



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 «Измерение метеорологических параметров с помощью автоматической
аэродромной метеорологической станции»

Исполнитель **Чесалин Антон Александрович**
(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

Введение.....	4
Цель работы:	4
1 Система метеорологического обеспечения полетов	6
1.1 Физико-географическое описание района аэродрома.	6
1.2 КРАМС-4	7
1.2.1 Задачи информационно-измерительной системы.....	8
1.2.2Представление информации	10
1.2.3Устройство и работа КРАМС-4.....	12
1.2.4Информации о метеорологических величинах	14
1.3 Данные наземных метеорологических наблюдений.....	17
2 Измерение метеорологических параметров	19
2.1 Информация о видимости	19
2.2ТрансмиссометрLT-31	21
2.3Информация об облачности	24
2.4 Датчик высоты облаков CL31	25
2.4.1 Блок измерения.....	26
2.5 Информация о параметрах ветра.....	29
2.6 Измерители параметров ветра	30
3 Комплексный анализ суточных данных	34
3.1 Данные для исследования	34
3.2 Анализ суточных данных	36
Заключение	43
Список использованных источников	45

Введение

Как известно, на аэродроме проводят измерения целого комплекса метеорологических параметров[1,4,6]. Но именно видимость и высота нижней границы облаков являются одними из главных факторов для взлета и посадки в авиации. Именно наблюдения за данными характеристиками являются важной частью метеорологических наблюдений.

Надо сказать, что уровень развития современной авиации позволяет в настоящее время выполнять полеты в облаках, за облаками, под облаками, в туманах и т.д.

Сложность пилотирования самолета в облаках или при плохой видимости заключается в том, что

- ✓ во-первых, отсутствует визуальная ориентировка и ухудшаются условия видимости из кабины самолета;
- ✓ во-вторых, пилотирование можно выполнять только по приборам;
- ✓ в-третьих, при полете в облаках или зоне плохой видимости чаще, чем при полете вне облаков, возникает или сильная турбулентность, или обледенение воздушных судов, или другие опасные явления погоды, а также возможны миражи или дымки, которые очень затрудняют полет.

Цель работы:

Рассмотреть процесс измерения метеорологических параметров с помощью автоматической аэродромной метеорологической станции КРАМС-4, установленной в аэропорту Шереметьево, на примере измерения дальности видимости и высоты облачности.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- ✓ изучить географические особенности расположения аэродрома Шереметьево;
- ✓ изучить задачи, выполняемые информационно-измерительной системы КРАМС-4, установленной на аэродроме для метеорологического обеспечения полетов;
- ✓ рассмотреть технические средства измерения метеорологических параметров на аэродроме Шереметьево;
- ✓ подготовить базу архивных данных, полученную по результатам измерения метеопараметров на аэродроме;
- ✓ исследовать суточный ход метеорологических параметров по данным КРАМС-4;
- ✓ провести комплексный анализ суточных данных с использованием подготовленной базы данных и журнала АВб.

1 Система метеорологического обеспечения полетов

1.1 Физико-географическое описание района аэродрома.

Аэродром Шереметьево расположен в 28 км северо-западнее центра города Москва (рис. 1.1) в зоне умеренно-континентального климата. Географические координаты контрольной точки аэродрома (КТА): 55 58 20 63с 037 24 46 99в. Абсолютная высота контрольной точки аэродрома: 190.1 м. Магнитное склонение аэродрома составляет 11°В. Номер часового пояса - 2 (UTC+3 часа). Аэродром работает круглосуточно.

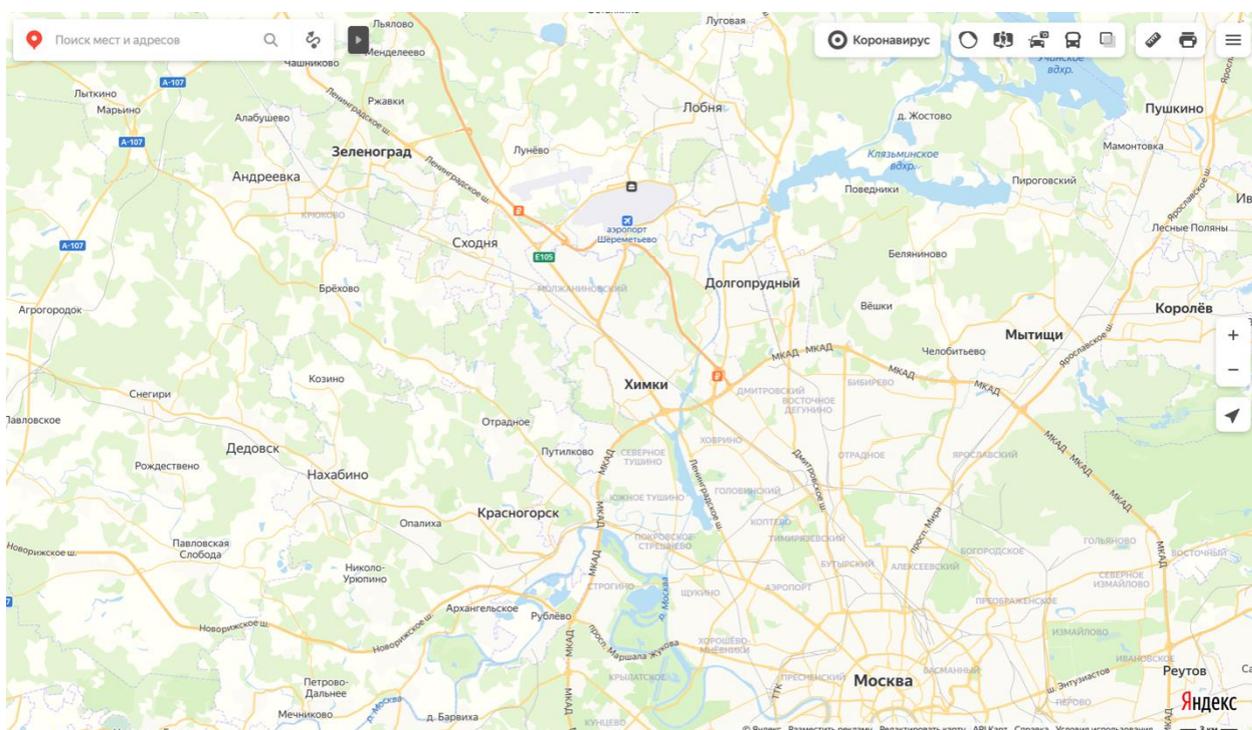


Рисунок 1.1– Расположение аэропорта Шереметьево на карте

В аэропорту Шереметьево для метеорологического обеспечения полетов используется информационно-измерительная система КРАМС-4.

1.2 КРАМС-4

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.[9]

Станция «КРАМС-4» (рис. 1.2), установленная в аэропорту Шереметьево, производит автоматическое измерение следующих параметров:

- атмосферного давления;
- температуры воздуха;
- относительной влажности воздуха;
- скорости и направления ветра;
- высоты нижней границы облачности;
- метеорологической оптической дальности видимости;
- интенсивности и количества осадков;
- явлений погоды и грозových разрядов;



Рисунок 1.2 – КРАМС-4

В функциях КРАМС-4 предусмотрен ручной ввод значений метеоэлементов, не измеряемых автоматически, а также ручной ввод значений метеоэлементов при отказе датчиков.

Характеристики приёма данных от датчиков приведены ниже.

- Данные от датчиков поступают каждые 3-5 с
- Скорость приёма и передачи данных зависит от конкретных датчиков и настраивается при установке.

1.2.1 Задачи информационно-измерительной системы

Помимо измерения метеорологических параметров на аэродроме информационно-измерительная система КРАМС-4 помогает метеорологам решать следующие задачи:

- в автоматическом режиме обеспечивает передачу сводок на средства отображения и на средства регистрации (рис. 1.3);

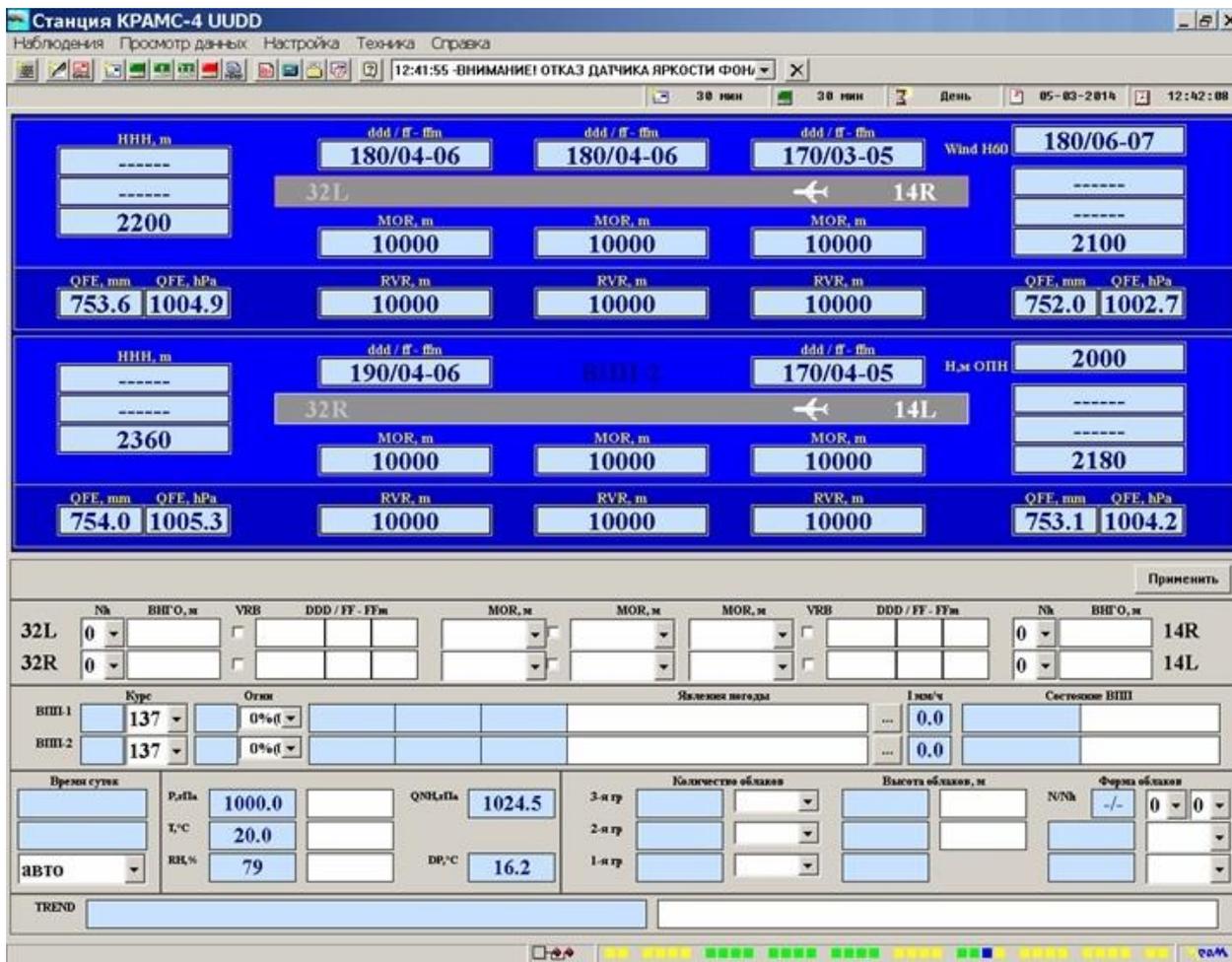


Рисунок 1.3 – Представление данных измерения метеопараметров КРАМС-4

- автоматически формирует метеорологические сводки в кодах METAR (SPECI), MET REPORT (SPECIAL), ATIS и КН-01 и передает сводки в линии связи;
- обеспечивает индикацию состояния всех измерительных преобразователей (датчиков) метеовеличин;
- в случае отказа основного комплекта аппаратуры производит опрос измерительных преобразователей МОД (MOR), ВНГО, параметров

ветра, атмосферного давления, температуры и влажности воздуха с резервного комплекта аппаратуры, обеспечивает передачу сводок на средства отображения и регистрацию переданной информации;

- производит ввод реального времени и его хранение с погрешностью не более ± 5 с в сутки, также предусмотрена возможность коррекции счета времени;
- позволяет вести архив метеоинформации за срок не менее 30 суток;
- обеспечивает ведение журнала погоды АВ-6;
- ведет журнал событий работы станции;
- производит обработку шаропилотной информации и печать книжки КАЭ-1;
- производит прием и представление информации автоматизированного метеорологического радиолокационного комплекса АМРК «МетеоЯчейка» («Метеор-МетеоЯчейка») для более точного определения форм облачности и наличия опасных для авиации атмосферных явлений в районе аэродрома, прием грозových очагов и передача их в сводки ATIS;

1.2.2 Представление информации

В системе КРАМС-4 используются в качестве средств отображения блоки индикации (БИ) автономного индикаторного устройства (АИУ) или АИС «МетеоДисплей».

КРАМС-4 обеспечивает

- определение (оценку) дальности видимости на ВПП (RVR) по всем датчикам МОД, установленным у ВПП, её осреднение и анализ за последние 10 мин, в диапазоне от 50 до 4000 м с пределом допускаемой погрешности:
 - ✓ ± 25 м при RVR до 150 м;
 - ✓ ± 50 м при RVR от 150 до 500 м;

- ✓ ± 100 м при RVR более 500 м;
- округление выдаваемых на средства отображения значений дальности видимости на ВПП (RVR) в сторону меньшего значения, кратного:
 - ✓ ± 25 м при RVR до 400 м;
 - ✓ ± 50 м при RVR от 400 до 800 м;
 - ✓ ± 100 м при RVR более 800 м;
- выбор минимального значения МОД из измеренных датчиками МОД значений (для передачи на средства отображения);
- обработку результатов измерения ВНГО со скользящим выбором второго минимума за истекшие 2 мин;
- скользящее осреднение мгновенных значений скорости и направления ветра за истекшие 2 мин (для включения в информацию, передаваемую на средства отображения) и 10 мин (для автоматического включения в сводки, передаваемые за пределы аэродрома);
- скользящий выбор максимальной скорости ветра (порывы) из измеренных за истекшие 10 мин мгновенных значений скорости ветра;
- анализ изменения направления ветра за истекшие 10 мин и включение в сводки погоды информации о значительных (60° и более) отклонениях направления ветра от среднего при средней скорости ветра 2 м/с и более;
- вычисление перпендикулярной к ВПП и попутной составляющей максимальной скорости ветра;
- корректировка направления ветра на магнитное склонение при его величине более 5° ;
- приведение измеренного атмосферного давления:
 - ✓ к уровню порога ВПП (QFE) и округление его до целых единиц (десятые доли отбрасываются);
 - ✓ к уровню моря по стандартной атмосфере (QNH) и округление до целых значений в сторону меньшего значения (десятые доли отбрасываются);
 - ✓ к уровню моря по реальной атмосфере (QFF);

- определение барической тенденции в соответствии с кодом КН-01[2] (характеристика и величина за истекшие 3 ч);
- вычисление температуры точки росы и упругости водяного пара;
- автоматическое включение в соответствующие сообщения, передаваемые на средства отображения, и в сводки погоды всей информации (автоматически измеренной, введённой вручную и вычисленной);

Средством передачи метеорологической информации, необходимой для метеорологического обеспечения полётов на аэродромах гражданской авиации и предназначенной для лётного и диспетчерского состава, являются аэродромные линии связи, выделяемые службой ЭРТОС. По ныне действующим нормативным документам линии связи, которые должны обеспечивать передачу метеорологической информации, должны соединять метеорологический орган (АМЦ, АМСГ) с диспетчерами взлёта, посадки, круга, подхода, в пунктах управления воздушным движением и у синоптиков.

1.2.3 Устройство и работа КРАМС-4

Принцип действия КРАМС-4 вытекает из её структуры как измерительно-информационной системы (рис. 1.4), которая по ГОСТ 21039-75 относится к системе человек-машина (СЧМ), т.е. к системе, состоящей из человека-оператора (техника-метеоролога) и машины (персональная ЭВМ, датчики метеорологических величин, средства отображения метеорологической информации, средства регистрации), посредством которой техник-метеоролог осуществляет метеорологическое обеспечение полётов.

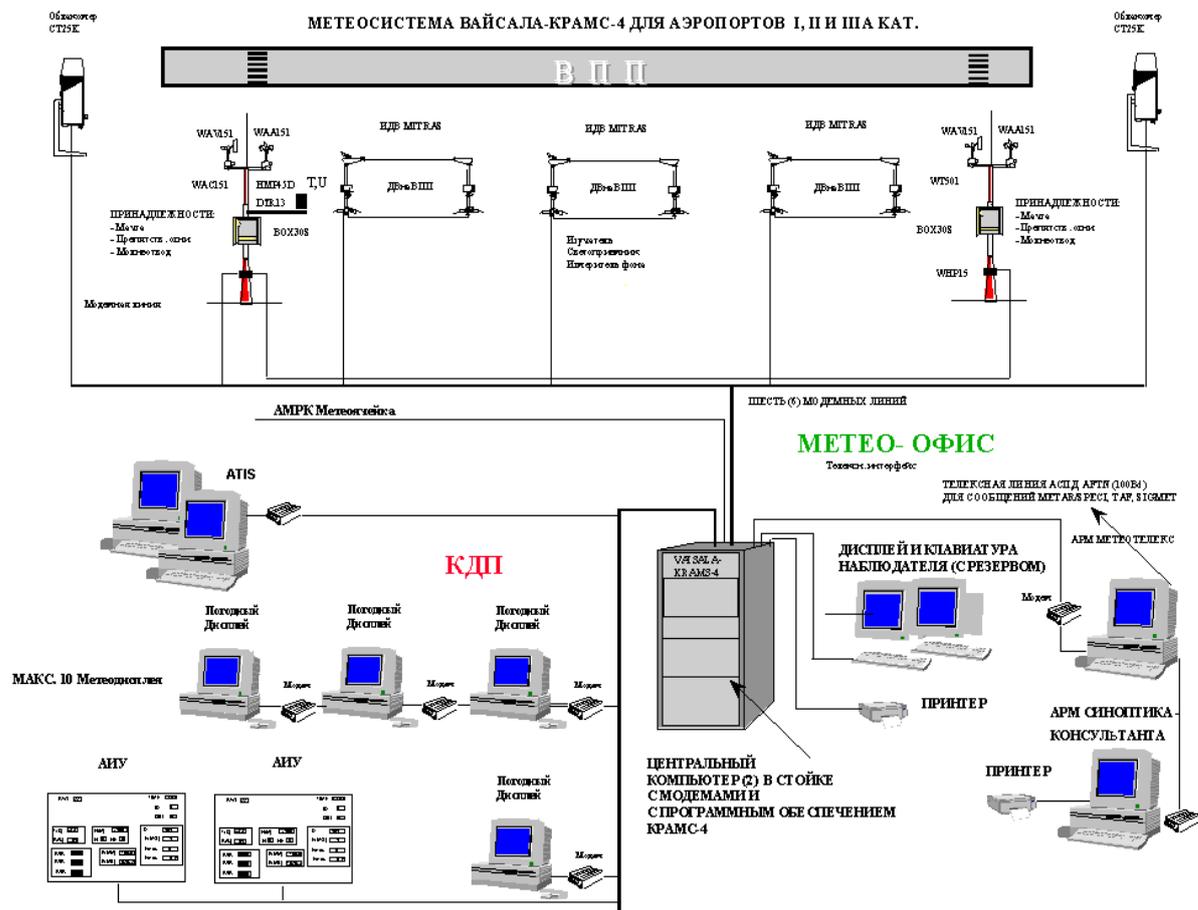


Рисунок 1.4 – Структура информационно-измерительной системы
КРАМС-4

Входящие в состав КРАМС-4 датчики и первичные измерительные преобразователи (измерительный компонент) метеорологических величин, измерительные каналы которых поступают на вход центральной системы (вычислительный компонент) и подвергаются обработке. Одновременно техник метеоролог производит ручной ввод значений метеорологических величин, не измеряемых автоматически, а также другой информации, необходимой для обеспечения взлёта и посадки воздушных судов.

Центральная система 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 для распространения за пределы аэродрома.

Техник-метеоролог осуществляет контроль над работой системы, а также контроль, коррекцию (при необходимости) и дополнение всей автоматически выдаваемой КРАМС-4 метеорологической информации, используя экран дисплея, клавиатуру ПЭВМ и манипулятор «мышь».

Работа измерительной системы КРАМС-4 основана на взаимодействии совершенной электронной вычислительной техники (вычислительный компонент) с подключенными с помощью линий связи дистанционными автоматическими датчиками, первичными и промежуточными измерительными преобразователями метеорологических величин (измерительный компонент) с человеком-оператором (техником-метеонаблюдателем).

Техник-метеонаблюдатель, отвечая требованиям к уровню подготовки, указанным в аннотации к РЭ, производит ручной ввод метеорологических величин, не измеряемых автоматически, контроль за работой измерительной системы, коррекцию выдаваемой метеорологической информации, обеспечивает функционирование системы в объёме, предусмотренном техническими условиями на выпуск изделий КРАМС-4.

1.2.4 Информации о метеорологических величинах

Система КРАМС-4 выдает информацию о следующих метеорологических величинах:

- 1) о параметрах ветра;
- 2) о дальности видимости на ВПП (RVR);
- 3) об облачности;
- 4) об атмосферном давлении;
- 5) о температуре и влажности воздуха.

Схема расположения метеорологических приборов, входящих в состав системы КРАМС-4 на аэродроме Шереметьево, приведена на рисунке 1.5.

СХЕМА
размещения метеоборудования относительно
ВПП-1 и ВПП-2 в а/д Шереметьево.

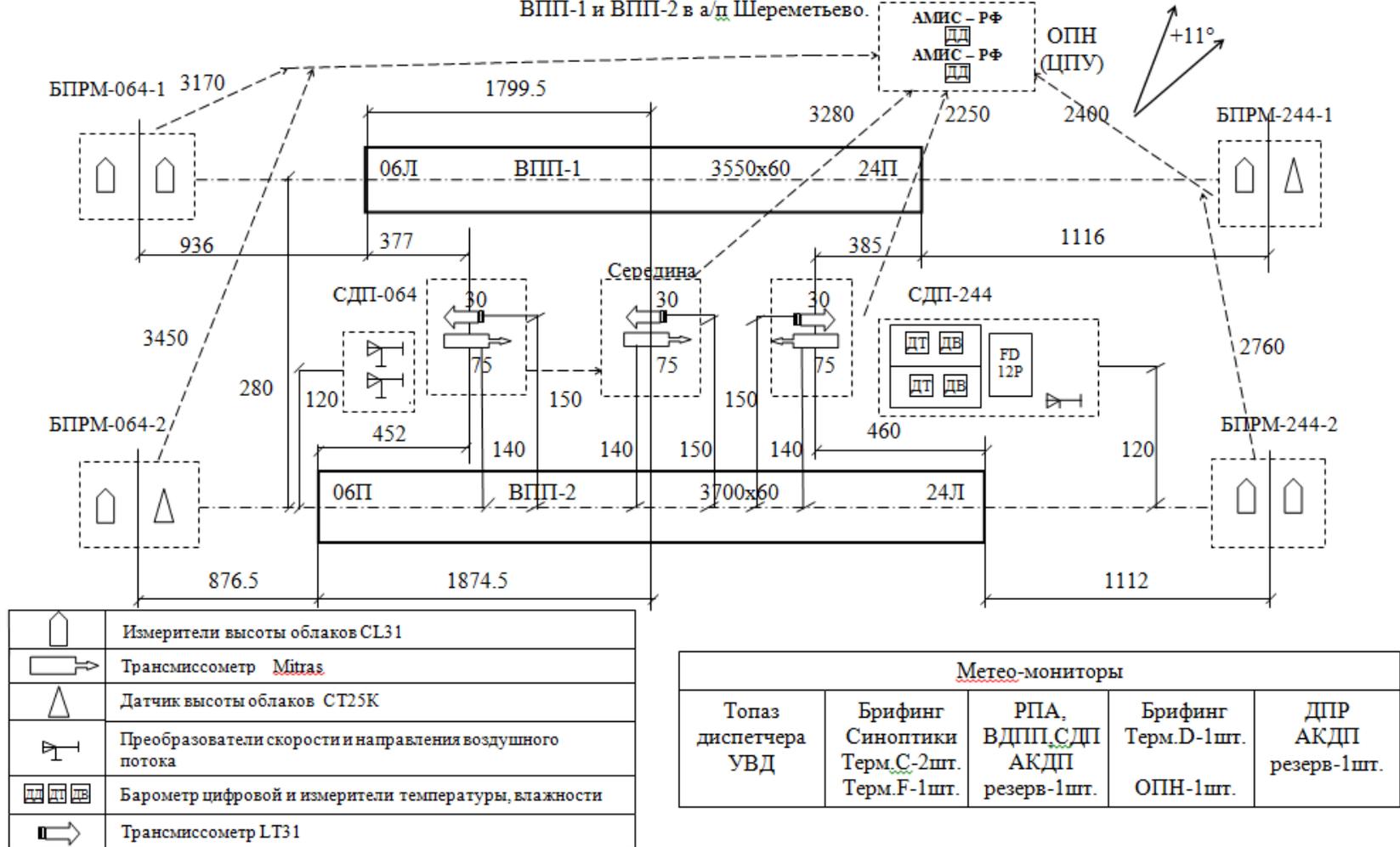


Рисунок 1.5 – Схема размещения метеоборудования

1.3 Данные наземных метеорологических наблюдений

Инструментальные и визуальные метеорологические наблюдения производятся круглосуточно с ОПН, расположенного в помещении АКДП (аэродромный командно-диспетчерский пункт) здания аэровокзала, с помощью Комплексной радиотехнической аэродромной метеорологической станции (далее КРАМС-4).

С помощью КРАМС-4 техник-метеоролог формирует все метеорологические сводки, которые выпускаются в объеме, предусмотренном п.п. 17 и 20 Федеральных авиационных правил «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов», утвержденных приказом Минтранса России от 03.03.2014 №60 (далее ФАП-60):

- регулярные сводки METAR (00 и 30 мин каждого часа) и специальные сводки по аэродрому (SPECI), распространяемые за пределы аэродрома;

- местные сводки в ежеминутном режиме отдельно для каждой из используемых ВПП (ВПП-1 и/или ВПП-2), местные регулярные (00 и 30 мин каждого часа) и местные специальные сводки.

Заходы воздушных судов на посадку и посадка по приборам по II и III А категориям ИКАО обеспечиваются предоставлением местных сводок в режиме ежеминутной выдачи на средства отображения метеоинформации.

Техники-метеорологи производят непрерывные визуальные наблюдения за текущими явлениями погоды на аэродроме, в радиусе 8 км от контрольной точки аэродрома (КТА) и в пределах видимой окрестности (от 8 до 16 км от КТА).

Для достижения определенного охвата наблюдениями требуется комплексная множественная совокупность датчиков, размещенных как внутри, так и за пределами периметра аэродрома.

Основным исходным материалом послужили климатические таблицы и рисунки, подготовленные в Гидрометцентре России на основании данных

метеорологических наблюдений на аэродроме Домодедово (дневники погоды АВ-6) с интервалом в 30 минут (а для случаев плохой погоды с более частыми интервалами).

Формы климатических таблиц соответствуют требованиям Технического регламента ВМО по метеорологическому обслуживанию международной авиации и стандартам международной организации гражданской авиации (ИКАО), а также учитывают существующие руководящие и методические документы, определяющие организацию метеорологического обеспечения гражданской авиации в Российской Федерации.

2 Измерение метеорологических параметров

Как было сказано выше, информационно-измерительная система производит измерения параметров ветра, дальности видимости, высоты облачности, атмосферного давления, температуры и влажности воздуха.

Рассмотрим некоторые метеорологические параметры более подробно.

2.1 Информация о видимости

Видимость – это комплексное психофизическое явление, тесно связанное с человеческим зрением. Оцениваемая видимость подвержена изменениям в зависимости от индивидуальных особенностей восприятия и интерпретации, а также от характеристик освещенности и коэффициента пропускания светового потока в атмосфере.[6] Таким образом, любая визуальная оценка видимости субъективна.

Поскольку при дневном свете оценку видимости человеком труднее определить и контролировать (т.к. она сильно зависит от выбора освещенных маркеров видимости), можно определить и оценить ночную видимость по эквивалентной дневной видимости, чтобы при оценке на рассвете и в сумерках не происходило никаких искусственных изменений. Хотя такой подход дает преимущество использования инструментального способа измерения видимости, он, однако, не всегда удовлетворяет требованиям некоторых пользователей, которым нужны иные определения для удовлетворения их потребностей.

В метеорологии понятие видимости используется главным образом двояко. Во-первых, это один из параметров, описывающих характеристики воздушной массы, особенно в синоптической метеорологии и климатологии. Во-вторых, это рабочий параметр, который соответствует определенному критерию для специальных областей применения. В этом случае он применяется непосредственно как фактор дальности видимости.

Информация о видимости содержит:

1) дальность видимости на ВПП (RVR), осреднённую за 1 мин, для сводок погоды, распространяемых на аэродроме (высвечиваемых на блоках индикации средств отображения метеорологической информации); на блоках индикации отображаются все значения RVR, определённые (оцененные) по МОД, измеренной датчиками, установленными у ВПП (одно, два, три и четыре значения в зависимости от длины ВПП); одновременно на блоках индикации отображается значение МОД, соответствующее минимальному значению RVR из выданных на экран блока индикации значений RVR;

2) дальность видимости на ВПП (RVR), осреднённая за истекшие 10 мин, непосредственно предшествующих сроку формирования и выдачи информации в кодовой форме METAR (SPECI), распространяемой за пределы аэродрома. Если в течение этого 10-минутного периода имеет место заметная нестабильность значений RVR, то при определении средних значений в сводках METAR (SPECI) включаются средние значения RVR, полученные после такого периода нестабильности;

Под заметной нестабильностью понимается резкое и устойчивое (по крайней мере в течение 2 мин) изменение RVR, достигающее 150, 350, 600, 800 м и других критериев, указанных в инструкции пометеорологическому обеспечению полётов на данном аэродроме, где установлена система КРАМС-4.

Выдаваемые значения RVR округляются в сторону меньшего значения, кратного:

- 25 м при RVR до 400 м;
- 50 м при RVR от 400 до 800 м;
- 100 м при RVR более 800 м.

Диапазон определения (оценки) RVR и сообщаемых значений RVR 50-2000 м.

3) метеорологическую оптическую дальность (МОД) или метеорологическую дальность видимости (МДВ) в величинах, кратных:

- 50 м при МОД (МДВ) до 800 м;
- 100 м при МОД (МДВ) от 800 м до 5 км;
- 1000 м при МОД (МДВ) от 5 до 10 км.

При МОД (MOR) более 10 км указывается 10 км.

2.2 Трансмиссометр LT-31

Для измерения видимости на аэродроме Шереметьево, в составе КРАМС-4, используется трансмиссометр LT31 фирмы Vaisala (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Датчик трансмиссометра LT31

Измерительная система трансмиссометра LT31 (рис. 2.2) состоит из передатчика (в который входит передатчик света трансмиссометра) и приемника (в который входит приемник света трансмиссометра).

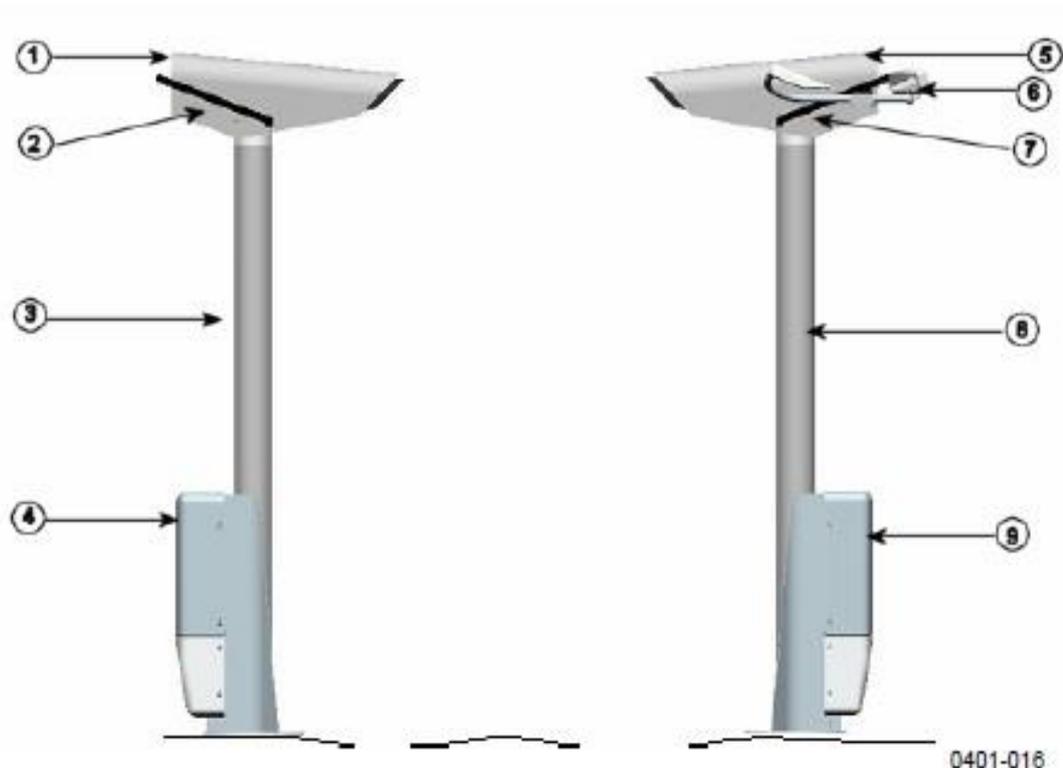


Рисунок 2.2 – Трансмиссометр LT31 фирмы Vaisala

- 1) приемник LT31; 2) измерительная головка приемника; 3) мачта приемника;
- 4) интерфейсный блок приемника; 5) передатчик LT31; 6) датчик прямого рассеяния PWD; 7) измерительная головка передатчика; 8) мачта передатчика; 9) интерфейсный блок передатчика

У обоих блоков мачтовая конструкция одинакова: она состоит из внутренней и внешней труб. Измерительный блок передатчика и приемника крепится к внутренней трубе. Все остальные детали измерительной головки устанавливаются на основании, укрепленном на внешней трубе.

Неотъемлемой частью измерительной системы является датчик прямого рассеяния PWD. Датчик расположен на измерительной головке передатчика LT31.

Передатчик LT31 состоит из

- мачты;
- интерфейсного блока с источником питания и всеми необходимыми клеммами;
- основания с установленными на нем вентилятором, защитным кожухом, держателем, крышкой измерительной головки и заградительным огнем;
- датчика прямого рассеяния PWD;
- измерительного блока, который включает в себя:
 - ✓ корпус с оконным обогревателем и крышку корпуса с воздуховодом,
 - ✓ оптический блок с механизмом юстировки, центральным процессором (включая окно приемника), модулем главного передатчика и модулем оконного передатчика.

Приемник LT31 состоит из:

- мачты;
- интерфейсного блока, включающего в себя электропитание, клеммы и главный центральный процессор (ЦП);
- основания с вентилятором, защитным кожухом, держателем, крышкой измерительной головки и заградительным огнем;
- измерительного блока, включающего в себя:
 - ✓ корпус с оконным обогревателем и крышку корпуса с воздуховодом,
 - ✓ оптический блок с механизмом юстировки, измерительным ЦП (включая окно приемника), модулем главного приемника и модулем оконного передатчика.

2.3 Информация об облачности

Информация об облачности содержит:

- 1) количество облаков в виде сокращений;
- 2) форму облаков, в случаях, когда на аэродроме или в его окрестностях наблюдаются кучево-дождевые (СВ) или мощные кучевые облака (ТСИ) независимо от их количества;
- 3) высоту нижней границы облаков.

Для определения количества облаков используют следующие сокращения:

- FEW (1-2 октанта);
- SCT (3-4 октанта);
- BKN (5-7 октант);
- OVC (8 октант).

Если облаков нет и вертикальная видимость неограниченная, а сокращение «CAVOK» для характеристики условий погоды не подходит, используется сокращение «SKS».

Если ниже 1500 м или ниже установленного на аэродроме минимума высоты нижней границы облаков отсутствуют кучево-дождевые облака, вертикальная видимость неограниченная, а сокращения «CAVOK» и «SKS» для характеристики условий погоды не подходят, используется сокращение «NSC».

Самый низкий слой облаков, или массив, независимо от количества указывается соответственно как FEW, SCT, BKN или OVC.

Следующий слой, или массив, облаков, покрывающий более 2/8 небосвода, указывается соответственно как SCT, BKN или OVC.

Следующий, более высокий слой, или массив, облаков, покрывающий более 4/8 небосвода, указывается соответственно как BKN или OVC.

Кучево-дождевые облака (СЬ) или мощные кучево-дождевые облака (ТСИ), когда они наблюдаются, но не отражены в информации по пп. 1-3, указываются дополнительно с использованием сокращений FEW, SCT, BKN или OVC соответственно.

Информация о высоте нижней границы облаков, распространяемая на аэродроме, в том числе при отображении на блоках индикации, выражается в десятках метров. Она должна соответствовать уровню ВПП.

Информация о высоте облаков, распространяемая за пределы аэродрома (в кодах METAR/SPECI), указывается в величинах, кратных 30 м до высоты 3000 м, кратных 300 м при высоте более 3000 м.

В тех случаях, когда нижняя граница облаков размыта, разорвана или быстро изменяется, после указания её минимальной высоты указываются соответствующие сокращения.

2.4 Датчик высоты облаков CL31

Датчик высоты облаков CL31, используемый в КРАМС-4, является составной частью облакомера СТ31, выпускаемого фирмой Vaisala (Финляндия). Он предназначен для измерения высоты нижней границы облаков (до трёх слоев при многослойной облачности) и вертикальной видимости над местом установки датчика.

Датчик СТ31 устанавливается у БПРМ. Возможна его установка в других местах лётного поля. Дистанционность передачи цифровых (код ASCII) измерительных сигналов от датчика до входа измерительного канала облачности через модемную линию до 16 км по двухпроводной аэродромной линии связи.

Действие CL31 основано на принципе измерения расстояния путем определения времени прохождения лазерного луча света в атмосфере и его отражения от облачных слоев и других феноменов (дымка, осадки и др.).

В отличие от светоимпульсного (светолокационного) датчика высоты облаков (ДВО в системе КРАМС-2) в качестве зондирующего импульса используется лазер. В CL31 используется принцип пульсирующего лазерного зондирования (LIDAR - LightDetectionAndRanging), т.е. обнаружения света и определения расстояния.

Лазерные импульсы света практически пронизывают атмосферу от датчика до высоты 7500 м. Встречая на своем пути облака, облачную дымку, осадки, лазерные импульсы отражаются, рассеиваются и поглощаются. Отражение от частиц происходит на всех высотах. Мгновенное значение отраженного сигнала позволяет получить информацию о свойствах атмосферы (туман, осадки, дымка, облака) на определённой высоте.

Поскольку туман, осадки ослабляют импульс света, отраженный от нижней границы облаков, сигнал, отраженный от облаков, становится меньше. Для усиления сигнала от облаков применяется многократное суммирование как от более устойчивой субстанции. Полезный сигнал от облаков, тумана, осадков и прочих явлений умножается на число импульсов, а шумы, будучи по своей природе случайными величинами, при этом суммировании частично подавляют друг друга. Степень подавления белых (гауссовых) шумов равна квадратному корню из числа выборок (импульсов).

Однако следует отметить, что такое улучшение соотношения сигнал/шум не бесконечно, так как положение облаков и других феноменов в атмосфере не стационарно.

2.4.1 Блок измерения

Блок измерения включает в себя оптический узел, лазерный передатчик, приёмник, оптический монитор, корпус, интерфейс питания линии, батарею бесперебойного питания, узел внутренних нагревателей, датчик угла наклона, внутренние кабели.

Оптический узел состоит из конической оптической трубки с зажимным приспособлением для объектива, блока интегратора точного пучка в его нижней части, который включает разделитель пучка в узкополосный фильтр, и соединительного фланца для узлов лазерного передатчика и приёмника отраженных сигналов.

Лазерный передатчик состоит из диода-лазера (арсенид индия-галлия), который запитывается регулируемым высоким напряжением. Центральная длина волны излучаемого импульса света (905 ± 5) нм при температуре 25 °С.

Приёмник состоит из двух идентичных лавинных фотодиодов (кремниевый лавинный фотодиод ADP с чувствительностью 565 А/Вт для волны 905 нм). Первый ADP принимает фактический сигнал измерения и выдает текущий импульс через усилитель с обратной связью. Вторым ADP компенсирует большую часть оптических отражений сигнала, появившихся в системе линз объектива. Компенсация обеспечивается соединением ADP типа полумост.

Оптический монитор имеет два точечных PIN-фотодиода, которые принимают от лазерного передатчика лазерные импульсы и после соответствующего усиления и аналого-цифрового преобразования передает их на плату процессора.

Корпус блока измерения является узлом, в который вставляется плата процессора DMC50A, плата преобразователя постоянного тока, интерфейсная плата и плата модема. Будучи полностью металлическим, корпус защищает электронику от электромагнитных помех.

Интерфейс линии питания, кроме сопряжения линий, предназначен для преобразования переменного тока низкого напряжения в постоянный, которым питается преобразователь DPS51.

Батарея бесперебойного питания – герметичная свинцово-цинковая аккумуляторная батарея, заряд которой производится автоматически от преобразователя DPS51, предназначена для аварийного питания электроники.

Узел внутренних нагревателей предназначен для повышения температуры в районе оптического узла и предотвращения запотевания оптики и образования на ней конденсата. Он состоит из двух резисторов высокой тепловой производительности.

Датчик угла наклона предназначен для определения угла наклона оптической оси датчика высоты облаков. Он содержит кремниевый микромеханический датчик ускорения, измеряющий силу тяжести, которая проецируется на ось датчика.

Кожух состоит из встроенного оконного кондиционера (вентилятор теплого воздуха), нагревателя, датчика температуры и термореле. Нагреватель и вентилятор включаются и выключаются автоматически.

Основание предназначено для установки датчика высоты облаков в кожухе на бетонный фундамент на месте эксплуатации датчика (рис.2.3).



Рисунок 2.3– Установка датчика высоты облаков CL31

Диапазон измерения высоты нижней границы облаков (вертикальной видимости) 15-7500 м.

Погрешность измерения расстояния до твердой цели (щита) не более $\pm(0,2 + 0,5z)$ м, где z – разрешающая способность облакомера, равная 15 м. Предел допускаемой погрешности измерения высоты нижней границы облаков (вертикальной видимости):

- ± 10 м в диапазоне 15-100 м;
- ± 10 % в диапазоне 100-7500 м.

2.5 Информация о параметрах ветра

Информация о параметрах ветра содержит:

1) средние значения скорости и направления ветра, скользяще осреднённые за истекшие 2 мин, которые включаются в местные регулярные и специальные сводки погоды; скорость ветра выражается в целых единицах метров в секунду, направление - в десятках градусов относительно магнитного Севера (откуда дует);

2) средние значения направления и скорости ветра, скользяще осреднённые за истекшие 10 мин, которые включаются в сводки погоды, распространяемые за пределы аэродрома, как правило, в кодах METAR и SPECI (регулярные и специальные). Направление ветра выражается в десятках градусов направления относительно географического Севера (откуда дует); скорость ветра - в целых единицах метров в секунду с указанием единиц измерения (MSK),

3) максимальная скорость ветра (порывы), скользяще выбранная за истекшие 10 мин; максимальная скорость ветра выражается в целых единицах метро в секунду и включается в местные регулярные и

специальные сводки погоды, а также в сводки, распространяемые за пределы аэродрома (сводки в коде METAR/SPECI), когда её отклонение от средней (осреднённой за 10 мин) составляет 5 м/с и более;

4) перпендикулярная к ВПП составляющая максимальной скорости ветра, передаваемая на средства отображения метеорологической информации, в целых единицах метров в секунду;

5) заметная нестабильность скорости и направления на основе фактических измерений скорости и направления ветра за истекшие 10 мин, непосредственно предшествующих сроку формирования местной регулярной и специальной сводки погоды.

Примечание. Заметная нестабильность имеет место в том случае, когда в течение, по крайней мере 2 мин, наблюдается резкое и устойчивое изменение направления ветра на 30° и более при скорости ветра 5 м/с до и после изменения или изменение скорости ветра на 5 м/с и более.

2.6 Измерители параметров ветра

Измеритель параметров ветра Wind30 предназначен для измерения мгновенной скорости и направления ветра в месте установки датчика параметров ветра, преобразования измеренных значений мгновенной скорости и направления ветра в величины и отображения их на дисплее. Измеритель параметров ветра Wind 30 выпускается фирмой Vaisala (Финляндия), сертифицирован Госстандартом России. В состав Wind 30 входит датчик параметров ветра (рис. 2.4).

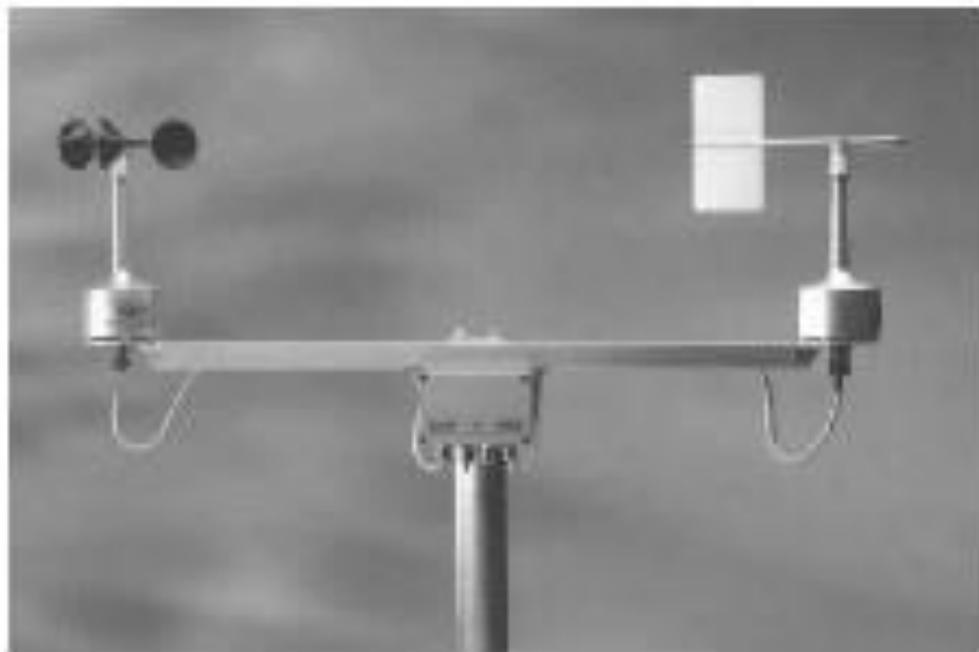


Рисунок 2.4 – Датчик параметров ветра

Датчик параметров ветра предназначен для непрерывного измерения мгновенных значений скорости и направления ветра, скользяще осредненных за истекшие 3 с., в месте его установки. Скорость ветра измеряется первичным измерительным преобразователем WAA15A/151, направление — WAV15A/151.

Первичный измерительный преобразователь скорости ветра WAA15A/151 (рис. 2.5) — это высокочувствительный чашечный анемометр с оптоэлектронными элементами преобразования вращения чашек в частоту. Он состоит из зубчатого диска, укрепленного на валу анемометра, и чашек. Диск вращается вместе с чашками. Находясь между светоизлучающим диодом и фототранзистором оптического накопителя, размещенного на печатной плате, диск при вращении за один оборот генерирует выходной сигнал в виде 14 импульсов. Скорость вращения вала (чашек) прямо пропорциональна скорости ветра.



Рисунок 2.5 –Анемометр WAA151

Первичный измерительный преобразователь направления ветра WAV15A/151 (рис. 2.6) — это сбалансированный низкопороговый флюгер. Светодиоды и фоторезисторы закреплены на шести дорожках с каждой стороны кодового диска. В состав флюгера входит диск с маской кода Грея. За один шаг происходит изменение только на один бит, что соответствует изменению угла на $5,6^\circ$. Для обеспечения определения направления относительно севера WAV 15A/151 устанавливается на конце кронштейна WAC15, ориентируемого на север.

В осевом канале WAV15A/151 помещен нагревательный элемент, который поддерживает температуру подшипников выше уровня замерзания воды. Потребляемая обогревателем мощность составляет 10 Вт. В кронштейне WAC15 имеется термостатный переключатель, с помощью которого нагревательный элемент автоматически выключается при температуре 4°C .



Рисунок 2.6 – Флюгер WAV151

3 Комплексный анализ суточных данных

3.1 Данные для исследования

Как известно, для выполнения исследования необходима база данных метеорологических параметров.

В качестве данных был взят архив данных, сформированный по результатам измерений Комплексной Радиотехнической Аэродромной Метеорологической Станцией (КРАМС – 4).

Наблюдения метеорологической дальностью видимости проводятся в трех точках ВПП в зоне посадки, в средней точке и в дальнем конце. Наблюдения за высотой нижней границы облачности производятся на БПРМ.

КРАМС – 4 позволяет получать данные с дискретностью 1 минута, но для проведения исследования такая дискретность является слишком малой и дает много избыточной информации. Кроме того, в процессе работы могла появиться необходимость комплексного анализа метеорологических данных. А поскольку на аэродроме Домодедово основным исходным материалом служат дневники погоды АВ-6, в которых данные записаны с интервалом в 30 минут, то было принято решение о сокращении дискретности базы данных, полученных с КРАМС-4, до 30 минут.

Сокращение дискретности данных было проведено автоматизировано.

Архив данных метеорологической дальности видимости взят с датчика LT-31 фирмы Vaisala, архив данных высоты нижней границы облачности взят с прибора CL-31 фирмы Vaisala за февраль месяц 2020 года с дискретностью 30 минут, аэропорт Шереметьево.

Фрагмент текстового файла, содержащий данные о видимости за один день с дискретностью 30 минут (48 измерений) предоставлен на рисунке 3.1.

Фрагмент текстового файла, содержащий данные о высоте облачности за один день с дискретностью 30 минут (48 измерений) предоставлен на рисунке 3.2.

MOR_001.TXT

01-02-2020; анал LT313; датчик 001; архив видимости MOR ; -ss: -ss-2; курс: 064 ; INDEX: UUEE

время	S.Саза	f.Саза	-ред 10	-ред 02	-ред 08	явление	-ост CRC
00:00:13	//////	3404.8	3861.7	3574.5	3942.5	//////	Кк-hj. ef6
00:30:14	//////	4166.0	4313.4	4195.8	4346.5	//////	Кк-hj. ef0
01:00:15	//////	4418.4	4191.4	3989.3	4248.2	//////	Кк-hj. efa
01:30:16	//////	3057.4	2700.8	2768.4	2681.8	//////	Кк-hj. efa
02:00:17	//////	2780.5	2543.8	2647.3	2514.7	//////	Кк-hj. ef6
02:30:18	//////	2870.3	2848.2	2866.7	2843.0	//////	Кк-hj. eff
03:00:21	//////	4034.9	3830.6	3857.8	3823.8	//////	Кк-hj. efc
03:30:22	//////	2800.9	3013.6	2785.6	3077.7	//////	Кк-hj. ef5
04:00:23	//////	3501.9	3309.6	3511.3	3252.9	//////	Кк-hj. ee9
04:30:24	//////	3439.1	3535.8	3520.9	3539.4	//////	Кк-hj. efb
05:00:24	//////	3476.4	3495.3	3505.7	3492.3	//////	Кк-hj. efb
05:30:25	//////	6444.8	5471.8	5727.3	5399.9	//////	Кк-hj. f14
06:00:11	//////	5313.5	5005.8	4970.0	5015.9	//////	Кк-hj. eea
06:30:12	//////	3233.3	3127.4	3016.8	3158.5	//////	Кк-hj. eea

Рисунок 3.1 – Архив данных датчика LT-31

ННН_017.TXT — Блокнот

02-02-2020; Канал CL312; датчик 017; Архив высоты облаков ; ВПП: ВПП-2; курс: 064 ; INDEX: UUEE

Время	н1, м	н2, м	н3, м	vv, м	2 MIN, м	Сост	CRC
00:00:04	260.0	//////	//////	//////	250.0	НОРМА	d08
00:30:04	250.0	//////	//////	//////	240.0	НОРМА	d09
01:00:04	250.0	//////	//////	//////	240.0	НОРМА	d07
01:30:04	290.0	//////	//////	//////	250.0	НОРМА	d0f
02:00:04	320.0	//////	//////	//////	240.0	НОРМА	d06
02:30:04	250.0	//////	//////	//////	240.0	НОРМА	d0b
03:00:05	240.0	//////	//////	//////	240.0	НОРМА	d09
03:30:05	210.0	//////	//////	//////	190.0	НОРМА	d0d
04:00:05	200.0	//////	//////	//////	200.0	НОРМА	d02
04:30:04	160.0	//////	//////	//////	150.0	НОРМА	d0d
05:00:05	140.0	//////	//////	//////	140.0	НОРМА	d09
05:30:05	150.0	//////	//////	//////	120.0	НОРМА	d0b
06:00:05	130.0	//////	//////	//////	130.0	НОРМА	d08
06:30:05	130.0	//////	//////	//////	130.0	НОРМА	d0b
07:00:04	140.0	//////	//////	//////	120.0	НОРМА	d08
07:30:04	130.0	//////	//////	//////	110.0	НОРМА	d09
08:00:05	120.0	//////	//////	//////	120.0	НОРМА	d08
08:30:05	140.0	//////	//////	//////	130.0	НОРМА	d0e
09:00:04	140.0	//////	//////	//////	130.0	НОРМА	d0b
09:30:04	150.0	//////	//////	//////	140.0	НОРМА	d10
10:00:04	150.0	//////	//////	//////	150.0	НОРМА	d06
10:30:04	170.0	//////	//////	//////	160.0	НОРМА	d0c
11:00:04	230.0	//////	//////	//////	180.0	НОРМА	d09
11:30:04	210.0	//////	//////	//////	210.0	НОРМА	d04

Рисунок 3.2 – Архив данных датчика CL-31

3.2 Анализ суточных данных

А теперь более подробно разберем метеорологическую обстановку за выбранный период.

Сначала рассмотрим изменения дальности видимости и высоты облачности за первое февраля 2020 года (рис. 3.3).

Итак, за сутки 01.02.2020 года на графике (рис. 3.3) можно наблюдать постепенное улучшение видимость без резких ухудшений. Значения видимости в этот день не опускались ниже отметки в 2500 метров. При этом наблюдались слабый обложной снег, а также дымка. Однако, в данном случае, видимость ухудшалась не за счет снега, а за счет дымки. Метеоролог давал осадки из слоисто-дождевой облачности.

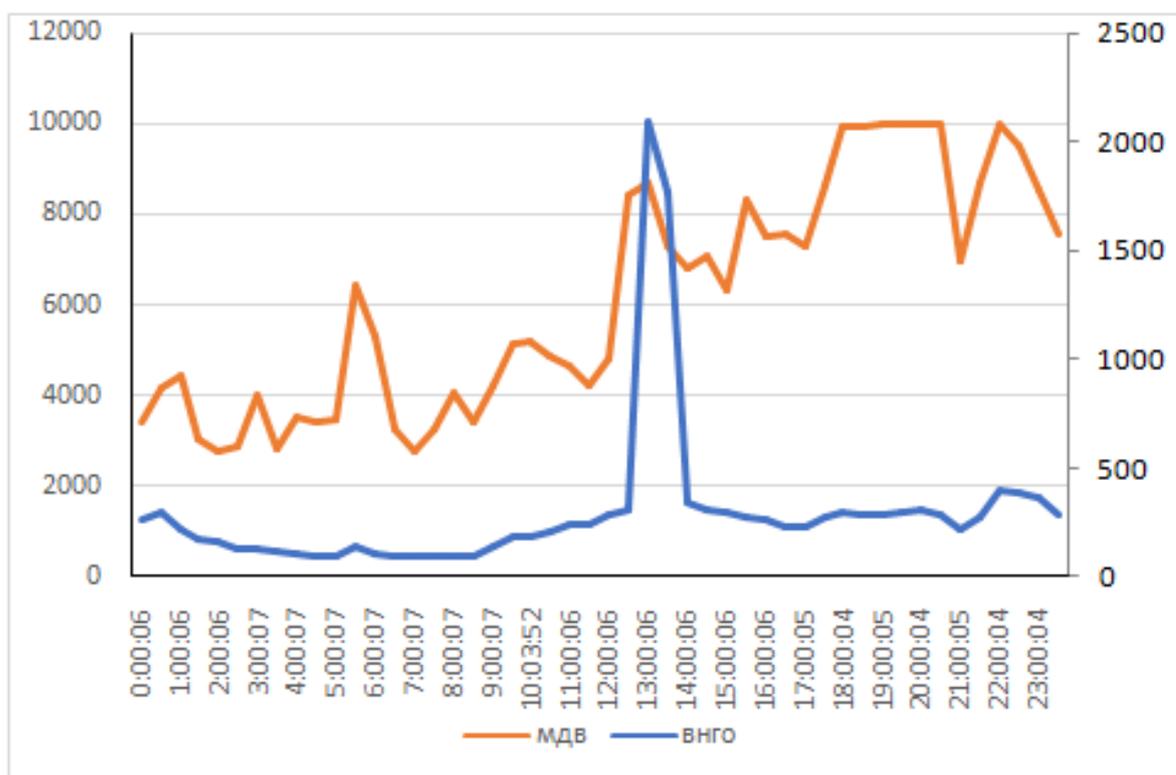


Рисунок 3.3 – График суточного хода МДВ и ВНГО за 1 февраля 2020 г

Минимальная высота нижней границы за 1 февраля в 05:00, 06:30 и 07:00 UTC составляла 90 метров (рис. 3.3). Максимального значения в 2090 метров высота облачности достигла к 13:00 UTC.

Затем, нижнюю границу слоистообразной облачности начало разрывать и в 11:28 UTC метеоролог переходит на 8 октантов OVC средней высокослоистой облачности (при этом датчик высоты облачности CL-31 начал мерить 2010 метров, что хорошо видно на графике) и 5 октантов BKN нижней границы слоистой на 240 метров.

В 14:45 UTC по приборам можно увидеть, что все небо, а именно 8 октантов OVC, снова затянуло равномерной пеленой слоистой облачности.

В 01:00 UTC синоптик выпускает двухчасовой прогноз изменения отдельных метеоэлементов на ближайшие два часа от срока наблюдения (рис 3.4): «Временами ожидается 500 м замерзающий туман» TEMPO 0500 FZFG.

```

AB6.dat
-1.5 096 4.4 /35.1 980.1 978.2 1002.3 1003.5
-0.8 8 8/8 Ns 0270 R24L/520151 -s

NOSIG
00:58:00 01-02-2020 йербатух 1 24L 3700 SK-
180 02 05 24L 1200 3 2600 Kk,,M 2100
-SN@ BR @
-1.2 096 4.4 735.1 980.1 978.2 1002.3 1003.5
-0.7 8 8/8 Ns 0240 R24L/520151 -s

NOSIG
01:00:00 01-02-2020 йербатух 1 24L 3700 SK-
150 02 05 24L 2200 0 3000 Kk,,M
-SN@ BR @
-1.2 096 4.4 735.1 0.5 980.2 978.2 1002.3 1003.5
-0.7 8 8/8 Ns 0240 R24L/520151

TEMPO 0500 FZFG
01:00:00 01-02-2020 йербатух 24R 10 h SK-
000 00 24R 10 h 0 10 h Kk,,M
-SN@ BR @
-1.2 096 4.4 736.0 0.5 981.4 978.2 1002.3 1003.5
-0.7 8 8/8 Ns 0210 R24R/520151

TEMPO 0500 FZFG
01:01:00 01-02-2020 йербатух 1 24L 4100 SK-
150 02 05 24L 3700 0 4000 Kk,,M
-SN@ BR @
-1.2 096 4.4 735.1 0.5 980.2 978.2 1002.3 1003.5
-0.7 8 8/8 Ns 0240 R24L/520151 -s

```

Рисунок 3.4 – Архив журнала AB6

В 01:08 UTC метеоролог выпускает местную специальную сводку по аэродрому о сильном обледенении в облаках SEV ICE INC, от диспетчера по громкоговорящей связи.

В 19:00 UTC видимость становится более 10 км (рис. 3.3). А после 23:00 UTC видимость постепенно начинает ухудшаться и становится менее 9 км за счет дымки, но на Метеодисплей, а также в METAR дымка BR уходит только когда значения МДВ составляют 5 км и менее.

На рисунке 3.5 можно увидеть суточную тенденцию показаний CL31 (красная линия) и LT31 (синяя линия) за 02.02.2020 г.

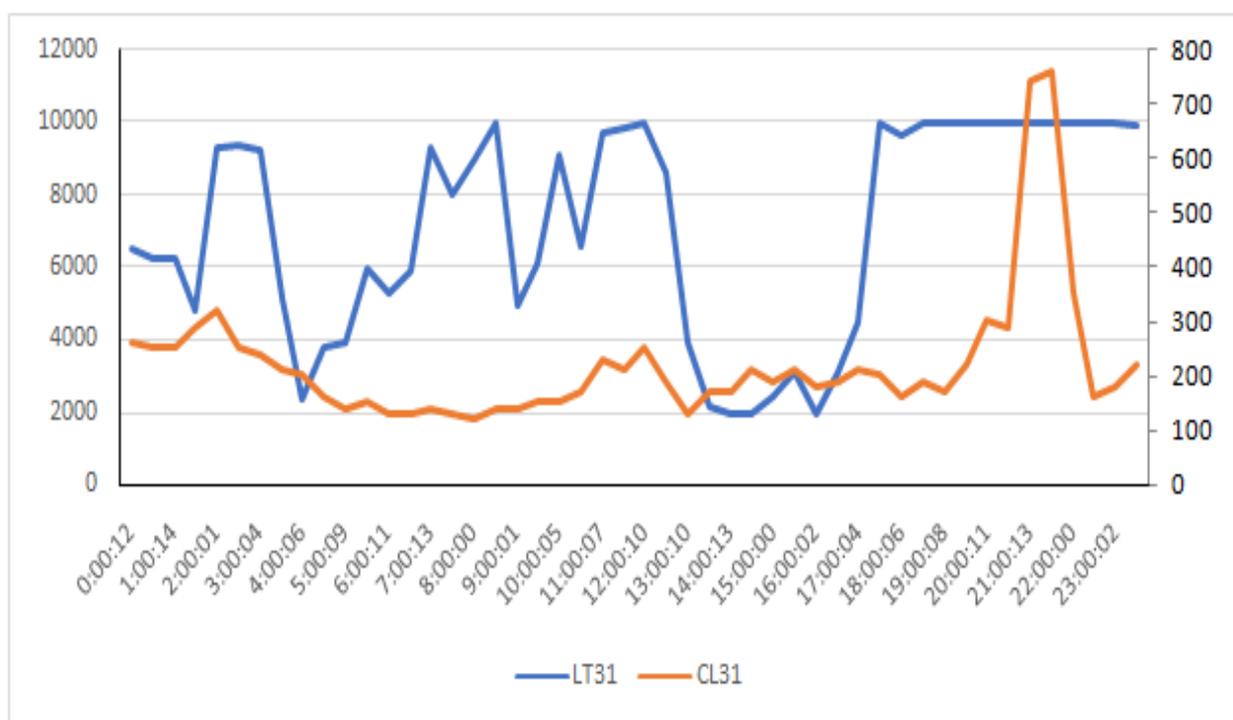


Рисунок 3.5 – График суточного хода МДВ и ВНГО за 2 февраля 2020 г

Как видно на рисунке с 00:01 UTC видимость начинает ухудшаться до 4840 метров. Причиной ухудшения видимости послужил обложной снег. В это время метеоролог дает снег из слоисто-дождевой облачности, закрывающей всё небо без просветов.

Далее видимость ухудшается еще больше. Теперь ее значения достигают 2403 метров.

Минимальная высота нижней границы облачности за сутки опускалась до 120 метров. За 05:10 UTC метеорологу поступило донесение от диспетчера об умеренном обледенении в облаках MODICEINC, а в 05:38 UTC поступило продление, но уже о слабом обледенении в облаках FBL ICE INC, а также о слабом сдвиге ветра FBLWS (рис. 3.6).

```

AB6 (1).dat
NOSIG
05:10:00 02-02-2020 Sela€ 1 24L 4800 ~«h
160 05 09 24L 1900 3 2600 -"h~- » 1900
-SN@ BR @
-0.2 095 4.7 730.2 973.6 971.7 995.6 996.7
0.4 8 8/8 St 0120 R24L/520145
MOD ICE INC
NOSIG
05:10:00 02-02-2020 Sela€ 24R 3900 sK-
170 04 07 24R 4200 0 4500 -"h~- »
-SN@ BR @
-0.2 095 4.7 731.1 974.9 971.7 995.6 996.7
0.4 8 8/8 St 0150 R24R/520151
MOD ICE INC
NOSIG
05:11:00 02-02-2020 Sela€ 1 24L 4900 ~«h
170 05 09 24L 5000 0 3100 -"h~- »
-SN@ BR @
-0.1 095 4.7 730.2 973.7 971.7 995.6 996.7
0.5 8 8/8 St 0120 R24L/520145 -s
MOD ICE INC
NOSIG
05:13:00 02-02-2020 Sela€ 1 24L 4900 ~«h
170 05 09 24L 3000 0 2600 -"h~- »
-SN@ BR @
0.0 095 4.8 730.2 973.7 971.7 995.7 996.7
0.6 8 8/8 St 0120 R24L/520145 -s
MOD ICE INC
NOSIG
05:15:00 02-02-2020 Sela€ 1 24L 5000 ~«h
170 05 09 24L 6000 0 4200 -"h~- »
-SN@ BR @
-0.1 095 4.7 730.2 973.7 971.7 995.6 996.7
0.6 8 8/8 St 0120 R24L/520145 -s
MOD ICE INC

```

Рисунок 3.6 – Архив журнала AB6 за 02.02.2020 г

В 06:18 UTC метеоролог отменяет обложной снег, но видимость не улучшается за счет дымки BR. С 07:35 UTC метеоролог дает морось с дымкой из слоистой однообразной бледной и низкой облачности, высота нижней границы которой по данным CL31 составляет от 140 до 250 метров.

В 10:35 перешли на обложной дождь при температуре +0,6 °С.

С 12:30 пошли смешанные осадки дождь со снегом, при этом преобладал больше дождь – RASN, что способствовало ухудшению видимости до 2000 м (рис. 3.5).

В 16:00 прошел снег с умеренной интенсивностью, значения видимости опустились менее 2 км.

После 17:30 до конца суток продолжался легкий обложной снег без резких ухудшений видимости, с высотой нижней границы 160-220 метров и вторым слоем высотой нижней границы 740-760 метров 8/6 NsFrnb.

Третьего февраля 2020 г. в 05:18 UTC начался слабый обложной снег из 8/8 октантов Ns высота нижней границы 210 метров. До 07:00 UTC видимость ровная без резких ухудшений 10-8 км (рис. 3.7). Высота нижней границы с 00:00 до 07:00 UTC находилась в диапазоне от 190 до 300 м.

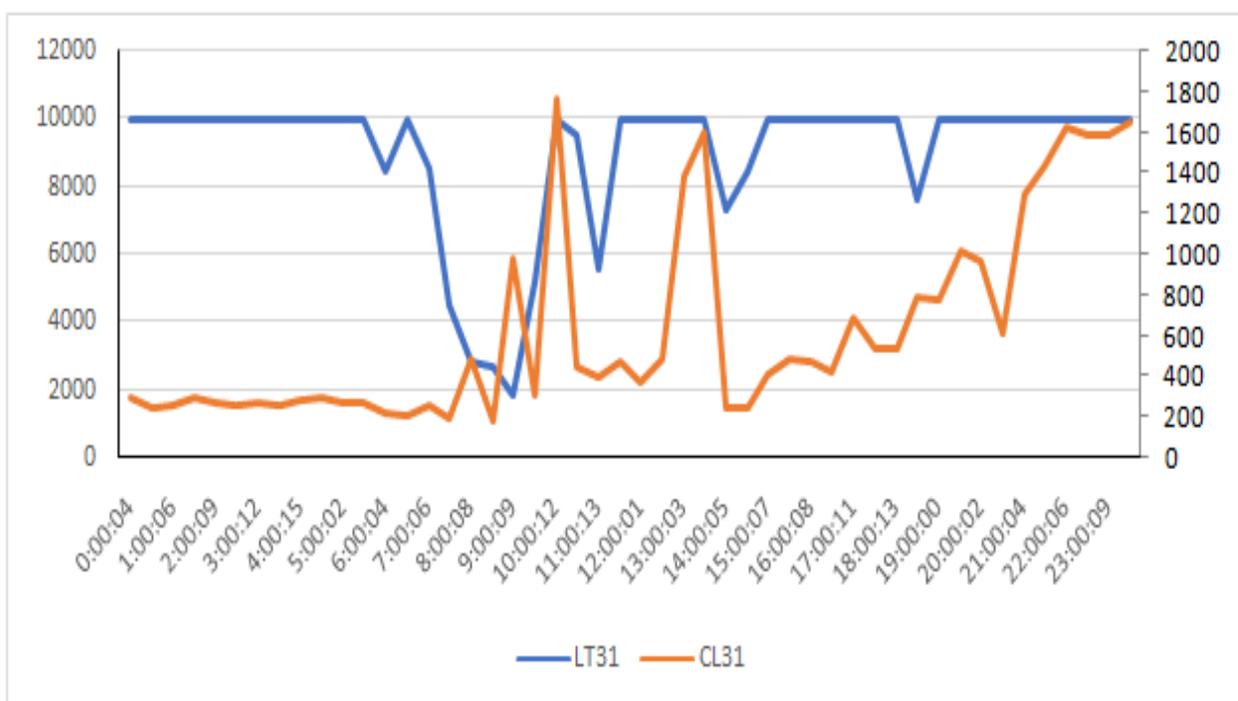


Рисунок 3.7 – График суточного хода МДВ и ВНГО за 3 февраля 2020 г

После 07:30 видимость в снеге начинает ухудшаться, а высота нижней границы облачности повышается, эту тенденцию можно наблюдать на графике (рис. 3.7).

Минимальная видимость за сутки доходила до 1200 метров, но в основные сроки 00 и 30 минут эти значения не вошли. Данное значение получено из журнала погоды АВ-6 за 08:51 UTC (рис. 3.8).

```

AB6.dat
08:51:00 03-02-2020 Дуравлева. 1 24L 1200 sK-
280 07 24L 130012004 1200 f=KM 1300
SN @
0.1 0971200 4.8 720.2 @ 960.3 958.4 982.0 983.0
0.5 8 8/8 Ns 0150 R24L/290151 -s
NOSIG
08:53:00 03-02-2020 Дуравлева. 1 24L 1500 sK-
280 06 09 24L 120013004 1300 f=KM 1200
SN @
0.1 0971500 4.8 720.2 @ 960.3 958.4 982.0 983.1
0.5 8 8/8 Ns 0150 R24L/290151 -s
NOSIG
08:56:00 03-02-2020 Дуравлева. 1 24L 1600 sK-
270 07 24L 130017004 1700 f=KM 1300
SN @
0.1 0971600 4.8 720.2 @ 960.3 958.4 982.0 983.1
0.5 8 8/8 Ns 0150 R24L/290151 -s
NOSIG
08:56:32 03-02-2020 Дуравлева. 24R 2800 sK-
270 05 08 24R 1900 4 2000 f=KM 1900
SN @
0.1 097 4.8 721.1 @ 961.5 958.4 982.0 983.1
0.5 8 8/8 Ns 0180 R24R/290151
NOSIG
08:57:00 03-02-2020 Дуравлева. 1 24L 1800 sK-
270 07 24L 140018004 1800 f=KM 1400

```

Рисунок 3.8 – Архив журнала АВ6 за 03.02.2020 г

В 09:47 UTC начался ливневой снег SHSN облачность 7/4 октантов слоисто-кучевая с кучево-дождевой ScCb с нижним краем 690 метров. В это время также наблюдались и разорванно-дождевые Frnb облака с нижней границей 240 метров.

В 11:11 ливневой снег перешел в обложной, в 12:15 снег закончился. Значения видимости повышаются до 10 км, облачность 8/4 Sc 1200 Frnb 0330.

В период с 13:51 до 18:32 UTC метеоролог снова фиксирует обложной снег. За 19:02 было донесение от руководителя полетов об умеренном обледенении в облаках MOD ICE INC.

В 20:18 UTC начался обложной снег, дальность видимости при этом ровная 8-9 км; количество облачности 8/6 октантов, форма и высота нижней границы As 3000м Sc 810м.

Заключение

Видимость и высота нижней границы облаков являются одними из главных факторов для взлета и посадки в авиации. Именно наблюдения за данными характеристиками являются важной частью метеорологических наблюдений. Поэтому данная работа посвящена измерению метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облачности.

Основным исходным материалом для написания выпускной работы послужили архив журнала АВ-6 и архивы датчиков CL-31 и LT3 комплексной радиотехнической аэродромной метеорологической станции КРАМС-4, установленной на аэродроме Шереметьево.

Цель работы достигнута, все поставленные задачи выполнены.

В ходе выполнения работы решены все поставленные задачи:

- ✓ подготовлено описание географических особенностей расположения аэродрома Шереметьево;
- ✓ изучены задачи, выполняемые информационно-измерительной системой КРАМС-4, установленной на аэродроме для метеорологического обеспечения полетов;
- ✓ рассмотрены технические средства измерения некоторых метеорологических параметров на аэродроме Шереметьево;
- ✓ подготовлена база архивных данных, полученная по результатам измерения дальности видимости и высоты облачности на аэродроме;
- ✓ подготовлен архив журнала АВ-6 за аналогичный период;
- ✓ исследован суточный ход дальности видимости и высоты облачности по данным КРАМС-4;
- ✓ проведен комплексный анализ суточных данных с использованием подготовленной базы данных и журнала АВ6.

В результате выполненного исследования на территории аэродрома Шереметьево можно сделать следующий вывод: для достижения определённого охвата наблюдениями требуется комплексная множественная совокупность датчиков, размещённых как на территории, так и за пределами периметра аэродрома.

Список использованных источников

- 1) Федеральные авиационные правила «предоставление метеорологической информации для обеспечения полётов воздушных судов», утверждённые приказом №60 от 3 марта 2014 года.
- 2) Федеральные авиационные правила по производству полетов экспериментальной авиации.
- 3) Метеорологическое оборудование аэродромов и его эксплуатация. СПб: Гидрометеоиздат, 2003.
- 4) Приборы и методы метеорологических наблюдений Ленинград Гидрометеоиздат 1 января 1963 г.
- 5) Метеорологические приборы и наблюдения Стернзат М. С. Ленинград Гидрометеоиздат 1 января 1968 г.
- 6) Методы и средства гидрометеорологических измерений. Метеорологические приборы Григоров Н. О., Саенко А. Г., Восканян К. Л. Санкт Петербург РГГМУ 31 декабря 2012 г.
- 7) Метеорологические приборы и автоматизация метеорологических измерений Труды ГГО им. А. И. Воейкова Вып. 199 Ленинград Гидрометеоиздат 1 января 1966 г.
- 8) Инструкция по метеорологическому обеспечению (полетов) на аэродроме Шереметьево.
- 9) Сайт института радарной метеорологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://iram.ru/iram/all_main.php?js=1&list_par=20-0 (Дата обращения 25.05.2020)