

**Закрытое Акционерное Общество
«Азербайджан Хава Йоллары»
Национальная Академия Авиации**

На правах рукописи

МЕЛИКОВ БАХРУЗ МАЛИК оглы

**МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СЕТЬ
ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИИ
В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

**Специальность: 3324.04 – Наземные комплексы, стартовые
оборудования, эксплуатация летательных аппаратов и их систем**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

Баку – 2014

Работа выполнена в Национальной Академии Авиации

Научные руководители:

- доктор технических наук, профессор
- доктор технических наук, доцент

**Гасанов А.Р.
Гусейнов Н.Ш.**

Официальные оппоненты:

- Заведующий отделом авиационной электроники
научно-исследовательского института НАА
доктор технических наук, профессор

Набиев Р.Н.

- Институт Физики НАН Азербайджана
доктор технических наук, доцент

Мамедов А.И.

Ведущая организация: Институт Географии им. академика Г.А. Алиева Национальной Академии Наук Азербайджана.

Защита диссертации состоится « 20 » 06 2014 г. в «.....» часов на заседании Диссертационного Совета D 06.001 при Национальной Академии Авиации по адресу: AZ 1045, Бина, 25 км.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НАА.

Автореферат разослан «_____» _____ 2014 г.

**Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.ф. по технике, доцент**

Габибуллаев С.Б.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Слежение за кучево-дождевыми (грозовыми) облаками продиктовано огромным практическим интересом к ним, как фактору, существенно влияющему на деятельность различных отраслей производства и хозяйства. Ежегодные возмещения государств от социальных ущербов из-за разрушительных атмосферных явлений, связанных с грозовыми облаками, насчитываются несоизмеримо большими финансовыми затратами.

Как известно, грозовые облака и атмосферные явления, связанные с ними, являются одним из основных погодных факторов, негативно влияющих на деятельность авиации. Грозы, ливневые осадки, град, сдвиг ветра, шквальное усиление ветра, сильная турбулентность, интенсивное обледенение представляют повышенную угрозу для авиационной техники, как на земле, так и на всех этапах полета. В целях обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов, согласно правилам полетов по приборам и визуальных полетов установлены процедуры безопасного маневрирования ВС в зонах грозовой деятельности. Наличие кучево-дождевого облака (*Cb*) на воздушных трассах или над аэродромом приводит к вынужденному изменению маршрута, а также возвращению с точки рубежа на аэродром вылета или следованию на запасные аэродромы, в результате чего расходуется значительное количество топлива, нарушается график полетов, что влияет на экономичность и регулярность полетов.

Таким образом, системы дистанционного мониторинга атмосферы являются важным инструментом для менеджмента рисков в области обеспечения безопасности и экономичности полетов.

Требования безопасности и экономической выгоды полетов, во многом зависящие от фактических и ожидаемых погодных условий, стимулируют перспективу интеграции радиолокационных систем в обслуживание авиации. Востребованность радиолокационных систем повышает актуальность совершенствования их функциональных возможностей на основании исследования и внедрения научно-обоснованных методологий и их аппаратной реализации. Так как минимизация ограничивающих факторов радиолокационных наблюдений с помощью совершенствования технологий способствует

точности идентификации видов атмосферных образований (особенно малогабаритных), их размеров и пространственных позиций.

Азербайджанской Республике, как для члена международного авиационного общества необходимо обеспечение всех требований ИКАО по обслуживанию Международной Аэронавигации в пределах ее воздушного пространства. В связи с этим, создание оптимального радиолокационного покрытия, обеспечивающего достоверность данных об опасных явлениях погоды в районе полетной информации (РПИ) Баку, является актуальным вопросом в рамках повышения качества метеорологического обслуживания авиации.

Состояние проблемы

Как известно, существуют ограничения радиолокационных наблюдений, связанные в основном с физическими свойствами распространения электромагнитных волн в атмосфере, характеризующиеся расширением диаграммы направленности, затуханием радиоволн, формированием радиогоризонта. Вышеуказанные свойства пространственного распространения радиоволны, являясь функциями расстояния, все больше проявляются с удалением зондируемого атмосферного образования от радара. Также существенным является ограничивающий фактор воздействия рельефа местности. Это приводит к трудностям определения пространственно-временных параметров атмосферных образований, что должно учитываться при проектировании сетей метеорологических радиолокаторов (МРЛ).

Как для измерительно-информационной системы, одной из важных эксплуатационных характеристик создаваемой сети МРЛ является высокий коэффициент полезного действия ее рабочей зоны, реализуемый научно-обоснованными методами, обуславливающими минимизацию ограничивающих факторов радиолокационных наблюдений.

Существуют следующие проблемы метеорологического радиолокационного обслуживания авиации в Азербайджанской Республике:

- Использование одного доплеровского метеорологического радара на аэродроме Гейдар Алиев недостаточно для полного охвата зоны ответственности РПИ Баку;

- Ограничивающие факторы, связанные со свойствами распространения радиопульса в атмосфере снижают эффективность радиолокационных наблюдений на большом удалении от МРЛ;
- Воздушные трассы, проходящие через регион малого Кавказа, где в теплый период года наблюдается повышенная грозоопасность, не контролируются метеорологическими радаром;
- Отсутствуют численные методы прогнозирования гроз, рассчитанные на основании локальных особенностей атмосферных процессов.

Цель работы

Целью диссертационной работы является создание метеорологической радиолокационной сети для обслуживания авиации Азербайджанской Республики и исследование ее эксплуатационно-технических характеристик.

Задачи исследования

Для достижения вышеуказанной цели в диссертационной работе были поставлены и решены следующие основные задачи:

1. Проведен комплексный анализ методов построения метеорологических радиолокационных сетей в контексте синтеза структуры метеорологической радиолокационной сети Азербайджана.
2. Определены статистические показатели метеорологических элементов, характеризующих пространственно-временные грозные условия в зоне радиолокационного контроля.
3. Исследованы методы совершенствования прогностических моделей гроз.
4. Разработаны методы и средства определения размеров малогабаритных атмосферных образований.
5. Совершенствованы технические характеристики МРЛ.

Методы исследований

Объективная оценка эксплуатационно-технических характеристик сети МРЛ была выполнена на основании расчетов функциональных зависимостей показателей различных топологий сети.

Для оценки эффективности радиолокационного покрытия с учетом воздействия углов закрытия естественными препятствиями в программе ГИС было выполнено 3D моделирование местностей установки радаров.

Также в работе были использованы методы математического и программного моделирования, проведены необходимые экспериментальные исследования.

Научная новизна работы

1. Путем дифференцированного синтеза и многократного численного анализа оптимизировано размещение станций сети МРЛ в контексте уменьшения невидимых (слепых) зон.

2. Усовершенствована модель прогноза гроз, рассчитанная на основании метеорологических параметров, характеризующих термодинамическое состояние атмосферы.

3. Предложены временной и спектральный методы определения малогабаритных атмосферных образований.

4. Предложена аппаратная реализация временного и спектрального методов определения малогабаритных атмосферных образований.

5. Разработаны имитаторы отраженных от малогабаритных атмосферных образований радиоимпульсов и их низкочастотного аналога, которые позволяют настроить периферийные узлы системы обработки без включения МРЛ.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Трехпозиционная метеорологическая радиолокационная сеть Азербайджана.

2. Прогностическая модель гроз на основании компьютерного статистического анализа информативных параметров.

3. Временной метод определения малогабаритных атмосферных образований и устройство для его осуществления.

4. Спектральный метод определения малогабаритных атмосферных образований и устройство для его осуществления.

5. Имитаторы отраженного от атмосферных образований радиоимпульсов и их низкочастотного аналога.

Практическое значение работы

Предложенный численный анализ эксплуатационно-технических показателей радиолокационного поля способствует рациональному проектированию сети МРЛ.

Физическая обоснованность предложенной прогностической модели гроз способствует валидации оперативных прогнозов гроз при обслуживании авиации.

Предложенные временной и спектральный методы определения малогабаритных атмосферных образований способствуют решению проблемы определения реальных размеров гидрометеоров, обнаруживаемых на воздушных трассах и в зонах аэродромов, что важно для осуществления оперативных процедур по повышению безопасности полетов и организации воздушного движения.

Предложенные имитаторы отраженного от атмосферных образований радиоимпульсов и их низкочастотного аналога, могут быть использованы для поверки, настройки и совершенствования измерительно-калибровочных узлов МРЛ.

Апробация работы

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

1. 4th European Conference on Severe Storms (ECSS 2007) – Trieste, Italy, 2007;

2. 10th Plinius Conference on Mediterranean Storms European Geosciences Union Tropical Conference Series – Nicosia, Cyprus, 2008;

3. 7th European Conference on Severe Storms (ECSS2013), 3 – 7 June 2013, Helsinki, Finland;

4. Седьмая международная научно-техническая конференция. Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе. Г. Сумгаит, Азербайджан, 27-29 ноября 2013 г.

По теме диссертации опубликованы 19 научных статей и тезисов.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы. Объем работы – 147 страниц, включая 57 рисунков и 20 таблиц. Список литературы насчитывает 118 наименований.

Краткое содержание работы

В общей характеристике работы обоснована актуальность исследуемой проблемы, описано ее состояние, сформулированы цель, задачи и методы исследований, изложены научная новизна работы, основные защищаемые положения, практическая ценность полученных результатов, сведения об апробации и структура диссертации.

В первой главе диссертации рассмотрены вопросы качества и разрешения радиолокационных измерений в аспекте ограничивающих факторов радиолокации, обусловленных физическими свойствами

распространения электромагнитных волн в атмосфере. Были рассмотрены количественные значения затухания электромагнитных волн в различных видах атмосферных осадков и облаках в зависимости от фазового состояния частиц их микрофизической структуры. На основании нижеследующих выражений проанализированы параметры по радиальному и тангенциальному разрешению метеорологического радиолокационного измерения в зависимости от расширения ДНА:

$$\Delta R = \frac{c}{2} \left(\tau + \frac{k}{\Delta f} \right)$$

где ΔR – погрешность по расстоянию; c – скорость распространения радиоволн; τ – время задержки сигнала; $k = 1$ – если входной сигнал имеет прямоугольную форму; Δf – полоса пропускания приемника.

$$\Delta L = \sqrt{(0,7R\theta)^2}$$

где ΔL – азимутальная погрешность, R – дальность метеорологического объекта, θ – ширина диаграммы направленности в радианах.

В целях исследования научно-обоснованных методов оптимизации построения сетей метеорологических радаров, были проанализированы общие недостатки существующих национальных и региональных метеорологических радиолокационных сетей.

Во второй главе выполнена комплексная оценка эксплуатационно-технических показателей радиолокационного покрытия проектируемой сети МРЛ Азербайджана.

Для сети МРЛ обслуживания авиации важной эксплуатационно-технической характеристикой является неразрывность контроля атмосферных образований и допустимая точность измерения их параметров. С этой целью было предложено определение критериальных значений расширения радиолуча (b_s), уровня детекции отраженного сигнала (Z_{\min}) и дальности появления радиогоризонта (b_h) в любой точке в пределах сети. В связи с этим,

был введен комплексный параметр информативности радиолокационного поля $U = \{b_s, b_h, Z_{\min}\}$, определяемый средним показателем \bar{u} с координатами x, y в пределах общей сети:

$$\bar{u} = \frac{1}{A_T} \iint_{(x,y) \in A_T} U(x,y) dx dy$$

здесь A_T – общая площадь покрытия сети.

Согласно данному методу выбирая любую зондируемую точку в пределах общего радиолокационного поля, создаваемого множеством радаров, определяется количество радаров, достигающих своей рабочей областью данную точку. Последовательное повторение выбора различных точек позволяет определить среднестатистическое количество радаров, участвующих в многопозиционном зондировании. Таким образом, была определена следующая функциональная зависимость:

$$\bar{O} = 0,4N\mu^2.$$

Здесь \bar{O} - количество перекрывающихся радиолокационных областей радаров, N - количество радаров сети МРЛ и μ - коэффициент перекрытия полей.

По прецеденту национальных сетей МРЛ были определены следующие требования для разработки сети МРЛ Азербайджана:

- необходимое количество метеорологических радаров для обеспечения полного покрытия обслуживаемой области РПИ;
- установка метеорологических радаров с учетом максимального приближения к аэропорту;
- обеспечение непрерывного перекрытия района обслуживания полетов на высоте 1,5 км над уровнем установки радара для обеспечения измерений осадков в оптимальных условиях (т.е. в радиусе обзора, при котором верхняя граница ДН МРЛ находится ниже высоты уровня нулевой изотермы);

■ обеспечение неразрывности контроля зон наибольшего повторения опасных метеорологических явлений, связанных с формированием кучево-дождевых облаков.

Для определения зон ограничения радиолокационного обзора, в среде программы ГИС были моделированы рельефы местности установки радаров на аэродромах и построены расчетные диаграммы (рис. 1) эффективности радиолокационного покрытия на уровне постоянной высоты обзора 1,5 км над уровнем установки радаров.

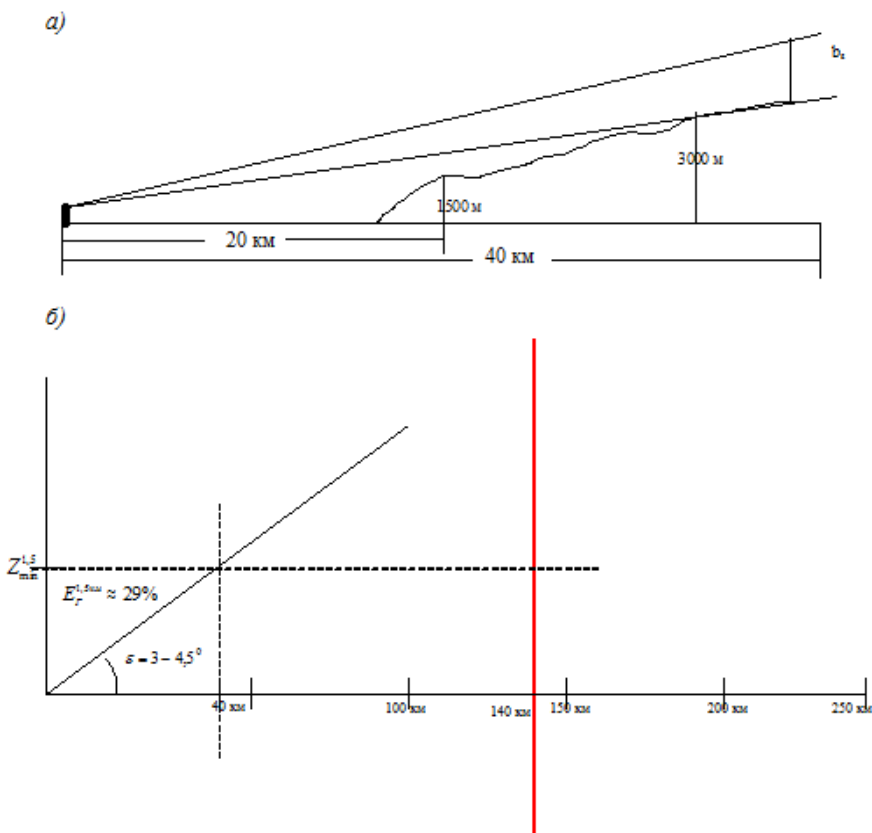


Рис. 1. а) Схематическое распространение электромагнитного сигнала в разрезе рельефа в районе аэродрома Гянджа; б) Диаграмма оценки эффективности радиолокационного поля в секторе азимута $150-270^\circ$.

Радиолокационные метеорологические наблюдения на уровне высоты 1,5 км позволяют слежение за тенденцией эволюции атмосферных процессов с начальной стадии их развития. Это повышает точность прогнозирования грозовых облаков и оперативности штормовых предупреждений.

По аналогичному методу была оценена эффективность радиолокационного покрытия на постоянном уровне 1,5 км ($E^{1,5}$) для северного и восточного азимута обзора радара, установленного на аэродроме Нахчывань.

Основные результаты расчетов эксплуатационно-технических показателей сети МРЛ указаны в табл. 1.

Таблица 1
Эксплуатационно-технические показатели сети МРЛ Азербайджана

\bar{O}	N	$\bar{\mu}$	$S_{p/l} (км^2)$	$\bar{S}_{nep} (км^2)$	$S_{PIII} (км^2)$
3	3	1,58114	467520	121230	165400

В третьей главе предложена расчетная модель прогноза гроз на аэродроме Гейдар Алиев.

Модель была реализована в среде программы “STATSOFT/STATISTICA11”. Для расчета модели были выбраны 10 предикторов, характеризующих термодинамическую неустойчивость атмосферы на аэродроме Гейдар Алиев.

Далее для построения задачи была сформулирована гипотеза:

H_0 : Гауссовское распределение статистических значений;

H_1 : Распределение, отличающееся от нормального.

Определение критерия P – уровня доверительного интервала включало следующие методы (табл. 2):

Таблица 2
Метод определения критерия P – уровня доверительного интервала

Название критерия	Значение P – критерия
1. Колмогоров-Смирнов	$P_1 \geq 0,01 \rightarrow H_1$; H_0 - отвергается
2. Шапиро-Уилкс	$P_2 > 0,3 \rightarrow H_0$; H_1 - отвергается
3. Лиллиефорс	$P_3 \geq 0,07 \rightarrow H_0$; H_1 - отвергается

На основании расчета коэффициента детерминации – $R^2 \leq 1$ адекватности модели была построена следующая гипотеза:

$H_0 : R^2 = 0$ - основная гипотеза

$H_1 : R^2 \neq 0$ - альтернативная гипотеза

Для построения модели был использован пошаговый метод включения предикторов по нижеследующей схеме:

$X_1 \rightarrow Y \quad R_1^2$

$X_2 \rightarrow Y \quad R_2^2$

$X_n \rightarrow Y \quad R_n^2$

С целью моделирования был использован метод многомерного дискриминантного анализа комплексных переменных, реализованный в программной среде системы «STATSOFT/STATISTICA11».

Согласно структуре построенной модели критериальным параметром послужили случаи – гроза формировалась/не формировалась.

Таким образом, с помощью дискриминантного анализа в системе «SATSOFT/STATISTICA11» было выполнено статистическое моделирование условий формирования гроз:

$$\Delta L = 0,8827CAPE - 0,7760\Delta h + 0,7889\Delta\gamma_{\max} + 1,026.$$

Согласно полученной модели $CAPE$ – потенциальная энергия неустойчивости атмосферы, Δh - толщина КНС, $\Delta\gamma_{\max}$ - максимальное значение разницы вертикальных градиентов влажноадиабатической температуры и окружающей среды были выбраны предикторами для прогнозирования грозы.

Таким образом, согласно полученной модели оценка ожидания грозы обуславливается значениями $\Delta L \geq 0$ - высокая вероятность, $\Delta L < 0$ - малая вероятность.

В четвертой главе предложены временной и спектральный методы определения малогабаритных атмосферных образований (АО), основанные на трансформации длительности и амплитудно-частотного спектра отраженных сигналов и выполнена их аппаратная реализация.

Временной метод определения радиуса атмосферного образования был выполнен на основании растяжения длительности отраженного импульса.

Согласно физической сути, длительность импульса, отраженного от поверхности и углубленного ядра радиоимпульса, приращается пропорционально радиусу АО:

$$\tau_0 = \tau_z + 2r/c$$

Увеличение длительности на 0,1 мкс эквивалентно расстоянию 15 м.

Таким образом, путем сравнения длительности отраженного импульса с длительностью зондирующего импульса рассчитывается истинный радиус атмосферного образования. Приращение отраженного импульса преобразовывается в расстояние (рис. 2).

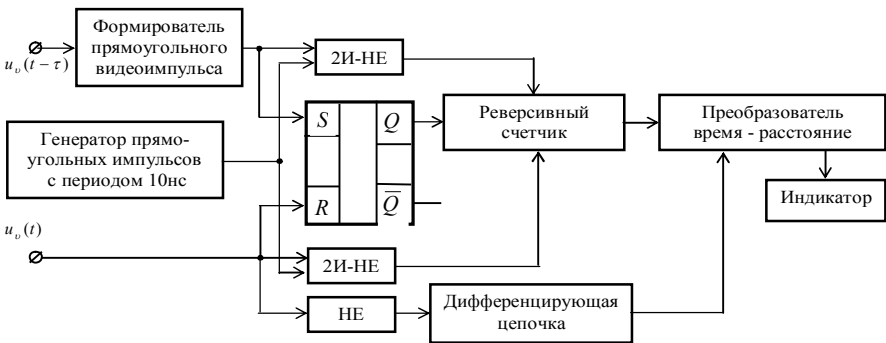


Рис. 2. Структурная схема временного метода определения размеров малогабаритных атмосферных образований.

В РЛС из отраженного радиоимпульса детектируется видеоимпульс $u_v(t - \tau)$, который поступает на вход формирователя прямоугольного импульса. Сформированный импульс подается на S вход RS триггера, а также используется как разрешение для последовательности импульсов с периодом 10 нс. Для этой последовательности реверсивный счетчик работает в режиме прямого

счета. Такой режим устанавливается положительным уровнем на выходе RS триггера. Следующий излучаемый видеоимпульс переводит RS триггер в нулевое состояние. В результате реверсивный счетчик переходит в режим обратного счета. Огибающая излучаемого импульса также является импульсом разрешения для последовательности импульсов с периодом 10 нс. Из заднего фронта излучаемого видеоимпульса, с помощью элемента HE и дифференцирующей цепочки формируется команда для индикации результата измерения. После каждого цикла, т.е. прямого и обратного счета, информация в реверсивном счетчике дешифрируется и преобразуется в расстояние. Последнее отображается на индикаторе. Учитывая, что 10нс соответствует расстоянию 1,5м, точность измерения ограничивается этим значением.

Спектральный метод включает определение радиуса метеорологического объекта на основании сравнения спектральной плотности зондирующего и отраженного сигналов.

Согласно выражению $2\omega_{\max} = 4\pi/\tau_z$ ширина спектра является функцией его длительности и не зависит от амплитуды.

Физическая суть метода заключается в том, что энергетические спектры с различными длительностями импульсов располагаются на различных частотах. Исходя из этого, энергетический спектр отраженного импульса будет смещен по частоте.

Частоты расположения максимумов второго лепестка для различных видеоимпульсов, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Частоты распределения максимума второго лепестка видеоимпульсов

Длительность прямоугольного импульса, τ , <i>МКС</i>	1	1,2	1,4
Частота максимума второго лепестка, f , <i>МГц</i>	1,45	1,2	1,02

Из табл. 3 следует, что изменение длительности видеоимпульса на десятые доли микросекунды сопровождается смещением максимума второго лепестка энергетического спектра на сотни кГц, что легко различимо избирательной системой со средней добротностью.

Структурная схема измерителя размеров АО спектральным методом изображена на рис. 3.

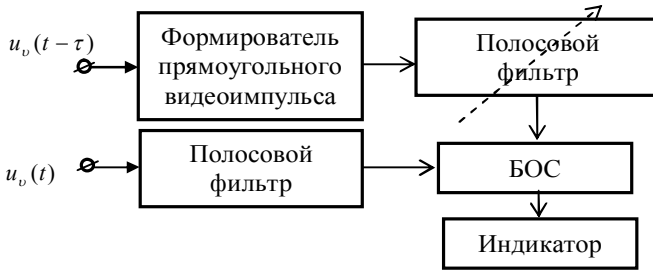


Рис. 3. Структурная схема измерителя габаритных размеров АО.

Здесь использованы полосовые фильтры (ПФ) с постоянной настройкой и перестраиваемый. ПФ с постоянной настройкой настраивается на максимум второго лепестка зондирующего импульса. Сигнал на выходе ПФ с постоянной настройкой используется в блоке обработки сигналов (БОС) для формирования опорных меток.

ПФ с переменной настройкой оперативно настраивается на максимум второго лепестка отраженного импульса. Вычисления в блоке обработки сигналов (БОС) производятся по соотношениям:

$$k = \frac{f_{z2\max}}{f_{o2\max}},$$

где $f_{z2\max}$ и $f_{o2\max}$ - частоты максимумов вторых лепестков зондирующего и отраженного импульсов соответственно.

$$\tau_o = \tau_z \frac{f_{z2\max}}{f_{o2\max}},$$

где τ_o и τ_z - длительности отраженного и зондирующего импульса соответственно.

Результат вычисления отображается на индикаторе.

В пятой главе с целью апробации временного и спектрального методов были разработаны имитаторы отраженного от АО радиоимпульса и его низкочастотного аналога.

При построении имитатора низкочастотных аналогов радиоимпульсов, отраженных от АО, был использован фотоупругий эффект, реализуемый в акустооптическом модуляторе (АОМ). В АОМ электрический сигнал преобразуется в упругие волны (УВ), распространяющиеся в фотоупругой среде ФУС. Просвечивающий АОМ пучок лазера модулируется при дифракции на неоднородностях диэлектрической проницаемости.

Осциллограммы низкочастотных аналогов зондирующего и отраженного от АО импульсов приведены на рис. 4.

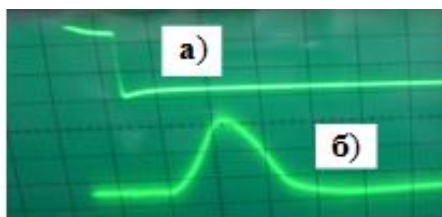


Рис. 4. Осциллограммы зондирующего (а) и отраженного (б) видеоимпульсов.

Согласно полученной осциллограмме отчетливо определяется смещение максимумов зондирующего и отраженного сигналов.

В ходе эксперимента диаметр лазерного пучка изменяли с помощью диафрагмы с регулируемым отверстием (ДРО), а длительность отраженного видеоимпульса определяли по осциллограмме.

Схема имитатора отраженного от АО радиоимпульса приведена на рис. 5. Этот имитатор отличается от имитатора видеоимпульса наличием формирователя гетеродинного поля. Здесь гетеродинное поле формируется с помощью дифракционной решетки (ДР). ФПУ (ФЭУ-29) в этом устройстве работает в режиме гетеродинного детектирования.

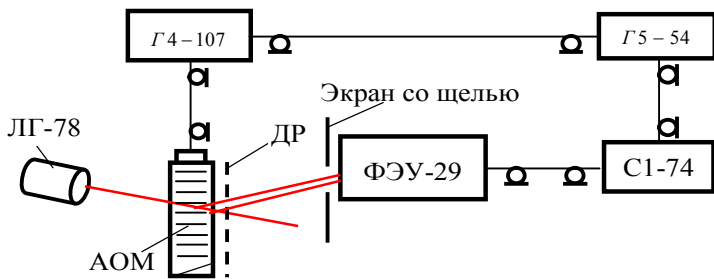


Рис. 5. Схема имитатора гетеродинного типа.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Путем дифференцированного синтеза и многократного численного анализа оптимизировано размещение станций сети МРЛ в контексте уменьшения зон ограничения радиолокационных наблюдений. Анализ позволил определить количественные показатели радиолокационного покрытия сети МРЛ, такие, как: свойства неразрывности, общая площадь эффективной рабочей зоны, функциональные зависимости основных параметров, эффективность рабочей зоны контроля радаров.

2. Выполнен физико-статистический анализ грозовых облаков, позволяющий определить пространственно-временную грозовую ситуацию в пределах зоны радиолокационного обслуживания. Определение особых районов грозоопасности, частого повторения опасных атмосферных явлений обуславливает симметрию ориентировки радиолокационного покрытия проектируемой сети МРЛ.

3. Рассчитана прогностическая модель гроз в программной среде системы “STATISTICA/STATSOFT”, реализующая функции анализа, управления, добычи и визуализации данных с привлечением статических методов. Расчет дополнительных предикторов к диагностическому параметру прогноза гроз *CAPE*, способствует степени валидации прогностической модели.

4. Разработаны временной и спектральный методы определения малогабаритных атмосферных образований, способствующие решению проблемы определения реальных размеров гидрометеоров, обнаруживаемых на воздушных трассах и в зонах аэродромов. Реализация указанных методов в радиолокации позволит повысить своевременность обнаружения, точность идентификации и определения пространственно-временных параметров конвективных образований в атмосфере.

5. Предложены имитаторы отраженных от атмосферных образований радиоимпульсов и их низкочастотного аналога, которые позволяют настроить периферийные узлы системы обработки без включения МРЛ. Внедрение имитаторов на практике позволит совершенствовать калибровочно-измерительные характеристики метеорологических радаров.

**Основные результаты работы изложены
в следующих публикациях**

1. Hüseynov N.Ş., Məlikov B.M. İldırım hadisələrinin proqnozunda dayanıqsızlıq indekslərinin tətbiqinin təhlili. // Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Məcmuələri. Cild 14, №1, 2012-ci il, səh. 15-22.
2. Hüseynov N.Ş., Məlikov B.M., Hacıyev A.X., Məmmədova H.V. Azərbaycan Respublikasının beynəlxalq hava limanlarında konvektiv buludlar və ildırımların fiziki-statistik təhlili. // Müstəqillik illərində coğrafiya elminin inkişafı. Respublika elmi konfransının materialları. BDU, 2013, səh. 564-568.
3. Гусейнов Н.Ш., Меликов Б.М. Автоматизированная система предполетной метеорологической консультации экипажей ВС на аэродроме Гейдар Алиев. // Метеоспектр. Росгидромет. Выпуск №4, Москва, 2010, с. 58-61.
4. Гусейнов Н.Ш., Меликов Б.М. Оценка индексов неустойчивости стратификации атмосферы. // Труды географического общества Азербайджана. XIV том. 2009, с. 409-415.
5. Гусейнов Н.Ш., Меликов Б.М. Внедрение и функциональность системы менеджмента качества в Авиационном Метеорологическом Центре УВД «Азераэронавигация». // Метеоспектр. Росгидромет. Выпуск №4, Москва, 2011, с. 48-51.
6. Гусейнов Н.Ш., Меликов Б.М. Диагностические параметры условий формирования гроз и оценка их эффективности. // Azərbaycan Coğrafiya Səmiyyətinin Əsərləri 2012-ci il, XII cild, səh. 289-294.
7. Гусейнов Н.Ш., Шпиг В.М., Меликов Б.М. Диагностические параметры условий формирования гроз. // Фізична географія та геоморфологія. Міжвідомчий науковий збірник. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Выпуск 4 (72), 2013, с.117-126.
8. Гасанов А.Р., Гусейнов Н.Ш., Меликов Б.М. Метод определения размеров малогабаритных метеорологических образований. Материалы седьмой международной научно-технической конференции. / «Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе». МЭПП 27-29 ноября 2013 г, с. 190-193.
9. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Меликов Б.М. и др. Широотно-импульсный модулятор на основе АОЛЗ. / Материалы 22-й МНТК «Современные телевидение и радиоэлектроника». Москва, 2014 г.

10. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Меликов Б.М. и др. Электронно-управляемые акустооптические линии задержки и некоторые предложения по их применению. // Специальная техника, №1, Москва, 2014, с. 16-27.

11. Меликов Б.М. Статистический анализ случаев гроз в районе аэродрома Г. Алиев/Баку. // Научные записки НАА, №2, Баку 2007.

12. Султанов В.З., Гусейнов Н.Ш., Меликов Б.М. Чем выгоден радар WRM200. // Управление Воздушным Движением, №3, Астана, 2013, с. 36-43.

13. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. Statistical analysis of the storms event at the airdrome Baku. Modeling of the accuracy isolines of the storms registration systems. // Atmospheric Research. July 2009. vol. 93, p. 93-99.

14. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. Regularity of distribution of precipitations on the airports of Azerbaijan Republic. // Scientific Journal Advances in Geosciences (An Open Access Journal for Refereed Proceedings and Special Publications), Vol. 20, 2009, p. 9-12.

15. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. Software modeling of thunderstorm prognosis. // Müstəqillik illərində coğrafiya elminin inkişafı. Respublika elmi konfransının materialları. BDU, 2013, səh. 519-523.

16. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. Statistical model of convection. / ECSS2013 7th European Conference on Severe Storms 3-7 June 2013, Scandic Marina Congress Center, Helsinki, Finland.

17. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. The statistical characteristics of results of radar observation of atmospheric phenomena related to Cb. / 4th European Conference on Severe Storms (ECSS 2007). The Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, Trieste, ITALY, 10-14 September 2007.

18. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. The lightning discharge registration complex “VEREYA”. / 4th European Conference on Severe Storms (ECSS 2007). The Abdus Salam International Center for Theoretical Physics, ECSS 2007, Trieste, ITALY, 10-14 September 2007.

19. Huseynov N.Sh., Malikov B.M. Synoptic situations generating the convective processes over the airdromes of Azerbaijan Republic. / 10th Plinius Conference on Mediterranean Storms European Geosciences Union Tropical Conference Series, Nicosia, Cyprus, 22-24 September 2008, p. 53-54.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDA AVİASİYAYA XİDMƏT
ÜÇÜN METEOROLOJİ RADİOLOKASİYA ŞƏBƏKƏSİ**

Annotasiya

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasında aviasiyaya xidmət üçün meteoroloji radiolokasiya şəbəkəsinin yaradılması ilə əlaqədar məsələlərin həllinə həsr olunmuşdur.

Aviasiyayada əsas meteoroloji radiolokasiya müşahidə obyektləri topa-yağış buludları və onlarla bağlı təhlükəli atmosfer hadisələridir.

Bununla əlaqədar olaraq, meteoroloji radiolokasiya şəbəkəsinin yaradılması zamanı ən vacib şərtlərdən biri uçuş informasiyası ərazisində zondlaşdırılan meteoroloji obyektlərin aşkar edilməsinin qeyri-diskretliyi və onların məkan-zaman parametrlərinin dəqiq müəyyənləşdirilməsinin təmin olunması məqsədilə radarların optimal yerləşdirilməsidir.

Dissertasiya işində radiolokasiya müşahidələrini məhdudlaşdıran əsas faktorlar kimi radiodalğaların atmosferdə yayılması zamanı şüanın genişlənməsi xassələri və udulması, Yer səthi boyu məsafə artdıqca üfük əyriliyi effektinin baş verməsi və müşahidə ərazisində relyefin təsirləri nəzərə alınmışdır. Problemin həlli üçün MRL şəbəkəsinin xassələrini xarakterizə edən parametrlərin funksional asılılıqlarının hesablama üsulları təklif olunmuşdur. Riyazi və proqram modelləşdirilmə metodları və eksperimental tədqiqatlardan istifadə olunmuşdur.

Üçbucaqlı topologiya üzrə radarların quraşdırılması üçün respublikanın Heydər Əliyev, Gəncə və Naxçıvan aerodromları seçilmişdir.

GİS proqramında qurulmuş Gəncə və Naxçıvan dağlıq aerodromlarının relyef modellərinə əsasən radiolokasiya müşahidələrinin məhdudiyətli sektorları üzrə hesablama diaqramları qurulmuşdur və radiolokasiya sahəsinin deteksiya effektivliyi müəyyənləşdirilmişdir.

Atmosferdə termodinamik dayanıqsızlığı xarakterizə edən informativ parametrlər əsasında ildırımın proqnoz modeli hesablanmışdır.

Kiçik qabaritli atmosfer təzahürlərinin müşahidə edilməsi ilə əlaqədar əks edilən radiodalğaların davamiyyəti və amplitud-tezlik spektrinin transformasiyası əsasında nəzəri və təcrübə tədqiqatları yerinə yetirilmişdir. Təklif edilən radiolokasiya metodlarının reallaşdırılmasına imkan verən qurğular hazırlanmışdır.

MALIKOV BAHRUZ MALIK

**METEOROLOGICAL RADAR NETWORK FOR AVIATION
SERVICE IN AZERBAIJAN REPUBLIC**

Annotation

The dissertation is devoted to issues related to the development of meteorological radar network for services of aviation in Azerbaijan.

The main meteorological objects of radar observations are cumulonimbus clouds and associated with them hazardous atmospheric phenomena.

When creating a meteorological radar network most important issue is the optimal positioning of the radars within topology of the network. In this aspect the optimization implies consistency of detection and identification of meteorological objects in flight information region.

In the thesis the limitations of the radar sounding method of meteorological objects was analysed in the contexts of extension and attenuation of beam in atmosphere and the effect of curvature of the Earth. To solve this problem there have been defined functional dependencies of parameters, characterizing the creating radar network. Also there were used mathematical and software simulation, and experimental investigations.

The airdromes Heydar Aliyev, Nakhchivan and Ganja were defined as installation points of radars.

In the GIS software the topography of the mountainous airfields Ganja and Nakhchivan were modeled, to evaluate the radar observation toward azimuth of radar observation limitation. On the basis of the modeled topography there were designed diagrams of radar detection effectiveness.

The thunderstorm prediction model was calculated on the basis of the thermodynamic parameters of the atmosphere.

In the theoretical studies there have been proposed temporal and spectral methods for determining the size of small atmospheric formations, based on the properties of an increment of duration and amplitude changes of the frequency spectrum of the reflected pulse and made their hardware implementation

The experimental study was applied on the bases of simulators of reflected radiopulses from atmospheric phenomenon and their low-frequency analog.

**«Azərbaycan Hava Yolları»
Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti
Milli Aviasiya Akademiyası**

Əlyazması hüququnda

MƏLİKOV BƏHRUZ MALİK OĞLU

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDA AVİASİYAYA XİDMƏT
ÜÇÜN METEOROLOJİ RADİOLOKASİYA ŞƏBƏKƏSİ**

**İxtisas: 3324.04 – Yerüstü komplekslər, buraxılış avadanlıqları,
uçan aparatların və onların sistemlərinin istismarı**

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2014