



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 «Временная изменчивость температурных параметров на участке
КАД СПб»**

Исполнитель **Егоренкова Арина Владимировна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой**

(подпись)

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

Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

« ____ » июня 2018 г.

Санкт-Петербург
2018

Содержание

	Сокращения	3
	Введение	4
1	Автоматические метеорологические станции	7
1.1	Автоматические метеорологические станции общего назначения	7
1.2	Автоматические дорожные метеорологические станции	9
1.3	Структура АДМС для КАД Санкт-Петербурга и примеры информации	14
2	Временные ряды, получаемые от АДМС	18
2.1	Описание станций	18
2.2	Контроль качества	21
3	Анализ данных, полученных в процессе исследования временных рядов от АДМС	25
3.1	Контроль по отрезкам	25
3.2	Анализ показателей описательной статистики	31
3.3	Корреляция	35
	Заключение	39
	Список использованных источников	41

Сокращения

АМС – Автоматическая метеорологическая станция.

АДМС – Автоматическая дорожная метеорологическая станция.

КАД – Кольцевая автомобильная дорога.

ЗСД – Западный скоростной диаметр.

ДТП – Дорожно-транспортное происшествие.

СКО – Среднеквадратическое отклонение.

АЗС – Автомобильная заправочная станция.

ГИБДД – Государственная инспекция безопасности дорожного движения.

Введение

Атмосферой называется воздушная оболочка, которой со всех сторон окружен Земной шар. В результате воздействия тепла, которое поступает от Солнца, в атмосфере всегда совершаются физические процессы: изменяется температура, усиливается и затихает ветер, выпадают осадки, образуются и исчезают облака, часто возникают грозы и т.п. Метеорология изучает физические явления в атмосфере. Можно сказать, что она, в широком понимании, является учением о погоде и климате.

Погода – состояние атмосферы в определенный момент времени, характеризующее совокупностью метеорологических элементов. К их числу относятся атмосферное давление, температура, влажность воздуха, ветер, облачность, осадки, видимость, а также грозы, шквалы, туманы и т.д.

Если задуматься о том, насколько погода влияет на нашу жизнь, можно сказать, что она оказывает воздействие почти на все сферы деятельности, например, транспорт, строительство, спорт, туризм, торговля и т.п.

Мы рассчитываем на прогноз погоды всякий раз, когда куда-то отправляемся, чтобы понять, в какой одежде выйти на улицу, от этого будет зависеть наше настроение и комфорт.

С давних времен люди разными способами пытались предугадать явления погоды, в том числе, полагаясь на приметы. С течением времени они начали проявлять больший интерес к изучению окружающей среды, а также к явлениям, происходящим в атмосфере. После чего, человеку пришло осознание, что погодные условия играют огромную роль в хозяйственной сфере деятельности, особенно в сельском хозяйстве и торговле. Так, например, если знать, какие погодные явления ожидать, можно сократить ущерб, который может быть ими нанесен.

В последующем был введен ряд величин, которые понесли общее название метеорологических элементов.

Толчком для дальнейшего развития данной области стало то, что люди научились собирать нужные метеорологические сведения и вести их учет.

Гидрометеорологическое обеспечение в настоящее время находится на высшем уровне. Гидрометцентр России представляет собой многоуровневую структурную организацию, охватывающую всю страну.

Главные задачи Гидрометцентра России:

- получение новых знаний о погодообразующих процессах в системе "атмосфера-океан-суша";
- оперативное обеспечение жителей страны, государственных и коммерческих структур гидрометеорологической информацией, включая предупреждения о неблагоприятных и опасных явлениях погоды.[6]

На данный момент в Гидрометслужбе осуществляется комплексная автоматизация, включающая создание автоматических систем сбора и обработки первичной метеорологической информации, которые выполняет персонал гидрометеорологических станций.

Представление общей структуры устройства для обработки и передачи метеорологической информации позволяет анализ функций автоматической метеостанции.[3]

Основным источником информации на дорогах являются автоматические дорожные метеорологические станции, им и будет посвящена данная работа.

На сегодняшний день происходит быстрый рост объёма транспортных перевозок, и всё более серьёзной становится проблема безопасности на автодорогах, что напрямую зависит от метеорологических условий. Этим и объясняется актуальность выбранной темы.

Цель работы:

- исследовать временную изменчивость данных измерений, полученных от дорожных станций;

Задачи:

- провести первичный контроль качества временных рядов;

- рассчитать статистические характеристики данных;
- проанализировать временную изменчивость измерений.

Работа состоит из трёх глав.

Глава 1 – представляет собой описание автоматических метеостанций. Особое внимание уделено автоматическим дорожным метеорологическим станциям.

Глава 2 – состоит из описания местоположения выбранных станций и контроля качества, полученной архивной информации.

Глава 3 – содержит анализ временных рядов температурных данных, полученных тремя АДМС на участке кольцевой автомобильной дороге Санкт-Петербурга.

1. Автоматические метеорологические станции

1.1 Автоматические метеорологические станции общего назначения

На сегодняшний день метеорологическая информационная сеть развивается полным ходом. Это связано с использованием новых технологий и всё большим применением автоматических систем, позволяющим увеличить качество и частоту измерений, а также проводить измерения в малодоступных и слабозаселённых районах. По этой причине в метеорологии в настоящий момент становится актуальным использование автоматических метеорологических станций (АМС).

АМС предназначены для сбора и передачи информации о метеорологических параметрах в центры сбора данных.

АМС совмещают в своём составе аппаратуру для проведения дистанционных и контактных измерений. Дискретность измерений достигает 5 с (без участия наблюдателя).

С учетом объёма наблюдений автоматические метеорологические станции делят на три разряда. Используемые в настоящее время АМС можно отнести к станциям I разряда.

Станция I разряда оборудована метеорологическими приборами для проведения стандартных наблюдений (метеорологическая будка с психрометром и гигрометром, барометром, флюгером, почвенными термометрами). На ней ведутся наблюдения за испарением, облачностью, солнечным сиянием и др. метеопараметрами (в зависимости от программы наблюдений и решаемых задач). Станции I разряда оборудованы самопишущими приборами.

АМС позволяют получать метеоинформацию, учитывающую специфику ее дальнейшего использования, что является главной особенностью АМС. Эта особенность привела к образованию специализированных АМС, предназначенных для метеообеспечения

различных отраслей хозяйственной деятельности: дорожных, лесных, экологических, аэродромных и др.[1]

Метеостанции общего назначения разделяются на цифровые и аналоговые. На аналоговой (классической) станции проводят измерения в стандартные сроки с дискретностью 3 ч. Результаты наблюдений на данных метеостанциях и постах в целях их сравнимости должны обладать однородностью и точностью. Этого можно добиться путем использования проверенных, однотипных, установленных на всех пунктах одинаково приборов, проведением наблюдений по общей методике, в строгой последовательности и в определенные сроки (согласно «Наставлениям» наблюдения производятся синхронно в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч (синоптические сроки)).

В эти сроки определяются: атмосферное давление, температура и влажность воздуха, характеристики ветра и облачности, дальность видимости.

Указанный выше перечень метеорологических наблюдений выполняется с использованием аппаратуры, осуществляющей в автоматическом режиме, как проведение метеорологических измерений, так и их кодировку, передачу потребителю. Дискретность круглосуточных измерений в этом случае может достигать 5-10 с.

Получаемая от АМС общего и специального назначения метеоинформация обычно состоит из совокупности синхронизированных временных рядов метеовеличин. В связи с этим, параллельно с развитием систем измерения разрабатывался и математический аппарат, используемый для анализа временных рядов, получаемых от станций. Анализ временных рядов – это сочетание математико-статистических методов анализа, которые предназначены для обработки данных и их дальнейшего прогнозирования.

В настоящий момент накоплены очень большие объемы данных, которые позволяют проводить их статистический анализ в полном объеме. Проведение статистических расчетов, в частности для больших выборок, на

данный момент немислимо без использованных различных пакетов прикладных статистических программ. Особое место среди статистических пакетов занимает табличный процессор «Microsoft Excel». Его библиотека содержит 78 статистических функций, что вполне достаточно для выполнения большинства стандартных методов статистической обработки различных данных.[1]

1.2 Автоматические дорожные метеорологические станции

Одной из главных составляющих инфраструктуры являются автомобильные дороги, которые способствуют решению социальных задач, обеспечению национальной безопасности и экономическому развитию.

Скоростные автомагистрали составляют в среднем 5,2% от общей протяженности автомобильных дорог всей страны. Тем не менее, на них приходится практически половина всей транспортной нагрузки грузооборота и пассажирооборота, в том числе почти 100% международных грузовых перевозок.

При быстром росте объема транспортных перевозок все более серьезной становится проблема безопасности. Одной из главных причин дорожно-транспортных происшествий являются опасные явления погоды. К числу данных явлений относятся: сильный мороз, сход снежных лавин, снежные заносы, гололед, низкая и высокая температура поверхности дороги, сильные ливни и наводнения, мощный ветер, песчаные и пыльные бури. Недостаточная видимость, особенно при возникновении сильных туманов, представляет значимую проблему для скоростных автомагистралей. Появление туманов на скоростных дорогах может стать причиной столкновения десятков и даже несколько сотен автомобилей.

Уровень транспортно-эксплуатационного состояния автодорог по большей мере зависит от качества организации и проведения дорожных работ. Соблюдение требуемого уровня комфортности и безопасности

дорожного движения, сохранение существующей дорожной сети и улучшение уровня её содержания является одной из ведущих задач дорожных служб. Эти обстоятельства приводят к созданию и использованию автоматизированной системы оперативного управления дорожным хозяйством, использующей современные информационные технологии для эффективной организации дорожных работ в зимние и летние сезоны, а также для ремонта дорог.

Производственно-технологическая деятельность дорожных служб и органов управления затрудняется тем, что на объекты управления непрерывно воздействуют разные дестабилизирующие факторы, вызывающие изменение состояния. В первую очередь, в число этих факторов входят погодные условия. Неблагоприятные явления погоды приводят к снижению качества дорожных работ, замедлению движения транспорта, а в некоторых случаях создают серьезную угрозу безопасности дорожного движения.

Нынешние технологии содержания автодорог направлены на предупреждение критического воздействия погодных условий на состояние дорожного полотна.

Для формирования управленческих процессов и поддержания требуемого состояния сети федеральных дорог в сложных метеорологических условиях, необходимо внедрять автоматизированную систему метеорологического обеспечения: многошаговую организационно-техническую систему, обеспечивающую сбор, обработку, передачу и предоставление дорожным службам и пользователям дорог оперативных данных о состоянии окружающей природной среды и дорожных объектов, расчет, составление и предоставление различных прогнозов с требуемой заблаговременностью.

Основные задачи дорожного метеорологического обеспечения:

- учет климатических условий вдоль трасс;

- сбор данных о метеорологических условиях и состоянии дорожного полотна;
- обнаружение критических метеорологических условий (снег, лед, туман, сильный дождь, дым, значительные порывы ветра);
- автоматическое предупреждение о метеорологических условиях и состоянии дорожного полотна служб организации дорожного движения;
- немедленное информирование дорожных служб и водителей о наступлении опасных явлений погоды при помощи информационных табло, знаков ограничения скорости и других предупреждающих знаков, в том числе с указанием текущей температуры поверхности дороги и воздуха.

Для решения вышеуказанных задач АДМС оснащены измерительной аппаратурой, похожей на комплектацию АМС общего назначения и аэродромных метеорологических станций, а также специализированным программным обеспечением, учитывающим особенность дальнейшего использования получаемой ими метеорологической информации.[1]

Автоматическая дорожная метеорологическая станция может быть также оборудована видеокамерой. На сервер подается дублирующая визуальная информация о состоянии дорожного полотна и прилегающих к ней территорий в реальном времени (рисунок 1.1). Видеокамера осуществляет запись и хранение информации в течение долгого времени, что бывает очень нужно при разборе ДТП.[7, 10]

Для быстрой организации работ, выбора вида и норм распределения противогололёдных материалов необходимо использовать системы метеорологического обеспечения скоростных автодорог, которые передают потребителям специализированные прогнозы погоды, штормовые предупреждения, текущие и ожидаемые метеоусловия на автодорогах.

Эта информация предназначена для обеспечения быстрого управления транспортно-эксплуатационным состоянием автодорог и производственно-технологической деятельностью подрядных организаций в различных

дорожных ситуациях, а также для обеспечения безопасности дорожного движения.

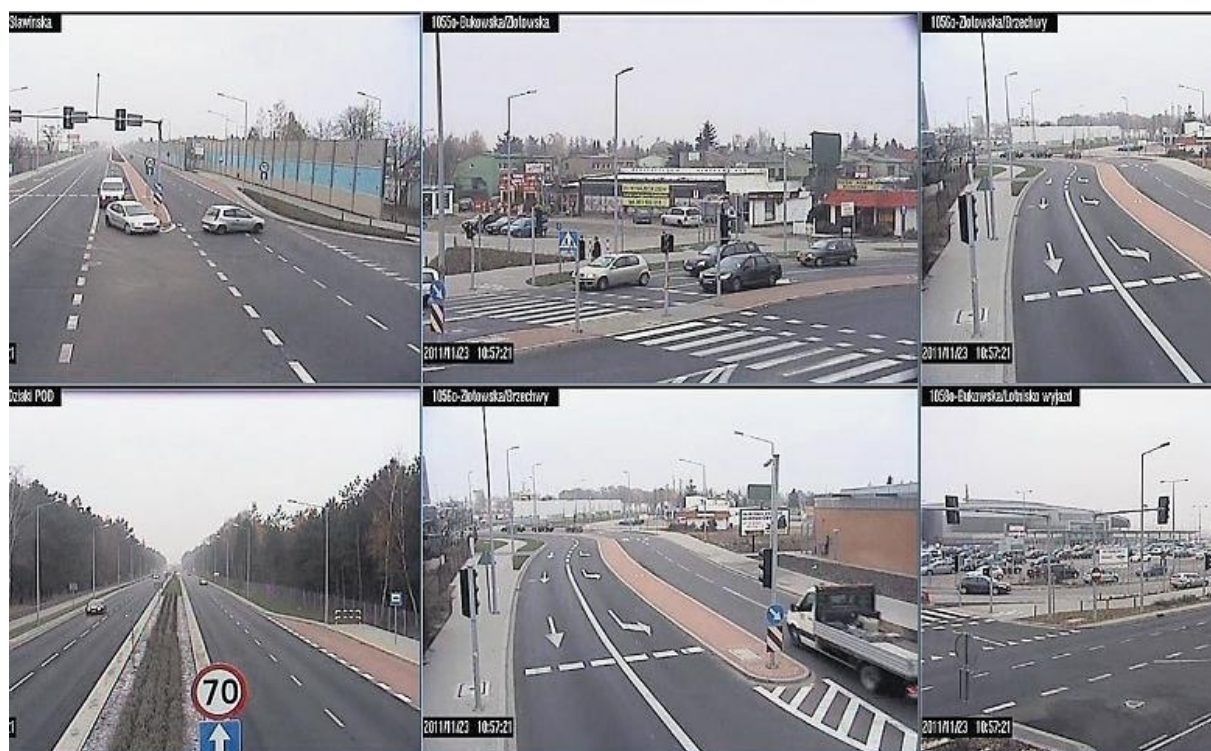


Рисунок 1.1 – Обзор видеоинформации с различных участков автотрассы

Зарубежные системы метеобеспечения автомобильных дорог, на данный момент, хорошо развиты, а вот развитие и производство отечественных аналогов, которые значительно дешевле, до настоящего времени сдерживаются отсутствием спроса. За последние десять лет в России установлено всего около 90 метеопостов, в то время как в Швеции за это же время разработана сеть, состоящая из 700 метеостанций, в Финляндии установлено около 1000, а в США – более 1500. В целом, в комплект всех метеостанций входят видеокамеры. Метеорологическая служба в Швейцарии также идет по пути формирования специальных подразделений, которые обслуживают зимнее содержание автодорог.

Во многих зарубежных странах (Норвегии, Канады и др.) автодорожные службы также имеют системы метеорологического

обеспечения, использующие современные информационные технологии и оборудование. Одновременно с этим, информация от локальных дорожных метеосистем объединена в диспетчерские центры, что значительно повышает эффективность использования всей имеющейся информации для управления дорожным движением в сложных метеоусловиях.

В комплект станции при необходимости могут быть добавлены датчики для измерения экологических характеристик воздуха, уровня воды, уровня загазованности воздуха, что поможет контролировать экологическое состояние окружающей среды (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Внешний вид АДМС

На данный момент все шире используются системы дорожного метеорологического обеспечения нового поколения, в которых используются последние технологии:

- специализированные дорожные прогнозы и рекомендации;
- «виртуальные» метеопосты;
- термокартирование;
- интеграция различных видов метеоинформации;
- интеллектуальные видеокамеры;
- бесконтактный контроль состояния дорожного полотна.[1,8,9]

1.3 Структура АДМС для КАД Санкт-Петербурга и примеры информации

КАД (кольцевые автомобильные дороги) – это скоростные автомагистрали с большим потоком автомобильного движения. Они являются важнейшей частью в общей структуре автомобильных дорог, соответственно, к ним предъявляются особые требования по организации дорожного движения и, в том числе, к метеобеспечению. Службы ГИБДД должны быть предварительно предупреждены об ожидаемых опасных явлениях погоды, должны знать фактическое состояние участков КАД и принимать соответствующие меры для обеспечения безопасности движения и предотвращения дорожных происшествий.

Чтобы достичь результативного метеорологического обеспечения, необходима такая система, которая предоставляла бы работникам дорожных служб и подрядчикам возможность правильно выполнять свои функции в части принятия управленческих решений при организации дорожных работ в зимний период, а водителей обеспечивала бы информацией для безопасного и комфортного движения.[1]

Плотность сети дорожных станций в России гораздо меньше, чем в Европейских странах, что обусловлено размером территории страны. Кроме того, больше станций установлено в районах мегаполисов, на автомагистралях и платных дорогах. В последнее время активно внедряется интеллектуальная трасса, которая недавно также была установлена на Крымском мосту.

Схема КАД Санкт-Петербурга показана на рисунке 1.3. Автострада проходит как по суше, так и по участкам Финского залива. Вследствие этого, при одном и том же синоптическом условии на разных участках КАД могут быть различные погодные условия. Более того, КАД имеет 26 крупных

автомобильных развязок и 7 мостов, которые требуют значительного внимания.[4]

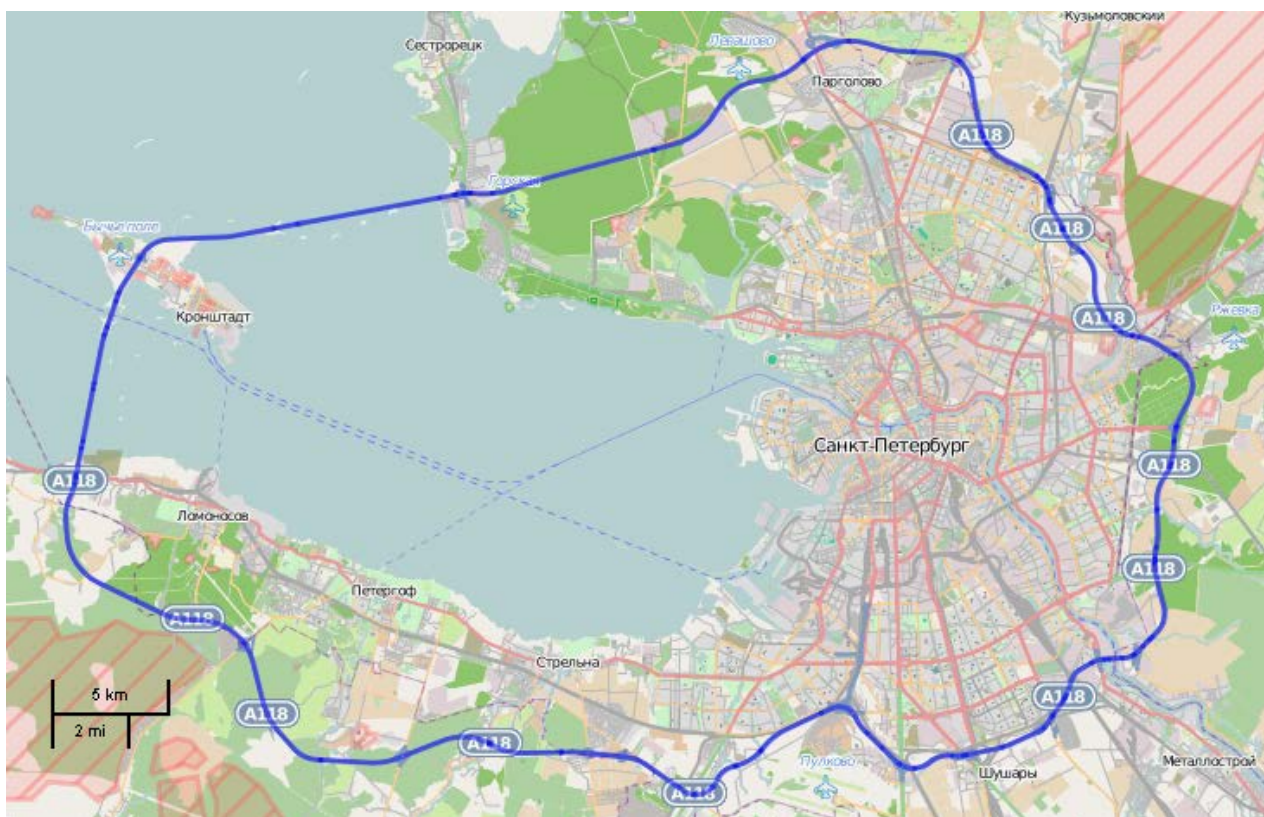


Рисунок 1.3 – Схема КАД Санкт-Петербурга

Изначально задачи для системы автоматизированного метеорологического обеспечения КАД Санкт-Петербурга были следующими:

- гарантирование установленного соответствующими нормами уровня зимнего содержания автодорог;
- гарантирование установленного соответствующими нормами уровня транспортно-эксплуатационного содержания автодорог;
- увеличение достоверности и полноты получаемой, обрабатываемой и хранимой информации, используемой в процессе оперативного управления;
- улучшение качества прогнозов метеоусловий на автодорогах;

- увеличение скорости сбора и передачи информации о транспортно-эксплуатационном содержании автодорог, уровне содержания и метеорологических условиях;
- обеспечение пользователей дорог оперативными данными о метеорологических условиях, рекомендуемых скоростных режимах и оптимальных маршрутах передвижения;
- повышение производительности персонала дорожных служб за счет автоматизации трудновыполнимых функций по прогнозированию, организации и контролю работ, получению, передаче и обработке информации.

Для выполнения всех вышеуказанных задач в автоматизированные системы было включено 33 АДМС (без дамбы) и связанных с ними информационных табло. Координаты расположения станций обозначены на рисунке 1.4 кружками.



Рисунок 1.4 – КАД Санкт-Петербурга с расположенными на ней АДМС

Каждая АДМС имеет в своём составе набор датчиков для проведения измерений и устройства, которые выводят знаки и информацию с АДМС на

табло. Последнее позволяет водителям во время движения по КАД получать подробную информацию об обстановке на дороге, а также контролировать скоростной режим на отдельных участках КАД в зависимости от фактической погоды и состояния дорожной поверхности.[5]

Для примера рассмотрим, как выглядит метеорологическая информация, поступающая от АДМС Санкт-Петербурга. Каждая станция хранит и архивирует измеряемые метеопараметры. Пример архива данных атмосферных параметров показан на рисунке 1.5, где в крайнем левом столбце указано время измерений, а в остальных столбцах – измеренные величины (температуры воздуха, дефицит точки росы, направление и скорость ветра, давление, видимость и др.)

Время	T1	RH1	TD1	WS1	WD1	PR	RI	VI	P	SH	RS	MST	NWS	FDS	BT
00:00	15.2	87	13.1	1.7	239	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:05	15.2	87	13.1	1.7	237	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:10	15.2	87	13.0	1.9	240	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:15	15.2	86	12.9	2.1	239	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:20	15.2	86	12.9	1.9	237	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:25	15.2	86	12.8	1.8	234	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:30	15.1	85	12.6	1.6	232	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:35	15.0	85	12.6	1.5	227	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:40	14.6	86	12.3	1.1	227	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:45	13.8	87	11.6	0.8	229	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:50	13.8	89	12.0	0.6	220	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
00:55	14.3	88	12.3	0.8	217	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:00	14.7	87	12.6	1.3	224	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:05	14.8	86	12.5	1.5	230	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:10	15.1	86	12.8	1.7	232	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:15	15.0	86	12.7	1.7	233	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:20	14.8	87	12.6	1.6	232	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:25	14.8	88	12.9	1.6	229	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:30	14.1	88	12.3	1.7	232	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:35	14.6	89	12.8	1.7	234	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:40	14.1	88	12.2	1.8	233	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.1
01:45	14.8	89	13.0	2.0	234	0.1	0.0	2000	1014.1	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:50	14.7	88	12.8	2.2	236	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
01:55	14.6	88	12.7	2.1	233	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.1
02:00	14.6	88	12.6	2.0	230	0.1	0.0	2000	1013.9	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:05	14.7	87	12.6	2.2	232	0.1	0.0	2000	1013.9	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:10	14.6	87	12.4	2.3	233	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:15	14.7	86	12.5	2.3	234	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:20	14.8	87	12.6	2.4	234	0.1	0.0	2000	1014.0	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:25	14.7	87	12.4	2.5	236	0.1	0.0	2000	1013.9	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:30	14.7	86	12.4	2.6	234	0.1	0.0	2000	1013.8	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:35	14.7	86	12.4	2.6	234	0.1	0.0	2000	1013.8	0.0	0	99999	0	0	22.1
02:40	14.8	86	12.5	2.5	236	0.1	0.0	2000	1013.9	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:45	14.6	87	12.4	2.3	234	0.1	0.0	2000	1013.9	0.0	0	99999	0	0	22.2
02:50	14.5	87	12.4	2.2	233	0.1	0.0	2000	1013.8	0.0	0	99999	0	0	22.1
02:55	14.6	87	12.5	2.2	234	0.1	0.0	2000	1013.8	0.0	0	99999	0	0	22.2
03:00	14.6	88	12.6	2.2	234	0.1	0.0	2000	1013.8	0.0	0	99999	0	0	22.2

Рисунок 1.5 – Архив данных от АДМС №220 за 01.09.2015 г.

Исходя из этого мы знаем, где расположены АДМС на КАД Санкт - Петербурга, какие функции они выполняют, а также, как выглядит метеорологическая информация, которая поступает от данных станций.

2. Временные ряды, получаемые от АДМС

2.1 Описание станций

Для исследования было выбрано три дорожных станции (рисунок 2.1). Две расположены между районами развязки КАД с Приморским шоссе и КАД с ЗСД (Северный участок), находящиеся друг от друга, примерно, в 6-ти километрах: 134-й километр, внешнее кольцо и 140-й километр, внешнее кольцо. Третья дорожная станция установлена на 9-ом километре внутреннего кольца, которая располагается между станцией на 134-ом километре и районом развязки ЗСД (Северный участок).

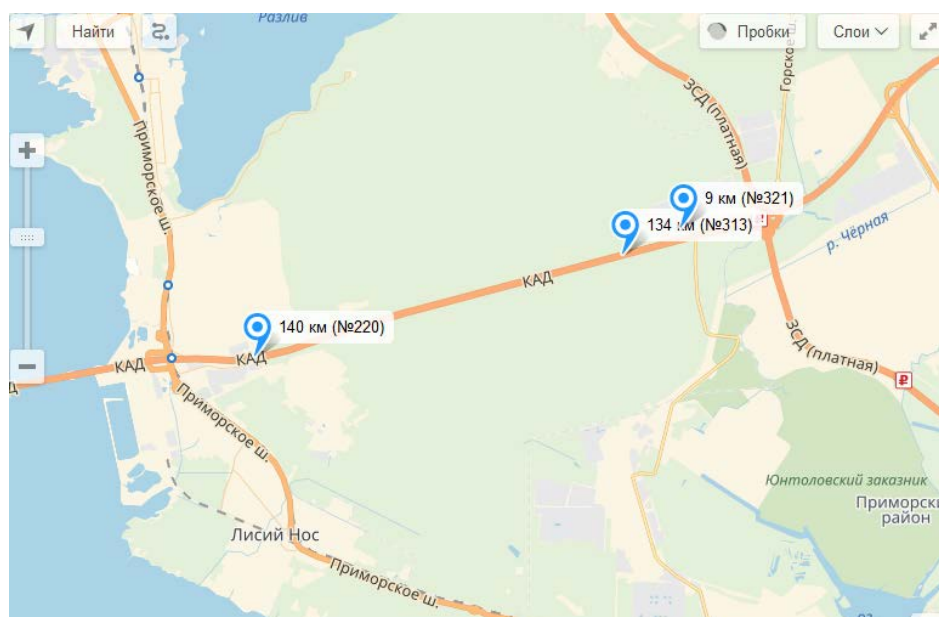
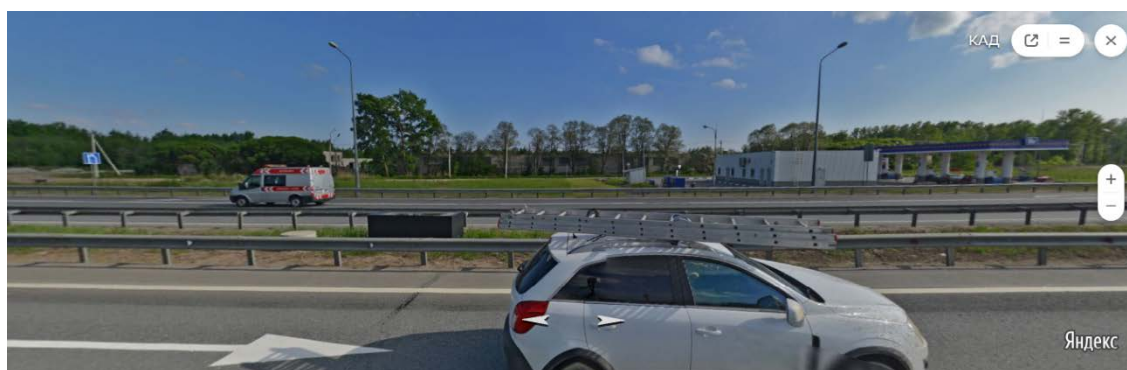


Рисунок 2.1 – Участок КАД, на котором расположены исследуемые АДМС

Чтобы понять, как окружающая местность влияет на метеорологические величины, получаемые с данных АДМС, рассмотрим месторасположение каждой АДМС.

140 километр внешнего кольца КАДа, координаты станции 60.039220, 30.000532, №220.

Во-первых, можно сказать, что эта станция располагается ближе всего к Финскому заливу, следовательно, при одной и той же синоптической ситуации данная АДМС может иметь существенно различающиеся погодные условия от других АДМС, которые будут располагаться дальше. Во-вторых, справа, если двигаться в сторону двух других станций, располагается АЗС, что тоже существенно может повлиять на изменение метеорологических данных станции. Слева мы видим одноэтажные здания, в которых находятся пункт технического осмотра, автосервис и автомойка (рисунок 2.2 а, б).



а)



б)

Рисунок 2.2 – Панорамный снимок месторасположения АДМС №220

а) вид панорамы справа, б) вид панорамы слева

134 километр внешнего кольца КАДа, координаты станции 60.053548, 30.104495 №313.

Станция располагается между двумя другими станциями. С обеих ее сторон находится лесополоса, а не открытая местность. Небольшие возможные отличия температур будут объясняться тем, что в лесу отсутствует доступ солнечных лучей, соответственно, нагрев в тени и циркуляция воздуха будут слабее (рисунок 2.3 а, б).



а)



б)

Рисунок 2.3 – Панорамный снимок месторасположения АДМС №313

а) вид панорамы справа, б) вид панорамы слева

9 километр внутреннего кольца КАДа, координаты станции 60.055686, 30.121464 №321.

Станция располагается ближе всего к развязке КАД с ЗСД (Северный участок). Справа находится лес, а вот слева мы видим крупное

промышленное здание. Как оказалось, это автомобилестроительный завод «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус» (рисунок 2.4 а, б). Но, так, как это инженерное сооружение находится достаточно далеко от дороги, существенных изменений у метеовеличин наблюдаться не будет, разве что только показания ветра, получаемые с данной АДМС, могут отличаться, в связи с тем, что завод является искусственной неровностью (препятствием).



а)



б)

Рисунок 2.4 – Панорамный снимок месторасположения АДМС №321

а) вид панорамы справа, б) вид панорамы слева

2.2 Контроль качества

Контроль качества временных рядов включает в себя следующие этапы:

- обнаружение временных разрывов и «выбросов» исследуемого ряда;

- графическое представление временного ряда;

- восстановление ряда, устранение обнаруженных разрывов и выбросов.

На рисунках 2.5–2.6 показаны примеры временных рядов с разрывами.

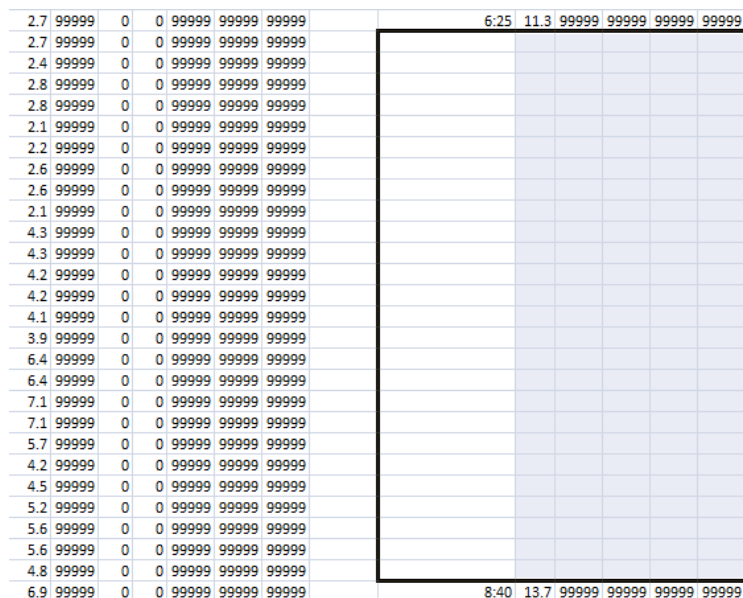


Рисунок 2.5 – Фрагмент временных рядов 08.09.2015 г. АДМС №313

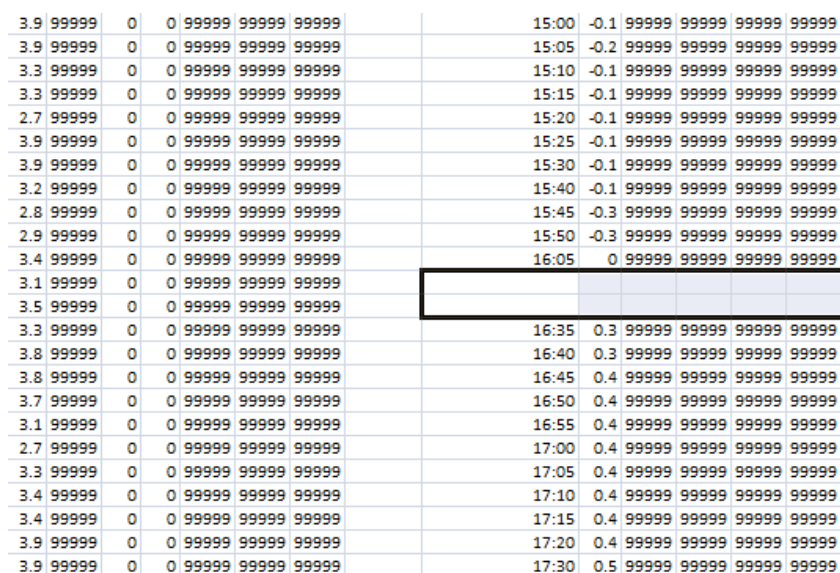


Рисунок 2.6 – Фрагмент временных рядов 29.11.2015 г. АДМС №220

Чтобы такие разрывы представить графически, построим, соответственно, графики распределения температуры поверхности за такие же периоды (рисунки 2.7, 2.8).

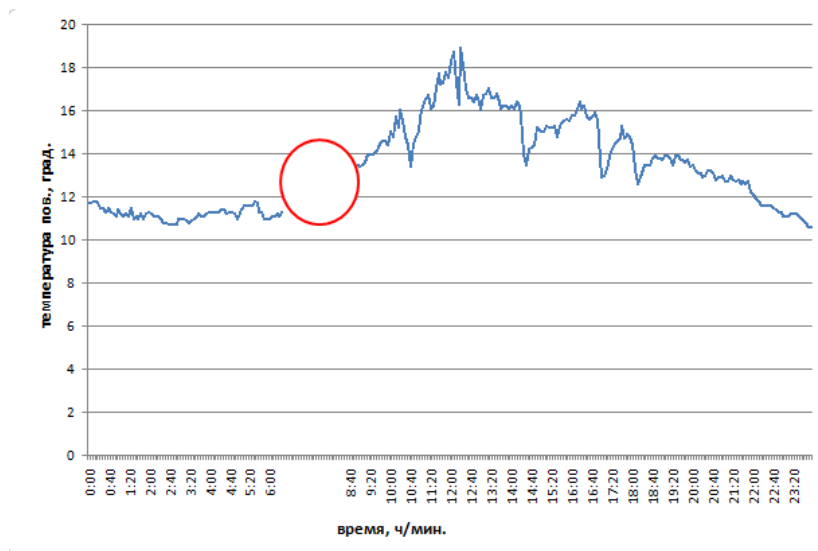


Рисунок 2.7 – Распределение временного ряда температуры поверхности
08.09.2015 г. АДМС №313

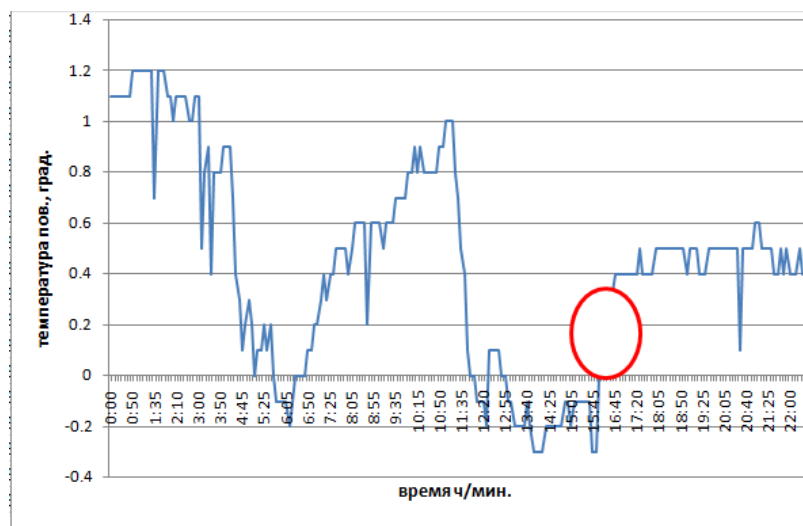


Рисунок 2.8 – Распределение временного ряда температуры поверхности
29.11.2015 г. АДМС №220

Кругами выделены места разрывов. В последующем, чтобы мы смогли обрабатывать данный ряд необходимо устранить эти разрывы. Для этого применим метод линейной интерполяции, но только к тем метеорологическим величинам, которые изменяются по линейному закону.

Для восстановления возьмем, к примеру, ряд за 29.11.2015 г. на АДМС №220. За этот период наблюдалось меньше пропусков, то есть ряд будет более точным.

Пример восстановленного ряда показан на рисунке 2.9.

3.9	99999	0	0	99999	99999	99999					15:00	-0.1	99999	99999	99999	99999
3.9	99999	0	0	99999	99999	99999					15:05	-0.2	99999	99999	99999	99999
3.3	99999	0	0	99999	99999	99999					15:10	-0.1	99999	99999	99999	99999
3.3	99999	0	0	99999	99999	99999					15:15	-0.1	99999	99999	99999	99999
2.7	99999	0	0	99999	99999	99999					15:20	-0.1	99999	99999	99999	99999
3.9	99999	0	0	99999	99999	99999					15:25	-0.1	99999	99999	99999	99999
3.9	99999	0	0	99999	99999	99999					15:30	-0.1	99999	99999	99999	99999
3.2	99999	0	0	99999	99999	99999					15:40	-0.1	99999	99999	99999	99999
2.8	99999	0	0	99999	99999	99999					15:45	-0.3	99999	99999	99999	99999
2.9	99999	0	0	99999	99999	99999					15:50	-0.3	99999	99999	99999	99999
3.4	99999	0	0	99999	99999	99999					16:05	0	99999	99999	99999	99999
3.1	99999	0	0	99999	99999	99999						0.3				
3.5	99999	0	0	99999	99999	99999						0.2				
3.3	99999	0	0	99999	99999	99999					16:35	0.3	99999	99999	99999	99999
3.8	99999	0	0	99999	99999	99999					16:40	0.3	99999	99999	99999	99999
3.8	99999	0	0	99999	99999	99999					16:45	0.4	99999	99999	99999	99999
3.7	99999	0	0	99999	99999	99999					16:50	0.4	99999	99999	99999	99999
3.1	99999	0	0	99999	99999	99999					16:55	0.4	99999	99999	99999	99999
2.7	99999	0	0	99999	99999	99999					17:00	0.4	99999	99999	99999	99999
3.3	99999	0	0	99999	99999	99999					17:05	0.4	99999	99999	99999	99999
3.4	99999	0	0	99999	99999	99999					17:10	0.4	99999	99999	99999	99999
3.4	99999	0	0	99999	99999	99999					17:15	0.4	99999	99999	99999	99999
3.9	99999	0	0	99999	99999	99999					17:20	0.4	99999	99999	99999	99999
3.9	99999	0	0	99999	99999	99999					17:30	0.5	99999	99999	99999	99999

Рисунок 2.9 – Фрагмент восстановленных данных АДМС №220 (красным цветом выделены интерполированные значения)

После восстановления рядов, становится возможной их дальнейшая обработка. Если же отсутствует большой объем данных, например станция (датчик) несколько дней не работала, данные восстановить не удастся. Соответственно такой ряд целиком нельзя использовать для проведения анализа. Его необходимо будет разделить на части – до разрыва и – после.

3. Анализ данных, полученных в процессе исследования временных рядов от АДМС

3.1 Контроль по отрезкам

Помимо визуального обнаружения разрывов или выбросов, существуют и прикладные программные пакеты для проведения контроля качества данных. Для этого проведем проверку временных рядов с помощью программы «Контроль по отрезкам» в пакете «Excel» на наличие оставшихся пропусков и «выбросов».

В этой программе мы вставляем проверяемый на разрывы ряд на лист 1, например, температуры воздуха и запускаем макрос. Когда программа сработала, появляются результаты на листе 1 (рисунок 3.1) и на листе 2 (рисунок 3.2), где видны порядковые номера «подозрительных» значений, с возможным наличием разрывов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	O	P
1	15.2	15.6											Номер колонки с рядом на Листе 1:	1	
2	15.2	15.3											Общее число значений ряда	23861	
3	15.2	15.3											Длина контролируемого отрезка: ndl:	50	
4	15.2	15.3											Длина контролируемого отрезка: q u = 1		
5	15.2	14.8											Значение коэффициента kско:	10	
6	15.2	14.7													
7	15.1	14.5													
8	15	12.8													
9	14.6	11.5													
10	13.8	11.3													
11	13.8	11.3													
12	14.3	14.1													
13	14.7	14.9													
14	14.8	15.2											Перед запуском программы введите:		
15	15.1	15											№ колонки с исследуемым рядом		
16	15	15.1											По отрезкам длины ndl рассчитываются среднее и СКО.		
17	14.8	14											Наличие выброса проверяется двумя методами		
18	14.8	13.8											Метод 1: разность двух значений ряда сравнивается с СКО.		
19	14.1	15.3											Метод 2: разность значения ряда и среднего сравнивается с СКО.		
20	14.6	14.1											На листе 2 в колонку 1 записывается исходный ряд		
21	14.1	14											На листе 2 в колонку 2 записывается индикатор выброса (метод 1)		
22	14.8	14.7											На листе 2 в колонку 3 записывается индикатор выброса (метод 2)		

Рисунок 3.1 – Общий вид листа 1 после работы программы

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	15.2	0	0	602	602	602	602	Метод 1: колонка 2		Метод 2: колонка 3	
2	15.2	0	0	603	603	603	658	Число превышений 3*СКО	15	Число превышений 3*СКО	163
3	15.2	0	0	10125	10125	10125	659	Число превышений 4*СКО	12	Число превышений 4*СКО	16
4	15.2	0	0	10126	10126	10126	14491	Число превышений 5*СКО	7	Число превышений 5*СКО	5
5	15.2	0	0	10832	10832	Номера из колонки 3	14491	Число превышений 6*СКО	5	Число превышений 6*СКО	4
6	15.2	0	0	Номера из колонки 3 (>6*СКО)	13177	Номера из колонки 3 (>6*СКО)					
7	15.1	0	0	Номера из колонки 2 (>5*СКО)	14491	Номер колонки с рядом на (>5*СКО)					
8	15	0	0	Номера из колонки 2 (>5*СКО)			15034				
9	14.6	0	0	(>5*СКО)		Среднее всего ряда:	6.72				
10	13.8	0	0	(>5*СКО)		СКО всего ряда:	5.34				
11	13.8	0	0	(>5*СКО)		Длина контрольного отрезка:	50				
12	14.3	0	0								
13	14.7	0	0			Длина контролируемого отрезка: glu = 1					
14	14.8	0	0			Значение коэффициента ksk	10				
15	15.1	0	0								
16	15	0	0			Перед запуском программы введите					
17	14.8	0	0			На листе 1 в колонке должен присутствовать исследуемый ряд.					
18	14.8	0	0			По отрезкам длины pdl рассчитывается статистика (СКО),					
19	14.1	0	0			по следующему значению проверяется наличие выброса.					
20	14.6	0	0			На листе 2 в колонку 1 записывается исходный ряд					
21	14.1	0	0			На листе 2 в колонку 2 записывается индикатор выброса (метод 1)					
22	14.8	0	0			На листе 2 в колонку 3 записывается индикатор выброса (метод 2)					
23	14.7	0	0			На листе 2 в колонку 4, 5, 6 и 7 записываются №№ выбросов					
24	14.6	0	0								
25	14.6	0	0			На листе 2 в колонку 8 записываются СКО					
26	14.7	0	0			контрольных участков (начиная с номера pdl)					
27	14.6	0	0								

Рисунок 3.2 – Общий вид листа 2 после работы программы

В данной программе учтено два метода контроля наличия ясных изменений метеорологического параметра во времени.

В первом методе, как и во втором, главным этапом является – построение графика данных, содержащихся в колонке 2 на листе 2 (рисунок 3.3). По горизонтальной оси – порядковый номер измерения, по вертикальной оси – индикатор выброса (СКО). Численное значение Р показывает, во сколько раз абсолютная разность превосходит величину среднеквадратического отклонения, вычисленного для этого контрольного участка. На листе 2 в колонке «D» и «E» указаны порядковые номера измерений, для которых величина Р превосходит значения 6 и 5 (рисунок 3.4).

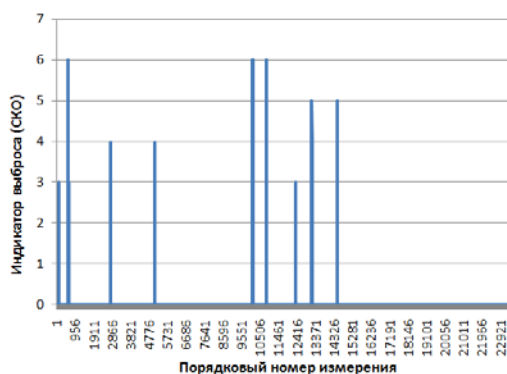


Рисунок 3.3 – График индикатора наличия «подозрительных» точек

D	E
602	602
603	603
10125	10125
10126	10126
10832	10832
Номера из колонки 2 (>6*СКО)	13177 14491
Номера из колонки 2 (>6*СКО)	Номера из колонки 2 (>5*СКО)
	(>5*СКО)
	(>5*СКО)

Рисунок 3.4 – Данные контроля первым методом

С учетом полученных данных рассматриваем поведение ряда в области выявленной точки, например, с номером 602 (рисунок 3.5).

590	11.2	0	0
591	11.2	0	0
592	11.2	0	0
593	11.1	0	0
594	11.2	0	0
595	11	0	0
596	11.1	0	0
597	11.1	0	0
598	11	0	0
599	11.1	0	0
600	11	0	0
601	11	0	0
602		6	6
603	10.9	6	0
604	10.7	0	0
605	10.9	0	0
606	10.9	0	0
607	10.8	0	0
608	10.9	0	0
609	10.9	0	0
610	10.9	0	0
611	11	0	0
612	10.9	0	0
613	10.9	0	0
614	10.9	0	0

Рисунок 3.5 – Фрагмент временного ряда в районе «подозрительной» точки

Мы видим, что на данном участке ряда присутствует пропуск. Это может быть связано со сбоем в работе станции. Заполняем его, пользуясь средним арифметическим, и строим вспомогательный график (рисунок 3.6).

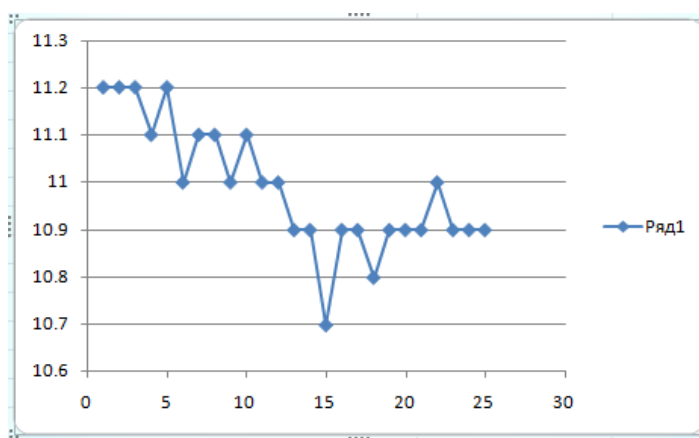


Рисунок 3.6 – Фрагмент временного ряда в районе «подозрительной» точки

Построим график, данных, содержащихся в колонке 3 на листе 2, опираясь на второй метод (рисунок 3.7).

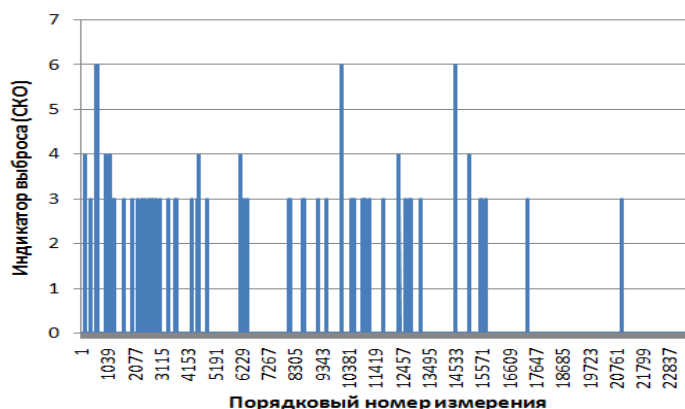


Рисунок 3.7 – График индикатора наличия «подозрительных» точек

В колонке «F» и «G» на листе 2 можно посмотреть порядковые номера измерений, для которых величина P превосходит значения 6 и 5 (рисунок 3.8).

F	G
602	602
658	658
10125	659
14491	10125
Номера из колонки 3 (>6*СКО)	14491
Номер колонки с рядом на Листе 1: (>5*СКО)	Номера из колонки 3 (>5*СКО)

Рисунок 3.8 – Данные контроля вторым методом

Подчеркиваем, что в отличие от первого метода, в данном случае выявлено меньше точек, «подозрительных» на выброс, для которых величина P превосходит значения 6 и 5. Для $P = 6$: 4 точки, для $P = 5$: 5 точек. В первом методе для $P = 6$: 5 точек, для $P = 5$: 7 точек.

Но, следует отметить, что с помощью второго метода выявлено намного больше точек, для которых величина P превосходит значения 3 (рисунок 3.9).

Н	И	Ж	К
Метод 1: колонка 2		Метод 2: колонка 3	
Число превышений 3*СКО	15	Число превышений 3*СКО	163
Число превышений 4*СКО	12	Число превышений 4*СКО	16
Число превышений 5*СКО	7	Число превышений 5*СКО	5
Число превышений 6*СКО	5	Число превышений 6*СКО	4

Рисунок 3.9 – Данные контроля обоими методами

Из этого следует, что метод 1 более чувствителен к изменчивости временного ряда, т.к. обнаружил больше «подозрительных» точек, для которых величина P превосходит значения 5 и 6. В дальнейшем остановимся на изучении поведения ряда в районе таких точек.

Относительно полученных данных разбираем поведение ряда в области выявленной точки с номером 10125 (значение индикатора $P = 6$), и в точке с

номера 14491 (значение индикатора $P = 5$). Для этого анализируем имеющиеся в этой области значения ряда (рисунок 3.10 а, б) и строим графики, имеющейся в этих областях временной изменчивости ряда (рисунок 3.11 а, б).

10118	7.6	0	0
10119	7.5	0	0
10120	7.5	0	0
10121	7.6	0	0
10122	7.4	0	0
10123	7.5	0	0
10124	7.4	0	0
10125		6	6
10126	7.6	6	0
10127	7.5	0	0
10128	7.5	0	0
10129	7.5	0	0
10130	7.6	0	0
10131	7.5	0	0
10132	7.5	0	0

а)

14484	3.8	0	0
14485	3.9	0	0
14486	3.9	0	0
14487	3.9	0	0
14488	3.8	0	0
14489	3.8	0	0
14490	3.8	0	0
14491	3.7	5	6
14492	3.7	4	0
14493	3.7	0	0
14494	3.7	0	0
14495	3.7	0	0
14496	3.7	0	0
14497	3.7	0	0
14498	3.7	0	0

б)

Рисунок 3.10 – Фрагменты временного ряда в районе «подозрительных» точек

а) точка с номером 10125, б) точка с номером 14491

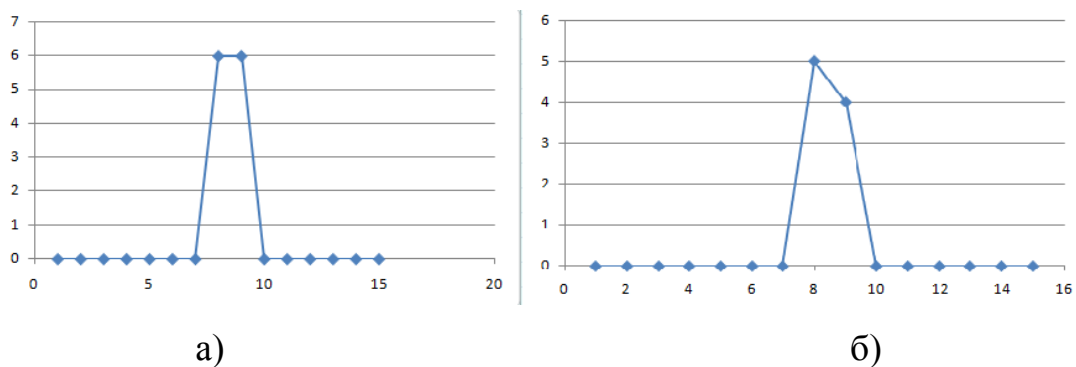


Рисунок 3.11 – Графики фрагментов временного ряда в районе «подозрительных» точек

а) точка с номером 10125, б) точка с номером 14491

По данным из рисунков 3.10 а и 3.11 а, можно сделать вывод, что в районе точки с номером 10125 отсутствует значение ряда. Такой пропуск может быть связан со сбоем в работе АДМС. Отметим, что такой же вывод был получен при использовании первого метода.

По данным в районе точки с номером 14491, с учетом дискретности ряда делаем вывод, что на участке присутствует «псевдовыброс», связанный, скорее всего с временным разрывом в работе АДМС (рисунки 3.10 б – 3.11 б).

Процесс проверки временных рядов в данной программе продолжается до того момента, пока не будут восстановлены все «выбросы» и пропуски.

3.2 Анализ показателей описательной статистики

Для того, чтобы выполнить анализ показателей описательной статистики в программе «Microsoft Excel» воспользуемся пакетом «Анализ данных» => вкладка «Описательная статистика», в появившемся диалоговом окне вводим нужные для нас параметры:

- входной интервал (столбец В - наш исследуемый ряд);
- выбираем «Группирование по столбцам»;

- параметры вывода: новый рабочий лист;
- нажимаем «ОК» (рисунок 3.12).

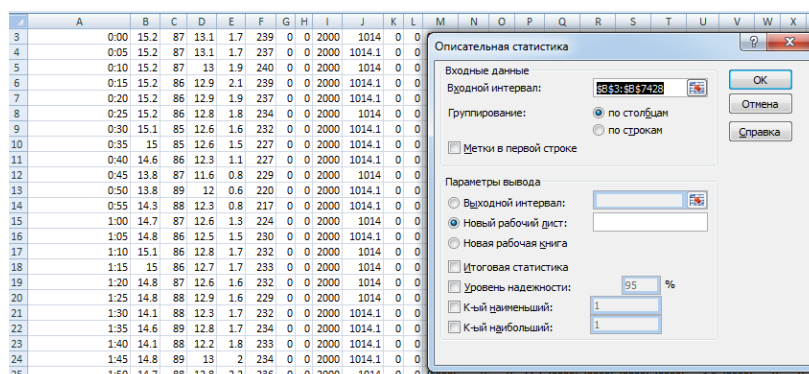


Рисунок 3.12 – Диалоговое окно «Описательная статистика» в меню «Анализ данных»

Расчёты на рисунке 3.13 выполнены для ряда температуры воздуха и ряда температуры дорожного покрытия на АДМС №220 за все 3 месяца с дискретностью 5 минут, и, соответственно, на АДМС №313.

	A	B	C	D	E	F	G
1	№220	T1	Ts	№313	T1	Ts	
2							
3	Среднее	6.73	7.42	Среднее	6.39	6.95	
4	Стандартная ошибка	0.03	0.04	Стандартная ошибка	0.04	0.04	
5	Медиана	5.50	6.00	Медиана	5.20	5.70	
6	Мода	2.70	3.00	Мода	2.50	2.90	
7	Стандартное отклонение	5.34	5.94	Стандартное отклонение	5.71	6.03	
8	Дисперсия выборки	28.55	35.31	Дисперсия выборки	32.56	36.39	
9	Эксцесс	-0.78	-0.46	Эксцесс	-0.71	1.05	
10	Асимметричность	0.50	0.62	Асимметричность	0.40	0.71	
11	Интервал	25.70	32.30	Интервал	28.40	88.80	
12	Минимум	-3.50	-6.90	Минимум	-6.00	-4.00	
13	Максимум	22.20	25.40	Максимум	22.40	84.80	
14	Сумма	160469.70	176791.50	Сумма	140394.20	152518.60	
15	Счет	23847.00	23840.00	Счет	21973.00	21958.00	
16							

Рисунок 3.13 – Результаты расчета статистических характеристик

Дополнительно, для сравнения, использовались данные АДМС на 9-ом км внутреннего кольца, которая располагается, примерно, в 970 метрах от станции на 134-ом км внешнего кольца (рисунок 3.14).

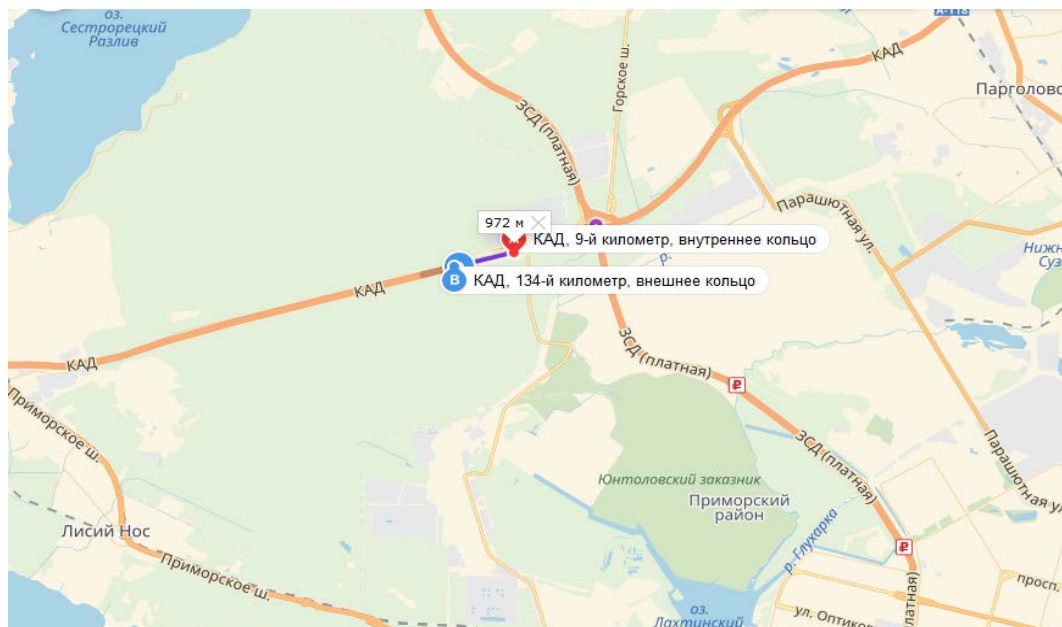


Рисунок 3.14 – Участок КАД, на котором расположены станции

Также были проведены расчеты показателей описательной статистики для станции на 9-ом км (рисунок 3.15).

220 (140 км. внешн.)	T1	Ts	313 (134 км. внешн.)	T1	Ts	321 (9 км. внутр.)	T1	Ts
Среднее	6.73	7.42	Среднее	6.39	6.95	Среднее	6.74	6.94
Стандартная ошибка	0.03	0.04	Стандартная ошибка	0.04	0.04	Стандартная ошибка	0.04	0.04
Медиана	5.50	6.00	Медиана	5.20	5.70	Медиана	5.30	5.2
Мода	2.70	3.00	Мода	2.50	2.90	Мода	2.90	3.3
Стандартное отклонение	5.34	5.94	Стандартное отклонение	5.71	6.03	Стандартное отклонение	6.30	6.04
Дисперсия выборки	28.55	35.31	Дисперсия выборки	32.56	36.39	Дисперсия выборки	39.64	36.47
Эксцесс	-0.78	-0.46	Эксцесс	-0.71	1.05	Эксцесс	-0.18	0.31
Асимметричность	0.50	0.62	Асимметричность	0.40	0.71	Асимметричность	0.71	0.93
Интервал	25.70	32.30	Интервал	28.40	88.80	Интервал	30.90	32.10
Минимум	-3.50	-6.90	Минимум	-6.00	-4.00	Минимум	-5.30	-2.80
Максимум	22.20	25.40	Максимум	22.40	84.80	Максимум	25.60	29.30
Сумма	160469.70	176791.50	Сумма	140394.20	152518.60	Сумма	160600.10	165555.30
Счет	23847.00	23840.00	Счет	21973.00	21958.00	Счет	23844.00	23844.00

Рисунок 3.15 – Результаты расчета статистических характеристик временных рядов для трёх станций

Проведем сравнения нескольких полученных статистических характеристик для всех трех станций.

Средние арифметические значения температуры воздуха для станций 321, 313 и 220 равны: $6,74^{\circ}\text{C}$, $6,39^{\circ}\text{C}$ и $6,73^{\circ}\text{C}$, разница между этими значениями составляет $0,1-0,3^{\circ}\text{C}$. Такая разница незначительна. Среднеквадратические отклонения для данных станций соответственно равны $6,30^{\circ}\text{C}$, $5,71^{\circ}\text{C}$ и $5,34^{\circ}\text{C}$. Разница между значениями равна $0,4-1,1^{\circ}\text{C}$. Стандартное отклонение связано с дисперсией выборки. Как мы видим, значения дисперсии так же различны ($39,64$, $32,56$, $28,55$). Отсюда можно сделать вывод о том, что ряд температуры воздуха не стационарен, т.к. значения заметно отличаются друг от друга.

Средние арифметические значения температуры дорожного покрытия для станций 321, 313 и 220 равны: $6,94^{\circ}\text{C}$, $6,95^{\circ}\text{C}$ и $7,42^{\circ}\text{C}$. Соответственно, разница составляет $0,1 - 0,5^{\circ}\text{C}$, и она так же незначительна. Среднеквадратические отклонения равны: $6,04^{\circ}\text{C}$, $6,03^{\circ}\text{C}$ и $5,94^{\circ}\text{C}$, разница между ними составляет $0,01 - 0,1^{\circ}\text{C}$. Следовательно, можно сделать вывод, что ряд температуры дорожного покрытия стационарен, т.к. значения дисперсии так же незначительно отличаются друг от друга ($36,47^{\circ}\text{C}$, $36,39^{\circ}\text{C}$, $35,31^{\circ}\text{C}$).

Значения эксцесса температуры воздуха для станций 321, 313 и 220 равны: $0,18^{\circ}\text{C}$, $0,71^{\circ}\text{C}$ и $0,78^{\circ}\text{C}$ (по модулю). Разница между ними составляет $0,1 - 0,6^{\circ}\text{C}$. Разница незначительна, что свидетельствует об отсутствии в ряду «выбросов», аналогично можно сказать об асимметричности на данных станциях. Значения равны: $0,71^{\circ}\text{C}$, $0,40^{\circ}\text{C}$ и $0,50^{\circ}\text{C}$. Разница составляет $0,1 - 0,3^{\circ}\text{C}$, «выбросов» не выявлено.

Значения эксцесса температуры дорожного покрытия для станций 321, 313 и 220 равны: $0,31^{\circ}\text{C}$, $1,05^{\circ}\text{C}$ и $0,46^{\circ}\text{C}$ (по модулю). Разница между ними составляет $0,1 - 0,6^{\circ}\text{C}$. Разница незначительна, но есть значение больше 1, что свидетельствует о возможном наличии в ряду «выбросов», которые могут быть ошибками наблюдения или наблюдаемыми катастрофическими

эффектами. Значения асимметричности на данных станциях равны: $0,93^{\circ}\text{C}$, $0,71^{\circ}\text{C}$ и $0,62^{\circ}\text{C}$. Разница составляет $0,1 - 0,3^{\circ}\text{C}$, следовательно, можно сделать вывод о том, что «выбросов» было не выявлено.

Проанализировав, можно сделать вывод, что существуют статистически значимые отличия по всем станциям. Получается, что АДМС 321, 313 и 220 являются не лишними на данном участке КАД Санкт-Петербурга, несмотря на то, что достаточно близко друг к другу расположены.

3.3 Корреляция

Большой частью, под термином «корреляция» подразумевают статистическую взаимосвязь двух или нескольких параметров. Если изменяется значение одного, это обязательно сказывается на величине остальных. Для математического определения силы такой взаимозависимости принято использовать коэффициент корреляции.

Необходимо добавить, что в случае, когда изменение одного параметра не приводит к изменению другого, но влияет на какую-либо статистическую характеристику данного параметра, такая связь является не корреляционной, а статистической.

Значения коэффициента корреляции r_{xy} могут изменяться в пределах от -1 до $+1$. Чем ближе r_{xy} по абсолютной величине к единице, тем сильнее связь. Переменные будут связаны линейной зависимостью при крайних значениях: $r_{xy} = -1$, $r_{xy} = +1$. Если значение коэффициента корреляции равно нулю, то связь между переменными отсутствует.

Степень корреляционной связи можно оценить по шкале Чеддока (рисунок 3.16). [2]

$0,1 < r_{xy} < 0,3$ – слабая;
$0,1 < r_{xy} < 0,5$ – умеренная;
$0,5 < r_{xy} < 0,7$ – заметная;
$0,7 < r_{xy} < 0,9$ – высокая;
$0,9 < r_{xy} < 1$ – весьма высокая.

Рисунок 3.16 – Корреляционная связь по шкале Чеддока

Так как на обеих моих станциях (№220 и №313) отсутствовали данные для температуры грунта (TG) за все три месяца (рисунок 3.17), восстановить данные нет возможности, поэтому будем анализировать взаимосвязь только между температурой воздуха (T1) и температурой поверхности дорожного покрытия (TS).

AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
E0295939_N600220											
01.09.2015	TS	TG	TR	TF	GE	WT	ST	IDS	CS	SS	BI
0:00	15.6	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:05	15.3	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:10	15.3	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:15	15.3	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:20	14.8	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:25	14.7	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:30	14.5	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:35	12.8	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:40	11.5	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:45	11.3	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:50	11.3	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
0:55	14.1	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:00	14.9	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:05	15.2	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:10	15	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:15	15.1	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:20	14	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:25	13.8	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:30	15.3	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:35	14.1	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:40	14	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:45	14.7	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:50	14.7	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
1:55	14.6	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
2:00	13.8	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
2:05	14.9	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999
2:10	14.2	99999	99999	99999	99999	0	1	1	99999	99999	99999

Рисунок 3.17 – Фрагмент временного ряда с отсутствием данных для температуры грунта (TG) за 01.09.2015 г. АДМС №220

Чтобы посчитать коэффициенты корреляции, воспользуемся программой «Excel». Открываем «Анализ данных» => вкладка «Корреляция». В появившемся диалоговом окне вводим нужные нам параметры температуры воздуха (T1) и температуры поверхности дорожного покрытия (TS) для станций №220, №313 и №321:

- входной интервал (столбцы A, B, D, E, G и H – наши исследуемые ряды);
- выходной интервал (ячейка, в которую будут направлены результаты расчета);
- выбираем «Группирование по столбцам»;
- нажимаем «ОК» (рисунок 3.18).

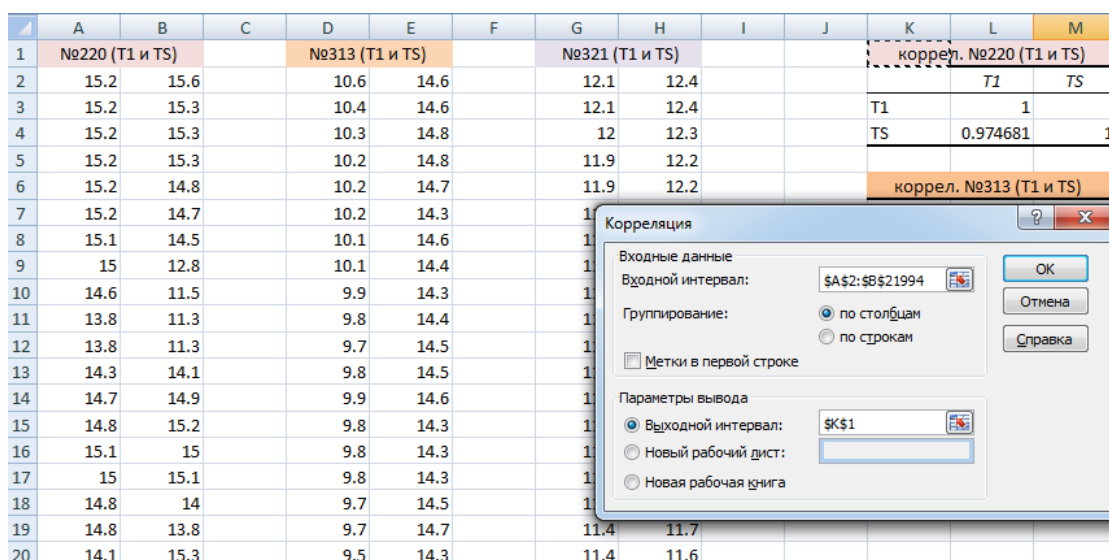


Рисунок 3.18 – Диалоговое окно «Корреляция» в меню «Анализ данных»

На рисунке 3.19 представлены коэффициенты корреляции между метеорологическими величинами на каждой станции, а на рисунке 3.20 – между АДМС.

Следует отметить, что на рисунке 3.19 все коэффициенты корреляции близки к значению «1», т.е. существует весьма высокая связь между данными метеорологическими величинами. Наибольший коэффициент корреляции (0,9) наблюдается между параметрами на станциях №220 и №321, связь

функциональная. Следовательно, будет проще спрогнозировать метеорологические параметры на участке дороги между данными станциями.

	№220	№313	№321
Твозд. и Тповерхн.	0.97468107	0.961612823	0.983129627

Рисунок 3.19 – Коэффициенты корреляции между температурой воздуха и температурой дорожного покрытия на трёх АДМС

	№220 и №313	№313 и №321	№220 и №321
Твозд.	0.726317	0.734639	0.875449
Тповерхн.	0.716137	0.790548	0.87026

Рисунок 3.20 – Коэффициенты корреляции между АДМС №220, №313 и №321 для температуры воздуха и температуры дорожного покрытия

Из рисунка 3.20 мы видим, что связь с центральной станцией №313 не такая сильная ($0 < |r_{xy}| < 1$). Скорее всего, это связано с местоположением данной станции. Из-за того, что с обеих ее сторон находится лесополоса, а не открытая местность, нагрев в тени и перемешивание воздуха будут слабее. Можно сделать вывод, что связь между переменными является стохастической, т.е. включает в себя функциональную составляющую, которая тем или иным образом законспирирована влиянием случайных факторов.

Заключение

В ходе данной работы были изучены принципы работы автоматических метеорологических станций, а особое внимание уделено дорожным АМС. Были рассмотрены их особенности и назначение.

Именно для данного исследования было выбрано две АДМС, и одна дана дополнительно, для сравнения показателей метеорологических величин. Все станции располагаются на участке КАД Санкт-Петербурга. Была рассмотрена структура АДМС для КАД Санкт-Петербурга и примеры получаемой метеорологической информации.

Чтобы понять, как окружающая местность влияет на метеорологические величины, получаемые с данных АДМС, рассмотрели месторасположение каждой АДМС.

Из архивов были получены данные измерений и выполнен их анализ.

В результате проведения контроля качества временных рядов были обнаружены небольшие разрывы и «выбросы». Устранили их, пользуясь методом линейной интерполяции. Полностью отсутствуют данные по температуре грунта (TG), поэтому дальнейший анализ этого параметра невозможен.

Для того, чтобы произвести статистический анализ метеопараметров, нужно было убедиться, что временной ряд больше не содержит разрыва данных. Для этого произвели проверку полученных рядов с помощью программы «Контроль по отрезкам» на наличие оставшихся пропусков и «выбросов». Заполнили их, пользуясь средним арифметическим.

Следующим этапом был расчет показателей описательной статистики. В результате были сделаны выводы:

- «выбросов» было больше не выявлено;
- некоторые ряды являются стационарными, а некоторые не являются.

Также было замечено, что по трём станциям существуют статистически значимые отличия.

Далее, были вычислены коэффициенты корреляции и сделан вывод о том, что связь между параметрами на станциях №220 и №321 является функциональной и возможно прогнозирование метеорологических параметров на участке дороги между данными станциями.

Таким образом, проанализировав измерения, полученные с АДМС №220, №313 и №321 можно сказать, что данные станции имеют целесообразную установку на данных участках, несмотря на то, что они находятся на близком расстоянии друг от друга. Соответственно, не являются избыточными на данном участке КАД Санкт-Петербурга, а также несут существенный вклад в систему прогнозирования, в планирование дорожных работ, в решения вопросов безопасности на автодорогах.

Список использованных источников

1. Восканян К.Л., Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Автоматические метеорологические станции. Часть 1. Тактико-технические характеристики. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2016. – 195 с.
2. 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.
3. Л. П. Афиногенов, Т. М. Гольцман, с. И. Грушин, С. И. Зачек, В. Е. Карпуша, Р. А. Круглов, С. М. Персии, И. Г. Протопопов, Е. В. Романов, М. С. Стернзат. Автоматические метеорологические станции и устройства. Труды выпуск 216. Гидрометеорологическое издательство Ленинград, 1967.
4. Электронный ресурс: Поисковая система Яндекс. Режим доступа: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/34/Saint_Petersburg_Ring_Road.png (дата обращения: 21.03.2018).
5. Электронный ресурс: Яндекс картинки. Режим доступа: <http://planeta78.ru/KAD/kad-spb.jpg> (дата обращения: 25.03.2018).
6. Электронный ресурс: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Федеральная Служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Режим доступа: <http://meteoinfo.ru/about> (дата обращения: 27.03.2018).
7. Электронный ресурс: Система метеоконтроля и состояния дорожного покрытия <http://vkssystem.ru/sistema-meteokontrolya-i-sostoyaniya-dorozhnogo-pokritiya/> (дата обращения: 04.04.2018).
8. Электронный ресурс: Поисковая система Яндекс. Режим доступа: <http://i0.wp.com/rekvizit.info/wp-content/uploads/2016/12/a8.jpg?resize=575%2C> (дата обращения: 11.04.2018).

9. Электронный ресурс: AMS Дорожная Метеорологическая Станция. Режим доступа: http://www.adal-meteo.kz/dorojnaya_meteorologicheskaya_stanciya.ht (дата обращения: 21.04.2018).

10. Электронный ресурс: Поисковая система Яндекс. Режим доступа: https://d-pt.ppstatic.pl/k/r/14/9e/40/4ed38bdb78b72_o.jpg?1353384053 (дата обращения: 02.05.2018).