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 «Метеорологическая дальность видимости на аэродроме г. Усинск»

Исполнитель **Скворцова Оксана Васильевна**

(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)

«___» _____ 2020 г.

Санкт-Петербург

2020

Содержание

		Стр.
	Список сокращений	3
	Введение	5
1	Физико-географическое описание района исследования	6
1.1	Физико–географическое расположение	6
1.2	Метеорологические особенности района	10
1.3	Аэропорт города Усинск	11
1.4	Особенности расположения аэродрома	13
2	Метеорологическое обеспечение аэропорта Усинск	16
2.1	Технические средства метеорологического обеспечения полетов	17
3	Измерение метеорологической дальности видимости	23
3.1	Метеорологическая дальность видимости	23
3.2	Визуальный метод определения МДВ	25
3.3	Инструментальный метод измерения МДВ	28
3.3.1	Фотометр импульсный ФИ-3	31
3.3.2	Фотометр импульсный ФИ-4	34
4	Сравнение показаний данных МДВ между приборами ФИ-3 и ФИ-4	37
4.1	Архив данных МДВ	37
4.2	Сравнительный анализ данных	37
4.3	Выявление разницы в показаниях ФИ-3 и ФИ-4	42
	Заключение	51
	Список использованных источников	53

Список сокращений

АМСГ – авиационная метеорологическая станция гражданская

АМИС – аэродромная метеорологическая измерительная система

БПРМ - ближний приводной радиомаркер

БФ – блок фотометрический

БРС – барометр сетевой

ВПП – взлетно-посадочная полоса

ВС – воздушное судно

ВЗП – визуальный заход на посадку

ДПРМ – дальний приводной радиомаркер

ДВО – датчик высоты облаков

ДОЛ - датчик высоты облаков лазерный

ДПН – дополнительный пункт наблюдений

ДПСП – диспетчерский пункт системы посадки

ИВПП – взлетно-посадочная полоса с искусственным покрытием

ИПВ - измеритель параметров ветра

ИЛС – система инструментального захода на посадку, курсо-глиссадная система

КД – кандела, единица силы света

КТА – контрольная точка аэродрома

МДВ – метеорологическая дальность видимости

МДП – местный диспетчерский пункт

МК – магнитный курс посадки

ОБ – отражатель ближний

ОД – отражатель дальний

ОВИ – огни высокой интенсивности

ОМИ – огни малой интенсивности

ОПН – основной пункт наблюдений

ОСП – оборудование системы посадки

ОВД – орган воздушного движения

РДВ – регистратор дальности видимости

СР-А – барометр станционный чашечный ртутный

ТМ – термометр метеорологический

ФАП - Федеральные авиационные правила

ФИ – фотометр импульсный

AIREP – специальное сообщение с борта воздушного судна

AIRMET – специальное сообщение об опасном явлении по маршруту полета на малых высотах

ATIS – служба автоматической передачи информации в районе аэродрома

GAMET – авиационный прогноз погоды по площадям, районам

METAR – регулярная метеорологическая сводка

MOR - метеорологическая оптическая дальность видимости

SIGMET – специальное сообщение об опасном явлении по маршруту полета

SPECI – специальная метеорологическая сводка

TAF – авиационный прогноз погоды по аэродрому

Введение

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. Поэтому, в каждом аэропорту установлены комплекты приборов для наблюдения и непрерывной регистрации дальности видимости.

Тема данной работы посвящена изучению изменчивости метеорологической дальности видимости на аэродроме Усинск. Поэтому в первой главе будут описаны особенности климатического описания и географическое положение города и принадлежащего ему аэропорта. Во второй главе я расскажу о метеорологическом обеспечении аэропорта, о технических средствах измерения всех необходимых для авиации параметров, используемых на основном пункте наблюдений техником-метеорологом. Третья глава описывает возможные способы измерения дальности видимости, а также дает описание приборов ФИ-3 и ФИ-4, с помощью которых производятся наблюдения на аэродроме Усинск. Четвертая глава посвящена практической работе, целью которой является сравнение значений метеорологической дальности видимости, полученных приборами ФИ-3 и ФИ-4. В заключении приведены выводы по работе.

1 Физико-географическое описание района исследования

1.1 Физико-географическое расположение

Республика Коми расположена на крайнем северо-востоке европейской части Российской Федерации. Площадь региона составляет 416000 км^2. Город Усинск располагается на северо-востоке Республики Коми в Предуралье, в бассейне средней Печоры и её правого притока реки Уса (около 4 км), от которой и получил свое название. Город стоит на правом берегу р. Уса, близ её впадения в Печору, в 3 км от железнодорожной станции, в 757 км к северо-востоку от столицы республики – Сыктывкара, в 90 км к югу от Северного полярного круга (рисунок 1.1). Территория Муниципального образования городского округа Усинск занимает 3056420 га, что составляет 7,3 % от всей площади Республики Коми.

Рисунок 1.1 – Северный полярный круг

Усинск – очень молодой город. Населенный пункт был основан в 1966 году, благодаря развитию в этих местах месторождений нефти и газа, а в 1984 году получил статус города. Географические координаты населенного пункта – 660 северной широты и 57,520 восточной долготы. Усинск находится в часовом поясе с отклонением от времени по Гринвичу +3:00. Он живет по тому же времени, что и Москва. Перевод часов с укорочением светового дня на «зимнее» время не осуществляется. Как и по всей территории России, такой ежегодный переход был отменен в 2014 году.

Усинск – небольшой город: расстояние от его крайней южной точки до северной составляет всего 6,5 км, от западной до восточной – 11,4 км (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Город Усинск с высоты птичьего полета

Населенный пункт расположен на Восточно-Европейской равнине, другое название которой – Русская равнина. Восточной границей платформы считаются

Уральские горы. Усинск же расположен на самом востоке Восточно-Европейской равнины. Для данной территории характерны лесотундры и тайга.

Ближайший выход в Мировой океан для Усинска – это Баренцево море, а точнее его юго-восточный участок, который называется Печорским морем (рисунок 1.3). Расстояние от города до побережья – около 300 км строго на север. В этой местности высота над уровнем моря составляет около 80 метров.

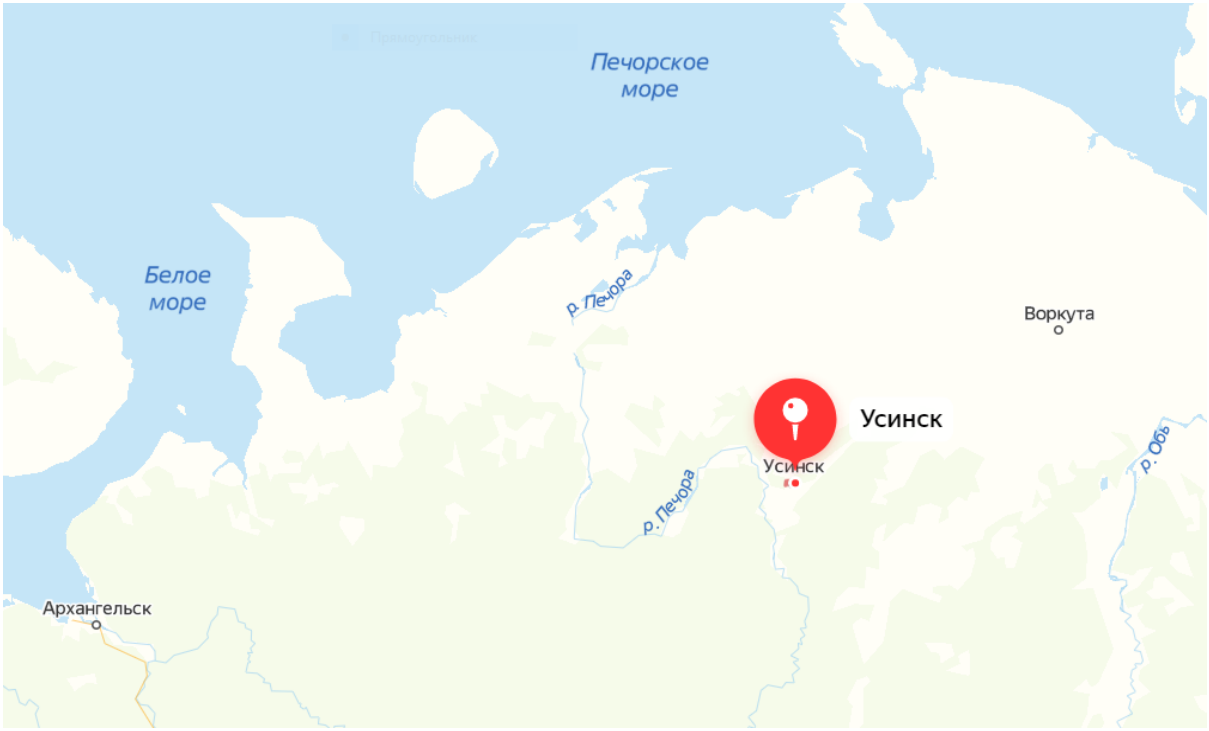


Рисунок 11 – Усинск на карте

Район расположен в северо-западной части большеземельной тундры. Рельеф местности равнинный, поверхность покрыта лесотундрой, сетью рек, ручьев и сильно заболочена. Иногда встречаются слабохолмистые участки. Лес на водораздельных участках смешанный, средней густоты, а в низинах – чахлый, редкий. Крупнейшие реки Усинского района – Уса и Печора, кроме того, имеется несколько речек помельче: Колва, Шарью (рисунок 1.4), Лыжа, Большая Макариха.

Рисунок 1.4 – Река Шарью

Поверхностные воды данного региона представлены не только реками, но и болотами, крупнейшим из которых является Усинское (рисунок 1.5). Болото протянулось с севера на юг более чем на 40 км и является одним из самых крупных торфяников Европы. Оно входит в число самых больших и значимых систем верховых болот севера тайги на Европейском континенте. В систему входят не только болота, но и примерно 860 озер. Почвы в этой местности преобладают подзолистые иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые, болотно-подзолистые и болотные.

Рисунок 1.5 – Усинское болото

1.2 Метеорологические особенности района

Город Усинск и городской округ относятся к районам Крайнего Севера. По климатическому районированию город Усинск находится в атлантико-арктической области умеренного пояса. Климат умеренно-континентальный, формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой, под влиянием северных морей и интенсивного западного переноса воздушных масс. Территория района большую часть года находится под воздействием арктических воздушных масс и циклонической деятельности. Прохождения циклонов с Атлантики и частые вторжения арктического воздуха с Северного ледовитого океана обуславливают значительную неустойчивость в погоде в течение всего года. Наиболее развита циклоническая деятельность зимой и осенью, летом она ослабевает. Зимой циклоны приносят с собой пасмурную погоду с частыми снегопадами и метелями, летом – пасмурную, прохладную и дождливую. В целом, климат Усинского района характеризуется как умеренно-континентальный с коротким и прохладным летом и длинной холодной и многоснежной зимой с устойчивым снежным покровом.

Большую часть года преобладает выпадение снежных осадков различной интенсивности, которые часто сопровождаются метелями. Снежный покров удерживается 230 дней в году, с середины октября до июня. Снежный покров является фактором, оказывающим существенное влияние на формирование климата в зимний период, в основном вследствие большой отражательной способности поверхности снега. В то же время снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания. Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова идет от ноября к январю, в месяцы с наибольшей повторяемостью циклонической погоды, когда сохраняются основные запасы снега. Наибольшей величины он достигает во второй декаде марта. Наибольшая за зиму средняя высота снежного покрова по данным снегомерной съемки составляет 74 см. Довольно часто возникают туманы. Благоприятные условия для их образования могут сформироваться в любое время года, но чаще всего они возникают в

холодное время года, начиная с октября. С сентября до середины октября идут частые затяжные моросящие ледяные дожди.

Средняя многолетняя температура воздуха составляет -3,2°С. Самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой минус 18,2°С. Средняя температура самого теплого месяца июля составляет +13,8°С. Летом максимальная температура иногда достигает +35 °С. Минимальная температура воздуха в Усинском районе, зафиксирована зимой с 1978 на 1979 год, в поселке Возей и достигла отметки -64 °С, в это же время в самом городе температура составила -58 °С. Наиболее тёплый сезон, с середины июля до середины августа.

Среднегодовое количество осадков по данным метеостанции Усть-Уса равно 495 мм. Число дней с осадками различного вида в году – 211. Снежный покров устанавливается в третьей декаде октября, а сход – в первой декаде мая.

Ветер преобладает южного направления. Средняя годовая скорость ветра составляет 5 м/с. Число дней в году с сильным ветром (>15м/с) – 22. Число дней с туманами – 33. С метелью – 67, суммарной продолжительностью 576 часов в году.

1.3 Аэропорт города Усинск

Город имеет свой аэропорт в 8 км западнее города Усинск (рисунок 1.6) с одной взлетно-посадочной полосой. Высота над уровнем моря – 80 метров. Магнитное склонение +23°. Аэродром принадлежит государственному унитарному предприятию «Комиавиатранс». Регламент работы аэропорта Усинск некруглосуточный и устанавливается приказом предприятия «Комиавиатранс».

Географические координаты:

- широта 66° 00 17” С
- долгота 57° 22 02” В

Аэропорт обслуживает региональные и внутренние рейсы, также выполняются специальные, тренировочные, контрольно-испытательные полеты

и полеты по выполнению авиационных работ. Как и многие другие аэропорты Севера, аэропорт Усинск также занимается обслуживанием небольших местных поселков, созданных для разработки нефтегазовых месторождений и добычи ресурсов.

Рисунок 1.6 – Аэропорт Усинска

ВПП аэродрома имеет длину 2501 метра и ширину 42 метра. Магнитные курсы посадки: МК–134 и МК–314. Взлётно-посадочная полоса покрыта искусственным покрытием: железобетонная, усиленная слоем асфальтобетона, с обоих направлений имеются концевые полосы торможения, длиной по 50 метров. Аэродром Усинск по классу ВПП относится к классу «В» и допущен к эксплуатации по минимуму для посадки воздушных судов по категории A, B, C, D и вертолетов с минимумами ОСП, ИЛС, ВЗП. К ним относятся L-410, Ан-3, Ан-12, Ан-24, Ан-26, Ан-72, Ан-74, Ан-140, Ан-148, Ил-76, Ил-114, Як-40, Як-42, Boing 737-500, CL-600 (CRJ-100/200), Airbus A319, Airbus A320 и его модификации, Ту-134, Ту-154, Atr-42, Emb-120ER, Emb-145 и его модификации; Hawker-125-800, SAAB-2000, Bombardier Challenger 300/600, Gulfstream

G100/G150, Dassault Falcon-7X/900, Cessna-205/206/207/525/680 и другие типы авиалайнеров (рисунок 1.7).

а) б)

в) г)

Рисунок 1.7 – Работа аэродрома Усинск

а) посадка Боинг-737; б) ИЛ-76 на разгрузке;

в) отправление санрейса на L-410; г) Ми-8

1.4 Особенности расположения аэродрома

Район аэродрома (рисунок 1.8) представляет собой в горизонтальной плоскости зону радиусом 40 километров от контрольной точки аэродрома (КТА), в вертикальной плоскости – воздушное пространство до 1850 метров (включительно) от уровня моря, соответствующего стандартному атмосферному давлению 760 мм рт.ст. (1013,2 гПа). Летное поле аэродрома, размером 2652*300 метров, вытянуто с северо-запада на юго-восток. Поверхность грунтовой части

летного поля ровная, почва супесчаная, грунт мягкий, травяной покров ровный и низкорослый. Через район аэродрома протекают реки Уса и Колва с рядом мелких притоков. В южном направлении от аэродрома река Колва протекает на расстоянии 4 км, а в западном – на расстоянии 11 км. На север от аэродрома на расстоянии 17 км расположены головные сооружения по перегонке и перекачки нефти. В восточном направлении от аэродрома, на расстоянии 8 км расположен населенный пункт Усинск. Вблизи ИВПП с МК-314 расположено болото «Большой Команюр», площадью 4000*2500м.

Рисунок 1.8 – Район аэродрома

Поскольку аэропорт находится не в черте города (рисунок 1.9), то погодные условия в аэропорту могут отличаться от погоды в самом городе. Температура воздуха в районе аэропорта в среднем на 2-3 градуса ниже, чем в городе, ветер чуть сильнее, но видимость, из-за удаления от промышленных предприятий и жилых домов, обычно несколько лучше. Но при ветрах северного и северо-восточного направления происходит вынос продуктов сгорания со стороны головных сооружений по перекачке нефти, вследствие чего над аэродромом образуется подинверсионная «пленка», а при низких температурах

образуется мгла, которая ухудшает видимость. При ветрах восточного направления сказывается влияние городской зоны, откуда происходит перенос продуктов сгорания техногенного и антропогенного характера, вследствие чего образуются дымки и туманы, ухудшающие видимость.

Огибание района аэродрома реками Уса и Колва по югу, юго-западу и западу имеет существенное влияние на образование низкой облачности за счет поступления дополнительной влаги в устойчивую воздушную массу. Близость обширного болота «Большой Команюр», расположенного в северо-западном направлении от торца ВПП-314, также способствует образованию низкой облачности, дымки и туманов.

Рисунок 1.9 – Аэропорт Усинска

2 Метеорологическое обеспечение аэропорта Усинск

Метеорологическое обеспечение на аэродроме включает обширный комплекс работ: производятся регулярные метеорологические наблюдения; собирается и распространяется метеорологическая информация; подаются штормовые оповещения – предупреждения об опасных для авиации метеорологических явлениях; составляются авиационные прогнозы погоды и штормовые предупреждения по аэродромам и в пунктах посадки, по воздушным трассам, маршрутам и районам полетов; соблюдается постоянное взаимодействие с диспетчерским составом и другими должностными лицами, руководящими полетами обеспечивающими их. Основное назначение метеообеспечения – это обеспечение безопасности полетов в метеорологическом отношении.

Метеорологическое обеспечение полётов на аэродроме Усинск осуществляет метеорологический орган АМСГ-2 Усинск Северного филиала ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», в соответствии с действующими нормативными документами: Федеральными Авиационными Правилами «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов», утвержденные приказом Минтранса РФ №60 от 03.03.2014 (ФАП-60), Инструктивными материалами по GAMET, SIGMET, AIRMET, по кодам METAR, SPECI, TAF, по специальным сообщениям AIREP, по форматам метеорологической информации.

В составе АМСГ имеются синоптики, техники-наблюдатели, инженеры по приборам.

Наблюдения начинаются за два часа до начала полетов и производятся в течение всего периода полетов, включая время, когда аэродром является запасным. Регулярные наблюдения в период полетов производятся через 30 минут в сроки 00 и 30 минут каждого часа. Результаты наблюдений оформляются в виде регулярных сводок погоды для передачи диспетчерам ОВД, на выносное

средство отображения метеоинформации ПИ-02, на ATIS – для передачи воздушным судам в полете, а также для распространения за пределы аэродрома – в виде сводок в кодовой форме METAR.

Общее управление воздушным движением в аэропорту Усинск осуществляется Усинским центром ОВД филиала «СевУралАэронавигация» ФГУП « Госкорпорация по ОрВД», пунктами ДПСП, МДП с обеспечением его необходимой метеорологической информацией.

2.1 Технические средства метеорологического обеспечения полетов

Основной пункт наблюдений (ОПН) расположен на удалении 328 метров от торца ВПП с МК-134, где производится полный комплекс приборных наблюдений за текущей погодой на аэродроме. Инструментальные наблюдения производится по приборам, согласно «Схеме размещения метеооборудования на аэродроме Усинск» (рисунок 2.1)

Рисунок 2.1 – Схема расположения метеооборудования на аэродроме Усинск

Автоматизированная метеорологическая измерительная система (АМИС) на аэродроме отсутствует.

Наблюдения за видимостью производятся по приборам ФИ-3, которые установлены с обоих торцов ВПП и на середине ВПП. Резерв-комплект приборов ФИ-4, щиты-ориентиры видимости, установленные вдоль ВПП, и подобранные ориентиры видимости. При нарушении приборных наблюдений за видимостью техник-метеоролог обеспечивает наблюдения за видимостью на аэродроме по ориентирам видимости.

Вспомогательный пункт наблюдений (ВПН) расположен на удалении 232 метра от торца ВПП с МК-314. На нем производятся наблюдения за параметрами ветра с помощью приборов ИПВ-01.01.

Дополнительные (ДПН) пункты наблюдений находятся на БПРМ (ближний приводной радиомаркер) с МК-134 и МК-314: производятся наблюдения за высотой нижней границы облачности по приборам ДВО-2 , ДОЛ-2. Наблюдения с ВПН, ДПН и середины ВПП производятся дистанционно с ОПН.

Наблюдения за явлениями погоды, количеством и формой облачности осуществляется техником-метеорологом визуально.

На аэродроме Усинск наблюдателями производятся следующие регулярные наблюдения:

а) Наблюдения за ветром у поверхности земли производятся на высоте 10 метров над поверхностью земли по приборам ИПВ-01.01 (рисунок 2.2), установленным на мачтах вблизи зоны приземления ВС с посадочными МК-134 и МК-314, ориентированных по магнитному меридиану.

Рисунок 2.2 – Измеритель параметров ветра ИПВ-01.01

б) Наблюдения за метеорологической дальностью видимости (метеорологической оптической дальностью MOR) вдоль ИВПП производятся дистанционно с ОПН по приборам ФИ-3, ФИ-4 (рисунок 2.3). Обеспечивается автоматическая регистрация показаний приборов-измерителей видимости. При выходе из строя основного оборудования, осуществляется переход на резервное оборудование. В случае отказа основного и резервного оборудования или сомнения в правильности показания приборов, техник-метеоролог принимает решение о переходе от инструментальных к визуальным наблюдениям.

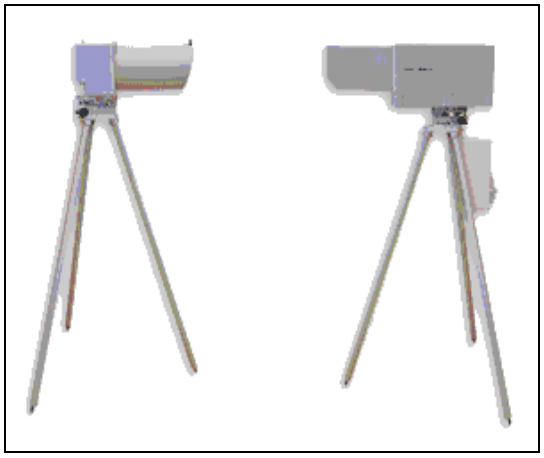
а)  б)

Рисунок 2.3 – Измерители дальности видимости

а) ФИ-3; б) ФИ-4

в) Данные наблюдений за явлениями текущей погоды должны быть репрезентативными для условий на аэродроме. По результатам наблюдений указываются тип, характеристики наблюдаемых явлений текущей погоды, а также проводится оценка их интенсивности.

г) Наблюдения за высотой облаков нижнего яруса проводятся инструментально по приборам ДВО-2, ДОЛ-2 (рисунок 2.4), установленным на ОПН (основной пункт наблюдений), и дистанционно по приборам ДВО-2, ДОЛ-2, установленным на ДПН-134 и ДПН-314 (дополнительный пункт наблюдений). Высота нижней границы облаков измеряется с помощью датчиков, установленных у БПРМ (ближняя приводная радиостанция с маркером) рабочего курса.

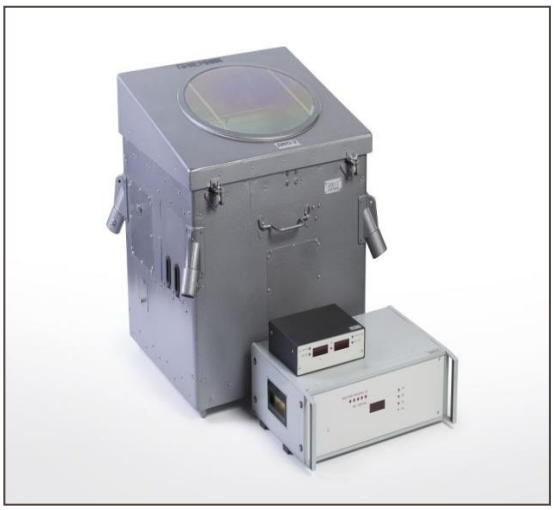
а) б) 

Рисунок 2.4 – Измерители высоты нижней границы облачности
а) ДОЛ-2; б) ДВО-2

Данные наблюдений за облачностью включают сведения о количестве, форме и высоте нижней границы облаков, полученной инструментальным или визуальным способом. При кратковременных отказах измерителей высоты

нижней границы облаков, а также в случаях, когда в слое облачности имеют место значительные разрывы и ее высота не может быть измерена.

д) Наблюдения за температурой и влажностью воздуха на аэродроме измеряются метеорологическими термометрами и гигрометрами, установленными в психометрической будке на метеорологической площадке, на высоте 2 метра от поверхности земли (рисунок 2.5).

Рисунок 2.5 – Психометрическая будка

При измерении температуры воздуха используются:

- психометрический термометр ртутный ТМ4;
- низкоградусный термометр спиртовой ТМ9;
- минимальный термометр спиртовой ТМ2;
- максимальный термометр ртутный ТМ1.

Влажность воздуха измеряется с помощью сухого и смоченного психометрических термометров ТМ4, а также при помощи волосного гигрометра.

е) Наблюдения за атмосферным давлением проводят по барометру сетевому БРС-1М-1 (рисунок 2.6а). В качестве резервного средства измерения используют станционный ртутный барометр чашечный СР-А (рисунок 2.6б).

а) б)

Рисунок 2.8 – Средства измерения атмосферного давления
а) барометр БРС-1М-1; б) барометр чашечный СР-А.

3 Измерение метеорологической дальности видимости

3.1 Метеорологическая дальность видимости

Когда мы наблюдаем отдаленные от нас объекты (здания, горы, деревья, трубы и т.д.), мы можем замечать, что их видимость может быть совсем непостоянна. Видимость объекта зависит от расстояния между наблюдателем и объектом, от размеров и формы объекта, от яркости и цвета объекта и фона, на котором этот объект рассматривается, от освещенности объекта и фона, от прозрачности атмосферы, а также от свойств органа зрения – глаза.

Метеорологическая дальность видимости (МДВ) – это такое предельное расстояние, на котором в дневное время виден черный предмет на фоне неба, если угловые размеры этого предмета не меньше 15' (угловых минут).[1] Чем больше расстояние от наблюдателя до объекта, тем больше должен быть этот самый предмет.

Метеорологическая дальность видимости очень важная величина для обеспечения полетов, ведь из-за малой дальности видимости могут случаться авиакатастрофы. Поэтому измерять видимость необходимо наиболее точно.

Определение видимости для авиационных целей формируется следующим образом: видимость авиационных целей представляет собой наибольшую из следующих величин:

a) наибольшее расстояние, на котором можно различить черный объект приемлемых размеров, расположенный вблизи земли, при его наблюдении на светлом фоне;
b) наибольшее расстояние, на котором можно различить и опознать огни света около 1000 КД на неосвещенном фоне. [4]

При инструментальных наблюдениях за видимость принимается метеорологическая оптическая дальность видимости (MOR), под которой понимается длина пути светового потока в атмосфере, на котором он ослабляется

до 0,05 его первоначального значения. МДВ (MOR) зависит только от прозрачности атмосферы.

Для авиационных целей, при инструментальных наблюдениях, диапазон измерения видимости составляет от 25 метров до 10 километров. Значения видимости, которые превышают или равны 10 км, указываются как 10 км. [4]

Измеренные значения видимости округляются в меньшую сторону. То есть, измеренная дальность видимости 55 метров будет указываться как 50 метров. Видимость сообщается в следующих кратных величинах:

1. кратных 50 метров при значениях МДВ менее 800 метров;
2. кратных 100 метров при значениях МДВ от 800 и более, но менее 5000 метров;
3. кратных 1000 метров при значениях МДВ от 5000 и более, но менее 10000 метров;
4. МДВ 10 км кодируется как 9999.

Следовательно, измеренная дальность видимости 380 метров будет указываться как 350 метров; измеренная дальность видимости 3850 метров указывается как 3800 метров; измеренная дальность видимости 7680 метров сообщатся как 7000 метров.

Метеорологическая дальность видимости может быть измерена тремя способами:

1) Визуальные наблюдения – производятся как в дневное время, так и в ночное время суток.

2) Инструментально-визуальные наблюдения – называются так, потому что при этом методе наблюдений используется не только прибор, но и человеческий глаз. Инструментально-визуальный метод довольно трудоемкий и не является универсальным при определении МДВ для темного и светлого времени суток. Поэтому он непригоден для дистанционных и автоматических измерений, которые необходимы для аэродромов.

3) Инструментальные наблюдения за метеорологической дальностью видимости делятся на несколько групп:

- приборы, для измерения метеорологической дальности видимости в проходящем свете (трансмиссометры);
- приборы, для измерения МДВ в отраженном и рассеянном свете (нефелометры);
- приборы, для измерения МДВ в отраженном и рассеянном свете под углом.

Далее более подробно рассмотрим методы измерения МДВ, используемые на аэродроме Усинск.

3.2 Визуальный метод определения МДВ

Визуальный метод определения МДВ заключаются в том, что в светлое время суток наблюдатель осматривает имеющиеся ориентиры видимости, начиная с самого близкорасположенного, и определяет, какие из объектов видимы, а какие невидимы. Видимым считается предмет, который различается на фоне неба или воздушной дымки хотя бы в виде контура. Чем больше на аэродроме будет установлено щитов (ориентиров), тем более точно можно определить видимость.

Щиты-ориентиры должны быть:

а) черно-белыми (в виде четырех расположенных в шахматном порядке клеток) – если они с места наблюдения проецируются на возвышенность, горы, лес и другие объекты;

б) черными – если они проецируются с места наблюдения на фон неба.

Рекомендуемые размеры щитов:

1,5*1,5 – на расстоянии до 800 метров;

2,5*2,0 – на расстоянии от 800 до 1500 метров;

3,0*2,0– на расстоянии более 1500 метров. [3]

В ночное время суток видимость определяется по точечным источникам света (огням) и принимается равной расстоянию до самого удаленного видимого огня, который имеет вид светящейся точки. Если огонь представляется в виде расплывчатого светлого пятна, то его необходимо считать невидимым. Если в ночное время используются щиты-ориентиры, то они должны быть освещены. Лампочка на щите-ориентире должна быть 60 Вт. Для хорошей оценки дальности видимости в темное время суток, наблюдатель должен провести не менее 5 минут в неосвещенном месте, это делается для адаптации глаз. [3] Далее наблюдатель осматривает все световые ориентиры и определяет наиболее удаленный из них.

Каждый аэродром подбирает для себя свои подобранные естественные или искусственные ориентиры видимости для дневного и ночного определения метеорологической дальности видимости, с указанием азимута и расстояния до каждого ориентира. Это могут быть вышки, трубы, скалы, колокольни хвойный или лиственный лес и т.д. Но наблюдатель не может использовать какие-либо дополнительные оптические устройства (бинокль, телескоп, теодолит и пр.). Также не рекомендуется проводить наблюдения через окно, особенно в ночное время суток. Наблюдатель должен быть на высоте над поверхностью земли не менее 1,5 м. Это особенно важно в условиях плохой видимости. Немаловажным условием является острота зрения наблюдателя, она должна быть равной 1,0 на каждый глаз. Наблюдатель должен ежегодно проходить проверку зрения. [2]

Наблюдатели АМСГ Усинск в качестве визуальных наблюдений используют щиты-ориентиры видимости черно-белого окраса (рисунок 3.1), а также подобранные ориентиры видимости (таблица 3.1), которые можно использовать как в светлое, так и в темное время суток.

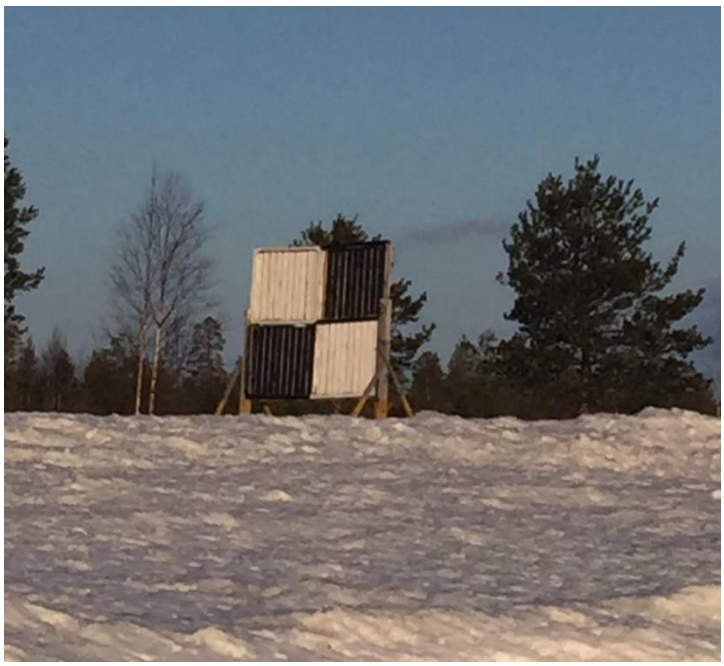


Рисунок 3.1 – Ориентиры видимости на аэродроме Усинск

Таблица 3.1

Ориентиры видимости с указанием азимута и расстояния до каждого ориентира

1. Щит - 300 метров - азимут 130 градусов
2. Щит - 400 метров - азимут 130 градусов
3. Щит - 500 метров - азимут 130 градусов
4. Щит - 600 метров - азимут 230 градусов
5. Щит - 700 метров - азимут 210 градусов
6. Щит - 800 метров - азимут 200 градусов
7. Щит - 900 метров - азимут 200 градусов
8. Щит - 1000 метров - азимут 190 градусов
9. Щит - 1200 метров - азимут 190 градусов
10. Щит - 1500 метров - азимут 130 градусов
11. Щит - 1700 метров - азимут 130 градусов
12. Щит - 2000 метров - азимут 130 градусов
13. ОРЛ - 650 метров - азимут 220 градусов
14. ДМЕ -1060 метров - азимут 190 градусов
15. Мачта освещения - 1290 метров - азимут 130 градусов
16. Вышка КДП - 1360 метров - азимут 130 градусов
17. Мачта ВПН - 2050 метров - азимут 130 градусов
18. ДПРМ - 4500 метров - азимут 320 градусов
19. Труба котельной - 8000 метров - азимут 90 градусов
20. Факел головные - 10000 метров - азимут 360 градусов

Схема расположения ориентиров видимости на ВПП в аэропорту Усинск приведена на рисунке 3.2.

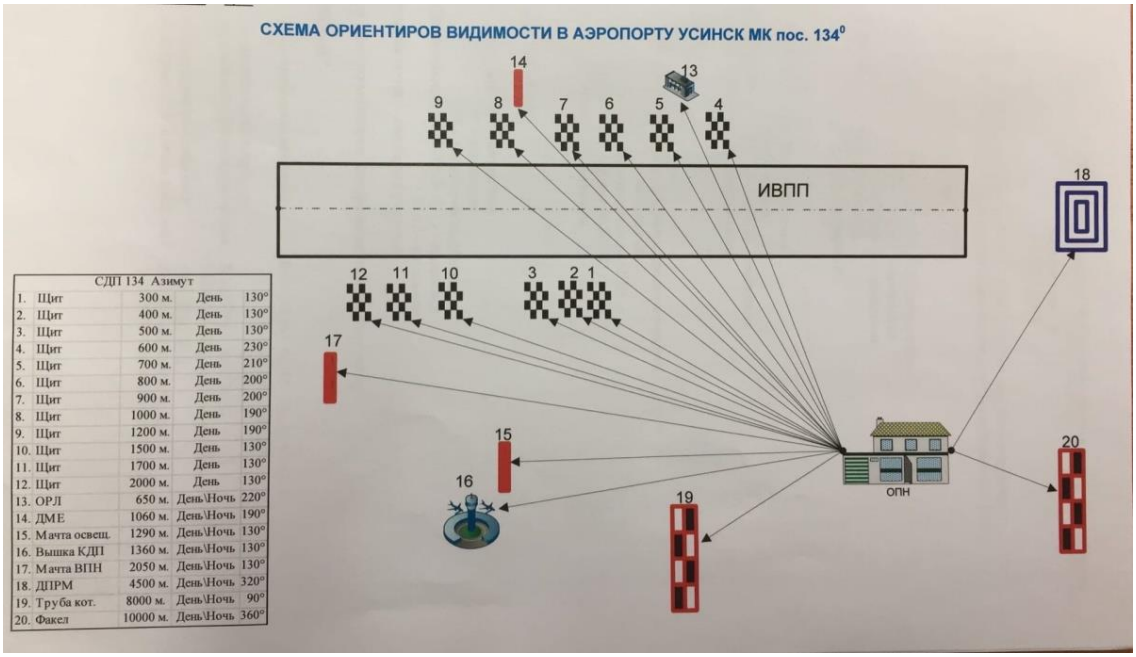


Рисунок 3.2 – Схема расположения ориентиров видимости на ВПП в аэропорту Усинск

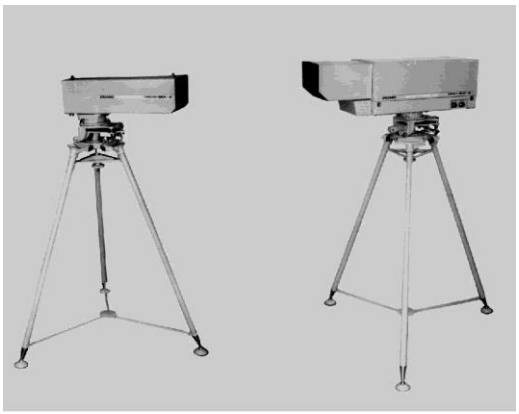
Визуальный метод определения МДВ является довольно-таки неточными. Поэтому в аэропорту Усинск визуальные методы наблюдения за видимостью используют редко, в качестве резерва, при технических неисправностях основных приборов, а также если возникают сомнения в правильности их показаний, при экстренном отключении электропитания.

3.3 Инструментальный метод измерения МДВ

Одним из наиболее часто используемых приборов для определения МДВ является фотометр импульсный (ФИ). Фотометр импульсный работает по принципу трансмиссометра.

Фотометры ФИ-1, ФИ-2, ФИ-3, ФИ-4 (рисунок 3.3) могут использоваться как автономно, так и в составе аэродромных метеорологических систем и

станций (типа КРАМС-2, КРАМС-2-АРМ, КРАМС-4, АМИС-1, АМИС-РФ, АМИИС-2000, MILOS-500, AWS-861 или аналогичных им).

а) б) 

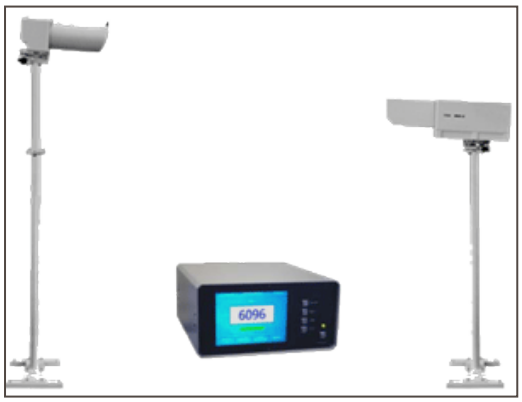
в) г) 

Рисунок 3.3 – Фотометр импульсный
а) ФИ-1; б) ФИ-2; в) ФИ-3; г) ФИ-4

Основные блоки фотометра – фотометрический блок (БФ), два отражателя (ОД и ОБ) и преобразователь функциональный. Если рассматривать, например, прибор ФИ-1, то у него дальний отражатель (ОД) – находится на расстоянии 100 метров от БФ, а ближний отражатель (ОБ) – находится на расстоянии 20 метров от БФ. При МДВ от 50 до 1600 метров используют ближний отражатель. При значениях МДВ от 400 до 6000 метров используют дальний отражатель. [6] Выбор диапазона измерения, т.е. переход с ОД на ОБ и обратно осуществляется автоматически при понижении (или повышении) выходного напряжения,

связанного с МДВ, до значения 0,4 В (400 м) или 1,6 В (1600 м). Имеющийся в комплекте самописец позволяет вести запись изменения МДВ со временем.

Наличие двух отражателей имеет свой смысл. Если бы у прибора был только один отражатель, к примеру, дальний, то при очень плохой видимости, например при густом тумане, световой пучок даже не дойдет до отражателя, и, тем более, отраженный свет не попадет обратно. А если будет только ближний отражатель, то при хорошей видимости свет не будет ослабляться, потому что на таком маленьком расстоянии на его путь практически не повлияют аэрозоли.[5]

Каждая новая модель фотометра импульсного изменяется в ногу со временем, например, надежность работы прибора ФИ-3 значительно повышена. У фотометров ФИ-1 и ФИ-2 один контур обратной связи, благодаря чему регулируется чувствительность ФЭУ. А в ФИ-3 – два контура обратной связи, один рассчитан на ФЭУ, а второй – на лампу, таким образом появляется возможность регулировать обе части схемы.[5] У каждой модели импульсного фотометра свои измерительные базы и пределы измерения (таблица 3.2). Например, фотометр ФИ-3 может работать с тремя базовыми расстояниями. А каждая последующая модель прибора имеет более широкие пределы. Так ФИ-4 может проводить измерения в пределах от 20 метров до 10 километров.

Таблица 3.2

Характеристики модификаций импульсного фотометра

	Пределы измерения	Измерительные базы
ФИ-1	50-6000	20/100
ФИ-2	60-6000	90/100
ФИ-3	30-8000	50/70/100
ФИ-4	20-10000	35/100

В Усинске на АМСГ для измерения МДВ (MOR) используются приборы ФИ-3 и ФИ-4. Фотометрические блоки которых установлены, согласно требованиям, с обоих торцов и на середине ВПП. Блоки индикации МДВ ФИ-3

и ФИ-4 располагаются в помещении основного пункта наблюдений (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 – Блоки индикации ФИ-3 и ФИ-4 на АМСГ Усинск

3.3.1 Фотометр импульсный ФИ-3

Импульсный фотометр ФИ-3 (рисунок 3.5) выпускается с измерительными базами 50, 70, 100 м. В состав прибора входят:

- блок фотометрический;
- блок отражательный;
- блок индикации;
- щит сетевой;
- тренога (1 шт.);
- подставка (2 шт.).

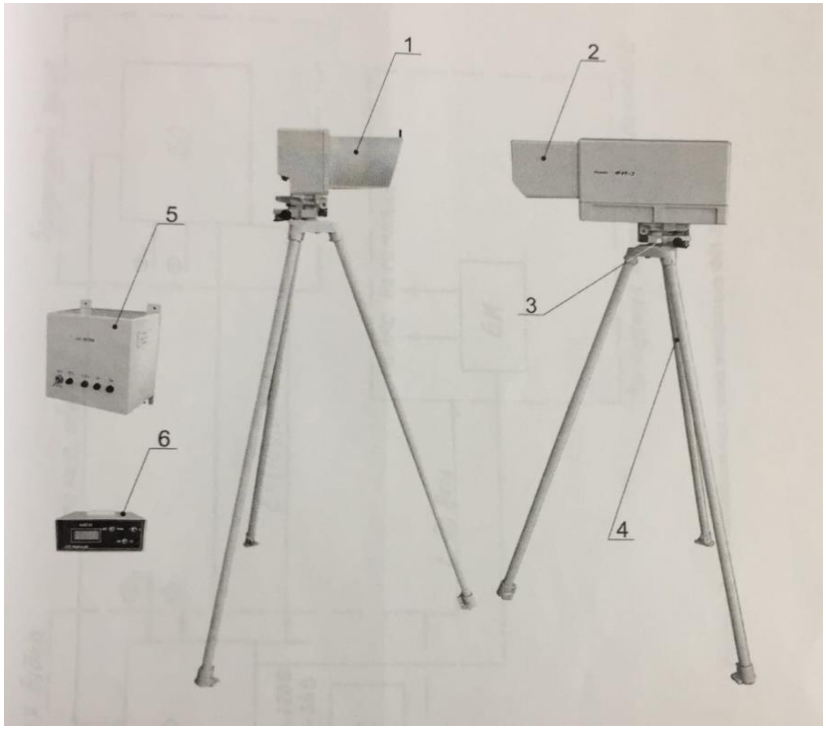


Рисунок 3.5 – Импульсный фотометр ФИ-3

1) блок отражательный (ОБ); 2) блок фотометрический (БФ); 3) подставка; 4) тренога; 5) щит сетевой; 6) блок индикации

Технические характеристики импульсного фотометра ФИ-3 приведены в таблице 3.3.

В измерителе обеспечена возможность подключения самопишущего регистрирующего прибора для обеспечения непрерывной или дискретной (не более 1 минуты) регистрации данных наблюдений. Выбор режимов ОБ и ОД производится ФИ-3 автоматически, но предусмотрена возможность переключения отражателей тумблером на блоке индикации и в ручном режиме (рисунок 3.6).

Импульсный фотометр ФИ-3 работоспособен в диапазоне температур от минус 50 до 50 °С и при относительной влажности до 100% при температуре 35 °С. Возможна эксплуатация прибора без защитных сооружений. [6]

Таблица 3.3

Технические характеристики ФИ-3

Диапазон измерений метеорологической оптической дальности (МОД), м при длине базисной линии (50±0,3) м при длине базисной линии (70 ±0,5) м при длине базисной линии (100±0,5) м	 от 30 до 4000 от 40 до 6000 от 60 до 8000
Пределы допускаемой погрешности измерения МОД, %: в диапазоне от 30 до 200 м в диапазоне свыше 200 до 400 м в диапазоне свыше 400 до 1500 м в диапазоне свыше 1500 до 3000 м в диапазоне свыше 3000 до 8000 м	 ±15 ±10 ±7 ±10 ±20
Дистанционность измерений по проводной линии связи, км	8
Рабочий температурный диапазон, °С	от -50 до +50
Параметры питающей сети	187 – 242 В 50 Гц
Мощность потребления, ВА с обогревом, не более	150
Срок службы, лет	8
Гарантийный срок со дня ввода в эксплуатацию, месяцев	12

Рисунок 3.6 – Блок индикации ФИ-3

3.3.2 Фотометр импульсный ФИ-4

Фотометр импульсный ФИ-4 (рисунок 3.7) является результатом глубокой модернизации изделия ФИ-3, в ходе которой был учтен опыт многолетней эксплуатации, а также требования к работе измерителя без защитных сооружений (будок МДВ). ФИ-4 стал полностью цифровым датчиком, что позволило расширить диапазон измерений и увеличить их точность, повысить надежность передачи результатов измерений, а также предоставило дополнительные возможности для самодиагностики отказов. Основными составными частями ФИ-4 являются: блок фотометрический, блок отражательный и блок управления.

Рисунок 3.7 – Импульсный фотометр ФИ-4

1) блок отражательный; 2) блок фотометрический; 3) подставка;

4) стойка; 5) блок управления

Для работы ФИ-4 предусмотрены две измерительные базы 35 и 100 м. Широкий диапазон измерений (20-10000 м) достигается, благодаря наличию двух режимов:

- в нижнем диапазоне: измерение коэффициента светового пропускания в прямом направлении (БФ > БО, режим ОБ);
- в среднем и верхнем диапазоне: измерение коэффициента светового пропускания в прямом и обратном направлении (БФ > БО > БФ, режим ОД).

Технические характеристики ФИ-4 представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Технические характеристики ФИ-4

Диапазон измерений метеорологической оптической дальности, м - при длине базисной линии (35,0±0,2) м - при длине базисной линии (100,0±0,5)м	 от 20 до 6 000 от 45 до 10 000
Пределы допускаемой погрешности измерения МОД,%: - в диапазоне менее 250 м - в диапазоне от 250 до 3000 м - в диапазоне свыше 3000 м	 ±15 ±10 ±20
Дальность передачи информации и сигналов управления между БФ и БУ, км	8
Напряжение питания, В	от 187 до 242
Частота, Гц	50±2,5
Потребляемая мощность, ВА, не более: - блоки фотометрический и отражательный (включая обогрев); - блок управления.	 150 60
Срок службы, лет, не менее	8

Блок управления и индикации (рисунок 3.8) может работать как в автономном режиме, так и в составе различных измерительных систем с помощью линий RS-232/RS-485/ Ethernet.

Рисунок 3.8 – Блок управления и индикации ФИ-4

В фотометре четвертого поколения предусмотрен режим самодиагностики отказов, ведения архива за последние 30 суток работы и статистической обработки данных измерений. Существует возможность установки порогового значения МДВ и звуковой сигнализации его перехода.

Импульсный фотометр ФИ-4, также как и предыдущая модификация прибора (ФИ-3), работоспособен в диапазоне температур от минус 50 до 50 °С и при относительной влажности до 98% при температуре 35 °С. [7]

4 Сравнение показаний данных МДВ между приборами ФИ-3 и ФИ-4

4.1 Архив данных МДВ

Для сравнительного анализа данных модификаций импульсного фотометра ФИ-3 и ФИ-4 о метеорологической дальности видимости на аэродроме Усинск был сформирован архив за три месяца 2020 года: январь, февраль и март. Сравнительный анализ было решено проводить параллельно, по парам приборов, установленным у порогов и в середине ВПП.

Дискретность полученных данных составила 1 минуту, таким образом, количество измерений составило по 16780 значений за каждый исследуемый месяц.

Поскольку возможности пакета Excel несколько ограничены: программа производит построение графиков и расчет характеристик массивов, включающих не более тридцати тысяч значений – было принято решение производить анализ данных по месяцам.

4.2 Сравнительный анализ данных

Для проведения сравнительного анализа данных были построены графики изменчивости МДВ по показаниям основного и резервного измерителя в начале, в середине и в конце ВПП (рисунок 4.1). На графиках заметны различия между данными, полученными с ФИ-3 и ФИ-4, но из-за большого количества значений и незначительной разницы в показаниях фотометров выявить и проанализировать ее достаточно сложно.

Тем не менее можно однозначно отметить, что в январе 2020 года было достаточно много дней с хорошей видимостью и только на протяжение нескольких дней (самый длительный период с 8 января) значения МДВ опускались ниже отметки в 4000 метров. Это справедливо для показаний датчиков в начале, и отчасти в конце ВПП. Интересно, что сильнее всего

менялись значения МДВ в середине ВПП и случаев с недостаточной видимостью тут зафиксировано гораздо больше.

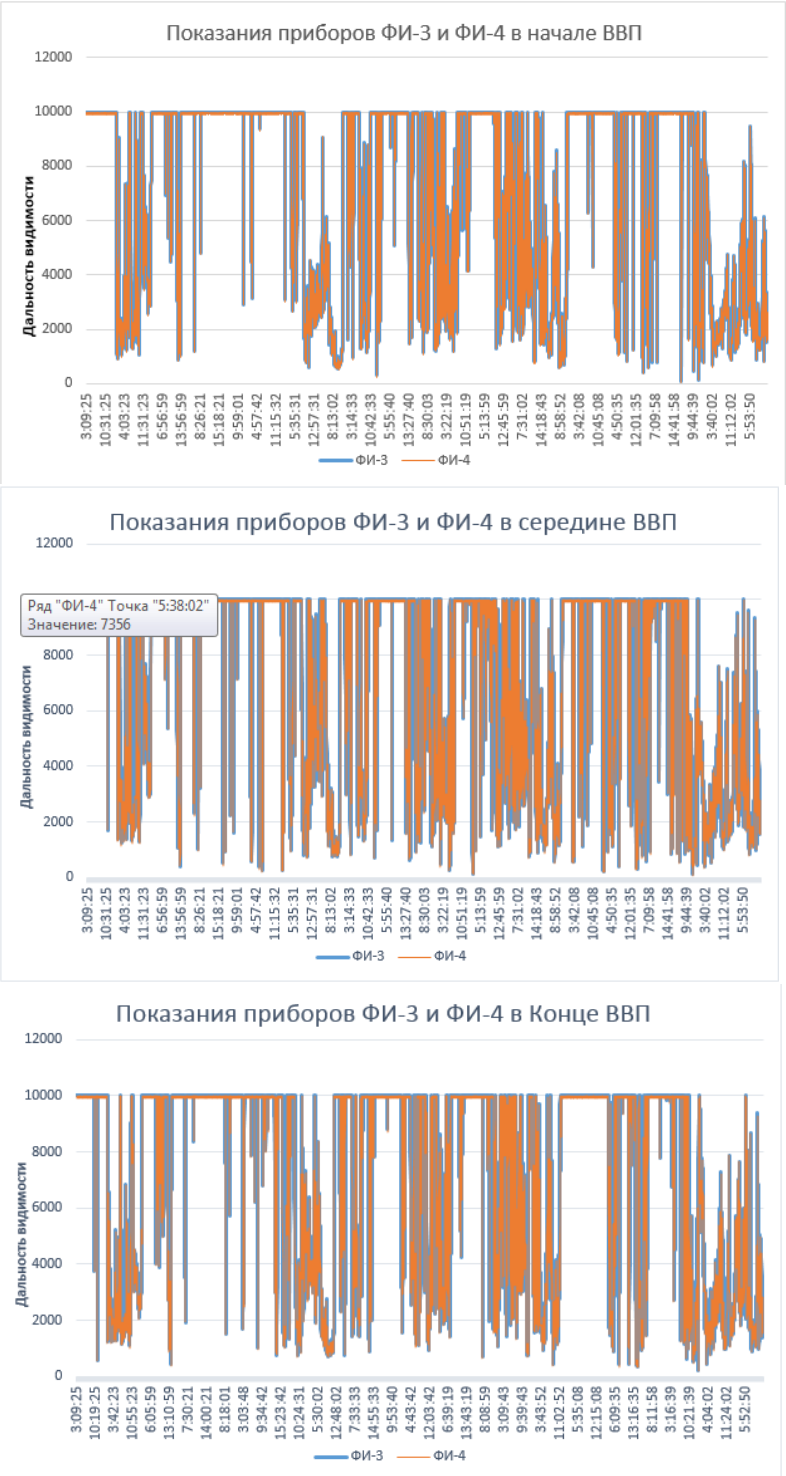


Рисунок 4.1 – Изменение МДВ в январе 2020 г.

В феврале 2020 г. (рисунок 4.2) значения МДВ менялись гораздо чаще, чем в январе. В середине февраля хорошо видно различие в значениях МДВ в начале,

середине и в конце ВПП. При этом первая пара приборов (начало ВПП) дает видимость 10 км, вторая и третья (середина и конец ВПП) пары датчиков фиксируют понижение дальности видимости ниже отметки в 1000 м.

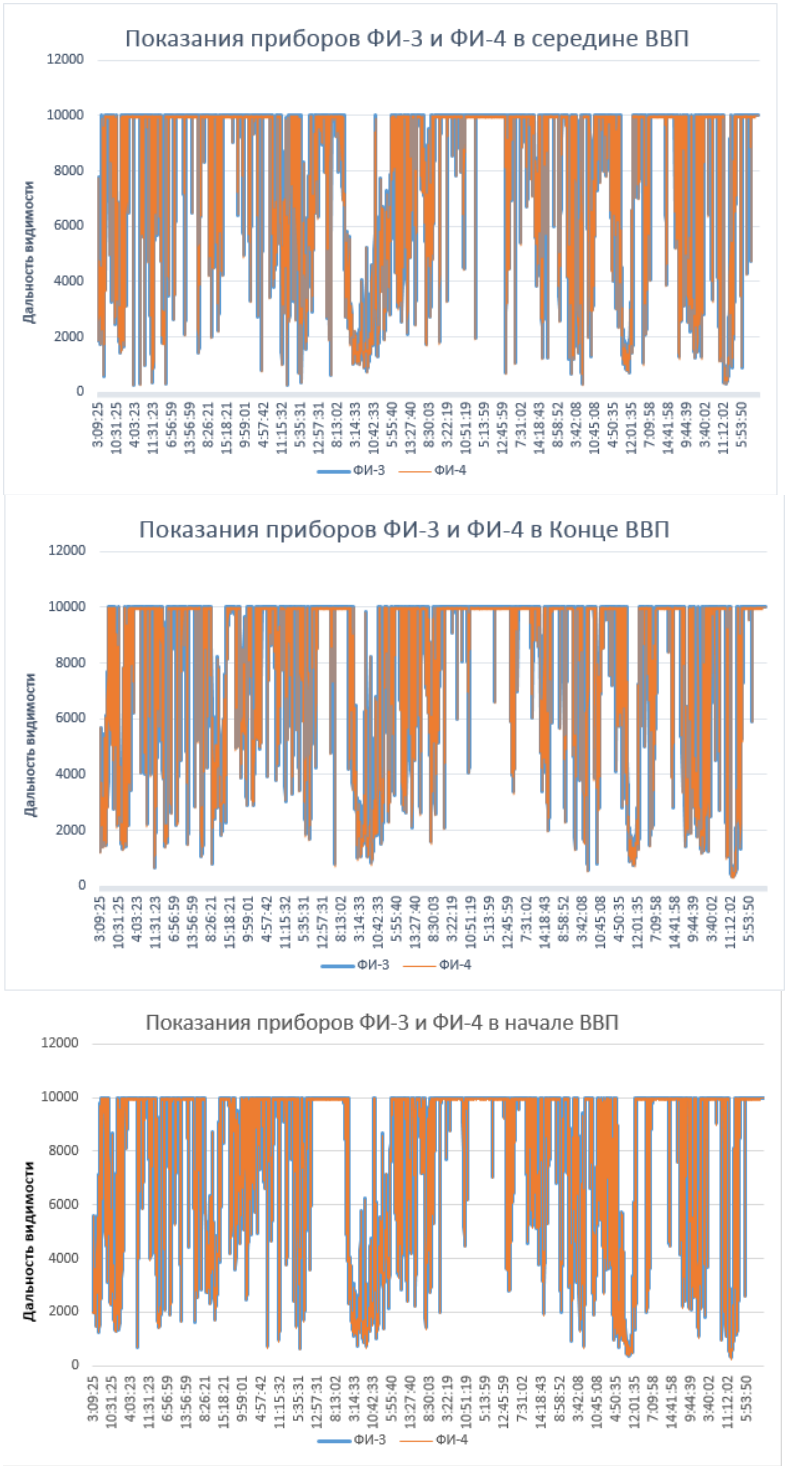


Рисунок 4.2 – Изменение МДВ в феврале 2020 г.

В марте также как и в январе и в феврале разница между показаниями основных и резервных средств измерения небольшая (рисунок 4.3). Реже

ухудшение видимости было зарегистрировано в марте. В этом месяце ухудшение видимости наблюдалось примерно в половине рассматриваемых случаев.

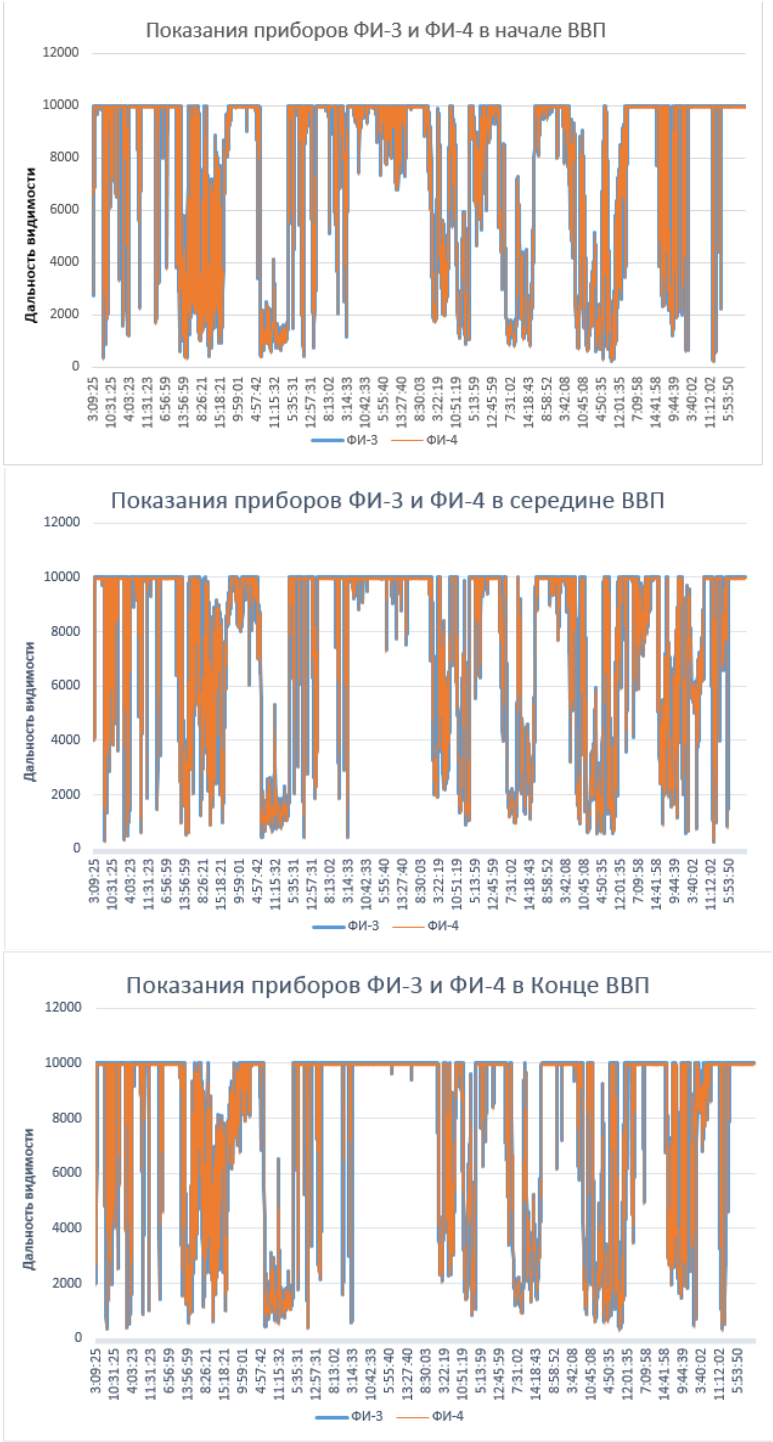


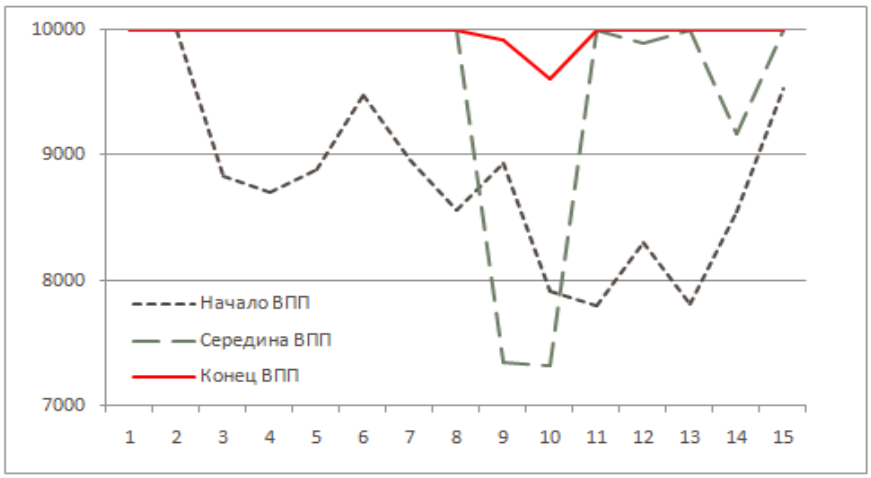
Рисунок 4.3 – Изменение МДВ в марте 2020 г.

В середине марта наиболее хорошо заметна разница в значениях МДВ в начале, в середине и в конце ВПП. Если по данным фотометра в конце ВПП

прозрачность атмосферы около 100% (МДВ 10000 м), в середине ВПП наблюдается некоторое ухудшение МДВ, то в начале ВПП приборы регистрируют значительно более частое изменение МДВ. Поэтому было решено более детально изучить изменчивость МДВ в начале, середине и в конце ВПП.

В качестве примера изменения видимости на ВПП были выбраны два промежутка времени за 10 марта с 6.39 до 6.53 9 (рисунок 4.4а) и за 1 марта с 7.26 до 7.43 (рисунок 4.4б).

а)



б)

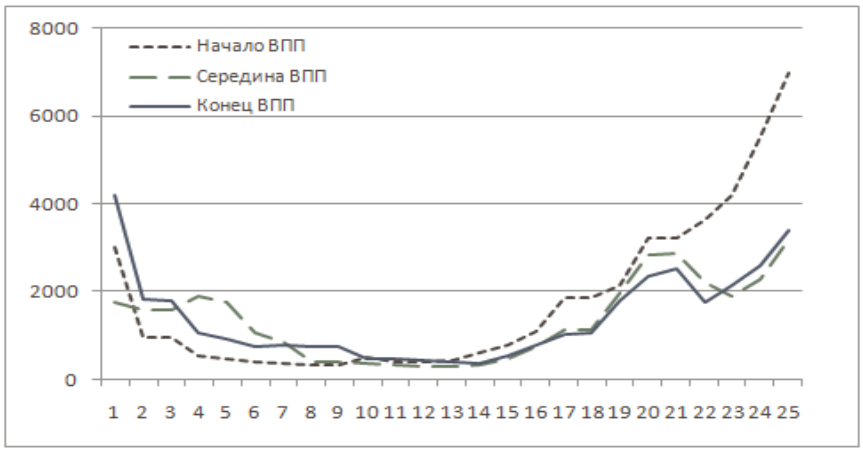


Рисунок 4.4 – Пространственное изменение МДВ на ВПП

а) 10 марта; б) 1 марта

На рисунке 4.4а хорошо заметно, что в конце ВПП основное средство измерения (ФИ-3) регистрирует видимость 10 км. В то же время фотометр в начале ВПП показывает более низкие значения (на 1000-2000 м меньше), а в 6.48

падает видимость и в середине полосы (7325 м). На рисунке 4.4б видно, что при наличии явления, сильно ухудшающего видимость, все три основных средства измерения фиксируют разные значения. Кроме того видно изменение интенсивности явления от середины до конца ВПП.

Выполненный анализ наглядно демонстрирует необходимость измерения МДВ в трех точках ВПП, поскольку пространственные изменения дальности видимости могут встречаться при любых явлениях, ухудшающих видимость, и при этом при любой прозрачности атмосферы.

4.3 Выявление разницы в показаниях ФИ-3 и ФИ-4

После построения графиков МДВ, измеренной в трех точках ВПП двумя модификациями фотометров стало ясно, что на основании визуального анализа делать какие-либо выводы невозможно, необходимо выполнить качественный и количественный анализ данных.

Для получения качественной оценки разницы значений МДВ были произведены расчета ΔL по формуле (1.1) и построены графики по данным трех пар приборов.

$$\Delta L = L_{ФИ\text{-}3} - L_{ФИ\text{-}4} \quad (1.1)$$

Как видно из графиков (рисунок 4.5) фотометр ФИ-3 в январе в основном дает более высокие значения МДВ, чем фотометр ФИ-4, но и завышение показаний у фотометра ФИ-4 тоже встречается довольно часто. По всем трем парам датчиков чаще завышение показаний фотометром ФИ-3 составляет порядка 100 метров, а фотометр ФИ-4 не превышает 40 метров. И только в одном случае первая пара приборов дала завышение у ФИ-3 в 156 метров.

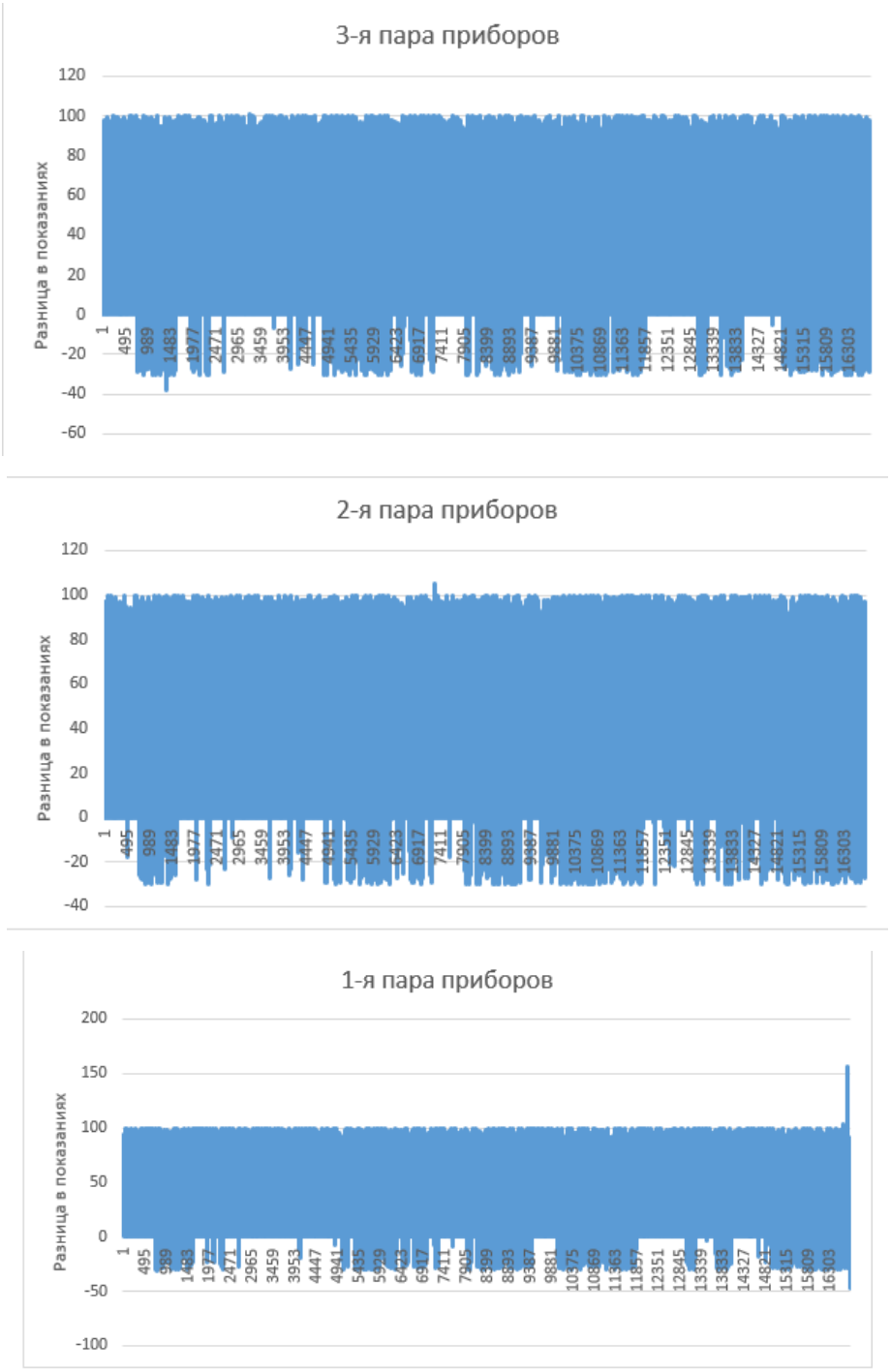


Рисунок 4.5 – Разница в показаниях ФИ-3 и ФИ-4 за январь

Для проведения количественной оценки разницы в показаниях приборах, в пакете Excel был проведен расчет средней ошибки и выявлено количество завышений показаний основными (ФИ-3) и резервными (ФИ-4) средствами измерения. Таким образом значение средней ошибки в показаниях трех пар

фотометров ФИ-3 и ФИ-4 находится в диапазоне от 36,7 м до 37,2 м (таблица 4.1). При этом максимальное (завышение у ФИ-3) и минимальное (завышение у ФИ-4) значение средней ошибки отмечено у первой пары приборов (в начале ВПП) и составило 156 м и 47 м (завышение у ФИ-4) соответственно. Вторая и третья пара фотометров дают примерно одинаковые показания.

Таблица 4.1

Средняя ошибка определения МДВ ФИ-3 и ФИ-4 в январе 2020 г.

	1-ая пара	2-ая пара	3-я пара
ΔL за месяц	36,7	37,2	36,9
ΔL max	156	105	101
ΔL min	-47	-30	-38

Всего за январь 2020 г. случаи завышения показаний фотометром ФИ-3 по данным расчетов составили 76%, фотометром ФИ-4 – 10 % и в 14% случаев разница в показаниях приборов отсутствовала (таблица 4.2).

Таблица 4.2

Количество случаев завышения или занижения показаний МДВ фотометрами ФИ-3 и ФИ-4 в январе 2020 г.

	случаи завышения или занижения показаний					
	1-ая пара		2-ая пара		3-ья пара	
	ΔL	%	ΔL	%	ΔL	%
>0	12750	76	12826	76	12772	76
<0	1707	10	1685	10	1686	10
0	2323	14	2269	14	2322	14
Всего случаев	16780		16780		16780	

В феврале разница в показаниях фотометров аналогична данным за январь (рисунок 4.6), за исключением нескольких случаев, зарегистрированных первой и второй парой приборов. У первой пары фотометров в точках 31 и 32

зарегистрирована разница в показаниях +117 (завышение у ФИ-3) и 42 метра (завышение у ФИ-4). У второй (в середине ВПП) – в точках 56 и 61 + 106 (завышение у ФИ-3) и 41 метр (завышение у ФИ-4).

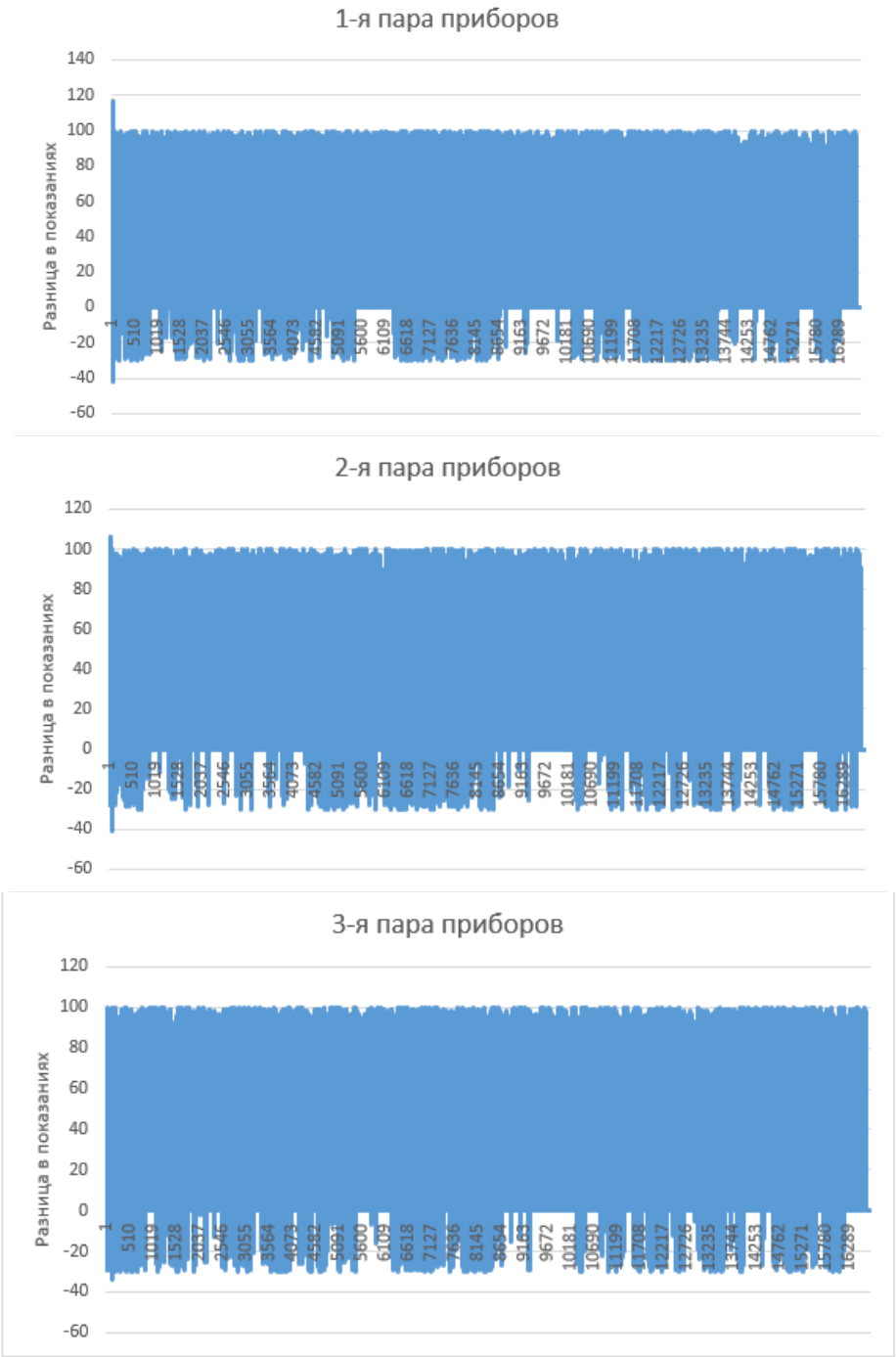


Рисунок 4.6 – Разница в показаниях ФИ-3 и ФИ-4 за февраль

Значение средней ошибки по всем парам приборов в феврале находится в диапазоне 36,6-37,2 м (таблица 4.3). Значения максимальной и минимальной средней ошибки в начале и в середине ВПП указаны выше, по третьей паре приборов (в конце ВПП) максимальное значение ошибки составило 100 метров (завышение у ФИ-3), а минимальное – минус 34 метра (завышение у ФИ-4).

Таблица 4.3

Средняя ошибка определения МДВ ФИ-3 и ФИ-4 в феврале 2020 г.

	1-ая пара	2-ая пара	3-я пара
ΔL за месяц	37,2	36,4	36,9
ΔL max	117	106	100
ΔL min	-42	-41	-34

Всего в феврале 2020 г. количество случаев завышения показаний фотометром ФИ-3 по данным расчетов составили 76% по всем трем парам приборов (таблица 4.4). Завышения показаний фотометром ФИ-4 наблюдались в 10 % случаев (1645 значений) у первой пары и в 9% случаев у второй и третьей пары фотометров. Соответственно, разница в показаниях приборов отсутствовала в 14% случаев у первой пары и в 15% случаев у второй и третьей пары фотометров.

Таблица 4.4

Количество случаев завышения или занижения показаний МДВ фотометрами ФИ-3 и ФИ-4 в феврале 2020 г.

	случаи завышения или занижения показаний					
	1-ая пара		2-ая пара		3-ья пара	
	ΔL	%	ΔL	%	ΔL	%
>0	12786	76	12744	76	12688	76
<0	1645	10	1496	9	1550	9
0	2349	14	2540	15	2542	15
Всего случаев	16780		16780		16780	

В марте 2020 года (рисунок 4.7) видно, что есть значительное несоответствие значений видимости между ФИ-3 и ФИ-4, установленных в одном месте (в начале ВПП). Максимальное различие наблюдается в промежутке между 5865 и 5936 значениями (всего на протяжении 71 значения) и составляет минус 1086 метра (завышение показаний фотометром ФИ-4). Это довольно большое и значимое различие, на которое должен обратить внимание наблюдатель и сообщить о неполадках инженеру по приборам. В данном случае можно сделать вывод, что фотометр ФИ-3 давал заниженные показания вследствие загрязнения оптических деталей отражателя и защитного стекла блока БФ. Судя по графику, проблема была быстро, устранена прибористом.

В середине и в конце ВПП основная масса значений разности в показаниях приборов аналогична данным за январь и февраль и находится в районе значений +100 метров (завышение ФИ-3) и до -40 метров (завышение ФИ-4). За исключением двух случаев у второй пары фотометров в районе 303 и 328 значения и одного значения (№359) у третьей пары (рисунок 4.7).

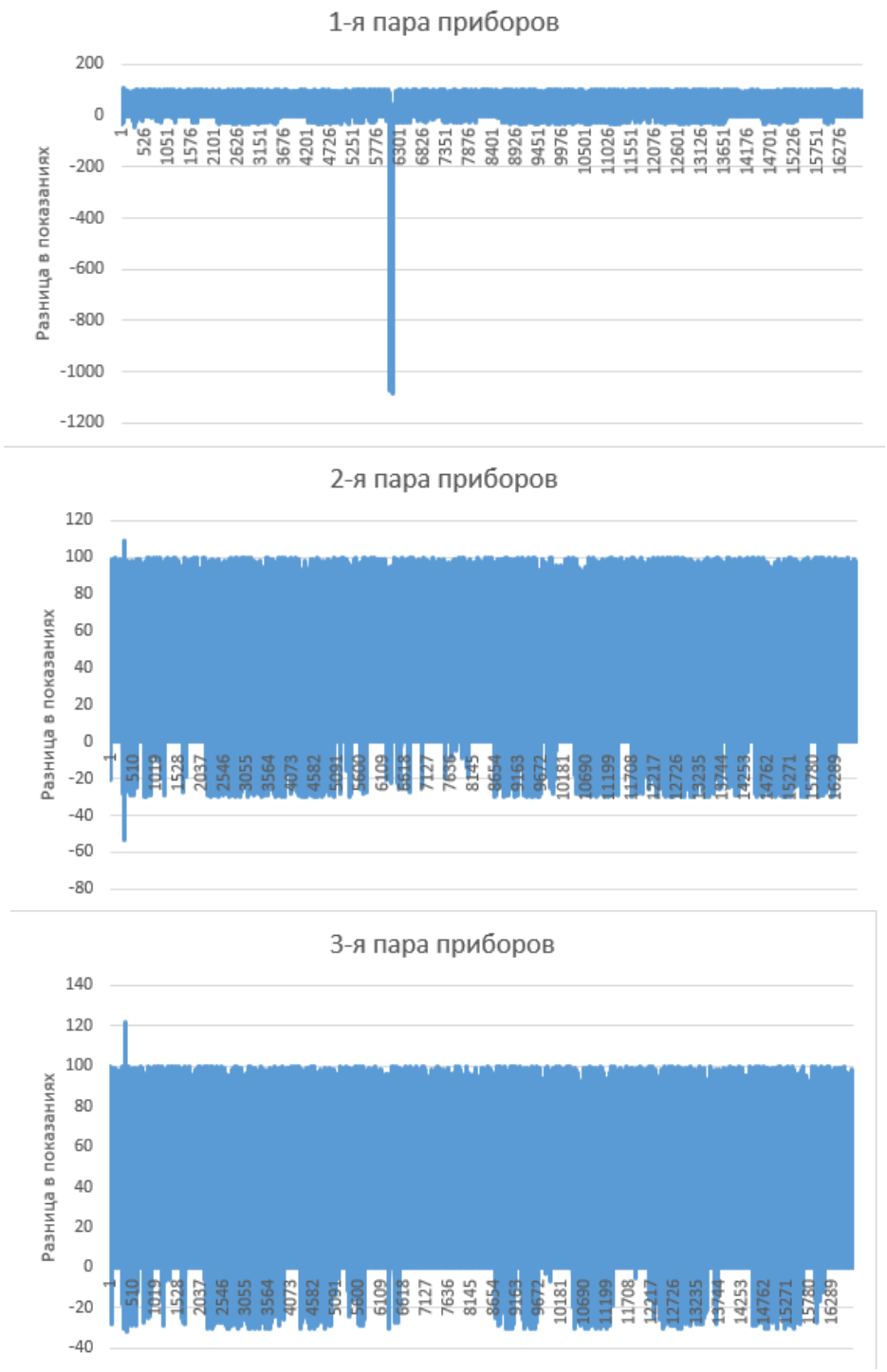


Рисунок 4.7 – Разница в показаниях ФИ-3 и ФИ-4 за март

Диапазон средней ошибки в марте стал шире, чем в январе и в феврале, 34,5-37,1 (таблица 4.5). Произошло это за счет выброса в данных у первой пары фотометров (рисунок 4.7). Минимальное значение ΔL возросло и у второй пары приборов.

Таблица 4.5

Средняя ошибка определения МДВ ФИ-3 и ФИ-4 в марте 2020 г.

	1-ая пара	2-ая пара	3-я пара
ΔL за месяц	34,5	36,4	37,1
ΔL max	107	109	122
ΔL min	-1086	-53	-32

В марте 2020 г. количество случаев завышения показаний фотометром ФИ-3 по данным расчетов составили 76% по первой паре приборов и 77% по второй и третьей парам (таблица 4.6). Завышения показаний фотометром ФИ-4 наблюдались в 11 % случаев у первой и второй пары и в 9% случаев у третьей пары фотометров. Разница в показаниях приборов отсутствовала в 13% случаев у первой и второй пары фотометров и в 15% случаев третьей пары.

Таблица 4.6

Количество случаев завышения или занижения показаний МДВ фотометрами ФИ-3 и ФИ-4 в феврале 2020 г.

	случаи завышения или занижения показаний					
	1-ая пара		2-ая пара		3-ья пара	
	ΔL	%	ΔL	%	ΔL	%
>0	12729	76	12856	77	12850	77
<0	1885	11	1800	11	1436	9
0	2166	13	2124	13	2494	15
Всего случаев	16780		16780		16780	

При анализе данных МДВ с приборов ФИ-3 и ФИ-4, установленных в одном месте ВПП, можно сделать вывод, что показания фотометров импульсных относительно ровные, но имеются незначительные завышения и занижения данных между приборами. Как известно, любой прибор имеет погрешность

измерений.[1] Фотометры ФИ-3 и ФИ-4 – не исключение, у них также имеется допустимая погрешность, что указано в их технических паспортах.

Более подробный анализ случаев показал, что завышение значений МДВ фотометрами ФИ-3 и ФИ-4 происходит при дальности видимости более 3000 метров. Согласно техническим характеристикам ФИ-3 и ФИ-4, погрешность измерения в данном диапазоне может составлять ±20% (таблицы 3.3, 3.4). Соответственно при видимости в 3000 метров погрешность может составить ±600 метров. В нашем случае разница в показаниях фотометров ΔL находится в рамках допустимой погрешности, в том числе при малых значениях дальности видимости.

Как видно из проведенного анализа, приборы ФИ-4 дают разницу в показаниях меньше, по сравнению с ФИ-3. Из этого можно сделать вывод, что ФИ-4 более чувствительный и точный прибор.

Заключение

В результате выполнения работы сформирован архив данных дальности видимости по измеренным значениям, полученным основными и резервными средствами измерения на аэродроме г. Усинск в начале, в середине и в конце ВПП. Архив содержит данные о МДВ за период с января по март 2020 года с дискретностью одна минута, по 16780 значений за каждый месяц.

На основе архивных данных проведен анализ пространственной и временной изменчивости значений МДВ.

В результате пространственного анализа выявлено, что дальность видимости достаточно часто меняется на ВПП, причем наиболее часто в середине ВПП.

Анализ временной изменчивости МДВ показал, что в феврале 2020 года наиболее часто наблюдалось ухудшение видимости, а в январе наблюдалось больше дней с высокими значениями МДВ.

Результат качественно-количественного анализа показал существующую разницу в показаниях ФИ-3 и ФИ-4. После проведенной серии расчетов было определено, что фотометр ФИ-3 дает завышенные показания по сравнению с ФИ-4 примерно в 76% случаев. При этом превышение в среднем составляет 100 м. Фотометр ФИ-4 завышает показания по сравнению с ФИ-3 в 9-10% случаев и превышение в основном составляет 40 метров. Также было выявлено, что эта разница в показаниях не превышает допустимую погрешность, указанную в техническом описании двух модификаций фотометров как при больших так и при малых значениях МДВ.

Приборы ФИ-4 дают разницу в показаниях меньше, по сравнению с ФИ-3. Кроме того ФИ-3 имеет меньший диапазон измерения. Из чего можно сделать вывод, что ФИ-4 более чувствительный и точный прибор.

В ходе выполнения работы был выявлен один случай значительного занижения значений МДВ (1086 метра) фотометром ФИ-3. Причиной занижения показаний стало загрязнение оптических деталей отражателя и защитного стекла

блока БФ. Проблема была быстро, устранена прибористом. Чтобы не возникали такие случаи, рекомендуется периодически протирать детали отражателя и защитное стекло блока БФ.

Список использованных источников

1 Н.О.Григоров, А.Г.Саенко, К.Л. Восканян. Методы и средства метеорологических измерений. – С-Пб.; 2012, 306с.

2 Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений. ВМО №8 Женева: ВМО, 2014. — 788 с. Издание 2008 г. Обновлено в 2010 г.

3 Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR). Издательский центр АНО «Метеоагентство Росгидромета» 123242, г. Москва, Нововаганьковский пер., д 8

4 Руководство по автоматическим системам метеорологического наблюдения на аэродромах. Doc 9837 AN/454, Издание первое — 2006, Международная организация гражданской авиации

5 Григоров Н.О. Вебинары на тему «Измерение метеорологической дальности видимости». http://fzo.rshu.ru/content/vebinar/grigorov4

6 Ломо-метео; Краткое описание измерителя дальности видимости Фи-3 http://lomo-meteo.ru/Devices/FI-3.html

7 Ломо-метео; Краткое описание измерителя дальности видимости Фи-4 http://lomo-meteo.ru/Devices/FI-4.html