



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 температурных параметров воздуха и дорожного полотна на КАД СПб»

Исполнитель **Иванова Ирина Александровна**
(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)

«30» мая 2017 г.

Санкт–Петербург
2017

Содержание

		Стр.
	Введение	2
1	Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга	6
1.1	Описание КАД	6
1.2	Воздействие метеорологических факторов на условия движения	8
1.3	Метеорологическое обеспечение КАД	10
1.4	Особенности установки АДМС	10
1.5	Функции и задачи АИИС «МетеоТрасса»	12
2	Автоматические дорожные метеорологические станции	14
2.1	Функции, задачи и состав АДМС	14
2.2	Метеорологические датчики АДМС	17
2.2.1	Датчик измерения параметров ветра WA15 фирмы Vaisala	17
2.2.2	Датчик измерения атмосферного давления – барометр РТВ110	19
2.2.3	Датчик измерения влажности и температуры воздуха HMP155	20
2.2.4	Детектор дождя DRD11A	22
2.2.5	Датчики параметров дорожного полотна	22
2.3	Расположения АДМС на КАД СПб	24
3	Исследование параметров температуры воздуха и дорожного полотна	31
3.1	Пространственно-временная изменчивость временных рядов температуры	31
3.2	Определение связи между температурными параметрами	39
3.3	Проверка однородности данных АДМС КАД СПб	42
	Заключение	49
	Список использованных источников	51

Введение

Во все исторические эпохи транспорт являлся одной из самых экономически важных отраслей. С появлением скоростных автомагистралей актуальным стал вопрос о безопасности езды на дорогах. Кольцевая автомобильная дорога Санкт-Петербурга является важнейшей артерией транспортной инфраструктуры города и уровень качественного состояния дорожного полотна и безопасности движения в значительной мере зависит от качества организации и проведения мероприятий по содержанию автодороги.

В число факторов, дестабилизирующих обстановку на автомобильных дорогах, вызывая изменение их состояния, прежде всего, входят гидрометеорологические условия. Поэтому метеорологическая информация, необходимая для наиболее эффективного выполнения комплекса работ по содержанию и обслуживанию автодороги, должна быть своевременной и качественной.

Потребность установки автоматических дорожных метеорологических станций возникает в результате того, что предоставляемая информация от Росгидромета, лишь частично удовлетворяет требованиям дорожного хозяйства, потому что не имеет привязки метеорологических параметров автодорогам, не учитывает наличие искусственных сооружений и тому подобное. Дислокация оборудования должна позволить получить прямые данные об обледенении на наиболее опасных участках - мосты и эстакады развязок, а также обеспечить информацией подсистему метеообеспечения автомобильной дороги для разработки точных кратковременных (4 часа) прогнозов для участков автомагистралей. [1]

Автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС) размещены на кольцевой автодороге с шагом в несколько километров. Связано это с несколькими причинами.

Во-первых, необходимость достаточно частой установки АДМС обусловлена отличием физико-температурных свойств искусственных сооружений от основной части дороги.

Во-вторых, трасса КАД СПб проходит как по суше, так и по дамбе защитных сооружений города от наводнений в акватории Финского залива. Следовательно, при одной и той же синоптической ситуации различные участки КАД могут иметь существенно различающиеся погодные условия. [2]

Цель данной работы:

- исследовать поведение температурных параметров воздуха и дорожного полотна на участке КАД СПб для проверки однородности и качества данных, на основе которых вырабатывается прогноз состояния покрытия.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить несколько последовательных задач:

- ознакомиться с правилами установки автоматических дорожных метеорологических станций на автомобильных дорогах РФ;
- исследовать территорию расположения АДМС на КАД;
- сформировать архив данных за осенний период 2015 года;
- провести контроль качества временных рядов;
- изучить методы анализа и статистической обработки временных рядов, получаемых с помощью автоматических дорожных метеорологических станций;
- исследовать пространственно-временную изменчивость температурных параметров воздуха и дорожного полотна на участке КАД СПб;
- провести анализ корреляционной связи между исследуемыми параметрами.

В работе будут исследованы данные о температуре воздуха и параметрах дорожного полотна (покрытия и грунта) на станциях 45 и 68 километра КАД, а также на участке 57-58 км (район Большого Обуховского моста) внутреннего кольца КАД Санкт-Петербурга, полученные автоматическими дорожными метеорологическими станциями за осенний период.

1 Кольцевая автомобильная дорога Санкт-Петербурга (КАД СПб)

1.1 Описание КАД СПб

Кольцевая автомобильная дорога вокруг Санкт-Петербурга (рисунок 1.1) или А118 — автомобильная дорога общего пользования федерального значения, располагающаяся на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области. КАД является скоростной автомагистралью, позволяющей пропускать транзитные потоки транспорта в обход центра города.

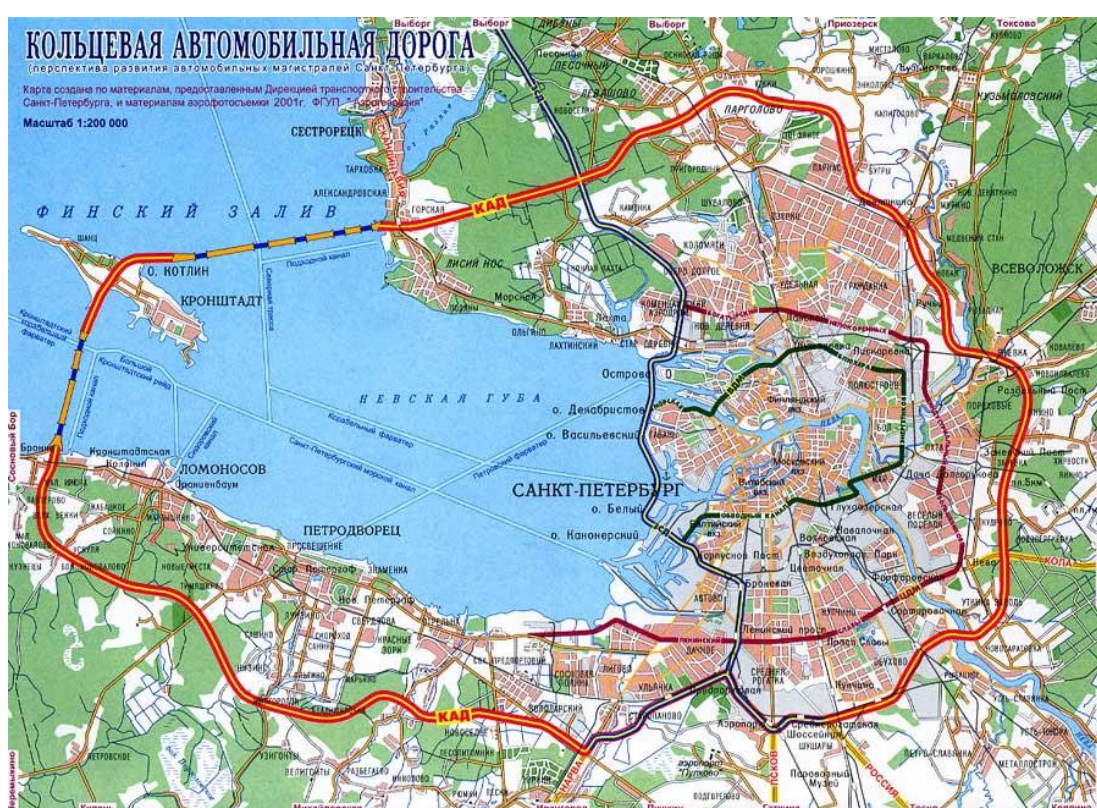


Рисунок 1.1 – Кольцевая автомобильная дорога Санкт-Петербурга

Структурно КАД СПб можно поделить на две части: наземная, расположенная на территории города и области и участок, проходящий по Комплексу защитных сооружений (КЗС) города от наводнений. Общая протяжённость автомагистрали составляет 142,15 километра, в том числе

наземная часть – 116,75 км и участок КЗС – 25,4 км, из них 2 км занимает подземная часть (тоннель).

Передвижение по автомагистрали дает водителям определенные преимущества:

- а) разрешенная скорость движения на автомагистрали - 110 км/ч;
- б) возможность преодолевать большие расстояния без остановок из-за отсутствия перекрестков и светофоров, что достигается наличием 26 развязок КАД с пересекающимися автомагистралью шоссе (рисунок 1.2);
- с) большая пропускная способность – около 200 тысяч автомобилей в сутки, благодаря ширине проезжей части от 15 до 32 метров (число полос движения – от 4 до 8, в зависимости от загруженности участка автомагистрали);
- д) большие радиусы поворотов, создающие впечатление прямой дороги;
- е) отсутствие пешеходов и животных на проезжей части, благодаря наличию силовых ограждений. [3]



Рисунок 1.2 – Пример развязки на участке КАД

Все эти плюсы позволяют достаточно быстро добраться до разных районов города, минуя пробки, сковавшие центр Санкт-Петербурга из-за большого скопления автомобильного транспорта.

Несмотря на перечисленные преимущества КАД СПб является объектом повышенной опасности. Достаточно частые аварийные ситуации возникают на автомагистрали, в основном, по причине превышения скоростного режима, а также при сложной метеорологической обстановке (гололёд, снегопад и т.д.). [3]

Одним из самых сложных участков КАД является вантовый или Большой Обуховский мост – единственный неразводной мост через р. Неву в Санкт-Петербурге. Длина мостового перехода на данном участке составляет 2823,5 метра при протяженности моста - 994 метра. Высота пилонов Большого Обуховского моста достигает 120 метров, а длина руслового пролета – 382 метра.

Большой Обуховский мост – сложное инженерно-техническое сооружение из-за своей конструкции особенно подвержено влиянию метеорологических параметров на состояние дорожного полотна, а значит, и на безопасность движения. [1,3]

1.2 Воздействие метеорологических факторов на условия движения

Метеорологические факторы оказывают воздействие на условия движения через состояние поверхности дороги, взаимодействие автомобиля с дорогой, а также через восприятие водителем условий движения. Состояние поверхности дорог оценивается качественными характеристиками: сухое, влажное, мокрое (чистое и загрязненное), заснеженное (покрытие с рыхлым снегом или уплотненным слоем снега - снежный накат), гололед и т.д. [1,2]

Различия в условиях движения в период действия неблагоприятных метеорологических явлений определяются рядом факторов:

- 1) снижение сцепных качеств покрытия, ухудшение ровности покрытия под влиянием осадков, гололеда и других факторов, которые приводят к изменению взаимодействия автомобиля с дорогой;
- 2) увеличение сопротивления движению из-за отложений снега, грязи, гололеда, неровностей на дороге;
- 3) изменение очертания проезжей части и границ обочин, из-за снежных отложений и образовавшихся полос наката, что приводит к изменению восприятия дороги водителем;
- 4) уменьшение метеорологической дальности видимости во время тумана или осадков, слепящего действия солнца, изменяющих восприятие условий движения водителем;
- 5) ухудшение эксплуатационно-технических качеств автомобиля, прежде всего систем, обеспечивающих безопасность движения, к которым относятся тормоза, рулевое управление и др. [4]

Летом условия движения благоприятные, так как чаще всего наблюдается сухое чистое покрытие, а в переходные периоды года – покрытие влажное и мокрое.

При выпадении осадков в виде дождя на поверхности покрытия образуется слой воды, который начинает заметно влиять на сцепные свойства уже при толщине пленки более 0,2 мм, снижая составляющую силы трения. Коэффициент сцепления резко снижается в начальный период дождя, когда образуется густая смазка на поверхности. После того как грязь с поверхности покрытия смыта дождем, коэффициент сцепления несколько увеличивается.[4]

Зимой состояние дорожного полотна может быть различным, как сухим и чистым от снега, так и заснеженным, покрытым мокрым снегом, коркой в виде гололеда или искусственной скользкости, которая образуется под влиянием постоянно движущихся автомобилей.[5] Это заметно

отражается на скорости движения. При гололедице максимальная безопасная скорость движения на автомагистрали находится в пределах 60-70 км/ч, а при гололеде – 30-40 км/ч.

Данные о фактической продолжительности состояния поверхности необходимы для определения фактической скорости движения и, соответственно для обеспечения безопасности движения.

1.3 Метеорологическое обеспечение КАД

Метеорологическое обеспечение автомобильной дороги – это комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на поддержание дорожного полотна и средств измерения метеорологических параметров в постоянной готовности для безопасности на проезжей части и выполнения на ней различных работ.[6]

Сложной метеорологической обстановкой на кольцевой автодороге является гололёд, скользкость, снегопад в зимнее время года. Для борьбы с данными неблагоприятными погодными явлениями используется автоматизированная система метеорологического обеспечения (АИИС «МетеоТрасса»), включающая в себя 32 дорожные метеостанции и 212 датчиков, контролирующих состояние поверхности дорожного покрытия, что позволяет оперативно принимать меры по ликвидации вышеперечисленных факторов круглосуточно.

Для обеспечения безопасности движения в зимний период регулярно проводятся противогололёдные мероприятия в местах, где есть вероятность возникновения зимней скользкости.

1.4 Особенности установки АДМС

Из распоряжения Минтранса РФ от 09.10.2002 N ОС-859-р "Об утверждении "Методических рекомендаций по разработке проекта

содержания автомобильных дорог" установка метеостанций должна производиться в "холодных" точках на дороге, где раньше всего следует ожидать образование скользкости, снижение сцепных свойств в гололёдоопасные периоды времени (вблизи водоемов, искусственных сооружений, лесных массивов и т.п.).

Дорожные метеостанции необходимо устанавливать в первую очередь на тех участках дороги, которые определяют ее пропускную способность: мосты, тоннели, путепроводы, участки дороги с максимальной интенсивностью движения и с максимальным количеством дорожно-транспортных происшествий.

Следовательно, установка АДМС целесообразна прежде всего, на участках, где перепады температуры полотна дороги перед мостом или перед эстакадой наибольший. АДМС следует располагать в непосредственной близости к автомобильной дороге в виду необходимости выполнения измерений

Плотность сети АДМС определяется длиной термически однородных участков. Длина термически однородных участков изменчива и может изменяться от сотен метров на инженерных сооружениях (мосты, тоннели, путепроводы и т.п.) до десятков километров на равнинных участках с однородной растительностью.

При отсутствии данных термокартирования и сложном рельефе автодороги ориентировочная плотность сети АДМС должна оцениваться из расчета одна АДМС на участок длиной примерно 20 км.

Автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС) размещены на кольцевой автодороге Санкт-Петербурга с шагом в несколько километров, что связано в первую очередь с большим количеством искусственных сооружений.

1.5 Функции и задачи АИИС «МетеоТрасса»

АИИС «МетеоТрасса» предназначена для обеспечения службы содержания автомобильных дорог своевременной специализированной метеорологической информацией (рисунок 1.3).[2] Предоставляемая системой информация позволяет дорожно-эксплуатационным организациям иметь достоверные сведения о погодных условиях и их изменении и заранее подготовиться к опасным явлениям, провести профилактические мероприятия, используя современные технологии зимнего содержания автодорог. [6]

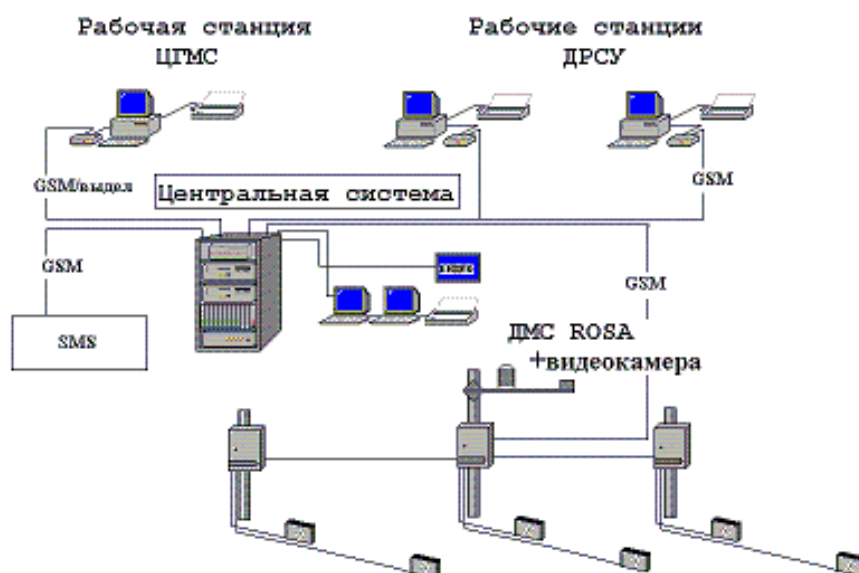


Рисунок 1.3 – Схема АИИС «МетеоТрасса»

В процессе работы АИИС «МетеоТрасса» выдает предупреждения об опасных явлениях погоды на автодорогах, вырабатывает специализированный прогноз зимней скользкости на автодорогах и обеспечивает потребителей оперативной метеорологической информацией и данными о состоянии покрытия автодорог посредством информационных табло.[7]

К функциям АИИС «МетеоТрасса» относятся

- измерение и выдача метеорологических данных и данных о состоянии поверхности автодороги,
- прием и передача данных с использованием различных видов каналов связи в управляемом режиме,
- контроль, обработка, архивация и отображение данных сети ДМС в удобном виде (карта, таблицы, графики),
- отображение на карте текущего состояния покрытия автодорог на всем их протяжении при наличии базы данных термокартирования,
- выдача предупреждений об опасных метеорологических явлениях (зимней скользкости, осадках) на автодорогах,
- прогноз состояния покрытия и температуры покрытия автодорог на 4 часа вперед на основе численной модели атмосферного пограничного слоя с использованием данных сети ДМС и термокартирования,
- передача предупреждений и других данных в виде SMS – сообщений,
- статистическая обработка данных (повторяемость значений скорости и направления ветра, сумма осадков, число переходов через 0°C и т.п.),
- работа с информацией метеорологических радиолокаторов (опция) - карта метеоявлений, количество осадков за определенный период на заданной территории.[7]

2 Автоматические дорожные метеорологические станции (АДМС)

2.1 Функции, задачи и состав АДМС

Как известно, изменение погоды сильно влияет на все виды сообщения. Для того, что отслеживать метеорологическое состояние на автодороге были изобретены автоматические дорожные станции, которые в свою очередь входят в состав информационно-измерительной системы АИИС «МетеоТрасса».

АДМС – техническое устройство (рисунок 2.1), которое предоставляет важную информацию о состоянии дорожного покрытия и метеорологических условиях, необходимую для технического обслуживания дорог. АДМС с помощью, установленных на ней датчиков, которые дистанционно собирают данные о поверхности дорожного покрытия, о состоянии грунта, преобразуют их в цифровой код для передачи по кабельной линии связи в ПК для обработки, формирования и отображении на дисплее оператора, а затем сообщают их на центральную станцию.



Рисунок 2.1 – Внешний вид АДМС

АДМС устанавливаются на термически неоднородном участке автомагистрали, включая искусственные сооружения (путепроводы, мосты, эстакады), так как их физико-температурные свойства отличаются от остальной части дороги.

Дорожные станции позволяют минимизировать экономические последствия от всевозможных явлений погоды. В АДМС можно управлять питанием, что повышает надежность системы. При установке на автодороге станция комплектуется аккумулятором, чтобы в результате отключения электропитания, она обрабатывала данные бесперебойно. При потере связи существует внутренняя база данных, которая позволяет сохранить информацию. Также станция может работать и от солнечных батарей. Связь с АДМС осуществляется через GSM сети сотовых операторов. При передаче данных используются интерфейсы RS-232, RS-485, модемы, выделенные линии, GPRS.[7]

Такие станции зачастую укомплектовываются видеокамерой, которая позволяет следить за визуальной информацией состояния дорожного полотна в реальном времени. Полученная видеoinформация хранится в течение длительного времени.

АДМС измеряют следующие параметры:

- температуру воздуха;
- относительную влажность воздуха;
- температуру точки росы;
- скорость и направление ветра;
- атмосферное давление;
- наличие, интенсивность и количество осадков;
- высота снежного покрова;
- состояние дорожного покрытия (сухое, влажное, лед, снег, иней);
- толщину отложений на покрытии;
- температуру дорожного покрытия и дорожной конструкции;

-наличие на дорожном покрытии количества и концентрации противогололедных реагентов.

В комплект автоматической станции входят:

1. Метеомачта – трубчатая конструкция, закрепленная на основании, и служащая для размещения и ориентации в пространстве метеорологических датчиков и закрепления функционального шкафа. Может быть установлена как на земле, так и на уже имеющихся опорах и мачтах.

2. Аппаратурный шкаф (рисунок 2.2) – конструкция в защитном корпусе, служащая для размещения программируемых контроллеров съема информации с метеодатчиков, преобразователей питания, оборудования коммутации и связи. Устанавливается аппаратный шкаф на метеомачте.[2]



Рисунок 2.2 – Аппаратурный шкаф АДМС

3. система энергоснабжения;

4. комплект метеорологических датчиков;

5. комплект датчиков параметров дорожного полотна;

6. Модуль преобразования: измерительные преобразователи DM31/53.

7. Центральная система сбора и обработки: персонального компьютера с базовым и специальным программным обеспечением.

Стандартные варианты датчиков АДМС:

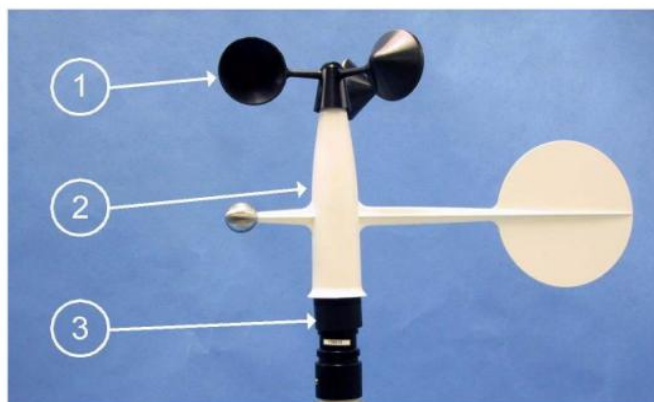
- 1) Скорость и направление ветра (механические) – WA15
- 2) Давление – барометр РТВ110
- 3) Влажность и температура – HMP155
- 4) Детектор дождя – DRD11A
- 5) Дорожные датчики

Также могут быть установлены и другие метеорологические датчики, например, датчик видимости, текущей погоды. При необходимости АДМС могут быть укомплектованы датчиками для измерения экологических параметров, уровня воды, уровня загазованности воздуха, что поможет в экологическом контроле состояния окружающей среды.[2,7]

2.2 Метеорологические датчики АДМС

2.2.1 Датчик измерения параметров ветра WA15 фирмы Vaisala

Комплект датчиков ветра WA15 (рисунок 2.3) состоит из анемометра WAA151 и флюгера WAV151.



1) вертушка (анемометр), 2) флюгер, 3) соединительный узел

Рисунок 2.3 – Комплект датчиков ветра

Анемометр (WAA151) малоинерционный, высокочувствительный содержит три легковесные, конические чашки, установленные на чашечной вертушке. Измерение скорости ветра основано на преобразовании скорости вращения вертушки с помощью оптоэлектронной пары в частоту электрических импульсов, а затем в скорость воздушного потока по алгоритму фирмы Vaisala. Технические характеристики измерителя скорости ветра WAA151 и диапазоны измерений приведены в таблице 1.1.[2]

Таблица 1.1 – Технические характеристики анемометра WAA151

Диапазон измерения скорости воздушного потока (V), м/с	от 0,5 до 60
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока, м/с	$\pm(0,4+0,035 \cdot V)$,
Пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразования частоты вращения вала в значение скорости воздушного потока, м/с	$\pm 0,05$
Пороговая скорость, м/с	не более 0,4
Электрическое питание от источника постоянного тока	
– напряжение, В	$24 \pm 2,4$
– ток, мА	не более 3,2

Чувствительным элементом измерителя направления ветра WAV151 является малоинерционная флюгарка, которая устанавливается на метеорологической мачте. Принцип работы датчика основан на преобразовании электрических импульсов, поступающих с оптического кодового диска определителя углового положения вала в направление воздушного потока. Инфракрасные светодиоды и фототранзисторы смонтированы на шести орбитах с каждой стороны 6-битового диска (код Грея). При обороте флюгера диск меняет код, принимаемый фототранзисторами. Характеристики измерителя направления ветра WAV151 и диапазоны измерений приведены в таблице 1.2. [2,8]

Таблица 1.2 – Характеристики измерителя направления ветра WAV151

Диапазон измерения направления воздушного потока, градус	от 0 до 360
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений направления воздушного потока, градус	± 3
Пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразования частоты вращения вала в значение скорости воздушного потока, м/с	$\pm 0,05$
Пороговая скорость, м/с	0,4
Разрешающая способность, градус	5.6
Электрическое питание от источника постоянного тока – напряжение, В – ток мА	$24 \pm 2,4$ не более 2.1

2.2.2 Датчик измерения атмосферного давления – барометр РТВ110

Принцип действия барометров РТВ110 основан на изменении емкости керамического конденсатора в зависимости от изменения атмосферного давления. Электронная схема барометров РТВ110 преобразует изменения емкости керамического конденсатора в аналоговые электрические сигналы, которые затем передаются на устройства сбора и обработки информации для преобразования в цифровую форму и отображения на дисплее ПК.

Барометр РТВ110 (рисунок 2.4) представляет собой компактный модуль, в корпусе которого размещены: кремниевые емкостные преобразователи абсолютного давления, печатная плата, вывод штуцера. [8,9]



Рисунок 2.4 – Барометр РТВ110

Технические характеристики барометра и диапазоны измерений приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики барометра РТВ110

Наименование характеристик	Значения характеристик
Диапазон измерений атмосферного давления, гПа:	
- для модификации РТВ1101	от 500 до 1100
Пределы допускаемой абсолютной погрешности, гПа:	
- при температуре свыше 15 до 25 °С включительно;	± 0,3
- при температуре свыше 0 до 15 °С включительно и	± 0,6
свыше 25 до 40 °С;	
- при температуре свыше минус 20 до 0 °С включи	± 1,0
тельно и свыше 40 до 45 °С;	
- при температуре от минус 40 до минус 20 °С вклю	± 1,5
чительно и свыше 45 до 60 °С.	
Долговременная нестабильность, гПа/год, не более	0,1
Разрешение, гПа	0,1
Напряжение питания постоянного тока, В	от 10 до 30
Максимальная потребляемая мощность, Вт	0,1
Вывод данных	аналоговый сигнал напряжением от 0 до 5 В

2.2.3 Датчик измерения влажности и температуры воздуха HMP155

Датчик влажности и температуры HMP155 оборудован сенсором влажности емкостного типа и платиновым сенсором температуры – Pt100. HMP155 представляет собой измерительный зонд (рисунок 2.5) с удлинительным кабелем, который может использоваться в комплексе с

вторичным преобразователем и дисплеем. Сенсоры влажности и температуры установлены под сеточным фильтром. В зонд встроен микроконтроллер, в память которого записаны градуировочные характеристики зонда. Технические характеристики измерения влажности и температуры воздуха НМР155 и диапазоны измерений приведены в таблице 1.4.[8,9]



Рисунок 2.5 – Измерители влажности и температуры НМР155

Таблица 1.4 – Технические характеристики НМР155

Диапазон измерения температуры воздуха, °C	от -69 до +60 ($\pm 0,2$)
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха, °C:	для резистивного $Pt100$: $\pm(0,1+0,00167 t)$ для RS485 выхода: $\pm(0,176-0,0028 t)$ $\pm(0,07+0,0025 t)$,
– при температурах от -69°C до 20°C;	
– при температурах от 20°C до 60°C	
Диапазон измерения относительной влажности воздуха, %	от 0,8 до 100
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха, %:	± 1
от 0,8% до 90%	от $\pm 1,7$
от 90% до 100%	

2.2.4 Детектор дождя DRD11A

Предназначен для быстрого и точного обнаружения осадков, их интенсивности и вида (дождь/снег). Использует сенсорную пластину RainCap. Специальная схема задержки позволяет в двухминутном интервале судить о прекращении осадков. DRD11A может точно различить прекращение дождя и слабый дождь.[8,9]



Рисунок 2.6 – Детектор дождя DRD11A фирмы Vaisala

Датчик DRD11A (рисунок 2.6) дает аналоговый сигнал для оценки интенсивности осадков: небольшие, умеренные и сильные. Приемная пластина сенсора расположена наклонно, под углом 30° и оборудована нагревательным элементом, для предотвращения конденсации влаги и таяния снега (в зимний период при низких температурах). Кроме того, внутренний нагревательный элемент обеспечивает высушивание поверхности.[8,9]

2.2.5 Датчики состояния поверхности и грунта дороги

Система датчиков DRS511 предоставляет ключевую информацию о дорожных метеорологических условиях, точно измеряет глубину слоя воды на дороге с помощью диэлектрические свойства. Диэлектрические измерения являются единственным методом, позволяющим определить возможное

наличие непроводящего льда на поверхности дороги. Система датчиков DRS511 также передает данные и состоянии дороги: сухая, влажная, обледеневшая и заснеженная. [8,9]

В состав сенсора DRS511 (рисунок 2.7), изготовленного из эпоксидного состава, параметры которого соответствуют дорожному покрытию по теплопроводности и эмиссионным свойствам, входят четыре независимых чувствительных элемента. Из них два датчика измеряют температуру поверхности и грунта.

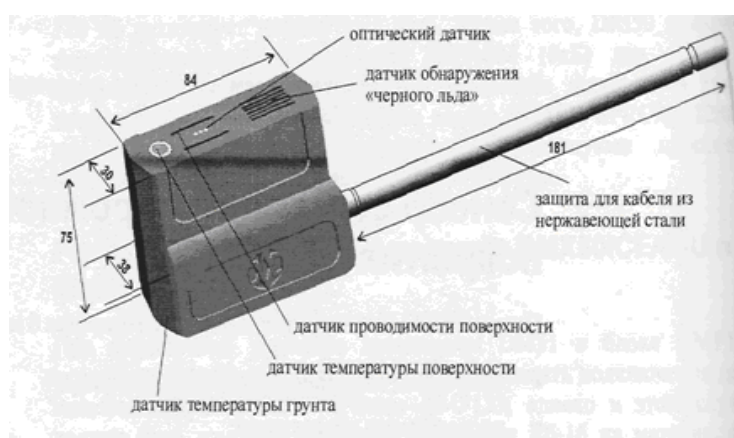


Рисунок 2.7 – Сенсор DRS511

Кроме этих датчиков имеются два модульных электрода из углеволокна. Один из них - компонент для детектирования льда, а второй определяет проводимость и ионную поляризацию. Работа дорожного датчика состояния параметров автодороги основана на измерении электрической проводимости, ионной поляризации, диэлектрических свойств водного раствора, находящегося на ней и на использовании датчика температур для измерения температур на поверхности и в грунте.[8,9]

Температура поверхности сопоставляется с точкой росы для определения условий, при которых возможно формирование изморози.

Данная система дорожных датчиков определяет:

- наличие гололедицы;

- состояние поверхности (толщина слоя воды/льда, наличие снега) в градациях: сухая, влажная, мокрая, иней, лед, снег. [8,9]

Такая система дорожных датчиков необходима для системы раннего предупреждения и системы прогнозирования гололёда.

2.3 Расположения АДМС на КАД СПб

Для проведения исследования были выбраны четыре АДМС, расположенных на 45, 57, 58 и 68 километрах внутреннего кольца кольцевой автодороги (рисунок 2.8) Все четыре станции находятся на участке КАД СПб протяженностью 23 км: АДМС на 45 и 68 км были выбраны как наиболее удаленные, АДМС на 57 и 58 км – как расположенные на наиболее сложном участке КАД, в районе Вантового моста. Все исследуемые АДМС оборудованы одинаковыми аппаратурными средствами метеорологического обеспечения.

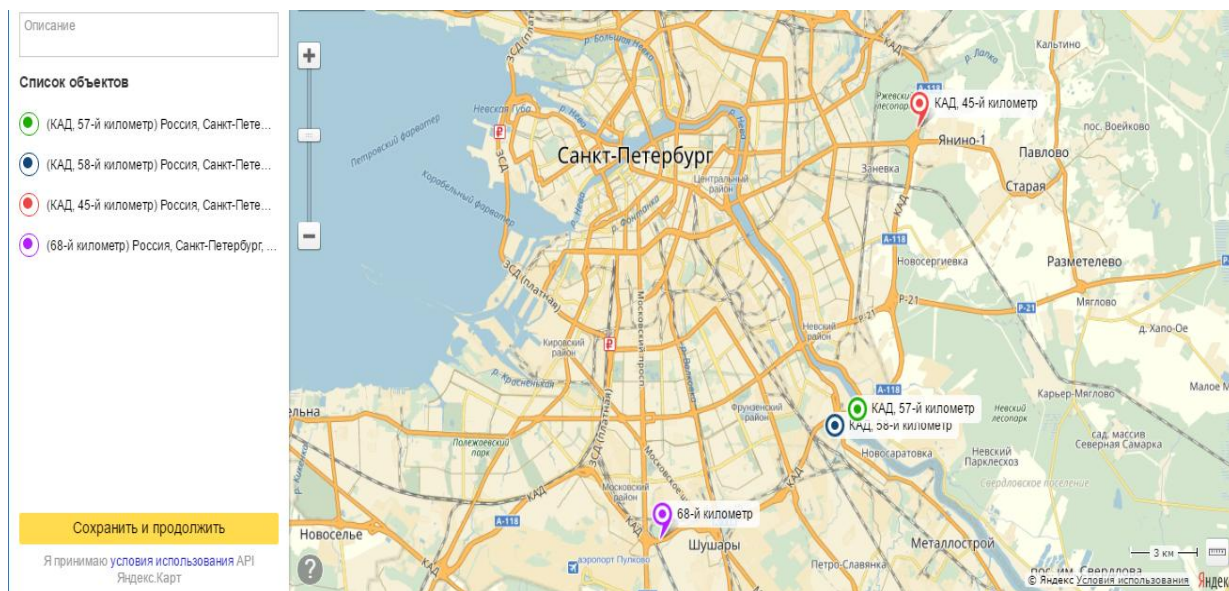


Рисунок 2.8 – Внутреннее кольцо кольцевой автодороги СПб

Первая станция (E0301952_N594837) с координатами 59.810278, 30.3311 установлена на 68-ом километре (рисунок 2.9) внутреннего кольца КАД.

В 230 метрах от АДМС проходит железная дорога с ближайшими станциями Аэропорт и Шоссейная. В месте установки АДМС начинается развязка кольцевой автодороги с Пулковским шоссе. АДМС, оборудованная метеорологическими датчиками установлена на металлической Г-образной опоре знаков переменной информации, на высоте 10 метров от поверхности дороги. Проезжая часть в месте установки АДМС достаточно широкая и имеет четыре полосы.

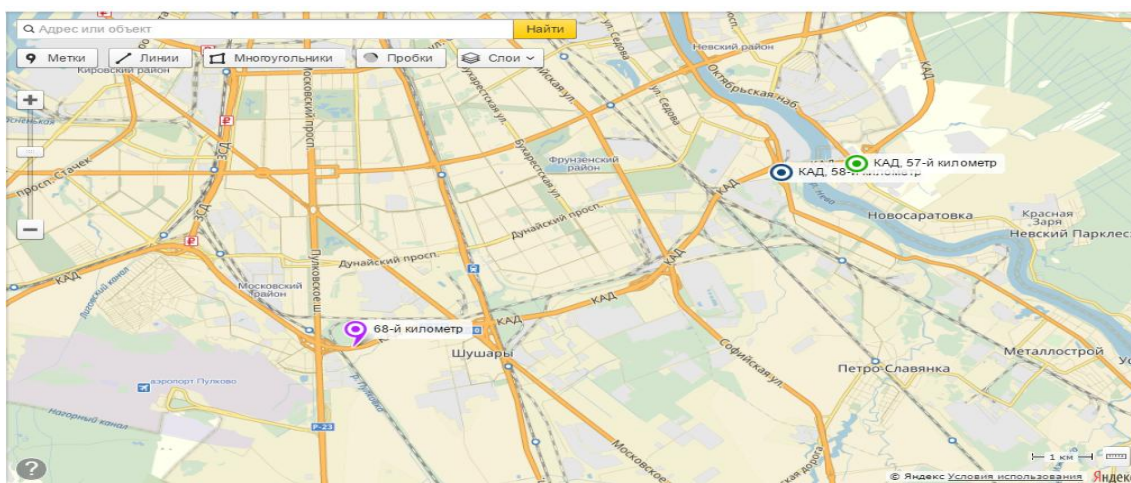


Рисунок 2.9 – Расположение АДМС на 68 км КАД

Дорожное полотно в данном месте имеет направление движения с юга на север (рисунок 2.10). Вдоль него с правой стороны от АДМС простирается лесной участок, а с левой стороны наблюдаются пролески, отделяющие от автомагистрали новостройки и производственные предприятия, например, фабрику Русский Стандарт. Также с левой стороны на расстоянии 270 метров от автодороги протекает маленькая речка Волковка.

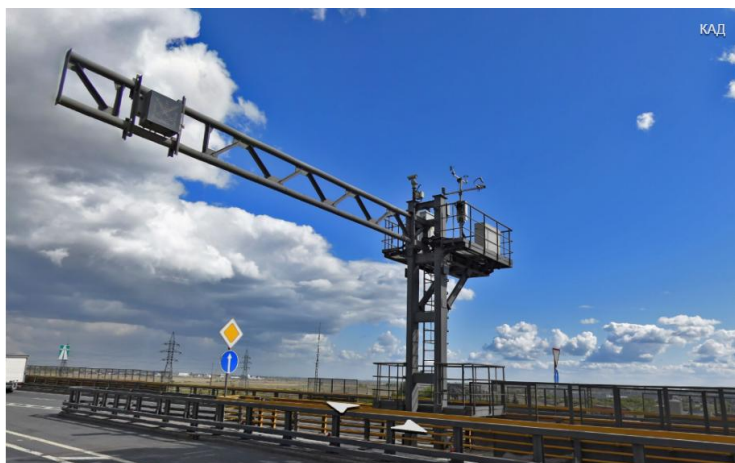


Рисунок 2.10 – Внешний вид АДМС на 68 км КАД

Вторая станция (E0303232_N595654) с координатами 59.94833, 30.54222 располагается на 45-ом километре (рисунок 2.11) внутреннего кольца КАД.

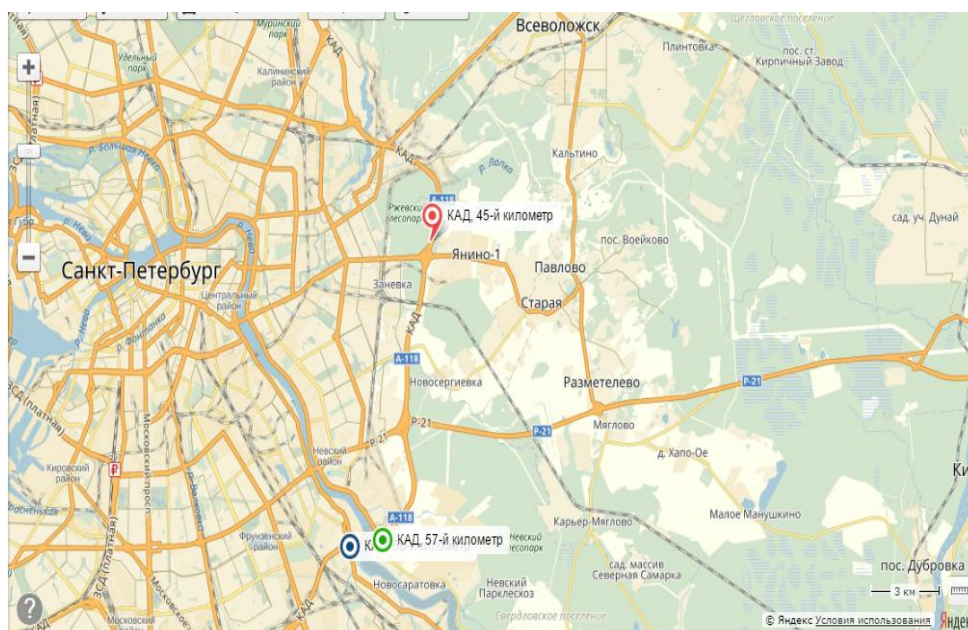


Рисунок 2.11 – Расположение АДМС на 45 км КАД

В данном районе движение автомашин идёт с юга на север. В 200 метрах от АДМС начинается развязка КАД с Колтушским шоссе и

Шоссейной улицей. С правой стороны от станции вдоль автодороги простирается Ржевский лесопарк, а с левой стороны лесополоса (рисунок 2.12) отделяет жилой комплекс Янино-1.

АДМС установлена на металлической П-образной опоре знаков переменной информации, на высоте 10 метров от поверхности широкой четырех полосной проезжей части.

Обе станции (45 и 68 км) располагаются друг от друга на расстоянии 23 километров друг от друга. Поскольку при отсутствии данных термокартирования и сложном рельефе автодороги ориентировочная плотность сети АДМС оценивается из расчета одна АДМС на участок длиной примерно 20 км, то можно сделать вывод, что АДМС на 45-ом и 68-ом километре внутреннего кольца КАД установлены согласно требованиям, предъявляемым к подсистеме ИТС «Метеомониторинг» на автомобильных дорогах государственной компании «Российские автомобильные дороги» и подходят для дальнейшего исследования.



Рисунок 2.12 – Внешний вид АДМС на 45 км КАД

Третья и четвертая станции располагаются на Большом Обуховском мосту, который соединяет проспект Обуховской Обороны и Октябрьскую набережную и является сложным инженерным сооружением. Мост построен в достаточно сложном для навигации участке Невы, неподалёку от излучины Кривое колено, с широко расставленными по берегам Невы пилонами (рисунок 2.13).

Как следует из п. 1.4, АДМС располагаются на участках, где в силу топологических или микроклиматических условий с большей вероятностью может наблюдаться обледенение на наиболее опасных участках – мосты и эстакады развязок. Данный участок относится к опасному, потому что на метеорологические величины и параметры дорожного полотна может повлиять конструкция моста, высотные отметки, близость Невы, открытое пространство со всех сторон. Именно поэтому третья и четвертая АДМС располагаются друг от друга на расстоянии чуть больше километра.

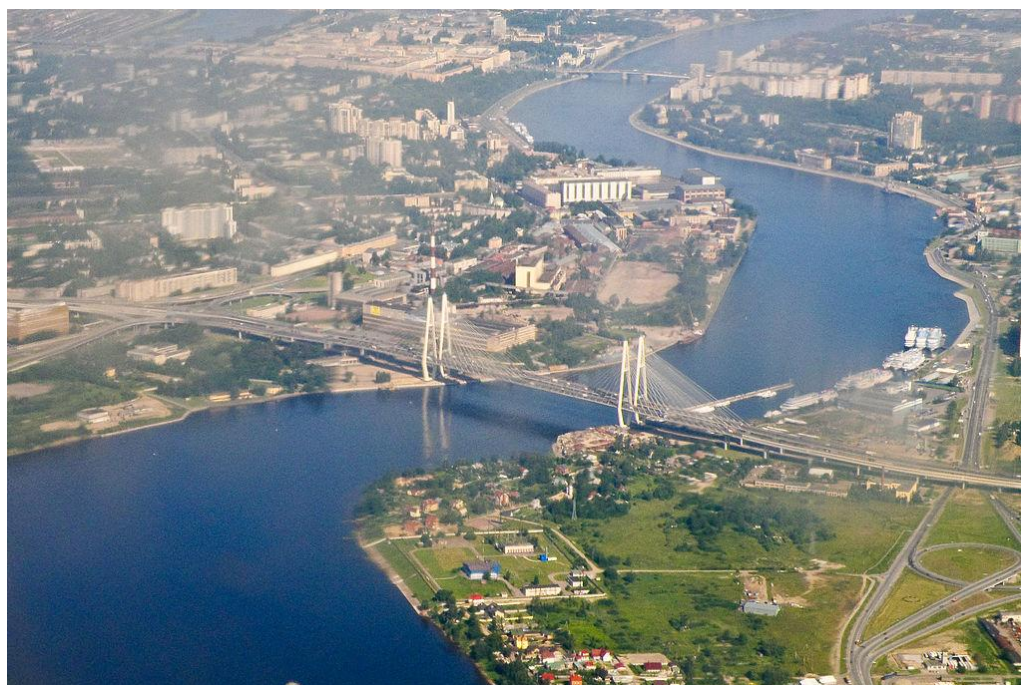


Рисунок 2.13 – Большой Обуховский мост

Третья АДМС с координатами 59.853055, 30.4775 находится на 58-й километре внутреннего кольца КАД примерно в 600 метра от левого берега Невы. В данном месте происходит развязка КАД с проспектом Обуховской обороны и Рабфаковской улицей. Вся автодорога окружена жилыми застройками. АДМС установлена на Г-образной опоре над четырех полосной проезжей частью (рисунок 2.14).

Четвертая станция с координатами 59.854722, 30.504166 находится на 57-ом километре внутреннего кольца КАД (рисунок 2.15) в 200 метрах от правого берега Невы на самом мосту. Высота установки станции над проезжей частью – 10 метров. Ширина проезжей части в месте установки АДМС – четыре полосы.

Так же стоит отметить, что все четыре АДМС установлены вне зоны промышленных предприятий.



Рисунок 2.14 – Внешний вид АДМС на 58 км КАД

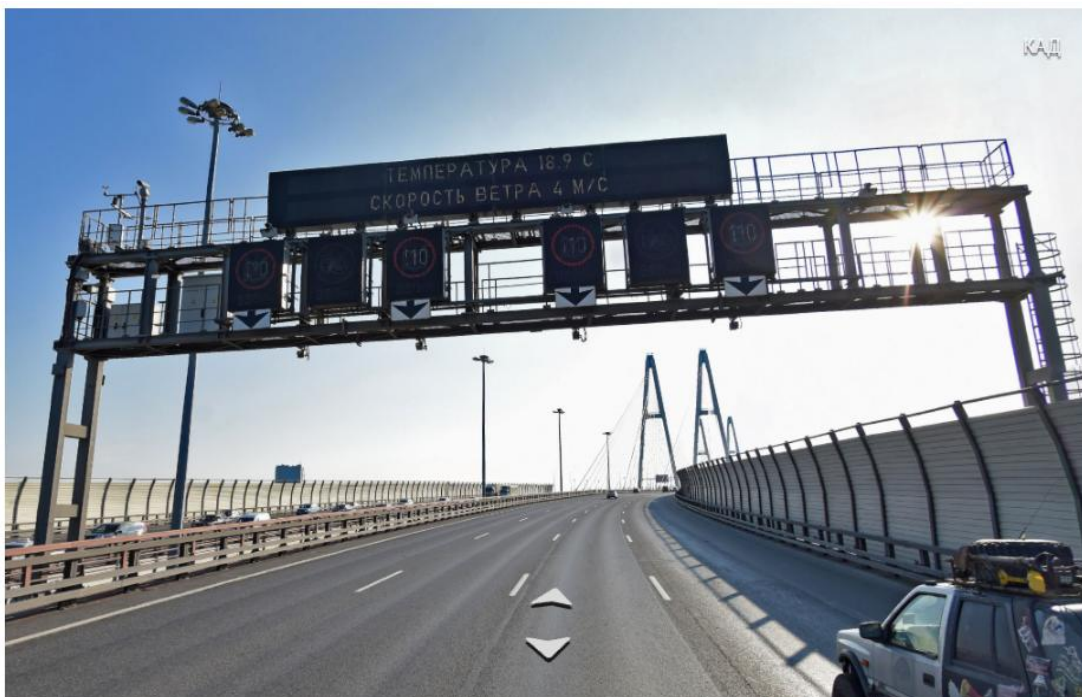


Рисунок 2.15 – Внешний вид АДМС на 57 км КАД

3 Исследование параметров температуры воздуха и дорожного полотна

3.1 Пространственно-временная изменчивость временных рядов температуры

Для анализа изменения температуры воздуха и дорожного полотна за осенний период 2015 года, была проведена работа с архивами и базами метеорологических данных. В результате обработки текстовых файлов с данными, были построены и синхронизированы по времени ряды температур поверхности дороги, грунта и воздуха за осень 2015 года, полученные с автоматических дорожных метеорологических станций КАД на 45, 57, 58 и 68 километрах. Каждый временной ряд содержит порядка 25800 значений, дискретность измерений составляет 5 минут.

Для выполнения следующего этапа работы была построена графическая зависимость температурных параметров за весь исследуемый период. На полученных графиках (рисунок 3.1, 3.2) представлен сезонных ход исследуемых параметров на 45 и 68 км участках автодороги. Хорошо заметны достаточно продолжительные не синхронные по времени разрывы, связанные с временными отключениями АДМС. На 45 км (рисунок 3.1) станция отключалась трижды в сентябре – точки №№ 820, 3700, 5228 и один раз в начале октября (точка № 8445). На 68 км обнаружены четыре разрыва (рисунок 3.2): два в сентябре (район точек № 409 и 5241), и два в октябре (район точек № 8500 и 15142). Наличие разрывов внесло некоторые коррективы в дальнейший ход работы, так как восстановить данные не удалось. По данным АДМС 57 и 58 км разрывы не обнаружены.

Но, несмотря на наличие разрывов, заметно сходство в поведении исследуемых параметров на АДМС 45 и 68 км КАД. Визуальный анализ показывает, что осень 2015 года была в Санкт-Петербурге достаточно теплой, единичные переходы через 0°C наблюдаются в октябре, в ноябре

отрицательных значений становится больше, но основная масса данных – положительна.

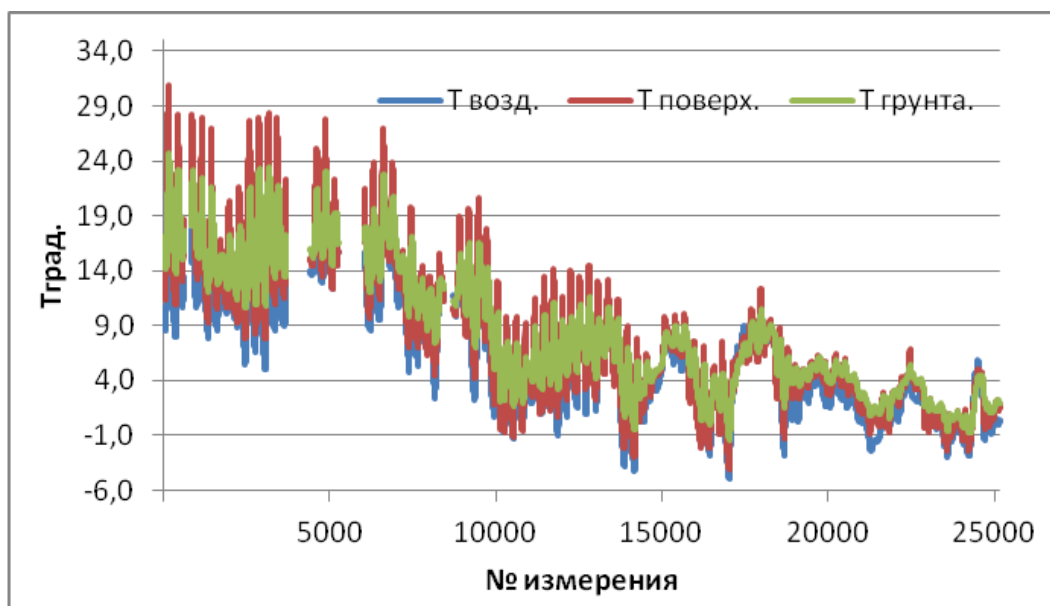


Рисунок 3.1 – Сезонный ход температур на 45 километре КАД

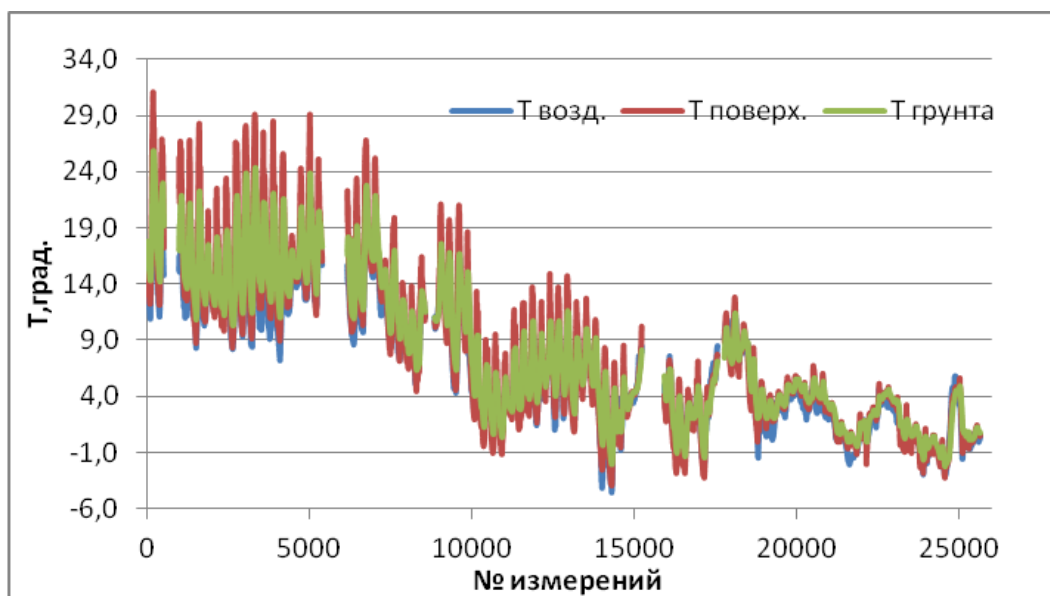


Рисунок 3.2 – Сезонный ход температур на 68 километре КАД

Наиболее высоких значений в теплый период осени (сентябрь, октябрь) достигает температура поверхности дорожного покрытия. В конце

осени, когда воздействие прямой солнечной радиации становится менее интенсивным, наиболее высоких значений достигает температура грунта, что соответствует особенностям инсоляции в осенний период. [10]

В последней декаде осени суточный ход становится менее явным. Показатели пересекают нулевую отметку, чаще появляются отрицательные значения. Значения температуры грунта и поверхности становятся практически одинаковыми.

Для более подробного анализа рассмотрим поведение временных рядов за каждый месяц, на примере данных АДМС 57 и 58 километра КАД.

Визуальная оценка временных рядов на двух станциях показывает, что в сентябре изменчивость всех параметров имеет много общего (рисунок 3.3, 3.4). Четко выражен суточный ход всех исследуемых параметров. Помимо суточного хода прослеживается недельный ход, связанный с проявлением циклонической деятельности. Однако хорошо заметны и некоторые различия в поведении температур дорожного полотна. В частности, внимание привлекают участки в районе точек №1441 и №4033. И в одной, и в другой точке значения температур дорожного полотна на 57 км несколько выше, чем на АДМС 58 км.

В целом, в течение всего месяца наблюдаются только положительные значения температуры. Температура воздуха днем достигает 15-20°C, а поверхности и грунта до 25-30°C.

Наибольший разброс значений в течение суток наблюдается у поверхности автомобильной дороги (асфальтового покрытия), превышающего температуру грунта, что обусловлено особенностями инсоляции в осенний период и интенсивным движением потока автомобилей, нагревающим дорожное полотно в дневное время суток. Ночью, из-за отсутствия прямой солнечной радиации, поверхность остывает больше, чем грунт. Наименьший суточный ход отмечен у температуры воздуха.

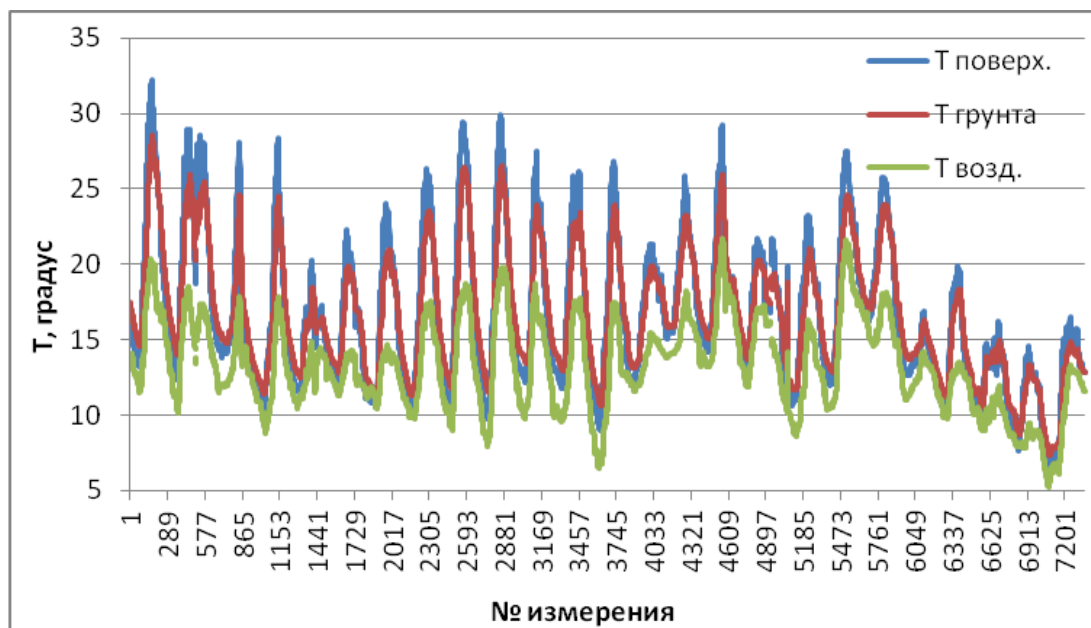


Рисунок 3.3 – Ход температурных параметров в сентябре 57 км КАД

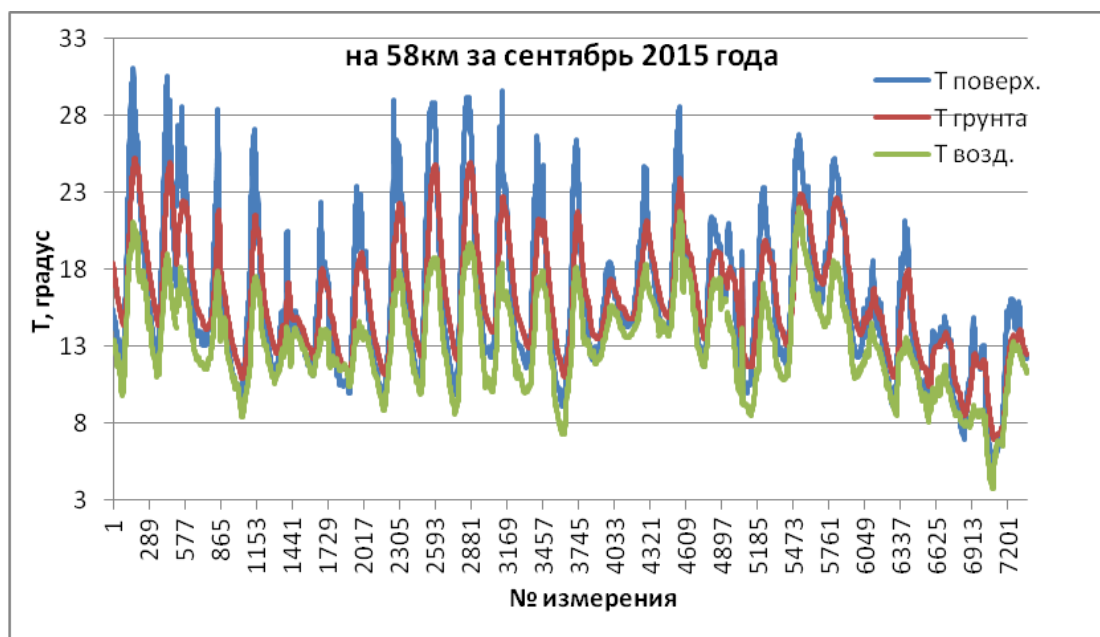


Рисунок 3.4 – Ход температурных параметров в сентябре 58 км КАД

В октябре так же визуально заметна схожесть в поведении временных рядов (рисунок 3.5,3.6). Значения температур понижаются, местами доходя до нулевых значений, а к концу месяца появляются и отрицательные значения, доходящие до -5°C . Такое поведение, конечно, характерно для

смены времени года и активной циклонической деятельности. Хорошо просматриваемый в начале месяца суточный ход, к концу месяца становится менее явным, сбивается в нескольких местах.

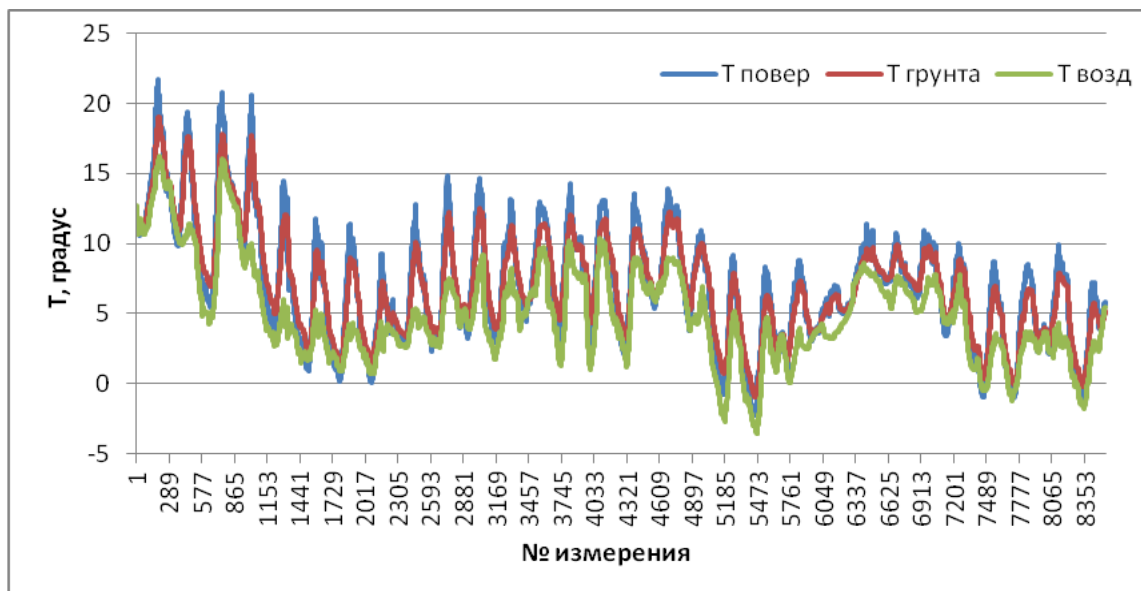


Рисунок 3.5 – Ход температурных параметров в октябре на 57 км

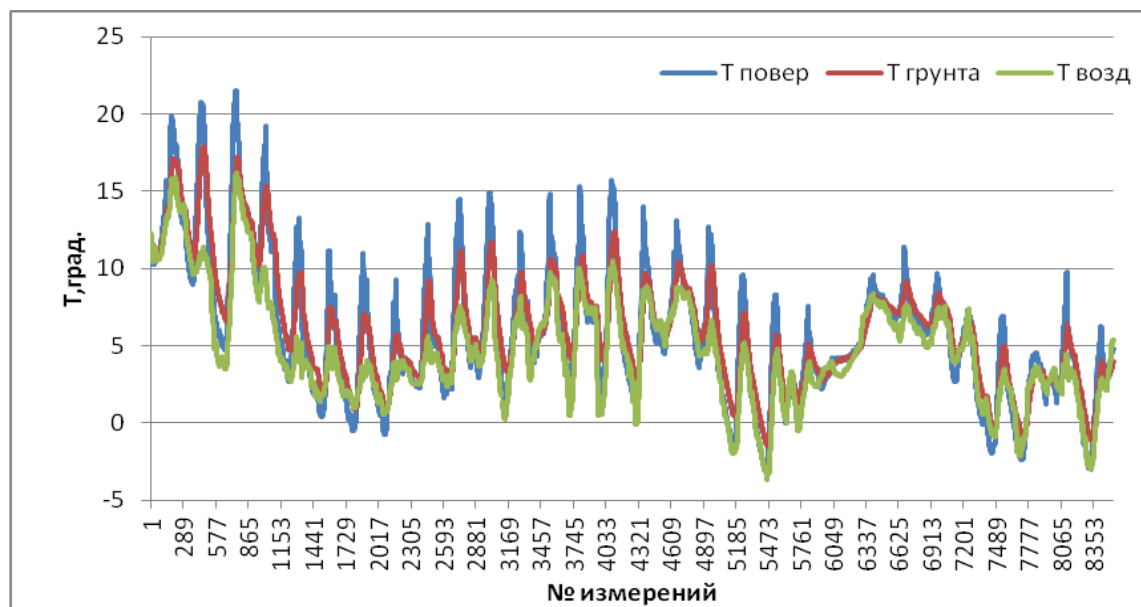


Рисунок 3.6 – Ход температурных параметров в октябре на 58 км

Стоит обратить внимание на то, что температура грунта в этом месяце становится чуть больше показателей поверхности дорожного полотна из-за выхолаживания.

Также как в сентябре, во временных рядах за октябрь просматриваются некоторые различия в поведении температур дорожного полотна. Например, в районе точки №6049 значения температур дорожного полотна на 57 км на несколько градусов выше, чем на 58 км.

В результате разрывов в показаниях АДМС на 45 и 68 километре, для более точного анализа были выбраны периоды с 5.09-24.10 и 27.10- 30.11.

В период 27.10-30.11 на 45 и 68 км ход временных рядов практически идентичен (рисунок 3.7,3.8). Так же как и на АДМС 57, 58 км хорошо прослеживается недельный ход параметров. Самые минимальные температуры наблюдаются в ночное время. Присутствует выхолаживание, значения температур параметров поверхности ниже температуры воздуха. Суточный ход неявный, в конце месяца практически не наблюдается. Температура воздуха имеет самые низкие показатели, а температура грунта отмечена наибольшими значениями.

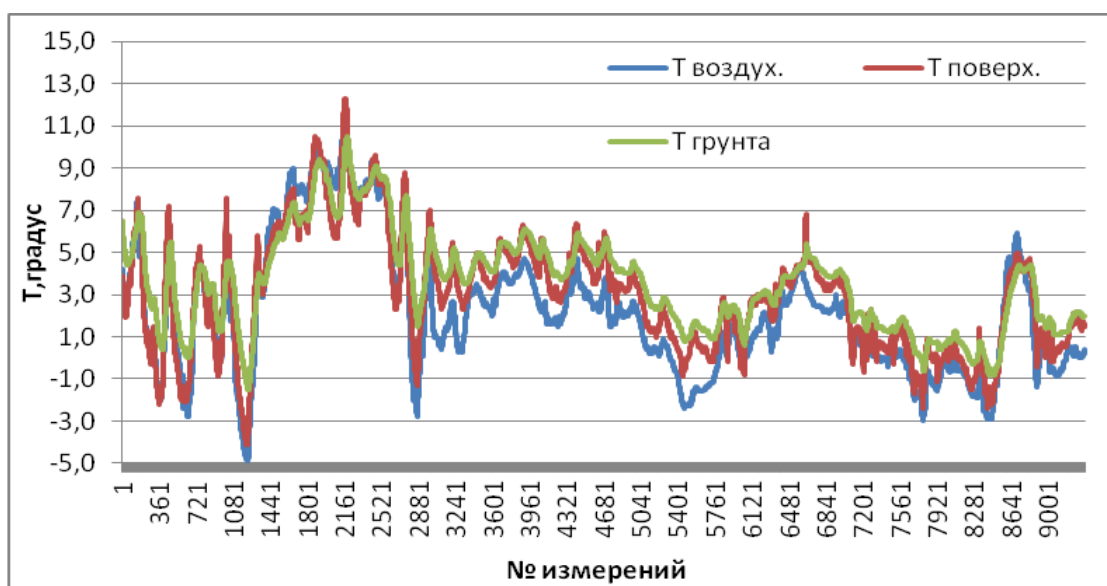


Рисунок 3.7 – Изменение температур в период с 27.10-30.11 на 45 км

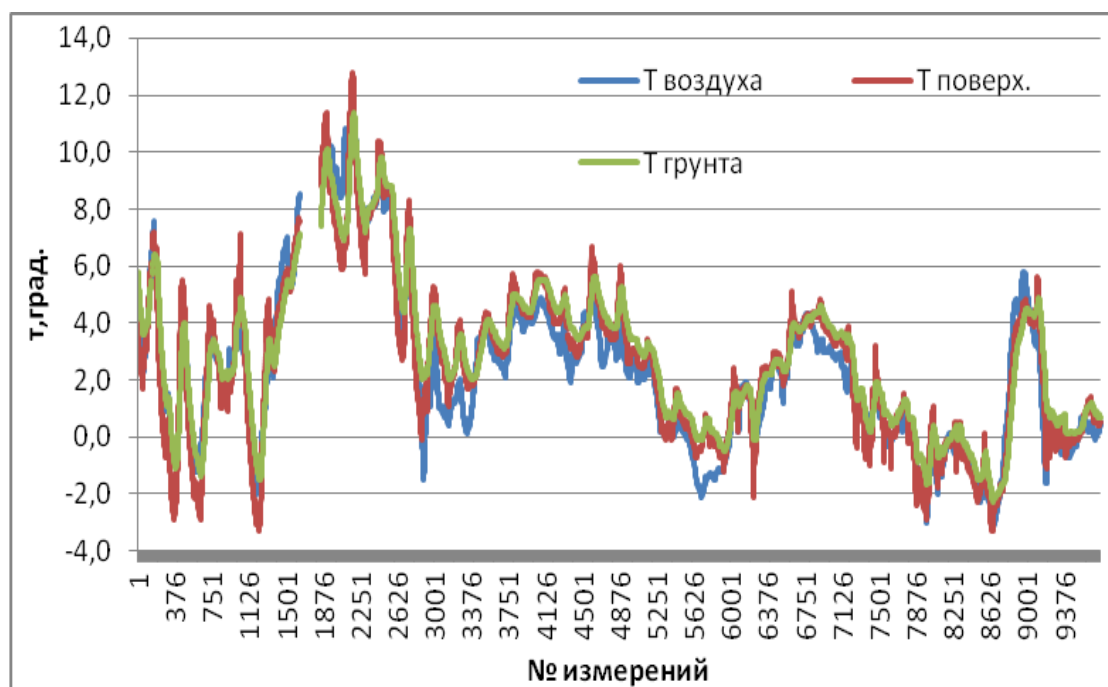


Рисунок 3.8 – Изменение температур в период с 27.10-30.11 на 68 км

Анализ статистических характеристик температурного режима за данный период (таблица 3.1,3.2), показал самые значительные различия между минимальными значениям температур воздуха. На 45 км температура воздуха составляет $-4,9^{\circ}\text{C}$, а на 68 км опускается до $-3,2^{\circ}\text{C}$. Максимальное значение температуры грунта на 45 км составляет $10,5^{\circ}\text{C}$, а на 68 км – $11,4^{\circ}\text{C}$. Минимальное значение температуры поверхности на градус выше на 68 км. Отличается и диапазон изменения всех исследуемых параметров, но отличия в показаниях минимальны. Столь незначительные отклонения, могут быть связаны с территориальным расположением станций.

Таблица 3.1 – Статистические характеристики температурного режима за 27.10-30.11 на 45 км КАД

	<i>T</i> возд.	<i>T</i> поверх.	<i>T</i> грунта
Среднее	2,2	3,0	3,6
Стандартная ошибка	0,0	0,0	0,0
Медиана	1,9	3,0	3,8
Мода	2,4	3,5	4,3
Стандартное отклонение	3,1	2,8	2,3
Дисперсия выборки	9,3	7,7	5,4
Эксцесс	0,1	0,0	-0,2
Асимметричность	0,7	0,4	0,4
Интервал	16,0	16,4	12,0
Минимум	-4,9	-4,1	-1,5
Максимум	11,1	12,3	10,5
Сумма	20185,0	27851,6	33275,7
Счет	9358,0	9358,0	9358,0

Таблица 3.2 – Статистические характеристики температурного режима за 27.10-30.11 на 68 км КАД

	<i>T</i> воздх.	<i>T</i> поверх.	<i>T</i> грунта.
Среднее	2,3	2,5	2,8
Стандартная ошибка	0,0	0,0	0,0
Медиана	2,2	2,6	2,8
Мода	2,9	4,0	0,8
Стандартное отклонение	2,9	2,8	2,6
Дисперсия выборки	8,2	8,0	6,9
Эксцесс	0,6	0,3	0,2
Асимметричность	0,8	0,5	0,6
Интервал	14,8	16,1	13,7
Минимум	-3,2	-3,3	-2,3
Максимум	11,6	12,8	11,4
Сумма	22062,3	24136,4	26694,9
Счет	9516,0	9510,0	9510,0

3.2 Определение связи между температурными параметрами

В моем исследовании присутствуют более двух синхронных по времени рядов, между которыми прослеживается вероятностная (стохастическая) связь, обусловленная влиянием различных факторов. Такая связь называется корреляционной, то есть изменение значений одной или нескольких из этих величин подвергает изменению значения другой или других величин. Коэффициент, который показывает силы, или тесноты такой связи между переменными, называется коэффициентом корреляции.

В ходе работы была выявлена корреляционная связь между температурой поверхности дороги, грунта и температурой воздуха для АДМС на 45, 57, 58 и 68 км КАД и рассчитаны коэффициенты корреляции между исследуемыми параметрами. Полученные результаты представлены в виде корреляционных матриц параметров температур за осенний период 2015 года (таблица 3.3).

Все полученные значения коэффициента корреляции положительны и близки к единице, что говорит о прямой зависимости между параметрами и о хорошей взаимосвязи между значениями на каждой станции.[11,12]

При анализе матриц (таблица 3.3) с четырех станций за осенний период 2015 года наибольшее значение коэффициента корреляции наблюдается между температурами поверхности дорожного полотна и грунта, так как данные параметры между собой взаимодействуют более плотно, чем с температурой воздуха. На 57 км КАД отмечен максимальный коэффициент корреляции (0,99) между температурой грунта и поверхностью в ноябре 2015 года.

Наименьший коэффициент корреляции наблюдается между температурами поверхности полотна и воздуха, что является характерной ситуацией для данного времени года. Состояние поверхности дороги во многом зависит от нагрева солнечными лучами, но и от не менее важного фактора – интенсивность движения на автомагистрали. Минимальное

значение коэффициента корреляции (0,91) был отмечен между температурой воздуха и поверхности на АДМС 58 км КАД в ноябре 2015 года.

Связь между переменными функциональна, так как значения всех коэффициентов корреляции значимы.[12]

Таблица 3.3 – Корреляционные матрицы за осенний период 2015 года:

а) на АДМС 57, 58 км КАД; б) на АДМС 45и 68 км КАД

сентябрь							
АДМС 58 км				АДМС 57 км			
	<i>Тпов</i>	<i>Тгр</i>	<i>Тв</i>		<i>Тпов</i>	<i>Тгр</i>	<i>Тв</i>
<i>Тпов</i>	1,00			<i>Тпов</i>	1,00		
<i>Тгр</i>	0,91	1,00		<i>Тгр</i>	0,97	1,00	
<i>Тв</i>	0,91	0,93	1,00	<i>Тв</i>	0,90	0,93	1,00

октябрь							
АДМС 58 км				АДМС 57 км			
	<i>Тпов</i>	<i>Тгр</i>	<i>Тв</i>		<i>Тпов</i>	<i>Тгр</i>	<i>Тв</i>
<i>Тпов</i>	1,00			<i>Тпов</i>	1,00		
<i>Тгр</i>	0,94	1,00		<i>Тгр</i>	0,97	1,00	
<i>Тв</i>	0,92	0,93	1,00	<i>Тв</i>	0,90	0,92	1,00

ноябрь							
АДМС 58 км				АДМС 57 км			
	<i>Тпов</i>	<i>Тгр</i>	<i>Тв</i>		<i>Тпов</i>	<i>Тгр</i>	<i>Тв</i>
<i>Тпов</i>	1,00			<i>Тпов</i>	1,00		
<i>Тгр</i>	0,98	1,00		<i>Тгр</i>	0,99	1,00	
<i>Тв</i>	0,95	0,95	1,00	<i>Тв</i>	0,92	0,93	1,00

а)

5.09-24.10.15							
АДМС на 45 км				АДМС на 68 км			
	<i>Т возд.</i>	<i>Т поверх.</i>	<i>Т грунта</i>		<i>Т возд.</i>	<i>Т поверх.</i>	<i>Т грунта</i>
<i>Т возд.</i>	1			<i>Т возд.</i>	1		
<i>Т поверх.</i>	0,959088	1		<i>Т поверх.</i>	0,954122	1	
<i>Т грунта</i>	0,95186	0,944367	1	<i>Т грунта</i>	0,973018	0,958336	1

27.10-30.11.15							
АДМС на 45 км				АДМС на 68 км			
	<i>Т возд.</i>	<i>Т повех.</i>	<i>Т грунта</i>		<i>Т возд.</i>	<i>Т поверх.</i>	<i>Т грунта</i>
<i>Т воздх.</i>	1			<i>Т возд.</i>	1		
<i>Т поверх.</i>	0,947366	1		<i>Т поверх.</i>	0,950814	1	
<i>Т грунта</i>	0,927456	0,952052	1	<i>Т грунта</i>	0,9534	0,966237	1

б)

3.3 Проверка однородности данных АДМС КАД СПб

Из-за наличия большого количества разрывов временных рядов за сентябрь и октябрь, и наиболее частых переходов через 0°C в ноябре, было решено проводить проверку однородности температурных параметров на основе данных, полученных АДМС на 45, 57, 58 и 68 километрах КАД в ноябре 2015 года. Для более точного анализа помимо данных за весь ноябрь, был рассмотрен период с 1 по 7 ноября.

Сравнение температур воздуха по данным всех АДМС за оба исследуемых периода (рисунок 3.9) показало, что минимальные температуры воздуха наблюдались на 45 км КАД, а более «теплой» является АДМС на 57 км, особенно хорошо это видно на рисунке 3.9, б.

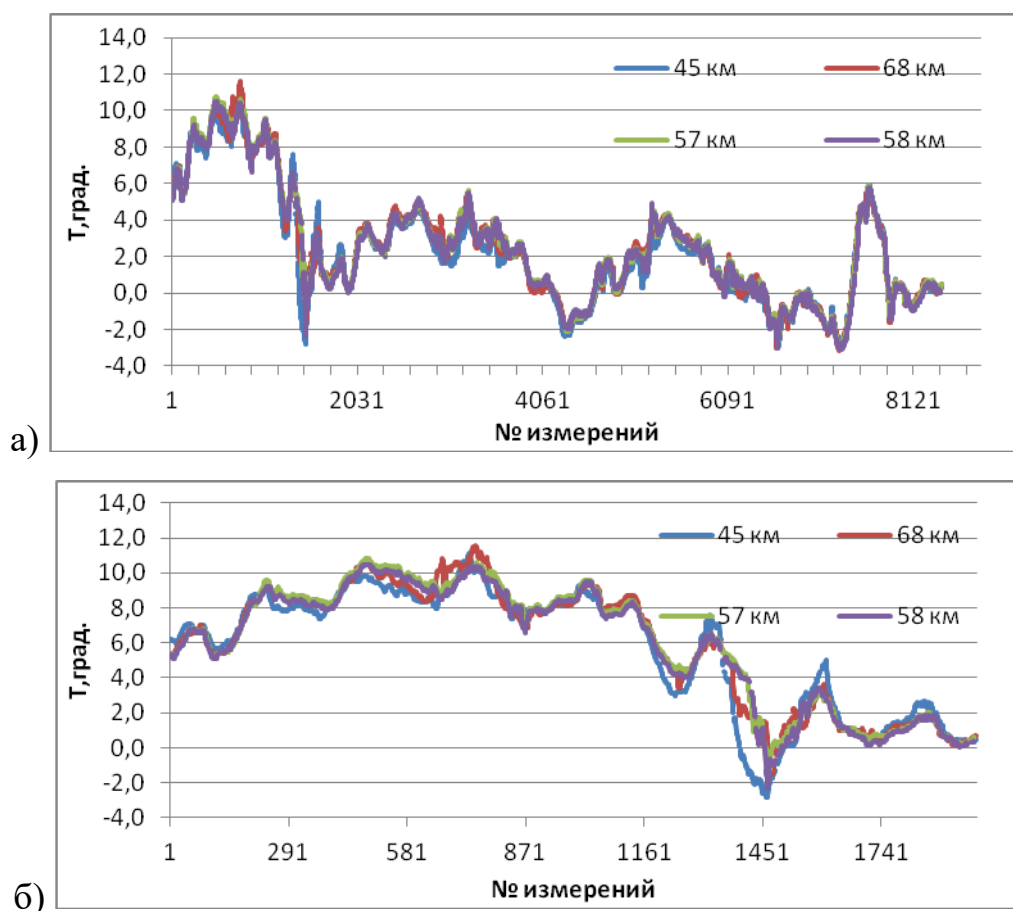


Рисунок 3.9 – Температура воздуха на 45,57,58 и 68 км КАД:

а) за ноябрь б) за период с 1 по 7 ноября

В целом данные на всех четырех станциях изменяются одинаково. Температура воздуха в нескольких местах пересекает отметку 0 градусов, что говорит о наличии слабых заморозков. Можно предположить, что следствием ночного понижения температуры служит низкая влажность воздуха, слабый ветер, отсутствие облачности.

В ночное время температура на всех станциях достигает минимальных значений. В дневные часы хорошо заметны флуктуации – небольшие колебания показателей от общего хода (рисунок 3.9, б).

Корреляционная связь между температурой воздуха по данным всех четырех станции функциональна, несмотря на небольшой разброс точек (рисунок 3.10). [11]

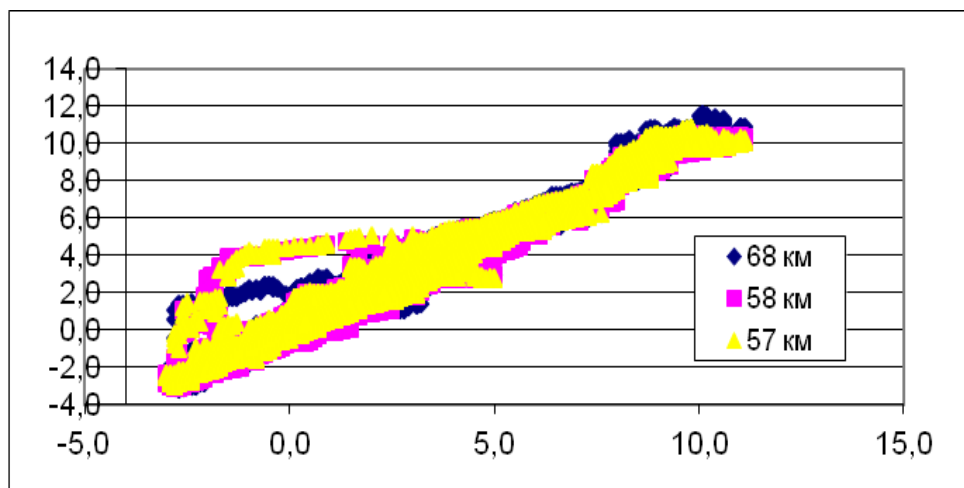


Рисунок 3.10 – Поле корреляции температуры воздуха на 45, 57, 58 и 68 км КАД

Все коэффициенты корреляции близки к единице и значимы, что говорит о хорошей взаимосвязи между значениями на каждой станции (таблица 3.4). Наименьший коэффициент корреляции (0,98) наблюдается между АДМС на 45 км и остальными станциями.

Таблица 3.4 -Корреляционная матрица температуры воздуха за ноябрь
2015 года

	45 км	68 км	58 км	57 км
45 км	1			
68 км	0,982	1		
58 км	0,982	0,991	1	
57 км	0,983	0,993	0,998	1

Проверка однородности данных температуры поверхности покрытия дает практически тот же результат (рисунок 3.11). Но, как во временном ряду за ноябрь, так и в ряду за период с 1 по 7 ноября, хорошо видно, что значения температуры поверхности покрытия на правом берегу Невы (57 км) превышают данные с остальных станций. Причем в некоторых случаях превышение достигает 1-2 градусов (рисунок 3.12).

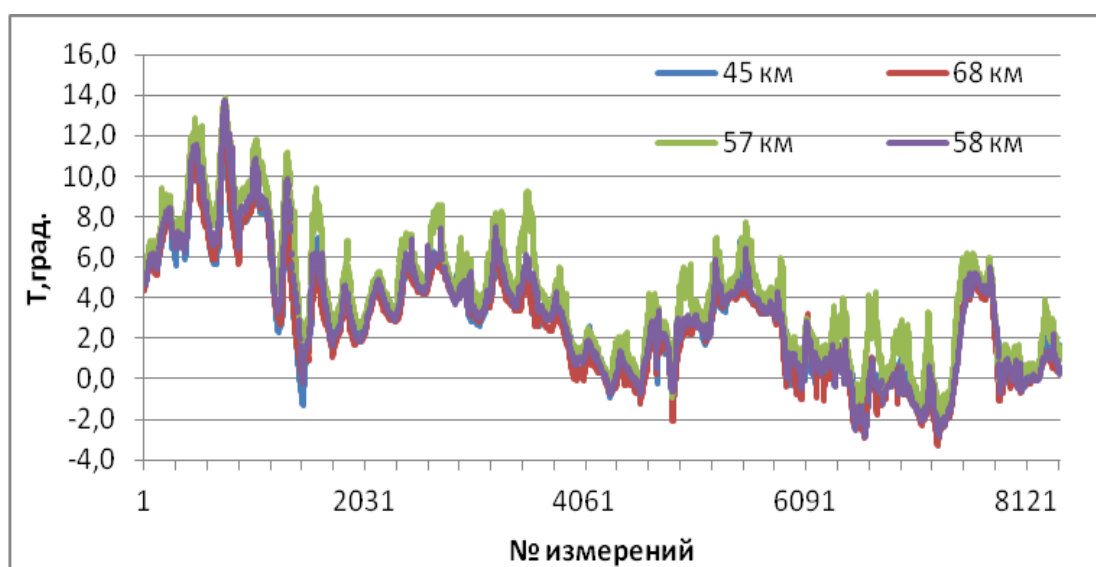


Рисунок 3.11 – Температура поверхности на 45,57,58 и 68 км КАД
за ноябрь

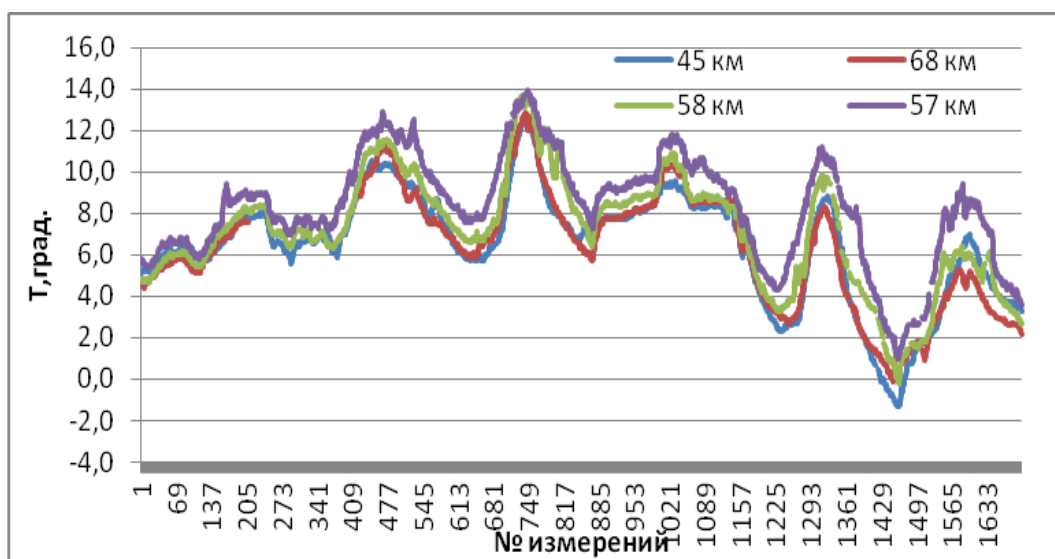


Рисунок 3.12 – Температура поверхности на 45,57,58 и 68 км КАД
за период с 1 по 7 ноября

Несмотря на это связь между всеми переменными функциональна (рисунок 3.13). Все коэффициенты корреляции близки к единице и значимы (таблица 3.5). Наибольший коэффициент корреляции (0,99) между АДМС на 58 и 68 км, наименьший (0,96) между 57 км и на 45 и 68 км.

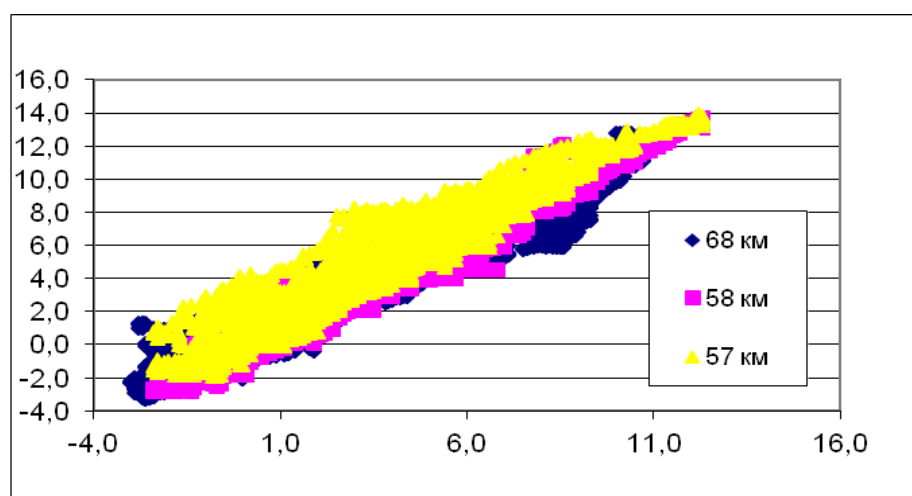


Рисунок 3.13 – Поле корреляции температуры поверхности на 45, 57,
58 и 68 км КАД

Таблица 3.5 -Корреляционная матрица температуры поверхности за
ноябрь 2015 года

	45 км	68 км	58 км	57 км
45км	1,00			
68 км	0,98	1,00		
58 км	0,98	0,99	1,00	
57 км	0,96	0,96	0,97	1,00

Аналогичный результат оказался и при сравнении температур грунта (рисунок 3.14). Снова АДМС на 57 км дает завышенные показания, причем это хорошо видно как при анализе данных за весь ноябрь, так и за период с 1 по 7 ноября (рисунок 3.15). Разница значений в 1,5-2 градуса сохраняется даже между соседними станциями (57 и 58 км КАД).

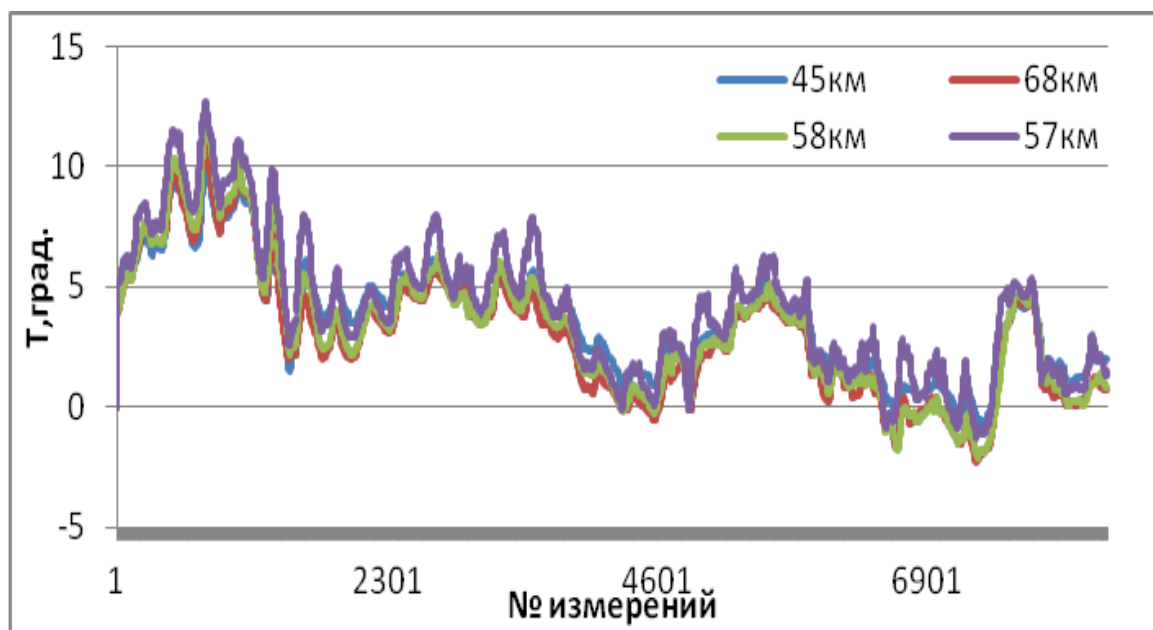


Рисунок 3.14 – Сравнение температур грунта на 45,57,58 и 68 км КАД
за ноябрь

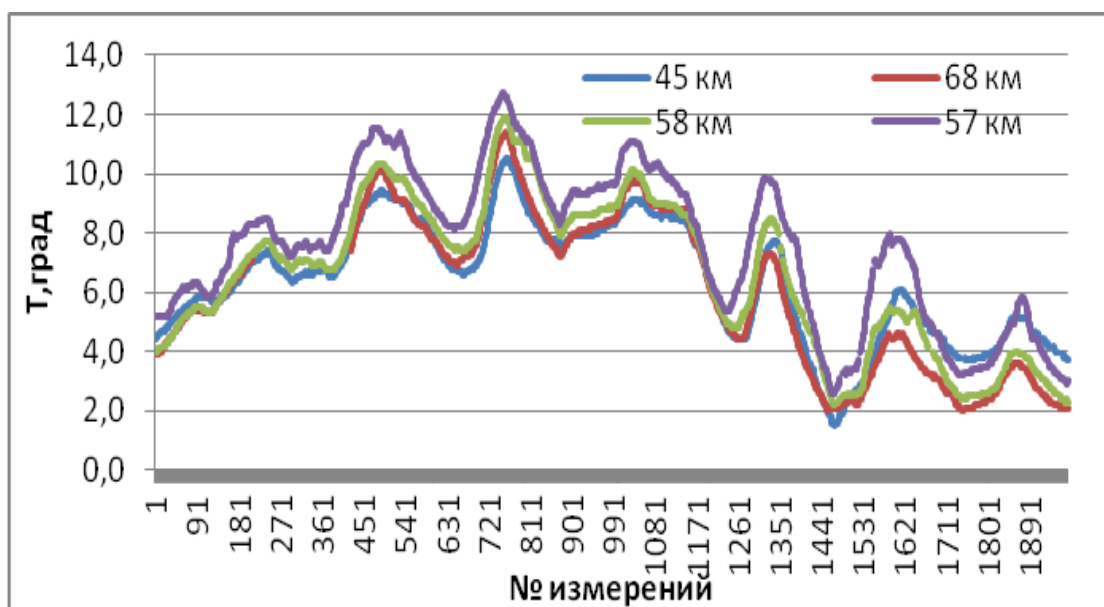


Рисунок 3.15 – Сравнение температур грунта на 45,57,58 и 68 км КАД за период с 1 по 7 ноября

Тем не менее, связь между переменными функциональна (рисунок 3.16). Коэффициент корреляции высокий, близкий к единице, значимый (таблица 3.6). Наименьший коэффициент корреляции (0,97) снова наблюдается между 45 и 57 км.

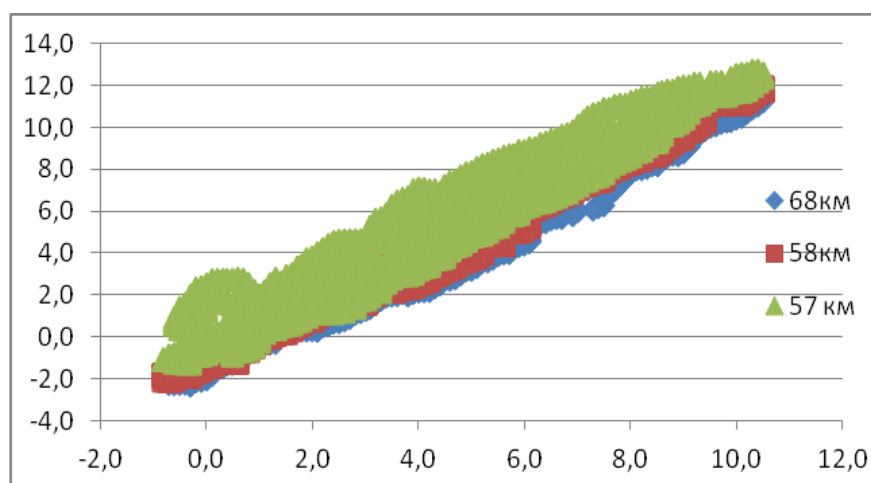


Рисунок 3.16 – Поле корреляции температуры грунта на 45, 57, 58 и 68 км КАД

Таблица 3.6-Корреляционная матрица температуры грунта за ноябрь

	<i>45 км</i>	<i>68 км</i>	<i>58 км</i>	<i>57 км</i>
45 км	1,00			
68 км	0,99	1,00		
58 км	0,99	0,99	1,00	
57 км	0,97	0,98	0,98	1,00

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы, мною были рассмотрены сформированные архивные временные ряды, полученные с четырех дорожных метеорологических станций, расположенных на 45, 57, 58 и 68 км кольцевой дороги Санкт-Петербурга.

Для выполнения расчетной части исследования и поставленных задач:

1. Сформирован, синхронизирован по времени и подготовлен к дальнейшей обработке архив температурных параметров окружающей среды и дорожного полотна за осенние месяцы 2015 года по данным, полученным с автоматических дорожных метеорологических станций, установленных на 45, 57, 58 и 68 км внутреннего кольца КАД СПб.
2. Исследован пространственно-временной ход температурного режима воздуха и дорожного полотна за осенний период 2015 года.
3. Исследована зависимость температурных параметров автомагистрали и температуры воздуха за рассматриваемый период 2015 года.
4. Произведен расчет и проанализированы различия в показаниях четырех АДМС. Построены необходимые графики и составлены таблицы для визуализации результатов расчетов.
5. Проведена проверка однородности и качества данных, на основе которых вырабатывается прогноз состояния покрытия.

В результате проделанной работы хочется отметить следующее:

- наиболее низкие значения температуры воздуха, поверхности покрытия и грунта в ноябре наблюдаются на 45 км, что обусловлено расположением станции (АДМС окружена с обеих сторон плотной лесополосой);
- АДМС, расположенная на правом берегу Невы (57 км) дает более высокие значения температур для всех параметров, однако разность в показаниях нестабильна и постоянно изменяется, что делает данный участок

автомобильной дороги достаточно сложным для прогнозирования (особенно в холодный период);

- значения коэффициентов корреляции для всех параметров на четырех станциях близки к единице, значимы, а связь между переменными – функциональна.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что место расположения АДМС выбрано правильно, а их показания – однородны.

Список использованных источников.

1. Самодурова Т.В. Оперативное управление зимним содержанием дорог. Научные основы: Монография. — Воронеж: Изд-во Воронеж гос. ун-та., 2003. — 168 с.
2. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Автоматические метеорологические станции. Часть 1. Тактико-технические характеристики. Учебное пособие. — Санкт-Петербург, РГГМУ, 2016. — 127 с.
3. URL:[https:// www.spb-guide.ru/page_19019.htm](https://www.spb-guide.ru/page_19019.htm) (Электронный ресурс) КАД - Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга (дата обращения: 23.05.2016).
4. Васильев А.П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. М., 1976. - 283 с.
5. Васильев А.П., Немчинов М.В. Безопасность движения в осенний и весенний периоды года. - М.: Транспорт, 1976 . - 79 с.
6. Базлова Т.А. Автоматизированная информационно-измерительная система «МетеоТрасса». Строительство и дорожное хозяйство. 2010.
7. URL:http://www.iram.ru/iram/p31_mtras_ru.php (дата обращения: 23.05.2017).
8. URL:<http://www.raimet.ru> (дата обращения: 23.05.2017).
9. URL:<http://www.vaisala.com> (дата обращения: 23.05.2017).
10. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. //Л.: Гидрометеиздат, 1976. — с. 677.
11. Бекряев В.И. Основы теории эксперимента / Учебное пособие.- СПб.: Изд. РГГМУ, 2001. — с. 266.
12. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Автоматические метеорологические станции. Часть 2. Цифровая обработка данных автоматических метеорологических станций. Практикум.- СПб.: РГГМУ. — 2015.- 99 с.