



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Организация и проведение термокартирования
автомагистралей»

Исполнитель Прохоров Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор физико-математических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)
Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой ЭФА

(подпись)

Доктор физико-математических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

« 05 » июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

Введение.

1	Факторы, влияющие на изменение температуры поверхности дороги .	
1.1.	Температура поверхности дороги.....	6
1.1.1	Влияющие факторы.....	6
1.1.2	Связь с температурой воздуха	12
1.2	Атмосферные явления и поверхность дороги.....	13
1.2.1	Испарение и конденсации.....	13
1.2.2	Замерзание и таяние.....	14
1.2.3	Структура льда.....	17
1.3	Классификация зимней скользкости	18
2	Методы измерения температуры поверхности дороги.....	22
2.1	Устройство и принцип действия инфракрасного радиометра на примере автоматического одноканального инфракрасного радиометра (АИР-2).....	22
2.1.1	Назначение, устройство и условия эксплуатации автоматического одноканального инфракрасного радиометра (АИР 2).....	22
2.1.2	Технические данные автоматического одноканального инфракрасного радиометра.....	24
2.1.3	Устройство и принцип действия автоматического одноканального инфракрасного радиометра.....	25
2.1.4	Оптический блок ИК-радиометра.....	25
2.1.5	Дистанционное измерение характеристик состояния автодорожного покрытия.....	

2.2 Автоматические дорожные метеорологические станции на примере АДМС.ROSA.....	40
2.2.1 Структура оборудования.....	47
2.2.2 Конструкция анализаторов DM31 иDM31R.....	47
2.2.3 Плата интерфейса DRI50.....	48
2.2.4 Датчик состояния дороги DRS50.....	49
2.2.5 Индикатор дождя DRD11A.....	52
2.2.6 Датчик температуры и влажности HMP35D.....	52
2.2.7Дополнительные датчики.....	52
2.2.8Программное обеспечение и функционирование.....	53
3 Обработка данных и построение температурных профилей автомобильных дорог.....	54
3.1 Обработка данных.....	54
3.2 Построение температурного профиля по однородным температурным участкам.....	59
3.3 Построение температурного профиля при разбиение трассы на участки равной длины.....	62
3.4 Расчет температуры поверхности дороги по данным термокартирования	64
Заключение	72
Список использованной литературы.....	74

Введение.

Рост интенсивности движения на современных автомобильных дорогах повышает требования к уровню безопасности движения и пропускной способности в различные сезоны года и в различных погодных условиях. Одним из самых сложных и ответственных является зимний период.

Температура покрытия проезжей части конкретного участка дороги является носителем информации множества воздействующих на покрытие в данной точке факторов: солнечная радиация, роза ветров, теплоемкость земляного полотна или других конструктивных элементов (пролетные строения мостов, путепроводов и т.д.), интенсивность и состав дорожного движения, температура и влажность воздуха, микроклимат, степень увлажнения покрытия и т.д.

Одним из элементов информационных систем, в том числе, системы диагностики состояния покрытия могло бы быть температурное картирование проезжей части автомобильных дорог (термокартирование).

Термокартирование - создание температурных карт поверхности проезжей части дороги. С помощью таких карт выявляются места с пониженной температурой поверхности покрытия, т.е. потенциальные места первоочередного снижения сцепных свойств дорожного покрытия в гололедоопасные периоды времени. Наличие информации о таких местах позволяет службам содержания принимать первоочередные меры по предупреждению пользователей автомобильных дорог об опасных условиях движения, а также по ликвидации этих условий.

Термокартирование описывает типовую температуру покрытия проезжей части, представляющую собой графическую линию температуры вдоль дороги. На основе проводимых измерений возможно создание температурной модели

покрытия дороги, которая служит дополнительной информационной базой службы содержания дорог.

Данные термокартирования, переведенные в цифровую форму и загруженные в информационную систему, могут быть использованы при подготовке прогностических материалов по минимальной температуре дорожных покрытий сети обслуживаемых дорог.

Термокартирование может работать как самостоятельная система, так и совместно с системой погодного мониторинга.

Работая в системе АДМС, погодных радаров, камер дорожной погоды, а также региональных метеослужб, это средство позволяет опытному диспетчеру делать относительно истинное описание преобладающей температуры дорожной сети. Таким образом, достаточно просто определить наиболее вероятное время и места на дорогах, которые подвергнутся обледенению раньше других, а значит упредить неблагоприятные факторы, сопутствующие дорожному движению, применяя выборочные превентивные меры.

Целью данной работы рассмотреть разные варианты построения температурных профилей автомобильных дорог, для выявления наиболее оптимальных.

Для работы была предоставлена база данных, полученная с помощью передвижной лаборатории, оснащенной радиометром и оборудованием для первичной обработки данных. Термокартирование проводилось на участке автомобильной дороги Краснодар –Ейск. Была создана специальная передвижная лаборатория для термокартирования на базе автомобиля Фольксваген транспортер.



Рис. 1 - Передвижная лаборатория для термокартирования

Оборудование передвижной лаборатории для термокартирования включает в себя следующие компоненты:

- инфракрасный радиометр,
- устройство GPS для фиксирования местоположения и времени,
- оборудование для записи данных (ноутбук с выходом USB/COM – портом и с защитой от механических вибраций – тряски).
- датчик температуры воздуха, который устанавливается на высоте 0.2-0.4м над поверхностью,
- датчик температуры и влажности воздуха, который устанавливается на высоте 2-3м над поверхностью.

Были выполнены предварительные испытания передвижной лаборатории.

1 Факторы, влияющие на изменение температуры поверхности дороги

1.1 Температура поверхности дороги

Температура поверхности дороги формируется под влиянием довольно сложного теплового баланса, поэтому нет однозначного соответствия между температурой поверхности и различными метеорологическим параметром воздуха над автодорожным полотном, например, температурой воздуха. Сложной является и связь температуры поверхности автострады с температурой дорожной «подушки» на разных глубинах.

1.1.1 Связь с температурой воздуха

Как уже отмечалось выше, нет простой связи между температурой поверхности дороги и температурой воздуха, поскольку множество факторов влияет на формирование температуры поверхности.

Разность между минимальной температурой воздуха и минимальной температурой поверхности меняется в течение года. Максимальное значение (около 2 градусов) эта разность имеет в середине зимы. Летом минимальная температура поверхности дороги выше, чем воздуха. Минимальные температуры уравниваются в апреле и сентябре. Следует подчеркнуть, что речь идет только о средних значениях этих величин, и влияние других факторов может изменить картину. По существу единственным надежным способом определения температуры поверхности дороги является ее непосредственное измерение специальным дорожным датчиком.

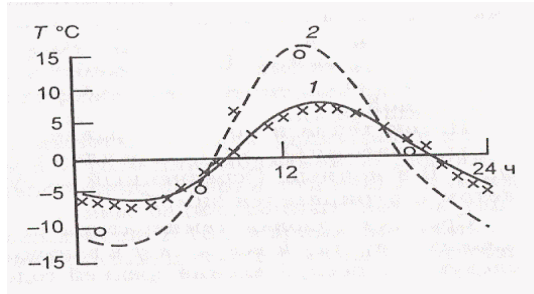


Рисунок 2 - Суточный ход температуры воздуха на высоте 2 м (1) и на поверхности почвы (2) (кружки и крестики — измеренные значения)

1.2 Атмосферные явления и поверхность дороги

1.2.1 Испарение и конденсации

Влага, будь то лед, снег или собственно вода, в большинстве случаев удаляется с поверхности дороги путем испарения. Обычным также является то, что влага, присутствующая в воздухе, конденсируется на поверхности дороги в виде росы или инея. Испарение и конденсация противостоят друг другу, так что скорость испарения может рассматриваться как величина обратная скорости конденсации, эта скорость зависит от окружающей температуры и влажности воздуха. Оказывает влияние также движение воздуха, т.е. ветер.

Воздух, при конкретной температуре, может содержать только определенное максимальное количество водяного пара, при котором наступает насыщение. Обычно более часто выражают содержание воды в воздухе в виде процентной доли от этой максимально возможной величины, чем в виде абсолютной величины. Эта процентная доля называется относительной влажностью. Величина содержания воды, соответствующая насыщению, быстро

снижается при понижении температуры. Это означает, что относительная влажность быстро возрастает при понижении температуры, если абсолютная величина содержания влаги в воздухе сохраняется такой же. При некоторой температуре она достигает 100%, т.е. воздух становится насыщенным. Если температура и далее продолжает понижаться, избыток влаги конденсируется и выпадает в виде росы или инея. Температура, при которой достигается насыщение, называется точкой росы или температурой точки росы и может быть рассчитана на основании данных относительной влажности и окружающей температуры. Соответственно, конденсация или намерзание происходят, если температура поверхности дороги ниже температуры точки росы окружающего воздуха. Наоборот, если точка росы ниже температуры поверхности, влага будет испаряться с дороги.

1.2.2 Замерзание и таяние

С физической точки зрения замерзание и таяние зависят от двух факторов: энергетического и кинетического состояния. Энергетическое состояния означает, что должна иметься свободная энергия, досточная для того, чтобы происходили процессы замерзания и таяния. Кинетическое состояние означают, что должен иметься механизм, необходимый для осуществления фазовых превращений, т.е. соответствующие частицы для начала образования и роста ледяных кристаллов.

Различные химикаты используются на дорогах и ВПП в аэропортах для предотвращения образования льда. Их действие заключается в понижении температуры замерзания воды и влаги на поверхности дороги. Наиболее часто используются хлористый натрий в виде каменной соли и хлористый кальций. На ВПП в аэропортах используются, главным образом, мочевины (карбамид), ацетат кальция - магнезия, ацетат натрия и иногда этиленгликоль. Антиобледенительные компоненты растворяются в воде. Поскольку

температура льдообразования для таких растворов ниже, чем у чистой воды, эти компоненты препятствуют образованию льда при температурах значительно более низких, чем точка замерзания чистой воды.

Когда чистая вода охлаждается ниже своей температуры замерзания, в обычных условиях кристаллы льда начинают образовываться при 0°C , и температура не будет дальше понижаться, даже если отвод тепла продолжается, пока вся вода не замерзнет. Но по кинетическим условиям замерзание может начаться не обязательно при температуре замерзания, но и при температуре на несколько градусов более низкой. Это явление называется переохлаждением. При охлаждении растворов, однако, не существует одной определенной температуры замерзания. Образование льда может начаться при некоторой температуре, называемой температурой расплавления (ликвидус), а затем содержание льда при охлаждении раствора постепенно возрастает, пока не будет достигнут другой предел, называемый температурой затвердевания (солидус), Между этими двумя предельными температурами раствор содержит кристаллы льда и жидкий раствор. Раствор становится все более концентрированным, поскольку кристаллы льда состоят почти из одной чистой воды, и все растворимые компоненты остаются в жидкой фазе. При температуре солидуса концентрация оставшегося раствора называется эвтектической (для хлористого натрия она равняется 4,8 мол/л). Температура ликвидуса понижается с повышением концентрации, а температура солидуса - нет (для хлористого натрия она -21°C).

Сказанное выше верно, только если исходная концентрация ниже эвтектической. Если она в точности совпадает с эвтектической, раствор ведет себя как чистая вода, только точка замерзания при этом совпадает с эвтектической температурой. Если концентрация выше эвтектической, растворенные химикаты начинают выпадать при температуре ликвидуса вместо образования кристаллов льда, и поведение раствора в дальнейшем совпадает с

поведением раствора более низкой концентрации. На практике эвтектическая концентрация столь высока, что при антиобледенительных мероприятиях на дорогах или взлетно-посадочных полосах аэродромов ее трудно достигнуть, а тем более превзойти. Недоохлаждение растворов, таким образом, в действительности является скорее правилом, чем исключением.

На рисунке 3 показана диаграмма равновесия системы "вода - хлористый натрий", т.е. состояния равновесия водно-солевой смеси при различных температурах. На практике смеси не достигают равновесия в различных ситуациях по кинетическим причинам, и поэтому диаграмму следует рассматривать с некоторым резервом.

Важно знать, какова фактическая температура замерзания воды или влаги на поверхности дороги при данной величине внесения антиобледенительных химических компонентов. Эту температуру трудно определить точно, поскольку у раствора нет одной определенной температуры замерзания.

Кроме того существует дополнительное соображение, которое заставляет считать фактическую температуру замерзания не столь полезной, как это может показаться с первого взгляда.

Это особенно важно, когда толщина жидкого слоя на дороге мала, как это наиболее часто встречается в практических ситуациях. Концентрация антиобледенительного химиката тогда может изменяться очень быстро в результате очень малого абсолютного изменения количества воды, с легкостью приводя к испарению в считанные минуты и к резкому изменению в температуре замерзания, которые прямо и существенно зависят от концентрации.

По этой причине, в том числе температура замерзания сама по себе не является хорошим индикатором для того, чтобы судить, насколько поверхность дороги безопасна по отношению к замерзанию.

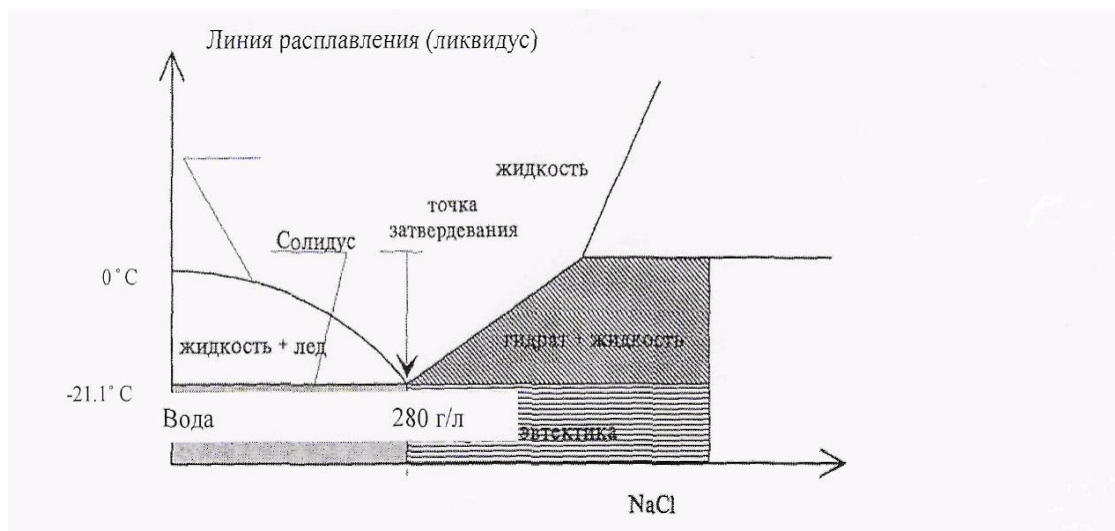


Рисунок 3- Система «вода -хлористый натрий» 4

1.2.3 Структура льда

Лед может присутствовать на поверхности дороги в форме снега, инея и замерзшей воды. Физически эти формы различаются по размеру, форме и расположению кристаллов льда.

Снег всегда результат осадков. Он характеризуется малыми кристаллами льда с большим количеством воздуха между ними. Кристаллы часто имеют звездообразную форму и вплотную примыкают друг к другу. На дороге снег может заблокировать движение и рано или поздно превращается в лед.

Иней состоит из ледяных кристаллов, образовавшихся на поверхности дороги из влаги, конденсировавшейся из воздуха. Кристаллы зарождаются на пылинках или маленьких неровностях поверхности дороги и постепенно увеличиваются. Между кристаллами обычно много воздуха.

Твердый лед наиболее часто образуется из воды, замерзающей на поверхности дороги, но может также образоваться из уплотненного снега или инея. Внутри льда нет сколько-нибудь заметных воздушных промежутков.

Обычно лед состоит из мелких зерен, которые образуют совместную твердую форму, что характерно для твердых кристаллов. Размеры зерен бывают различными, но обычно очень малы, в пределах между 0,01мм и 0,1мм, хотя не составляют исключения и значительно большие зерна. При некоторых условиях на дорогах могут образовываться и "однокристалльные формы", что означает очень большие размеры зерен. Это происходит обычно в спокойных условиях, когда поверхность дороги медленно охлаждается. Этот вид льда обычно называют "темным льдом".

Объемы антиобледенительных химикатов, вносимых на поверхность дороги, оказывают большое влияние на температуру замерзания, также и на микроструктуру льда. Ниже эвтектических температур лед состоит из зерен почти чистого льда, окруженных оболочкой льда, содержащего растворенные химикаты. Между температурами солидуса и ликвидуса находятся зерна чистого льда в смеси с жидким раствором. Относительное количество льда зависит от температуры: чем она ниже, тем больше льда образуется.

1.3 Классификация зимней скользкости

Как показали исследования, производственная квалификация видов зимней скользкости [3,4] пригодна при использовании технологий борьбы со сформировавшейся зимней скользкостью. Она, однако, не пригодна для перехода на технологии профилактики образования скользкости, которые должны быть положены в основу оперативного управления процессами ЗСАД [7].

Все виды снежно-ледяных отложений, образующихся на дорожном покрытии, по внешним признакам подразделяют на: рыхлый снег, снежный накат, стекловидный лед. Определяют каждый вид скользкости по следующим признакам:

Рыхлый снег откладывается на дорожном покрытии в виде ровного по толщине слоя. Плотность свежеснег выпавшего снега может изменяться от 0,06 до 0,20 г /см³. В зависимости от содержания влаги снег может быть сухим, влажным и мокрым. При наличии слоя рыхлого снега на дорожном покрытии коэффициент сцепления шин с покрытием снижается до 0,2.

Снежный накат представляет собой слой снега, уплотненного колесами проходящего автотранспорта. Он может иметь различную толщину — от нескольких миллиметров до нескольких десятков миллиметров и плотность от 0,3 до 0,6 г /см³. Коэффициент сцепления шин с поверхностью снежного наката составляет от 0,1 до 0,25.

Стекловидный лед появляется на покрытии в виде гладкой стекловидной пленки толщиной от 1 до 3 мм и изредка в виде матовой белой шероховатой корки толщиной до 10 мм и более. Отложения стекловидного льда имеют плотность от 0,7 до 0,9 г /см³, а коэффициент сцепления составляет от 0,08 до 0,15. Этот вид зимней скользкости является наиболее опасным. Отложения льда в виде матово-белой корки имеют плотность от 0,5 до 0,7 г/см³.

Для организации работ по борьбе и предотвращению образования зимней скользкости необходимо учитывать ее вид, погодные условия, предшествующие и сопутствующие образованию скользкости и тенденцию их изменения.

Отложения рыхлого снега на дорожном покрытии образуются при выпадении твердых осадков в безветренную погоду. Сохранение снега в рыхлом состоянии наиболее вероятно при температурах воздуха ниже минус 10°С, так как при низких температурах воздуха процесс уплотнения снега автотранспортом замедляется, а при температуре воздуха от минус 6 до минус 10°С снег не будет уплотняться при относительной влажности воздуха менее 90%.

Образование снежного наката происходит при наличии влажного снега на дорожном покрытии под действием автомобильного транспорта и

определенных метеорологических условиях. Наибольшая вероятность образования снежного наката происходит при следующих погодных условиях:

- а) выпадение снега при температурах воздуха от 0 до минус 6°С;
- б) при температуре воздуха от минус 6 до минус 10 °С образование снежного наката происходит при влажности воздуха выше 90%;
- в) при положительных температурах снежный накат образуется при высокой интенсивности снегопада (более 0,6 мм/ч), при которых снег не успевает растаять на покрытии и легко уплотняется транспортными средствами.

Образование стекловидного льда может иметь различные причины и возможно при различных погодных условиях.

Замерзание влаги, имеющейся на дорожном покрытии при резком понижении температуры воздуха. Такой вид обледенения называют гололедицей. Источниками увлажнения покрытия могут быть дождь, тающий снег, снег с дождем, выпадающие при положительных, но близких к нулю температурах воздуха, а также влага, оставшаяся после обработки дорожного покрытия противогололедными материалами. Процессу образования скользкости в этом случае предшествуют следующие погодные условия:

- а) устойчивое повышение атмосферного давления на фоне выпадающих осадков;
- б) установление ясной безоблачной погоды после прекращения выпадения осадков;
- в) пониженная относительная влажность воздуха;
- г) понижение температуры воздуха от положительных значений до отрицательных.

Образование гололедицы наиболее вероятно при температурах воздуха от минус 2 до минус 6 °С, относительной влажности воздуха от 65 до 85%. Так как

процесс образования скользкости идет на фоне устойчивого понижения температуры воздуха, для организации работ по ликвидации скользкости необходимо иметь прогноз отрицательной температуры на ближайшее время. Для этих случаев образования стекловидного льда температура дорожного покрытия всегда выше температуры воздуха в силу тепловой инерции дорожной конструкции.

Конденсация и замерзание влаги из воздуха на сухой поверхности дорожного покрытия при его температуре ниже точки росы и, одновременно, ниже точки замерзания влаги. Такой вид обледенения называют «черный лед», изморозь или иней. Процессу образования скользкости в этих случаях сопутствуют и предшествуют следующие погодные условия:

- а) ясная морозная погода (полное отсутствие облачности);
- б) отсутствие ветра;
- в) высокая относительная влажность воздуха, близкая к 100 %.

В результате радиационного охлаждения дорожного покрытия ниже точки росы влага из воздуха конденсируется на нем и превращается в очень тонкий и прозрачный слой льда, который трудно обнаружить визуально («черный лед»).

Образование этого вида скользкости возможно также при перемещении в утренние часы более теплой и влажной воздушной массы с моря на сушу, имеющую более низкую температуру воздуха и отрицательную температуру дорожного покрытия.

В зимний и переходный периоды такое сочетание погодных условий наиболее вероятно в прибрежных морских районах и в горной местности, где из-за высокой прозрачности воздуха температура покрытия сильно понижается в ночные часы при радиационном охлаждении. Такой вид скользкости может более часто возникать на автодорожных мостах, которые обладают меньшей теплоинерционностью, чем дорожная одежда и имеют более низкую температуру покрытия в ночное время.

Образованию скользкости способствует и более высокая относительная влажность воздуха в поймах рек, около озер и других водоемов, особенно в переходный период до установления ледового покрова, а так же около крупных ТЭЦ и других предприятий.

Выпадение переохлажденных осадков в виде дождя, мороси, тающего снега на дорожное покрытие, имеющее отрицательную температуру. Такой вид скользкости называется гололед. К этой же группе относят и непереохлажденные осадки.

Основной причиной образования скользкости в этом случае является потепление после длительных морозов и перемещение теплой воздушной массы, которая приносит с собой осадки (переохлажденные, непереохлажденные). Процессу образования скользкости предшествуют: устойчивое падение атмосферного давления в течение суток; устойчивый рост относительной влажности и температуры воздуха; возможность выпадения жидких осадков по данным прогноза.

Образование скользкости в этом случае наиболее вероятно при температурах воздуха от плюс 2°С до минус 5 °С, относительной влажности воздуха выше 90%.

2 Методы измерения температуры поверхности дороги

2.1 Автоматический одноканальный инфракрасный радиометр (АИР-2)

2.1.1 Назначение, устройство и условия эксплуатации автоматического одноканального инфракрасного радиометра (АИР 2)

Автоматический одноканальный инфракрасный радиометр (АИР-2) предназначен для дистанционного измерения температуры водной поверхности с борта самолета или вертолета, а также температуры подстилающей

поверхности при наличии независимой информации о ее излучательной способности. АИР-2 предназначен для проведения надирных измерений уходящего теплового излучения в "окне прозрачности" атмосферы в диапазоне 8-13 мкм. Пространственное сканирование осуществляется за счет перемещения измерительной платформы.

Конструктивно АИР-2 состоит из двух отдельных блоков: оптического блока и блока обработки сигналов. Оптический блок может быть установлен как в герметизированном, так и в разгерметизированном отсеках самолета или вертолета. Рабочее положение оптической оси оптического блока - вертикальное.

При работе с АИР-2 предусмотрены следующие возможности:

- а) регистрация результатов измерения в цифровой форме с помощью светодиодных знаковых индикаторов;
- б) вывод сигнала в цифровой форме на ПЭВМ (данный вариант реализован в лабораторной установке АИР-2, сопряженной с ПЭВМ);
- в) вывод сигнала в аналоговой форме (1, ..., 5 В) для регистрации с помощью самописца.

Нормальными условиями эксплуатации блока обработки сигналов являются:

- а) температура окружающего воздуха от 288 до 298 К (от 15 до 25 °С);
- б) относительная влажность воздуха 15 - 65% при температуре от 288 до 298 К;
- в) атмосферное давление от 96 до 104 кПа (от 720 до 780 мм. рт.ст.);
- г) напряжение питающей сети: 50 Гц от 215,6 до 224,4 В.

Рабочими условиями эксплуатации блока обработки сигналов являются:

- а) температура окружающего воздуха от 278 до 313 К (от 5 до 40 °С);
- б) атмосферное давление от 96 до 104 кПа (от 720 до 780 мм.рт.ст.);

- в) питание от сети переменного тока частотой от 49,5 до 50,5 Гц напряжением от 198 до 244 В с содержанием гармоник до 5% или от сети постоянного тока напряжением от 24 до 30 В.

Рабочие условия эксплуатации оптического блока (при включенных термостатах) определяются следующими параметрами:

- а) температура окружающего воздуха от -20 до +30 °С;
б) относительная влажность воздуха до 98% при температуре 303 К (30 °С);
в) атмосферное давление от 33 до 104 кПа (250...780 мм.рт.ст.).
г) Предельные условия транспортирования ИК-радиометра:

2.1.2 Технические данные автоматического одноканального инфракрасного радиометра

Диапазон измеряемых радиометром температур водной поверхности, °С
0...40

Инструментальная погрешность, К не более 0.3

Разрешающая способность на цифровом выходе, К 0.1

Показатель визирования не более 1:20

Температура термостатов, °С 35

Постоянная времени интегратора, с 2

Спектральный диапазон, мкм 8...13

Выходы сигнала: аналоговый, В 1...5

Длина соединительного кабеля между
оптическим блоком и блоком обработки сигналов не более 2м.

2.1.3 Устройство и принцип действия автоматического одноканального инфракрасного радиометра

Автоматический одноканальный инфракрасный радиометр (АИР-2) предназначен для измерения температуры водной поверхности по ее собственному инфракрасному излучению в окне прозрачности атмосферы 8 – 13 мкм. Для решения этой задачи ИК-радиометр сравнивает излучение водной поверхности с излучением опорного излучателя фиксированной температуры. Причем, для повышения точности такого сравнения введен контроль температуры опорного излучателя и применена схема термокомпенсации "ухода" температуры термостата от фиксированной величины.

Оптическая схема АИР-2 выполнена с единой осью симметрии для двух сравниваемых интенсивностей излучения, что обеспечивает автоматическую компенсацию фоновых излучений элементов оптического блока и повышает устойчивость прибора к резким колебаниям температуры окружающего воздуха. Отсутствие входного окна в оптическом блоке исключает его фоновое влияние.

2.1.4 Оптический блок ИК-радиометра

Схема оптического блока ИК-радиометра (приложение А, рисунок А .1) устроена таким образом, что по ходу оптического луча от объекта расположены:

- а) опорный излучатель 1;
- б) модулятор 2, фиксированный в подшипнике 3;
- в) оптический фильтр 4;
- г) иммерсионный болометр 5, расположенный в термостате 6.

Модулятор приводится во вращение с помощью двигателя 7, на оси которого фиксирована ведущая шестерня 8 и через промежуточную шестерню 9, фиксированную на промежуточной оси 10. С модулятором оптически связан

синхродатчик 11. Контроль температуры опорного излучателя осуществляется с помощью термодатчика 12, включенного в схему термокомпенсации. В опорном излучателе 1 и термостате болометра 6 расположены термодатчики 13 и 14, включенные в схемы термостатирования 15 и 16. В оптическом блоке расположены также предусилитель 17 и схема стабилизации частоты вращения двигателя 8. Все элементы фиксированы внутри или снаружи цилиндрического корпуса 19 и закрыты защитным кожухом 20.

В качестве двигателя использован низкошумящий малогабаритный двигатель, в качестве оптического фильтра - дисперсионный фильтр на область 8-13 мкм, а в качестве иммерсионного болометра - полупроводниковый болометр с германиевой оптикой (типа БП1-2А).

Опорный излучатель выполнен двухсекционным, причем площади отверстий и излучающих секторов равны. Прерывающие и пропускающие излучение секторы модулятора идентичны секторам опорного излучателя. Синхродатчик выполнен на двух светодиодах типа АЛ107. Предусилитель для снижения уровня шумов заключен в термостат болометра.

Предусилитель с низким уровнем шумов. Предусилитель выполнен на операционном усилителе К 284 УД1А, имеющем входное сопротивление более 10 МОм и уровень шумов менее 0,2 мкВ/Гц. Основные шумы измерительной схемы определяются собственными шумами болометра. Для подавления помех по питанию используется мостовая схема включения болометра. Коэффициент усиления предусилителя равен 40.

Схема термостатирования. Схема термостатирования обеспечивает поддержание температуры опорного излучателя в пределах (34,5...35,5) °С в диапазоне внешних температур (-30...+30) °С. Режим регулирования - пропорциональный. Термостат имеет малое время отклика на перепады внешней температуры. В качестве датчика температуры применен малоинерционный полупроводниковый терморезистор МТ-54.

Схема узла термостатирования выполнена на трех операционных усилителях. Регулирующие транзисторы типа КТ 816 используются в качестве нагревателей. Высокая устойчивость работы термостата достигается применением двух фильтров верхних частот с частотами среза 3 и 5 Гц (С3, R10, R21, С6) и фильтра низких частот с частотой среза 0,2 Гц (R14, R13, С5) (здесь и далее обозначения резисторов, конденсаторов и т.д. соответствуют тому, как они обозначены на электронных схемах, входящих в состав документации ИК-радиометра). Микросхема ДА1 усиливает сигнал рассогласования мостовой схемы, состоящей из терморезистора и резисторов R2, R3, R6, R7. Коэффициент усиления - 50.

На микросхеме ДА2 выполнен повторитель развязки фильтров. Усилитель на микросхеме ДА3 обеспечивает согласование уровней и сопротивлений с входом регулирующих транзисторов. Термостатирование узла болометра осуществляется аналогично.

Конструкция оптического блока. Конструктивно оптический блок выполнен в виде разъемного цилиндра с целью облегчения доступа к подшипнику, шестерням, промежуточной оси и оптическому фильтру. Внутри первой половины цилиндра фиксированы опорный излучатель с теплоизолирующей крышкой, подшипник с вмонтированным в него модулятором, синхродатчик. На наружной стенке первой половины цилиндрического корпуса закреплены двигатель, держатель синхродатчика и промежуточная ось с промежуточной шестерней. Кроме того, к наружной стенке этой части корпуса с помощью двух винтов крепится передняя панель с двумя винтовыми отверстиями, предназначенными для крепления оптического блока в люке самолета или вертолета.

Внутри второй половины цилиндрического корпуса закреплены оптический фильтр, термостат с иммерсионным болометром и платами предусилителя. Снаружи ко второй части корпуса с помощью двух винтов

крепится задняя панель с двумя винтовыми отверстиями, предназначенными для крепления ручки (отверстия могут быть использованы также и для крепления оптического блока в люке самолета или вертолета). Кроме того, ко второй половине корпуса крепятся две печатные платы со схемой стабилизации частоты вращения двигателя и схемами термостатирования опорного излучателя и болометра.

Для придания жесткости всей конструкции передняя и задняя платы соединены между собой пластиной с помощью 10 винтов.

Первая и вторая половины цилиндрического корпуса соединены между собой с помощью трех винтов.

Цилиндрический корпус и печатные платы с целью механической и тепловой защиты заключены в защитный кожух, который крепится шестью винтами к передней панели и одним винтом - к первой половине цилиндрического корпуса.

Из оптического блока к блоку обработки сигналов отходит многожильный кабель, заканчивающийся разъемом (19 проводов, из них 6 в экране).

Блок обработки сигналов. Блок обработки сигналов содержит селективный усилитель, синхронный детектор, фильтр нижних частот, схему формирования сигнала термокомпенсации, схему вычитания, схему линеаризации, аналого-цифровой преобразователь, схему цифровой индикации, блок питания, схему стабилизации вращения двигателя, схему формирования синхросигнала.

Селективный усилитель. Селективный усилитель выполнен на двух последовательно включенных полосовых фильтрах (микросхемы ДАИ, ДА2 и R-C цепи: R1, R2, R5, R6, R11, C1, C2, C3, C4, C5, C6, R19, R20, R22, R23, R24, R26, C10, C11, C12, C13, C14, C15). Коэффициент усиления - 10, полоса пропускания - 7 Гц.

Синхронный детектор. Синхронный детектор выполнен по двухполупериодной схеме на электронном переключателе К 509 КН4 (ДА4) и операционном усилителе ДА5. Входной сигнал подается на инвертирующий вход операционного усилителя через резистор R33 и одновременно на неинвертирующий вход через переключатель, который подключает входной сигнал только на время одного полупериода. На выходе операционного усилителя формируется пульсирующее напряжение, которое поступает на фильтр. Опорный сигнал подается на управляющие входы 3 и 12 электронного переключателя.

Схема формирования сигнала термокомпенсации. Сигнал термокомпенсации снимается с мостового датчика. В качестве термочувствительного элемента применен стабильный медный терморезистор, имеющий хороший тепловой контакт с опорным излучателем. Сигнал усиливается дифференциальным усилителем, собранным на прецизионном операционном усилителе типа К 153 УД5 (ДА3). Коэффициент усиления каскада равен 200.

Питание мостовой схемы осуществляется от стабилизатора опорного напряжения ДА1, VT1, VD1.

Фильтр нижних частот. Фильтр нижних частот состоит из первого фильтра (R37, R38, R39, C19, C20, C21) с частотой среза 10 Гц, предназначенного для подавления пульсаций сигнала после синхронного детектора, и второго фильтра (R30, R31, R32, C16, C17, C18) с постоянной времени 1 с, определяющего уровень шумов и скорость установления выходного сигнала прибора.

Схема вычитания. Схема вычитания (Узел Т3) выполнена на операционном усилителе ДА4. Схема вычитает из общего измерительного сигнала сигнал, пропорциональный "уходу" температуры опорного излучателя. Напряжение сигнала термокомпенсации и измеряемого сигнала болометра

подается на инвертированный вход операционного усилителя через резисторы R42 и R46 соответственно. Разностное напряжение снимается с выхода операционного усилителя.

Схема линеаризации. Схема линеаризации производит функциональное преобразование сигнала, пропорционального потоку излучения объекта в сигнал, пропорциональный температуре.

Применена схема кусочно-линейного преобразования с изменением коэффициента передачи. Срабатывание компараторов ДА1, ДА2, ДА3 происходит при напряжениях, соответствующих температурам объекта 0, 10, 20, 30 °С, при этом ключи (микросхемы ДА4) подключают в цепь обратной связи операционный усилитель ДА7, резисторы, определяющие коэффициент усиления в данном поддиапазоне линеаризации.

Аналого-цифровой преобразователь. Аналого-цифровой преобразователь выполнен на основе микросхем цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) К527 ПА 1 (ДА6), компаратора (ДАВ), счетчиков (ДД1, ДД5). Генератор тактовой частоты и схема запрета собраны на микросхемах ДД2, ДД3, ДД4. Импульсы генератора тактовой частоты изменяют выходной код счетчиков, а, следовательно, и входной код ЦАП. При этом на выходе операционного усилителя ДА7 формируется ступенчато нарастающее напряжение. В момент равенства указанного и измеряемого напряжений срабатывает компаратор ДА8, при этом схема запрета фиксирует показания счетчика, а значение результата измерений индицируется на цифровом табло прибора.

Схема цифровой индикации. Схема цифровой индикации содержит счетчики ДД1 и ДД2, преобразователи уровней ДД4, дешифраторы ДД5, ДД6, ДД7, ДД8, ДД9, ДД10, ДД11. Счетчики производят счет импульсов АЦП, дешифраторы преобразуют двоичный код в код управления семисегментными индикаторами. Компараторы вырабатывают сигнал готовности прибора к работе по номинальному уровню тока через термостаты.

Блок питания. Блок питания включает трансформатор 1, диодный мост ДЗ, диоды Д1 и Д3, конденсаторы фильтров С1 и С2. Стабилизатор выполнен на основе микросхемы К 142 ЕН2 и регулирующего транзистора КТ 818 Г.

Схема стабилизации вращения двигателя. Схема стабилизации вращения двигателя унифицированная и поставляется в комплекте с двигателем БДС-2М.

Схема формирования синхросигнала. Схема формирования синхросигнала выполнена на основе оптронного датчика, фиксирующего положение обтюратора (модулятора).

Сигнал с оптронного датчика усиливается буферным усилителем на полевом транзисторе КП 303 В и поступает на формирователь прямоугольных импульсов, который вырабатывает сигнал управления синхронным детектором (ДА6, узел СД2).

Конструкция блока обработки сигналов. Конструктивно схемы обработки сигналов расположены на 7 печатных платах, укрепленных в корпусе шириной 260 мм, длиной 260 мм и высотой 150 мм. Корпус состоит из каркаса и панелей. С передней и задней стороны к каркасу крепятся передняя и задняя панели, а сверху и снизу крепятся с помощью винтов легкоъемные П-образные крышки. На нижней крышке установлены 4 опоры - амортизаторы.

К каркасу с помощью винтов крепится кассета с направляющими и разъемами для печатных плат. В кассете устанавливают 6 функциональных плат и одну плату питания ИК-радиометра.

На задней панели укреплены радиаторы для мощных транзисторов.

На задней панели размещены цифровое табло, состоящее из четырех знаковых светодиодных индикаторов, а также органы управления: сетевой тумблер, предохранитель 2 А для цепи постоянного тока, предохранитель 0,25 А в цепи переменного тока, разъемы для подключения оптического блока, вывода аналогового и цифрового сигналов на регистрирующие приборы и

подключения прибора к источнику питания (50 ГЦ, 220 В или постоянному напряжению 27 В).

2.2 Автоматические дорожные метеорологические станции

АДМС ROSA входит в состав автоматизированной информационно-измерительной системы (АИИС) «МетеоТрасса», которая обеспечивает службы содержания автодорог необходимой метеорологической информацией для принятия эффективных решений по содержанию автодорог в неблагоприятных погодных условиях и оптимального использования выделяемых на это материальных ресурсов и сохранения окружающей среды.

АДМС ROSA и все датчики производятся фирмой «Vaisala Oyj», Финляндия, центральная система и рабочие станции производятся Институтом радарной метеорологии (ИРАМ), Санкт-Петербург.

Основная комплектация системы АИИС «МетеоТрасса» изображена на рисунке 3.

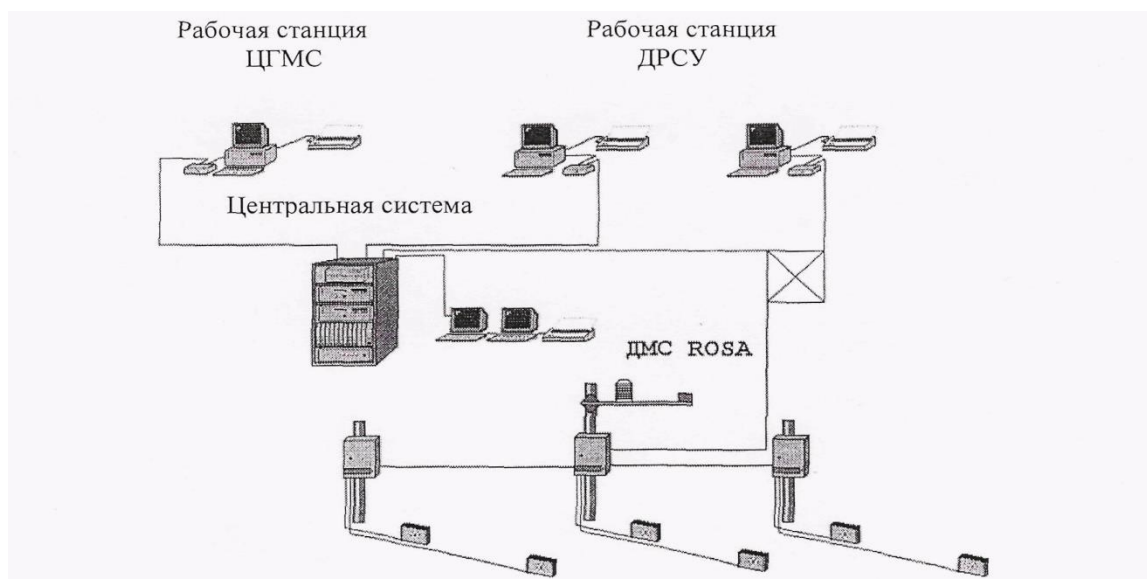


Рисунок 3 – Состав АИИС «МетеоТрасса»

Программное обеспечение выполнено на базе Windows NT/ 2000 Pro/ XP. Разработан удобный пользовательский интерфейс с возможностью управления сбором данных и их просмотра в различных видах.

Система выполняет прогноз гололеда на поверхности дороги с использованием модели пограничного слоя атмосферы с заблаговременностью 6 часов. Для проведения расчетов требуются дополнительные данные - результаты численных прогнозов метеорологических величин для региона, получаемые из прогностических центров.

Система ROSA разработана для выполнения полного анализа дорожного покрытия, контроля состояния дороги и выдачи необходимых предупреждений. Помимо применения в дорожной сети, система ROSA может применяться в аэропортах, а также для специального применения, например, мосты.

Сердцем системы являются интерфейсная плата DRI50 и датчики, необходимые для выполнения полного анализа поверхности.

Дополнительно имеется другой тип конфигурации системы ROSA, DM53, который базируется на универсальной Метеорологической Станции MILOS 500.

Модульное построение системы ROSA обеспечивает возможности ее гибкого расширения. К системе ROSA могут быть подключены различные метеорологические датчики, что обеспечивает обслуживающий персонал дополнительной информацией об окружающих условиях.

Система анализа состояния дорожного покрытия ROSA базируется на метеорологических измерениях и на измерениях состояния дорожного покрытия, а также на опыте изучения явлений на дорожном покрытии. Измерения дорожного покрытия основаны на параметрах электропроводности и электрохимической полярности поверхностного покрытия. Система ROSA способна анализировать состояние поверхности, производить оценку химической концентрации антиобледенителя,

Система ROSA разработана для выполнения полного анализа дорожного покрытия, контроля состояния дороги и выдачи необходимых предупреждений. Помимо применения в дорожной сети, система ROSA может применяться в аэропортах, а также для специального применения, например, мосты.

Сердцем системы являются интерфейсная плата DRI50 и датчики, необходимые для выполнения полного анализа поверхности.

Дополнительно имеется другой тип конфигурации системы ROSA, DM53, который базируется на универсальной Метеорологической Станции MILOS 500. Модульное построение системы ROSA обеспечивает возможности ее гибкого расширения. К системе ROSA могут быть подключены различные метеорологические датчики, что обеспечивает обслуживающий персонал дополнительной информацией об окружающих условиях.

Система анализа состояния дорожного покрытия ROSA базируется на метеорологических измерениях и на измерениях состояния дорожного покрытия, а также на опыте изучения явлений на дорожном покрытии. Измерения дорожного покрытия основаны на параметрах электропроводности и электрохимической полярности поверхностного покрытия. Система ROSA

способна анализировать состояние поверхности, производить оценку химической концентрации антиобледенителя, количества воды или влаги на поверхности и температуры замерзания, Система дает предупреждения по льду, инею и дождю.

2.2.1 Структура оборудования

Ядром системы ROSA являются Интерфейсная Плата DRI50, представляющая собой основную часть Блока Анализатора, и следующие стандартные датчики: Дорожный (е) Датчик (и) DRS50, Индикатор Дождя DRD11A и датчик Температуры и Влажности HMP35D; все они подключены к плате DRJ50. Многофункциональный дорожный датчик DRS50 состоит из четырех независимых чувствительных элементов в одном компактном сенсорном блоке (с эпоксидной заливкой). Специальная структура датчика DRS50 допускает трение поверхности датчика о дорожное покрытие. К системе ROSA может быть подключение большое количество дополнительных метеорологических датчиков.

Имеется три версии изделия Дорожного Анализатора ROSA: DM31, DM31R и DM53. DM31 представляет собой автономную конфигурацию, содержащую одну Интерфейсную Плату DRI50 в качестве ведущей платы, к которой могут быть присоединены два Дорожных Датчика DRS50. С дополнительной платой DRI50 число дорожных датчиков возрастает до четырех. Количество дорожных датчиков может быть увеличено при использовании Дистанционной Станции DM31R. с комплектом из четырех датчиков на каждую Дистанционную Станцию. Дистанционная Станция DM31R всегда используется либо с DM31, либо с DM53. DM53 представляет собой анализатор дорог, базирующийся на Метеорологической Станции MILOS 500, соответствующей DM31, но с более широкими интерфейсными

возможностями. Типовой вариант системы ROSA представлен в приложение Б на рисунке Б.1.

2.2.2 Конструкция анализаторов DM31 и DM31R

Анализаторы DM31 (автономный или ведущий) и DM31R (дистанционный блок состоят из следующих частей:

В блок DMF031 вмонтированы:

- а) Материнской платы DMB030;
- б) Преобразователь;
- в) Плавких предохранителей и гнезда для переменного тока (два предохранителя 5 x 20 мм);
- г) Переключатель ВКЛ / ВЫКЛ;
- д) Винтовая колодка для последовательной линии RS485 и для подвода питания постоянного тока;

Внутри блока могут монтироваться следующие платы:

Интерфейсная плата DRI50 (максимально 2 платы) Модем DMX50ICE или DMX55ICE (какой-либо один)

DM31 и DM31R отличаются друг от друга программным обеспечением. DM31 включает в себя Интерфейсную плату DRI50 для работы в автономном ведущем режиме. Дистанционный Блок DM31R используется только как ведомый под управлением ведущего.

Система сбора и обработки данных MILOS 500 в конфигурации ROSA DM53 представляет расширенные варианты возможности согласования. DM53 состоит из следующих элементов, входящих составной частью в блок DMF50:

- а) Плата процессора DMC50A Преобразователь DPS50 DC/DC;
- б) Плата (ы) интерфейса DRI50;
- в) Преобразователь напряжения DPM221;
- г) Блок памяти DMM56B и дополнительно:

- д) Плата интерфейса датчиков DMI50;
- е) Плата модема DMX50;

Расположение основных частей анализатора DM31 представлены в приложение Б на рисунке Б.2.

2.2.3 Плата интерфейса DRI50

Плата интерфейса DRI50 обеспечивает сбор данных, анализ состояния дороги, связь и поддержку системы. DRI50 включает несколько датчиков состояния поверхности, например, два датчика состояния дорожного покрытия DRS50. Плата DRI50 обеспечивает подвод питания перемен./пост. тока (AC/DC) и мультиплексную последовательную линию для RS-232C, RS-485 и TTL. До 16 плат DRI50 может быть подсоединено к сети через линию RS-485, что обеспечивает опрос максимально до 32 DRS50 датчиков состояния дороги.

Интеллектуальная плата интерфейса DRI50 представляет собой микропроцессор типа PCA80C552, семейства Intel 8031/51, отличаясь наличием дополнительных цепей ввода/вывода и преобразователем переменного тока в постоянный. Плата содержит блок календарного времени и резервную батарею (литиевую на 3 В). Память типа RAM 128 кБ архивирует данные за 1 день. Кроме того DRI50 включает энергонезависимую память типа EEPROM (8кБ) для хранения значений внутренних параметров и параметров датчиков, а также электрически перепрограммируемую память FLASH EPROM (1мБ) для элементов памяти программы, отличающуюся простотой обновления программ при дистанционной загрузке.

2.2.5 Индикатор дождя DRD 11A

Индикатор дождя DRD11A используется для индикации дождя и снега. Он представляет собой датчик дождя типа ЕСТЬ / НЕТ с возможностью оценки интенсивности дождя. Работа датчика основана на емкостном принципе.

Главным чувствительным элементом DRD11A является датчик RainCap™. Датчик покрыт стеклом и снабжен подогревающим элементом.

2.2.6 Датчик температуры и влажности HMP35D

HMP35D спроектирован для измерения относительной влажности и температуры воздуха. Датчик состоит из элемента, чувствительного к влажности, и термистора Pt100. Оба они размещены на конце датчика и защищены хромированным колпаком с мембранным фильтром.

Радиационная защита DTR13 предохраняет HMP35D от солнечного излучения и от дождя. Конструкция оптимизирована таким образом, чтобы предотвратить воздействие солнечной и длинноволновой радиации на результаты измерений

2.2.7 Дополнительные датчики.

Дополнительно система ROSA допускает широкий набор дополнительных датчиков. Далее представлены эти дополнительные датчики:

- а) WAA15 Анемометр с передатчиком ветра WAT12;
- б) WAV 151 Флюгер с передатчиком ветра WAT 12;
- в) PTB100A Барометр (800 -1060 гПа);
- г) RG13 Измеритель осадков (DM53) ;
- д) FD12 Измеритель видимости;
- е) FD12P Датчик погоды;
- ж) PWD11 Датчик фактической погоды (конфигурируемый как FD12P);
- з) DTS12G Датчик температуры поверхности ;
- и) QMS101 Пиранометр

SR50 Датчик высоты снежного покрова (требуется ведомая плата DRI50)

2.2.8 Программное обеспечение и функционирование

Программное обеспечение проводит интеллектуальный анализ, определяющий состояние дорожного покрытия и некоторые другие, относящиеся к этому параметры, на основании результатов измерений. Анализ состояния поверхности базируется на метеорологических измерениях и на измерениях поверхности дороги, что представлено на рисунке Б.5 в приложение Б.

Логическая структура программы анализа состояния дорожного покрытия состоит из иерархических уровней: начиная с измерений через выполнение расчетов и до формирования выходных данных. Различные уровни представлены на рисунке Б.6 в приложение Б.

Анализирующая часть программы определяет состояние дорожного покрытия и другие выходные величины, опираясь на сигналы, переданные датчиками, подключенными к системе. Кроме того, программа непрерывно рассчитывает толщину водного слоя на поверхности и оценивает необходимый объем антиобледенительных химикатов. Программа использует эти оценочные величины, если определяемые параметры не могут основываться исключительно на измерениях. Однако, программа разработана таким образом, что представленные измеренные величины имеют приоритет по сравнению с расчетными оценками. Если все датчики функционируют, система всегда дает результат, который основывается либо на измерениях, либо на расчетных оценках.

3 Обработка данных и построение температурных профилей автомобильных дорог

3.1 Обработка данных

Для работы была предоставлена база данных термокартирования. Сбор данных был выполнен с помощью передвижной лаборатории, оснащенной радиометром и оборудованием для первичной обработки данных. База данных включала в себя набор файлов со следующими, измеренными величинами:

- а) время проведения измерений;
- б) северная широта в долях градуса;
- в) восточная долгота местности в долях градуса;
- г) пройденный путь, м.;
- д) температура объекта 1, мВ
- е) температура объекта 2, мВ
- ж) температура воздуха, мВ
- з) температура объекта (температура поверхности дороги), °С;
- и) температура воздуха, °С.

В процессе анализа исходных данных была обнаружена ошибка следующего содержания: путь проходимый передвижной лабораторией измерялся и в тех случаях, когда машина не двигалась, причем по предоставленным данным каждое измерение проводилось через десять метров.

Для того чтобы определить путь между двумя точками, расположенными на поверхности сферы, которые заданы в виде географических координат широты и долготы, необходимо перевести географическую систему координат в декартовую систему координат XYZ.

Для расчета построим декартовую систему координат, в которой ось OZ совпадает с направлением на север, ось OY направлена по Гринвичскому меридиану, а плоскость XY находится в плоскости экватора. Соответствующая вышеизложенному система координат отображена на рисунке 3.1.

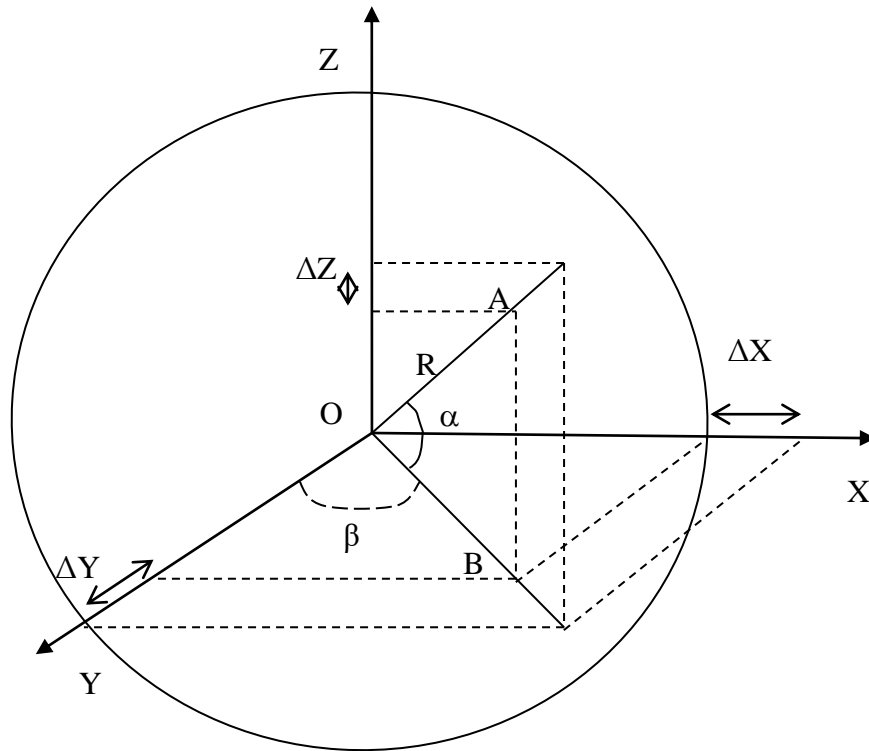


Рисунок 3.1- Схема перевода из полярной системы координат в декартовую систему координат

Найдем проекцию точки A на плоскость XY, для этого рассчитаем длину отрезка OB по формуле:

$$R_{(OXY)} = R * \text{Cos}\alpha \quad (3.1)$$

Из рисунка 3 видно, что проекции на оси OX, OY, OZ соответственно равны:

$$X = R_{(OXY)} * \text{Cos}\beta, \quad (3.2)$$

$$Y = R_{(OXY)} * \text{Sin}\beta, \quad (3.3)$$

$$Z = R * \text{Cos}\alpha. \quad (3.4)$$

Длину вектора находим из соотношения:

$$L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \quad (3.5)$$

При проведении первичного анализа было рассмотрено - с какими факторами могут быть связаны пики минимумов и максимумов температуры вдоль трассы (см. рисунок 3.2)

Как видно из рисунка общая тенденция температуры – рост. Но на протяжении всей трассы температуры ведет себя по разному, наблюдаются всплески и падения.



Рисунок 3.2- Пример распределение температуры дорожного полотна на участке трассы протяженностью 46.2 км

4.1 Термокартирование трассы Р 268: Краснодар – Ейск

4.1.1 Общая характеристика трассы Р 268: Краснодар – Ейск

Данная трасса Р 268 находится на территории Краснодарского края и ее расположение представлено на рис. 4.1 и 4.2 . Длина трассы составляет 237 км и она проходит через следующие населенные пункты: Краснодар, Тимашевская, Новотитаровская, Тимашевск, Брюховецкая, Каневская, Стародеревянковская, Новоминская, Староминская, Ейск. Общая протяжённость автодороги Краснодар-Ейск составила 236 км 720 м.

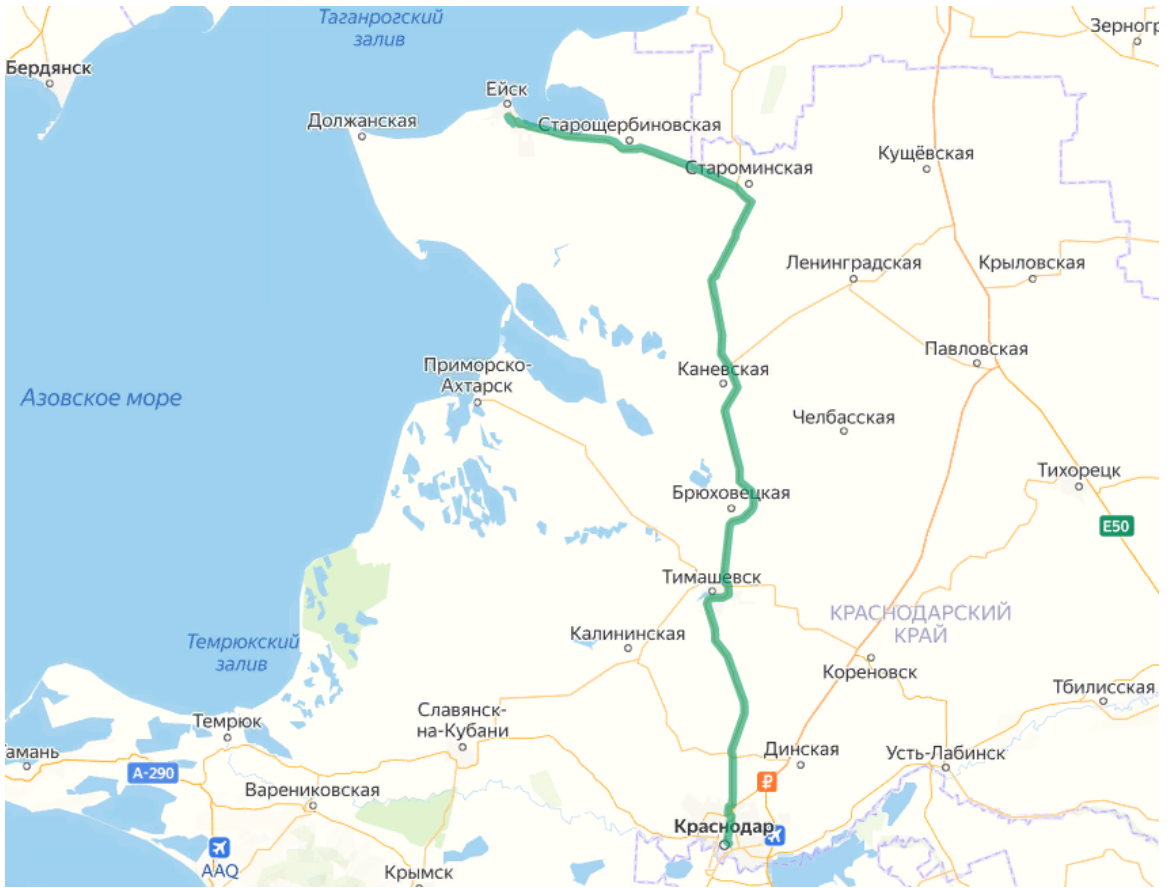


Рис. 4.1 Трасса Р 268: Краснодар - Ейск

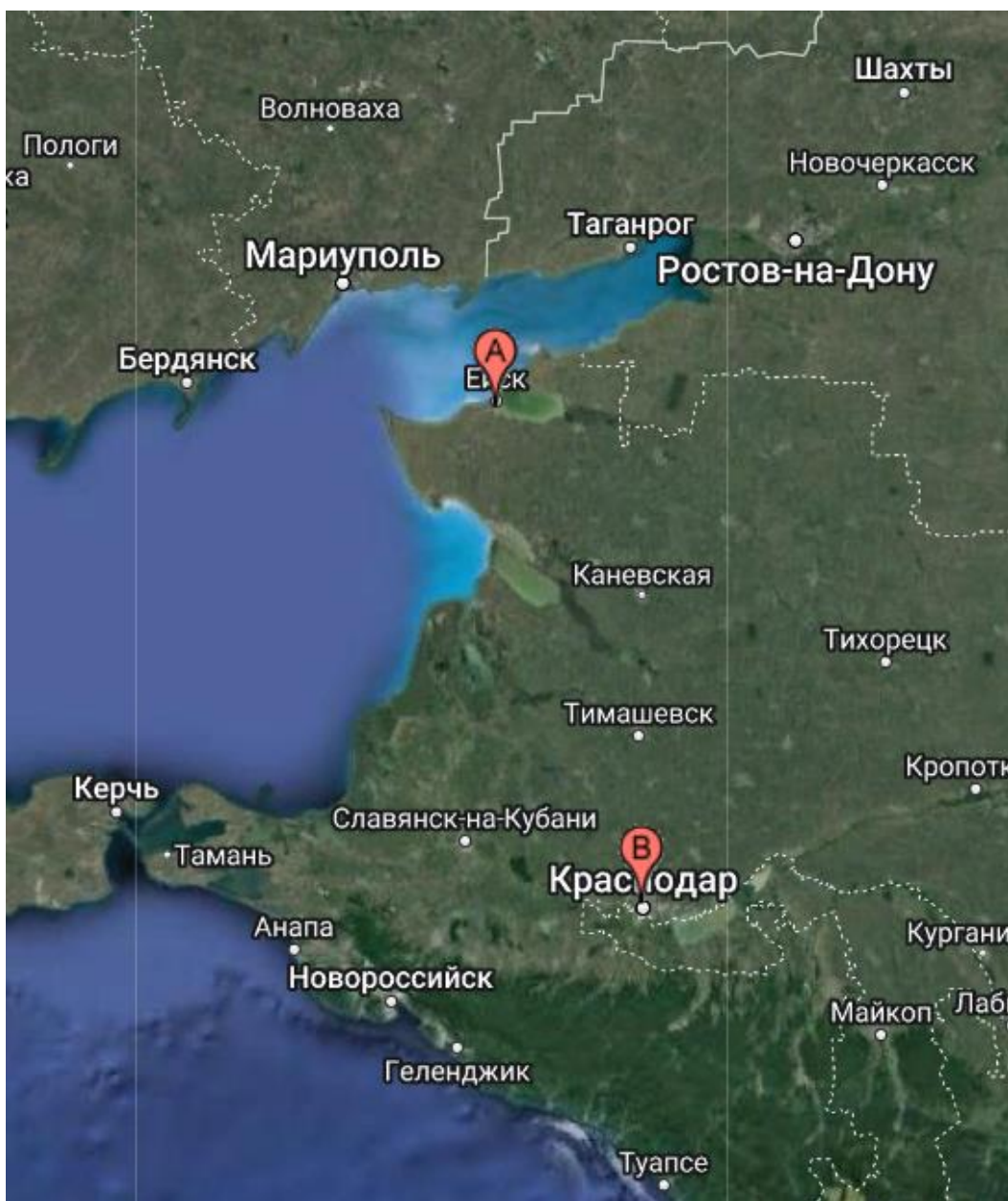


Рис. 4.2 Крупномасштабная карта района расположения трассы Р 268: Краснодар – Ейск

На рис. 4.3 – 4.6 представлены видеоматериалы, иллюстрирующие внешний вид и особенности рельефа и прилегающих территорий некоторых участков трассы Р 268: Краснодар – Ейск.



Рис. 4.3 Автодорога Краснодар – Ейск после реконструкции



Рис. 4.4 Участок автодороги Краснодар – Ейск



Рис. 4.5 Участок автодороги Краснодар – Ейск



Рис. 4.6 Участок автодороги Краснодар – Ейск

Для термокартирования была создана специальная передвижная лаборатория на базе автомобиля Фольксваген транспортер Т5.



a)



б)

Рис. 4.7 Внешний вид передвижной лаборатории на базе автомобиля Фольксваген транспортер Т5 (а) и рабочее место оператора (б)

Оборудование передвижной лаборатории для термокартирования включает в себя следующие компоненты:

- инфракрасный радиометр,
- устройство GPS для фиксирования местоположения и времени,
- оборудование для записи данных (ноутбук с выходом USB/COM – портом и с защитой от механических вибраций – тряски).
- датчик температуры воздуха, который устанавливается на высоте 0.2-0.4м над поверхностью,
- датчик температуры и влажности воздуха, который устанавливается на высоте 2-3м над поверхностью.

Автомобильная дорога Краснодар-Ейск имеет ярко выраженный равнинный характер. Так же следует отметить встречающиеся по дороге путепроводы. В среднем характерный перепад высот на составляет 10-15 м. В целом оценить топографию всей исследуемой трассы позволяет рис. 4.3, где представлен график изменения высоты дорожного полотна на всем протяжении автотрассы Краснодар – Ейск. Здесь хорошо прослеживается вся особенность трассы, изобилующая подъемами и спусками. Общий диапазон изменения высот составляет 50 м.



Рис. 4.8. График изменения относительной высоты полотна дороги на трассе Р 268: Краснодар – Ейск

Перед проведением термокартирования автотрассы Краснодар-Ейск были выполнены предварительные испытания передвижной лаборатории.

Процесс термокартирования указанной трассы проводился в два этапа:

- ландшафтная съёмка автомобильной дороги Краснодар-Ейск;
- термокартирование автомобильной дороги Краснодар-Ейск.

4.1.2 Ландшафтная съёмка трассы Р 268: Краснодар – Ейск

Ландшафтная съёмка выполнялась с целью определить местоположение особых точек (мосты, тоннели, путепроводы и т.п.), реперных точек (развязки,

начала населенных пунктов и т.п.) и выделить в первом приближении относительно однородные участки на протяжении заданного маршрута.

Ландшафтная съёмка проводилась на специально оборудованной передвижной лаборатории. При сборе данных передвижная лаборатория двигалась со скоростью около 60 км/час (от 50 до 70 км/час).

При проведении ландшафтной съёмки было выполнено два проезда по заданной автодороги в двух направлениях. При этом фиксировались местоположение всех существенных особенностей дороги - объекты (мосты, путепроводы и т.п.) и особенностей ландшафта прилегающих к дороге территорий (застройка, лес, водные объекты и т.п.). Были отмечены места расположения дорожных метеостанций.

В результате проведенной ландшафтной съёмки и информации из паспорта дороги определены особенности ландшафта прилегающих к дороге территорий и выделены характерные ландшафтные зоны и особые точки.

Ландшафт вдоль дороги можно разбить на следующие пять групп: Застройка, Пашня, Водоём, Лесополоса, Фруктовый сад.

Застройка – населённые пункты вдоль дороги. Преимущественно одноэтажные и двухэтажные частные дома.

Пашня – распаханые вдоль дороги сельскохозяйственные угодья (поля). Сюда же входят рисовые чеки.

Водоём – примыкающие к дороге запруды, пруды, реки.

Лесополоса – засаженный деревьями участок придорожной территории шириной 50м и более.

Фруктовый сад – тянущиеся вдоль дороги фруктовые сады. Характерная особенность – высота фруктовых деревьев до 3 м.

К группам Застройка, Пашня, Фруктовый сад можно применить такой модификатор как Деревья: Деревья+Фруктовый сад, Деревья+Застройка, Деревья+Пашня.

Деревья - засаженный деревьями в один ряд участок придорожной территории.

Полученные при ландшафтной съемке информация представлена в табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1

Ландшафт вдоль дороги Краснодар-Ейск

Километры	Слева	Справа
0-1.5	ЗАСТРОЙКА	ЗАСТРОЙКА
1.5-2.5	ЗАСТРОЙКА	ПАШНЯ+Ж/Д
2.5-4	ДЕРЕВЬЯ+ЗАСТРОЙКА	ДЕРЕВЬЯ+ЗАСТРОЙКА
4-5	ЗАСТРОЙКА	ПАШНЯ+Ж/Д
5-9.5	ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
9.5-11.5	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
11.5-15.5	ЗАСТРОЙКА	ЗАСТРОЙКА
Километры	Слева	Справа
15.5-25	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
25-26	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ПАШНЯ+Ж/Д
26-40	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+Ж/Д
40-41	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ПАШНЯ
41-42	ФРУКТОВЫЙ САД	ПАШНЯ+ВОДОЁМ
42-47	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ПАШНЯ
47-51	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
51-56	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД
56-57.5	ЗАСТРОЙКА	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД
57.5-58	ВОДОЁМ	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД
58-62	ЗАСТРОЙКА	ЗАСТРОЙКА
62-63	ЗАСТРОЙКА	ПАШНЯ
63-65	ПАШНЯ	ПАШНЯ
65-66	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ПАШНЯ
66-67	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
67-73	ПАШНЯ	ПАШНЯ
73-75	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ПАШНЯ
75-79	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
79-81.5	ПАШНЯ	ПАШНЯ
81.5-82	ВОДОЁМ	ВОДОЁМ

82-87	ПАШНЯ	ПАШНЯ
87-87.5	ВОДОЁМ	ВОДОЁМ
87.5-94	ПАШНЯ	ПАШНЯ
94-97	ПАШНЯ	ПАШНЯ
97-101	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ПАШНЯ
101-109	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
109-113	ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
113-116	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
116-119	ПАШНЯ	ПАШНЯ
119-122	ПАШНЯ+ВОДОЁМ	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
122-125	ВОДОЁМ	ВОДОЁМ
125-126	ПАШНЯ	ПАШНЯ
126-130.5	ЗАСТРОЙКА	ПАШНЯ
130.5-132	ДЕРЕВЬЯ+ЗАСТРОЙКА	ПАШНЯ
132-138	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
138-144	ПАШНЯ+Ж/Д	ПАШНЯ
144-146	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
146-147	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ПАШНЯ
147-149	ДЕРЕВЬЯ+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
149-150	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ЗАСТРОЙКА
150-151	ДЕРЕВЬЯ+ЗАСТРОЙКА	ДЕРЕВЬЯ+ЗАСТРОЙКА
151-152	Элеватор	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
152-153	ПАШНЯ+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
153-155	ПАШНЯ+Ж/Д	ПАШНЯ
155-156	ДЕРЕВЬЯ+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
156-160	ПАШНЯ+Ж/Д	ПАШНЯ
160-163.5	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ПАШНЯ
163.5-166	ПАШНЯ	ПАШНЯ+Ж/Д
166-169	ПАШНЯ	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д
169-170	ПАШНЯ	ПАШНЯ+Ж/Д
170-172	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д
172-173	ФРУКТОВЫЙ САД	ПАШНЯ
173-177	ПАШНЯ	ПАШНЯ
177-180	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ПАШНЯ
180-181	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД
181-183	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ПАШНЯ
183-187	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД
187-189	ПАШНЯ+Ж/Д	ПАШНЯ
189-199	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ПАШНЯ
199-202	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД
202-203	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д	ПАШНЯ
203-204	ПАШНЯ	ПАШНЯ
204-206	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД	ПАШНЯ
206-208	ПАШНЯ	ПАШНЯ
208-209	ФРУКТОВЫЙ САД	ПАШНЯ
209-210	ПАШНЯ	ПАШНЯ+Ж/Д
210-218	ПАШНЯ	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д

218-220	ЗАСТРОЙКА	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д
220-222	ПАШНЯ	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д
222-225	ДЕРЕВЬЯ+ФРУКТОВЫЙ САД	ПАШНЯ+Ж/Д
225-227	ЗАСТРОЙКА	ПАШНЯ+Ж/Д+ЛИМАН
227-230	ПАШНЯ	ПАШНЯ+Ж/Д+ЛИМАН
230-231	ФРУКТОВЫЙ САД	ЛЕСОПОЛОСА+Ж/Д+ЛИМАН
231-233	ЗАСТРОЙКА	ДЕРЕВЬЯ+Ж/Д+ЛИМАН
233-235	ПАШНЯ	ЗАСТРОЙКА+ЛИМАН
235-237	ЗАСТРОЙКА	ЗАСТРОЙКА

Таблица 4.2

Объекты на а/д Краснодар-Ейск

№	Километры	Объект	Широта	Долгота
1	0.83	Ж/Д переезд	45.12753	38.99847
2	8.63	АДМС Новотитаровская	45.19705	38.99902
3	12.78	Мост через р. Понура	45.23456	38.99946
4	24.58	АЗС Тюменьнефть	45.33480	39.03636
5	37.83	Ж/Д переезд	45.44835	38.99263
6	46.88	Мост через р. Кирпили	45.51890	38.94123
7	56.85	Круговая развязка	45.59980	38.93071
8	57.53	Мост через р. Кирпильцы	45.60015	38.94071
9	58.95	Круговая развязка	45.60071	38.95891
10	59.87	Путепровод через Ж/Д	45.60117	38.97045
11	61.46	Круговая развязка	45.60910	38.98611
12	62.65	Элеватор	45.61965	38.98657
13	63.40	Круговая развязка	45.62643	38.98509
14	65.08	АДМС Тимашевск	45.63746	38.97223
15	65.26	Круговая развязка	45.63883	38.97145
16	82.24	Мост через р. Левый Бейсужек	45.77663	39.01895
17	88.68	Мост через р. Бейсуг	45.81832	39.06660
18	92.74	Видеопост Брюховецкая	45.84934	39.04635
19	98.67	Мост через р. Правый Бейсужек	45.89395	39.02137
20	117.38	Мост через р. Сухие Челбасы	46.05335	38.99687
№	Километры	Объект	Широта	Долгота
21	117.98	АДМС Каневская; Круговая развязка	46.05766	39.00078
22	120.04	Мост через р. Средние Челбасы	46.07359	39.01436
23	121.97	Мост через р. Большие Челбасы	46.08993	39.00754
24	132.13	Мост через р. Мигута	46.17270	38.96253
25	145.30	Мост через р. Албаши	46.28849	38.93736
26	149.94	Элеватор	46.32571	38.94175
27	161.96	Путепровод через Ж/Д	46.42068	39.00963
28	169.82	Круговая развязка	46.49212	39.05877

29	175.56	Путепровод через Ж/Д	46.52226	39.01460
30	176.52	АДМС Староминская	46.52691	39.00486
31	202.21	Путепровод через Ж/Д	46.61320	38.69392
32	205.22	Круговая развязка	46.61058	38.65600
33	221.38	АДМС Ейск	46.64036	38.45535
34	234.04	Круговая развязка	46.67195	38.30037
35	235.02	Круговая развязка	46.68032	38.29456
36	235.78	Ж/Д переезд	46.68672	38.29016

4.1.3 Результаты термокартирования трассы Р 268: Краснодар – Ейск

В процессе термокартирования трассы Р 268: Краснодар – Ейск были выполнены 8 маршрутов. Полученные при этом результаты представлены на рис. 4.9 – 4.

Первый маршрут состоял из участка автотрассы от 0 км + 000 м до 24 км + 580 м. Он начинался от примыкания а/д Краснодар-Ейск справа к трассе Ростов-Новороссийск, а оканчивался у АЗС Тюменьнефть; протяжённость маршрута - 24580 м. На рис. 4.9 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.10 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые), измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы



Рис. 4.9 График изменения относительной высоты вдоль первой трассы термокартирования: от 0 км + 000 м до 24 км + 580 м

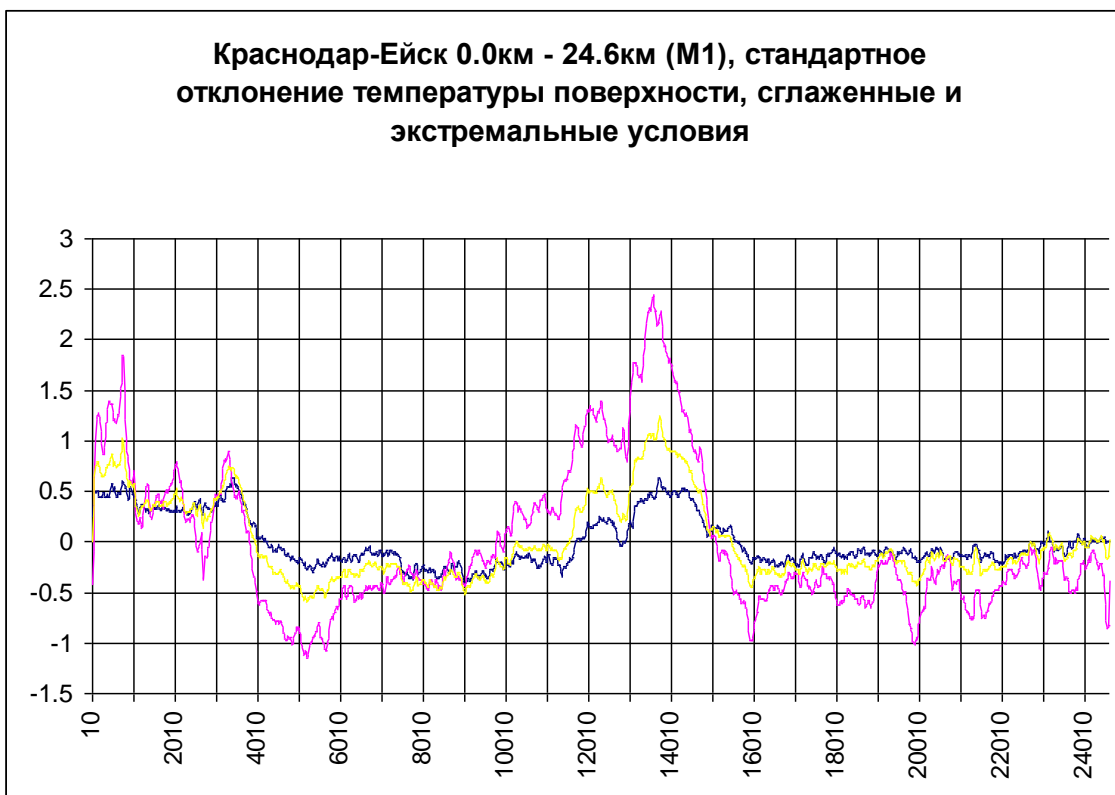


Рис. 4.10 Графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые) и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по первому участку трассы: от 0 км + 000 м до 24 км + 580 м.

Второй маршрут состоял из участка автотрассы от 24 км + 580 м до 58 км + 950 м. Он начинался от АЗС Тюменьнефть, а оканчивался у круговой развязка между путепроводом и мостом через р. Кирпильцы. Протяжённость маршрута - 34370 м.

На рис. 4.11 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.12 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые),

измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы.

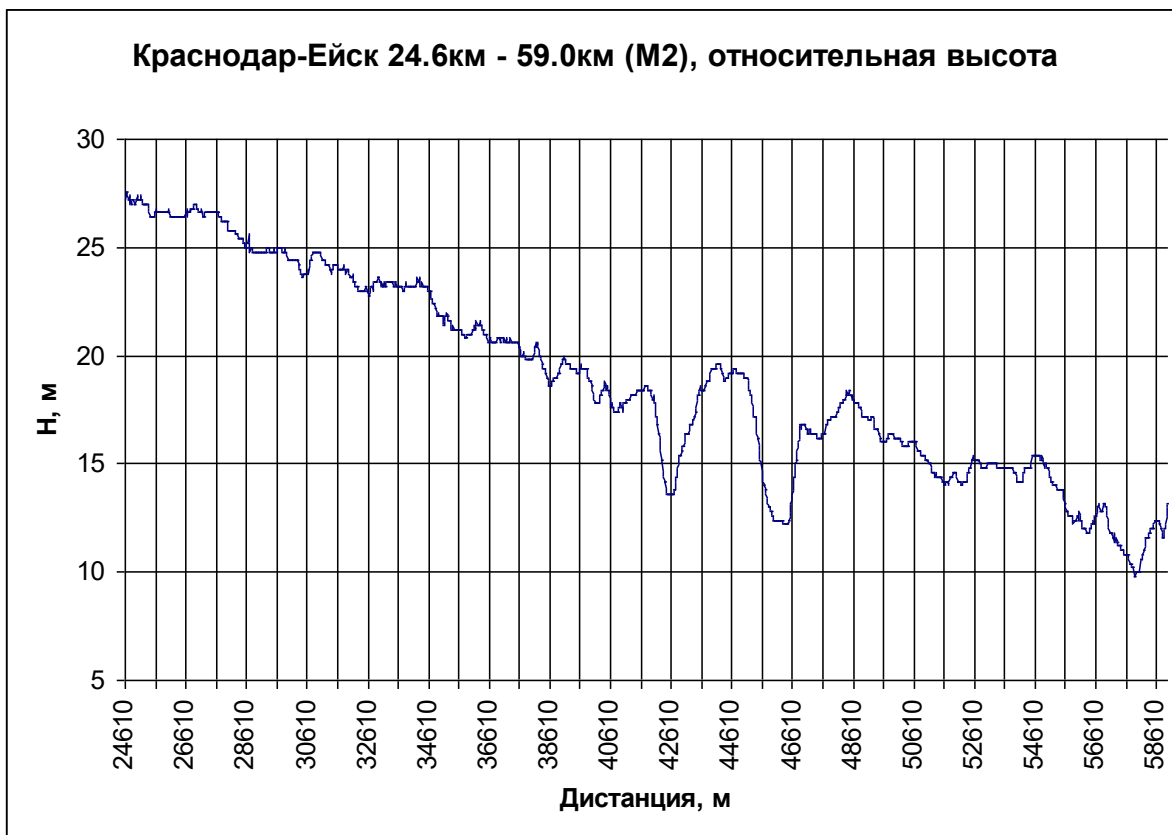


Рис. 4.11 График изменения относительной высоты вдоль второй трассы термокартирования: от 24 км + 580 м до 58 км + 950 м

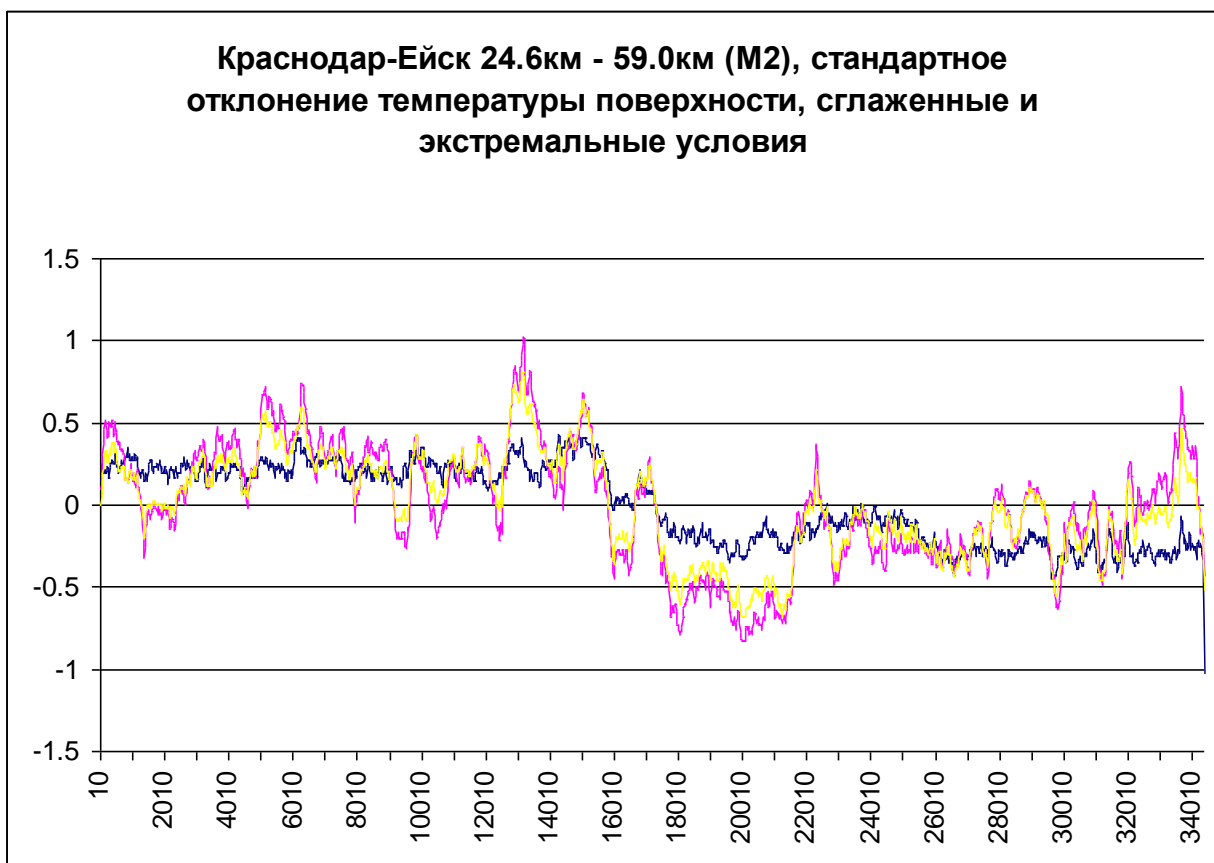


Рис. 4.12 Графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые) и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по второму участку трассы: от 24 км + 580 м до 58 км + 950 м

Третий маршрут состоял из участка автотрассы от 58 км + 950 м до 92 км + 740 м. Он начинался у круговой развязка между путепроводом и мостом через р. Кирпильцы, а оканчивался у видеопоста в окрестностях ст. Брюховецкая, АЗС. Протяжённость маршрута - 33790 м.

На рис. 4.13 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.14 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые),

измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы.

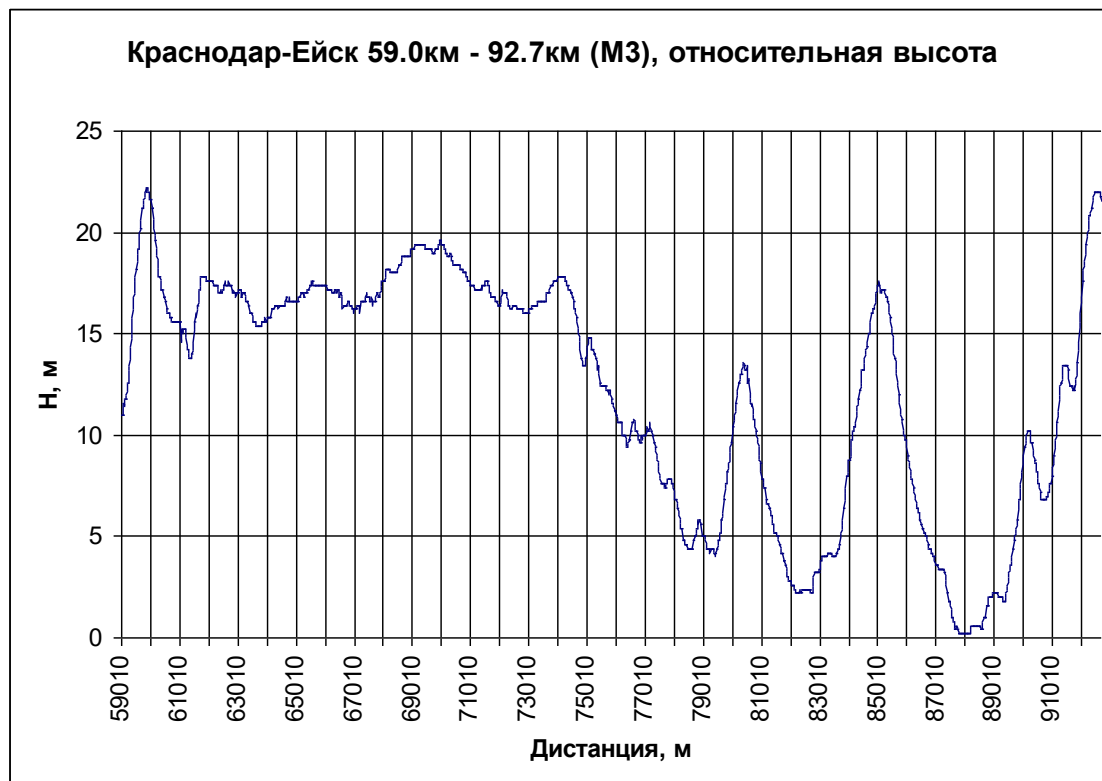


Рис. 4.13 График изменения относительной высоты вдоль третьей трассы термокартирования: от 58 км + 950 м до 92 км + 740 м

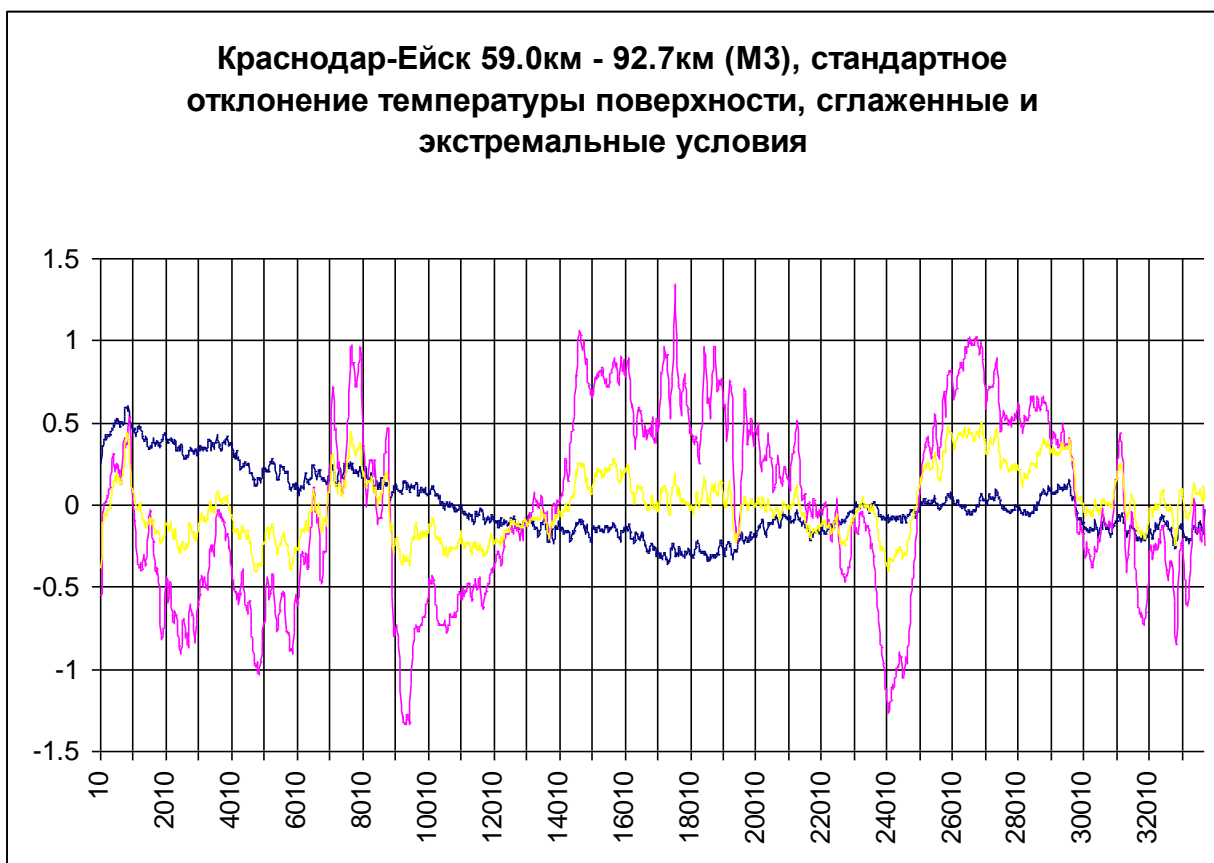


Рис. 4.14 Графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые) и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по третьему участку трассы: от 58 км + 950 м до 92 км + 740 м

Четвертый маршрут состоял из участка автотрассы от 92 км + 740 м до 125 км + 900 м . Он начинался у видеопоста в окрестностях ст. Брюховецкая, АЗС, а оканчивался у круговой развязки. Протяжённость маршрута - 33160 м.

На рис. 4.15 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.16 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые), измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы.



Рис. 4.15 График изменения относительной высоты вдоль четвертой трассы термокартирования: от 92 км + 740 м до 125 км + 900 м

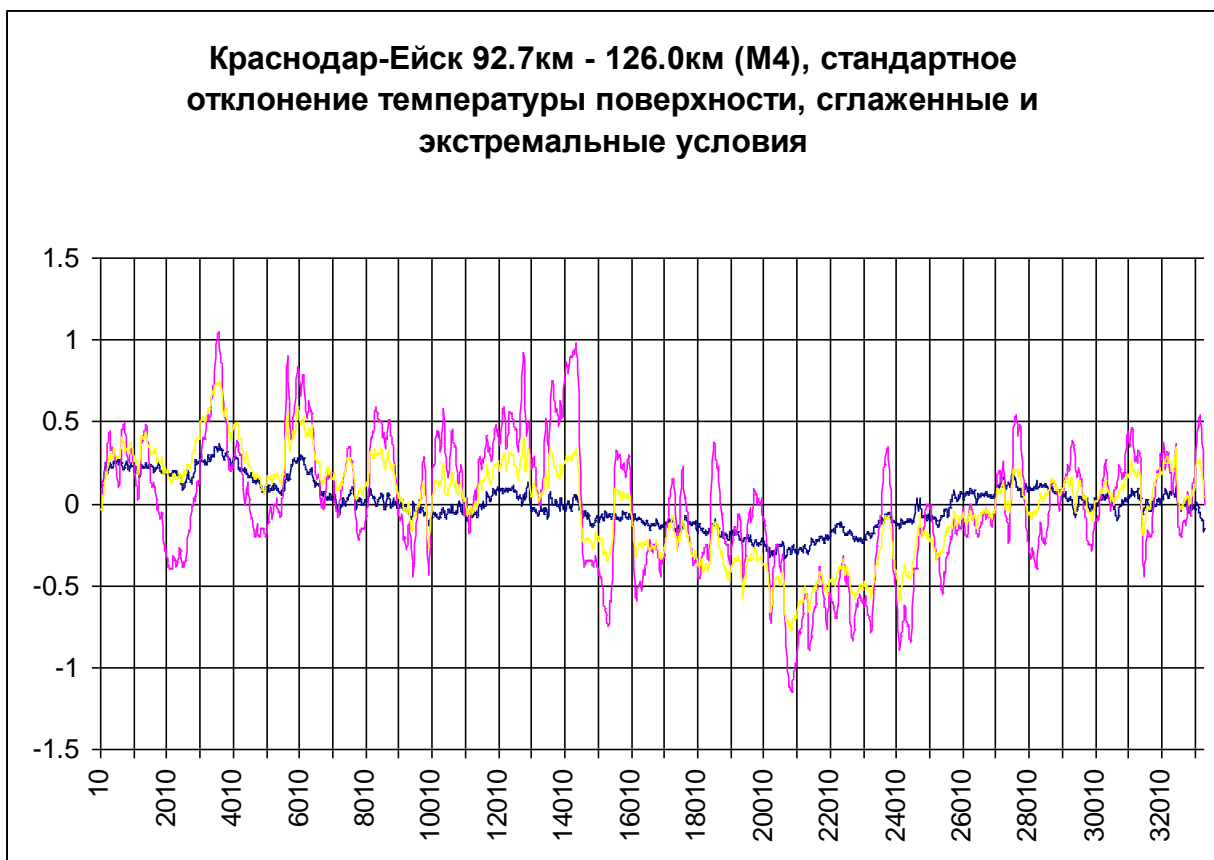


Рис. 4.16 Графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые) и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по четвертому участку трассы: от 92 км + 740 м до 125 км + 900 м

Пятый маршрут состоял из участка автотрассы от 125 км + 900 м до 149 км + 930 м. Он начинался у круговой развязки, а оканчивался у элеватора. Протяжённость маршрута - 24030 м.

На рис. 4.17 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.18 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые), измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы.

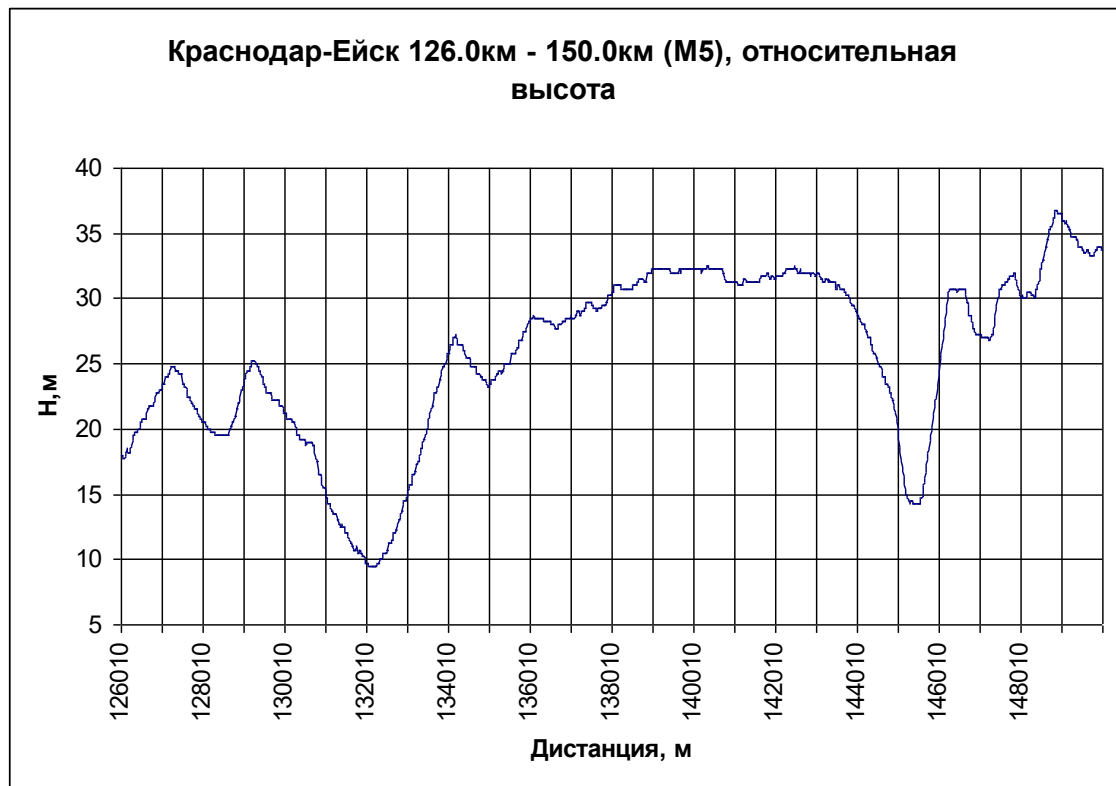


Рис. 4.17 График изменения относительной высоты вдоль пятой трассы термокартирования: от 125 км + 900 м до 149 км + 930 м

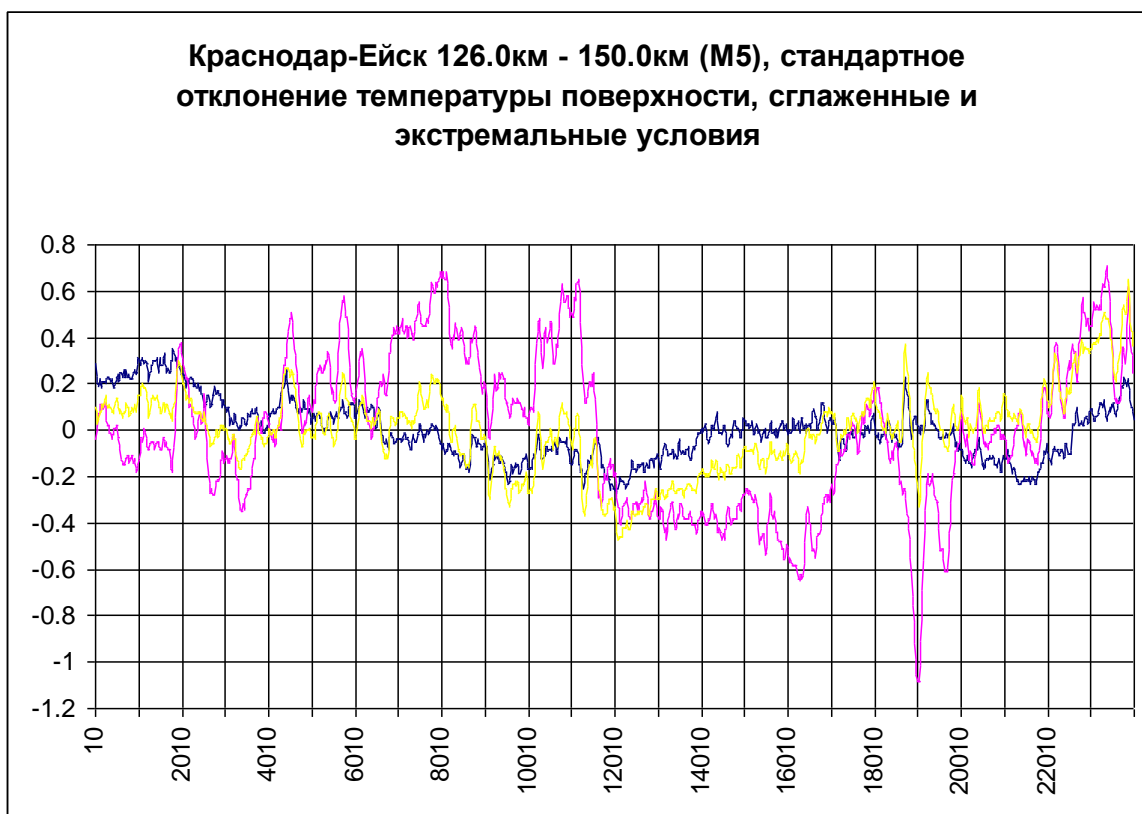


Рис. 4.18 Графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые) и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по пятому участку трассы: от 125 км + 900 м до 149 км + 930 м

Шестой маршрут состоял из участка автотрассы от 149 км + 930 м до 176 км + 080 м. Он начинался у элеватора, а оканчивался у круговой развязки после путепровода, перед АДМС в окрестностях ст. Староминская. Протяжённость маршрута - 26150 м.

На рис. 4.19 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.20 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые),

измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы.



Рис. 4.19 График изменения относительной высоты вдоль шестой трассы термокартирования: от 149 км + 930 м до 176 км + 080 м

На рис. 4.19 представлен график изменения относительной высоты вдоль этой трассы термокартирования, а на рис. 4.20 – график данных термокартирования: это графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые), измеренных ИК-радиометром, и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по данному участку трассы.

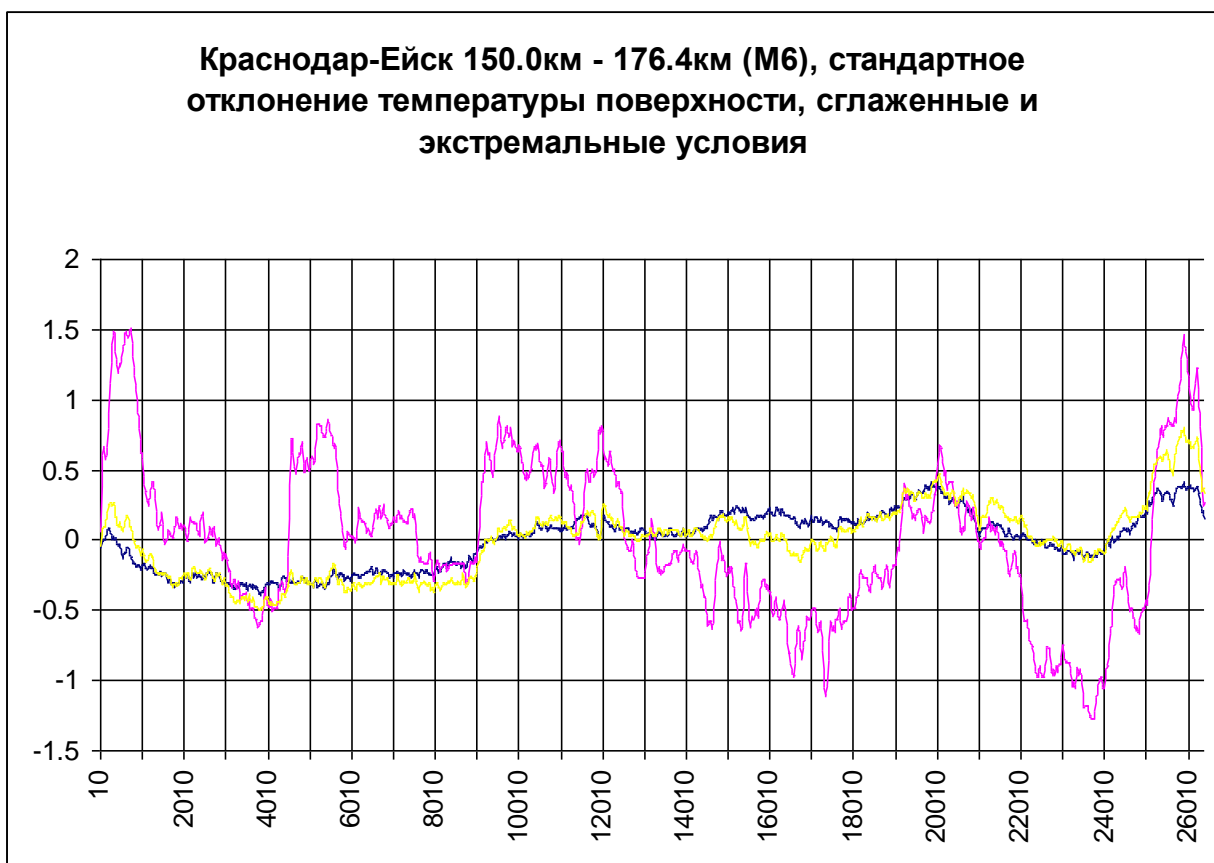


Рис. 4.20 Графики минимальных и максимальных значений температуры автодороги (соответственно красная и желтая кривые) и значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по шестому участку трассы: от 149 км + 930 м до 176 км + 080 м

Седьмой маршрут состоял из участка автотрассы от 176 км + 080 м до 205 км + 210 м. Он начинался у круговой развязки после путепровода, перед АДМС в окрестностях ст. Староминская, а оканчивался у круговой развязки. Протяжённость маршрута - 29130 м.

Восьмой (последний) маршрут состоял из участка автотрассы от 205 км + 210 м до 236 км + 920 м. Он начинался у круговой развязки, а оканчивался у окончания а/д Краснодар-Ейск, знаки поворот направо, движение прямо запрещено. Протяжённость маршрута - 31710 м.

На рис. 4.21 и 4.22 представлены графики изменения относительной высоты вдоль этих двух участков трассы.

Рис. 4.21 График изменения относительной высоты вдоль седьмой трассы термокартирования: от 176 км + 080 м до 205 км + 210 м



Рис. 4.22 График изменения относительной высоты вдоль восьмой термокартирования: от 205 км + 210 м до 236 км + 920 м

На рис. 4.23 и 4.24 представлены графики значений СКО (черная кривая), полученных путем обработки 5 «прогонов» по этим двум участкам трассы.



Рис. 4.23 График значений СКО, полученный путем обработки 5 «прогонов» по седьмому участку трассы: от 176 км + 080 м до 205 км + 210 м



Рис. 4.24 График значений СКО, полученный путем обработки 5 «прогонов» по восьмому участку трассы: от 205 км + 210 м до 236 км + 920 м

Заключение

Информация относительного пространственного изменения температуры поверхности дороги важна для инженеров шоссе, дорожных властей (комитетов), для того чтобы можно было в дальнейшем спрогнозировать, где и когда возможно формирование какого либо вида зимней скользкости на дороге в зимний период года. Такая информация обеспечивает данными, которые говорят о том, где и когда целесообразно применять средства антиобледенения, что должно уменьшить стоимость зимнего обслуживания дорог.

Для правильного представления и прогнозирования температуры поверхности, дороги необходимо создать обширную базу данных для

статистической обработки и выявления закономерностей поведения температуры на отдельных участках трассы.

Зимнее ночное понижение температуры поверхности дороги меняется в широких пределах и может достигать 10 °С вдоль дороги. Это пространственное изменение температуры диктуется факторами, которые включают в себя топографию, высоту, дорожное строительство, движение транспорта вдоль дороги и погодные условия.

Влияние топографии, высоту, дорожное строительство более или менее систематическое. Погодные условия не могут быть расценены как систематический фактор, особенно на сложных ландшафтах.

Т.к. заморозки, особенно радиационные, обусловленные охлаждением почвы вследствие эффективного излучения, наблюдаются, как правило, ночью, то и проведение измерений температуры поверхности дороги должны производиться в ночные часы. Т.к. наличие облачности оказывает влияние на эффективное излучение земной поверхности, а именно уменьшает его, то хорошо бы было производить измерения для трех типов погоды:

- а) при ясном небе, когда имеется излучающая потеря высокой температуры от дороги,
- б) при условиях с обширным покрытием неба облаками нижнего яруса,
- в) при условии ясной ветреной погоды или спокойные погодные условия с облаками среднего яруса.

Необходимо произвести сбор данных, обработку данных и составление температурных профилей участков автодороги для характерных типов условий. Провести статистическую обработку данных и представление в виде термокарт (карт температурных отклонений), численное моделирование температуры поверхности дороги с учетом данных термокартирования, прогнозирование состояния дорожного покрытия вдоль автодороги на основе данных АДС и базы данных термокартирования.

Список использованной литературы

1. А.А Амосов, Ю.А. Дубинский, Н. В. Копченова. Вычислительные методы для инженеров.- М.: Высшая школа,1994-544 с.
2. Н.С. Бахвалов. Численные методы М. : Наука, 1973.-632 с.
3. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1989.-198 с.
4. ВСН 25-86Условия по обеспечению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1988.-183 с.
5. А.Д. Кузнецов, А.В Лясковский, Д.В. Поздняков, О.С. Сероухова. Практикум по дистанционному зондированию. – Санкт-Петербург, РГГМУ, 2002. -144 с.
6. Л.Т. Матвеев. Физика атмосферы. – Санкт-Петербург, ГИДРОМЕТИЗДАТ, 2000.-778 с.
7. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. – Москва 2003г.
8. ROSA, анализатор поверхности дорог и ВПП. – Руководство пользователя. 1998.
9. П.Н Тверской. Курс метеорологии (физика атмосферы). – Ленинград, ГИДРОМЕТИЗДАТ, 1962. -698 с.

