



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

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

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

На тему Сравнительная характеристика методов измерения облачности на метеорологических станциях Краснодарского края

Исполнитель Шпиталенко Клим Владимирович

Руководитель д.г.н., профессор Сергин Сергей Яковлевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«22» Января 2021 г.

Туапсе

2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика наблюдений за облаками.....	5
1.1 Основные понятия и метеорологические требования к наблюдениям за облачностью.....	5
1.2 Оценка и наблюдения за количеством, высотой нижней границы и видами облаков.....	9
2 Анализ методов и средств определения высоты нижней границы облачности	16
2.1 Классификация и сравнительный анализ методов измерения высоты нижней границы облачности	16
2.2 Сравнительный анализ средств измерения высоты нижней границы облачности	26
3 Анализ методов и средств измерения облачности для их использования на метеорологических станциях Краснодарского края.....	40
3.1 Характеристика наблюдательной сети Краснодарского края	40
3.2 Средства измерения облачности, используемые в Краснодарском крае	42
Заключение	54
Список использованной литературы.....	56
Приложение	59

Введение

При формировании погоды облакам принадлежит главное и определяющее место. Поэтому, очень важно проводить регулярный мониторинг за основными параметрами облачности, таких как их количество, форма, направление движения и повторяемость на всех ярусах, водность, горизонтальная и вертикальная протяженность, высота верхнего и нижнего слоя и др. Нижняя и верхняя границы облачности относятся к важнейшим параметрам, описывающим состояние облачности в определенные моменты времени и над определенной территорией. Параметры облачности определяются как визуально, так и с применением технических средств измерений.

Полученные данные о всех параметрах облачности используются в большей степени для безопасности взлета и посадки самолетов, эти данные входят в эксплуатационный метеорологический минимум аэродромов, что и определяет дальнейший режим их работы в сложных метеорологических условиях. Также полученные данные накапливаются для создания непрерывных рядов наблюдений и в последующем используются для создания и анализа синоптико-климатических моделей облачности.

Современный уровень измерений позволяет использовать как наземные, так и космические данные инструментальных измерений. Каждый из этих методов может использоваться как самостоятельно, так и дополнять друг друга.

В наземных методах измерений облачности последнее время используют метод лазерного зондирования атмосферы, который позволяет получать результаты параметров облачности с большим временным и пространственным разрешением, что значительно улучшает получение данных об облачности. Но современные подходы в измерении значений облачности не отменяют уже зарекомендовавшие себя традиционные способы измерения. И такое совместное использование различных методов измерений позволяет максимально обеспечить исследование параметров облачности, так как каждый

из используемых методов позволит дополнить недостатки одного из методов. Следовательно, тема работы является актуальной, так как сравнение методов и средств измерений позволит выявить достоинства и недостатки каждого из используемых методов и средств измерений и определить какой из них лучше использовать и для каких целей.

Объектом изучения работы являются методы и средства измерения облачности.

Предметом изучения являются характеристики методов и средств измерения облачности.

Цель работы: проведение сравнительного анализа методов и средств определения высоты нижней границы облачности и возможность их применения на сети станций Краснодарского края.

Для реализации поставленной цели решаются следующие задачи:

- дать общую характеристику наблюдению за облачностью;
- произвести сравнительный анализ методов и средств определения высоты нижней границы облачности и определить достоинства и недостатки каждого из них;
- выявить возможности использования определенного метода и средства измерения облачности на сети станций Краснодарского края.

1 Общая характеристика наблюдений за облаками

1.1 Основные понятия и метеорологические требования к наблюдениям за облачностью

Облако – это водный комплекс капель воды и кристаллов льда, объединённое в единое целое, находящееся над поверхностью Земли и видимое наблюдателем.

Максимальный размер в диаметре жидких частиц в облаке составляет порядка 200 мкм; когда частицы становятся крупнее, то превращаются в морось или дождь.

Все облака располагаются в пределах тропосферы.

Образуются при конденсации водяного пара на ядрах конденсации в атмосфере, при этом воздух поднимается вертикально вверх.

Облака могут образовываться только при определенных значениях вертикального градиента температуры и влажности в ходе турбулентности в нижних слоях атмосферы.

При температурах ниже 0 °С облака часто наполнены частицами воды, переохлажденных примерно до -10 °С в слоистых облаках и примерно до -25 °С в конвективных облаках. Если температура становится ниже предельных значений и выше приблизительно -40 °С большинство облаков представляют «смешанный тип» в них преобладают ледяные кристаллы.

Количество облаков – это часть небесного пространства, в котором находятся облака одного вида (частичное количество облаков) или облака всех видов одновременно (общее количество облаков).

Определение проводится на глаз, то есть визуально с точностью до ближайшего октанта (восьмая часть) и записывается в масштабе [7, с.84].

Нижняя граница облачности – это нижняя ближайшая к поверхности земли часть поверхности облака, там, где начинает происходить снижение видимости. Видимость снижается из-за того, что атмосферный воздух меняет свой состав и в нем появляются водяные капли или кристаллы льда. Поэтому

высоту нижней границы облачности определяют, как высоту до этого плотного новообразования. Официальная высота аэродрома для авиационных метеорологических станций принимается за уровень (земной) поверхности.

Существуют различные классификации облаков. В профессиональных целях используется классификация Всемирной метеорологической организации.

Данная классификация облаков разбивается на десять типичных форм с последующим подразделением в соответствии с требованиями на:

- виды облаков (форма и структура облака);
- разновидности облаков (расположение облака и его прозрачность);
- дополнительные характеристики и разновидности облаков (например, *incus*, *mamma*, *virga*, *praecipitatio*, *arcus*, *tuba*, *pileus*, *velum* и *pannus*);
- формирование нового вида облака из основного облака определяется с прибавлением слов «*genitus*» или «*mutatus*», в первом случае если изменяется незначительная часть материнского облака, во втором случае, если значительная его часть облака изменяется (например, *stratocumuluscumulogenitus* или *stratusstratocumulomutatus*).

Различают облака трех уровней: верхнего, среднего, нижнего, одновременно могут образовываться облака не только одного уровня, но и несколько сразу. Они и входят в современную классификацию облачности.

К облакам верхнего яруса относят – *Cirrus*, *Cirrocumulus* и *Cirrostratus*, они располагаются на высоте 6-12 км; среднего яруса – *Altostratus* и *Altostratus* (последние могут располагаться 0-6 км и выше), а также *Nimbostratus* (обычно располагаются как выше, так и ниже); к облакам нижнего уровня относятся *Stratocumulus*, *Stratus*, *Cumulus* и *Cumulonimbus* (последние два вида часто могут достигать среднего и верхнего уровней, но в основном облака нижнего уровня достигают 0-1,5 км)[18].

Данные об облаках применяют для различных целей, если данные берут синоптики, то применяют девятикодovou классификацию где облака разного уровня имеют свои коды и обозначаются как C_H , C_M и C_L . Это делается для

того чтобы произвести описание характеристики состояния неба, а не отдельных видов облаков.

В других классификациях облачности учитывают, например физические процессы образования облаков, по которой все облака делятся на кучевые и слоистые. Если рассматривается структура облачности, то они рассматриваются как кристаллические, жидкокапельные или смешанные.

Внешний вид облаков и их формы представлены в атласах облаков [9].

Вертикальная видимость – это максимальное расстояние, на котором наблюдатель может видеть и распознавать объект, расположенный на одной вертикали с собой, выше или ниже. Вертикальная видимость может быть рассчитана на основании измеренного профиля ослабления $\sigma(h)$, как описано в публикации Всемирной метеорологической организации (2010). Однако это отношение является менее простым, чем для расчета горизонтальной видимости, т. к. σ может не рассматриваться как постоянная величина. Тем не менее может применяться правило $I(h=VV)/I_{10} = 5\%$.

В качестве единицы измерения высоты облаков используется метр или, для некоторых аэронавигационных применений, фут. Единицей измерения количества облаков является октант, т. е. одна восьмая часть небосвода, покрытая облаками.

Для метеорологических целей необходимы данные о количестве, форме и высоте нижней границы облаков. Для проведения наблюдений в синоптических целях необходимо соблюдать конкретные требования по кодированию, которые несут информацию о состоянии облаков от поверхности до верхних уровней.

Если измерения осуществляются из космоса, то определяют количество облаков и температуру (на основании полученных данных рассчитывают высоту верхней границы облака). Данные измерений из космоса еще используют для наблюдения за развитием облачности и погоды.

Обычно измерение количества облаков проводится визуально. Инструментальные методы используются для определения количества и высоты облаков. Определяется количество облаков в каждом конкретном слое

и общее количество облаков, видимое наблюдателем с пункта наблюдения.

Общее количество облаков, или общая облачность, определяется как часть небосвода, покрытая всеми видимыми облаками. Следовательно, оценка общего количества облаков состоит в оценке того, какая часть общей видимой площади небосвода покрыта облаками.

Частичное количество облаков представляет собой часть площади небосвода, покрытую облаками одного вида или слоем облаков, как если бы это был единственный тип облачности на небе.

Для того чтобы произвести запись количества облаков применяется шкала, которая предлагается в кодовой таблице 2700 публикации Всемирной метеорологической организации, опубликованная в 2011 году. Данная шкала представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Шкала для записи количества облаков

Кодовая цифра	Значение	
0	0	0
1	1 окта или менее, но не 0	1/10 или менее, но не 0
2	2 <u>окты</u>	2/10–3/10
3	3 <u>окты</u>	4/10
4	4 <u>окты</u>	5/10
5	5 <u>окт</u>	6/10
6	6 <u>окт</u>	7/10–8/10
7	7 <u>окт</u> или более, но не 8 <u>окт</u>	9/10 или более, но не 10/10
8	8 <u>окт</u>	10/10
9	Небо не видно из-за тумана и/или других метеорологических явлений	
/	Облачный покров неразличим по причинам, не связанным с наличием тумана или другими метеорологическими явлениями, либо наблюдение не производилось	

На рисунке 1.1 описаны показатели определения облачности от 0 до 10 баллов.

Высота нижней границы облаков имеет большое оперативное значение и определяется как инструментально, так и визуально в зависимости насколько нужна точность измерения и для каких целей эти измерения проводятся. Но оценка высоты нижней границы облаков, которая проводится наблюдателем,

по-прежнему остается самой распространенной.

баллы	0	1-2-3	4-5-6	7-8-9	10
количество облаков	чистое небо	1/10, 2/10, 3/10 неба покрыта облаками	4/10, 5/10, 6/10 неба покрыта облаками	7/10, 8/10, 9/10 неба покрыта облаками	все небо покрыто облаками
фото					
характеристика	безоблачно ясно	незначительная облачность	средняя облачность	облачно с просветами	сплошная облачность
фото					
условное обозначение					

Рисунок 1.1 – Показатели определения облачности в зависимости от баллов

Авиационные метеорологические станции отдадут предпочтение инструментальным методам измерения высоты нижней границы облаков. Формы облаков в настоящее время определяют только визуально[12, с.297].

1.2 Оценка и наблюдения за количеством, высотой нижней границы и видами облаков

Место, используемое при оценке переменных характеристик облачности, должно обеспечивать максимально широкий обзор небосвода. Это место не должно освещаться в темное время суток. А наблюдатель должен привыкнуть к темноте при проведении наблюдений в темное время суток.

Ночью сложнее проводить наблюдения по сравнению со светлым временем суток, но если наблюдения производить в постоянном режиме, то видно, как облачность развивается и проще судить и какая его структура.

За облачностью обычно наблюдают с поверхности земли, но могут быть также использованы сообщения с самолетов.

При оценке количества облаков наблюдатель должен одинаково осмотреть участки облачности над пунктом наблюдения, и на других участках. Если, облака располагаются хаотично, то небо разбивают на равные квадраты, а затем сумма оценок в каждом квадрате приводится как общая для всего неба.

Если во время наблюдений наблюдается туман, снег или другие явления при которых невозможно дать оценку количества облаков записывают кодовую цифру 9.

Оценивают также и когда облака располагаются маленькими кусочками или перекрываются один слой другим, но при этом видно, что облака разных уровней. Чтобы выделить какую часть неба занимают облака того или иного уровня нужно наблюдать в течение некоторого времени, тогда можно будет увидеть, как облака разных уровней передвигаются с разной скоростью. При движении более низкого облака относительно более высокого можно увидеть, насколько более высокий слой облачности покрывает низкий слой и это покрытие полное или с разрывами.

При оценке количества разных уровней облаков нужно иметь ввиду, что общая оценка количества облаков производится независимо от того, что имеются облака разных уровней. Далее производится суммирование частичного количества облаков.

Рассмотрим, как производится оценка высоты нижней границы облаков. Она проводится в тех случаях, если нет измерительных приборов для этой оценки. В таких случаях необходимо учитывать на каком уровне расположена станция. Если наблюдения проводятся в тех местах, где имеются горы, то можно производить оценку путем сравнения с высотой характерных топографических особенностей, которые указаны на картах района.

Для этого наблюдатель должен иметь подробную карту-схему высоты и местоположения возвышенностей и ориентиров, относительно которых будет использоваться оценка измерения высоты облаков.

Значения высоты нижней границы облаков различных уровней представлены на рисунке 1.2 и соответствуют тем станциям, высота которых не превышает 150 м над средним уровнем моря. Если станции располагаются в горной местности, то значения высоты нижней границы облаков нижнего яруса над станциями часто может быть меньше, чем указано на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 –Высоты нижней границы облаков над уровнем земной поверхности в умеренных районах

В других климатических зонах, значения высот нижней границы облаков могут отличаться от представленных диапазонов. Такие различия приводят к проблемам как при классификации облаков, так и при определении их высоты.

Если станции находятся выше 150 м над уровнем моря, то высота нижней границы облаков нижнего яруса часто бывает меньше указанной.

Наблюдение за видами облаков в большинстве случаев проводятся наблюдателем. Для этого используются специальные атласы облаков. Эти данные имеются в многочисленных публикациях Всемирной метеорологической организации публикациях национальных метеорологических служб[3, с.184].

По мере развития техники и технологи появились датчики, с помощью которых можно произвести измерения общего количества облаков. К ним

можно отнести датчики, которые находятся на спутниках и называются они радиометрами. Наблюдения проводятся в видимом диапазоне и дополняются инфракрасными изображениями. Полученные данные хороши тем, что могут использоваться для оценки количества облаков над большими территориями. При такой оценке часто бывает так, что невозможностью отличить туман от слоистых облаков.

При определении количества облаков нижнего яруса с помощью электронного облакомера нужно учитывать для каких целей будут использоваться данные. Если для решения синоптических задач, то этот метод является подходящим, но для наблюдений на аэродромах его использование может привести к значительным ошибкам при оценке количества облаков над аэродромом. Существуют технологии с использованием данных электронных облакомеров, когда данные накапливаются, но это в случаях, если облакомеры используются в составе автоматических станций.

Для измерения количества облаков используют также пирометры, которые могут сканировать небосвод и производить замеры в разных фиксированных направлениях, для этого у них имеются специальные камеры обзора небосвода.

Данные замеров лазерных облакомеров могут использоваться для создания временных рядов высоты нижней границы облаков, для определения количества облаков. Этот метод имеет некоторые преимущества по сравнению с наблюдениями, выполняемыми персоналом. При использовании лазерного облакомера получаются более надежные результаты. Кроме того, измерения могут проводиться чаще и не зависеть от темного времени суток. Однако, имеются также некоторые недостатки и могут возникать существенные отклонения при наличии высоких тонких перистых облаков, когда эффективность работы облакомера снижается; когда влажный слой сообщается облакомером как нижняя граница облаков; когда облакомер не обнаруживает нижней границы облаков или неправильно определяет ее высоту во время осадков. Так же могут возникать проблемы при стелющемся тумане потому что

облакомер будет сообщать высоту нижней границы облаков по самому низкому значению.

Данный метод хорошо производит измерения если облака находятся только над прибором, но как мы знаем облака могут располагаться по всему небосводу и это существенный недостаток данного метода. Для решения этой проблемы измерения производятся в постоянном режиме, а полученные данные осредняются из полученных временных рядов измерений.

Совпадение (в пределах 2 октантов) между этим методом и неавтоматизированным измерением величины облачности обычно составляет 80-90%. Однако наибольшие различия могут быть обусловлены ограниченной пространственной репрезентативностью выборочного измерения облакомера лишь по небольшой площади непосредственно над местом его расположения.

Некоторые аэропорты оборудованы несколькими облакомерами и применяют алгоритм оценки состояния неба с использованием данных, поступающих с более, чем одного облакомера.

В аэропорту как раз применим данный метод, так как используется несколько облакомеров, которые располагают по всей взлетно-посадочной полосе. Но и этого недостаточно для получения точного, репрезентативного значения по всему небосводу.

Для получения осредненных значений прибор в автоматическом режиме по заданной программе производит измерения каждые 30 с и определяет высоту облаков

Каждую минуту полученные 30-секундные данные обрабатываются в измерительной системе прибора и получают удвоенные взвешенные величины последних 10 мин. Это делается для того чтобы можно было проследить какие изменения происходят в состоянии небосвода. Затем данные сортируются по «накопителям данных о высоте отраженных сигналов».

Каждую минуту, в случае если зарегистрировано более пяти значений отраженных сигналов высоты (в течение последних 30 мин), значения высоты облаков группируются в слои с применением процедуры метода наименьших

квадратов до тех пор, пока не останется только пять накопителей (каждый накопитель отраженных сигналов может содержать большое количество точек отражения). Данные «накопители» отраженных сигналов или кластеры после этого распределяются от самой нижней до самой высшей точки. Затем после кластеризации система АСПН определяет, возможно ли какие-либо кластеры объединить и полученные значения округлить в зависимости от высоты. В результате накопители, называемые теперь «слоями», выбираются алгоритмом до трех из этих слоев и полученные данные передаются в коде METAR/SPECI в соответствии с установленными правилами передачи данных о слоях облачности.

Данные получаются в результате того, что отраженные сигналы от облачности фиксируются в виде точек отражения, эти точки формируют слой точек, который далее создают общую картину облачности, причем будет учитываться облачность разного слоя.

Алгоритм такого измерения позволяет получать данные о наличии облачности по всему небосводу, используя данные о видимости нижних приземных слоев и полученном высоком проценте «неизвестных точек отражения» в нижних слоях.

Алгоритм оценки состояния небосвода также был разработан для использования в тех случаях, когда формирование (или адвекция) облака обычно происходит в (или от) известном местоположении и приводит к значительной одновременной разнице в состоянии облачности над территорией аэропорта. Данный метеорологический изменяющийся алгоритм применяется для данных с двух сенсорных датчиков высоты облачности. Основной датчик устанавливается недалеко от зоны касания на пути действия основного прибора. Второй датчик обычно устанавливается на расстоянии от 3 до 6 км (2-4 миль) от основного датчика против ветра в наиболее вероятном направлении адвекции или ближе к постоянному источнику уникальных условий облачности. Второй датчик высоты облачности предназначен для оперативного определения значительных различий в состоянии облачности.

Пирометры являются инфракрасными термометрами, которые могут наблюдать за небосводом в определенном угловом диапазоне. Чем больше датчиков одновременно используется, тем правильнее информация сформируется, так как будет охвачен обзором весь небосвод, а этот охват составляет половина 360° . Сегодня, производитель предлагает использовать одновременно до 14 датчиков.

Принцип измерения основан на физических законах Планка и Стефана-Больцмана при этом измеряется температура, которая формируется между прибором и облаками.

При наличии облачности прибор покажет наличие инфракрасной температуры, на основании которой может быть рассчитана общая доля небосвода, покрытая облаками.

Сканирующие пирометры исключают проблемы репрезентативности измерений, которые существуют в других методах, в которых имеется зависимость от количества исследуемых точек. Возможно также проведение измерений в темное время суток. Недостатком является трудность классификации фракционных и/или транспарантных «пикселей».

Использование камер обзора небосвода. Существуют камеры, которые специально разработаны для измерения количества облаков. С их помощью производятся наблюдения за небосводом, применяя, например, изогнутые зеркала.

Полученная информация в виде изображения с камеры по заданной программе анализируется и определяется. Некоторые камеры используются в дневное время и, таким образом, не могут применяться в темное время суток. Камеры, производящие измерения в ИК-диапазоне, не имеют таких недостатков, но они обладают меньшим полем обзора и являются более дорогостоящими [2, с.17]. Во всех методах учитывается репрезентативность местности и если этот момент не учитывается, то возникают проблемы с точностью измерений. Данный метод не учитывает особенности местности и измерений, и поэтому данная проблема не возникает.

2 Анализ методов и средств определения высоты нижней границы облачности

2.1 Классификация и сравнительный анализ методов измерения высоты нижней границы облачности

По способу измерения все методы определения высоты нижней границы облачности (ВНГО) делятся на контактные и дистанционные [19].

При использовании контактного метода измерения ВНГО пришлось бы измерять расстояние до облачности с помощью обычных эталонов расстояния, но осуществить это практически невозможно, так как нет таких больших измерителей длины. Поэтому измерить ВНГО, используя данный метод практически невозможно [5]. Поэтому, в основном применяются дистанционные методы измерения, которые состоят из измерительного прибора и устройства обрабатывающего и преобразовывающего полученную информацию.

Приборы измеряют определенную физическую величину, а полученные значения подставляются в формулу и рассчитываются. Эти операции выполняет измерительный прибор, наблюдатель получает информацию об облачности уже готовую на индикаторном табло.

В основе всех дистанционных методов измерений лежит регистрация характеристик различных полей – электромагнитных, магнитных, электрических, акустических, гравитационных, которые несут в себе информацию о параметрах атмосферы. Касательно измерения облачности используются методы, которые регистрируют характеристики электромагнитных полей, так как такие методы просты в применении и реализации.

Рассмотрим по каким признакам классифицируют дистанционные методы измерения ВНГО:

- делятся на пассивные и активные методы в зависимости от используемого излучения;

- по процессам взаимодействия излучения с исследуемой средой на методы ослабления (поглощения), излучения и методы рефракции;
- по времени исследования делятся на: дневные, ночные и круглосуточные;
- по используемым носителям на наземные, воздушные и космические.

Используя такую классификацию, определенный метод измерения ВНГО можно определить, например, как пассивный дневной наземный метод, использующий собственное излучение облаков.

На рисунке 2.1 приведена классификация методов измерения высоты НГО [4, с.135]. Часто применяемые в настоящее время методы измерения высоты НГО описаны ниже в виде краткого описания.



Рисунок 2.1 – Классификация методов измерения высоты НГО

Морфологический метод определения ВНГО относится к пассивным методам и базируется на анализе формы и количества облаков.

Морфологическая классификация была разработана в 1803г. английским метеорологом Люком Ховардом (LukeHoward) и является первой классификацией, которая связана с измерениями облаков. На ее основе создана современная международная классификация облаков и которая используется в настоящее время.

При определении формы облаков исследуется их внешний вид и

структура. Облака изучаются все, которые имеются на небосводе, и те, которые расположены сплошным полем, и те которые в виде изолированных участков.

Их строение может быть однородным, волокнистым, туманообразными и другим, а нижняя часть облака может быть ровной, расчлененной или изорванной. Кроме того, облака могут быть плотными и непрозрачными или тонкими просвечивающими. Перечисленные признаки являются характеристикой форм и внешнего строения облаков.

Если необходимо классифицировать облака по высоте, то они делятся на:

- облака верхнего яруса, находятся на высоте 6 км и выше;
- облака среднего яруса, находятся на высоте 6 км до 2 км;
- облака нижнего яруса, находятся на высоте ниже 2 км;
- облака вертикального развития, нижняя часть которых находится на высоте облаков нижнего яруса, а вершины – на высоте облаков среднего или верхнего ярусов.

При использовании морфологического метода пользуются атласом облаков [10] в котором имеются фотографии с описанием вида наблюдаемых облаков.

Другим пассивным методом является метод оценки ВНГО по минимальным уровням конденсации. Данный метод использует эмпирические формулы, которые были предложены в разное время У. Феррелем, А.Н. Ипполитовым, Д. Л. Лайхтманом и др. [17, с.171].

Высота нижней границы конвективных облаков примерно соответствует высоте уровня конденсации и может определяться с применением аэрологической диаграммы.

Данный метод хорошо просчитывается с помощью компьютерных программ и используется в математических моделях атмосферы [8].

По мере совершенствования техники и технологии, методов обработки информации появился пассивный бистатический метод измерения ВНГО [8], в котором используется два оптико-электронных приемника световых сигналов.

Один и тот же участок облачности наблюдается с двух оптико-

электронных приемников, приемники располагаются в разных местах. При данном виде измерения образуется угол, этот угол визирования вычисляют и методом триангуляции вычисляют высоту наблюдаемого фрагмента облачности. Так, например, используются пары приборов кругового обзора неба Total Sky Imagers (TSI), имеющие в своем составе цифровые фотоприемники со стандартными оптическими системами и подвижные полусферические зеркала диаметром 400 мм с нанесенными на них солнечными блендами.

Иногда для определения ВНГО или вертикальной видимости рекомендуется использовать шаропилотный метод, который тоже относится к пассивным методам определения высоты НГО и применяется при облачности от 5-ти до 10-ти баллов (для максимального исключения вероятности попадания шар-пилота в просвет между облаками).

Особенностью данного метода является определение момента исчезновения из вида шар-пилота и этот момент может определяться двумя способами. Либо визуально с использованием теодолита, либо с помощью специальных облакомеров, которые закрепляют на шар-пилоте. Принцип работы облакомеров основан на фотоэлектрическом или электротехническом принципе.

Для того чтобы шар-пилот поднялся в воздух и смог перемещаться в атмосфере до определенной высоты его заполняют одним из газов: гелием или водородом, затем, когда шар-пилот поднимается в атмосфере, определяют его вертикальную скорость подъема (порядка 325-ти м/мин). Время подъема фиксируют с помощью секундомера, по достижении облаков шара-пилота определяют высоту НГО по формуле (2.1):

$$h=vt \quad (2.1)$$

где, v – вертикальная скорость шар-пилота, м/с;

t – время, с.

Для шаров-пилотов подготавливают специальные оболочки. Они применяются разные: и их применение зависит от силы ветра, высоты и вида облаков, времени суток.

Для того чтобы оболочки можно было видеть на фоне неба и облаков они бывают темные или светлые. В ночное время к оболочке к шара-пилота прикрепляют небольшой источник света.

Когда появились активные методы определения ВНГО первым стал использоваться прожекторный метод. Его часто называют триангуляционным методом.

В прожекторной установке находилась мощная лампа, которая формировала луч к облакам и с расстояния 150-500 м, измеряли угол наблюдения светового пятна. Затем, методом триангуляции по формуле (2.2):

$$h = s \operatorname{tg} \alpha \quad (2.2)$$

где, s – расстояние от прожектора до угломерного устройства, м;

α – угол, под которым виден центр светового пятна на облаке.

Прожекторный метод используется для измерения ВНГО только в темное время суток.

Для измерения ВНГО в любое время суток используется светолокационный метод. Принцип действия которого, основан на измерении времени прохождения светового луча от лампы источника света в передатчике до НГО и обратно от облачности в приемник световых импульсов.

Расстояние от источника световых импульсов до места светового пятна на основании облака определяется соотношением, представленным в формуле 2.3:

$$h = ct/2 \quad (2.3)$$

где, h – расстояние от светового пятна, яркость которого равна

чувствительности приемника, применяемого за НГО или вертикальную видимость;

c – скорость света, м/с;

t – время прохождения луча от прожектора до светового пятна и обратно к приемнику, с.

Световые импульсы поступают к основанию облака с частотой от 1 до 20 Гц и формируются импульсной лампой. Приемник устанавливается от передатчика на расстоянии 8-12 м крышками навстречу друг другу и принимает отраженный световой импульс от газоразрядной лампы. Отраженный сигнал от облачности принимается фотоэлектронным устройством и преобразует световой сигнал в электрический, который в дальнейшем преобразуется электрической схемой пульта измерительного.

Если нам необходимо получить информацию об облачности на большом географическом участке местности используют радиолокационный метод. Информация получается масштабная. Это информация о пространственном распределении облаков, их водность, о распределении осадков и их интенсивности.

На сегодняшний день эта наиболее эффективная информации, связанная с облачностью [11, с.134].

Различают активную и пассивную радиолокации. Активная метеорологическая радиолокация использует принцип переизлучения, а пассивная использует собственное излучение (теплолокация) электромагнитной энергии в диапазоне СВЧ.

Сегодня для этих целей используется метеорологический радиолокатор МРЛ-5, который работает на двух каналах с частотами колебаний 9595 и 2950 МГц. Характеристики принятого сигнала зависит от расстояния до объекта и от его свойств.

Применяя активную радиолокацию достаточно просто определить расстояние до объекта, т.к. скорость распространения электромагнитного излучения является известной величиной.

Очень схож с радиолокационным методом по физическим принципам – лидарный метод (LIDAR – LIghtDetectionAndRanging). Он отличается от радиолокационного метода длинами волн электромагнитного излучения (от видимого до ИК диапазона) и малым углом расходимости излучаемой энергии [13, с.49].

У лидара имеется приемная оптическая антенна (объектив, телескоп и т. п.), а в ее фокусе располагается фотоприемник (в качестве фотоприемника обычно используется фотоэлектронный умножитель – ФЭУ). ФЭУ преобразует полученный сигнал в электрический ток, усиливает его и передает на обрабатывающее устройство.

Лазерный луч по сравнению с метеорологическими ракетами или шаром-пилотом производит измерение практически мгновенно.

Лидары могут проводить измерения на любых трассах и с высоким пространственным разрешением, что особенно важно для аэродромных служб.

Лидары можно использовать стационарно, так и на летательных аппаратах.

Достоинством данного метода является точность полученных результатов.

Недостатком лазерного зондирования является сложность измерения плотной облачности. Возникает сильное ослабление лазерного излучения и с поверхности Земли невозможно получить сведения о том, что происходит выше плотной облачности.

В данном случае можно производить зондирование облачности с помощью космических аппаратов и такой метод называют спутниковым методом.

Он основан на измерении ВГО (или отдельных облаков) с дальнейшим вычитанием толщины облачности.

Первый параметр получается путем сравнения углов наблюдения верхней границы облачности с данными полученными от нескольких спутников.

Для получения второго параметра применяются приборы наземного, так и

спутникового базирования [14].

Каждый из описанных методов имеет свои достоинства и недостатки, которые представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Достоинства и недостатки пассивных методов измерения ВНГО

№ п/п	Название метода	Преимущества	Недостатки
1.	Морфологический метод	1. Не требует специального оборудования.	1. Субъективность определения типа облачности. 2. Низкая точность измерений (определяется диапазон высот). 3. Дневной метод измерений.
2.	Метод определения дефицита точки росы	1. Простота технической реализации метода. 2. Крутосуточность измерений.	1. Низкая точность измерений.
3.	Бистатистический метод	1. Отсутствие излучателя. 2. Простота технической реализации метода. 3. Непрерывность измерений. 4. Многоточечность	1. Значительный территориальный разброс фотоприёмников. 2. Субъективность определения точки измерения (в ручном режиме).
4.	Стереоскопический метод	1. Отсутствие излучателя. 2. Простота технической реализации 3. Непрерывность и <u>многоточечность</u> измерений.	1. Территориальный разброс фотоприёмников в зависимости от характеристик оптических систем и измеряемого диапазона высот. 2. Субъективность определения точки измерения (в ручном режиме).
5.	Шаропилотный метод	1. Простота технической реализации метода. 2. Измерение многослойной облачности.	1. Зависимость от погодных условий (осадки, туман, сильная дымка, ветер, наличие разорванной или малой облачности). 2. Субъективность определения момента достижения НГО (при визуальном контроле). 3. Малая поднимаемая масса приборов (не более 900 грамм) (при радиозондировании). 4. Необходимость проведения предварительной операции <u>газонаполнения непосредственно перед запуском шар-пилота.</u>

В таблице 2.2 представлены достоинства и недостатки активных методов.

Пассивные методы имеют достоинства в простоте технической реализации, незначительных размерах, маленького энергопотребления, высокой надежности работы.

Таблица 2.2 –Достоинства и недостатки активных методов измерения высоты НГО

№ п/п	Название метода	Преимущества	Недостатки
1.	Прожекторный метод	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота технической реализации метода. 2. Достаточная точность измерений. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зависимость от погодных условий (осадки, туман, солнечная засветка, наличие разорванной или малой облачности). 2. Субъективность определения точки измерения и угла наблюдения. 3. Значительный территориальный разброс передатчика и приёмника. 4. Большие габариты измерителя. 5. Большое энергопотребление измерителя.
2.	Светолокационный метод	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достаточная точность измерений. 2. Круглосуточность измерений. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зависимость от погодных условий (осадки, туман, солнечная засветка, наличие разорванной или малой облачности). 2. Большие габариты измерителя. 3. Большое энергопотребление измерителя.
3.	Радиолокационный метод	<ol style="list-style-type: none"> 1. Всепогодность измерений. 2. Круглосуточность измерений. 3. Высокая точность измерений. 4. Непрерывность измерений. 5. Многоточечность измерений. 6. Измерение многослойной облачности. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость измерителя. 2. Большие габариты измерителя. 3. Большое энергопотребление измерителя.
4.	Лидарный метод	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая точность измерений. 2. Круглосуточность измерений. 3. Компактность измерителя. 4. Непрерывность 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зависимость измерений от погодных условий (солнечная засветка, наличие разорванной или малой облачности). 2. Высокая стоимость измерителя.

Продолжение таблицы 2.2

		измерений. 5. Многоточечность измерений. 6. Измерение многослойной облачности.	
5.	Спутниковый метод	1. Большое пространственное разрешение измерений. 2. Крутлосуточность измерений. 3. Всепогодность измерений. 4. Многоточечность измерений.	1. Высокая стоимость измерителя. 2. Зависимость точности измерения высоты НГО от точности определения толщины облачности.

Активные методы определения ВНГО реализовываются через измерения с помощью современных приборов, поэтому в технические характеристики изначально закладывается такой параметр как высокая точность и непрерывность измерений при любых погодных условиях. Причем погодные условия не должны снижать качество измерений. Очень важно, когда можно получать данные о сложной многослойной облачности и данные методы позволяют решить этот вопрос.

Когда необходимо выбрать использование того или иного метода измерения учитывают в первую очередь какие задачи способен решать каждый из методов, его слабые и сильные стороны. Немаловажным фактором является также стоимость реализации выбранного метода, его компактность и возможность низкого энергопотребления.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что идеального метода измерения ВНГО не существует и в каждом конкретном случае требуется свой подход к выбору того или иного метода, исходя из поставленной задачи, цели получения той или иной информации об облачности.

Актуальным остается вопрос разработки и создания недорогих пассивных измерителей ВНГО, с маленькими размерами и низким потреблением энергии и способных работать автономно в автоматическом режиме.

2.2 Сравнительный анализ средств измерения высоты нижней границы облачности

Из всех физических измерений чаще всего производят измерение расстояния. Для этого используют такие средства измерения расстояний, как линейки, метры, рулетки и другие приспособления.

При измерении высоты НГО тоже необходимо произвести измерение расстояния до облачности, что практически невозможно при использовании традиционных методов измерения. Следовательно, необходимо выбрать такой из методов измерения, который бы соответствовал бы данным прямым методов измерений. Для этого пользуются косвенными методами измерения высоты НГО, при которых определяется какая-либо промежуточная величина, функционально связанная с искомой величиной высоты НГО.

Для этих целей обычно используют различные приборы. Для измерения высоты нижней границы облачности используют дальномеры, которые бывают двух типов: с постоянным углом, и дальномеры двойного изображения. И в том и в другом случаях используются образцовые рейки различных конструкций с известными геометрическими размерами. К таким приборам относят теодолиты, тахеометры [21, с. 108]. В зависимости какие используются дальномеры, диапазоны измеряемых расстояний у них разный. Так при использовании оптических дальномеров диапазон измеряемых расстояний может составлять от 10 до 300 м.

Электронные дальномеры используют электромагнитные волны радио- и оптического диапазона и определяют время распространения электромагнитной волны в заданном измеряемом диапазоне и поэтому измеряемый параметр у них выше, чем у оптических.

При использовании радиодальномеров измеряемые расстояния исчисляются в километрах. Радиометры в качестве несущих колебаний используют колебания диапазона СВЧ. Это, как правило, сантиметровые (3 или 10 см) или миллиметровые (8 мм) волны диапазона УКВ [20, с. 98].

В светодальномерах используются электромагнитные колебания оптического диапазона волн, как видимого, так и ИК диапазона. Источником света могут являться лампы накаливания, светодиоды, газовые и твердотельные лазеры. Диапазон измеряемых с помощью светодальномеров расстояний может лежать в пределах от 1 до 70 км с достаточно большой точностью. Например, лазерный дальномер «Zenit LRB» 7x40 S имеет диапазон измеряемых расстояний от 40 до 1000 м с ошибкой от 1 до 11 м, а лазерный целеуказатель-дальномер «1Д26» позволяет определять расстояния от 110 до 29995 м с предельной погрешностью измерения дальности не более 10 м. Также, многорежимный лазерный дальномер-целеуказатель воздушной и наземной цели входит в состав оптико-локационных станций типа ОЛС самолета СУ-35 и 13СМ-1 самолета МиГ-35, определяющие дальность обнаружения воздушных и наземных целей до 70 км.

Такие дальномеры работают на разных физических принципах работы – временном, интерференционном, частотном или фазовом. Те дальномеры, которые работают на временном принципе, используют прямое измерение времени распространения импульса электромагнитной волны t .

При использовании интерференционного принципа, длина определяется при непосредственном наблюдении интерференционной картины, созданной опорной и отражённой волнами. При использовании частотного принципа, измеряется приращение частоты излучаемого и принимаемого сигнала.

Широкое распространение получили дальномеры с фазовым принципом измерения расстояний.

Фазовые дальномеры позволяют измерять расстояния от десятков метров до десятков километров с точностью до 10 мм. Недостатками таких измерителей является необходимость разрешения неоднозначности в определении неизвестного целого числа N , т. к. реальный фазометр может измерять сдвиг фаз только в пределах от 0 до 2π . В новейших фазовых дальномерах неоднозначность определения числа N разрешается путем работы на нескольких (как правило, 3-4-х) точно известных частотах модуляции, что

сильно усложняет конструкцию прибора.

Для измерения высоты нижней границы облаков используется несколько методов. К ним относятся: использование лазерного облакомера, прожектора с вращающимся лучом, облачного прожектора и шара-зонда. Наиболее часто в настоящее время применяется метод измерения с помощью лазерного облакомера. Этот метод обладает многими преимуществами и поэтому сейчас чаще всего используется в практике измерения.

Сигнал, излучаемый лазером, направляется вертикально вверх, где, если облачность располагается над источником света, излучение рассеивается гидрометеорами, составляющими облачность. Основная доля излучения рассеивается вверх, но некоторая ее часть рассеивается вниз и фокусируется на фотоэлектрическом детекторе приемника.

Лучевой поток, обратно рассеиваемый на приемник, уменьшается в зависимости от дальности в соответствии с законом обратных квадратов. Облакомер (рисунок 2.2) обычно состоит из двух узлов – приемо-передатчика «в сборке» и записывающего устройства.

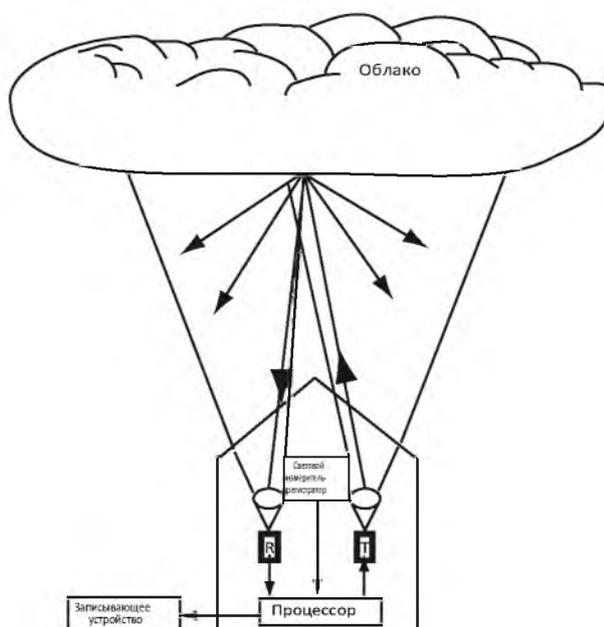


Рисунок 2.2 — Схема лазерного облакомера

Передатчик и приемник устанавливаются рядом в одном помещении с электронной аппаратурой по детектированию и обработке сигналов. В качестве

источника света используется полупроводниковый лазер, у которого длина волны приближена к инфракрасной. Оптические устройства передатчика располагаются таким образом, что лазерный источник и детектор приемника находятся в фокусе условной или ньютоновской телескопической системы.

На поверхность оптических элементов наносится специальное покрытие толщиной в одну четверть длины волны для того чтобы уменьшить отражение и обеспечить высокий уровень пропускания света. Апертура передающего блока герметична, имеет антиотражательное покрытие.

Приемник и передатчик имеют одинаковую конструкцию, отличается лишь элементами, которые находятся в фокусе сферического зеркала. Вместо источника света в него входит фотодиод, а также встроенный узкополосный оптический фильтр. Фильтр задерживает основную часть фонового рассеянного солнечного излучения, облегчая, таким образом, обнаружение рассеянного лазерного излучения в светлое время суток.

Передатчик и приемник устанавливаются таким образом, чтобы пучок света излучателя и поле зрения приемника начинают совмещаться на высоте около 5 м над устройством и полностью совмещаются на высоте нескольких сот метров. Такие же оптические устройства применяются в некоторых системах для передачи и получения излучения, что позволяет избежать этой проблемы.

Укрытие снабжается нагревателями во избежание конденсации на оптических поверхностях, а влажность внутри укрытия понижается посредством использования осушителя. Верхняя часть укрытия снабжена крышкой со встроенными оптическими отражателями, предохраняющими устройство от прямого солнечного излучения.

Выходной сигнал детектора разделяется на последовательные «строб-импульсы дальности», каждый из которых отображает минимально обнаруживаемое приращение высоты. В прибор вмонтировано пороговое устройство таким образом, что исключается возможность того, что прибор не «видит» облако или «видит» несуществующее облако.

Устройство должно быть установлено на прочном основании со

свободным обзором над пунктом наблюдения в пределах конуса с углом приблизительно 30° к вертикали. При необходимости может использоваться площадка на крыше невысокого здания, при этом необходимо произвести корректировку сообщаемых высот к уровню земной поверхности.

Для снижения воздействия сильно отражающихся дождевых капель луч света и телескоп устанавливаются под углом около 5° к вертикали.

Выделяют четыре основных источника погрешностей при использовании лазерного облакомера:

- погрешности диапазона: такие погрешности возможны, когда в основных цепях генератора случаются неисправности, но при обычной работе они могут не учитываться;
- вертикальность излучаемого/отраженного пучка света: в том случае, если в приборе нарушена юстировка и отклонение луча от вертикали составляет не более 5° , такие погрешности можно не учитывать;
- погрешности, случающиеся в системе обработки сигналов: в связи с тем, что обычно ВНГО весьма расплывчата и изменяется значительно во времени и в пространстве. В условиях тумана (при наличии или отсутствии над ним облачности), а также при выпадении осадков могут возникать серьезные ошибки. Следовательно, важно располагать информацией о видимости и осадках для того, чтобы оценить результаты, получаемые с помощью облакомера. В условиях характерной слоистой облачности (например, при наличии слоисто-кучевых облаков) ошибки измерения проверяются исключительно посредством пороговых алгоритмов облачности и принимаются приемлемыми для определенно взятой конструкции облакомера;
- погрешности диапазона измерений: так как у лазера отраженное излучение на больших высотах может быть настолько малой интенсивности, что его невозможно обнаружить. В этой связи не всегда можно наблюдать высоту нижней границы перистых облаков.

В оперативной практике в условиях однородного основания облаков результаты измерений лазерным облакомером обычно можно сравнить с

результатами шаропилотных измерений, а также измерений с самолета и с помощью прожектора в ночное время. Были проведены масштабные взаимные сравнения лазерных облакомеров различного производства. Так, во время проведения ВМО международного взаимного сравнения облакомеров сравнивались несколько конструкций облакомеров, а также результаты наблюдений с помощью облакомеров с вращающимся лучом и шаров-пилотов. В результате международного взаимного сравнения средств измерения ВНГО установили, что использование лазерного облакомера самое эффективное так как наиболее точное и надежное, по сравнению с альтернативным оборудованием.

Большинство лазерных облакомеров снабжены встроенной диагностикой, которая контролирует излучаемую выходную энергию и предохраняет от серьезных погрешностей во времени. Проверка калибровки обычно ограничивается проверкой частоты и стабильности основного генератора посредством использования высококачественных наружных стандартов частоты и проверкой выходной мощности излучателя. Калибровка может проводиться путем взаимного сравнения.

Рассмотрим схему облакомера с вращающимся лучом. Применение прожектора с вращающимся лучом основано на принципе измерения угла возвышения светового пучка, осуществляющего сканирование в вертикальной плоскости, в тот момент, когда часть светового сигнала, рассеянного основанием облака, будет получена фотоэлектрическим элементом, направленным вертикально вверх и расположенным на известном расстоянии от источника света (рисунок 2.3). В состав прибора входит: передатчик, приемник и записывающее устройство.

От передатчика отходит узкий световой луч, расходимость которого составляет 2° , при этом основная часть излучаемой радиации находится в ближней инфракрасной области спектра длин волн, то есть в диапазоне от 1 до 3 мкм. Используемая длина волны при этом маленькая, меньше чем с размер водяных капель в облаке. Пучок света сканирует облака в вертикальной

плоскости по дуге, обычно охватывая от 8 до 85°, и модулируется на частоте приблизительно 1 кГц для того, чтобы с помощью методов фазочувствительного детектирования улучшить соотношение сигнал–шум в приемнике.

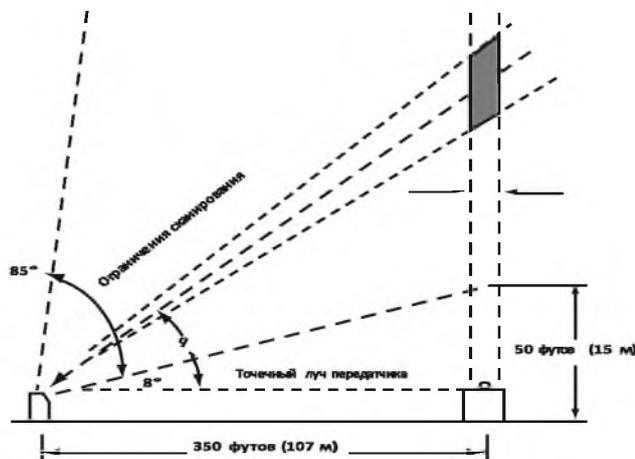


Рисунок 2.3– Схема облакомера с вращающимся лучом

Приемник состоит из фотоэлемента и ограничителя угла зрения; ограничитель служит для того, чтобы на фотоэлемент могли попасть только вертикально направленные сверху лучи света. Перо записывающего устройства, движущееся одновременно с лучом передатчика, регистрирует получаемый от облака сигнал.

Передатчик и приемник устанавливаются на открытой ровной площадке на расстоянии 100–300 м друг от друга на специальных устойчивых фундаментах. Необходимо создать условия чтобы излучатель сканировал в той же плоскости, что и приемник. Для этого настраивают и регулируют оптические элементы прибора.

Перечислим погрешности, которые могут возникать при измерении высоты нижней границы облака с помощью ОВЛ, они обусловлены следующими факторами:

- шириной светового луча;
- оптическим несопадением;
- механическими допусками движущихся деталей;

– чувствительностью приемника.

Поскольку во многих конструкциях объем пересечения конусов передатчика и приемника довольно значителен при высоте облаков более 500 м, то погрешности, связанные с шириной светового пучка, обычно являются наиболее серьезными.

Определение ВНГО не представляет собой адекватную основу для объективной конструкции облакомеров, следовательно, используемые в настоящее время алгоритмы основаны на экспериментальных результатах и сравнениях с другими методами оценки. В одних ОВЛ используется «пороговый» метод определения наличия облачности, а в других – схема детектирования «пикового» сигнала. В некоторых случаях чувствительность приемника влияет на сообщаемую высоту облаков, вследствие чего возникают значительные погрешности, превышающие при определенных обстоятельствах установленные эксплуатационные требования. Эти погрешности обычно возрастают с увеличением регистрируемой высоты.

ОВЛ крайне чувствительны к наличию осадков. В случае умеренных или сильных осадков прибор может ошибочно показать наличие облаков нижнего яруса или не сможет определить облака вообще. В условиях тумана пучок света может рассеяться на нижнем уровне, и электронный облакомер не сможет дать какую-либо полезную информацию об облачности даже при наличии облаков нижнего яруса.

Проводились сравнения ОВЛ и лазерных облакомеров; результаты таких сравнений широко сообщались. Они показали значительное совпадение данных, полученных при помощи двух типов облакомеров на указанных высотах вплоть до 500 м, но эффективность детектирования ОВЛ при наличии осадков заметно ниже.

Единственный вид технического обслуживания, которое обычно производит пользователь, – это очистка окошек передатчика и приемника и замена ленты. Наружные поверхности пластиковых окошек передатчика и приемника следует чистить еженедельно. Для этого должна использоваться

мягкая сухая ткань, при этом следует проявлять осторожность, чтобы не поцарапать окошко. При замене лампы передатчика следует произвести оптическую корректировку. Необходимо ежегодно проверять горизонтальность передатчика и приемника и, по мере необходимости, проводить корректировку.

Использование облачного прожектора. При использовании этого метода (рисунок 2.4) угол возвышения E светового пятна на нижней границе облачности, получается в результате если луч прожектора направлен вертикально вверх.

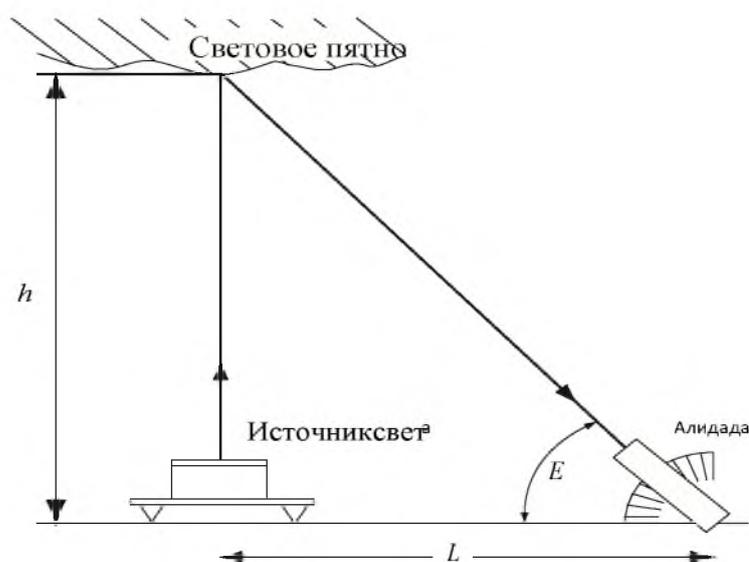


Рисунок 2.4– Схема принципа работы облачного прожектора

Направление луча прожектора, измеряется с помощью алидады из удаленной точки. Пусть L – заданная горизонтальная длина в метрах между прожектором и пунктом наблюдения, то высота h в метрах НГО над пунктом наблюдения рассчитывается следующим образом (2.4):

$$h = L \cdot \tan E \quad (2.4)$$

Оптимальное расстояние между прожектором и пунктом наблюдения составляет приблизительно 300 м. Расстояние не следует увеличивать, потому что световое пятно становится незаметным, если расстояние уменьшать, то ухудшается точность измерения высоты. Поэтому расстояние, 250-550 м

считается самым подходящим. Между прожектором и алидадой должен быть свободный обзор, которые должны быть установлены на прочных, устойчивых подставках. При разнице в высоте над уровнем земной поверхности между прожектором и алидадой в расчетные высоты необходимо внести поправку.

Наиболее значительным источником погрешностей является неточность измерения угла возвышения. Погрешности высоты, связанные с небольшими отклонениями от вертикали, не имеют значения.

Использование шара-пилота. В светлое время суток высоту облаков можно измерить если использовать специальный шар из латексной оболочки, для того чтобы оболочка имела подъемную силу ее заполняют водородом или гелием. За нижнюю границу облаков следует принять уровень, на котором шар-пилот начинает входить в слой дымки, прежде чем будет неразличим.

Скорость подъема шара-пилота регулируется контролем за количеством газа внутри оболочки шара-пилота. Интервал времени между запуском шара-пилота и его входом в облако измеряется с помощью секундомера. Если скорость подъема равна n метров в минуту, а время движения составляет t минут, то ВНГО над поверхностью земли равна $n \cdot t$ метров, но не всегда стоит неукоснительно следовать этому правилу. Вихревые потоки воздуха на месте запуска шара-пилота могут препятствовать его подъему в течение некоторого времени с момента его выпуска. Как правило, секундомер включается в момент выпуска шара и, соответственно, период времени между выпуском шара и отмеченным моментом его выхода из вихревого потока следует вычесть из общего времени, прежде чем определять высоту облачности. Даже если не принимать во внимание вихревые потоки, скорость подъема на самом низком участке, составляющем около 600 м (2 000 футов), является весьма непостоянной.

Несмотря на то, что высоту нижней границы облаков среднего яруса иногда получают в качестве сопутствующей информации при измерениях ветра на высотах с помощью шара-зонда, в основном метод измерения шаром-зондом подходит для облаков нижнего яруса. При отсутствии вспомогательных

оптических приборов, таких как бинокль, телескоп или теодолит, измерения не проводят, если ВНГО предположительно выше 900 м даже при слабом ветре.

Если ветер сильный, то шар-зонд может выйти за пределы диапазона видимости невооруженным глазом до того, как он достигнет границы облачности. При сильных осадках измерения не проводят. Этот метод может использоваться в ночное время, если шар-зонд снабжен электрическим освещением. Результаты измерения высоты нижней границы облаков с помощью шара-зонда используют осторожно, так как средняя скорость подъема шара-зонда, особенно на участке первых нескольких сот метров, может заметно отличаться от предполагаемой скорости подъема (вследствие влияния вертикальных потоков, формы шара-зонда, осадков и турбулентности).

Наблюдение за типами облаков по-прежнему проводится персоналом. Существует только один автоматизированный метод измерения вида облаков специально для определения кучево-дождевых/башенкообразных кучевых облаков.

В этом методе используются данные с сети радиолокаторов, измеряющих осадки, и сети обнаружения молний. Наличие молний говорит о присутствии кучево-дождевых и/или башенкообразных кучевых облаков. Этот новый метод используется редко. Количество ложных тревог относительно высок.

Наибольшее распространение среди активных средств измерения имеют светолокационные измерители высоты, к ним относятся ДВО-2, РВО-2М и ИВО. Но, из-за того что, конструктивно они устарели их использование на сегодня сводится к минимуму.

Их сменили сегодня лидарные измерители высоты НГО, они не имеют тех недостатков, которые были у светолокационных измерителей.

Недостатками являлись: невозможность проведения измерений при плохой погоде – сильных осадках, тумане, сильной дымке; больших размерах составных блоков, большой потребляемой энергии. Лидарные измерители обеспечивают постоянство и многоточечность измерений и позволяют определять количество и высоту нескольких облачных слоев.

Пассивные измерители высоты НГО имеют свои достоинства. В отличие от светолокационных и лидарных измерителей, они производят измерения высоты НГО даже при солнечной засветке. Однако, об известных опытных или серийных образцах измерителей ВНГО, работающие на пассивных методах измерения, доступной информации нет.

В таблице 2.3 и 2.4 рассматриваются сравнительные характеристики эксплуатируемых в настоящее время приборов, которые используются для научно-исследовательских и практических целей где применяются только активные методы измерения высоты НГО.

Таблица 2.3 – Сравнительные характеристики приборов измерения высоты НГО

№ п/п	прибор	производитель	Используемый метод	Тип излучателя
1.	ИВО-1М	Московский завод радиоэлектронной аппаратуры	<u>Светолокационный</u>	Лампа <u>импульс.</u> ИСП-100-4
2.	РВО-2М	ФГУП ВЭИ, РФ	<u>Светолокационный</u>	Лампа <u>импульс.</u> ИСП-100-4
3.	РВО-3	ФГУП ВЭИ, РФ	<u>Светолокационный</u>	Лампа <u>импульс.</u> ИСП-100-4
4.	ДВО-2	ОАО «ЛЗОС», РФ	<u>Светолокационный</u>	Лампа <u>импульс.</u> ИСП-100-4
5.	ИВО <u>Промінь</u>	ГНПП « <u>Спецавтоматика</u> », Украина	<u>светолокационный</u>	Лампа <u>импульс.</u> ИСП-100-4
6.	Станция МРЛ-5	Завод « <u>Электромаш</u> », г. <u>Нижний Новгород</u>	Радиолокационный	Магнетроны $\lambda_1=9595$ МГц $\lambda_2=2950$ МГц
7.	ЛИВО		<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. лазер</u>
8.	ЛИН-ГО-1М	Концерн «МАНС»	<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. лазер</u>
9.	ДОЛ-1	ОАО «ЛОМО», РФ	<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. лазер</u> Л11-Д
10.	ДОЛ-2	ООО ЛОМО МЕТЕО, РФ	<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. импульс. лазер</u>
11.	S7499	Coastal Environmental Systems, Inc., USA	<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. лазер</u>
12.	S1349Z	Coastal Environmental Systems, Inc. USA	<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. лазер</u>
13.	СВМЕ80	<u>Mesotech International, Inc.</u> , USA	<u>лидарный</u>	<u>Полупровод. лазер</u>
14.	ИНГО	<u>БелОМО</u>	<u>лидарный</u>	<u>GaAs</u> п/п диод

Продолжение таблицы 2.3

		Беларусь		$\lambda=900$ нм
15.	ИНГО	ИОА СО РАН, РФ	<u>лидарный</u>	Лазер $\lambda=1,064$ мкм
16.	Пеленг СД-01- 2000	ОАО «Пе- Ленг», Беларусь	<u>лидарный</u>	GaAs лазер ИЛПИ112, $\lambda=887$ нм, $P_{\text{max}}=150$ Вт, $f=1$ кГц
17.	CL31	<u>Vaisala Oyj,</u> <u>Finland</u>	<u>лидарный</u>	<u>InGaAs</u> диод $\lambda=910$ нм
18.	СТ25К	<u>Vaisala Oyj,</u> <u>Finland</u>	<u>лидарный</u>	<u>InGaAs</u> MOCV диод $\lambda=905$ нм
19.	<u>Solidstate</u> <u>laser</u> <u>ceilometer</u>	<u>French meteorological</u> <u>office, France</u>	<u>лидарный</u>	GaAs Er-glass laser-diod, $\lambda=1.54$ μm , $P_{\text{out}}=8\text{mJ}$, $t_{\text{pulse}} =$ 30 ns, Divergence = 1.3 mrad

Таблица 2.4 – Сравнительные характеристики приборов измерения высоты НГО

№ п/п	прибор	Тип <u>фотоприёмника</u>	Диапазон измерения, м	<u>Погреш-</u> <u>ность</u> измерения, м	Напряжение питания, В / Потребляемая мощность 220 В, Вт / Масса, кг
1.	ИВО-1М	ФЭУ	5-2000	10-90	220/300/305
2.	РВО-2М	ФЭУ	5-2000	10-125	220/800/370
3.	РВО-3	фотодиод	30-1500	Н.д.	220/600/89
4.	ДВО-2	ФЭУ	15-2000	10-140	220/80/69
5.	ИВО <u>Проминь</u>	ФЭУ	15-2000	10-48	220/н.д./н.д.
6.	Станция МРЛ-5	Передающие устройства для вырабатывания мощных СВЧ импульсов на λ = 3,2 и 10 см.	300 км		от промышленной трехфазной сети 50 Гц 380 В, либо от автономной трехфазной сети 50 Гц 220 В.
7.	ЛИВО	ФЭУ	50-1000	5-100	220/640/86
8.	ЛИН- ГО-1М	Фотодиоды	30-1500	6-153	220/200/н.д.
9.	ДОЛ-1	Фотодиоды ФД-11К	15-4000	10-400	Н.д./н.д./96
10.	ДОЛ-2	Фотодиоды	0-3000	10-150	220/600/59
11.	S7499	Фотодиоды	0-3800		
12.	S1349Z	Фотодиоды	50-380	<50	
13.	СВМЕ80	Фотодиоды	0-7500	9-45	110 / н.д. / 15
14.	ИНГО	Фотодиоды 81 шт.	15-2000	10-200	110 / н.д. / 15
15.	ИНГО	Фотодиоды	50-5000	<40	12 / 1 / 3,9
16.	Пеленг СД- 01- 2000	<u>Si</u> фотодиод	15-2000	10-200	220 / 400 / 29
17.	CL31	Фотодиоды	0-7500	<75	230 / 310 / 43
18.	СТ25К	Фотодиоды	15-7500	<150	230 / 400 / 35

Продолжение таблицы 2.4

19.	<u>Solidstate laser ceilometer</u>	<u>InGaAs PIN photodiode, D_{lens}=65 mm, Field of view = 3.3 mrad</u>	<4000	<u>Н.д.</u>	<u>Н.д.</u>
-----	--	--	-------	-------------	-------------

Из таблиц 2.3, 2.4 видно, что в основном используется светолокационный и лидарный метод измерения. Измеряемая высота колеблется от 0 до 7500 метров. При использовании, в основном востребована высота измерения до 2000 м, что необходимо для соблюдения минимумов погоды на авиаметеорологических станциях. Основными типами фотоприемника являются фотодиоды, напряжение питания приборов – стандартное. Погрешность измерения в основном до 200 м, что является значительной и которую нужно снижать, добиваться минимальных значений.

3 Анализ методов и средств измерения облачности для их использования на метеорологических станциях Краснодарского края

3.1 Характеристика наблюдательной сети Краснодарского края

Наблюдательная гидрометеорологическая сеть Краснодарского края сформировалась в середине 19 века и стала проводить регулярные гидрометеорологические и агрометеорологические наблюдения различными организациями и ведомствами. Первые метеорологические станции были организованы в Краснодаре (1854 г.) и Темрюке (1865 г.).

Сегодня наблюдательная сеть представлена 37 гидрометеорологическими и авиационными станциями, также на территории края расположена одна аэрологическая станция (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Карта-схема гидрометеорологических станций Краснодарского края

Станции проводят стандартные наблюдения и наблюдения по специальным программам.

В таблице 3.1 приведены сведения о метеорологических станциях Краснодарского края.

Таблица 3.1 – Метеорологические станции Краснодарского края

Индекс ВМО	Название станции	<u>Шир</u>	Долг	<u>Выс</u>	Начало наблюдений	Примечание
34719	Должанская	46.68	37.73	2	1933	
34727	Ейск	46.80	38.30	2	1872	
34729	Староминская	46.53	39.02	41	1895	Перенос 1965-3,5км СЗ
34737	Куцевская	46.53	39.60	20	1931	
34824	Приморско- Ахтарск	46.03	38.15	3	1914	
34825	Каневская	46.10	38.97	17	1936	
34834	Сосыка	46.10	39.80	55	1925	
34836	Белая Глина	46.08	40.88	68	1929	
34838	Тихорецк	45.85	40.10	77	1914	
34915	Кубанская(Темрюк)	45.32	37.38	1	1895	Перенос 1949-1,5км ЮЮВ
34917	Тамань	45.21	36.71	14	1927	
34922	Тимашевск	45.60	38.90	22	1928	
34924	Славянск-на- Кубани	45.30	38.10	8	1904	
34926	Кореновск	45.47	39.48	48	1927	
34927	<u>Краснодар,Круглик</u>	45.05	39.00	28	1854	
34936	Кропоткин	45.43	40.57	105	1925	
34937	Усть-Лабинск	45.20	39.70	94	1914	Перенос 1975-2,5км В
37001	<u>Анапа МГ</u>	44.90	37.30	30	1897	Перенос 1986-2км Ю
37002	Крымск	44.90	38.00	35	1928	
37004	<u>Геленджик,АМСТ</u>	44.57	38.08	15	1921	
37006	Новороссийск	44.72	37.87	9	1872	Перенос 1961-1,4км ЗСЗ
37009	Джубга	44.30	38.70	21	1937	
37013	Белореченск	44.75	39.90	133	1924	
37014	Горячий Ключ	44.63	39.10	61	1885- 1918.1927	
37017	Горный	44.30	39.30	325	1959	
37018	Туапсе	44.10	39.07	67	1874	
37026	<u>Лабинск,АМСТ</u>	44.67	40.75	263	1925	
37028	Псебай	44.13	40.78	623	1948	
37031	<u>Армавир,АМСТ</u>	45.00	41.12	158	1928	Перенос 1963-6км С
37035	Отрадная	44.40	41.48	474	1933	Перенос 1973-2км З
37099	<u>Сочи,ГМО</u>	43.58	39.77	57	1870	
37107	Красная Поляна	43.60	40.20	566	1913	
37171	Сочи(Адлер)	43.40	39.90	12	1946	

Кроме метеорологических станций на территории края работают авиаметеорологические станции. Список аэропортов края выглядит следующим образом: Геленджик, Пашковский, Адлер, Витязево, Ейск (аэродром двойного

базирования).

Помимо названных аэропортов, в Краснодарском крае есть еще взлетные полосы и аэродромы, которые используются малой и спортивной авиацией (приложение).

3.2 Средства измерения облачности, используемые в Краснодарском крае

На метеорологических станциях Краснодарского края в основном используют визуальные методы измерения. Наблюдения за формами и высотой облаков проводят визуально. Из-за отсутствия «Атласа облаков» 2006 г. на станциях используется «Атлас облаков» 1978 г. издания. Но на отдельных станциях еще используют ИВО-1М, ДВО-2, РВО-5.

Измеритель высоты облаков ИВО-1М предназначен для измерения высоты нижней границы облаков непосредственно над местом его установки. Измерение можно производить в любое время года и суток при отсутствии тумана, сильных осадков и сильной дымки. При наличии слабых осадков или слабой дымки точность измерений несколько ухудшается.

В состав комплекта аппаратуры ИВО-1М (рисунок 3.2, 3.3) входят: передатчик световых импульсов, приемник световых импульсов, пульт управления (отметчик).



Рисунок 3.2 — Измеритель высоты облаков ИВО-1М

На рисунке 3.3 представлен передатчик световых импульсов ИВО-1М, установленный на МС Майкоп.



Рисунок 3.3 – Передатчик световых импульсов ИВО-1М

В основном ИВО-1М уже не используется на станциях, блоки еще установлены, так как приборы еще не списаны и могут производить измерения, хотя ресурс использования уже закончился, но не был продлен. Но если возникнет необходимость проведения измерения, прибор еще может их провести. Пример того, что прибор не используется видно на рисунке 3.4 на метеорологической станции Круглик Краснодар.



Рисунок 3.4 – Метеорологическая станция Круглик Краснодар

Измерители ДВО-2 состоят из источника световых импульсов, приемника, блока измерительного, пульта дистанционного.

Для обеспечения эксплуатационного минимума в авиации необходимо использование современной, точной аппаратуры и оборудования, это оборудование должно соответствовать международным стандартам по обеспечению безопасного взлета и посадки самолета.

Данные по облачности входят в эти минимумы.

Поэтому для выполнения минимумов погоды для авиационных метеостанций недостаточно только проведение визуальных наблюдений, следовательно, необходимо обязательное приборное оснащение.

Рассмотрим получение информации об облачности на примере АМСГ-1 Краснодар. Аэродром Краснодар (Пашковский) обеспечивает круглосуточные, непрерывные наблюдения за состоянием погоды

Наблюдения являются основой для составления регулярных и специальных сводок, подлежащих распространению на аэродроме и за его пределами.

Основной пункт наблюдений (ОПН) расположен на 1 этаже модуля СДП-226ВПП (05С/23С).

Метеорологические наблюдения с ОПН производятся автоматически, дистанционно по датчикам КРАМС-4 за параметрами ветра, видимостью, высотой нижней границы облаков, атмосферным давлением, количеством выпадающих осадков, температурой и влажностью воздуха. При необходимости может осуществляться «ручной ввод» всех, автоматически измеряемых метеовеличин.

Результаты визуальных наблюдений за количеством и формой облаков, явлениями текущей погоды и другая дополнительная информация, необходимая для формирования сводок, вводятся в систему КРАМС-4 посредством «ручного ввода».

Датчики облачности, входящие в состав КРАМС-4, установлены:

– датчики измерения ВНГО типа CL31 (основной и резервный) – на

расстоянии 862 м от торца ВПП МКп 226;

– датчики измерения ВНГО типа CL31 (основной и резервный) – в районе БПРМ47 на расстоянии 1180 м от торца ВПП МКп46 и на удалении 180 м от продленной осевой линии ВПП(05С/23С).

Регулярные наблюдения производятся круглосуточно в 00 и 30 мин каждого часа. Результаты регулярных наблюдений выпускаются в виде:

- местных регулярных сводок, распространяемых на аэродроме;
- сводок «METAR», распространяемых за пределы аэродрома;

В местные регулярные сводки включаются следующие элементы облачности: количество облаков, форма облачности (только кучево-дождевые и мощные кучевые облака), высота НГО или вертикальная видимость для рабочего курса и противоположного курса.

Специальные сводки составляются дополнительно к регулярным для предоставления информации об ухудшениях или улучшениях условий погоды на аэродроме. Рассматриваются следующие критерии:

- воронкообразное облако (торнадо, смерч);
- образование кучево-дождевой облачности;
- когда количество облаков в слое ниже 450 м изменится: от FEW, SCT до BKN или OVC, от OVC, BKN до SCT или FEW;

– высота нижней границы значительной (BKN) или сплошной (OVC) облачности достигает или превышает, или становится менее одного из следующих значений: 30, 60, 70, 150 м;

– небо закрыто или вертикальная видимость достигает или превышает, или становится менее одного из следующих значений: 30, 60, 70, 150 м;

На АИС «МетеоДисплей» данные о параметрах ветра, видимости, дальности видимости на ВПП, высоте нижней границы облаков (вертикальной видимости) обновляются каждые 60 секунд.

Данные наблюдений за облачностью включают сведения о количестве, форме и высоте нижней границы облаков, получаемой инструментальным или визуальными способами.

Если нет облаков ниже 1500 м, отсутствуют кучево-дождевые и кучевые мощные облака, а сокращение «CAVOK» для описания условий погоды в сводках не подходит, следует использовать термин «NSC» (Нет значимой для полетов облачности).

В сводках «METAR», «SPECI» количество облаков передается с использованием сокращений: FEW (1-2 окт.), SCT (3-4 окт.), BKN (5-7 окт.), OVC (8 окт.).

В тех случаях, когда наблюдается несколько слоев облаков или облачность в виде отдельных массивов, количество и высоту облаков следует указывать в порядке возрастания высоты нижней границы облаков:

- самый низкий слой или массив, независимо от количества, указывается соответственно, как FEW, SCT, BKN или OVC;

- следующий слой или массив, покрывающий более 2/8 небосвода, указывается соответственно, как SCT, BKN или OVC;

- следующий более высокий слой или массив, покрывающий более 4/8 небосвода, указывается соответственно, как BKN или OVC;

- кучево-дождевые и/или мощно-кучевые облака, когда они наблюдались, но о них не было сообщено в одной из первых трёх групп.

Вид облаков указывается только для кучево-дождевых и мощно-кучевых облаков, когда они наблюдаются на аэродроме или в его окрестностях. В этом случае используются сокращения «CB» и «TCU».

Высота нижней границы облаков и/или вертикальная видимость определяется с точностью до 10м с округлением в меньшую сторону по приборам CL-31.

В тех случаях, когда нижняя граница облаков размыта, разорвана или быстро изменяется, в сводках следует указывать минимальную высоту нижней границы облака или его частей.

В тех случаях, когда в слое облачности имеют место значительные разрывы и ее высота не может быть измерена, она оценивается визуально или по данным экипажей воздушных судов.

В случаях, когда определение состояния неба невозможно, вместо наблюдений за количеством, видом и высотой нижней границы облачности ведутся наблюдения и сообщаются данные о вертикальной видимости «VERVIS». Вертикальная видимость сообщается до высоты 600м.

На мониторах АИС «МетеоДисплей» количество облаков указывается в октантах: общее количество облаков и через дробь количество облаков нижнего яруса.

В местных регулярных сводках и в местных специальных сводках, распространяемых на аэродроме при отображении на АИС «МетеоДисплей» высота НГО и/или вертикальная видимость указывается в величинах кратных 10 до высоты 90м и величинах кратных 30м от 90м и выше.

В сводках «METAR» и «SPESI», распространяемых за пределы аэродрома, высота НГО передаётся кратной 30м.

Наблюдения за пространственным распределением облачности и связанных с ней атмосферных явлений (зон обложных и ливневых осадков, гроз, града, шквалов), их перемещением и эволюцией проводятся на аэродроме Краснодар с помощью Автоматизированного метеорологического радиолокационного комплекса: МРЛ-5- «Метеоячейка» (далее АМРК).

В соответствии с регламентом работы АМРК «Метеоячейка» радиолокационные наблюдения производятся круглосуточно, ежечасно, а при наличии очагов ОЯ (очагов с грозоопасными, кучево-дождевыми облаками или интенсивными ливневыми осадками, градом, шквалами) в радиусе 100 км – каждые 30 мин в режиме «Шторм».

Если синоптическая обстановка исключает возможность образования облаков (антициклон, устойчивая стратификация), то по согласованию с дежурным синоптиком – начальником смены, радиолокационные наблюдения могут проводиться 1 раз в 3 часа, в синоптические сроки (00,03,06,09,12,15, 18, 21,24 ВСВ).

В случае обнаружения облачности в радиусе обзора МРЛ-5, а также по указанию дежурного синоптика, техник АМРК немедленно переходит в

ежечасный режим наблюдений.

При обслуживании литерных рейсов по запросу РП радиолокационные наблюдения могут производиться каждые 15 минут.

Во все сроки наблюдений время окончания радиолокационного обзора и передачи данных в каналы связи – 57 минут каждого часа, при работе в режиме «Шторм» – 25 и 55 минут каждого часа.

Результаты радиолокационных наблюдений за все сроки автоматически отображаются в виде карт радиолокационной обстановки (бланк-карта МРЛ) на мониторах абонентских пунктов АМРК «Метеоячейка», установленных на рабочих местах: синоптиков АМСГ, техника-наблюдателя ОПН, руководителя полетов.

При наличии очагов и зон ОЯ результаты радиолокационных наблюдений в виде контуров зон ОЯ по данным АМРК Краснодар через АИС «МетеоСервер» автоматически отображаются на мониторах рабочих мест диспетчеров службы УВД в формате, предусмотренном «Протоколом функционального взаимодействия АИС «МетеоСервер» с КСА УВД «Альфа» версии 5.02 от 07.06.2008 г».

При наличии очагов и зон ОЯ в радиусе 100 км (режим «Шторм») радиолокационная информация каждые 30 минут в автоматическом режиме передается в группу АТИС в формате, предусмотренном «Протоколом информационного взаимодействия станции КРАМС-4 и аппаратуры АТИС (2005г)».

Данные радиолокационных наблюдений через АИС «МетеоСервер» передаются:

- телеграммой в коде RADOB за все синоптические сроки, а при обнаружении очагов ОЯ в радиусе 180 км немедленно и далее ежечасно, в канал АСПД СК УГМС;

- за все сроки наблюдений в коде BUFR на сервер ПАК «Митра» для дальнейшей передачи на рабочие станции «МАРС» других пользователей.

Прогноз погоды по аэродрому Краснодар выпускается в виде прогноза

TAF и состоит из краткого сообщения об ожидаемых метеорологических условиях в районе аэродрома (в пределах до 8 км от КТА) в течение определенного периода времени.

Прогнозы погоды по аэродрому, составленные в кодовой форме TAF, должны содержать всю информацию, предусмотренную для передачи данным кодом:

- 1) название кода;
- 2) указатель (индекс) местоположения аэродрома;
- 3) дата и время выпуска прогноза;
- 4) период действия прогноза;
- 5) идентификатор аннулированного прогноза, в случае если текущий прогноз аннулирует ранее выпущенный;
- 6) приземный ветер;
- 7) видимость;
- 8) особые явления погоды;
- 9) облачность;
- 10) минимальная и максимальная температура воздуха;
- 11) ожидаемые изменения одного или нескольких из указанных выше, метеорологических элементов в течение периода действия.

Дежурный синоптик-прогнозист, осуществляет постоянный мониторинг оправдываемости прогнозов и, по мере необходимости, незамедлительно вносит в прогнозы соответствующие коррективы. Скорректированный прогноз TAF обозначается TAF AMD и распространяется на весь оставшийся период действия первоначального прогноза TAF.

Необходимость внесения коррективов в прогнозы, а также включения групп изменений, определяется следующими критериями облачности:

– если ожидается, что высота нижней границы нижнего слоя или массива облаков типа BKN или OVC, по сравнению с указанной в прогнозе, достигнет или превысит значений: 30, 60, 150 м.

– если по сравнению с указанной прогнозе, количество октантов слоя или

массива облаков ниже 450 м изменится от FEW, SCT до BKN или OVC, от OVC, BKN, SCT до FEW;

– если прогнозируется развитие кучево-дождевых облаков;

– если, по сравнению с указанной в прогнозе, вертикальная видимость, достигнет или превысит значений: 30, 60, 150 м.

В основном в Краснодарском крае на авиационных метеорологических станциях используется станция КРАМС-4 в состав которой входит измеритель высоты облаков CL31 (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Измеритель высоты облаков CL3 авиаметеорологическая станция Пашковский г. Краснодар

Лазерный облакомер СТ25К является датчиком высоты облаков нового поколения, использующим технологию импульсного диодного лазера LIDAR для определения облаков, осадков и других явлений, затрудняющих видимость, точного определения высот облаков и вертикальной видимости.

Рабочие условия по температуре воздуха от минус 50°С до 50°С, работоспособен в осадках (выдает вертикальную видимость).

Конструктивно передатчик и приемник объединены в одном блоке с кондиционером. Диапазон измерения: от 15 до 7500 м.

В таблице 3.2 представлены средства измерений нижней границы облаков, используемых на сети метеорологических и авиаметеорологических станций Краснодарского края.

Таблица 3.2 – Средства измерений нижней границы облаков, используемых на сети метеорологических и авиаметеорологических станций Краснодарского края

Наименование СИ	Диапазон измерений	Обозначение или наименование документа, в котором регламентирована методика измерений	Номер в Госреестре СИ РФ	Организация изготовитель
ИВО-1, ИВО-1М	50-2000	Наставление в.3 ч.1. Метеорологические наблюдения на станциях. –.: <u>Гидрометеиздат</u> , 1985	(ИВО-1) (ИВО-1М)	Московский завод радиоэлектронной аппаратуры. п/я А-7453 ОАО «ЛЗОС»
Измеритель высоты облаков ДВО-2	15-3000	ИРЦЯ.201112.001 РЭ Измеритель высоты облаков ДВО-2 Руководство по эксплуатации	29269-16/-	ООО «ЭПМГО»
Датчик высоты облаков ДВО-2	15-2000	ИАЖЮ.201112.002 РЭ Датчик высоты облаков ДВО-2. Руководство по эксплуатации	51416-12/-	ОАО «ЛЗОС»
Регистратор высоты облаков РВО-5	15-3000	ИАЖЮ.201112.008 РЭ Регистратор высоты облаков РВО-5. Руководство по эксплуатации	47165-11/-	ОАО «ЛЗОС»
Датчик облаков лазерный ДОЛ-2	0-7500	МЕСП.416141.001 РЭ Датчик облаков лазерный ДОЛ-2. Руководство по эксплуатации	32517-12/-	ООО «ЛОМО МЕТЕО»
Измеритель высоты облаков CL31	10-7500	Формуляр «Измерители высоты облаков CL31»	35222-13/	Фирма <u>«Vaisala Oyj»</u>
Измеритель нижней границы облаков Пеленг СД-01-2000	10-2000	1007.00.00.000 РЭ Измеритель нижней границы облаков Пеленг СД-01-2000. Руководство по эксплуатации	32268-06/	ОАО «Пеленг»
Измеритель облачности СД-02-2006	15-7000	6272.00.00.000 РЭ Измеритель облачности СД-02-2006. Руководство по эксплуатации	60263-15/ РБ 03 22 392617	ОАО «Пеленг»

котором регламентирована методика измерений по каждому прибору, также дается номер в Госреестре СИ РФ и организация изготовитель.

Кроме перечисленных приборов на авиаметеорологических станциях установлены метеорологические радиолокаторы.

На АМСГ Краснодарского края используется радиолокатор МРЛ-5 (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Радиолокатор МРЛ-5

Метеорологический высокопотенциальный радиолокатор МРЛ-5 представляет собой специализированный радиолокатор штормового оповещения и градозащиты, предназначенный для решения следующих задач:

- обнаружения и определения местоположения очагов гроз, града и ливневых осадков в радиусе 300 км;
- определения горизонтальной и вертикальной протяженности метеообразований, направления и скорости их перемещения;
- определения верхней и нижней границы облаков любых форм;
- измерения средней мощности радиозахвата метеорологических целей;
- селекции радиозахвата метеообъектов на фоне мешающих сигналов, отраженных от местных предметов;

– обеспечения градозащиты, то есть обнаружения и локализации градовых очагов в облаках (измерения их координат и определения их физических характеристик)

Заключение

Работа была посвящена проведению сравнительного анализа методов и средств измерения облачности для их использования на метеорологических станциях Краснодарского края. В результате проделанной работы сделаны следующие выводы:

1. При сравнении пассивных и активных методов измерения облачности выявлено, что пассивные методы просты в технической реализации и менее габаритны. Активные методы имеют более высокую точность измерений, и меньшую зависимость от погодных условий.

2. Активные методы используются чаще, так как позволяют производить наблюдения круглосуточно. Светолокационные измерители и в частности ДВО-2, РВО-2М и ИВО сильно зависимы от неблагоприятных погодных условий в виде осадков, тумана, сильной дымки, имеют большие размеры составных блоков, более энергоёмкие. На смену им пришли лидарные измерители высоты НГО, которые могут обеспечивать постоянство и многоточечность измерений и позволяют определять количество и высоту нескольких облачных слоев.

3. На 37 метеорологических станциях Краснодарского края в основном используют визуальные методы измерения, но еще остались ИВО-1М, ДВО-2, РВО-5, которые практически не используются. На авиаметеорологических станциях Геленджик, Пашковский, Адлер, Витязево, Ейске применяется станция КРАМС-4 в состав которой входит измеритель высоты облаков CL31, а наблюдения за пространственным распределением облачности и связанных с ней атмосферных явлений, их перемещением и эволюцией проводятся с помощью автоматизированного метеорологического радиолокационного комплекса МРЛ-5. Аэродромы для малой авиации не все имеют метеорологическое оборудование, поэтому информацию по облачности запрашивают.

4. Нами установлено, что, идеального метода измерения ВНГО не

существует и в каждый из них имеет определенные недостатки. Поэтому, исходя из того, для каких целей предназначена информации об облачности, подходы к выбору методов и средств должны быть индивидуальны.

5. При выборе важно учитывать такие показатели как: точность и непрерывность измерений, энергопотребление, допустимые размеры изделия, стоимость. Актуальной остается задача разработки и создания недорогих пассивных измерителей ВНГО, способных работать автономно в автоматическом режиме.

Список использованной литературы

1. Анализ оснащения аэродромов гражданской авиации метеорологическим оборудованием и его соответствие действующим требованиям: Информационное письмо № МА – 13/13 – 300 от 02.04.2008. – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2008. – 8 с.
2. Анализ состояния метеорологического обеспечения гражданской авиации за 2007 год. – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2008. – 23 с.
3. Андреев, С.С., Черноусов, С.Я. Дистанционные метеорологические приборы. – Ростов-на-Дону, 2013. – 249 с.
4. Андреев, Ю.М. Элементная база оптико-электронных приборов. – Томск: изд. РАСКО, 1992. – 274 с.
5. Атлас облаков [Электронный ресурс]. URL: <http://www.progogodu.ru/2/20/> (дата обращения: 24.11.2020)
6. Бернгардт, Р.П. Силы ветра (мера, расчет, польза). – Александровск-Сахалинский, 1994. – 180 с.
7. Богаткин, О.Г. Авиационная метеорология. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. – 328 с.
8. Все о датчиках ВНГО [Электронный ресурс]. URL: http://temperatures.ru/pages/termometry_soprotivleniya (дата обращения: 24.11.2020)
9. Измерение облаков [Электронный ресурс]. URL: https://docviewer.yandex.ru/view/0/?page=72&*=nxdKvarH5tJCvVsSSQp (дата обращения: 24.11.2020)
10. Измерители высоты облаков ДВО-2 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.анероид.рф/info/articles/izmerenie-visoti-oblakov.htm> (дата обращения: 24.11.2020)
11. Капустин, А.В., Сторожук, Н.Л. Технические средства

- гидрометеорологической службы. – СПб.: изд. Гидрометеиздат, 2005. – 283 с.
12. Киселев, В.Н. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы). – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – 429 с.
 13. Кобышева, Н.В., Наровлянский, Г.Я. Климатическая обработка метеорологических данных. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 320 с.
 14. Лазерные дальномеры. 1Д26 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zenitfoto.ru/index.php?show=catal&id=127&raz=3941> (дата обращения: 25.11.2020)
 15. Лесовая, М.С. Прогноз ветра и местные особенности сильных ветра в районе Краснодара. – Ростов-на-Дону: Издательство Феникс, 1971. – 23 с
 16. Матвеев, Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 639 с.
 17. Моргунов, В.К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы. – Новосибирск: изд. Сибирское соглашение, 2005. – 331 с.
 18. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам [Электронный ресурс]. URL: <http://szf.aviamettelecom.ru/wp-content/uploads/2014/02/Наставление-вып.-3-ч.-1.pdf> (дата обращения: 24.11.2020)
 19. Облака [Электронный ресурс]. URL: <https://mirznanii.com/a/172832/izmerenie-vysoty-nizhney-granitsy-oblakov/> (дата обращения: 24.11.2020)
 20. Общая циркуляция и прогноз погоды / под ред. доктора физ. мат. наук Б.Д. Успенского. – М.: Гидрометеиздат, 1970. – 420 с.
 21. Правила эксплуатации метеорологического оборудования аэродромов гражданской авиации (ПЭМОА – 2002): РД 52.04.551.508–2002. – СПб.: изд. Гидрометеиздат, 2002. – 218 с.
 22. Список аэродромов Краснодарский край [Электронный ресурс]. URL: https://lookfortrip.ru/st/list_krasnodarskij_kr (дата обращения: 20.11.2020)
 23. Список аэропортов Краснодарского края [Электронный ресурс].

URL: <https://www.syl.ru/article/441899/spisok-aeroportov-krasnodarskogo-kрая>.
(дата обращения: 24.11.2020)

24. Справочник метеоролога ВВС РККА. – М.: изд. Воениздат НКО СССР, 1939. – 152 с.

25. Хромов, С.П., Петросянц, М.А. Метеорология и климатология. – М.: МГУ, 2001. – 527 с.

Приложение

Взлетные полосы и аэродромы, которые используются малой и спортивной авиацией

Аэропорт	Код аэродрома ИКАО	Координаты КТА	Превышение над уровнем моря	Курс магнитный	Основная полоса	Длина основной ВПП	Ширина основной ВПП	Покрытие основной ВПП
Красный Городок	ZA6E	N45.50434° E038.13749°	-2	080,6/260, 6	08/26	650	18	Твёрдое (асфальт)
Алексее-Тенгинская	ZC66	N45.30927° E040.29032°	84	083,3/263, 3	08/26	740	22	Нетвёрдое (грунт)
Полтавский	ZD8H	N46.71173° E039.74737°	41	078/258	08/26	650	20	Нетвёрдое (грунт)
Усть-Лабинск	ZC3U	N45.27653° E039.67495°	81	082/262	08/26	650	19	Твёрдое (асфальт)
Новониколаевская	ZA8Y	N45.56583° E038.35137°	5	067/247	07R/25L	605	23	Нетвёрдое (грунт)
Заря	ZB04	N46.48112° E038.13518°	20	082/262	08/26	415	18	Твёрдое (асфальт)
Старолеушковская	ZC02	N46.01587° E039.76963°	49	172/352	17/35	700	35	Нетвёрдое (грунт)
Михайловское	ZA88	N45.00152° E038.52417°	11	080/260	08/26	422	18	Твёрдое (асфальт)
Восточный	ZC47	N45.44570° E040.25878°	114	083/263	08/26	418	18	Твёрдое (асфальт)
Псебай	ZE4B	N44.11067° E040.81852°	630	016,9/196, 9	02/20	800	70	Нетвёрдое (грунт)
Лесная	ZDW2	N44.80235° E038.93288°	62	009,1/189, 1	01/19	800	20	Нетвёрдое (грунт)
Бараниковский	ZE4X	N45.36825° E037.99285°	5	059/239	06/24	438	18	Твёрдое (асфальт)
Котсебу	ZA5Z	N45.21460° E040.91968°	152	093,3/273, 3	09/27	435	18	Твёрдое (асфальт)
Первомайский	ZF80	N44.70119° E039.30778°	114	034,5/214, 5	04/22	900	30	Нетвёрдое (грунт)

Продолжение приложения

Тенгинский	ZDL8	N45.11510° E040.02202°	100	108/288	11/29	730	25	Нетвёрдое (грунт)
Новокубанск	ZC5J	N45.05847° E040.95668°	205	089,6/269, 6	09/27	450	20	Твёрдое (асфальт)
Дмитриевская	ZF91	N45.63911° E040.75219°	102	079,1/259, 1	08/26	632	30	Нетвёрдое (грунт)
Рязанская	ZDJ5	N44.99105° E039.59033°	63	049/229	05/23	440	18	Твёрдое (асфальт)
Мингрельская	ZA8A	N45.03288° E038.38767°	9	054/234	05/23	420	18	Твёрдое (асфальт)
Бурсак	ZA1C	N45.71885° E039.84808°	73	056/236	06L/24R	625	25	Нетвёрдое (грунт)
Крупской	ZC2C	N45.48377° E038.44600°	7	058/238	06/24	425	18	Твёрдое (асфальт)
Алексеевская	ZC7A	N45.75391° E040.13582°	78	080,8/260, 8	08/26	600	25	Нетвёрдое (грунт)
Поповичская	ZC05	N45.52432° E038.66928°	14	050/230	05L/23R	620	20	Нетвёрдое (грунт)
Финогеновский	ZD8E	N45.27056° E039.99567°	75	082,6/262, 6	08/26	643	30	Нетвёрдое (грунт)
Новостепной	ZD8F	N46.20358° E040.83080°	95	082/262	08/26	575	30	Нетвёрдое (грунт)
Ивановская	ZBI0	N45.25125° E038.43225°	13	091,2/271, 2	09R/27L	600	25	Нетвёрдое (грунт)
Старонижестеблиевская	ZC04	N45.36498° E038.40613°	12	070/250	07R/25L	605	23	Нетвёрдое (грунт)
Нечаевский	ZE4T	N45.13978° E038.28598°	7	086/266	09R/27L	550	18	Нетвёрдое (грунт)
Геймановская	ZF70	N45.26012° E040.18269°	82	108,3/288, 3	11/29	522	30	Нетвёрдое (грунт)
Пушкинское	ZC4A	N45.19423° E040.63170°	140	083/263	08/26	460	18	Твёрдое (асфальт)

Продолжение приложения

Ловлинская	ZC46	N45.50045° E040.23448°	93	088/268	09/27	400	21	Твёрдое (асфальт)
Белореченск	ZE0Z	N44.75070° E039.93433°	140	109,6/289, 6	11/29	720	25	Нетвёрдое (грунт)
Красная Поляна	ZA6G	N45.04915° E041.09453°	157	138,1/318, 1	14L/32R	670	30	Нетвёрдое (грунт)
Пластуновская	ZAC7	N45.30255° E039.29483°	45	080,7/260, 7	08L/26R	735	35	Нетвёрдое (грунт)
Терновская	ZC49	N45.88800° E040.37322°	93	078/258	08/26	675	18	Нетвёрдое (грунт)
Новолеушковская	ZA95	N46.02740° E039.97562°	70	088/268	09/27	430	19	Твёрдое (асфальт)
Дядьковская	ZDR7	N45.55630° E039.22472°	35	172,5/352, 5	17/35	790	45	Нетвёрдое (грунт)
Северская	ZAJ6	N44.85507° E038.64045°	61	052/232	05/23	400	19	Твёрдое
Мирный	ZE4W	N45.26195° E038.33102°	11	051/231	05/23	420	18	Твёрдое (асфальт)
Варнавинское	ZAV9	N45.00722° E038.21235°	8	059/239	06/24	420	18	
Агой	XRSP	N44.13893° E039.02893°	5	044,8/224, 8	05/23	590	28	Твёрдое (асфальт)
Платнировская	ZAC8	N45.35880° E039.38083°	50	041/221	04/22	440	18	Твёрдое (асфальт)
Красноармейская	ZA65	N45.36807° E038.27963°	6	057/237	06R/24L	500	20	Нетвёрдое (грунт)
Тихорецк	URKT	N45.88020° E040.10523°	80	084/264	08L/26R	2501	75	Нетвёрдое (грунт)
Новомалороссийская	ZD8J	N45.61670° E039.88917°	70	083/263	08/26	700	25	Нетвёрдое (грунт)
Ейск	URKE	N46.67877° E038.21078°	20	075,3/255, 3	08L/26R	3500	60	Твёрдое (бетон)

Продолжение приложения

Мирный	ZC55	N45.50708° E039.97570°	92	090/270	09/27	540	18	Нетвёрдое (грунт)
Венцы (Заря)	ZB33	N45.32243° E040.81113°	124	106/286	11/29	486	18	Твёрдое (асфальт)
Славянск-на-Кубани	ZE4S	N45.20630° E038.08708°	7	086,7/266, 7	09L/27R	685	20	Твёрдое (асфальт)
Афипский (Свободный)	ZB1Y	N44.85445° E038.82205°	30	085,6/265, 6	09/27	666	15	Твёрдое (бетон)
Протичка	ZE51	N45.37486° E038.10706°	5	079,5/259, 5	08L/26R	620	30	Нетвёрдое (грунт)
Ладожская	ZA6W	N45.36050° E039.95620°	80	082/262	08/26	425	18	Твёрдое (асфальт)
Отрадная	ZE4A	N44.38255° E041.48908°	482	153/333	15/33	1500	90	Нетвёрдое (грунт)
Комсомольский	ZC5H	N45.29678° E040.67145°	117	084/264	08/26	430	18	Твёрдое (асфальт)
Суворовская	ZD2C	N45.29312° E039.44435°	55	088/268	09/27	700	40	Нетвёрдое (грунт)
Новобейсугская	ZC4C	N45.44837° E039.85195°	85	037/217	04/22	624	38	Нетвёрдое (грунт)
Гуамка	ZEА6	N44.25087° E039.91452°	425	018/198	02/20	800	20	Нетвёрдое (грунт)
Медведовская	ZE48	N45.44355° E038.96023°	22	031/211	03/21	430	18	Твёрдое (асфальт)
Беркут	ZE9C	N45.68094° E038.82167°	6	147,8/327, 8	15/33	400	20	Нетвёрдое (грунт)
Родниковская	ZE4F	N44.77775° E040.70850°	215	048,1/228, 1	05/23	650	19	Твёрдое (асфальт)
Адагум	ZE49	N45.08773° E037.74868°	27	077,7/257, 7	08L/26R	912	46	Нетвёрдое (грунт)
Полтавская	ZC8J	N45.44900° E038.19688°	6	081/261	08/26	485	25	Нетвёрдое (грунт)

Продолжение приложения

Краснополянский	ZE50	N45.19727° E038.28302°	8	076/256	08/26	500	18	Твёрдое (асфальт)
Троицкая	ZE4Y	N45.10453° E038.11230°	5	145,8/325, 8	15/33	450	18	Твёрдое (асфальт)
Новомышастовская	ZE4E	N45.19262° E038.53327°	14	127,6/307, 6	13/31	420	18	Твёрдое (асфальт)
Елизаветинская	ZCQ8	N45.08540° E038.80545°	25	063/243	06/24	413	20	Твёрдое (асфальт)
Мирская	ZB0P	N45.54897° E040.32603°	105	081/261	08/26	430	20	Твёрдое (асфальт)
Воронежская	ZEJ4	N45.24153° E039.55722°	71	087,1/267, 1	09/27	500	25	Нетвёрдое (грунт)
Совхоз Кубань	ZC4B	N45.33473° E040.40917°	90	084/264	08/26	654	19	Твёрдое (асфальт)
Лебеди	ZA73	N45.63417° E038.35067°	5	084/264	08/26	425	18	Твёрдое (асфальт)
Балковская	ZD85	N45.82468° E039.72252°	63	109/289	11/29	720	35	Нетвёрдое (грунт)
Прочноокопская	ZC86	N45.08025° E041.13397°	232	109,2/289, 2	11/29	700	30	Нетвёрдое (грунт)
Отрадо-Ольгинское	ZE7A	N45.27863° E040.92643°	125	127,5/307, 5	13/31	430	18	Твёрдое (асфальт)
Кореновск	XRKO	N45.44399° E039.42085°	53	081,6/261, 6	08/26	2610	44	Твёрдое (бетон)
Темрюк	ZAQ8	N45.30332° E037.31923°	4	105,7/285, 7	11/29	600	30	Нетвёрдое (грунт)
Новодмитриевская	ZCR3	N44.84841° E038.89718°	40	072,3/252, 3	07/25	410	18	Твёрдое (асфальт)
Джерелиев	ZA2Z	N45.43935° E038.32892°	5	086/266	09L/27R	590	20	Нетвёрдое (грунт)
Мерчанское	ZE32	N44.97072° E038.14847°	10	358,9/178, 9	36/18	730	45	Нетвёрдое (грунт)

Продолжение приложения

Бородинская	ZE4Z	N46.09325° E038.23415°	7	113,1/293, 1	11/29	400	18	Твёрдое (асфальт)
Родниковский	ZDJ3	N44.70912° E041.23812°	316	128/308	13/31	600	18	Твёрдое (асфальт)
Мингрельская	ZA8A	N45.03288° E038.38767°	9	054/234	05/23	420	18	Твёрдое (асфальт)
Бурсак	ZA1C	N45.71885° E039.84808°	73	056/236	06L/24R	625	25	Нетвёрдое (грунт)
Рязанская	ZDJ5	N44.99105° E039.59033°	63	049/229	05/23	440	18	Твёрдое (асфальт)
Алексеевская	ZC7A	N45.75391° E040.13582°	78	080,8/260, 8	08/26	600	25	Нетвёрдое (грунт)
Поповичская	ZC05	N45.52432° E038.66928°	14	050/230	05L/23R	620	20	Нетвёрдое (грунт)
Крупской	ZC2C	N45.48377° E038.44600°	7	058/238	06/24	425	18	Твёрдое (асфальт)
Финогеновский	ZD8E	N45.27056° E039.99567°	75	082,6/262, 6	08/26	643	30	Нетвёрдое (грунт)
Новостепной	ZD8F	N46.20358° E040.83080°	95	082/262	08/26	575	30	Нетвёрдое (грунт)
Ивановская	ZBI0	N45.25125° E038.43225°	13	091,2/271, 2	09R/27L	600	25	Нетвёрдое (грунт)
Старонижестеблиевская	ZC04	N45.36498° E038.40613°	12	070/250	07R/25L	605	23	Нетвёрдое (грунт)
Нечаевский	ZE4T	N45.13978° E038.28598°	7	086/266	09R/27L	550	18	Нетвёрдое (грунт)
Геймановская	ZF70	N45.26012° E040.18269°	82	108,3/288, 3	11/29	522	30	