним максимум интенсивности осадков.

Почти всегда одноячейковые Q бывают лишь начальной стадией образования мультячейковых облаков. При благоприятной синоптической ситуации (имеется влажный неустойчивый воздух) перед (по потоку) материнской ячейкой на расстояниях до 20-30 км, могут возникать дочерние облака. Дочерняя ячейка образуется вследствие вынужденного подъема воздуха, перед нисходящим потоком, вызванным выпадением осадков из материнского облака, находящегося к тому времени в стадии максимального развития (зрелости).

В мультячейковом облаке отдельные ячейки слабо взаимодействуют друг с другом. Иная картина наблюдается в суперячейковом облаке, которое состоит из одной квазистационарной конвективной ячейки, образованной из слившихся материнских и дочерних облаков. В суперячейковом облаке происходит объединение восходящих потоков, расположенных по соседству друг с другом. В таком облаке вертикальный ток воздуха может достигать значительных скоростей, что способствует образованию и накоплению в облаке элементов очень крупного размера.

На радиолокаторе переход в режим штормоповещения осуществляется исходя из наличия в зоне обнаружения радиолокатора облака с опасными явлениями, которые выявлены критериально. Большую ценность представляет собой понимание процессов эволюции облаков во времени. Умение работника связать соотношения LgZ , измеренные на различных уровнях высот верхних границ облаков, внешнего вида облачности на экранах индикаторов ИКО и ИДВ, со стадиями "жизни" облаков вертикального развития, является ключом к прогнозированию начала и окончания грозовой активности.

На индикаторе кругового обзора радиоэхо Q выглядит в виде ячеек, полос с резко очерченными краями, имеющих неправильную форму и большие значения отражаемости. В горизонтальной плоскости, в отдельной ячейке, можно выявить локальный максимум отражаемости. В переходный и холодный периоды года диаметр зон с max LgZ составляет 0,4 - 2 км, летом 5 - 10 км.

Основное отличие Q от прочих видов облаков в том, что оно обладает:

- четко локализуемым “ядром” или “стволом” с максимальной отражаемостью в “ядре” или “стволе”;
- уменьшением отражаемости к вершине облака и его периферии;
- изменчивостью отражаемости во времени, для отдельного Q (в зависимости от стадии его “жизни”).

Радиолокатор может наблюдать конвективное облако практически на всех трех стадиях его существования. При этом необходимо учесть, что облако (вершина) может находиться ниже горизонта прямой радиовидимости, либо наблюдения могут быть ограничены существующими на радиолокаторе углами закрытия.

10.8 Осадки и явления кучево – дождевой облачности

В зависимости от периода года из кучево – дождевой облачности могут выпадать ливневый дождь или снег.

Ливневый дождь представляет собой крупнокапельный кратковременный с максимальным диаметром капель 0,6-0,7 см дождь большой интенсивности. Его продолжительность составляет от нескольких минут до полутора часов. Интенсивность ливневых осадков существенно меняется во времени, охватывая сравнительно небольшие площади. В переходный и холодный период года выпадение ливневых осадков происходит в виде обильных снегопадов, состоящих из крупных хлопьев снега.

Ливневые дожди формируются за счет гравитационного роста облачных капель, а также мелкого града, крупы, которые тают в теплой части атмосферы, превращаясь в капли дождя. В средних широтах Сб, дающее радиоэхо, имеет смешанный фазовый состав микроэлементов и осадки всегда образуются сначала в виде твердых элементов. Между уровнем замерзания и уровнем нулевой изотермы лежит мощный переходный слой, в котором перемешаны переохлажденные капли и ледяные кристаллы. Снежинки, образовавшиеся в верхней части облака, падая через этот переходный слой, быстро растут за счет переноса на них пара с капель. Скорость их падения возрастает. При соударении друг с другом они слипаются. Если между облаком и землей температура воздуха отрицательная, то выпадает снег. Если между облаком и поверхностью земли, или в самом облаке проходит изотерма 0°С, ниже которой температура воздуха положительная, то твердые элементы тают и выпадает дождь.

Особенно интенсивно укрупняются облачные элементы в конвективных облаках, где скорость потоков достигает десятков м/с. Эти облака быстро развиваются, но зато существуют недолго. Поэтому из кучево-дождевых облаков выпадают осадки ливневого характера – крупнокапельный дождь или крупные хлопья снега. Сначала выпадают самые тяжелые элементы (более крупные), а затем более легкие (мелкие). По мере распада Сб, когда конвекция в облаке значительно ослабевает, облако “растекается”, из него могут выпадать осадки и обложного характера.

Надежным критерием распознавания конечной стадии эволюции Q в теплый и переходный сезоны года, является наличие в нем яркой полосы, выявленной на ИДВ. Яркая полоса располагается в районе нулевой изотермы чуть ниже, образована она скоплением облачных элементов различных по агрегатному состоянию.

Град образуется в теплое время года в часы, когда наиболее сильно развита термическая конвекция – в послеполуденные часы светлого времени суток.

В кучево-дождевом облаке скорость восходящих потоков увеличивается с высотой, достигая максимума в средней части и затем убывая к вершине. Над уровнем

максимальной скорости восходящих потоков образуется зона, в которой происходит накопление облачных элементов, в основном крупных капель. С проникновением этой зоны в область отрицательных температур, выше уровня кристаллизации, связывают возможность образования града в данном Q.

Процесс образования града состоит в укрупнении сферокристаллов и капель, замерзших в верхней части облака. При указанных выше условиях крупные капли, попавшие в верхнюю часть облака, замерзают и образуют зародыши градин, которые затем быстро растут за счет коагуляции (слияния) с переохлажденными каплями. В зависимости от высоты той части облака, в которой находится зародыш градины, его рост может происходить по-разному. При малой влажности происходит обзёрнение зародыша и тогда на поверхности градины образуется слой мутного льда. Это так называемый сухой рост града. При большой влажности происходит намерзание крупных капель, растекшихся по зародышу, и тогда на поверхности градины образуется прозрачная ледяная пленка. Это так называемый мокрый рост града. Так как влажность среды, окружающая градину, меняется в зависимости от времени, да и сам зародыш может увлекаться то восходящими, то нисходящими движениями воздуха, меняя свое положение в пространстве с различной влажностью, процессы сухого и мокрого роста градины чередуются, в результате чего и возникает слоистая структура градины. Анализ структуры выпавшего града показывает, что он формируется, в основном, в процессе мокрого роста.

Ту часть облака, где происходит рост града, называют градовым очагом. Здесь вследствие восходящих потоков скоростью 20-35 м/с сначала за 0,5-1,5 часа образуется большое число крупных капель, а затем начинается образование града. Рост градины диаметром от 2,5 мм до 20-30 мм происходит всего за 4-6 мин. Чем больше скорость восходящих потоков, чем дольше они действуют, тем более крупные градины могут образоваться в облаке.

Осадки в виде града не всегда достигают земной поверхности, иногда град успевает полностью растаять на пути падения и тогда выпадает ливневой дождь. Летом, когда $H_{то} = 3-4$ км, град радиусом менее 1 см полностью тает, а если $H_{то}$ лежит в пределах 1-2 км, то могут выпадать и градины менее 1 см. Средняя продолжительность выпадения града колеблется в пределах от 1 до 10 минут, но в отдельных редких случаях она может быть и больше.

Выпадение града представляет собой более локальное явление, чем, например, гроза. Область выпадения града из отдельной Q редко превышает 1-3 км в диаметре. Иная картина наблюдается в мультячейковых облаках, в этом случае области выпадения града взаимно перекрываются и имеют вид ряда параллельных полос длиной 10-40 км шириной 2-7 км. В суперячейковых процессах все стадии образования σ протекают одновременно в разных точках пространства, соответственно увеличивая область градобития и время выпадения града в каждом конкретном пункте.

Гроза представляет собой комплексное явление, необходимой частью которого являются многократные электрические разряды между облаками или между облаком и землей (молнии), сопровождающиеся звуковым явлением – громом. Гроза характеризуется также сильными шквалистыми ветрами и ливневыми осадками, нередко с градом.

Основная причина возникновения разряда в кучево-дождевом облаке заключается в том, что конвективные потоки (восходящие и нисходящие движения воздуха) приводят к разделению электрических зарядов в облаке. Положительные заряды скапливаются у вершины, а у основания облака накапливаются отрицательные заряды. При ударе молнии происходит нейтрализация этих зарядов.

Благодаря самолетным и радиолокационным исследованиям, удалось выявить, что S_b облака состоят из одной и более ячеек, в которых сосредоточены области с резко

выраженной вертикальной скоростью, интенсивностью осадков, электрической активностью.

Согласно наблюдениям, существование отдельной ячейки можно разделить на три стадии в зависимости от величины и направления вертикальных потоков воздуха. Стадия роста С_b характеризуется существованием восходящего потока во всей ячейке; стадия зрелости - наличием как восходящих, так и нисходящих движений, по крайней мере, в нижней части ячейки, началом грозовой деятельности и появлением осадков под основанием облака; стадия распада характеризуется преобладанием слабых нисходящих потоков по всей ячейке с заметным ослаблением интенсивности осадков и грозовой деятельности.

Продолжительность стадии роста (имеется в виду время обнаружения радиоэха Q радиолокатором) составляет 10-15 мин; стадия зрелости длится, в среднем для одной ячейки, 15-30 мин. Продолжительность стадии распада, до полного прекращения вертикальных движений в облаке, составляет порядка 30 мин.

Учитывая то, что радиолокатор может наблюдать в среднем до 60 % времени всей "жизни" кучево-дождевой облачности, на протяжении всей стадии его эволюции, делает радиолокатор наиболее совершенным инструментом, эффективно обнаруживающим и распознающим грозоопасное состояние любого Q в радиусе 180-200 км, в 85-95 % всех случаев.

Используемый в практике сети радиолокаторов критерий грозоопасности позволяет в квадрате 30x30 км уже в течение значительного промежутка времени (10-30 мин) выявлять в Q, находящемся в стадии роста, грозоопасное состояние.

Кучево-дождевые облака в первой стадии развития опасны для полетов воздушных судов, поскольку попадание самолета в такое облако может инициировать электрический разряд. Поэтому опережение в целом во времени визуальных данных о грозах, безусловно, положительное качество данных радиолокатора при метеорологическом обеспечении полетов авиации.

Более того, радиолокатор имеет возможность в течение 10-15 мин распознавать грозоопасное состояние Q после прекращения в нем электрических разрядов.

Известно, что важнейшим моментом в развитии конвективного облака является оледенение его вершины. С ним тесно связан процесс интенсивного разделения электрических зарядов. Оледенение облака начинается при попадании его вершины в область температур от минус 20 °С до минус 25 °С, а на земле вблизи облака начинается рост электрического поля. Затем начинается снижение вершины радиоэха, указывающее на возникновение в Q нисходящих потоков. Начало нисходящего движения вершины радиоэха по времени совпадает с первыми ударами молнии внутри облака и появления осадков у его основания. Через несколько минут начинаются разряды между облаком и землей.

Грозовая активность и выпадение ливневого дождя продолжается в течение 10–15 мин до снижения вершины радиоэха в область температур от минус 10 °С до минус 15 °С. Если в данном С_b нет вновь растущих ячеек, то облако распадается.

Безусловно, электрическая активность кучево-дождевого облака зависит от водности в нем и от высоты его верхней границы. Чем выше лежит Нвг, тем чаще оно генерирует электрические разряды. Максимальные значения Нвг Q находятся в районе тропопаузы, но при достаточной энергии вертикальных движений воздуха, вершина Q может проникнуть и в лежащую выше тропопаузы стратосферу.

Визуально верхняя граница С_b может оказаться ниже верхней границы радиоэха С_b, если будет существовать выброс крупных облачных частиц диаметром больше 500 мкм за счет восходящих потоков. Превышение верхней границы радиоэха Q своих истинных значений происходит из-за того, что радиолокатор обнаруживает аномальное радиоэхо, которое образуется над вершиной Q ближе к тыловой части, по переносу.

На индикаторе ближней зоны вертикальный разрез во всех случаях есть возможность отделить по структуре радиоэха Q от аномального; в дальней зоне, на индикаторе кругового обзора, измерить истинное положение верхней границы Q часто не представляется возможным. Работник не в состоянии определить, какую засветку в данный момент он наблюдает: то ли это засветка от вершины Q, то ли от маскирующей вершину Q области аномального радиоэха.

Замечено, что вышеописанная ситуация проявляется в случаях достижения/превышения верхней границей радиоэха Q уровня тропопаузы, т. е. при $H_{вг}=10$ км и более. Думается, что при облучении лучом длиной волны $\lambda=10$ см вершины облака, в турбулентности, присутствующей над вершиной любого Сб, создается устойчивый атмосферный волновод, который может образоваться лишь в слоях инверсии температуры и дефицита влажности воздуха, то есть при тех условиях, какими обладают слой тропопаузы и лежащая выше стратосфера.

Сигнал, отраженный от устойчивого атмосферного волновода, попадает в приемник и маскирует истинную высоту радиоэха Q. Превышение $H_{вг}$ Q своих истинных значений приводит к неоправданной интерпретации техником по радиолокации опасных явлений в сторону возрастания их количества. Страдает и качество информации, так как происходит подмена грозоопасных Q градоопасными.

Шквал представляет собой внезапное резкое усиление ветра, часто сопровождающееся изменением его направления.

В мощном Сб сильный восходящий поток имеет форму струи, в которой происходит рост облачных частиц. Максимум его вертикальной скорости расположен выше середины облака. В этой области идет интенсивное накопление крупных элементов. Выпадая из восходящего потока, частицы осадков увлекают воздух, благодаря его вязкости, способствуют образованию нисходящего потока. Вблизи поверхности земли нисходящий поток начинает растекаться, образуя фронт порывистости (зону шквала). Так как облако движется относительно земной поверхности, то нисходящий поток переносит к земле и горизонтальную скорость облака, которая складывается со скоростью растекания потока. Фронт порывистости обычно отстоит от переднего края выпадающих из Сб осадков, на расстояние, редко превышающее 10÷15 км.

На возникновение шквала оказывает влияние и синоптическая ситуация. Наличие фронтальных разделов, особенно холодных фронтов и фронтов окклюзии, способствует упорядочиванию отдельных очагов кучево-дождевой облачности в гряды. В этом случае происходит слияние отдельных зон шквалистого усиления ветра в сплошную полосу.

На радиолокаторе для локализации шквала применяется радиолокационно-синоптический метод, позволяющий диагностировать шквал со скоростями порывов ветра больше 18 м/с в ячейке 30х30 км, в $r=180-200$ км от радиолокатора. Заблаговременность данного метода до 60 минут.

Синоптикам дежурной смены следует знать, что при использовании данного метода диагноз на возможность возникновения шквала ставится для всей системы в целом, а не для конкретного очага или ячейки 30х30 км.

10.9 Слоисто-дождевая облачность

Облака Ns большой мощности и протяженности, из которых выпадают устойчивые обложные осадки, образуются на фронтальных разделах воздушных масс. Ns образуются при медленном, но длительном подъеме воздуха в большом слое, скорость подъема несколько сантиметров в секунду наблюдается, по крайней мере, в течение нескольких часов. Осадки из этих облаков обычно выпадают на большой площади, продолжительность времени выпадения составляет несколько часов.

Обложные осадки, выпадающие из систем слоисто-дождевых облаков, имеют меньшую интенсивность и состоят из более мелких элементов, чем осадки из Сб. Последнее указывает на то, что механизм разрешения осадков в них действует гораздо

ТКП 17.10-20-2010

медленнее, чем в облаках кучевых форм; это, вне всякого сомнения, является следствием более слабых вертикальных токов в облаках слоисто-дождевой формы и их меньшей водности.

Радиоэхо слоисто-дождевой облачности на экране ИКО представляет однородную засветку, похожую на пелену с нечеткими размытыми краями. Как правило, радиоэхо слоисто-дождевых облаков занимает на экране индикатора кругового обзора значительные площади.

Поле высот радиоэха достаточно однородно и по мере удаления от радиолокатора монотонно убывает во всех направлениях. Такой вид радиоэха объясняется тем, что данная система связана с атмосферными фронтами и представляет собой сплошной массив облачности, имеющий горизонтальные размеры в несколько сотен, порой тысяч километров. Убывание высот верхних границ радиоэха с увеличением расстояния от радиолокатора объясняется особенностью вертикального распределения отражаемости, которая в свою очередь, обусловлена микрофизическим строением слоисто-дождевой облачности.

N_s по фазовому состоянию элементов смешанные, состоящие в нижней части из капель, в районе нулевой изотермы переохлажденных капель и некоторой примеси ледяных кристаллов. Вершины облаков N_s , лежащие в области низких температур, состоят в основном из ледяных кристаллов, которые имеют значительно меньшую отражаемость по сравнению с каплями воды.

11 Радиолокационные критерии для выявления зон осадков и локализации опасных явлений в теплый период года

11.1 Обложной дождь

Обложные осадки проставляются, если ячейки 30x30 км заняты радиоэхом облаков следующих систем: PCO Сплошное/Несплошное.

В радиусе 120 км от радиолокатора радиоэхо слоистообразной облачности достигает земли и при этом значение $LgZ_1 \geq 0,0$.

При отсутствии LgZ_1 , т. е. с расстояния, превышающего 120 км от радиолокатора, работник имеет право в системах Сплошного/Несплошного PCO определить наличие обложного дождя по значению LgZ_2 .

В радиусе от 120 км до расстояния, где можно измерить LgZ_2 , обложной дождь в ячейках пространства 30x30 км проставляется со значения $LgZ_2 \geq 0,0$.

Расстояние, до которого возможен замер LgZ_2 , определяется высотой нулевой изотермы. С расстояния, где невозможно измерить LgZ_2 , осадки определяются по значению LgZ_3 . LgZ_3 должен быть $\geq 0,0$.

С расстояния, где уже невозможен замер LgZ_2 , обложной дождь в ячейках пространства 30x30 км должен быть определен по LgZ_3 . LgZ_3 в этом случае любой.

Иначе говоря, с расстояния, где невозможно измерить LgZ_2 в системах со слоисто-дождевой облачностью, осадки проставляются по наличию N вне зависимости от величины LgZ_3 .

Необходимо знать, что:

- из облаков слоистообразных форм не могут выпадать осадки штормовой интенсивности ($LgZ \geq 2,8$);
- эффективный радиус обнаружения радиолокатором PCO не превышает 120-150 км;
- очень сомнительным будет считаться PCO с $LgZ_1, LgZ_2 \geq 1,2$ (умеренная интенсивность осадков), если это не радиоэхо N;
- LgZ_3 в PCO в редких случаях, может принимать значения больше 0,0 (в системах с N обычно не более 0,2-0,4).

Примечание - При анализе системы радиоэха слоисто-дождевой облачности и интерпретации осадков нужно учитывать возможность пересечения лучом радиолокатора области нулевой изотермы, в районе которой значения LgZ_2 , LgZ_3 могут быть завышены на 6-12 дБ.

В ближней зоне в РСО осадки интерпретируются как обложные, если радиоэхо облачности простирается до Земли и $LgZ_1 \geq 0,0$.

11.2 Ливневый дождь

Осадки ливневого характера проставляются в ячейках пространства 30x30 км, если эти ячейки заняты радиоэхом конвективной облачности.

В радиусе 120 км от радиолокатора радиоэхо Q достигает Земли и при этом измеренное значение $LgZ_1 \geq 0,0$.

С расстояния, где невозможно измерить LgZ_2 , ливневые осадки в ячейках пространства 30x30 км проставляются по LgZ_3 . Измеренное значение LgZ_3 , при этом, должно быть $\geq 0,0$.

В ближней зоне осадки интерпретируются как ливневые, если:

– радиоэхо Q достигает Земли и $LgZ_1 \geq 0,0$.

Для всех типов радиоэха облачностью без осадков, в ячейке пространства 30x30 км дальней зоны и азимутах ближней зоны, будет считаться:

– радиоэхо облаков, не достигающих земли (Приподнятое РСО);

– радиоэхо облаков достигает земли, но отражаемость на самом нижнем стандартном уровне, которую можно измерить на данном удалении в ячейке пространства 30x30 км меньше 0,0, даже если величина отражаемости, измеряемой на более высоких уровнях, имеет положительные значения РСО.

11.3 Интенсивность выпадения осадков

Под интенсивностью выпадения осадков в радиометеорологии понимают максимальную измеренную величину отражаемости облаков, радиоэхо которых достигает земной поверхности. Интенсивность осадков оценивается по максимальному значению LgZ , измеряемому на любом из стандартных уровней съема в ячейке пространства 30x30 км дальней зоны, либо в азимутах ближней зоны.

В азимутах ближней зоны и ячейках пространства дальней зоны, интерпретировать явление как град, если радиоэхо конвективной облачности обладает следующими радиолокационными характеристиками:

– отражаемость на любом из уровней измерения LgZ_1 ; LgZ_2 ; $LgZ_3 \geq 4,0$;

– при $H_{вг} \geq 10$ км, отражаемость на любом из уровней измерения $\geq 3,7$;

– выполняется условие выражения $H_{вг} \times LgZ_3 \geq 39,6$.

В азимутах ближней зоны и ячейках пространства 30x30 км дальней зоны интерпретировать радиолокационные параметры конвективного облака как грозоопасные, если радиоэхо Q обладает следующими характеристиками:

$$LgZ_1 \geq 1,2 \text{ и/или } LgZ_2 \geq 1,8$$

В этом случае значок грозы, в квадратах 30x30 км и азимутах ближней зоны не ставится, но техник по радиолокации переходит в режим штормоповещения.

Явление в дальней зоне и в азимутах ближней зоны определяется как гроза, если выполняется выражение:

$$H_{вг} \times LgZ_3 \geq H_t - 22 \times 1,5,$$

где коэффициент 1,5 является климатическим коэффициентом грозоопасности и представляет собой значение LgZ_{3min} минимальное значение отражаемости,

ТКП 17.10-20-2010

измеренное на третьем уровне, при котором в кучево-дождевой облачности возможны электрические разряды (молнии), т. е. гроза.

Гроза в дальней зоне и в азимутах ближней зоны может локализовываться также при условии:

$$H_{вг} \times LgZ2 \geq H_t - 22 \times 2,0$$

Этот критерий необходимо использовать лишь в следующих случаях:

- когда верхние границы наблюдаемого Q меньше или равны высоте третьего уровня измерения отражаемости LgZ ($H_{вг} \leq H_t + 2$ км);
- когда из-за затухания сигнала, вызванного выпадением осадков высокой интенсивности в ближней зоне, достоверность величин LgZ3 и $H_{вг}$ вызывает сомнения.

Примечание – Работник имеет право поставить значок грозы, руководствуясь критериями, приведенными выше, только в том случае, если при анализе данных не был выявлен град. Град является более опасным явлением погоды, чем гроза.

Ячейка пространства 30x30 км или азимут ближней зоны с ливнем штормовой интенсивности считается в $r=120$ км: $LgZ1$ и/или $LgZ2 \geq 2,8$, за 120 км: $LgZ2 \geq 2,8$

Примечание - Работник имеет право поставить значок ∇_6 - ливневого дождя, руководствуясь критериями, приведенными выше, лишь в том случае, если при анализе данных не было выявлено другого более опасного явления погоды.

11.4 Радиолокационные критерии определения шквалов

Шквал - внезапное резкое усиление ветра, часто сопровождающееся изменением его направления, длительностью от нескольких до десяти 10 мин. Не следует путать шквал с отдельными порывами ветра продолжительностью несколько секунд. Продолжительность шквала не менее 1 мин.

В S_b , достигшего стадии максимального развития, сильный восходящий поток, длительно поддерживаемый притоком теплого и влажного воздуха, имеет форму струи, в которой происходит рост частиц осадков. Максимум вертикальной скорости, с которым связана зона интенсивного роста осадков, располагается выше середины облака. Выпадая из восходящего потока, частицы осадков увлекают воздух благодаря его вязкости. В зону нисходящих движений происходит заток относительно сухого и имеющего низкие потенциальные температуры воздуха средней тропосферы. Его проникновению сюда способствуют большие относительные горизонтальные скорости движения около облачного воздуха, сопровождающиеся частичным “продуванием” S_b . Так как внутри большей части S_b и в его окрестностях воздух имеет влажнонеустойчивую стратификацию, то нисходящий поток начинает ускоряться под действием веса осадков. В подоблачном слое температура воздуха в потоке чаще всего ниже, чем в окружающей атмосфере, из-за испарения и таяния частиц осадков и скорость потока продолжает расти.

Вблизи поверхности земли нисходящий поток начинает растекаться, образуя фронт порывистости (зону шквала). На скорость подоблачного нисходящего потока влияет фазовый состав осадков. При выпадении града происходит более интенсивное, за счет его таяния, охлаждение воздуха. В этом случае скорость растекания потока более высока, чем при выпадении ливневого дождя.

Поскольку кучево-дождевое облако движется относительно земли, то нисходящий поток переносит к земле и горизонтальную скорость облака, которая складывается со скоростью растекания потока. Поэтому скорость ветра под передней частью больше, нежели под его тыловой частью. Под мощными зрелыми облаками эта разность может

превышать 20 м/с. Фронт порывистости может отстоять от переднего края зоны осадков из Сb на расстоянии до 10-15 км.

Шквал является более локальным явлением, чем гроза. Для его регистрации необходимо прохождение Сb непосредственно над метеостанцией.

В зонах атмосферных фронтов, особенно холодных, быстро движущихся фронтов окклюзии, линий неустойчивости создаются условия для организации Сb в виде линий, гряд, что упорядочивает циркуляцию в облаках, увеличивает интенсивность процессов осадкообразования и время жизни очагов. Более того, ориентация в пространстве радиоэха в виде полос и гряд способствует слиянию зон порывистости отдельных Сb в одну сплошную полосу, которая обнаруживается наземной сетью метеостанций.

С помощью радиолокатора можно измерить следующие параметры, влияющие на образование шквала:

- высоту радиоэха;
- скорость его переноса;
- отражаемость на уровне формирования осадков;
- определить структуру очагов радиоэха.

Наблюдения показывают, что шквалы возникают над территорией Беларуси при прохождении Сb с высотами верхних границ радиоэха от 8 до 16 км. Шквалы в Сb с Нвг меньше 10 км наблюдаются сравнительно редко и отмечаются, как правило, при больших скоростях ветра в средней и нижней тропосфере на фоне общего усиления приземного ветра в зонах холодных фронтов.

В мало подвижном или медленно смещающемся < 30 км/ч радиоэхе образование сильных, со скоростями порывов ветра ≥ 18 м/с шквалов, считается маловероятным.

Шквал определяется в ячейках пространства обзора радиолокатора 30×30 км в радиоэхе Q с высотами верхних границ ≥ 10 км и со скоростью переноса больше 30 км/ч.

При наличии в радиусе 180-200 км от радиолокатора систем РКО, РКСО с Нвг ≥ 10 км и скоростями переноса $F \geq 30$ км/ч, учитывая синоптическую ситуацию (фронт/без фронта), должен выбрать две ячейки 30×30 км, причем одну из них по возможности в радиусе 100 км. Выбор должен быть обусловлен характером организации очагов радиоэха Q в пространстве. Для линий шквалов характерна следующая организация радиоэха:

- полоса длиной более 70 км слившихся или плотно расположенных очагов с резко очерченной передней кромкой, сближающаяся с очагами перед ней;
- гряда из трех и более мощных очагов радиоэха Q, имеющих продолговатую форму с расстоянием между очагами примерно равным длине очага;
- отдельные мощные очаги, перемещающиеся со значительными скоростями и сближающиеся с другими очагами (на стадии роста Нвг и LgZ);
- приоритет отдается системам с "чистым" РКО;
- на системах РКСО (особенно С-А-Н; Q) принадлежащих теплым фронтам, возникновение шквала считается маловероятным.

Далее работник выбирает:

- наиболее быстро смещающуюся ячейку Q;
- в системе с равными скоростями перемещения, предпочтение отдается очагу Q с максимальным значением высоты верхней границы;
- из Q с равными значениями Нвг предпочтение следует отдать той, у которой LgZ₃ максимален.

Если в радиусе 180-200 км от радиолокатора имеется несколько систем облачности с различными характеристиками перемещения и обладающими параметрами, допускающими возникновение шквала, то диагностируется шквал в каждой системе радиоэха.

Следующим шагом является расчет выражения $LgZ_3 + 0,04 \times F$, где F – скорость переноса радиоэха. Q может быть заменена на скорость потоков, запрашиваемых у

ТКП 17.10-20-2010

дежурной смены синоптиков на стандартном уровне 700 гПа по ближайшим данным радиозондирования.

Заключительным шагом является определение в диагностируемых на шквал ячейках 30x30 км наиболее вероятной скорости порывов ветра. Скорость порывов ветра рассчитывается по формулам, приведенным ниже

$$\begin{aligned} V &= 13,9 + 0,16F - 0,3LgZ_3 && \text{для Нвг} = 10\text{км} \\ V &= 17,7 + 0,07F - 0,2LgZ_3 && \text{для Нвг} = 11-12\text{км} \\ V &= 15,7 + 0,22F - 1,2LgZ_3 && \text{для Нвг} = 13-16\text{км} \end{aligned}$$

12 Получение первичных метеорологических радиолокационных данных

В теплый период, работник пункта метеорологических радиолокационных наблюдений начинает работу в режиме штормового оповещения (далее – штормоповещение), если радиоэхо с ОЯ находятся в 100 км зоне от радиолокатора.

Дополнительные сроки во все периоды года выполняются, если:

- настоятельно рекомендуется дополнительное включение радиолокатора;
- дополнительное измерение облачности, когда радиоэхо с ОЯ еще не находится в 100 км зоне, но характеристики его смещения предполагают вход данного радиоэха в 100 км зону уже в текущем часе (в промежутке между ежечасными включениями).

В холодный и переходный периоды года радиолокатор переводится в режим штормоповещения (ежечасные включения) если:

- в радиусе обнаружения радиолокатора ($r = 300$ км) радиоэхо обладает отражаемостями LgZ_1 и/или $LgZ_3 \geq 0,7$;
- дальность метеорологической видимости в осадках не превышает 1000 м;
- скорость смещения радиоэха больше 65 км/час;
- ОЯ в радиусе обнаружения радиолокатора.

Основной (синоптический) и ежечасный сроки:

- качественная картина горизонтального распределения радиоэха на ИКО, т. е. оконтуривание радиоэха под оптимальным углом возвышения антенны;
- измерение значений максимальных высот в дискретных ячейках пространства, занятого радиоэхом, размером 30x30 км;
- измерение максимальных значений отражаемостей (LgZ) на двух уровнях в каждой ячейке пространства 30x30 км, занятых радиоэхом облачности (для РСО достаточно одного уровня съема);
- получение качественных картин вертикальных разрезов радиоэха на ИДВ, в контрольных азимутах или выбранных (по максимуму LgZ) работником азимутах;
- измерение максимальных верхних и нижних границ каждого типа радиоэха, если положения верхних или нижних границ различимы на ИДВ. Для Q, наблюдающегося “на фоне” РСО, обязательно выделение (пунктирной линией) и локализация его высоты верхней границы;
- получение значений максимальной отражаемости в выбранных азимутах. Для слоистообразной облачности можно ограничиться измерением отражаемости на первом уровне (LgZ_1). Для РКО обязательно измерение отражаемостей на всех уровнях (LgZ_1 и LgZ_3).

Дополнительные (получасовые) сроки без ОЯ:

- качественная картина горизонтального распределения радиоэха на ИКО;
- измерение значений максимальных отражаемостей на двух уровнях, в 3-6 ячейках пространства 30x30 км, в $r = 100$ км от радиолокатора. Необходимо локализовать все Q, которые имеют $LgZ_3 \geq 1,2$ и/или $LgZ_2 \geq 1,8$ в теплый период года. В холодный и переходный периоды необходимо локализовать все Q с отражаемостью $LgZ_1/LgZ_3 \geq 0,7$;
- объем максимальных значений высот радиоэха, в ячейках, где производился замер LgZ ;

- получение вертикальных разрезов на ИДВ в азимутах, выбранных работником;
- измерение максимальных верхних и нижних границ в выбранных азимутах на ИДВ;
- измерение отражаемостей в выбранных азимутах на ИДВ. В РСО достаточно измерить максимальную отражаемость на первом уровне. В РКО необходим замер отражаемостей на всех стандартных уровнях измерения.

Синоптические сроки с ОЯ:

- получение качественной картины горизонтального распределения радиоэха на ИКО в выбранном оператором масштабе;

- измерение максимальных значений отражаемости в дискретных ячейках пространства 30х30км, занятого радиоэхом на ИКО. Допускается, при наличии большого количества ОЯ, в пространстве обзора радиолокатора (8-10 ячеек 30х30км), вести неполные измерения отражаемостей, т. е. LgZ в “нештормовых” квадратах можно не измерять. В целях сокращения времени на получение и обработку первичных данных, разрешается, только в теплый период года, не производить замер отражаемости радиоэха на втором (LgZ₂) уровне в ячейках с опасными явлениями. Допускается так же, не измерять отражаемость и на первом уровне (LgZ₁), в квадратах пространства 30х30 км с выявленными критериально грозами. Вышеперечисленные допуски, используемые при измерении LgZ₁ и LgZ₂, должны применяться в сроки с высоким количеством штормовых очагов, например, более 10–15 в пространстве обзора радиолокатора. При небольших количествах ячеек 30х30 км с ОЯ, необходимо получить значение отражаемости всех Q, наблюдаемых в пространстве обзора на всех стандартных уровнях измерения, или, по крайней мере, получить отражаемости тех РКО, LgZ₁/LgZ₃ которых больше или равен 0,7 (холодный и переходный периоды). В теплый период, соответственно LgZ₁ ≥ 2,8; LgZ₂ ≥ 1,8 и/или LgZ₃ ≥ 1,2;

- измерение максимальных высот в тех ячейках пространства, где производился замер LgZ. При невысоком количестве ОЯ необходимо зафиксировать максимальную Нвг и в тех ячейках, где располагается радиоэхо “чисто” слоистообразной облачности. Данная процедура измерения Нвг в РСО, позволяет получать более качественную картину радиолокационной информации о распределении по ярусам, наблюдаемых форм РСО в дальней зоне;

- получение качественных картин вертикальных разрезов в выбранных техником азимутах на ИДВ. Предпочтение следует отдать ОЯ, располагающимся в контрольном азимуте, пусть даже, в данном квадранте находится ОЯ более высокой интенсивности, но не лежащее в контрольном азимуте наблюдения;

- измерение максимальных верхних и нижних границ радиоэха. Верхние и нижние границы следует определять для всех форм слоистообразных облаков, наблюдаемых в данном азимуте, если эти границы визуально четко различимы на ИДВ. Конвективные ячейки, наблюдающиеся “на фоне” РСО, следует обязательно выделять на разрезе пунктиром и фиксировать Нвг max этой выделенной области Q;

- получение значений максимальной отражаемости в выбранных азимутах. В РСО допускается измерение отражаемости только на первом уровне. В РКО обязательно измерение на всех стандартных уровнях.

Ежечасные сроки с ОЯ:

- получение качественной картины горизонтального распределения радиоэха на ИКО в выбранном работником масштабе;

- измерение максимальных значений отражаемости в дискретных ячейках пространства 30х30 км, со значений удовлетворяющих критериям определения ОЯ в соответствующий период года;

- измерение максимальных значений верхних границ, в ячейках 30х30 км дальней зоны, где производился замер LgZ;

- получение качественных картин вертикальных разрезов в выбранных работником азимутах на ИДВ;

ТКП 17.10-20-2010

- измерение максимальных верхних и нижних границ радиоэха в выбранных на ИДВ азимутах;
- получение значений максимальной отражаемости.

Примечание - В случае отсутствия РКО в ближней зоне первичные метеорологические радиолокационные данные не снимаются, о чем в данном азимуте делается соответствующая пометка "радиоэха Q нет".

13 Расчетная оправдываемость прогноза для различных интервалов заблаговременности

Оправдываемость – характеристика, учитывающая объективные обстоятельства, по которым данный радиолокатор может не выявить какие-либо ОЯ.

Под заблаговременностью прогнозов понимается интервал времени от момента составления прогноза до начала опасных явлений и осадков в конкретных пунктах. Под оправдываемостью прогнозов понимается отношение $(n/N) \cdot 100\%$, где N – общее число составленных прогнозов, по которым ожидалось появление опасных явлений и осадков, n – число оправдавшихся прогнозов.

Ошибка определения скорости (V) и направления (d) поля радиоэха имеет место в следующих случаях:

- в период одновременного возникновения и развития конвективной облачности над различными участками района (внутримассовая ситуация), когда V и d могут резко меняться. С прекращением возникновения новых ячеек и с их слиянием, когда конфигурация радиоэха облачности и его площадь мало изменяются, рассчитываемые V и d стабилизируются;

- при наличии радиоэха слоистообразной облачности в форме размытого пятна с центром над радиолокатором;

- в периоды, когда фронтальные полосы радиоэха входят в радиус обзора радиолокатора или выходят за его пределы;

- в периоды, сильного ослабления отраженных сигналов в ливневых осадках, выпадающих в пункте размещения радиолокатора.

Прогноз развития Сб и гроз на 2-3 часа совместно с фактическими данными радиолокатора позволяет с достаточной заблаговременностью разработать штормовое предупреждение о начале ОЯ по району, а в сочетании с приземными метеорологическими данными уточнить прогноз для конкретных пунктов.

Ограничением заблаговременности прогноза по радиолокационным данным является время существования явления.

Радиолокационная информация может служить как для оценки оправдываемости прогнозов, так и для их уточнения в процессе подготовки штормового оповещения по району и конкретным пунктам.

Применение информации доплеровских радиолокаторов позволяет синоптику в самых сложных ситуациях, определяя V и d, корректировать прогнозы, пользуясь данными последних наблюдений.

При сопоставлении данных пунктов приземных наблюдений и радиолокатора отношение количества случаев данного класса ОЯ по радиолокатору совпавших с ОЯ по данным пунктов приземных наблюдений этого же класса, к количеству случаев ОЯ по пунктам приземных наблюдений данного класса, выраженное в процентах, есть оправдываемость данного класса ОЯ по радиолокатору (%).

Достоверность – характеристика, учитывающая объективные обстоятельства не выявления радиолокатором каких-либо ОЯ, присущих данной местности, а также особенности радиолокационных условий наблюдений. К таким обстоятельствам могут относиться:

– большие углы закрытия в азимуте (секторе) местонахождения ОЯ из-за наличия в радиусе обзора радиолокатора местных предметов (высоких деревьев, зданий сооружений и т.д.), препятствующих наблюдению позади них метеоцелей из точки установки антенны радиолокатора.

К сопоставлению берутся сведения пунктов приземных наблюдений, расположенных в радиусе 200 км от радиолокатора об опасных, связанных с облачностью, явлениях погоды разного класса (шквал со скоростью более 20 м/с, град, гроза, сильные осадки) и данные радиолокатора.

Оценка наблюдений и информационной работы радиолокатора штормового оповещения и метеобеспечения авиации складывается из ежедневных и ежемесячных оценок: за выполнение объема и своевременность основных (план и качество) и дополнительных наблюдений и работ (количество); выполнение плана и качество информационной работы; за эксплуатацию аппаратуры; за проведение профилактических и ремонтных работ на радиолокаторе; за ведение текущей и отчетной документации; за выполнение вспомогательных работ, способствующих повышению качества, оперативности получения и передачи информации, повышению безопасности условий труда.

В качестве основного критерия оценки качества информации радиолокатора за год принимается процент совпадения информации о грозах по радиолокатору и пунктам приземных метеорологических наблюдений в радиусе 180 км от радиолокатора за грозовой сезон. За критерии совпадения радиолокационной и приземной информации предлагается принять следующие:

– в зоне до 30 км от радиолокатора грозы считаются одновременными (совпадающими), если в течение 30 мин до и после середины срока наблюдений в ближней зоне радиолокатора они подтверждены приземными наблюдениями;

– в зоне от 30 до 180 км от радиолокатора грозы считаются одновременными (совпадающими), если в течение 40 мин до и после середины срока наблюдений в дальней зоне радиолокатора они подтверждены приземными данными; пространственный радиус совпадения на границах зоны (180 км) может достигать 30 км при среднем значении 10–15 км.

Грозы, отмеченные пунктами приземных наблюдений в азимутах с большими углами закрытия радиолокатора (если максимально обнаружимые высоты радиоэха гроз превышают 9 км), не принимаются в расчет совпадения. При отсутствии гроз (в грозовой сезон) в качестве критерия принимается процент совпадения информации радиолокатора и пунктов приземных наблюдений о жидких, смешанных и твердых осадках с интенсивностью ≥ 1 мм/ч в радиусе 90–100 км в зависимости от времени года.

Оценка оправдываемости шквалов выполняется аналогично оценке точности распознавания гроз. Сопоставление радиолокационных данных с данными пунктов приземных наблюдений проводится следующим образом:

– для каждого пункта приземных наблюдений, отметившего шквал со скоростью более 15 м/с, за период ± 30 мин от времени шквала выбирается радиоэхо, выходящее к пункту приземных наблюдений (на удалении до 15 км) или прошедшее над ним;

– для всех случаев прогнозирования шквалов в оперативной работе выбираются данные о максимальных скоростях ветра тех пунктов приземных наблюдений, которые в период ± 30 мин от срока наблюдений на радиолокаторе находились на удалении до 15 км от границ радиоэха; если таких пунктов наблюдений несколько, то выбирается максимальная скорость ветра; если таких пунктов нет, то случай отбрасывается.

В конце сезона все случаи заносятся в таблицу сопоставления наземной и радиолокационной информации о шквалах. Для каждого случая заносятся: дата,

ТКП 17.10-20-2010

данные приземных наблюдений, данные радиолокатора, аэрологические данные, синоптические данные, результаты расчетов, оценка оправдываемости и возможные дополнения и уточнения информации.

Для оценки технического состояния радиолокатора необходимо использовать следующие критерии:

- среднюю наработку (часы за год);
- процент отказов радиолокатора, возникающих вследствие нарушений обслуживающим персоналом требований по эксплуатации аппаратуры;
- среднюю наработку радиолокатора в час на отказ за год;
- своевременность проведения профилактических работ согласно годовому плану;
- наличие претензий со стороны инженера-радиометеоролога.

Текст для ознакомления

Приложение А
(обязательное)

Метеорологические радиолокаторы

А.1. Метеорологические радиолокаторы МРЛ-2, МРЛ-5 представляют собой специализированные радиолокаторы штормового оповещения и градозащиты.

Они предназначены для решения следующих задач:

– обнаружения и определения местоположения очагов гроз, града и ливневых осадков в радиусе 300 км;

– определения горизонтальной и вертикальной протяженности метеоцелей, направления и скорости их смещения;

– определения верхней и нижней границы облаков любых форм;

– измерения мощности радиоэха метеоцелей.

МРЛ-5 позволяет решать не только задачи штормового оповещения, но и служит для:

– обнаружения и локализации градовых очагов в облаках;

– селекции радиоэха метеоцелей на фоне мешающих отражений от местных предметов.

С помощью радиолокатора МРЛ-5 можно разрабатывать краткосрочные прогнозы погоды, определять тенденцию развития метеообстановки и проводить борьбу с градом.

МРЛ-5 – двухволновый высокопотенциальный радиолокатор, работающий в двух диапазонах волн: 3-сантиметровом (I канал) и 10-сантиметровом (II канал): при этом режим штормового оповещения может осуществляться на каждом канале, а режим обслуживания градозащиты осуществляется при совместной работе обоих каналов (таблица 4).

Радиус действия МРЛ-2 и МРЛ-5 при вероятности обнаружения метеоцелей не менее 95% находится в следующих диапазонах:

150-200 км – Сб с грозой и градом;

90-120 км – Сб с ливневым дождем и снегом;

50 км – Си сонг без осадков;

120 км – слоисто-дождевые облака летом;

60 км – слоисто-дождевые облака зимой;

до 60 км – обложные морозящие осадки летом;

до 30 км – обложные морозящие осадки зимой;

до 20 км – обложные

Таблица А.1 – Основные тактико-технические данные МРЛ-2, МРЛ-5

| Параметр | Единица измерения | МРЛ-2 | МРЛ-5 | |
|--|-------------------|----------|----------|----------|
| | | | I канал | II канал |
| Несущая частота | МГц | 9 595±15 | 9 595±15 | 2950±15 |
| Длина волны | см | 3,14 | 3,14 | 10,15 |
| Импульсная мощность на выходе магнетрона | кВт | 210 | 250 | 800 |
| Длительность импульса | мкс | 1; 2 | 1; 2 | 1; 2 |
| Частота следования импульсов | Гц | 600; 300 | 500; 250 | 500; 250 |
| Диаметр зеркала (парабооида вращения) в режиме градозащиты | м | | 1,4 | 4,5 |
| | м | 3 | 4,5 | 4,5 |

ТКП 17.10-20-2010

| | | | | |
|--|--|------------------------------|---|---|
| Ширина диаграммы направленности излучения: в режиме градозащиты в режиме штормоповещения | град. град. | 0,74 | 1,5 0,5 | 1,5 1,5 |
| Коэффициент усиления антенны: в режиме градозащиты в режиме штормоповещения | дБ дБ | 46 | 40 49 | 39 40 |
| Уровень боковых лепестков в режиме градозащиты | дБ | | 23 | 25 |
| Уровень боковых лепестков в режиме штормоповещения | дБ, % | 10 | 23 | 25 |
| Скорость вращения антенны: по азимуту | число оборотов в мин. число сканирований в мин. | 6 | 0 – 6 | 0 – 6 |
| по углу места | | 4 | 0 - 2 | 0 – 2 |
| Чувствительность приемного устройства не менее | дБ/Вт | -132 | -134 | -136 |
| Масштабы дальности индикатора кругового обзора (ИКО) | км | 25;100;300 | 25;50;100;300 | 25;50;100; 30 |
| Масштабы дальности индикатора дальность – высота (ИДВ) | км | 5/10; 10/20; 20/40; 40/80 | 6,25/12,5; 12,5/25; 25/50; 50/100 | 6,25/12,5; 12,5/25; 25/50; 50/100 |
| Общая потребляемая мощность от сети 3Х220Х50 | кВт | 19 | 14 | 14 |
| В том числе для кондиционеров | | | 8 | 8 |
| Точность позиционного режима по углу места | град. | ±0,25 | ±0.25 | ±0,25 |
| Суммарное затухание, вносимое волноводно-фидерным трактом в режиме приема и передачи | дБ | 8 | 6 | 5 |
| Апертурная площадь | м ² | 7 | 16 | 16 |

A.2 Метеорологический доплеровский радиолокатор METEOR 500 С (ДМРЛ) состоит из следующих подсистем:

- антенная система CLP10 с большой точностью позиционирования;
- магнетронный передатчик мощностью 250 кВт, управляемый твердотельным двухимпульсным модулятором, и ВЧ приемник с низким коэффициентом шума;
- процессор сигналов FSPEN®DRX-цифровой приемник и процессор сигналов;
- система управления DIRAC для сбора и контроля за параметрами ДМРЛ и радиолокационными данными, созданная на базе современной технологии управления и автоматизации;
- программа RAINBOW® для создания выходных продуктов на основе последних достижений в радиолокационной метеорологии, функционирующая под управлением ОС Unix.

РПУ антенны представляет собой сферическую конструкцию без плоскостей, вторгающихся в полезную площадь обтекателя или создающих систематические

отражения. Поверхность обтекателя гидрофобна и устойчива к солнечному облучению, пыли, граду, ветру с песком.

РПУ устанавливается на крыше здания или на вышке, снабжается молниеотводом и сигнальными фонарями согласно спецификации ICAO.

Основные метеорологические продукты: ИКО; ИДВ; ИКО ПВ; вертикальный разрез; высота нижней границы радиоэха; нижняя кромка радиоэха; максимальное отображение; дисплей скорость – азимут.

С помощью доплеровского радиолокатора могут быть обнаружены опасные для авиации метеорологические явления, связанные со сдвигом ветра вблизи поверхности земли: фронт порывистости, микрошквал, турбулентность, смерч (торнадо).

Существует три обязательных этапа обработки при автоматизации радиолокационных наблюдений, которые могут быть реализованы как техническими, так и программными средствами:

- режим обзора пространства, первичная обработка сигналов, обеспечивающая измерение параметров радиоэха и выдачу для дальнейшей обработки по алгоритмам;
- формирование с помощью алгоритмов оптимального объема радиолокационных характеристик метеоцелей путем метеорологической интерпретации первичных радиолокационных данных, измерения интенсивности и количества осадков;
- представление выходной информации потребителям, совмещение ее с другими видами метеоинформации и хранение радиолокационных данных в течение заданного срока.

Обязательным требованием к аппаратуре является наличие дистанционной системы встроенного контроля основных параметров радиолокатора и системы калибровки.

Приложение Б
(обязательное)

Автоматизированные средства проведения метеорологических радиолокационных наблюдений

Б.1 Автоматизированный комплекс сбора, обработки и передачи радиолокационной информации (далее АКСОПРИ)

АКСОПРИ представляет собой комплекс технических устройств и программных средств, обеспечивающих автоматизацию радиолокационных метеорологических наблюдений, получение и передачу оперативной информации о распределении и основных характеристиках облачных полей. АКСОПРИ обеспечивает решение следующих метеорологических задач:

- получение информации об явлениях погоды, связанных с облачностью;
- оперативные измерения осадков на больших площадях;
- оперативный контроль при работах по активным воздействиям на облачные системы с целью регулирования осадков и подавления града;
- сверхкраткосрочный прогноз полей облачности и осадков

В состав оборудования АКСОПРИ входят:

- метеорологический радиолокатор МРЛ–5;
- аппаратура предварительной обработки сигналов;
- управляющий компьютер;
- базовое и прикладное программное обеспечение;
- аппаратура передачи и отображения информации на удаленных рабочих местах.

Комплекс АКСОПРИ позволяет получать надежную информацию об облачности и связанных с ней неблагоприятных явлениях и осадках в радиусе 200 км. В стандартном оперативном режиме работы комплекса каждые 10 минут предусмотрено получение следующей информации на площади 400 x 400 км и 200 x 200 км с центром в месте установки АКСОПРИ:

- горизонтальных сечений радиолокационной отражаемости на заданных высотах: 800, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 и 9000 м;
- карт интенсивности осадков;
- карт высот верхней границы облачности;
- карт явлений погоды, связанных с облачностью;
- карт слоя осадков за период времени от начала метеорологических полусуток до заданного момента времени.

Каждая карта содержит вектор переноса облачных систем, который используется для прогнозирования перемещения зон явлений и осадков.

На любую из перечисленных карт накладывается вспомогательная картографическая информация (географическая карта местности, метеостанций, схемы авиакоридоров и авиатрасс, разнообразные условные обозначения).

По любому произвольно заданному направлению можно получить вертикальный разрез отражаемости.

Комплекс обеспечивает архивацию получаемой информации за любой период и ее просмотр в режиме анимации.

Информация нескольких АКСОПРИ может объединяться в единое поле в центре сбора информации.

В оперативном режиме работы комплекса производится построение контуров зон опасных явлений по любому заданному порогу опасности в соответствии с существующими градациями.

Комплекс осуществляет оперативную передачу информации потребителям.

На АРМ АКСОПРИ на стандартном оборудовании (персональный компьютер), подключаемый через модем к телефонной линии, потребитель имеет возможность получать полную картину метеобстановки, имея на мониторе всю выше перечисленную информацию.

Реализованная в АКСОПРИ автоматизация радиолокационных измерений устраняет присущую ручным наблюдениям субъективность, уменьшает дискретность измерений в пространстве и во времени, но не устраняет специфики радиолокационного метода, связанной, во-первых, с ослаблением радиоволн в осадках (из-за чего некоторые удаленные от комплекса ОЯ могут либо обнаруживаться как менее опасные, либо в редких случаях не обнаруживаться вовсе), во-вторых, специфика радиолокационного метода связана с аномальным распределением радиоволн в атмосфере при некоторых метеорологических условиях, из-за чего радиоэхо иногда возникает при отсутствии реальных метеоцелей.

Б.2 Организация работы комплекса автоматизированного комплекса сбора, обработки и передачи радиолокационной информации

Режим работы комплекса – круглогодичный и круглосуточный, с частотой наблюдений 10 минут, за исключением периодов с ясной погодой. При наступлении ясной погоды по согласованию с дежурным синоптиком прогностического подразделения и потребителями комплекс может быть отключен. Если при отключенном АКСОПРИ дежурный синоптик не исключает возможности развития облачности, комплекс включается в основные синоптические сроки в режиме разового обзора.

При появлении радиоэха или по требованию потребителей комплекс включается в оперативный режим работы.

Наблюдения с частотой 10 минут являются оптимальными, т.к. обеспечивают с одной стороны получение информации с хорошим пространственным разрешением, с другой – оперативностью, позволяющей не пропустить появление и развитие кучево-дождевой облачности с неблагоприятными явлениями.

Б.3 Автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс “Метеоячейка”

Автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс “Метеоячейка” (далее АМРК “Метеоячейка”) предназначен для автоматизации метеорологического радиолокатора МРЛ-5 с целью обеспечения аэропортов и автоматизированных систем управления воздушным движением информацией об облачности и связанных с ней опасных явлениях погоды (сильные ливни, грозы, град, шквал) с высокой надежностью и оперативностью в наиболее удобном для потребителя виде. АМРК имеет повышенную помехозащищенность и позволяет эксплуатировать радиолокатор в дистанционном режиме управления при удалении от рабочего места оператора на расстоянии до 7 км.

В радиусе обзора 200 км вся площадь разбивается на квадраты 4 x 4 км. Для каждого квадрата определяется максимальная высота верхней границы радиоэха и радиолокационная отражаемость в одиннадцати слоях. Толщина слоев равна 1000 м. На основе анализа измеренных радиолокационных характеристик метеоцелей АМРК позволяет получать следующую информацию:

- типы радиоэха облаков и связанных с ними явлений (шквалы, град, грозы, ливневые и обложные осадки);
- высоты верхней границы радиоэхо;
- оценку видимости в осадках;
- величину ожидаемого шквалистого усиления ветра при наличии РКО;
- скорость и направление перемещения для поля радиоэха в целом и отдельных ячеек Сb;
- тенденцию изменения поля радиоэхо.

Алгоритмы распознавания явлений в комплексе “Метеоячейка” максимально приближены к неавтоматизированным и при решении степени опасности явления имеют вероятностный характер, также как и в неавтоматизированном режиме работы радиолокатора.

При интерпретации опасных явлений, связанных с кучево-дождевыми облаками, и определении их грозовой активности учитывается хорошо известный факт: самолет, попадая в кучево-дождевое облако, сам может явиться причиной возникающего атмосферного электрического разряда на самолет. С другой стороны, стремительный переход развивающегося кучево-дождевого облака из негрозового в грозное состояние (3-5 мин) сравним со временем получения и передачи информации потребителю. Все это вместе взятое не позволяет отменить при переходе на автоматизированные наблюдения явление класса “гроза с двумя скобками” (обозначение – (R)), что соответствует вероятности правильного распознавания грозы от 30 до 70 %.

При автоматизации остается ограничение, связанное с ослаблением радиоволн в осадках, когда из-за эффектов ослабления в экранирующих осадках (особенно при намокании радиопрозрачного колпака антенны радиолокатора), могут не обнаруживаться ОЯ погоды или обнаруживаться с уменьшением их степени опасности и с сильными искажениями высоты и отражаемости ОЯ, находящихся за экранирующими осадками.

Иногда, когда сильные экранирующие жидкие осадки выпадают непосредственно в точке радиолокатора (в месте установки антенны радиолокатора), на непродолжительный промежуток времени (до смещения их с точки) АМПК “Метеоячейка” перестает обнаруживать радиоэхо, как и при ручных наблюдениях, т.е. становится «слепым».

Каждый потребитель информации АМПК “Метеоячейка” должен знать об этих особенностях радиолокационного метода наблюдений и считать его не абсолютным, а относительным.

Под относительностью понимается способность метода указывать вероятность степени опасности только обнаруженного явления. Потребитель должен сам установить перечень опасных явлений погоды (из получаемых АМПК), влияющих на решение выполняемых им задач. Например, в случае использования информации только о грозах с вероятностью 80 % и больше, потребитель сам несет ответственность за принятые решения в ситуациях, когда вероятность грозного состояния меньше 80 %.

В состав оборудования АМПК “Метеоячейка” входят:

- радиолокатора МРЛ-5,
- комплект технических средств автоматизации получения первичных метеорологических радиолокационных данных,
- центральная система АМПК,
- набор абонентских пунктов удаленных местных потребителей.

АМПК является пространственно распределенной системой управления радиолокатором. Центральная система по команде работника при работе в штатном режиме или по таймеру при работе в автоматическом режиме формирует комплексные управляющие команды, которые по каналу связи передаются устройству предварительной обработки сигналов дистанционное модифицированное (УПО – ДМ).

УПО – ДМ является специализированной ЭВМ, непосредственно управляющей радиолокатором и выполняющей всю предварительную обработку и сжатие информации. По окончании сеанса наблюдений полученные данные передаются в центральную систему, где выполняются их анализ, архивация, визуализация и передача потребителям. В процессе работы АМПК производит постоянный контроль всех устройств, входящих в его состав и при необходимости формирует предупреждающие сообщения для работника. Такое распределение функций управления и обработки данных позволяет размещать центральную систему АМПК на любом удалении от радиолокатора. Единственное требование- обеспечение скорости обмена по линии связи не ниже 4800 бит/с. Таким образом, при наличии обычной телефонной связи работник может

управлять радиолокатором, который удален от него на десятки или сотни километров так же, как и при размещении центральной системы в одном здании с радиолокатором.

Б.4 Функциональные возможности АМРК “Метеоячейка”

АМРК “Метеоячейка” обеспечивает пространственное разрешение 128×128 элементов по горизонтали и 15 слоев по вертикали. Размер элемента пространственного разрешения по горизонтали составляет от 1 до 4 км, по вертикали – от 0,5 до 1,5 км. Разрешение в стандартном режиме штормоповещения - 100×100 элементов по горизонтали с размером элемента 4×4 км и 11 слоев по вертикали с толщиной слоя в 1км.

Согласно техническим условиям на АМРК, стандартный режим работы АМРК автоматический с интервалом от 10 до 180 мин.

Рекомендуются следующие периоды наблюдений:

Период наблюдений 10 – 15 мин: при развитии кучево-дождевой облачности в радиусе обзора максимальная частота обновления информации каждые 10 минут, учитывая 7 минут, затрачиваемых комплексом на выполнение одного обзора и 1 – 2 мин на передачу первичных данных, их обработку и вывод карты метеоявлений на экран дисплея:

- при наличии опасных явлений (ОЯ) на любом удалении от радиолокатора;
- при возможности появления в радиусе обзора АМРК ОЯ, особенно внутримассовых ОЯ в теплый период года;
- при наблюдении фронтального радиоэха (без ОЯ) – в периоды времени его обнаружения до момента его исчезновения при скорости перемещения радиоэха более 35 км/час.

Период наблюдений 30 мин: при наличии не фронтальных (внутримассовых) жидких, смешанных или твердых осадков, когда направление и скорость перемещения радиоэха либо объективно не могут быть определены (н/о), либо скорость его перемещения не превышает 35 км/ч.

Период наблюдений 60 мин: во всех случаях, когда в зоне обзора АМРК ожидается ухудшение радиометеорологической обстановки (появление радиоэха)

Период наблюдений 90 мин: (в синоптические и прогностические сроки) в случае отсутствия радиоэха.

Библиография

- [1] Закон Республики Беларусь “О гидрометеорологической деятельности” от 9 января 2006 г. № 93-3
- [2] Постановление Совета Министров Республики Беларусь о реализации Закона Республики Беларусь “О гидрометеорологической деятельности” от 23 января 2007 г. №75
- [3] Всемирная метеорологическая организация “Международный метеорологический словарь” за 1992 г. № 182
- [4] Правила по охране труда при производстве наблюдений и работ в системе государственной гидрометеорологической службы Республики Беларусь Утверждены постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г № 108
- [5] Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений ВМО- №8 шестое издание 2000г.
- [6] Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 5. Часть 1 М.: Росгидромет, 1997
- [7] Хромов С.М, Мамонтова Л.И Метеорологический словарь; Ленинград, 1979