



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Исследование однородности данных АДМС на КАД СПб»

Исполнитель **Александрова Снежана Сергеевна**

(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)

«29» мая 2018 г.

Санкт-Петербург
2018

Содержание

	Список сокращений	3
	Введение	4
1	Автомобильные дороги	
1.1	Значение транспортной инфраструктуры	6
1.2	Дороги и их классификация	6
1.3	Кольцевая дорога Санкт-Петербурга	7
2	Влияние метеорологических параметров на безопасность дорожного движения	
2.1	Погода и ее влияние на поверхность дорожного полотна	10
2.2	Зимняя скользкость на дорогах	11
2.3	Меры по предотвращению образования зимней скользкости	14
2.4	Автоматическая дорожная станция	
3	Определение однородности данных АДМС на КАД СПб	
3.1	Описание станций	22
3.2	Распределение температурных параметров	27
3.3	Корреляционный анализ	34
3.4	Выявление разности температурных параметров	35
	Заключение	41
	Список использованных источников	43

Список сокращений

АДМС – автоматические дорожные метеорологические станции
АИИС – автоматическая информационно-измерительная система
«Viasala ROSA» – автоматическая дорожная станция
КАД – кольцевая автомобильная дорога
СПб – Санкт-Петербург
ДТП – Дорожно-транспортное происшествие
ЛЭП – линия электропередачи
ПСС – пескосоляная смесь
**ПГС – песчано-гравийная смесь
ЦПУ – центральный пункт управления
ГУП – государственное унитарное предприятие
ЦУП – центр управления производством

Введение

Погода неизменно влияет на наш мир и на нашу повседневную жизнь. В древности люди стремились отыскать признаки, по которым можно было наблюдать об изменениях в погоде через некоторые промежутки времени.

Изучение погоды выделилось в особую науку - метеорология. Мы привыкли слушать прогноз погоды, для того чтобы спланировать отпуск или отправиться на прогулку. Но есть еще одна причина наблюдать за прогнозом погоды – это безопасность на дорогах. К прогнозу необходимо прислушиваться как водителям, так и пешеходам. Любые погодные изменения приводят к увеличению дорожных аварий. Явления погоды также влияют на здоровье, торговлю и качество жизни. [14]

Поэтому, в наше время метеорологические данные и, основанный на них, прогноз погоды являются такими важными, как никогда раньше.

В век технического прогресса метеорологические данные в мегаполисах получают с помощью автоматических станций.

Актуальность данной работы заключается в том, что автоматические дорожные станции становятся неотъемлемым атрибутом автомобильных дорог. Станции помогают сообщать потребителям информацию не только о погоде, но и о возникновении на поверхности дороги метеорологических явлений, ухудшающих сцепление колес. Качество прогноза состояния дорожного полотна на участке дороги сильно зависит от однородности данных, полученных в местах расположения автоматических дорожных станций.

Видеокамеры, установленные на АДМС для возможности визуальной оценки состояния дорожного полотна, выполняют дополнительные функции и помогают решить разногласия при возникновении дорожно-транспортных происшествий.

Целью работы является исследование однородности данных АДМС на КАД СПб.

В данной работе мы рассматриваем переходный период (осенний) с неустойчивой погодой, при которой могут с большой вероятностью возникать осадки всех видов: твердые, жидкие и смешанные. В этот период погода отличается резкими перепадами температур – от потепления к похолоданию. [1]

Для достижения поставленной цели необходимо

1. сформировать архив данных;
2. провести анализ рядов метеорологических величин;
3. исследовать и проанализировать разность температурных параметров на четырех станциях внутреннего кольца;
4. провести корреляционный анализ;
5. проанализировать данные на однородность.

1 Автомобильные дороги

1.1 Значение транспортной инфраструктуры

Дороги играют немаловажную роль в развитие Российской экономики. Ведь от транспортной инфраструктуры зависят экономический рост и развитие производства и промышленности государства. В 2004-2008гг. проявлялись тенденции падения темпов роста производительности труда, происходило снижение конкурентоспособности производства, существенно замедление динамики экспорта товаров при значительном росте импорта. Переход к новым моделям экономического развития страны, внедрение новых инноваций высокотехнологичных обрабатывающих производств был просто необходим.[8]

Для стабильного роста объемов производства, надо было решить проблему развития транспортной инфраструктуры: плохого состояния дорожной сети, большой перегрузки дорог, низкой скорости и высокой аварийности движения.

Отставание в развитии автомобильных дорог от потребностей экономики страны, как правило, приводят к существенным потерям, относящимся к недостаточному развитию дорожной сети и ее неудовлетворительному техническому состоянию. Например, из-за отсутствия подъездов с твердым покрытием к сельским населенным пунктам, возможны потери сельхозпредприятий. [8]

В последние годы развитию транспортной инфраструктуры стали уделять большое внимание и выделять средства для проектирования и строительства новых дорог, ремонта и благоустройства старых.

1.2 Дороги и их классификация

В зависимости от доступа и условий проезда автомобильные дороги можно поделить на три основных класса

- Автомагистрали не предназначены для обслуживания прилегающих территорий. Это дороги для скоростного движения, состоящие из нескольких проезжих частей с разделительной полосой, не имеющие одноуровневых пересечений с другими дорогами. Съезды и выезды на автомагистрали оборудованы полосами торможения и разгона.
- Скоростные дороги, оборудованные местами отдыха и площадками для стоянки транспортных средств. Доступ на такие дороги возможен только через транспортные развязки.
- Обычные дороги

Каждая из них имеет свои подклассы и виды, в зависимости от географического положения и принадлежности. [9]

- Районные
- Областные
- Региональные
- Международного сообщения

1.3 Кольцевая дорога Санкт-Петербурга

Кольцевая автомобильная дорога, спасает город от значительных заторов, ведь в наше время чуть ли не в каждой семье есть автомобиль, а то и несколько.

Строительство автомагистрали в Санкт-Петербурге началось в 1998 году. Но в 2004 году строительство временно приостановилось из-за отсутствия финансирования. Сейчас длина наземной части КАД имеет длину 116,75 км, а с учетом участка, проложенного по дамбе – 142,15 км. (рисунок 1.1)



Рисунок 1.1 – кольцевая автомобильная дорога

Самый сложный участок наземной части кольцевой автомобильной дороги – мостовой переход через Неву. Этот участок был настолько сложным, что в проектировании принимали участие 16 организаций, в том числе и финские и датские компании.

Строительство мостового перехода велось в две смены:

1. Первая смена должна была соорудить левую (низовую) половину моста, под 4 полосы движения, а также эстакадные участки на левом и правом берегах. Первая смена вступила в декабре 2004 года.
2. Вторая смена приступила к работе в октябре 2007 года, когда соорудили правую верхнюю половину моста под 4 полосы движения.

И теперь вантовый мост считается символом Санкт-Петербурга, как единственный неразводной мост (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Большой Обуховский мост

2 Влияние метеорологических параметров на безопасность дорожного движения

2.1 Погода и ее влияние на поверхность дорожного полотна

Погода играет немаловажную роль в нашем мире, она очень изменчива и порой бывает непредсказуема. Транспортно-эксплуатационные показатели и потребительские свойства автомобильных дорог сильно меняются по сезонам года. В течение года на изменчивость и продолжительность различных состояний дороги оказывают влияние как климатические характеристики, так и техническое состояние покрытия. [1]

Наиболее неблагоприятным является осенне-зимний период. В этот период часто меняющиеся погодно-климатические факторы, такие как дальность видимости и состояние поверхности покрытия, оказывают большое влияние на сцепные качества покрытий, скорость и интенсивность движения потока. Кроме того, усложняется обстановка на дорогах из-за сокращения продолжительности солнечного сияния, осадков и т.п. [2] В период неблагоприятных метеорологических явлений проезд по дороге значительно усложняется, в связи с ухудшением восприятия дороги водителем.

В районах с частыми переходами температуры воздуха через 0 градусов, высока вероятность образования зимней скользкости на дорожных участках. Именно к таким районам в последние годы относится Санкт-Петербург.

В переходный период (весенний и осенний) могут выпадать осадки всех видов: твердые, жидкие, смешанные. Особенность переходных периодов заключается в продолжительности выпадения осадков, что объясняется повышенной влажностью и испаряемостью. В осенне-весенний период время выпадения осадков увеличивается, и просыхание дорожного покрытия зачастую проходит намного дольше, чем в летний период. [2]

2.2 Зимняя скользкость на дорогах

Покрытие дороги играет важную роль в движении транспорта, в первую очередь из-за своих сцепных характеристик. Состояние поверхности дорожного полотна оценивается в следующих градациях:

- чистая и сухая;
- покрыта слоем сухого и рыхлого снега;
- покрыта мокрым снегом;
- снежный накат;
- ледяная корка.

Образование скользкости на дорогах зависит не только от температуры или влажности воздуха, но и от некоторых дополнительных факторов: высота местности, рельеф и др. Например, гололед образуется при адвекции теплого и влажного воздуха. Наибольшая повторяемость гололеда и плотной изморози наблюдается на возвышенностях, а наименьшая преобладает в низинах и в долинах рек. Опасность обледенения, как правило, характеризуется толщиной слоя льда, который образуется за весь период заморозков. [9]

Образование скользкости на искусственных покрытиях делится на пять групп в зависимости от характера образования:

1. гололедица, образующаяся на поверхности покрытия при замерзании влаги при понижении температуры грунта и воздуха;
2. образование обледенения, которое возникает на сухой поверхности за счет того, что температура поверхности ниже точки росы;
3. третья группа зависит от выпадения жидких осадков, имеющих температуру ниже нуля;
4. выпадение переохлажденных осадков, образование зернистой изморози;

5. пятая группа – это все виды скользкости, гололед, снежный накат, обледенелый и тающий снег.

Ледяной дождь – это осадки при отрицательных температурах воздуха. Образование ледяного дождя происходит, когда у поверхности земли наблюдается холодный воздух, а над ним слой более теплого. Из облаков выпадают мелкие прозрачные ледяные шарики, размером 1-3 мм. Они замерзают не полностью, внутри шарика остается незамерзшая вода, которая вытекает при столкновении с предметами или дорогой, и образуется гололед (рисунок 2.1). Многие недооценивают опасность этого явления. Ледяной слой образуется не только на дорогах, но и на деревьях, машинах и проводах. В таких случаях не редко происходит обрыв ЛЭП и др. [15]



Рисунок 2.1 – ледяной дождь

Образование гололедицы наиболее вероятно при температурах воздуха от минус 2 до минус 6°C и относительной влажности воздуха от 65 до 85%.

Все виды снежно-ледяных отложений, образующихся на дорожном покрытии, подразделяют на: рыхлый снег (ровный по толщине слой), снежный накат (слой снега, уплотненного колесами), стекловидный лед (гладкая стекловидная пленка толщиной от 1 до 3 мм, иногда матовая белая шероховатая корки толщиной до 10 мм и более).

Отложения рыхлого снега на дорожном покрытии образуются при выпадении твердых осадков в безветренную погоду при температуре воздуха ниже минус 10°C.

Снежный накат может образовываться возникновении нескольких погодных ситуациях: выпадение снега при температурах воздуха от 0 до минус 6°C; при температуре воздуха от минус 6 до минус 10 °C и относительной влажности выше 90%; при положительных температурах и высокой интенсивности снегопада.

Стекловидный лед может образовываться при различных погодных условиях.

Образование обледенения на сухой поверхности при температуре поверхности ниже точки росы называют «черный лед» (очень тонкий и прозрачный слой льда, который трудно обнаружить визуально), изморозь или иней. Скользкость этого вида появляется на дорогах при безоблачной безветренной морозной погоде и почти 100 % влажности. Такой вид скользкости часто встречается в прибрежных районах, в горной местности или на автодорожных мостах.

Гололед образуется при температуре воздуха от плюс 2°C до минус 5°C и влажности воздуха выше 90% при выпадение переохлажденных осадков в виде дождя, мороси, тающего снега на дорожное покрытие, имеющее отрицательную температуру.

Все вышеперечисленные явления значительно ухудшают качество сцепления. За счет снежных отложений и образований полос наката ухудшается восприятие дороги водителем. К этому может добавиться яркое слепящее солнце, снижение видимости в периоды туманов или пурги и др.

Комплекс таких погодных явлений сильно влияет на работу транспортной инфраструктуры: затрудняет проезд автомобилей и приводит к многочисленным аварийным ситуациям.[1]

2.3 Меры по предотвращению образования зимней скользкости

Можно ли бороться с гололедом и другими образованиями скользкости? Как это реализовать наиболее быстро и эффективно? Ответы на эти вопросы люди ищут достаточно давно.

Для того чтобы провести профилактические работы, необходимо предупреждение о возможности образования зимней скользкости с некоторой заблаговременностью на принятие решения и его применения. Поэтому для оперативной работы по борьбе с зимней скользкостью необходимы специализированные прогнозы, которые должны обладать высокой детализацией и заблаговременностью.

Для оперативной работы по борьбе с зимней скользкостью недостаточно прогнозов Гидрометцентра, опирающихся на точные данные сети государственных метеорологических станций. Такое положение дел положило начало для разработки и внедрения информационно-измерительных систем, позволяющих получать данные с высокой дискретностью, обрабатывать информацию, формировать базы данных, учитывать прогнозы Гидрометцентра, вырабатывать специализированные прогнозы и рекомендации по производству работ, информировать дорожные организации и органы управления дорожным движением (рисунок 2.2). Важное место в работе такой системы занимают специальные технические средства – автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС).[4] Такая система способна обслуживать целую сеть автодорог.

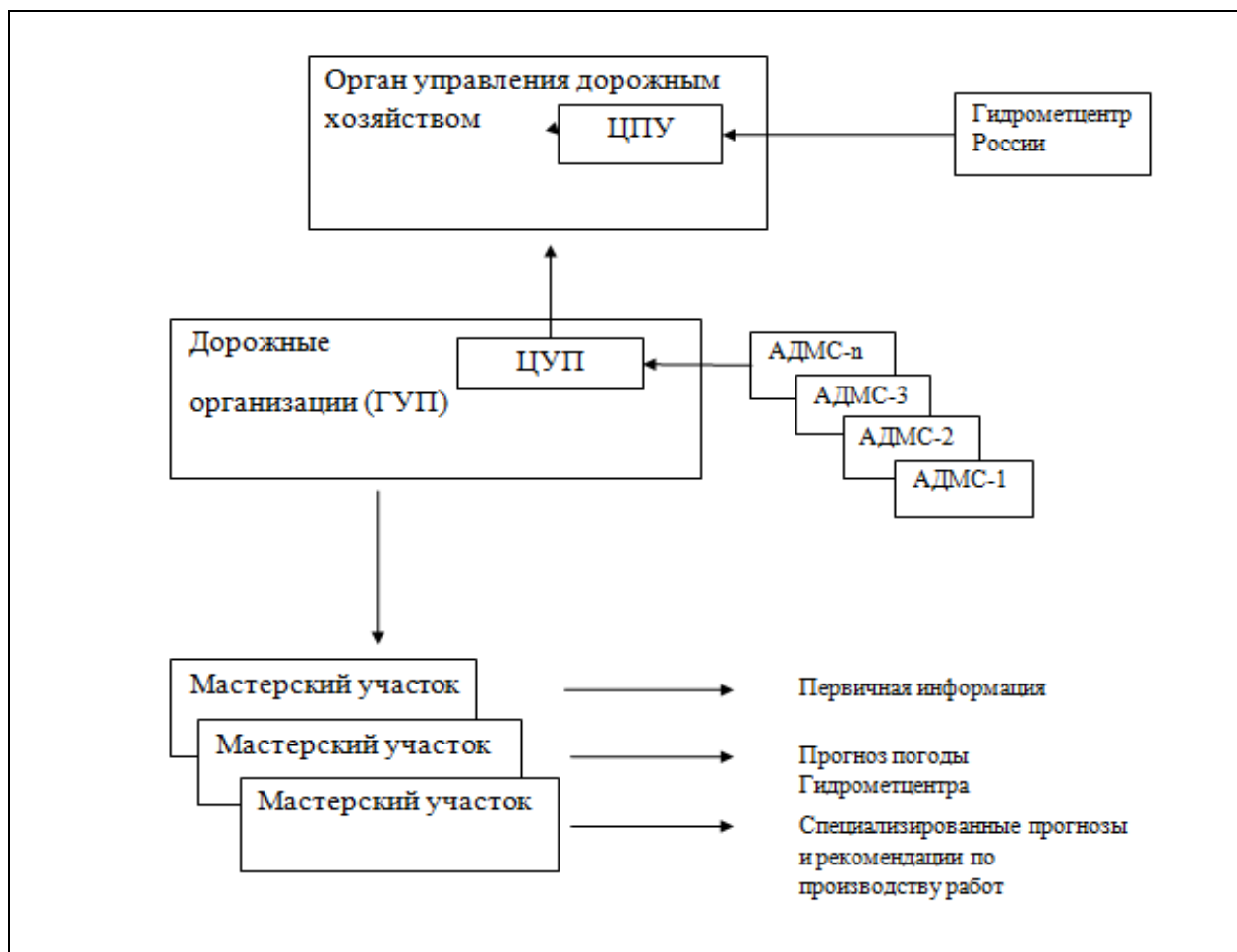


Рисунок 2.2 – Структура информационно-измерительной системы

На основе специального прогноза, вырабатываемого системой, для предотвращения образования зимней скользкости обслуживающие организации приводят следующие мероприятия:

- профилактическую обработку поверхности противогололедными материалами до появления зимней скользкости дорог, чтобы предотвратить образование снежного наката.
- устранение снежно-ледяных отложений с помощью химических и комбинированных противогололедных материалов (ПГМ).
- обработка снежных отложений фрикционными материалами.

Классификация противогололедных материалов представлена на рисунке 2.3.

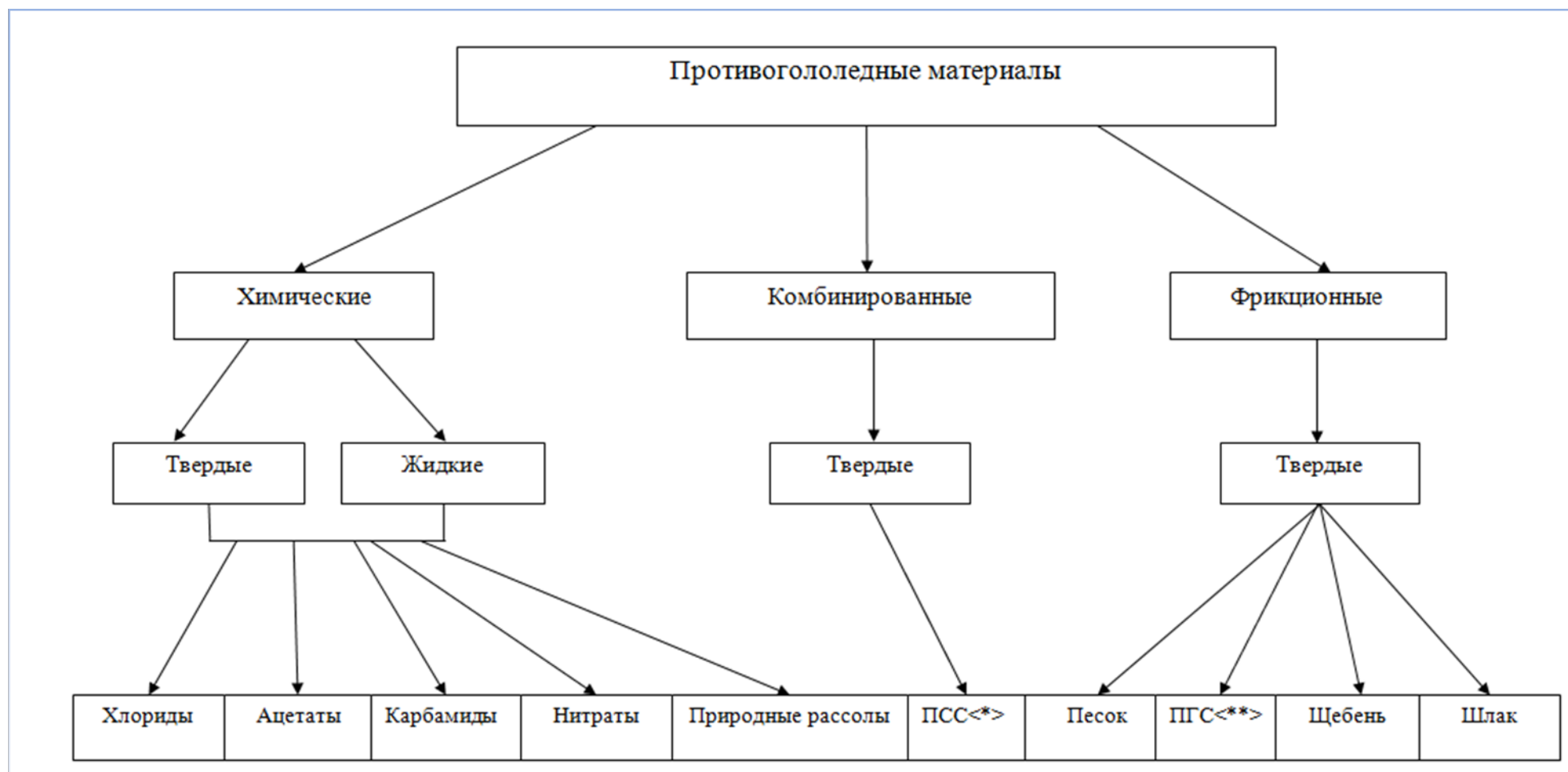


Рисунок 2.3 – Классификация противогололедных материалов

*ПСС – пескосоляная смесь, ** ПГС – песчано-гравийная смесь

2.4 Автоматическая дорожная станция

Автоматическая дорожная метеостанция – сложное техническое устройство, в состав которой входит комплект датчиков для измерения в автоматическом режиме общих метеорологических и специальных дорожных параметров:

- температура воздуха,
- температура поверхности,
- температура грунта,
- относительная влажность воздуха,
- атмосферное давление,
- скорость и направление ветра.

С помощью датчиков станция определяет количество и интенсивность осадков; наличие, количество и концентрацию противогололедных реагентов; толщину слоя воды, снега, льда на поверхности дорожного полотна.

Таким образом, автоматическая дорожная метеостанция является комплексным решением для дистанционного мониторинга погодных условий и состояния поверхности дороги, представляя собой незаменимый инструмент для использования в системе обеспечения безопасности дорожного движения.[12]

Рассмотрим задачи и структуру АДМС на примере станции «Viasala ROSA» (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Автоматическая дорожная метеорологическая станция

Станция «Viasala ROSA» работает непрерывно от сети и от солнечной энергии, собирая данные в реальном времени. Монтируется на метеомачте, которая служит для размещения и ориентации в пространстве метеодатчиков. Там же располагается система электроснабжения и сердце станции – аппаратный шкаф.

Аппаратурный шкаф – это металлическая конструкция в защищенном уличном исполнении, служащая для размещения интерфейсной платы и программируемых контроллеров, получающих информацию с метеодатчиков, преобразователей и защиты питания.

Интерфейсная плата содержит пакеты прикладных программ, необходимых для измерения параметров атмосферы, дорожного полотна и реализации алгоритмов. [8]

Автоматическая дорожная метеостанция Viasala Rose включает в себя модемы, выделенные линии, ВОЛС, GSM, GPRS.

Для визуализации информации о состоянии дороги и прилегающей к ней территории состав АДМС добавляют видеокамеры (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Пример визуализации информации о состоянии дороги

Однако оперативность использования информации от таких станций имеет большое значение в том случае, когда отдельные метеостанции на автостраде связаны в единую автоматизированную информационно-измерительную систему (АИИС). [5] Для метеорологического обеспечения кольцевой автомобильной дороги используется АИИС «Метеотрасса».

Получаемые в реальном времени данные о погодных условиях и о состоянии дорожного полотна на трассе от автоматической дорожной метеорологической станции, предаются по каналам связи в АИИС, необходимую для обеспечения безопасности дорожного движения на автодорогах и планирования и выполнения работ по их содержанию.[13]

Представляемая системой информация позволяет получить дорожно-эксплуатационным организациям достоверные сведения о погодных условиях, их изменении и заранее подготовиться к опасным явлениям.[8]

Пример данных измерения метеорологической обстановки на дороге, полученных с помощью АИИС «Метеотрасса» представлен на рисунке 2.6.

Название	Время	Твозд	Влажн	Тросы	Тпове	Тзапе	Состо	Преду	Хи-век	Слой в	Скоро	Награ	Сумм	И
Кировск	11:44	4.9	93	3.9							5.3	ЮЗ 211	0.0	
1	11:44				5.7	0.0	влаж		0	0				
2	11:44				6.1	0.0	влаж		0	0				
Разметелово	11:49	4.8	95	4.2							0.0	Ю 189	0.0	
1	11:49				4.7	0.0	вл*х		0	0				
2	11:49				4.6	0.0	влаж		0	0				
Рожино	11:03	3.0	100	3.0							1.5	ЮЗ 220	0.0	
1	11:03				4.3	0.0			0	0				
2	11:03				4.3	0.0			0	0				
Любань	11:47	5.1	99	5.0							2.0	ЮЗ 206	0.0	
1	11:47				0.0	0.0			0	0				
2	11:47				0.0	0.0			0	0				
Ульяновка	11:47	5.1	93	4.1							2.9	ЮЗ 218	0.0	
1	11:47				5.8	0.0	мокр		0	0				
2	11:47				5.0	0.0	влаж		0	0				
Выборг	10:08	3.5	99	3.4							0.0	С 0	7.9	

Рисунок 2.6 – Измерения метеорологической обстановки на дороге

АИИС «Метеотрасса» выполняет следующие функции:

- Прием и передача данных с использованием различных видов каналов связи в управляемом режиме;
- Контроль, обработка, архивация и отображение данных сети АДМС в удобном виде (карты, таблицы, графики)
- Выдачу предупреждений об опасных метеорологических явлениях (зимней скользкости, осадках) на автодорогах;
- Прогноз состояния покрытия и температуры покрытия автодорог на 4ч вперед на основе численной модели атмосферного пограничного слоя с использованием данных сети АДМС;
- Передача предупреждений и других данных в виде SMS – сообщений;

Данные автоматических метеорологических станций могут быть дополнены температурными картами поверхности проезжей части дороги

(термокартирование). С помощью карт обнаруживаются места с пониженной температурой поверхности покрытия, то есть потенциально возможные места снижения сцепных свойств дорожного покрытия в гололедоопасные периоды.

Термокартирование включает в себя следующие операции:

- Ландшафтная съемка (рисунок 2.7)
- Сбор данных при различных погодных условиях с использованием специального оборудованной передвижной лаборатории;
- Первичная обработка данных, построение температурных профилей автодороги;
- Использование результатов термокартирования в автоматизированной системе метеорологического обеспечения автодорог.[8]

Качество прогноза зависит от объема данных термокартирования. Для того, чтобы улучшить статистическую значимость данных нужно не только расширять сеть дорог, где производится термокартирование, но и повысить число проездов по одним и тем же маршрутам в разные погодные условия.



Рисунок 2.7 – Ландшафтная съемка, автомобильная развязка перед Обуховским мостом

3 Определение однородности данных АДМС на КАД СПб

3.1 Описание станций

В работе рассмотрены данные четырех автоматических дорожных станции, которые находятся в юго-восточной части города. Для того чтобы лучше понимать их расположение, рассмотрим (рисунок 3.1).

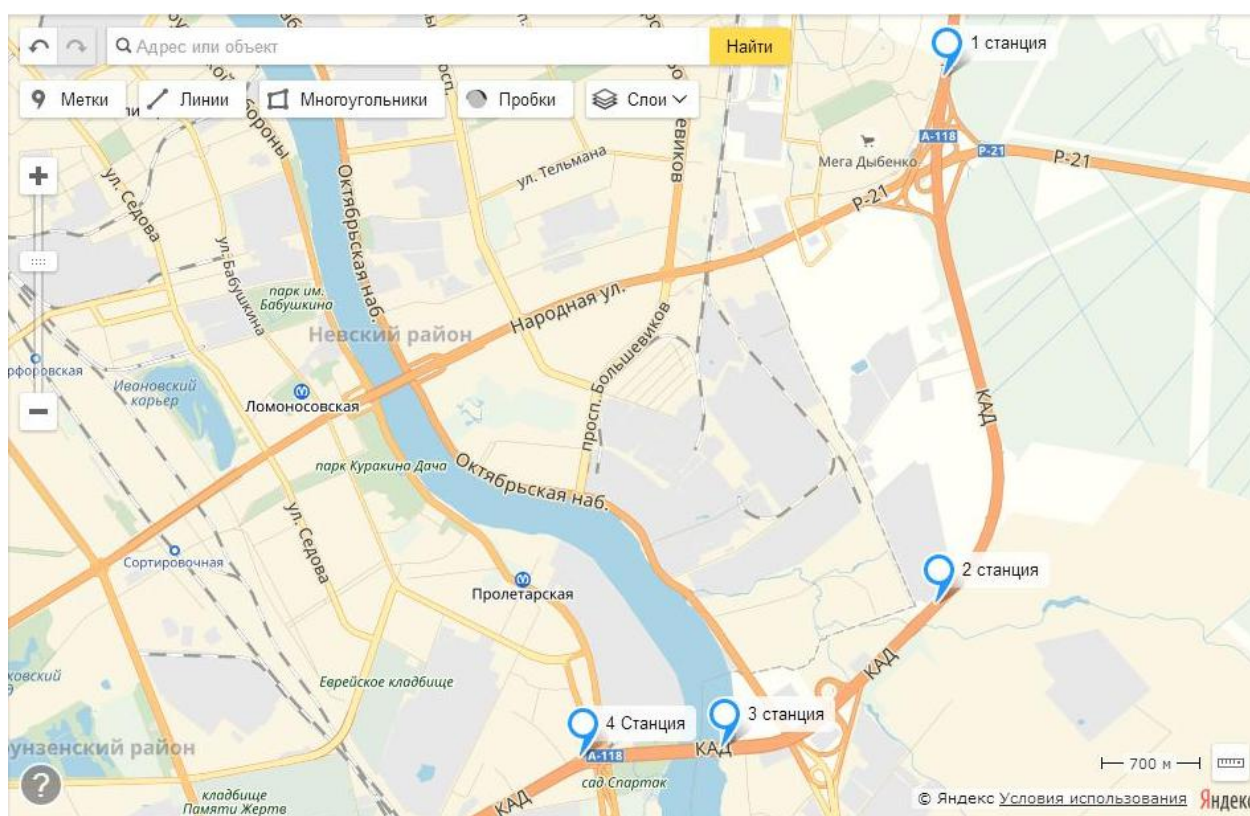


Рисунок 3.1 – Топографическое расположение станций

Первая АДМС с координатами 59.89, 30.53 находится на 51-ом километре внутреннего кольца КАД. Станция расположена на дороге с пятью полосами, прямо, перед съездом на Народную улицу и Мурманское шоссе. С правой стороны на расстоянии примерно 300 метров от автомагистрали, находится автосалон Ford, а дальше начинается застройка жилого комплекса “ЖК Лондон” (рисунок 3.2, а). С левой стороны по ходу движения находятся

полосы встречного движения, за которыми начинается достаточно большой лесной массив (рисунок 3.2, б).

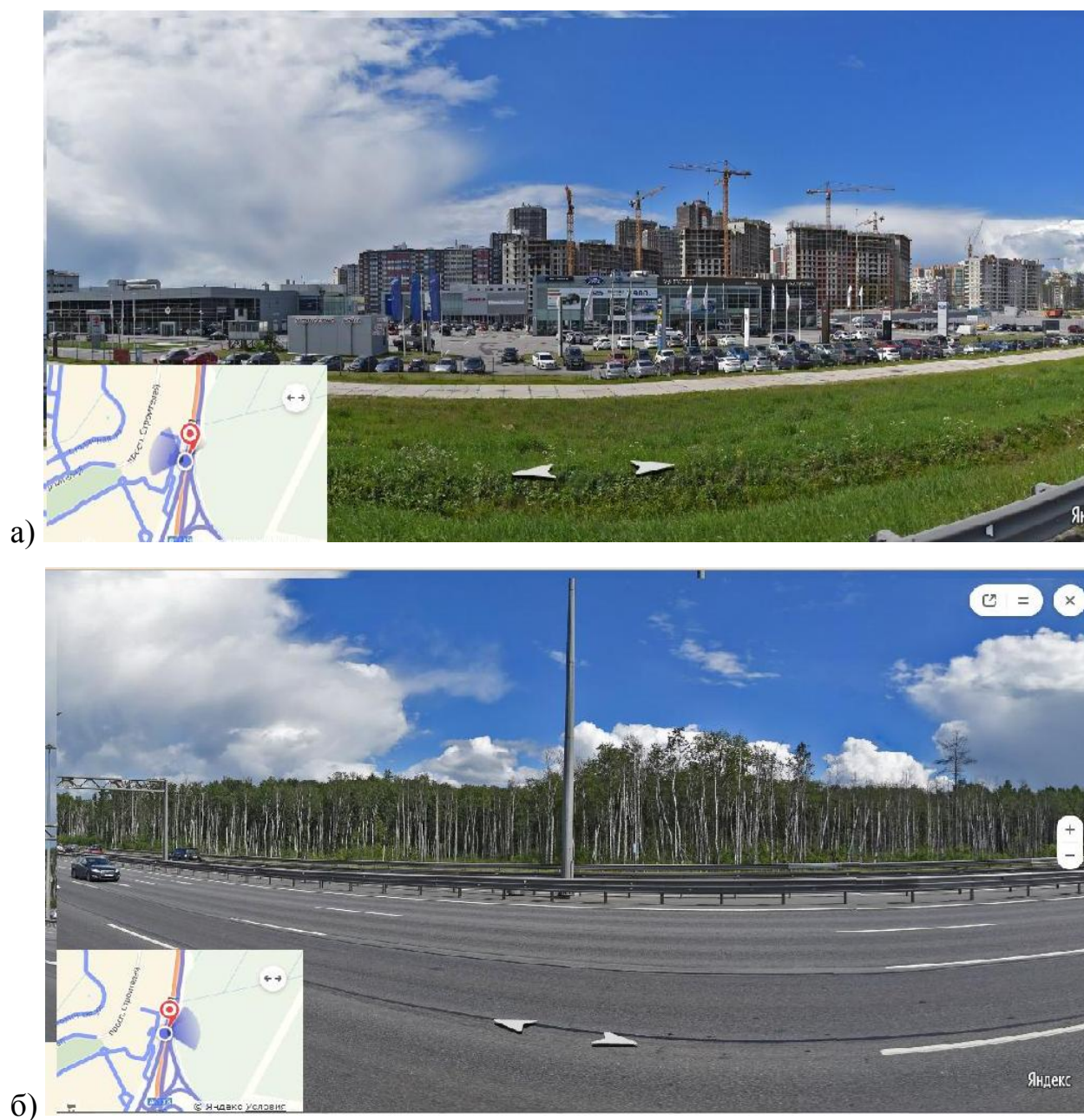


Рисунок 3.2 – 51 км КАД

а) вид с правой стороны по ходу движения, б) вид с левой стороны по ходу движения

Вторая АДМС с координатами 59.86, 30.53 находится на 55-ом километре внутреннего кольца КАД. Ширина проезжей части в этом месте

имеет четыре полосы. Справа по направлению движения – большое открытое пространство, на котором, примерно через 1 км, видна малоэтажная застройка (рисунок 3.3, а).

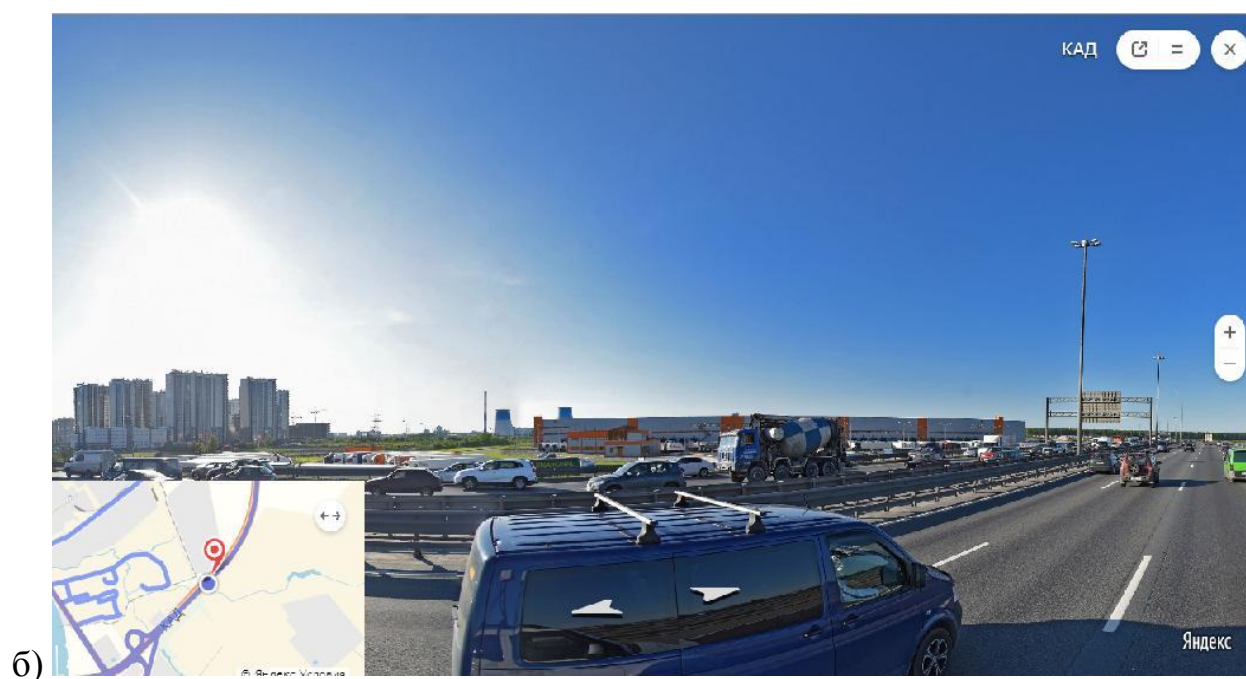
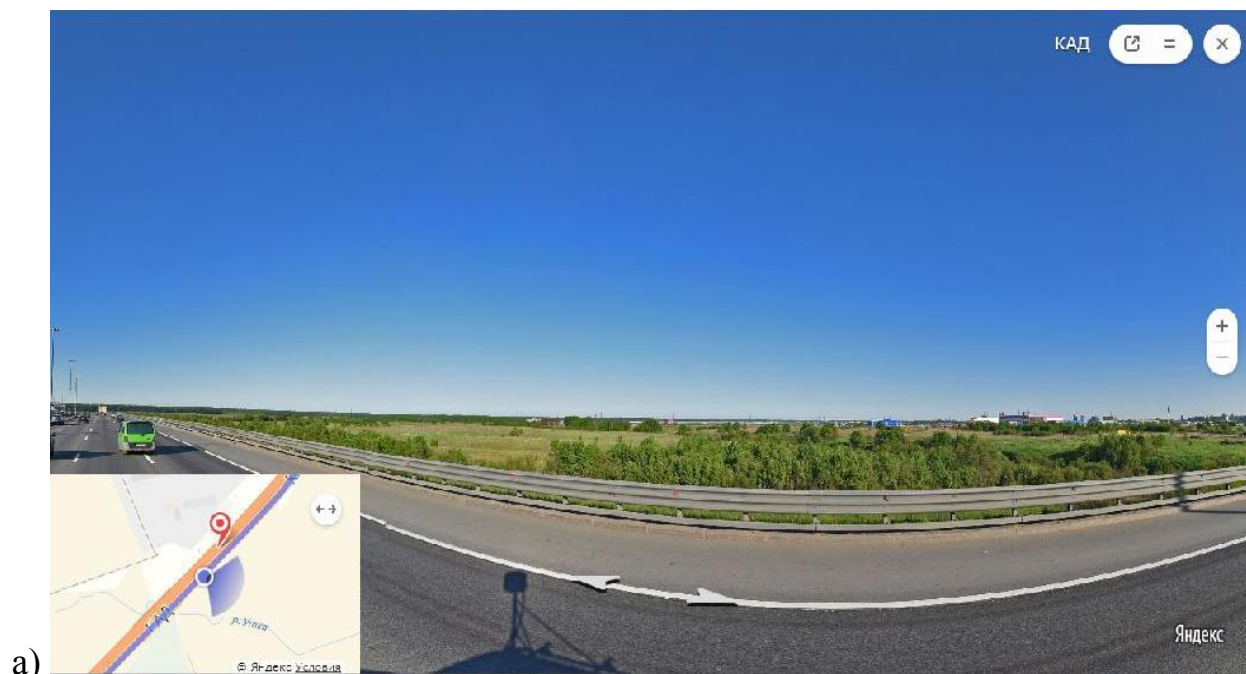


Рисунок 3.3 – 55 км КАД

а) вид с правой стороны по ходу движения, б) вид с левой стороны по ходу движения

С левой стороны от автомагистрали находится промышленная зона Уткина Заводь, и далее высотный жилой комплекс “ЖК Ласточкино гнездо” (рисунок 3.3, б).

Третья АДМС с координатами 59.85, 30.51 находится на 57-ом километре внутреннего кольца КАД (рисунок 3.4) в 200 метрах от правого берега Невы на самом мосту, где ширина проезжей части составляет четыре полосы. Высота установки станции над проезжей частью – 10 метров.

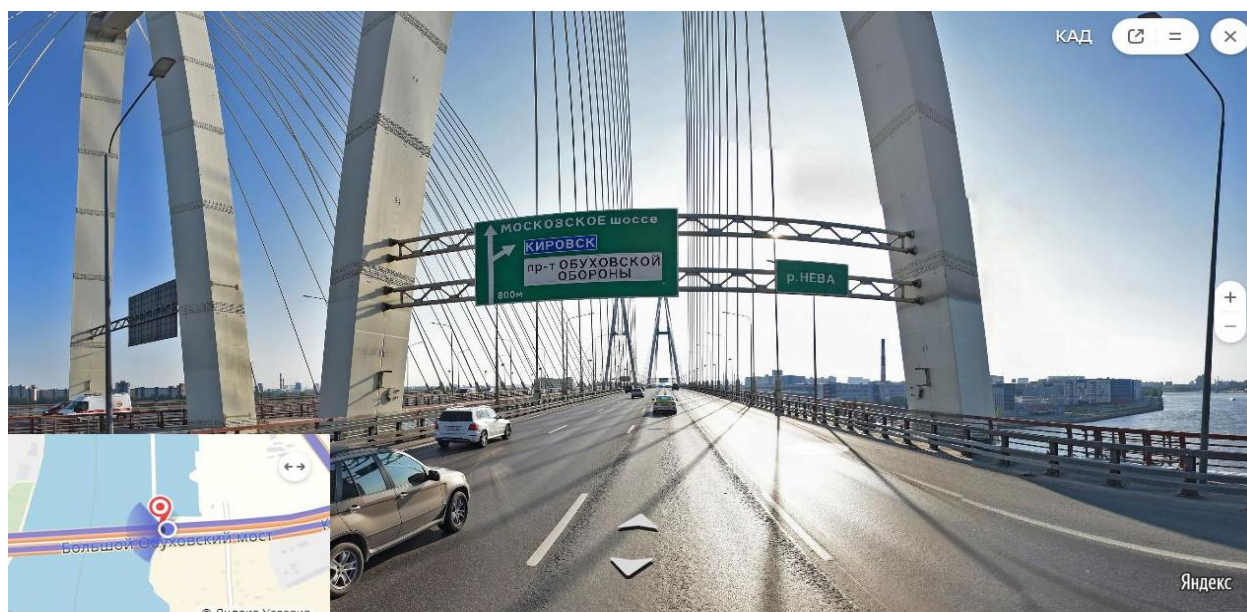


Рисунок 3.4 – 57 км КАД

Четвертая АДМС с координатами 59.85, 30.47 находится на 58-ом километре внутреннего кольца КАД (рисунок 3.5) примерно в 600 метра от левого берега Невы. В данном месте расположена развязка КАД с проспектом Обуховской обороны и Рабфаковской улицей. В этом месте автодорога окружена жилыми застройками. АДМС установлена на Г-образной опоре над четырех полосной проезжей частью.



Рисунок 3.5 – 58 км КАД

Третья и четвертая станции располагаются на Большом Обуховском мосту, который соединяет проспект Обуховской Обороны и Октябрьскую набережную и является сложным инженерным сооружением.

Как известно [7], существует теплообмен между поверхностью дороги и нижележащими слоями. Днем, когда поверхность дороги нагревается за счет солнечного излучения, поток тепла направлен вниз от поверхности. Ночью поверхность выхолаживается, а поток тепла снизу стремится нагреть поверхность дороги.

В случае моста этот поток значительно менее существенен. Поскольку мост не соприкасается с грунтом, то теплообмен в толще моста определяется температурой воздуха под мостом. Зимой температура воздуха обычно ниже, чем температура грунта, поэтому поверхность моста обычно холоднее, чем поверхность близлежащего участка автодороги. Это различие особенно явно выражено в начале зимнего сезона, когда под поверхностью автодороги имеется резервуар тепла (за счет нагрева летом) с достаточно высокой теплоемкостью. Однако с приходом теплого воздуха (потепление) поверхность моста прогревается значительно быстрее, чем поверхность

автодороги. Именно поэтому третья и четвертая станции расположены так близко друг к другу.

3.2 Распределение температурных параметров

Для проведения исследования были получены данные за 3 месяца 2015 года.

При формировании базы данных было замечено, отсутствие данных, из-за временного отключения на станции 58 км датчика температуры грунта (рисунок 3.6).

16,9	0,1	23,2	0	14,4	0,1
16,8	0	23,2	-0,1	14,3	0,1
16,8	0	23,3	0	14,2	0
16,8	0,1	23,3	-0,1	14,2	14,2
16,7	0	23,4	-0,1		0
16,7	0	23,5	-0,1		-13,6
16,7	0	23,6	0,1	13,6	13,6
16,7	0,1	23,5	0		-15,6
16,6	0	23,5	-0,1	15,6	0,4
16,6	0	23,6	-0,2	15,2	-0,7
16,6	0	23,8	-0,1	15,9	-0,2
16,6	0,1	23,9	-0,2	16,1	0,3

Рисунок 3.6 – Отсутствие метеорологических данных

Эту ошибку пришлось исправлять и данные восстанавливать с помощью линейного тренда. Это стало возможно, поскольку на данный момент не наблюдалось смены атмосферного процесса. Линейный тренд используется для прогнозирования временных рядов, для данных которые изменяются с постоянной тенденцией (рисунок 3.7). [9]

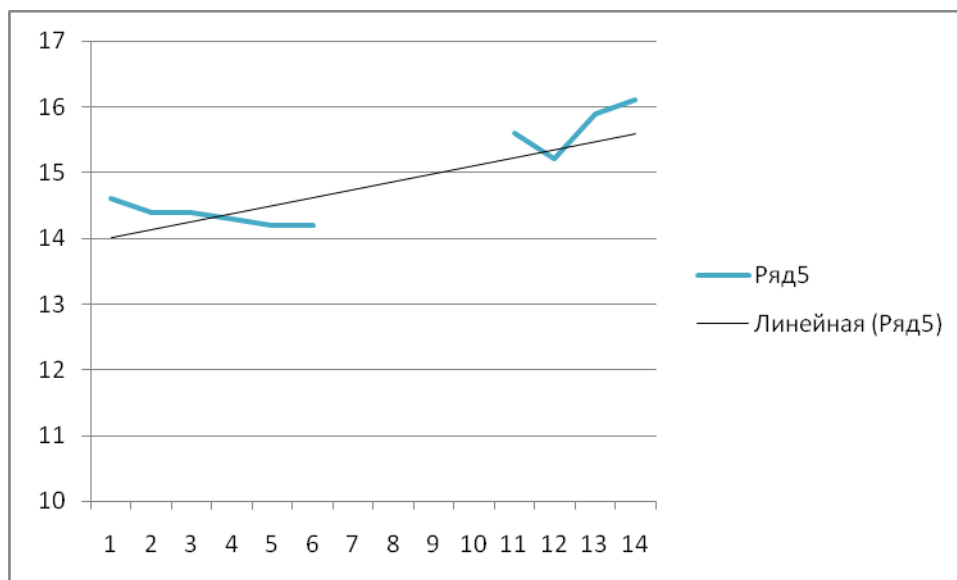


Рисунок 3.7 – График построения линейного тренда

После заполнения разрыва по данным была проведена визуализация распределения температурных параметров в течение осеннего периода (рисунок 3.8).

Исследуя зависимость на графиках можно сказать, что в сентябре температура была положительная, похолодание пришло на конец сентября – начале октября. Уже в середине октября наблюдались единичные переходы температуры через 0 градусов на всех четырех станциях.

Наблюдаемый суточный ход параметров, особенно четко выраженный в первой трети ряда, позволяет сделать вывод, что в данный период (в сентябре) температура поверхности полотна нагревалась в дневное время гораздо сильнее за счет солнечных лучей и в определенное время “час пик” за счет потока машин, чем температура воздуха и грунта. На всех четырех станциях именно температура поверхности дороги имеет наибольший суточный ход. Почва быстрее остывает с поверхности, а на глубине еще хранит тепло. В данном случае теплообмен определяется соотношением прихода и расхода тепла. [7]

Наименьшие значения суточного хода обнаружено у температуры грунта. Поскольку в дневной период грунт прогревается меньше чем поверхность дороги, а в ночное время меньше остывает. Исключение составляют станции на 57 и 58 км, поскольку на них температура грунта будет обусловлена температурой металлической конструкции мостового перехода. На графиках (рисунок 3.8) хорошо видно, что температура грунта на станциях на 57 и 58 км имеет не только наименьший суточный ход, но и достигает минимальных значений температуры.

В конце октября в начале ноября в Санкт-Петербурге обычно наблюдается циклоническая деятельность, появляется ветреная погода с морозящими дождями, хмурая и пасмурная, скорость ветра возрастает. Уровень воды в реке Неве поднимается за счет западных ветров, которые приводят к нагону воды в Финском заливе.

В ходе анализа стало видно, что к концу осени суточный ход значений сбивается, что говорит о наличии циклонической активности. Подтверждает это и наличие наиболее четкого недельного хода.

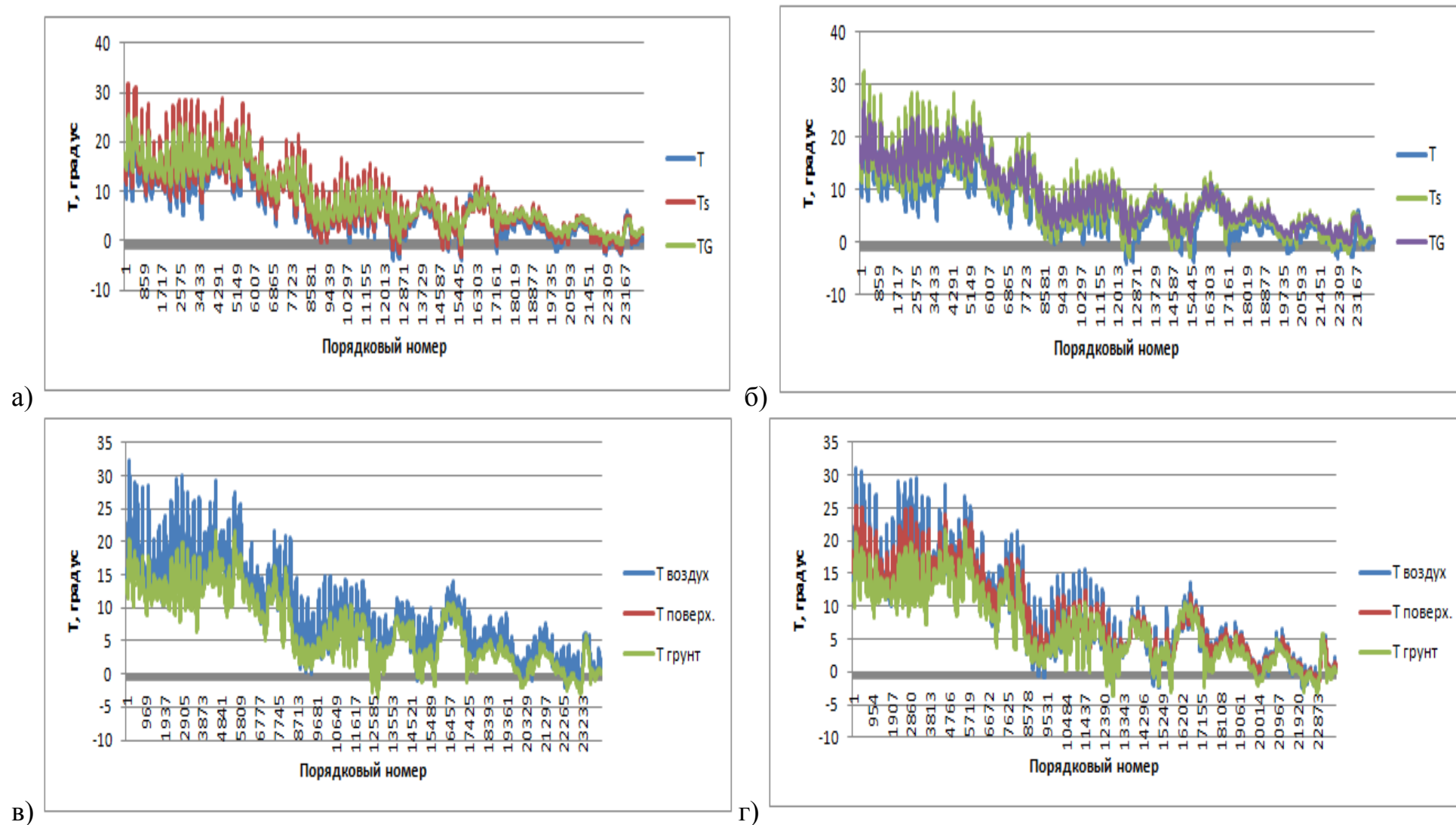


Рисунок 3.8 – Сезонный ход температурных параметров воздуха, поверхности и грунта

а) 51 км, б) 55 км, в) 57 км, г) 58 км

На станциях 57-ом и 58-ом км КАД температура воздуха в октябре становится значительно выше, чем на станциях 51 и 55 км (рисунок 3.8 в – г.), что безусловно связано с удаленностью последних двух станций от реки, где теплообмен происходит по другим законам.[7]

По данным рисунка 3.9 можно сказать, что максимальные значения между станциями (51, 55 км и 57, 58 км), по всем температурным параметрам, отличаются на 10 градусов. Особенно заметно выпадает значение на станции 51 км. Там значение температуры поверхности составляет 12,6°C, что меньше чем на других станциях (31,5 °C, 25,2 °C и 28,6°C соответственно). Аналогичная зависимость наблюдается и у температуры грунта.

Минимальная и максимальная температура на КАД СПб

	A	B	C	D	E
1		Tв	Tп	Tгр.	
2	станция 2 55 км	21,8	31,5	26,5	
3		-4	-2,7	-0,2	
4	станция 1 51 км	21,8	12,6	10,5	
5		-4	-3,3	-0,8	
6	станция 4 58 км	31,1	25,2	22	
7		-3	-2,1	-3,7	
8	станция 3 57 км	32,2	28,6	21,7	
9		-2,3	-1,3	-3,6	
10					

Рисунок 3.9 – Минимальная и максимальная температура на четырех станциях

Минимальные значения незначительно отличаются друг от друга. Исключение составляет температура грунта на 58-ом и 57-ом км, поскольку значительно отличается от станций на 51-ом и 55-ом км. Значения температуры грунта на 58-ом и 57-ом км достигают минус 3,7 °C. Это может

быть связано с тем, что станция 3 и 4 находятся возле реки Невы установлены на мостовом переходе, соответственно температура грунта в данном случае выражена температурой конструкции моста.

С помощью пакета анализа в программе Excel были проведены расчеты статистических характеристик временных рядов, полученных на 51, 55, 57 и 58 км КАД (таблица 3.1).

По данным расчета в таблицах можно увидеть, что среднее значение температуры грунта на 1-ой и 2-ой станции отличается от 3-ей и 4-ой. Отличия составляет порядка 2-3°C для температуры воздуха и порядка 2°C для температуры грунта. Это все может быть связано с особенностями инсоляции в осенний период и местом расположения АДМС. [7]

Анализируя значения на всех четырех станциях, можно сказать, достаточно большое влияние на показание датчиков оказывает тот факт, что 1-я и 2-я станция находятся на земляной подушке, а 3-я и 4-я на мосту, поэтому теплообмен будет обусловлен другими процессами.

Кроме того, стоит отметить, что температура поверхности может зависеть от качества полотна. Если асфальт – более зернистый, то он имеет более низкие температуры, чем гладкий.

Как мы можем заметить, минимальная температура грунта на 51-ом и 55-ом км составляет минус 0,80°C и минус 0,20 градусов Цельсия, а на 57-ом и 58-ом км минус 3,60 и минус 3,70 градусов. Температура на металлической конструкции может значительно отличаться от температуры грунта. Именно с этим связана большая разница в значениях.

Таблица 3.1 – Статистические характеристики

<i>T</i>	<i>T</i> воздуха	<i>T</i> поверх.	<i>T</i> грунта	<i>P</i>	51кад 1 станция
Среднее	6,35	8,10	8,53	1012,61	
Стандартная ошибка	0,04	0,04	0,04	0,08	
Медиана	5,00	6,40	6,80	1012,50	
Мода	2,50	4,40	4,00	1023,50	
Стандартное отклонение	5,46	6,63	5,99	11,71	
Дисперсия выборки	29,76	44,00	35,82	137,12	
Эксцесс	-0,69	0,28	-0,59	-0,37	
Асимметричность	0,47	0,87	0,64	-0,26	
Интервал	25,80	34,90	26,40	56,80	
Минимум	-4,00	-3,30	-0,80	980,70	
Максимум	21,80	31,60	25,60	1037,50	
Сумма	152442,20	194482,20	204700,40	24317852,50	
Счет	24015,00	24007,00	24007,00	24015,00	

<i>T</i>	<i>T</i> воздуха	<i>T</i> поверх.	<i>T</i> грунта	<i>P</i>	55кад 2 станция
Среднее	6,35	8,38	8,89	1012,62	
Стандартная ошибка	0,04	0,04	0,04	0,08	
Медиана	5,00	6,90	7,20	1012,50	
Мода	2,50	3,80	4,50	1023,50	
Стандартное отклонение	5,46	6,46	5,87	11,71	
Дисперсия выборки	29,79	41,76	34,40	137,12	
Эксцесс	-0,69	0,08	-0,64	-0,37	
Асимметричность	0,47	0,80	0,62	-0,26	
Интервал	25,80	35,20	26,70	56,80	
Минимум	-4,00	-2,70	-0,20	980,70	
Максимум	21,80	32,50	26,50	1037,50	
Сумма	152498,30	199797,00	212091,60	24317960,10	
Счет	24015,00	23854,00	23854,00	24015,00	

<i>T</i> воздух	<i>T</i> поверх.	<i>T</i> грунта	57 кад 3 станция
Среднее	9,04	8,99	6,67
Стандартная ошибка	0,04	0,04	0,04
Медиана	7,70	7,50	5,30
Мода	4,90	4,60	2,80
Стандартное отклонение	6,71	6,33	5,52
Дисперсия выборки	44,96	40,07	30,44
Эксцесс	0,03	-0,39	-0,84
Асимметричность	0,78	0,66	0,44
Интервал	34,50	29,90	25,30
Минимум	-2,30	-1,30	-3,60
Максимум	32,20	28,60	21,70
Сумма	217861,50	216547,50	160556,90
Счет	24094,00	24094,00	24074,00

<i>T</i> воздух	<i>T</i> поверх.	<i>T</i> грунт	58 кад 4 станция
Среднее	8,17	8,22	6,65
Стандартная ошибка	0,04	0,04	0,04
Медиана	6,40	6,50	5,20
Мода	4,20	4,20	2,50
Стандартное отклонение	6,89	6,36	5,59
Дисперсия выборки	47,51	40,44	31,28
Эксцесс	-0,06	-0,68	-0,82
Асимметричность	0,77	0,58	0,44
Интервал	34,10	27,30	25,70
Минимум	-3,00	-2,10	-3,70
Максимум	31,10	25,20	22,00
Сумма	194038,30	195279,10	157782,90
Счет	23759,00	23759,00	23729,00

Также по данным расчета видно, что максимальное значение температуры воздуха отличается на станциях, примерно на 10 градусов.

В течение осеннего периода температура воздуха менялась в диапазоне от минус 4°C до 34 градусов.

В ходе анализа всех таблиц, можно сделать вывод, что станция на 57-ом км самая теплая в этот период, поскольку имеет самые высокие показания.

Станция номер 3 имеет положительные значения эксцесса 0,03 в отличие от остальных, что говорит о наличии островершинной функции распределения. Тогда как на остальных станциях функция распределения отрицательна, следовательно – плосковершинная, а распределение стремится к случайному. [5]

3.3 Корреляционный анализ

Коэффициенты корреляции являются общепринятой в математической статистике характеристикой связи между двумя случайными величинами. Коэффициент корреляции – показатель степени взаимозависимости, статистической связи двух переменных; изменяется в пределах от -1 до +1.

В зависимости от коэффициента корреляции различают следующие корреляционные связи:

1. сильная, или тесная при коэффициенте корреляции $r > 0,70$;
2. средняя (при $0,50 < r < 0,69$);
3. умеренная (при $0,30 < r < 0,49$);
4. слабая (при $0,20 < r < 0,29$);
5. очень слабая (при $r < 0,19$).

По данным расчета на станциях 51, 55, 57, 58 км КАД (таблица 3.2) коэффициент корреляции между величинами температуры поверхности и

температуры грунта, будет близок к единице, то есть зависимость между величинами присутствует сильная.

Таблица 3.2 – Корреляция на четырех станциях

	<i>T воздуха</i>	<i>P</i>	<i>Tповерх.</i>	<i>Tгрунта</i>	<i>51 км</i>		<i>T воздух</i>	<i>Tповерх.</i>	<i>T грунт</i>	<i>57 км</i>
T	1					T воздух	1			
P	0,1	1				T поверх.	0,98	1		
Ts	0,96	0,15	1			T грунт	0,95	0,97	1	
TG	0,96	0,18	0,96	1						
	<i>T воздуха</i>	<i>P</i>	<i>Tповерх.</i>	<i>Tгрунта</i>	<i>55 км</i>		<i>T воздух</i>	<i>Tповерх.</i>	<i>T грунт</i>	<i>58 км</i>
T	1					T воздух	1			
P	0,1	1				T поверх.	0,97	1		
Ts	0,71	0,2	1			T грунт	0,97	0,98	1	
TG	0,79	0,2	0,96	1						

Коэффициент корреляции температуры поверхности и температуры воздуха так же близится к единице. Правда, на 55 км связь между температурой воздуха и температурными параметрами дорожного полотна (Ts и TG) несколько слабее, чем на остальных станциях ($r=0,7$). Наименьший коэффициент корреляции между температурными параметрами отмечен именно тут. Этот факт можно объяснить тем, что с южной и с восточной стороны от места расположения станции расположено большое открытое пространство, циркуляция воздуха на 55 км будет отличаться от остальных станций.

Как и следовало ожидать, зависимость всех температурных параметров и атмосферного давления, намного слабее ($r=0,1$ на 51 км и $r=0,1$ на 55 км). При коэффициенте корреляции близком к нулю говорят об отсутствии связи.[8]

3.4 Выявление разности температурных параметров

По данным временных рядов в пакете Excel был проведен расчет разности температурных параметров между станциями. Разность

температуры грунта на станции 55 км и 51 км, за сентябрь и октябрь имеет большой размах в основном $\pm 5^{\circ}\text{C}$, но может достигать и 10°C . Во второй половине временного ряда (середина октября), разброс значений разности температур грунта на 55 км и 51 км уменьшается, становится в основном положительной, в среднем составляет 2°C (рисунок 3.10). В первую очередь это связано с уменьшением суточного хода в сентябре, связанного с уменьшением поступающей солнечной радиацией, сокращением светового дня и особенностями теплообмена.

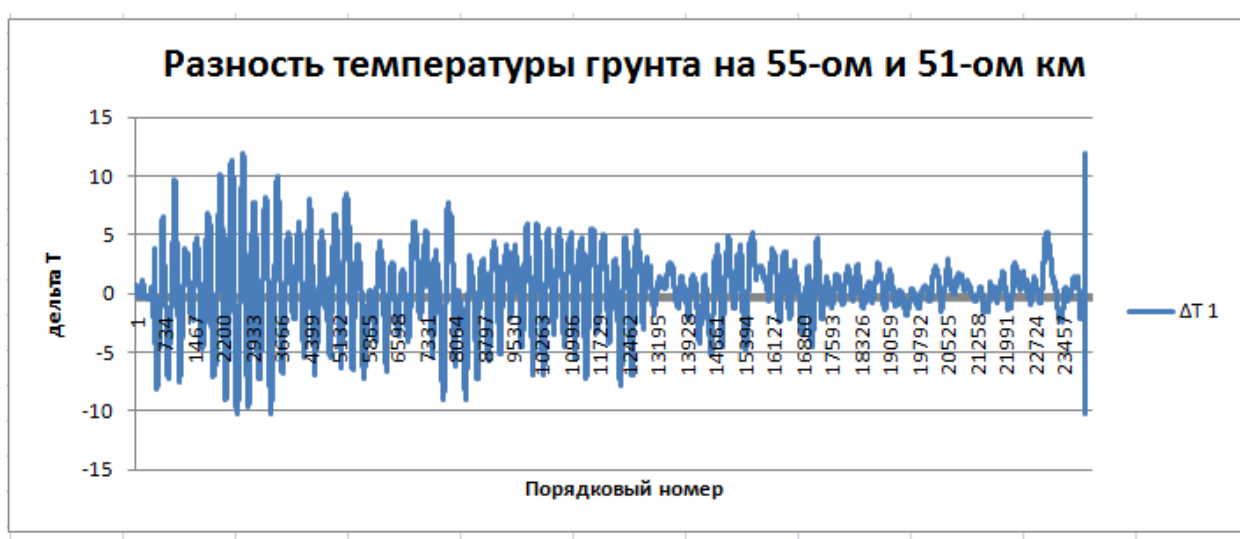


Рисунок 3.10 – Разность температуры грунта

Разность температуры грунта на 55-ом и 57-ом км и на 55-ом и 58-ом км имеет значительное сходство. В анализируемом временном интервале преобладает положительная разница температур, что говорит о том, что на 55-ом км значения температуры грунта значительно выше. Что вполне объясняется местом установки станций.

Визуальный анализ показывает, что амплитуда изменения данной величины в период с сентября по начало октября на порядок больше, чем в ноябре. Если в начале месяца разность температур достигает двадцати градусов, то в конце осеннего периода уменьшается до 5°C (рисунок. 3.11)

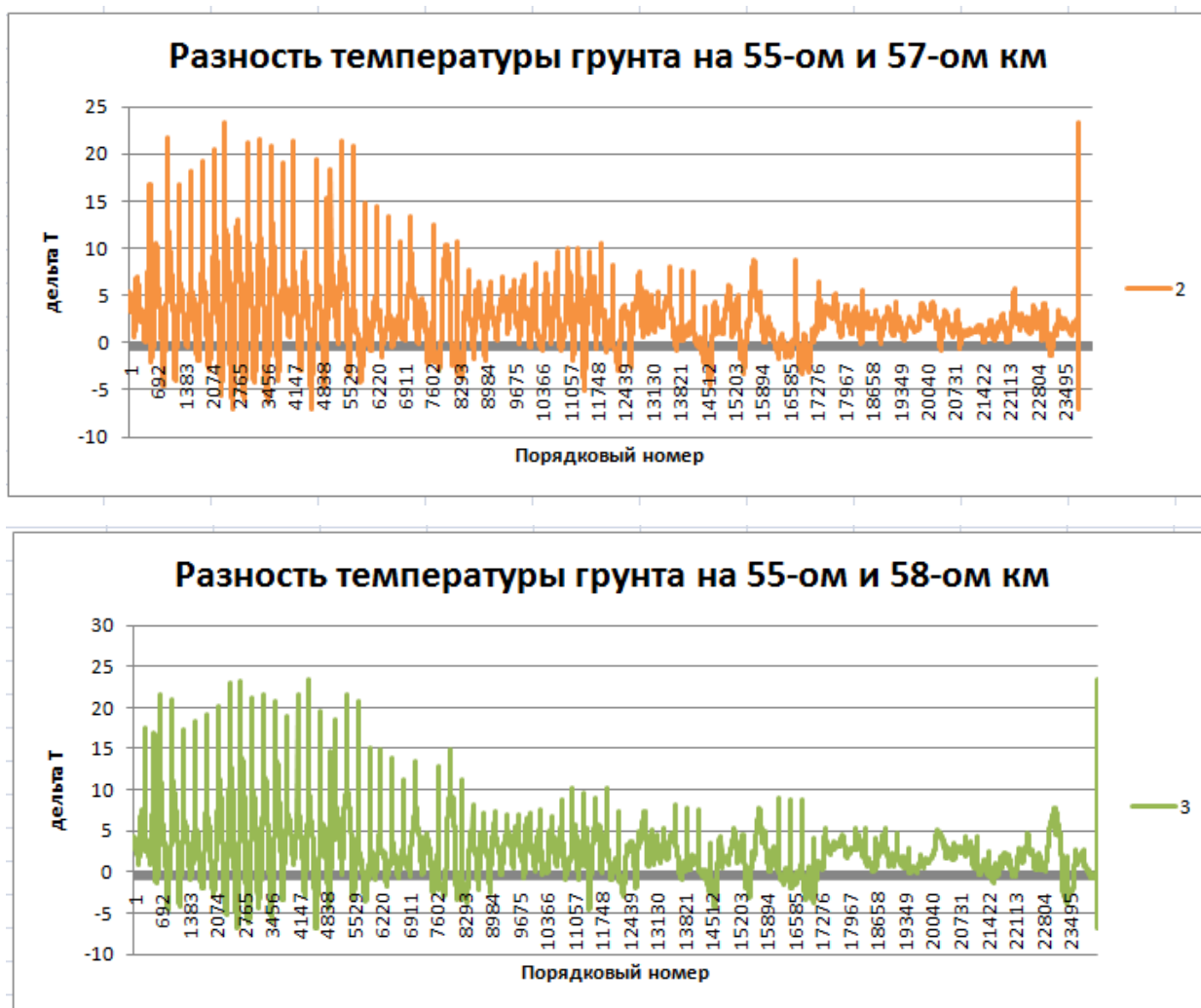


Рисунок 3.11 – Разность температур грунта между станциями

Рассчитанные значения разности температур поверхности на 55-ом и 51-ом км имеют достаточно большую амплитуду значений, 10-15 градусов. На графике заметно прослеживается тенденция к уменьшению амплитуды значений, от теплого к холодному периоду (рисунок 3.12). Значения разницы температур поверхности неустойчивы и знак изменяется в течение всего периода.

В течение сентября и октября значения разности имеют как положительный, так и отрицательный знак. В конце осеннего периода (с точки №17000, рисунок 3.12) разница температур поверхности становится в основном положительной и значительно уменьшается, до 1-2 °С. Так же как и

у температуры грунта, на 55-ом км значения температуры поверхности оказались несколько выше, чем на 51-ом км.

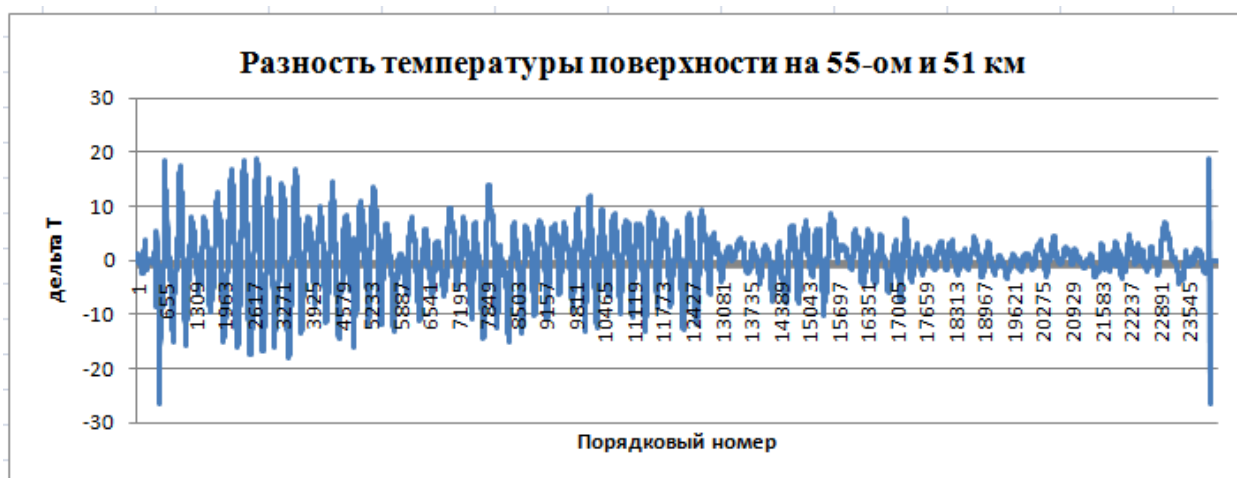


Рисунок 3.12 – Разность температур поверхности между станциями на 55-ом и 51-ом км

Значение разности температуры поверхности на 55-ом и 57-м км и разности между 55-ым и 58-м км идентичны по характеру распределения и амплитуде значений (рисунок 3.13 а, б). Достаточно большой разброс в значениях наблюдается в период с сентября по октябрь, и составляет 15-20 градусов, причем в этот период разница температур чаще имеет положительный знак. В последующий временной интервал наблюдается заметное уменьшение разности температур поверхности.

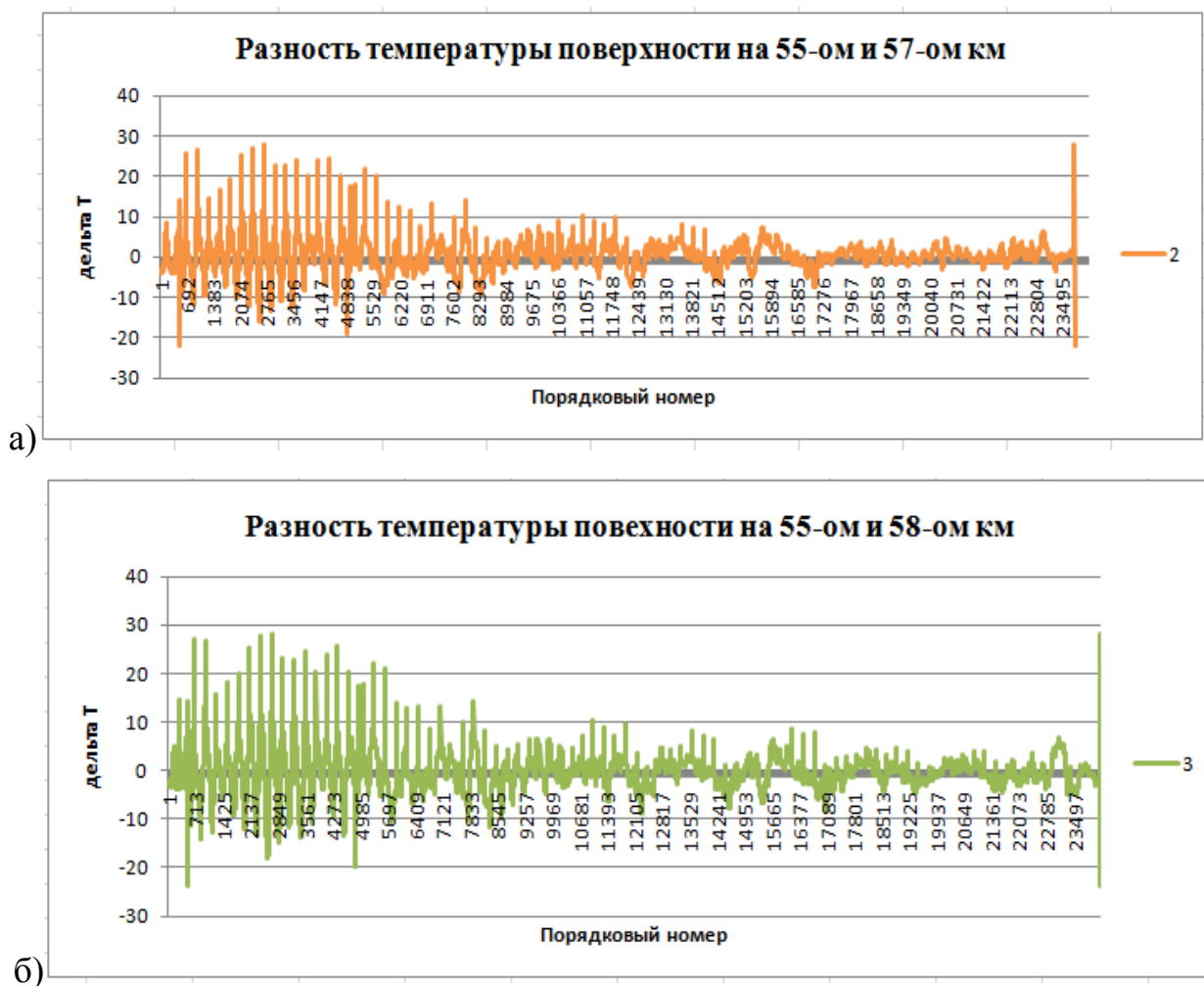


Рисунок 3.13— Разность температур поверхности между станциями

а) между станциями на 55-ом и 57-м км; б) между станциями 55-ом и 58-м км

Значение разности температуры воздуха на 55-ом и 57-м км и разности между 55-ым и 58-м км идентичны по характеру распределения и амплитуде значений (рисунок 3.14 а, б). Но в данном случае стоит отметить, что разность температуры воздуха между 55-ым и 57-м км чаще отрицательна. Соответственно температура воздуха на 57-ом км в большинстве случаев выше, чем на 57-ом.

Тогда как между 55-ым и 58-м км – значения разницы температур отмечены и положительные и отрицательные. Только в ноябре значения температур воздуха на 58-ом км становятся выше, чем на 55-ом км.

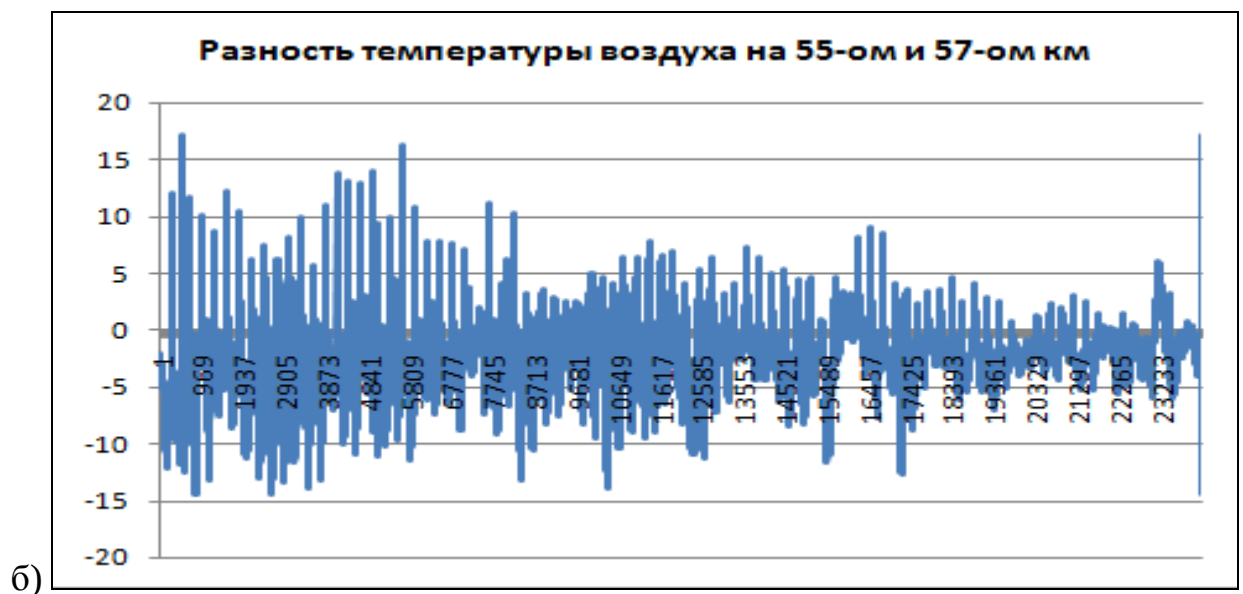
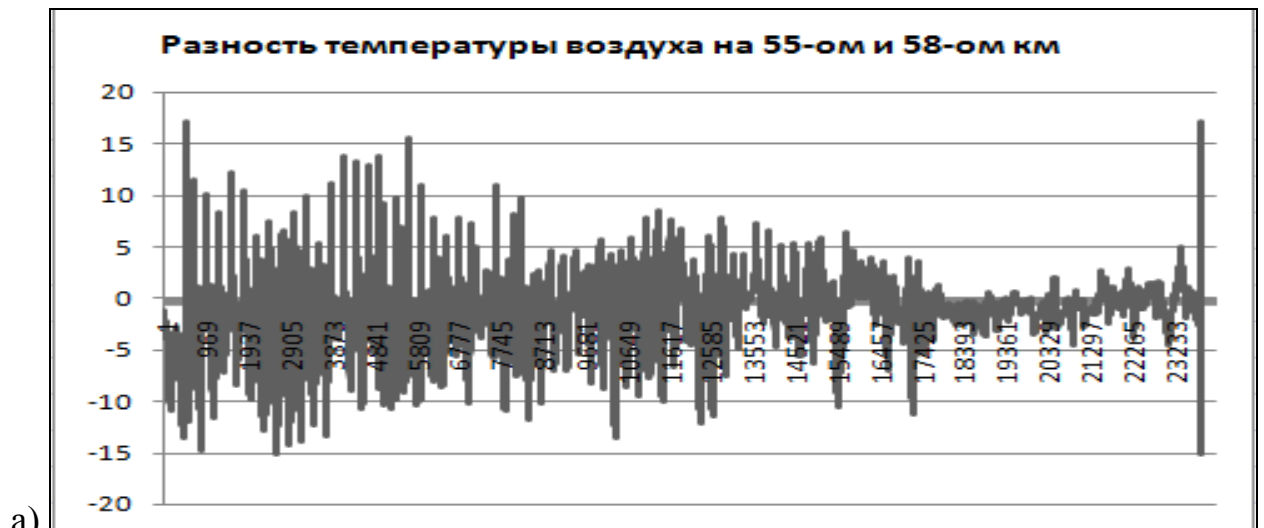


Рисунок 3.14— Разность температур воздуха между станциями
 а) между станциями на 55-ом и 57-м км; б) между станциями 55-ом и 58-м км

Таким образом, можно сказать, что отношение температурных параметров воздуха и дорожного полотна между станциями неоднозначно.

Заключение

В ходе данной работы, в качестве исходных данных мною были рассмотрены временные ряды, полученные с помощью автоматических дорожных метеорологических станций, расположенных на кольцевой автомобильной дороге Санкт-Петербурга.

Полученные данные были обработаны в программе Microsoft Excel.

В процессе выполнения работы:

1. Сформирована база архивных данных за осень 2015 для четырех АДМС, входящих в систему обеспечения КАД СПб для исследования однородности данных температурных параметров.

2. Проведен контроль качества данных, в результате с помощью линейного тренда устранен двадцатиминутный разрыв в данных температуры грунта на 58-ом км КАД.

3. Рассчитаны статистические характеристики температурных параметров воздуха, поверхности дороги и грунта для указанных станций. Проанализированы минимальные и максимальные значения параметров.

4. Исследована корреляционная связь между параметрами на каждой станции и между станциями за осенний период.

5. Проведен расчет и проанализирована разность температурных параметров за осенние месяцы 2015 года между четырьмя АДМС.

В результате выполненной работы хочется отметить следующее.

Температура поверхности дороги имеет наибольший суточный ход, особенно в теплый период, а наименьшие значения суточного хода обнаружено у температуры грунта. Исключение составляют станции на 57 и 58 км, поскольку на них температура грунта будет обусловлена температурой металлической конструкции мостового перехода. Тут же отмечены и минимальные значения температуры грунта.

Максимальные значения температур поверхности и грунта на станции №1 (51 км). Максимальные значения значительно меньше, чем на остальных АДМС.

Корреляционная связь на 55 км между температурой воздуха и температурными параметрами дорожного полотна (T_s и T_G) является стохастической ($r=0,7$).

Таким образом, можно сказать, что отношение температурных параметров и воздуха и дорожного полотна между станциями неоднозначно. На изменчивость температур оказывают влияние дополнительные параметры, связанные с влиянием метеорологических факторов (облачность, инсоляция и др.) и особенностями мест установки станций:

- ландшафтными (наличие открытого пространства, близость реки и лесного массива);
- техническими (расположение дорожного полотна на мостовом переходе или на земляной подушке).

Список использованных источников

1. Васильев А.П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. М., 1976-283с.
2. Васильев А.П., Немчинов М.В. Безопасность движения в осенний периоды года. – М.: Транспорт, 1976.- 79с.
3. Самодурова Т.В. Метеорологическое обеспечение зимнего содержания автомобильных дорог. Ассоциация «РАДОР» - М.: ТИМР, 2003.-183 с.
4. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Автоматические метеорологические станции. Часть 1. Тактико-технические характеристики. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2016. – 195 с
5. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Автоматические метеорологические станции. Часть 2. Цифровая обработка данных автоматических метеорологических станций. Учебное пособие. Санкт-Петербург, РГГМУ, 2015. – 80 с
6. Гордеева С.М. Практикум по дисциплине «Статистические методы обработки и анализа гидрометеорологической информации» - СПб.: РГГМУ, 2010. - 74 с.
7. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии «Физика атмосферы». Л.: Гидрометеиздат, 1984.-752 с.
8. Электронный ресурс: Федеральный портал. Режим доступа: <http://www.protown.ru/information/articles/3339.html> (дата обращения 25.04.2018г.)
9. Электронный ресурс: Категории дорог. Классификация и назначение дорог. Режим доступа: https://www.syl.ru/article/203011/new_kategorii-dorog-klassifikatsiya-i-naznachenie-dorog (дата обращения 21.02.2018г.)
10. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах: ОДМ / Минтранс России, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). - М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2003.- 72 с.
http://www.teh-stroy.ru/doc_rukovodstvo.php

11. Электронный ресурс Отраслевой дорожный методический документ
Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200075941>. (дата обращения 15.03.2018г.)
12. Электронный ресурс Система метеоконтроля и состояние дорожного покрытия. Режим доступа: <http://vkssystem.ru/sistema-meteokontrolya-i-sostoyaniya-dorozhnogo-pokritiya/> (дата обращения 21.03.2018г.)
13. Электронный ресурс ООО «ИРАМ» Режим доступа: <http://www.iram.ru/iram/> (дата обращения: 18.03.2018г.)
14. Электронный ресурс Влияние погодных условий на безопасность дорожного движения Режим доступа: <http://docplayer.ru/28945528> (дата обращения 26.04.2018г.)
15. Электронный ресурс Ледяной дождь Режим доступа: wikipedia.org/wiki/
Дата обращения (22.05.2018г.)