



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему «Исследование изменчивости метеорологической дальности видимости по  
данным АМЦ Елизово»

**Исполнитель**

**Баранова Наталья Юрьевна**

(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель**

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

**Восканян Карина Левановна**

(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой**

(подпись)

доктор физико-математических наук, профессор

(ученая степень, ученое звание)

**Кузнецов Анатолий Дмитриевич**

(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» июня 2020 г.

Санкт-Петербург

2020

## Содержание

Список условных обозначений .....	3
1 АМЦ Елизово .....	6
1.1 Краткое физико-географическое описание района аэродрома .....	6
1.2 Сведения о пункте наблюдения .....	7
1.3 Состав и размещение метеоборудования .....	8
1.3.1 Измерители МДВ .....	9
1.3.2 Измерители высоты нижней границы облаков .....	9
1.3.3 Измерители параметров ветра .....	11
1.3.4 Измерители атмосферного давления .....	11
1.3.5 Измерители температуры и влажности воздуха .....	11
1.4 Общие сведения о климате аэродрома .....	11
1.5. Повторяемость .....	15
1.5.1. Повторяемость видимости ниже указанных значений за год .....	15
1.5.2 Суточно-годовой ход повторяемости видимости менее 1000 м .....	17
1.5.3 Повторяемость градаций горизонтальной видимости при определенных скоростях и направлениях ветра за год .....	18
1.5.4 Повторяемость явлений погоды, ухудшающих видимость .....	19
2 Видимость .....	24
2.1 Общие сведения и ее характеристики .....	24
2.2.Зависимость видимости от различных факторов .....	24
2.3.Способы измерения .....	26
2.3.1.Визуальный способ .....	26
2.3.2.Трансмиссометр Vaisala LT31 .....	28
3 Комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция КРАМС-4 .....	31
3.1 Измерительный канал видимости .....	36
4. Временная изменчивость метеорологической дальности видимости .....	38
4.1 База данных для исследования .....	38
4.2 Изменчивость МДВ в зимний период .....	39
4.3 Изменчивость МДВ в летний период .....	44
Заключение .....	49
Список использованных источников .....	51

## Список условных обозначений

METAR/SPECI	международный авиационный код для передачи регулярных и специальных сообщений о погоде на аэродроме
<i>Mitras, LT31</i>	измерители метеорологической дальности видимости
<i>FD12/FD12P</i>	
ФИ-3, VS 20	
MOR	Метеорологическая оптическая дальность (meteorological optical range)
АМСГ	Автоматическая Метеорологическая станция Гражданская
АМЦ	Авиационный метеорологический центр
БПРМ	ближний приводной радиомаяк
ВЛП	Весенне-летний период
ВНГО	Высота нижней границы облачности
ВПП	взлётно-посадочная полоса
ВС	воздушное судно
ИВПП	взлетно-посадочная полоса с искусственным покрытием
ИКАО	International Civil Aviation Organization – международная организация гражданской авиации
ИРАМ	ЗАО «Институт радарной метеорологии» (ЗАО «ИРАМ»)
КН-01	код для оперативной передачи данных приземных гидрометеорологических наблюдений на сети станций Росгидромета (национальный вариант международного кода <i>FM12-IX SYNOP</i> )
КРАМС	комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция
КТА	Контрольная точка аэродрома

МДВ	метеорологическая дальность видимости
ОЗП	Осенне-зимний период
ПЭВМ	персональная электронно-вычислительная машина
СМУ	сложные метеорологические условия

## Введение

Метеорологическая дальность видимости (МДВ)– величина, равная расстоянию, на котором в дневное время видны черные объекты достаточно больших размеров; характеризует состояние атмосферы, условное выражение прозрачности атмосферы.[6]

Метеорологическая дальность видимости является одним из основных факторов, которые могут ухудшать работу авиации. Она играет очень важную роль в обеспечении полетов, влияет на их регулярность и безопасность при возникновении сложных метеорологических условий и опасных явлений погоды. Наблюдения за МДВ производятся круглосуточно, при любых метеорологических условиях.

МДВ ухудшается в связи с разными метеорологическими условиями, такими как туман, дымка, различные виды атмосферных осадков, пыльная буря, метель, выбросы вулканического пепла в атмосферу при извержении вулкана.

Диапазон измерения прозрачности атмосферы (метеорологической дальности видимости) резко возрос.

Если для обеспечения визуальной посадки самолетов достаточно измерять метеорологическую дальность видимости лишь до 10 км, то вопросы радиационной эффективности излучения лазеров требуют расширения указанного предела до 100 км.

Определяется МДВ несколькими способами: визуально или с помощью приборов.[6]

На АМЦ Елизово для измерения метеорологических параметров, в том числе и МДВ, используется установка КРАМС-4.

Комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция «КРАМС-4» предназначена для измерения и сбора метеорологической информации об основных параметрах атмосферы на аэродромах, вертодромах, вертолетных площадках, судах, ледоколах, буровых платформах, обработки этой информации, формирования метеорологических сообщений, отображения, регистрации и распространения информации по каналам связи для обеспечения взлета и посадки воздушных судов.[2,4]

Цель работы: исследовать изменчивость метеорологической дальности видимости по данным АМЦ Елизово.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- ✓ изучить географические и климатические особенности аэродрома Елизово;
- ✓ рассмотреть методы измерения МДВ;
- ✓ подробно рассмотреть датчики для измерения МДВ, входящие в состав станции «КРАМС-4»
- ✓ подготовить для изучения архив данных о МДВ, полученных на АМЦ Елизово;
- ✓ исследовать изменчивость МДВ по данным АМЦ Елизово.

# 1 АМЦ Елизово

## 1.1 Краткое физико-географическое описание района аэродрома

Аэродром Петропавловск-Камчатский (Елизово) расположен в южной части полуострова Камчатка, в Авачинской низменности, выходящей к юго-восточному побережью Тихого океана.

Местность, окружающая аэродром, гористая (рис. 1.1). Горный рельеф в основном вулканического происхождения. На северо-западе почти в меридиональном направлении простирается система горных хребтов, состоящая из Ганальского хребта с максимальной высотой 2059 м и Восточного – 2277 м. На западе и юге от аэродрома расположено большое количество небольших горных хребтов, среди которых отчётливо выделяются отдельные сопки, действующие и потухшие вулканы. Наиболее характерными из них являются: Корякский вулкан (3456 м) – в 25 км к востоку от аэродрома, Авачинский вулкан (2750 м) – несколько южнее Корякского, Жупановская сопка (2958 м) – в 70 км к северо-востоку, Вилучинская сопка (2173 м) – в 50 км к югу.



Рисунок 1.1 – Аэродром Петропавловск-Камчатский (Елизово)

Рельеф местности в радиусе 50 км изрезан многочисленными реками, основными из которых являются: р. Авача, р. Плотникова, р. Жупанова и др. В долинах рек много тундровых болот, многочисленных озёр. Восточную границу района омывают воды Тихого океана, образующие множество бухт и заливов.

Растительный покров в долинах рек и на склонах сопков представляет собой лесные массивы камчатской берёзы с зарослями кустов жимолости, шиповника, голубики, брусники. Выше 500 м на склонах гор произрастает кедрач и стланик, а с высоты 1000 м горы покрыты мхом и лишайником.

## 1.2 Сведения о пункте наблюдения

Аэродром Петропавловск-Камчатский (Елизово) расположен в горной местности в долине реки Авача, в 15 км северо-западнее г. Петропавловск-Камчатского, и в 5 км юго-восточнее г. Елизово.

Географические координаты КТА:  $\phi 53^{\circ}10'13''$  в  $\lambda 158^{\circ}27'13''$ .

Аэродром Елизово – аэродром совместного базирования класса «А», I категории, имеет две ИВПП:

- ИВПП № 16Л-34П – направление  $164^{\circ}/344^{\circ}$ , длина 3398 м, ширина 56 м; эксплуатируется со светосигнальным оборудованием ОВИ-1 типа «Transcon». С  $МК344^{\circ}$  обеспечивает посадку воздушных судов по минимуму 1 категории ИКАО, с  $МК164^{\circ}$  используется при визуальном заходе.
- ИВПП № 16П-34Л направление  $164^{\circ}/344^{\circ}$ , длина 2500 м, ширина 60 м – не используется.

Расстояние между осями ИВПП 212 м.

Высота порогов ВПП  $МК164^{\circ}$  – 34,4 м;  $МК344^{\circ}$  – 39,46 м.

Высота КТА – 38,34 м.

Магнитное склонение: минус  $7^{\circ}$  ( $-6^{\circ},48$ ).

Разница между местным временем и всемирным скоординированным временем (ВСВ) составляет 12 часов.

Для наблюдений за погодой в районе аэродрома Петропавловск-Камчатский (Елизово) используются следующие пункты:

1. ОПН – основной пункт наблюдений, расположен на расстоянии 350 метров от торца ВПП (МК344°) в направлении к ее середине, обеспечен полным комплектом метеоборудования для измерения значений всех метеорологических элементов. Высота над уровнем моря 39,5 м. Относительное превышение чашки ртутного барометра, установленного на ОПН, над южным порогом ВППМК344° составляет плюс 2,304м;

2. ВПН – вспомогательный пункт наблюдений, расположен в районе БПРМ с МК164°;

3. ДПН – дополнительный пункт наблюдений находится в районе с БПРМ с МК344°.

Метеорологические наблюдения на ВПН и ДПН производятся дистанционно с ОПН:

- на ВПН – за ветром, видимостью и нижней границей облаков при работе с МК164°;
- на ДПН – за высотой нижней границы облаков (вертикальной видимостью) с МК344°

### 1.3 Состав и размещение метеоборудования

На аэродроме Петропавловск-Камчатский (Елизово) измерение метеорологических элементов и распространение информации METAR и SPECI производится с помощью комплексной автоматизированной системы КРАМС-4.

Комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция КРАМС-4, укомплектованная набором датчиков вдоль ВПП:

- ФИ-3 6 шт.,
- ДВО-2МК 6 шт.,
- измеритель параметров ветра WT501 4 шт.,
- HMP45D с коллектором QLI50 2 шт.,



- РТВ2202 шт,
- средства отображения метеоинформации МетеоДисплей.

Схема расположения измерителей на аэродроме приведена на рисунке 1.2.

### 1.3.1 Измерители МДВ

Первичные измерительные преобразователи метеорологической дальности видимости ФИ-3 установлены:

- 2 комплекта у порога ВПП (МК-344П) на расстоянии 300 м от торца ВПП;
- 2 комплекта у середины ВПП на расстоянии 180 м от траверзы середины ВПП и на расстоянии 152 м от осевой линии ВПП;
- 2 комплекта у порога ВПП (МК-164Л) на расстоянии 130 м от торца ВПП в сторону середины и на расстоянии 152 м от осевой линии ВПП.

Все приборы ФИ-3 установлены на вышках высотой 5 м и на высоте 1,5 м относительно ближайшей точки осевой линии ВПП.

### 1.3.2 Измерители высоты нижней границы облаков

Дистанционные первичные измерители высоты нижней границы облаков (вертикальной видимости) типа ДВО-2МК по 2 комплекта установлены на БПРМ с МК-344П на удалении 1200 м от порога ВПП, с МК-164Л на удалении 900 м от порога ВПП и на ОПН на удалении 350 м от порога ВПП.

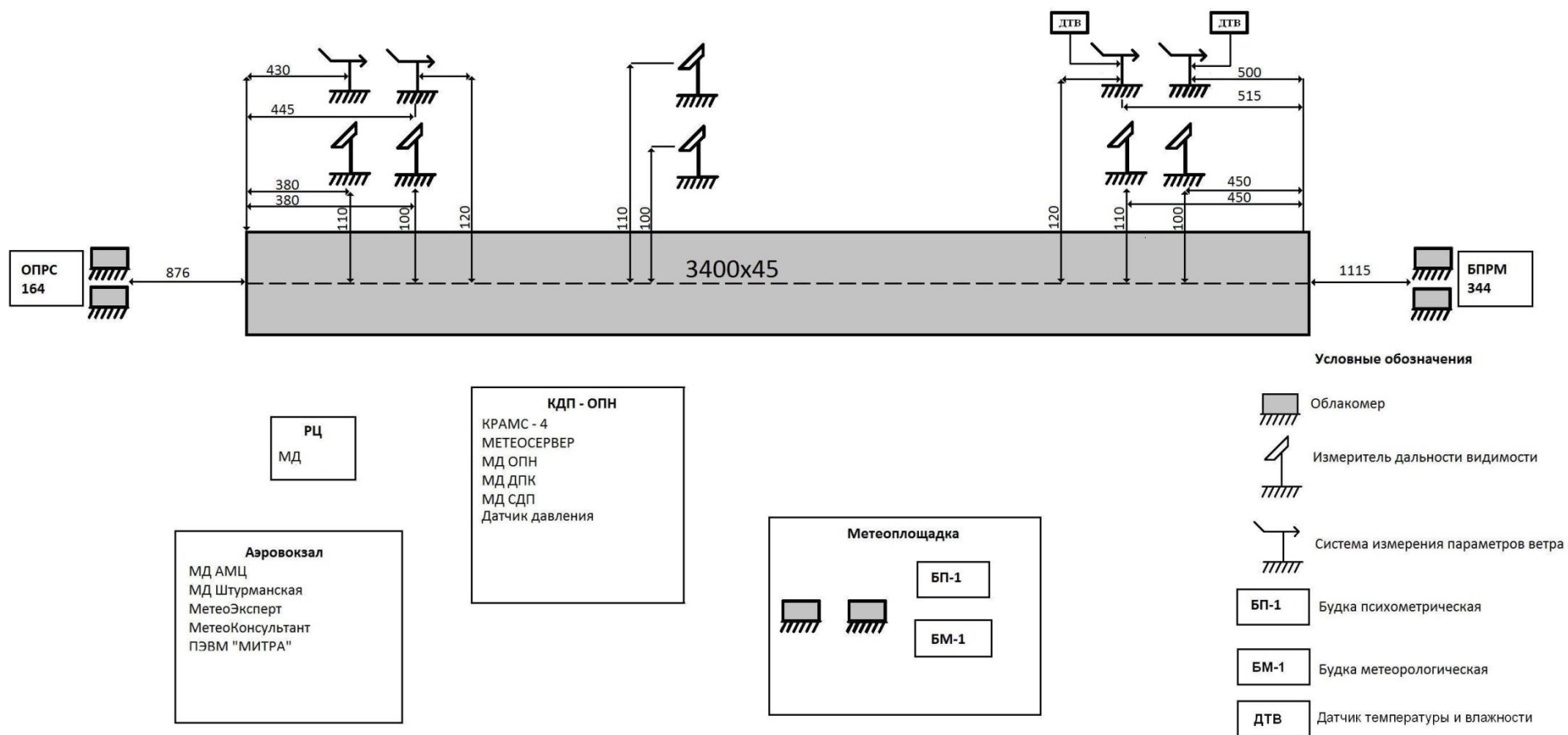


Рисунок 1.2 – Схема размещения метеорологических приборов и оборудования на аэродроме Петропавловск-Камчатский (Елизово)

### 1.3.3 Измерители параметров ветра

Первичные измерители преобразователи параметров ветра WT501 (WAV/WAA) расположены:

- 2 комплекта у порога ВПП (МК-344П) на расстоянии 300 м от торца ВПП в сторону середины и на расстоянии 152 м от осевой линии ВПП;
- 2 комплекта у порога ВПП (МК-164Л) на расстоянии 130 м от торца ВПП в сторону середины и на расстоянии 152 м от осевой линии ВПП.

Все первичные измерительные преобразователи параметров ветра WT501 установлены вдоль ВПП, смонтированные на мачтах высотой 10 м относительно ближайшей точки осевой линии ВПП.

### 1.3.4 Измерители атмосферного давления

Измерители атмосферного давления РТВ220 (основной и резервный), СР-А (резервный), БРС-1М (резервный) находятся на ОПН.

### 1.3.5 Измерители температуры и влажности воздуха

Комплект измерителей температуры и влажности воздуха: НМР45D (основной и резервный), и термометры ТМ-1, ТМ-2 (резервный), установлены на метеоплощадке.

## 1.4 Общие сведения о климате аэродрома

Климатические условия юго-восточного побережья и Авачинской низменности определяются географическим положением, активной циклонической деятельностью и близостью Тихого океана. В холодный период отепляющее влияние Тихого океана весьма значительно. По данным Л.С. Потаповой (1971), адвективный приток тепла с Тихого океана на юго-восточное побережье достигает 6-7 ккал/см<sup>2</sup>. [1]

Циклоническая деятельность над югом полуострова характерна для всего года. Однако наиболее интенсивна она в холодный период. Летом циклоническая деятельность заметно ослабевает, юго-восточное побережье нередко оказывается под воздействием гребня северотихоокеанского максимума. В целом климат юго-восточного побережья характеризуется как морской умеренный, однако удалённость аэродрома от береговой полосы обуславливает в районе аэродрома заметную континентальность климата, типичную для Авачинской низменности.

Средняя годовая температура воздуха за период 2010-2014гг равна плюс 2,3°C. Самый холодный месяц в году-январь, со средней температурой минус 9,8°C. Самый теплый месяц в году август, средняя температура этого месяца – плюс 15,2°C. Абсолютный максимум температуры воздуха наблюдался в июле 2012 года и составил плюс 33,2°C. Абсолютный минимум температуры воздуха минус 28,4°C, отмечен в январе 2014года. Абсолютная амплитуда колебаний температуры достигает 61,6°C.

По данным за период 2010-2014гг продолжительность безморозного периода составляет 192 дня. Наименьшая продолжительность периода – 177 дней, наибольшая–202. Самый короткий безморозный период может длиться с 28 апреля по 21 октября. Из-за активной циклонической деятельности в зимний период отмечается от 8 до 21 дней с оттепелями. Самый ранний снег отмечен 12 октября 2013 года, самый поздний снег выпадал 26 мая 2011 года.

Близость морского побережья определяет высокую относительную влажность в районе аэродрома Петропавловск-Камчатский (Елизово). Среднегодовая относительная влажность воздуха составляет 67%.

Среднее число пасмурных дней (с видимостью менее 8000 м и облачностью ВНГО менее 600 м) составляет 192,8 дня.

В среднем за год наблюдается 168 дней с осадками. Ежемесячно отмечается от 12 до 17 дней с осадками. Средняя годовая сумма осадков составляет 638 мм, наибольшее количество осадков выпало в декабре 2010 года – 156 мм, наименьшее в декабре 2011 года – 2,8мм. Основные виды

осадков: морось, дождь, ливневой дождь, снег, ливневой снег, снег с дождем, ливневой снег с дождем.

Чтобы сравнить климатические характеристики аэродрома Петропавловск-Камчатский (Елизово) с многолетними климатическими нормами, регламентирующий документ рекомендует взять последние опубликованные сведения о средних многолетних величинах. Нами были взяты данные, приведенные на сайте Росгидромета, из справочника за 1961-1990гг. Аэродромных данных в этом справочнике нет, поэтому приведены данные г. Петропавловск-Камчатский, как самый ближайший пункт к аэродрому. Количество дней с осадками на аэродроме Петропавловск-Камчатский (Елизово) больше, но средняя сумма осадков по месяцам меньше. Это может быть связано с удаленностью аэродрома от побережья, где всегда осадков выпадает больше.

Направление ветра у земли носит чётко выраженные черты сезонной изменчивости: зимой преобладают ветры северного и северо-восточного направления, летом – южного и юго-восточного. Сезонная смена направления ветра обусловлена не наличием муссонной циркуляции на Камчатке, а развитием бризовой циркуляции в тёплый период. Средняя годовая скорость ветра – 3,9м/с.

Среднее годовое значение атмосферного давления QNH за период 2010-2014гг. – 1008,1 гПа. Максимальное значение 1037,9 гПа отмечено в 2013 году, минимальное – 957,5 гПа в 2012 году.

Грозовая деятельность в районе аэродрома Петропавловск-Камчатский (Елизово) развита слабо, за осящаемый период зарегистрирован один случай – 30 ноября 2010 года. Случай связан с прохождением теплого фронта глубокого Тихоокеанского циклона.

Электризация воздушного судна – крайне редкое явление для аэродрома, как и грозы. За период с 2010 по 2014 годы отмечен всего один случай 18 октября 2010 года.

За пять лет зафиксировано 463 случая сдвига ветра на аэродроме Елизово. Минимальное количество случаев сдвига ветра отмечено в 2014 году – 71 случай, максимальное – 112 случаев в 2013 году.

Случаи болтанки и обледенения разной степени интенсивности связаны в основном с выходом глубоких циклонов, фронтальной облачностью и орографией.

Обледенением называется отложение льда на обтекаемых частях, силовых установках и внешних деталях специального оборудования самолёта (вертолёта) при полёте в переохлажденных облаках, тумане, дожде, мороси и мокром снеге. Обледенению подвержены все типы самолётов и вертолёт и, несмотря на совершенствование авиационной техники, оно продолжает оставаться одним из опасных явлений погоды для авиации. Опасность обледенения заключается в том, что ледяные наросты на летательных аппаратах ухудшают их аэродинамические, эксплуатационные и лётно-технические характеристики самолётов.

Основной количественной характеристикой обледенения, по данным бортовой погоды, является его интенсивность: слабое, умеренное и сильное. Обледенение самолётов в воздухе наиболее вероятно, естественно, в зимний и переходные периоды. Наиболее благоприятные для сильного обледенения условия создаются при таком синоптическом положении, когда происходит адвекция очень влажного тёплого морского воздуха южными, юго-восточными потоками.

За осящаемый период, по данным бортовой погоды, зафиксировано 117 случаев умеренного обледенения и 9 случаев сильного обледенения. Максимальное количество случаев умеренного обледенения (26) отмечено в 2011 году, по 3 случая сильного обледенения отмечено в 2010 и 2014 годах.

Основное влияние турбулентности на летящий самолёт заключается в нарушении равновесия аэродинамических сил и моментов, действующих на самолёт, вследствие чего его движение становится возмущенным. При периодическом или пульсирующем воздействии возмущающей силы самолёт

совершает непрерывные колебания, которые и воспринимаются как болтанка. Сильная турбулентность в атмосфере наблюдается в тех случаях, когда имеется сдвиг ветра по направлению или скорости по высоте. Особенно сложен и опасен полёт с точки зрения болтанки в горных условиях Камчатки и, в частности, в районе аэродрома Петропавловск-Камчатский, где создаются благоприятные условия для возникновения орографической турбулентности. Такие условия создаются при выходе к югу Камчатки глубоких циклонов, а также при наличии над Камчаткой гребня мощного антициклона, центр которого располагается над Чукоткой или Аляской.

С 2010 по 2014 гг. по данным бортовой погоды зафиксировано 552 случая умеренной болтанки и 19 случаев сильной. Максимальное количество случаев умеренной болтанки (131) отмечено в 2011г, в этот же год отмечено и максимальное количество случаев сильной болтанки – 6.

### 1.5. Повторяемость

Повторяемость была составлена по данным наблюдений с помощью фиксированных значений по КРАМС-4 за период 2010-2014 гг.

#### 1.5.1. Повторяемость видимости ниже указанных значений за год

Повторяемость видимости (%) ниже указанных значений за год приведено в таблице 1.1.

Для расчета повторяемости были использованы данные наблюдений за пятилетний период. Общее количество использованных данных составило 43001.

Средняя повторяемость числа случаев видимости менее 1500 м – 1%.

Средняя повторяемость числа случаев видимости менее 800 м – 1,8%.

Общее распределение по срокам наблюдений для видимости менее 1500 м и менее 800 м.

## Аэродромная климатическая сводка

АЭРОДРОМНАЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКАЯ СВОДКА

АЭРОДРОМ    Елизово

ВПП: 34П

ПРЕВЫШЕНИЕ НАД СУМ: 40

МЕСЯЦ: годовая

ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ: 2010 - 2014

ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО НАБЛЮДЕНИЙ: 43001

Таблица И.13

Время (ВСВ, ч)	Видимость, м									Число случаев
	<200	<400	<600	<800	<1000	<1500	<3000	<5000	<8000	
00		0,2	0,4	0,7	1,3	1,9	3,6	5,4	8,7	1796
01		0,1	0,4	0,6	1,0	2,0	3,7	5,2	8,1	1798
02		0,1	0,6	1,0	1,6	2,2	3,8	5,6	7,2	1798
03		0,1	0,4	0,8	1,2	1,8	3,3	5,1	7,0	1787
04		0,1	0,4	0,8	1,3	1,7	3,1	4,5	6,9	1791
05		0,2	0,3	0,6	0,8	1,4	3,0	4,9	7,5	1794
06		0,2	0,4	0,7	0,9	1,5	2,9	5,5	7,7	1798
07		0,1	0,4	0,5	0,6	1,4	3,4	6,0	8,3	1798
08		0,2	0,8	0,9	1,2	1,9	3,4	6,1	9,5	1794
09		0,5	0,7	1,0	1,2	2,0	4,1	7,1	10,4	1772
10	0,1	0,3	1,1	1,3	1,7	2,6	5,1	7,9	12,0	1778
11	0,1	0,8	1,3	1,6	2,1	2,7	5,1	8,6	14,0	1793
12	0,2	1,0	1,5	2,1	2,6	3,6	6,2	11,0	16,4	1793
13	0,1	1,1	1,8	2,5	3,0	4,0	7,0	12,0	17,5	1796
14	0,1	1,3	2,2	3,0	3,6	4,6	7,6	12,3	17,6	1792
15	0,1	1,6	2,6	3,6	4,2	5,5	8,2	12,9	18,6	1793
16	0,1	1,7	3,0	4,1	4,7	5,8	8,8	13,3	18,5	1794
17	0,2	1,9	3,6	4,7	5,2	6,2	9,4	13,6	18,8	1792
18	0,1	1,9	3,4	4,4	5,3	6,1	9,6	13,3	17,7	1792
19	0,2	1,6	2,5	3,4	4,4	5,3	8,3	12,9	17,5	1792
20	0,1	0,9	1,6	2,1	2,7	3,7	7,5	11,0	15,6	1796
21	0,1	0,3	0,8	1,2	1,9	3,0	5,2	9,4	14,3	1782
22		0,2	0,4	0,8	1,3	2,3	4,3	7,6	11,4	1788
23		0,3	0,4	0,6	1,1	2,2	4,2	6,2	9,0	1794
Среднее	0,1	0,7	1,3	1,8	2,3	3,1	5,4	8,6	12,5	43001

Анализируя данные таблицы 1.1, можно отметить, что повторяемость видимости ниже указанных значений начинает расти в период с 00.00 до 03.00 часов ВСВ, далее понижается до 07.00 ВСВ. Снова повышается в



утренние часы (с 08.00 ВСВ), достигая максимума в 17.00 часов (ВСВ), далее повторяемость видимости опять начинает понижаться до 00.00 (ВСВ).

### 1.5.2 Суточно-годовой ход повторяемости видимости менее 1000 м

Распределение суточно-годового хода повторяемости видимости <1000 м приведено на рисунке 1.3. Хорошо видно, что своего максимума значение повторяемости достигает в вечерние часы к 17-18 часам ВСВ. Минимум наблюдается в районе 6-7 часов (ВСВ).

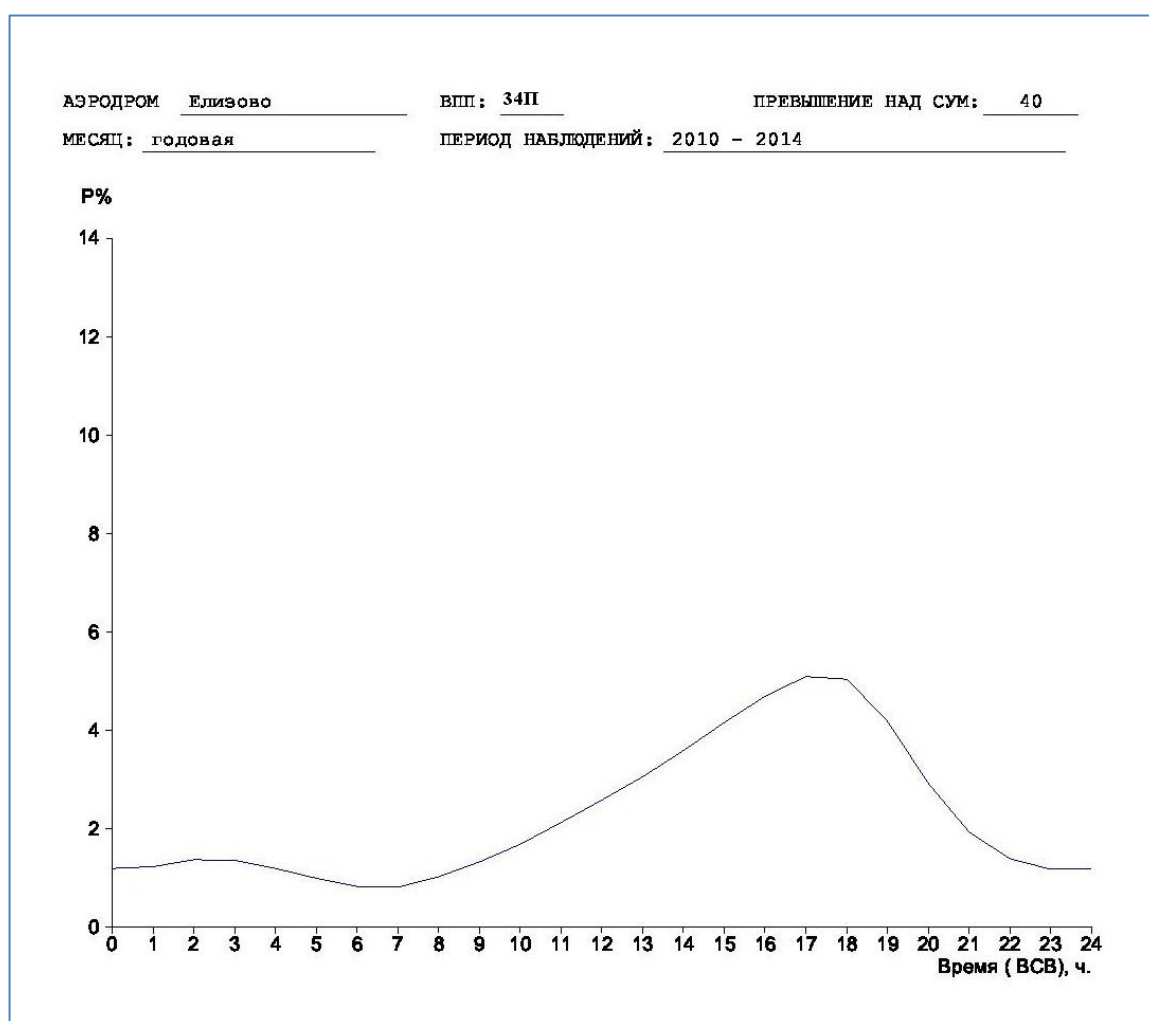


Рисунок 1.3 – Распределение суточно-годового хода повторяемости видимости менее 1000 м

### 1.5.3 Повторяемость градаций горизонтальной видимости при определенных скоростях и направлениях ветра за год

Повторяемость (%) градаций (или пределов) горизонтальной видимости при определенных скоростях и направлениях ветра за год представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Повторяемость градаций горизонтальной видимости при определенных скоростях и направлениях ветра за год

АЭРОДРОМ: Елизово

ВПП: 34П

МЕСЯЦ: годовая

ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЙ: 2010 - 2014

Таблица Н.13

Направление ветра	Видимость					
	<200	200-400	400-800	800-1000	1000-1500	1500-3000
Скорость ветра 0-5 м/с						
Штиль	11,1	15,1	15,5	13,5	11,7	12,2
Переменный					0,2	
С	11,1	17,1	17,5	18,9	17,2	17,3
СВ		5,1	7,2	8,2	8,9	7,4
В		4,6	5,4	6,3	4,1	5,8
ЮВ	11,1	4,0	4,5	5,3	6,0	8,6
Ю	29,6	11,7	8,9	8,2	12,5	15,7
ЮЗ	11,1	5,4	4,5	6,6	6,2	8,3
З		1,4	2,6	6,3	5,5	3,0
СЗ	3,7	4,0	5,2	4,4	5,3	3,9
Итого, %	77,8	68,4	71,4	77,7	77,7	82,3
Скорость ветра 6-10 м/с						
С		0,9	1,7	1,3	0,2	0,8
СВ				0,3	0,9	0,3
В		1,4	2,2	3,8	1,7	1,0
ЮВ		0,6	2,2	2,2	3,4	1,8
Ю		0,3	0,2	0,6	0,7	0,4
ЮЗ			0,5	0,3	0,2	0,3
З		0,6		0,9	0,5	0,3
СЗ		0,3	1,1	1,6	0,7	1,2
Итого, %		4,0	7,7	11,0	8,2	6,0
Скорость ветра 11-15 м/с						
С			0,5			0,2
СВ						0,1
В		0,3	2,0	1,9	1,2	0,5
ЮВ		1,4	3,1	1,9	1,4	1,6
Ю			0,2			0,1
ЮЗ		0,6	0,5	0,9	0,3	0,1
З		0,3	0,3			
СЗ		0,3	0,8	0,9	0,9	0,7
Итого, %		2,8	7,2	5,7	3,8	3,2
Скорость ветра >15 м/с						
С		0,3			0,2	0,6
СВ		3,4	1,1	0,3	1,5	0,9
В	11,1	14,0	8,2	3,1	4,0	2,9
ЮВ		3,1	2,8	1,6	2,2	1,9
Ю						
ЮЗ		1,1				
З		0,3	0,2			
СЗ	11,1	2,6	1,5	0,6	2,4	2,2
Итого, %	22,2	24,8	13,7	5,7	10,3	8,5

Как видно из таблицы 1.2 за период с 2010 по 2014 гг. ухудшение видимости во всех градациях отмечается практически при любом направлении ветра, а также при штиле.

При скорости ветра 0-5 м/с наибольшая повторяемость видимости от 400 до 800 м – 17,5% – при северном направлении ветра, от 1500 до 3000 м – 17,3% – также при северном направлении.

При скорости ветра 6-10 м/с (как и при малых скоростях ветра) наибольшая повторяемость видимости от 400 до 800 м (6,6%) наблюдается при северном направлении ветра, и в диапазоне от 1500 до 3000 м (5,5%) также при северном направлении.

При скорости ветра 11-15 м/с наибольшая повторяемость видимости от 400 до 800 м (4,9%) отмечена при северном направлении ветра, а вот повторяемость видимости в диапазоне от 1500 до 3000 м (3,1%) при северо-западном направлении.

При скорости ветра более 15 м/с максимальная повторяемость видимости от 400 до 800 м (9,8%) наблюдается при северо-западном направлении (8,2% – при восточном, юго-восточном), в диапазоне от 1500 до 3000 м – повторяемость 2,3%, ветер северный, северо-восточный.

#### 1.5.4 Повторяемость явлений погоды, ухудшающих видимость

Данные по повторяемости (%) туманов представлены в таблице 1.3. Как видно, за период наблюдений с 2010 по 2014 гг. туманы отмечались во все месяцы кроме января, февраля и марта в период с 10.00 до 22.00 ВСВ. Максимальная повторяемость в году 4,2% отмечена в 17.00 и 18.00 ВСВ.

## Повторяемость туманов в аэропорту Елизово

ПОВТОРЯЕМОСТЬ, %, ТУМАНОВ													
Время ( ВСВ, ч.	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
00											0,7		0,1
01											0,7		0,1
02				0,8							1,3		0,2
03											0,7		0,1
04											0,7	0,7	0,1
05												0,6	0,1
06												0,6	0,1
07											0,7	0,6	0,1
08											0,7	1,3	0,2
09					0,6					0,7	1,3	0,6	0,3
10				1,6	1,3		0,7	2,0	0,7	0,6	1,3	0,7	0,7
11				1,6	1,3	2,7	2,0	2,0	1,3		1,3	0,6	1,1
12				1,6	1,3	2,7	3,3	2,6	2,7	0,6	0,7		1,3
13				1,6	3,2	2,7	6,6	3,2	2,0	0,6	1,3		1,8
14				2,4	7,1	5,4	9,2	3,2	2,0	1,3	0,7		2,6
15				2,4	9,0	8,1	8,6	5,2	2,7	0,6	0,7		3,1
16				2,4	9,0	11,5	11,8	4,5	3,3	0,6	0,7		3,7
17				1,6	11,0	12,8	15,1	4,5	4,0		1,3		4,2
18				2,4	12,3	10,1	12,5	9,0	2,7		1,3		4,2
19				2,4	9,7	6,7	11,2	9,0	2,7		1,3		3,6
20				1,6	5,2	2,7	2,6	6,5	2,0		2,0		1,9
21				1,6	2,6	1,3	1,3	2,6	1,3		2,0		1,1
22					1,3						2,7		0,3
23											0,7		0,1
Среднее				1,0	3,1	2,8	3,5	2,3	1,1	0,2	1,0	0,2	1,3

Данные по повторяемости (%) дымки и мглы представлены в таблице 1.4. За период с 2010 по 2014 гг. дымка или мгла наблюдались во все месяцы (максимум в июле – 13,0%), с апреля по ноябрь – во все сроки наблюдений (максимум в 19.00 ВСВ – 8,9%).

В осенне-зимний период наибольшая повторяемость 6,7% отмечена в ноябре в 09.00 ВСВ, в весенне-летний – 29,6% в июле, в 19.00 ВСВ.

Так же как и туманы, эти явления погоды чаще всего наблюдаются в период с 10.00 до 22.00 ВСВ, летом. Такое распределение повторяемости связано с наличием бризовой циркуляции, образованием над водной поверхностью туманов и выносом их в вечернее и ночное время в район аэродрома Елизово.

## Повторяемость дымки и мглы в аэропорту Елизово

ПОВТОРЯЕМОСТЬ, %, ДЫМКИ И МГЛЫ													
Время (ВСВ, ч.)	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
00			0,6	1,6	2,6	1,3	3,3	4,5	2,0	3,9	4,0	2,6	2,2
01		0,7		2,4	1,9	2,7	6,0	1,9	1,3	3,2	2,7	1,9	2,1
02	0,6		0,6	3,1	2,6	2,0	3,9	1,3	1,3	2,6	2,0	0,6	1,7
03	0,6			1,6	3,2	2,0	4,0	1,3	2,0	1,3	2,0	0,6	1,6
04	0,6			3,2	3,9	2,0	2,6	2,6	2,7	2,6	2,0		1,8
05	0,6	0,7		3,2	3,2	2,7	2,6	2,6	3,3	3,9	4,0	0,6	2,3
06	0,6			1,6	1,9	2,0	2,0	1,9	2,7	3,2	3,3	1,3	1,7
07	0,6			1,6	2,6	2,0	3,3	3,2	2,7	1,3	7,3	1,3	2,2
08	0,6			3,2	0,6	2,7	3,9	4,5	4,0	2,6	5,3	1,3	2,4
09	0,7			2,4	1,9	4,0	3,3	7,3	6,1	3,3	6,7	1,3	3,1
10	0,7		0,6	1,6	3,9	4,7	7,9	5,9	6,8	5,8	6,0	2,0	3,9
11	0,6		0,6	2,4	5,2	8,0	13,8	9,2	6,7	7,1	2,0	1,9	4,9
12				2,4	14,2	12,8	16,4	14,8	8,0	6,5	4,7	2,6	7,0
13	0,6			2,4	15,5	16,8	19,1	17,4	9,4	5,8	4,7	1,3	7,9
14	0,6			2,4	11,7	16,9	22,4	20,0	8,7	5,2	5,4	1,3	8,0
15	0,6			1,6	11,6	16,2	26,3	16,9	6,7	5,8	5,3		7,7
16	0,6			2,4	14,2	16,2	25,0	16,8	5,3	4,5	4,7		7,6
17	0,6			3,2	15,6	13,5	21,1	18,1	6,0	5,2	6,0		7,5
18				1,6	14,3	14,2	25,0	12,3	10,0	3,9	4,0	0,6	7,3
19				4,0	18,8	17,3	29,6	12,9	12,0	4,5	5,3	0,6	8,9
20			1,3	5,6	18,1	16,0	28,5	14,2	8,0	3,2	3,3	0,6	8,3
21		0,7	1,3	4,0	14,4	13,4	22,4	13,5	6,7	3,2	6,0	1,3	7,3
22		0,7	1,3	4,8	7,8	6,7	13,9	10,3	4,0	1,9	6,0	2,6	5,0
23		0,7	0,6	3,2	5,8	1,3	5,9	6,5	1,3	3,9	5,3	1,9	3,1
Среднее	0,4	0,1	0,3	2,7	8,1	8,2	13,0	9,2	5,3	3,9	4,5	1,2	4,8

Четкого суточного хода повторяемостей метелей % в году нет (таблицы 1.5). Метели отмечаются практически во все сроки ОЗП кроме октября и ноября, когда метели вообще не отмечены.

Максимальная средняя повторяемость по срокам – 1,8% в феврале, минимальная – 0,2% в апреле. Апрель, единственный месяц ВЛП когда еще могут быть отмечены метели. В этом месяце метели отмечались с 18.00 до 22.00 ВСВ и в 02.00 ВСВ.



## Повторяемость метелей в аэропорту Елизово

ПОВТОРЯЕМОСТЬ, %, МЕТЕЛЕЙ													
Время (ВСВ, ч.)	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
00	0,6	1,4	2,6									1,3	0,5
01	0,6	2,1	2,6									1,9	0,6
02	1,3	1,4	1,3	0,8								1,9	0,6
03	0,6		1,3									1,9	0,3
04	0,6	1,4	2,6									1,3	0,5
05		1,4	1,3									1,9	0,4
06		0,7	1,3									1,3	0,3
07		0,7	1,3									1,3	0,3
08		1,4	2,6									1,3	0,4
09		2,2	2,6									1,3	0,5
10	0,7	2,2	2,6									2,0	0,6
11	0,6	2,9	2,6									1,9	0,7
12	0,7	2,9	2,6									2,6	0,7
13	1,3	2,1	1,3									2,6	0,6
14	2,6	2,1	2,6									1,3	0,7
15	1,3	2,1	1,9									1,3	0,6
16	1,3	2,8	1,9									1,3	0,6
17	1,9	2,1	1,3									1,3	0,6
18	1,3	1,4	2,0	0,8								1,9	0,6
19	1,3	1,4		0,8								0,6	0,3
20	2,6	1,4		0,8									0,4
21	1,3	2,1	0,6	0,8								0,6	0,4
22	1,9	2,8	0,6	0,8								0,6	0,6
23	1,3	2,8	0,6									1,3	0,5
Среднее	1,0	1,8	1,7	0,2								1,5	0,5

Среднее число дней с явлениями погоды представлено в таблице 1.6.

Туман за пятилетний период в среднем отмечался 28,6 дней, не отмечался с января по март, но в другие месяцы ОЗП туман отмечался октябрь – 0,8 дня, ноябрь – 2,4 дня, декабрь – 0,4 дня. Среднее число дней с туманами в ВЛП колеблется от 0,8 дня в апреле до 6,4 дня в июле.

Дымка и мгла зафиксированы во все месяцы года и составляет 83,6 дня. Минимальное количество дней в январе – 0,2, максимальное среднее количество дней – 18 в июле. Для ОЗП минимальное количество также в январе – 0,2, максимальное – 6,8 в ноябре. Для ВЛП минимальное количество в апреле – 3,8, максимальное – 18,0 в июле.

Таблица 1.6

### Повторяемость метелей в аэропорту Елизово

СРЕДНЕЕ ЧИСЛО ДНЕЙ С ЯВЛЕНИЯМИ ПОГОДЫ													
Явления погоды	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Туман				0,8	4,8	5,6	6,4	4,6	2,8	0,8	2,4	0,4	28,6
Дымка и мгла	0,2	0,6	1,2	3,8	13,2	11,8	18,0	12,6	7,8	5,6	6,8	2,0	83,6
Метель	1,8	2,8	3,0	0,4								2,0	10,0
Гололед		0,6		0,8	1,6					0,2	1,6		4,8
Гроза						0,2		0,2					0,4
Град											0,2		0,2
Пыльная или Песчаная буря		0,2											0,2

Метель в среднем за пять лет отмечалась 10 дней в году, и все они приходятся на ОЗП, но минимальное число – 0,4 отмечено и в первый месяц ВЛП-апреле. Самым «метельным» месяцем в году является март, здесь отмечается в среднем 3 дня.

## 2 Видимость

### 2.1 Общие сведения и ее характеристики

Видимость – одна из характеристик состояния атмосферы. Строго говоря, это максимальное расстояние, с которого видны и опознаются неосвещенные объекты (ориентиры) днем и световые ориентиры ночью. Особенно важно знать, каковы условия, в которых будут вестись наблюдения за земной поверхностью (за ВПП) при взлете и посадке.[6] Поэтому значение видимости входит в минимумы погоды, вводимые для обеспечения безопасности полетов. Особенно важна видимость на ВПП.

Видимостью на ВПП (дальность видимости на ВПП) называется максимальное расстояние, в пределах которого пилот ВС, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировку ее покрытия или огни, ограничивающие ВПП или обозначающие ее осевую линию.

Видимость на ВПП представляет психофизическую характеристику. Пилот должен увидеть и опознать неосвещенные ориентиры днем и световые ориентиры ночью. Оpozнание же у разных пилотов не одинаково. Оно зависит от психического состояния зрения пилота.

### 2.2.Зависимость видимости от различных факторов

Глаз человека имеет определенную разрешающую способность. Чтобы хорошо видеть предмет, его угловые размеры должны быть не менее 15'.

Объект достаточных угловых размеров можно видеть в том случае, если он по яркости и цвету отличается от фона, на который проецируется. Различие характеризуется яркостным и цветовым контрастом. Контраст – воспринимаемое наблюдателем различие двух частей поля зрения по яркости или цвету. Решающее значение имеет яркостный контраст.[6]

Прозрачность атмосферы – ее способность пропускать радиацию. Она является главным фактором, определяющим изменчивость видимости, и



зависит от степени рассеяния и поглощения света в атмосфере. Прозрачность атмосферы ухудшается вследствие рассеяния света молекулами атмосферных газов и находящимися в воздухе капельками воды, кристаллами льда, частичками пыли, дыма и т.п. Если бы воздух не содержал примесей, и рассеяние света происходило лишь за счет молекул атмосферных газов, то видимость в светлое время суток составляла бы 250...300 км. Чем больше в воздухе капель воды, кристаллов льда, частиц пыли и дыма, тем значительнее уменьшение видимости.

Метеорологическая дальность видимости (МДВ) – наибольшее расстояние, на котором становится невидимым в светлое время суток черный объект угловых размеров более 15', проецирующийся на фоне неба у горизонта или на фоне воздушной дымки. МДВ является характеристикой прозрачности атмосферы и представляет дальность видимости черного объекта днем на фоне неба у горизонта. МДВ имеет разное значение днем и ночью при одинаковой прозрачности атмосферы. Метеорологическая дальность видимости и прозрачность атмосферы связаны между собой следующим образом. Удаленный предмет больших угловых размеров можно наблюдать при условии, если яркостный контраст между объектом и фоном неба у горизонта больше порогового значения контраста.[6]

Наклонная видимость – это предельное расстояние вдоль глиссады снижения, на котором пилот при переходе от пилотирования по приборам к визуальному пилотированию может обнаружить ВПП.[8] Особенно нужна информация о значении наклонной дальности видимости при посадке ВС в СМУ. Это связано с тем, что существующие системы посадки, после того как ВС приведено в район аэродрома, позволяют завести его на глиссаду снижения, пробить облака (при их наличии), вывести ВС под облачный слой. Посадка осуществляется экипажем визуально на основании использования радиосветотехнических средств и личного опыта экипажа.

## 2.3.Способы измерения

### 2.3.1.Визуальный способ

Визуальный способ определения видимости на Камчатке осуществим, так как Камчатка богата большим количеством природных ориентиров - вулканов (рис. 2.1).



Рис.2.1.-природные ориентиры Камчатки - вулканический массив Толбачик

Схема ориентиров аэродрома Елизово представлена на рисунке 2.2.

Но измерение видимости визуально дает свои погрешности, так как возникают трудности в ее определении, поскольку:

- 1) Не все метеостанции обеспечены объектами, расположенными на заданных расстояниях в одном азимуте, имеющие большие размеры. 8 и 9 баллов определить практически невозможно, потому что обычные естественные объекты на соответствующих этим баллам расстояниях не видны либо имеют очень маленькие угловые размеры.

В зимнее время года при наличии снега и изморози баллы будут иные, нежели в летнее время при отсутствии этих явлений.

# Схема ориентиров видимости на аэродроме Петропавловск-Камчатский (Елизово)



Ориентиры видимости на аэродроме  
Петропавловск-Камчатский (Елизово)

№ П/п	Наименование	Н преп (м)	Азимут (град)	Удалению. (м)	День Ночь
1.	г. Корякская	3456	40	24500	д
2.	г. Виллючинский	2173	192	52000	д
3.	г. Авачинский	2751	66	27000	д
4.	от. 265(Локатор)	245	290	8200	д
5.	с. Утлюги	600	354	16400	д
6.	маяк ШВРС	279	305	3800	д Н
7.	маяк	75-100	310	3300	д Н
8.	от. 371,4	371,4	305	4400	д
9.	от. 406,3	406,3	288	9400	д
10.	п. Вулканный	-	228	10000	д
11.	БПРМ (34П)	20	161	1500	д
12.	с. Лысая	93	258	3700	д
13.	Орбита	35	112	6400	д

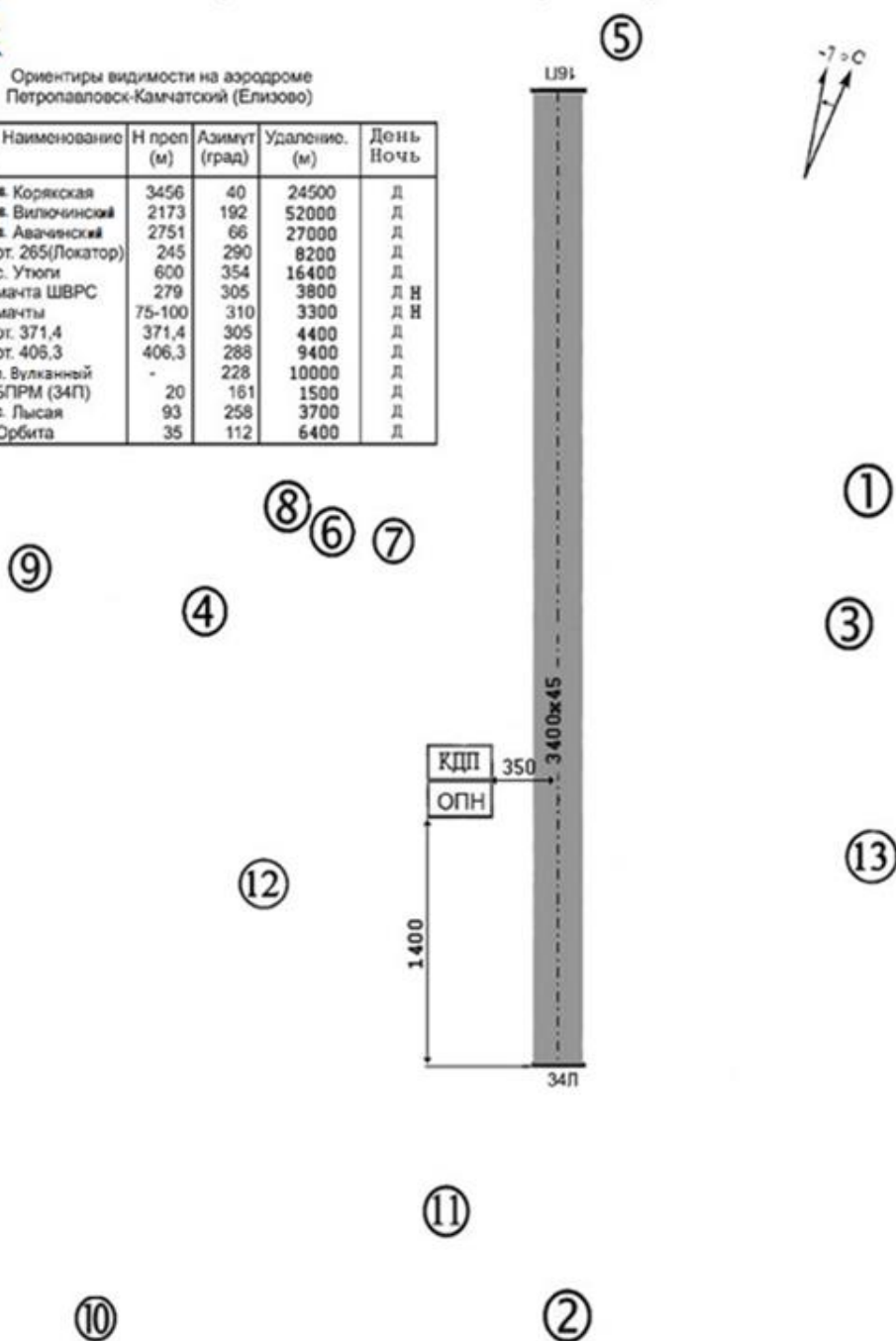


Рисунок 2.2 – Схема ориентиров видимости на аэродроме Елизово

- 2) Из-за отсутствия объектов наблюдения в степных и пустынных районах визуальное наблюдение исключается. Установка искусственных объектов — экранов — и поддержание их в эксплуатационном состоянии неосуществимы из-за их больших размеров и высокой стоимости.
- 3) Балл видимости, определенный при одних и тех же метеорологических условиях днем и в сумеречное время будет отличаться. Это происходит из-за изменяющихся свойств зрения наблюдателя.
- 4) Измерение видимости в баллах по точности не подходит для авиации, региональную климатологию и другие отрасли.
- 5) В темное время суток определение видимости невозможно.

Эмпирические поиски уступили место глубоким теоретическим и экспериментальным исследованиям и разнообразным методическим разработкам.

Главной задачей было определение того предельного расстояния, которое называется метеорологическая дальность видимости, на котором разнообразные объекты ландшафта и сигнальные огни находятся на пороговом восприятии, т.е. либо слегка видны очертания, либо вовсе не видны. Необходимо учитывать разнообразные факторы, так как на величину МДВ влияют прозрачность атмосферы, свойства, как и самих объектов и огней, так и зрительных пороговых восприятий.

Именно поэтому есть множество других способов для наиболее точного измерения видимости.

### 2.3.2. Трансмиссометр Vaisala LT31

Трансмиссометр Vaisala LT31 – это устройство для непрерывного наблюдения за изменением МДВ.

Принцип работы этого устройства заключается в измерении коэффициента направленного пропускания импульсного излучения модулированного светового потока при прохождении им слоя атмосферы фиксированной длины.

Конструктивно трансмиссометры LT31 выполнены в виде двух блоков: излучателя LTT111 и приемника LTR111, установленных на мачтах на определенном (базовом) расстоянии друг от друг.[7] Трансмиссометр LT31 изображен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Внешний вид трансмиссометра LT31

Излучатель LTT111 состоит из измерительного и интерфейсного блоков. Измерительный блок состоит из двух светодиодов белого цвета, оптической трубы, оптического пленочного диффузора, микропроцессора, механизма юстировки. Интерфейсный блок состоит из микроконтроллера и блока питания.

Приемник LTR111 состоит из измерительного и интерфейсного блоков. Измерительный блок состоит из р-і-п фотодиода, оптического фильтра, усилителя, микропроцессора. Интерфейсный блок состоит из главного центрально процессора и блока питания.

В трансмиссометрах LT31 в качестве источника светового потока применяется светодиод, перед которым установлен оптический пленочный диффузор для коллимации светового потока. В качестве приемника светового потока используется р-і-п фотодиод, перед которым установлен оптический фильтр для адаптации спектральной чувствительности приемника. Световой поток, прошедший через атмосферу принимается р-і-п фотодиодом, усиливается в измерительном блоке приемника и передается в микропроцессор для преобразования в коэффициент направленного пропускания. Далее главный процессор по формуле Кошмидера и алгоритмам фирмы «VaisalaOyj» производит пересчет коэффициента направленного пропускания в МОД. Полученное значение МОД передается на ПК.[7]

В трансмиссометрах LT31 реализованы следующие сервисные функции: автоматическая юстировка светового потока, обдув окна для уменьшения его загрязнения, автоматическая компенсация загрязненности окна, автоматическая калибровка, внутреннее термостатирование. В трансмиссометрах LT31 может быть дополнительно установлен блок LM11 определяющий яркость фона и дающий информацию о режиме работы день/ночь.[7]

Трансмиссометры LT31 работают непрерывно (круглосуточно), сообщения о проведенных измерениях передаются через определенные временные интервалы или по запросу. Для обмена информацией имеются последовательные интерфейсы RS-232, RS-485. При использовании модемов трансмиссометры LT31 могут быть удалены от обслуживающего терминала или ПК на расстояние до 10 км.[7]

### 3 Комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция КРАМС-4

Станция разработана и серийно изготавливается ЗАО «Институт радарной метеорологии» (ЗАО «ИРАМ»). Станция сертифицирована и допущена к применению на авиаметеорологической сети Росгидромета. Данная станция предназначена для метеорологического обеспечения аэронавигации. Станция КРАМС-4 различной комплектации установлена на аэродромах, вертодромах и вертолетных площадках России, стран СНГ и бывших республик Советского Союза.[2,4,5]

КРАМС-4 предназначена для измерения и сбора метеоинформации об основных параметрах атмосферы на аэродроме, обработки этой информации, формирования метеорологических сообщений, отображения, регистрации и распространения информации по каналам связи для обеспечения взлета и посадки воздушных судов. [2,4,5]

КРАМС-4 является информационно-измерительной системой и обеспечивает:

- проведение дистанционных измерений метеовеличин в автоматическом режиме;
- обработку измерительных сигналов;
- автоматическое распространение метеоинформации внутри аэродрома, а также за его пределы;
- архивацию полученных метеоданных и визуализацию метеоинформации.

Схема КРАМС-4 изображена на рисунке 3.1.

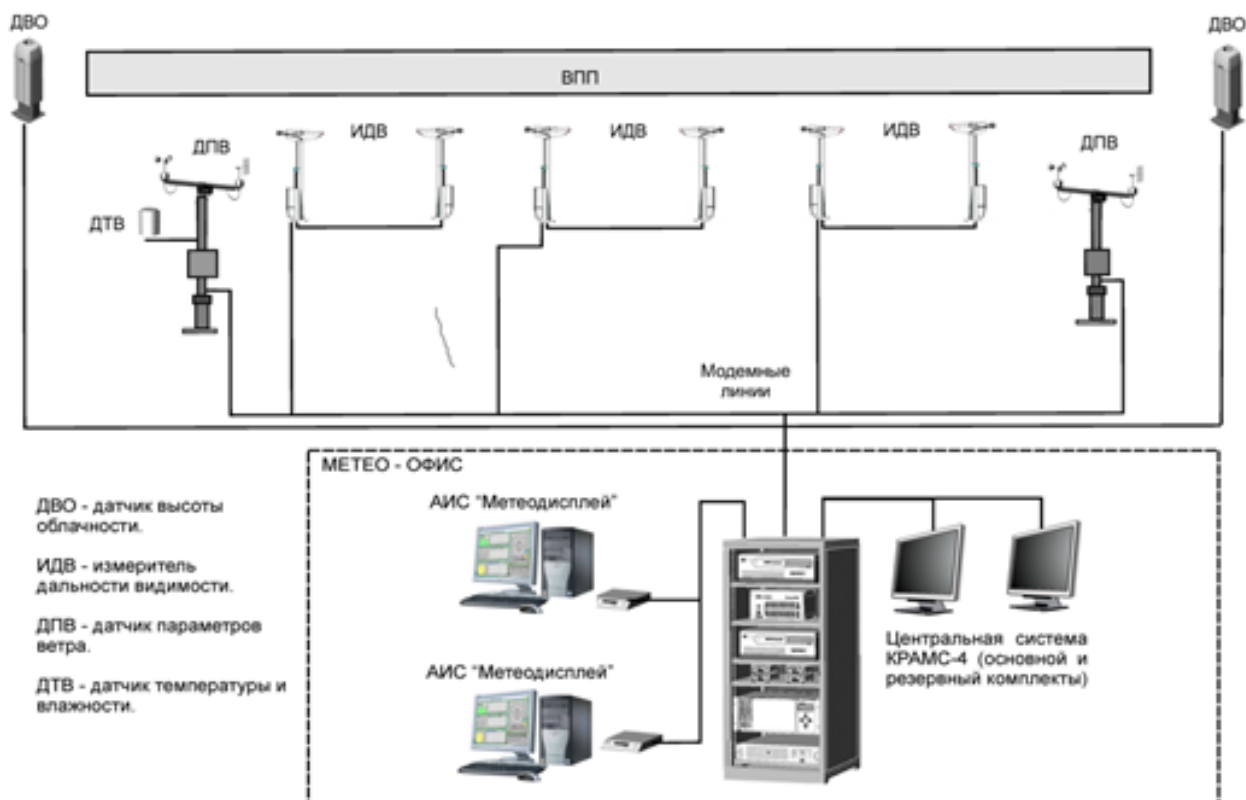


Рисунок 3.1 – Структурная схема станции КРАМС-4 с базовым набором датчиков

Измерительная система КРАМС-4:

- измерительный компонент
- связующий компонент
- вычислительный компонент
- средства отображения, регистрации и представления метеоинформации.[4,5]

Измерительный компонент станции состоит из датчиков и различных измерительных преобразователей метеовеличин, которые измеряют:

- температуру и влажность воздуха;
- атмосферное давление;
- скорость и направление ветра;
- высоту нижней границы облаков (вертикальную видимость);
- метеорологическую оптическую дальность видимости;
- интенсивность и количество осадков;



— явления погоды и грозовые разряды.[4,5]

В измерительный компонент также входит идентификатор погоды FD12P. Он нужен для того, чтобы автоматически распознавать атмосферные явления и передавать измерительные в вычислительный компонент для последующего определения и передачи информации.

В КРАМС-4 также могут входить метеорологические радиолокационные комплексы, профайлеры и другие средства. Они нужны для автоматического распознавания атмосферных явлений.

Связующий компонент (каналы связи) предназначен для передачи с сигналов, которые несут информацию об измеряемой величине от одного компонента системы к другому.

В КРАМС-4, которые предназначены для размещения на аэродромах, каналы связи – это аэродромные линии связи, по которым производится передача измерительных сигналов (аналоговых или цифровых — в зависимости от используемых датчиков) от датчиков, первичных и промежуточных измерительных преобразователей в вычислительный компонент. Для увеличения дистанционности передачи измерительных сигналов от датчиков метеовеличин в центральную систему в КРАМС-4 используются последовательные линии RS-232 и модемы типа DMX 55, ZYXEL, V 3365/U 336R и др.[4,5]

Вычислительным элементом является центральная система, которая состоит из двух персональных электронно-вычислительных машин. Вычислительный компонент КРАМС-4 представлен центральной системой, включающей в себя: две ПВЭМ (персональная электронно-вычислительная машина), два принтера, две платы расширения каналов; блок коммутации типа БК-16М, два комплекта базового программного обеспечения, два комплекта специального программного обеспечения, модем с комплектом разъемов и источник бесперебойного питания.[4]

Центральная система, которая выполняет следующие функции:

а) управляет работой датчиков;

- b) производит прием и архивацию измерительных сигналов;
- c) обеспечивает ручной ввод данных, необходимых для обеспечения аэронавигации;
- d) производит обработку измерительных сигналов (осреднение, выбор экстремальных значений, фильтрация и т.д.);
- e) производит вычисление (определение и оценку) метеорологических величин, необходимых для метеорологического обеспечения аэронавигации (дальность видимости на ВПП, параметры ветра, давление, приведенное к уровню порогов ВПП и уровню моря, температура точки росы и др.);
- f) формирует сообщения, передаваемые внутри аэродрома и распространяемые за пределы аэродромов (в коде METAR/SPECI);
- g) производит архивацию всей выдаваемой метеоинформации с возможностью распечатки на принтере;
- h) производит построение графиков изменения метеовеличин во времени с возможностью распечатки на принтере;
- i) обеспечивает сигнализацию об отказах датчиков, первичных и промежуточных измерительных преобразователей, входящих в измерительный компонент, а также линий связи, соединяющих датчики метеовеличин и средства отображения метеоинформации;
- j) ведет календарь и текущий счет времени.[4,5]

Можно включить в центральную систему КРАМС-4 новые датчики метеовеличин, средства автоматизированного распознавания атмосферных явлений, тем самым увеличить количество выполняемых функций.

Выполнение перечисленных функций обеспечивается специальной программой, разработанной ИРАМ. На рисунке 3.2 представлен пример предоставления метеоданных, получаемых с помощью КРАМС-4.

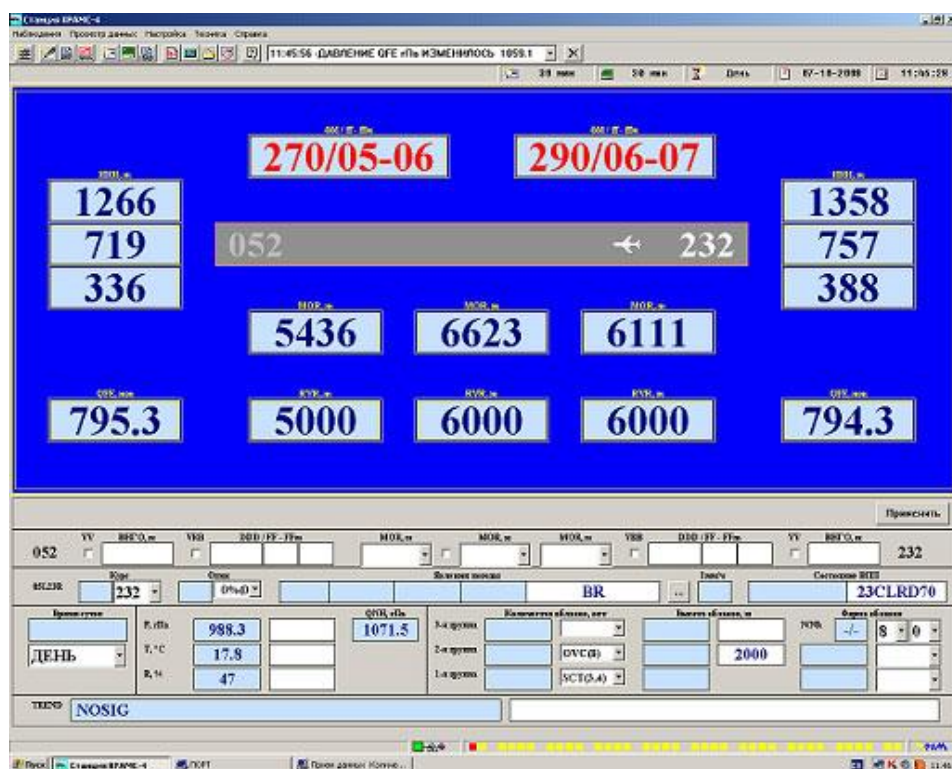


Рисунок 3.2 – Пример предоставления метео данных, получаемых с помощью КРАМС-4

Как правило, станции КРАМС-4 комплектуются датчиками фирмы Vaisala:

- температуры и относительной влажности воздуха HMP 45D;
- температуры почвы DTS 12G;
- скорости (WAA 151/252) и направления ветра WAV 151/252.

Данные, полученные датчиками и первичными измерительными преобразователями, поступают на вход центрального устройства и обрабатываются. В это же время производится ручной ввод значений метеовеличин, которые нельзя получить автоматически, и другой необходимой информации.

Центральное устройство станции КРАМС-4, кроме обработки измерительных сигналов, проводит вычисление производных метеорологических величин по заданным алгоритмам (базовое и специальное программное обеспечение), формирует информацию,

предназначенную для службы руководства и управления полётами, консультации лётного состава и передачи в линии связи.[4]

### 3.1 Измерительный канал видимости

Измеритель метеорологической оптической дальности видимости ФИ-3 представляет собой трансмиссометр и предназначен для непрерывного дистанционного измерения и регистрации светового коэффициента направленного пропускания (СКНП) атмосферы в месте установки и по его значению для вычисления МОД. ФИ-3 включает в себя излучатель, два приемника (один совмещен с излучателем световых импульсов, а другой — с отражателем). Такая конструкция обеспечивает расширенный диапазон измерения МОД.

Его задачей является:

- 1) обработка измерительных сигналов, содержащих информацию о MOR;
- 2) определение, оценка и осреднение дальности видимости на ВПП;
- 3) формирование сообщений о видимости и дальности видимости на ВПП и передача этих сообщений.

На вход измерительного канала видимости поступают измерительные сигналы, которые содержат информацию:

- об измененной датчиками MOR с периодичностью в 15 секунд (также имеется возможность ручного ввода МДВ, приведенных к значениям MOR, на случай отказа датчика (датчиков);
- об освещенности, которая вводится вручную или об измеренной фоновой освещенности;
- о силе света огней, соответствующих включенным ступеням аэродромной светосигнальной системы, установленной на ВПП аэродрома.

Выходные сигналы:

- значения видимости на ВПП, определенные по специальному алгоритму по каждому датчику MOR, входящему в измерительный компонент КРАМС-4;
- значения метеорологической оптической дальности по каждому датчику MOR, который соответственно использовался для определения и оценки дальности видимости на ВПП (RVR).
- если значения дальности видимости на ВПП более 2000 м или информация отсутствует, то выдаются значения дальности видимости общепринятым значением видимости.

Значения дальности видимости на ВПП автоматически осредняются.

Датчики метеорологической оптической дальности — фотометры импульсные ФИ-1 и ФИ-2, трансмиссометры Mitras (фирмы Vaisala, Финляндия), «Пеленг СФ-01» (Республика Беларусь), нефелометры FD12/FD12P (фирмы Vaisala, Финляндия);

Измерение МОД производится измерением рассеяния инфракрасного излучения в воздухе. Прибор может использоваться для определения видимости в аэропортах, в дистанционных автоматических станциях погоды и для регистрации тумана на дорогах. Характерная черта датчика - автоматическая компенсация при различных типах осадков. Встроенные функции контроля гарантируют надежность данных. Комбинация прогрессивной электроники и тщательной обработки сигнала гарантирует исключительную точность при любом состоянии погоды.

## 4. Временная изменчивость метеорологической дальности видимости

### 4.1 База данных для исследования

Для того чтобы анализировать изменчивость МДВ, мне потребовались данные из АМЦ Елизово. Данные были собраны за 3 года с помощью приложения просмотра и редактирования журнала АВ6 (рис. 4.1), где собраны в таблицу все данные обо всех физических процессах, определяющие состояние погоды в выбранном временной период

Журнал АВ\_6

Бланк Страница Строка Явление Архив Печать Настройки Справка

Время набл.	Ветер						Видимость			Особые явления погоды (начало, конец)	Облачность			Температура	Температура точки росы	Влажность		Примечание
	земля		высота		круг		MOR1	MOR2	MOR3		кол.	форма	Н(м)					
	направ.	скорость	направ.	скорость	направ.	скорость	RVR1	RVR2	RVR3		октанта	слой 2	слой 1			относит.	абсол.	
00:00	350	04	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-12.4	-19.8	053	1.2	
00:04	360	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-12.3	-19.6	054	1.2	
00:07	360	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-12.3	-19.6	054	1.2	
00:08	360	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-12.3	-19.6	054	1.2	
00:16	010	04	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-12.1	-19.7	052	1.2	
00:17	010	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-12.1	-19.8	052	1.2	
00:30	360	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/1	Ac	3000	-11.9	-19.6	052	1.2	
01:00	350	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/0	Ac		-11.3	-19.4	051	1.3	
01:30	360	05	330	6	170	6	10км	10км	10км	0	7/0	Ac		-11.1	-19.5	049	1.3	
01:36	350	04	300	8	050	3	10км	10км	10км	0	7/0	Ac		-10.9	-19.2	050	1.3	

Журнал АВ\_6 за 25 января 2016 г

Бланк А

Страница 1

Строка 10

Ветер на высоте круга - скорость

Рисунок 4.1 – Программа для редактирования журнала АВ6

Данные были переведены в пакет Excel для проведения расчетов и проведения анализа.

## 4.2 Изменчивость МДВ в зимний период

Анализ данных был проведен по трем трансмиссометрам, которые установлены на аэродроме.

В качестве примера обработки данных измерений были выбраны данные по первому датчику, расположенному в начале ВПП.

На рисунке 4.2 показано изменение видимости на аэродроме Елизово в январе 2016 года.

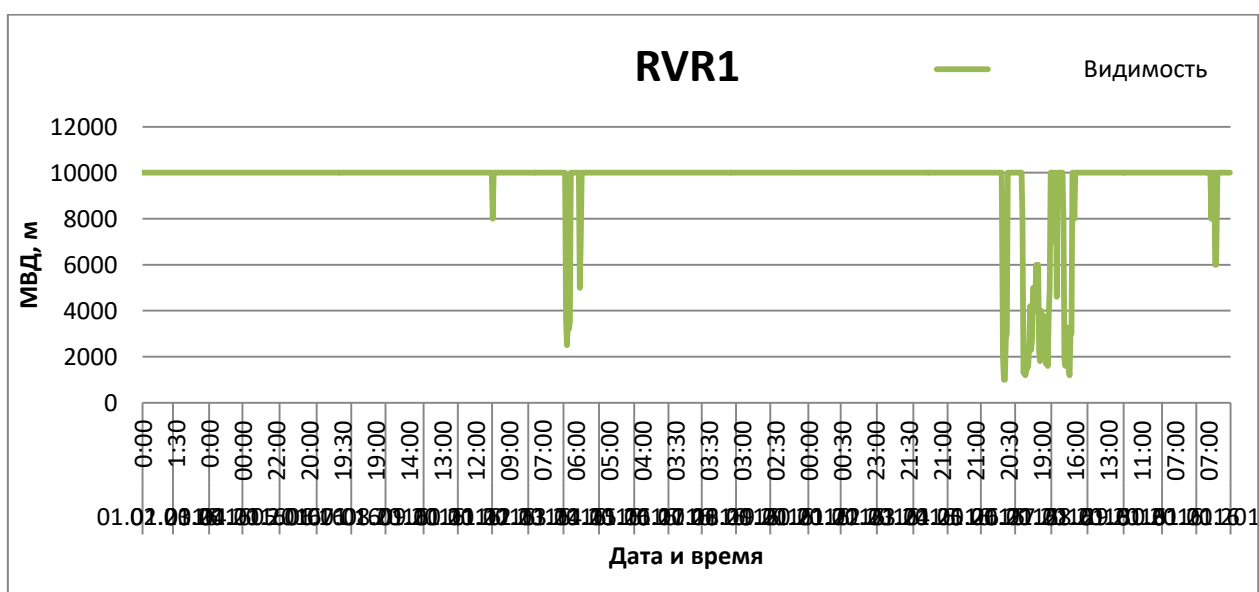


Рисунок 4.2 – Изменчивость МДВ в январе 2016 г

В январе наблюдается всего шесть дней с видимостью меньше 10 км. Ухудшение видимости в эти дни сопровождалось такими явлениями, как слабый ливневой снег, поземок, метель.

Долговременное ухудшение видимости наблюдалось один раз в период с 16:00 25 января до 4:30 27 января. Именно в этот период дальность видимости 5 раз опускалась до значений меньше 1000 м, достигая минимальных значений за месяц.

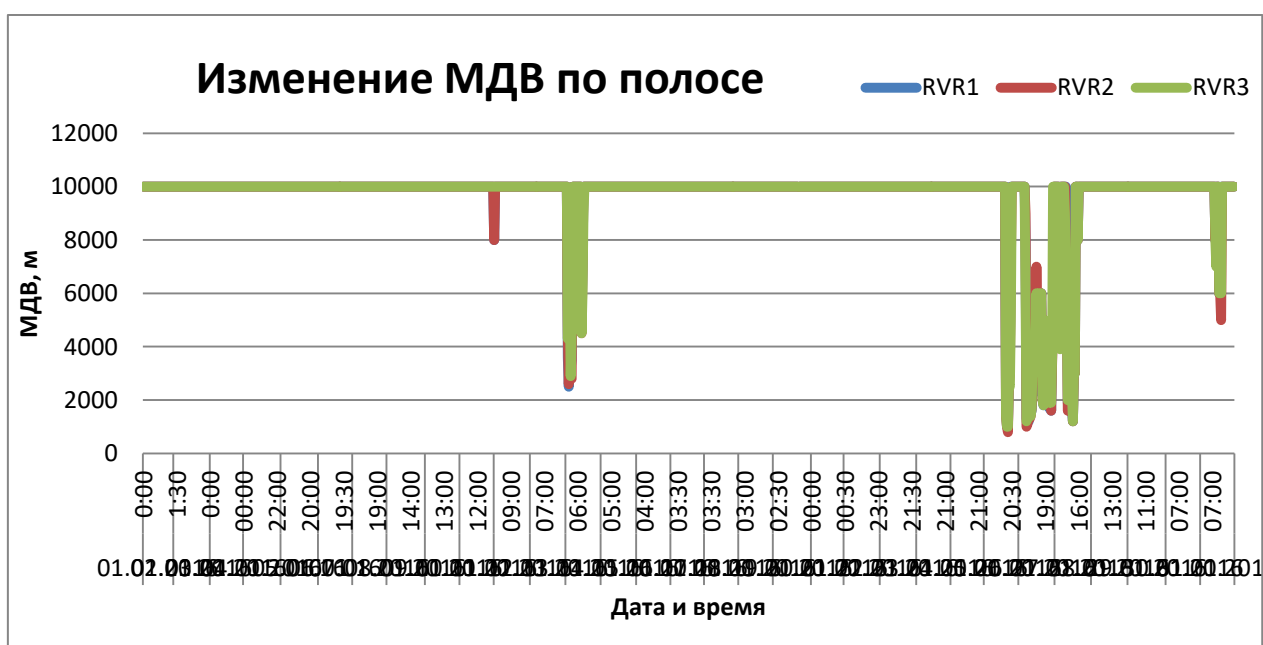
В январе 2016 года отменно достаточно много ясных дней.

Основная масса значений метеорологической дальности видимости, полученных в январе 2016 г. было выше отметки в 4000 м.

Дни с низкой видимостью были дополнительно проанализированы для выявления явлений, ухудшающих МДВ. Так, например, наименьшее значение видимости наблюдалось 25 января в 18:00. В этот день небо было полностью покрыто облаками (9/9 октантов), ВНГО была очень низкая, всего 70 м. Ветер ССВ, скорость 0,3 м/с. Видимость ухудшалась ливневым снегом, интенсивностью 2.

Дальность видимости меняется не только по времени, но и в пространстве. Поскольку взлетно-посадочная полоса достаточно длинная, то интенсивность явления, ухудшающего видимость, может быть разная и, соответственно по-разному воспринята установленными по полосе приборами. На рисунке 4.3 можно посмотреть изменение видимости на ВПП.

Измерения были проведены с помощью трех трансмиссометров, установленных в начале, в середине и в конце ВПП.





Как видно на рисунке 4.3, значения МДВ по полосе в январе 2016 года не сильно менялась. Отличие между показаниями измерительных приборов есть только на середине ВПП, что говорит о том, что явление, ухудшающее видимость было наиболее интенсивным в середине ВПП.

Однако стоит заметить, что на распространение явлений, ухудшающих видимость, на их интенсивность и продолжительность влияют параметры ветра. Поэтому для проведения комплексного анализа изменения МДВ в аэропорту Елизово были исследованы изменения направления и скорости ветра. На рисунке 4.4 представлено изменение скорости ветра в январе 2016 года.

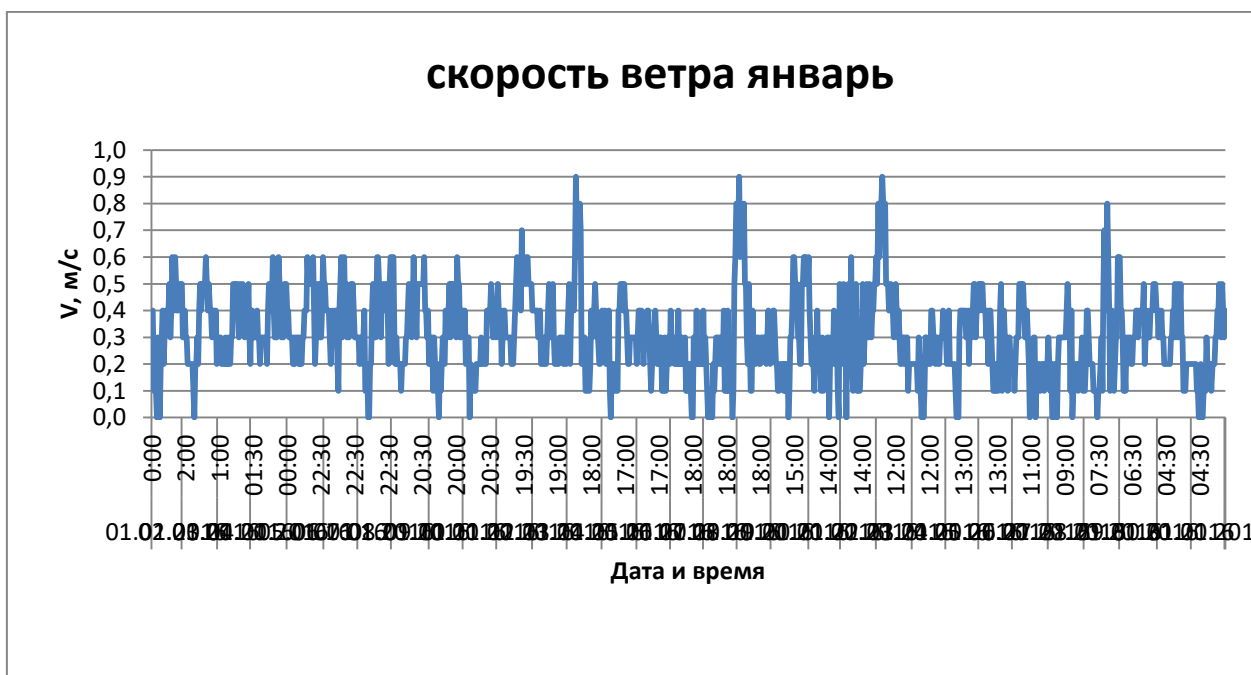


Рисунок 4.4 – Изменчивость скорости ветра в январе 2016 г

Как видно из графика, представленного на рисунке 4.4, скорость ветра в январе была небольшая. Это, в первую очередь, связано с расположением аэродрома. Он находится далеко от бухты, где, как правило, скорость ветра намного больше. Также аэродром окружен вулканами, что ограждает его от господствующих на Камчатке ветров.

На рисунке 4.5 изображена повторяемость направлений ветра в выбранный нами период.

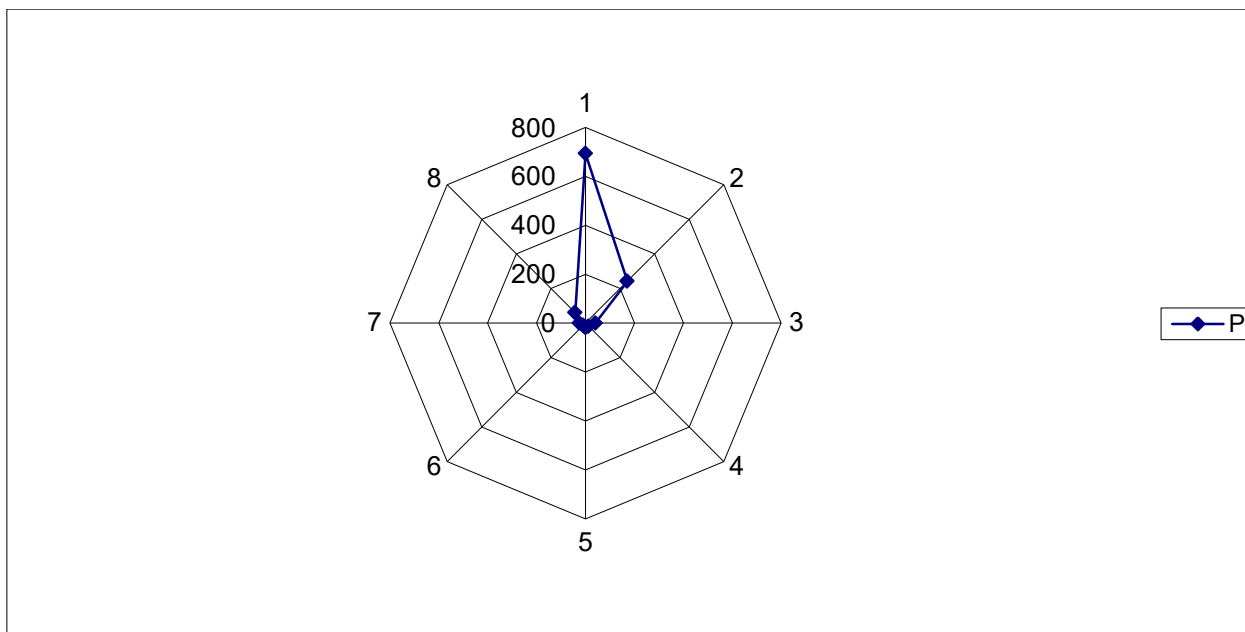


Рисунок 4.5 – Роза ветров за январь 2016 г

По представленной розе ветров можно сделать вывод о том, что в январе преобладали ветра северных направлений, что соответствует климатическому описанию аэродрома, приведенному выше.

Далее были рассмотрены отдельно некоторые периоды времени, когда было ухудшение видимости. Рассмотрим, к примеру, 13 января, поскольку в остальное время ухудшение видимости было не таким продолжительным.

Минимум по видимости приходился на 1:30 и составлял 2500 м (рисунок 4.6). Самое длительное ухудшение видимости пришлось на период от 00:30 до 03:30. Это можно объяснить достаточно продолжительным ливневым снегом и достаточно низкой ВНГО – 120 м. Облачность в этот период была кучево-дождевая, разорвано-дождевая. На рисунке 4.7 видно, что 13 января скорость ветра была такая же низкая, как и весь месяц. Наиболее высоких значений скорость ветра достигала в ночные часы, а днем значения были более низкие.

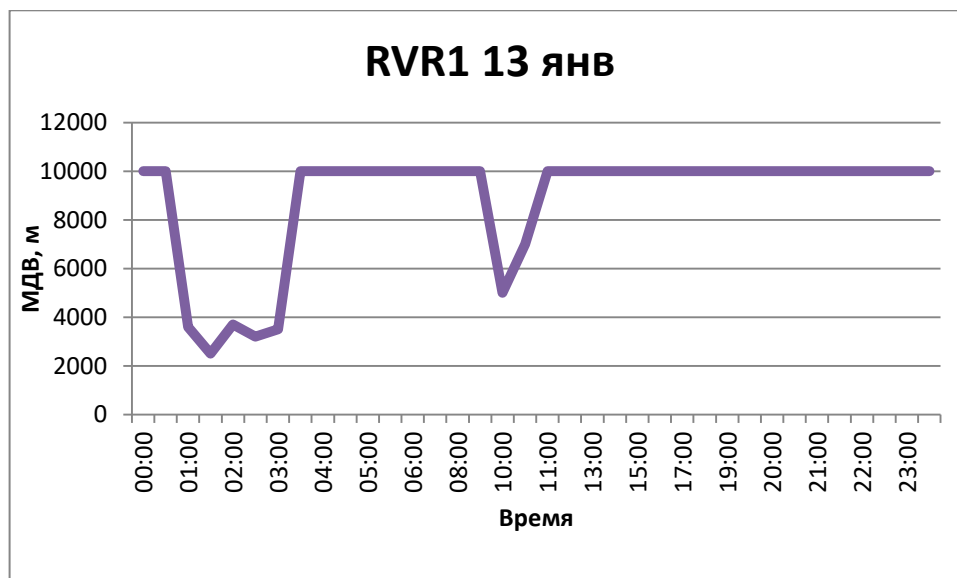


Рисунок 4.6 – Изменение МДВ за 13 января 2016 г



Рисунок 4.7 – Изменение скорости ветра за 13 января 2016 г

Как видно по рисункам 4.6 и 4.7, в ночное время, когда значения МДВ были достаточно низкие, значения скорости ветра тоже были невысоки. Усиление скорости ветра с 3 до 4 часов утра способствовало исчезновению явления, ухудшающего видимость, и к 4 часам значения МДВ достигли

отметки в 10 км. Чуть позднее, в районе 8 часов утра скорость ветра уменьшилась, что способствовало ухудшению МДВ.

Как видно по рисунку 4.8, 13 января преобладало северное направление ветра.

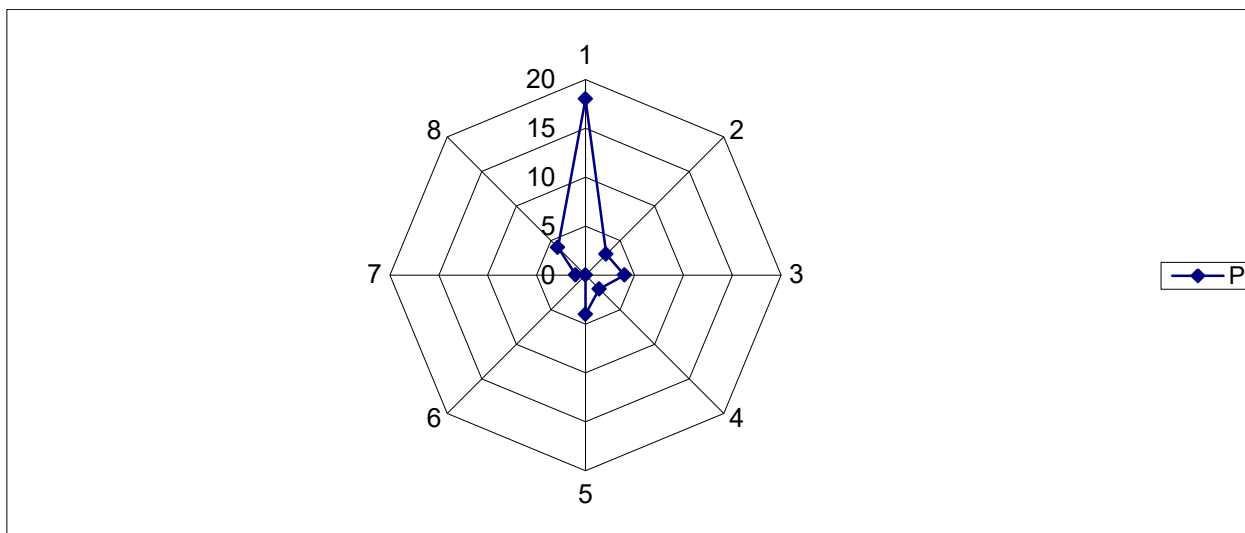


Рисунок 4.8 – Роза ветров за 13 января 2016 г

#### 4.3 Изменчивость МДВ в летний период

Для примера изменения МДВ в теплый период года, рассмотрим июль 2016 года.

В июле ухудшение видимости наблюдалось чаще, чем в январе (рисунок 4.9). Дней с плохой видимостью – 18. Самый продолжительный период с ухудшением видимости – с 15 июля 03:30 до 16 июля 05:30. Ухудшение было из-за наличия в этот период таких явлений, как слабый ливневой дождь, дымка, слабая морось.

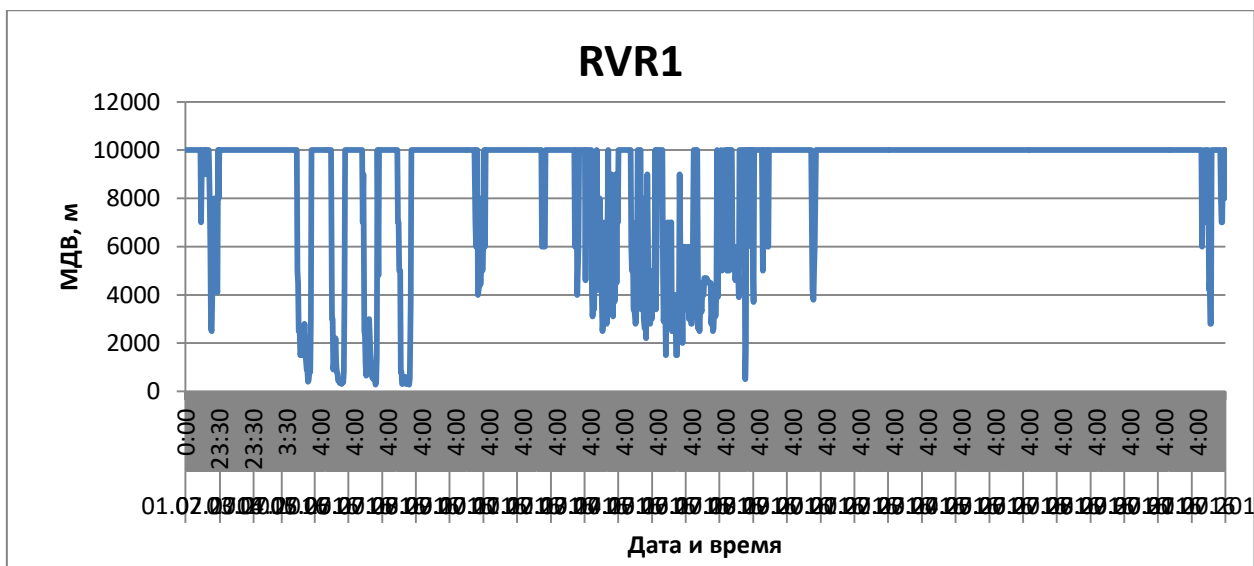


Рисунок 4.9 – Изменение МДВ в июле 2016 г

Видимость меньше 1000 м наблюдалось всего 5 дней. Дней с плохой видимостью было больше, чем с хорошей. Ясные дни можно наблюдать только под конец месяца.

Наименьшее значение видимости наблюдали 6 и 7 июля в 19:00. В это время 6 и 7 июля были дымка и туман, что значительно ухудшило видимость.

На рисунке 4.10 показано изменение МДВ по ВПП.

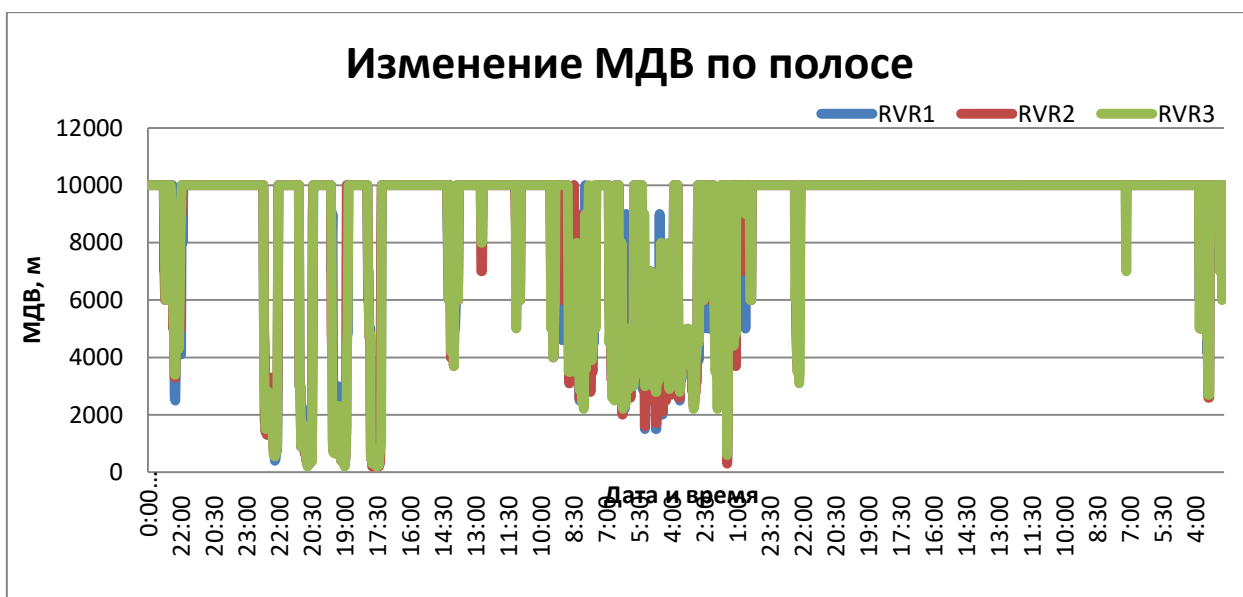


Рисунок 4.9 – Изменение МДВ в июле 2016 г

Можно сказать, что значение видимости так же менялось в зависимости от расположения датчиков. И явление, ухудшающее видимость, по-разному локализовалось. В какие-то дни сильнее падала видимость в середине полосы, а в какие-то – в конце.

Скорость ветра в июле была так же небольшой, как и в январе (рисунок 4.10). Максимальное значение 11 м/с было отмечено 27 июля.



Рисунок 4.10 – Изменение скорости ветра в июле 2016 г

Преобладающее в этот период направление ветра – восточное (рисунок 4.11). Преобладание восточного ветра в летний период соответствуют климатической характеристики аэродрома. Сезонная смена направления обусловлена развитием бризовой циркуляции в теплый период года.

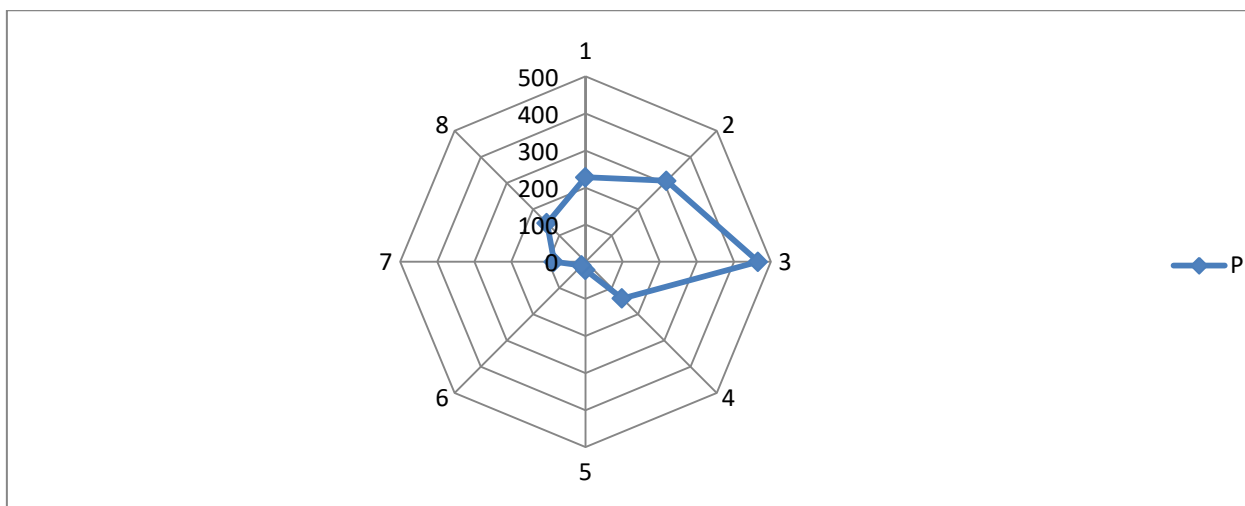


Рисунок 4.11 – Роза ветров за июль 2016 г

Для более подробного анализа изменения МДВ в летний период рассмотрим 17 июля. Поскольку в остальное время ухудшение видимости было не таким продолжительным. Изменение видимости 17 июля можно наблюдать на рисунке 4.12.

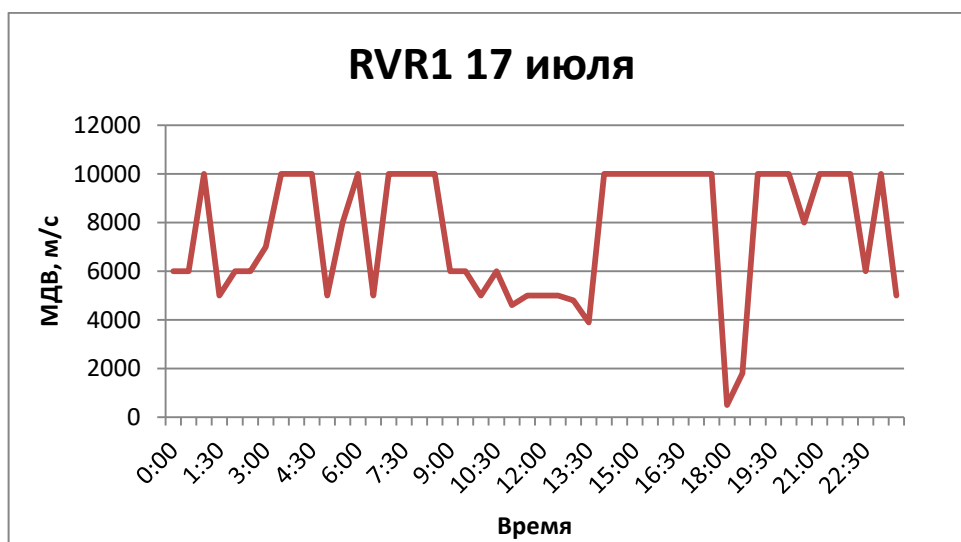


Рисунок 4.12 – Изменение МДВ 17 июля 2016 г

Минимум по видимости приходился на 18:00 и составлял 500 м. Самое длительное ухудшение видимости пришлось на период от 09:00 до 13:30. Это можно объяснить наличием слабой мороси и дымки. ВНГО в этот период варьировалась от 70 до 80 м. Облачность в этот период была слоистая.

На рисунке 4.13 представлено изменение скорости ветра за 17 июля. Можно заметить, что в ночные часы ветер был больше, чем в дневные. Максимум пришелся на 03:30 и был постоянным до 6:30. В вечерние часы, когда скорость ветра заметно уменьшилась, значения МДВ достигли значения в 10 км.



Рисунок 4.13 – Изменение скорости ветра 17 июля 2016 г

17 июня северное направление ветра встречается более часто (рисунок 4.14).

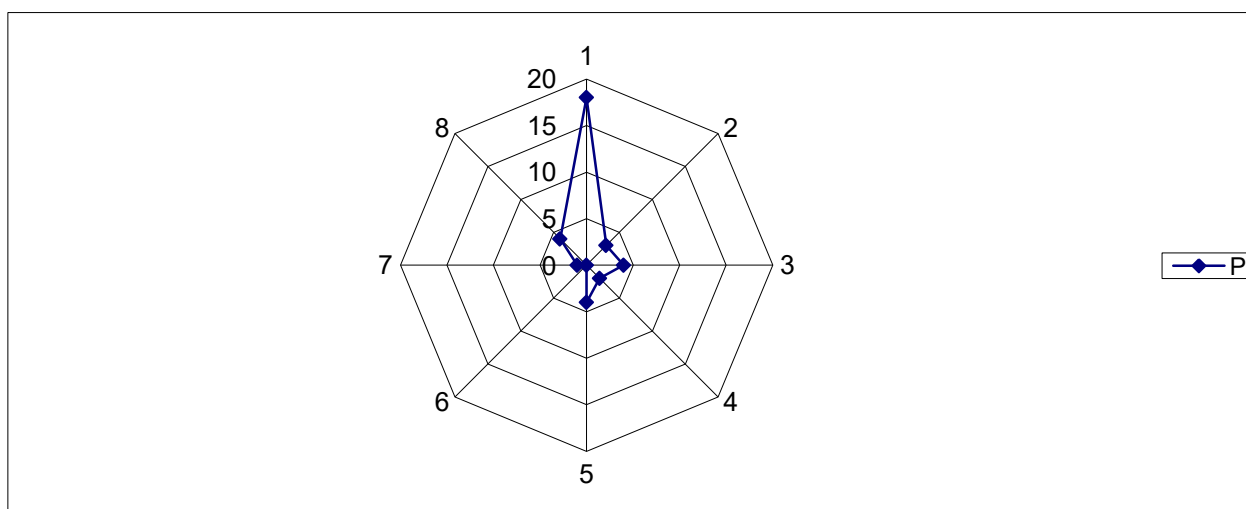


Рисунок 4.14 – Роза ветров за 17 июля 2016 г



## Заключение

Безопасность полетов зависит от множества факторов внешней среды. Определение метеорологической дальности видимости является одной из важнейших величин для авиации. Ряд метеорологических явлений (туман, дымка, дождь, снегопад, мгла, пыльная буря и др.) могут приводить к значительному ухудшению видимости, что представляет опасность при посадке воздушного судна. Как свидетельствует зарубежный и отечественный авиационный опыт, плохая видимость является причиной большинства авиационных происшествий.

В ходе выполнения работы были выполнены все поставленные задачи:

- ✓ подготовлено географическое и климатическое описание аэродрома Елизово;
- ✓ рассмотрены методы измерения метеорологической дальности видимости;
- ✓ изучен состав станции «КРАМС-4» и особенности расположения измерителей метеорологических параметров на аэродроме Елизово;
- ✓ собрана и подготовлена для дальнейшей работы база данных метеорологических параметров, измеренных на АМЦ Елизово за трехлетний период;
- ✓ исследована временная изменчивость МДВ и изменчивость видимости на ВПП;
- ✓ проведен комплексный анализ метеорологических параметров и явлений, влияющих на изменение дальности видимости на аэродроме.

В результате анализа архивных данных было выявлено, что они соответствуют климатическому описанию. Наибольшее ухудшение видимости таким явлением как туман происходит чаще летом или осенью, так как воздух охлаждается быстрее, чем земля остывает. Летом на Камчатке

небо, как правило, затянуто облачностью, так как циклоны с Японии несут обильные осадки на полуостров.

В зимний период видимость чаще всего ухудшается ливневым снегом или метелью.

## Список использованных источников

1. Климатологическое описание Аэродрома Петропавловск-Камчатский (Елизово)-2015.— 2017.
2. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Автоматические метеорологические станции. – Ч. 1. Тактико-технические характеристики: Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ,2016. – 170 с.
3. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Никишков П.Я., Солонин А.С., Видимость для аэронавигации. -СПб.: РГГМУ,2012.-332 с.
4. Дивинский Л.И., Кузнецов А.Д, Солонин А.С. Комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция - КРАМС-4. Учебное пособие. - СПб.: РГГМУ, 2010. - 80 с.
5. Сведения о КРАМС-4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iram.ru> (дата обращения 06.05.2020)
6. Григоров Н.О., Саенко А.Г., Восканян К.Л. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Метеорологические приборы. РГГМУ, С-Пб, 2012 г. – 306 с.
7. Трансмиссометры LT31 [Электронный ресурс] <https://www.vaisala.com>
8. Позднякова В.А., Практическая авиационная метеорология. - Екатеринбург,2010.-113 с.