



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

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Метеобеспечение мостового перехода»

Исполнитель Кабанова Алина Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

И.о. заведующего кафедрой

(подпись)

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

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«*В*» мая 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

Оглавление

Введение.....	1
1 Метеорологическая станция.....	5
1.1 Метеорологическая станция Vaisala WXT536.....	5
1.2 Место установки.....	7
1.2 Место установки стационарной станции.....	9
2 Архив данных.....	10
3 Изменчивость атмосферных параметров на мостовом переходе	12
3.1 Теплый период года	12
3.2 Холодный период года.....	26
4. Сравнительный анализ.....	41
4.1 Сравнение данных дорожной станции с климатическими данными по региону	41
4.2 Сравнение данных аэродрома с данными рассматриваемой станции	42
4.2.1 Теплый период.....	42
4.2.2 Холодный период	45
Заключение	48
Список использованных источников	50

Введение

Установка автоматических метеорологических станций [1,6] на дорогах позволяет дополнить данные, получаемые от Росгидромета, и обеспечить дорожную отрасль необходимой информацией. Необходимость в установке дорожных станций возникает на мостовых переходах и других сложных инженерных сооружениях, где различные физико-температурные свойства могут повлиять на состояние дорожного покрытия.

Также установка метеостанций на значительном удалении от стационарных постов позволяет оперативно реагировать на метеорологические явления и улучшить точность прогнозов погоды для данного района. Кроме того, данные с метеостанций могут использоваться для исследования влияния реки на погоду в окружающих районах.

Цель работы: рассмотреть средства метеорологического обеспечения мостового перехода.

В ходе работы необходимо

- рассмотреть места установки дорожной станции и краткое климатическое описание района;
- привести описание используемой дорожной станции;
- сформировать и подготовить для обработки архивные данные АДМС;
- провести анализ изменчивости метеорологических параметров на мостовом переходе;
- сравнить метеоданные с мостового перехода с климатической характеристикой региона;
- выявить и проанализировать разницу в показаниях АДМС и ближайшей стационарной метеорологической станцией.

В работе исследованы данные по основным метеорологическим параметрам (температуре и влажности воздуха, давлению и параметрам

ветра) с дорожной метеорологической станции, установленной на мостовом переходе за период с мая 2021 года по апрель 2022 г.

1 Метеорологическая станция

1.1 Метеорологическая станция Vaisala WXT536

Метеорологическая станция Vaisala WXT536 фиксирует:

- направление и скорость ветра;
- измеряет количество осадков;
- температуру;
- атмосферное давление;
- относительную влажность;

Это компактная станция в едином корпусе без движимых деталей (рис. 1.1) не нуждается в постоянном техническом обслуживании, отличается от аналогов других производителей простой установкой и низким уровнем потребления электроэнергии. Благодаря такой станции можно оперативно организовать круглосуточное бесперебойное наблюдение за определенным участком дороги.



Рисунок 1.1 –Компактная дорожная метеостанция

Метеостанция имеет широкий спектр функций благодаря применению уникального акустического датчика RAINCAP от фирмы Vaisala, который защищен от затопления, заливания и потери данных при измерении осадков. Метеостанция оснащена режимом низкого энергопотребления, что позволяет использовать солнечные панели для эксплуатации. Кроме того, преобразователь не нуждается в регулярном обслуживании и отличается экономичностью. Метеостанция также поддерживает различные варианты аналоговых входов для дополнительных датчиков от разных производителей. Встроенные преобразователи аналоговых сигналов в цифровые делают метеостанцию компактной и бюджетной, позволяя выбрать преобразователь с необходимыми метеорологическими параметрами, широким диапазоном напряжения и разнообразием режимов цифровой связи, таких как:

- WXT531 - измерение осадков;
- WXT532 - скорость и направление ветра (выходы в мА);
- WXT533 - скорость и направление ветра, измерение осадков;
- WXT534 - атмосферное давление, температура и относительная влажность;
- WXT535 - атмосферное давление, температура и относительная влажность, измерение осадков;
- WXT536 - скорость и направление ветра, атмосферное давление, температура и относительная влажность, измерение осадков (дополнительные аналоговые входы).

Устройства данной линейки имеют возможность подключения различных аналоговых датчиков сторонних производителей через варианты аналогового входа. Дополнительные функции включают датчик солнечной радиации и наружный датчик температуры. Кроме того, аналоговый выход мА для измерения скорости и направления ветра подходит для использования в различных промышленных областях. Производитель предоставляет двухметровую мачту для установки станции, однако

пользователь может заказать дополнительные кронштейны и переходники для крепления прибора в нужном месте. За доступную цену станция обеспечивает высокую точность, надежность и стабильность, позволяя применять ее в различных отраслях промышленности и науки. Беспроводная метеостанция WXT530 - один из вариантов установки данного прибора.

Станция обеспечивает высокую точность, надежность и стабильность, позволяя применять ее в различных отраслях промышленности и науки, а именно:

- Транспорт и строительство, сельское хозяйство, морской транспорт, корабли.
- Малая авиация, буровые платформы.
- Энергетическая отрасль.
- Защита окружающей среды (ликвидация отходов, отведение и очистка сточных вод).
- Предупреждение и ликвидация природных и техногенных катастроф, стихийных бедствий и пожаров.
- Метеорологические исследования, передвижные климатические и метеорологические лаборатории.
- Спортивные соревнования.
- Промышленная автоматизация.

1.2 Место установки

Автоматические дорожные метеорологические станции устанавливаются в дорожном хозяйстве для сбора информации о параметрах атмосферы. Эти данные дополняют информацию, получаемую от Росгидромета, и позволяют удовлетворить потребности дорожной отрасли. Необходимо устанавливать такие станции на крупных инженерных сооружениях, таких как мосты, чтобы получать данные о физико-температурных свойствах сооружений и основных дорог. Это особенно

актуально на тех участках, где стационарные метеостанции находятся на большом расстоянии от объекта. Собранные данные позволяют оперативно реагировать на метеорологические явления на дорогах и улучшать прогноз погоды. Кроме того, такие станции помогают изучать влияние рек на погоду в соседних районах.

Метеостанция VaisalaWXT536 установлена на мостовом переходе протяженностью 2110 метров (рис. 1.2), на западносибирской равнине в Азиатской части.

Мостовой переход расположен в регионе с континентальным климатом, где затяжные холодные зимы начинаются со второй половины октября и продолжаются до середины апреля. Сопровождаются зимы частыми метелями и устойчивыми морозными днями. Лето в регионе прохладное и короткое.



Рисунок 1.2 – Протяженность сооружения

На данном переходе установлена только одна дорожная станция, высота установки АДМС 6 метров над уровнем проезжей части.

1.3 Место установки стационарной станции

Ближайшая стационарная метеостанция располагается в 12.7 км от мостового перехода (рис. 1.3).

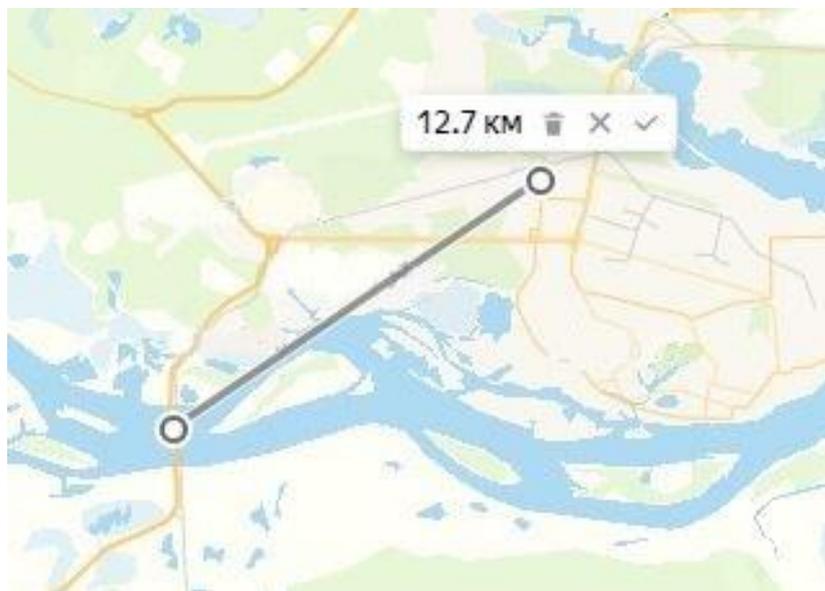


Рисунок 1.3 – Места установки дорожной и стационарной метеостанций

И, если дорожная станция установлена для работы (в том числе автономной) в удаленных местах, для чего необходима высокая надежность, низкое энергопотребление и увеличенная емкость резервного аккумулятора. То стационарная метеостанция используется синоптиками аэропорта в непрерывном режиме в качестве основного средства оценки погодной ситуации.

Состав стационарной станции включает в себя все аппаратурные средства необходимые для бесперебойной работы аэропорта.

Архив стационарной станции ведется с 1 февраля 2005 и находится в свободном доступе в сети Интернет.[7]

2 Архив данных

Метеорологические данные с дорожной станции записаны в архив и представлены в текстовом формате (рис. 2.1). В работе исследованы данные дорожной метеорологической станции с мая 2021 года по апрель 2022 г.

В архиве внесены следующие характеристики: минимальное, среднее и максимальное направление ветра, минимальная, средняя и максимальная скорость ветра, температура воздуха, влажность и давление.

Измерения проводятся с периодичностью в 8 минут.

	мин направление ветра	среднее направление ветра	максимальное направление ветра	скорость ветра мин	скорость сред	скорость макс	температура воздуха	влажность	давление
2021-05-19T15:03:37.935	129,125	301,5	341,125	3,4625	4,5625	5,5	9,3375	36,9125	1015,31
2021-05-19T15:11:33.671	76,8	312	334,5	3,28	3,88	4,71	9,4	36,6	1015,31
2021-05-19T15:19:29.407	27,1	77,8	311,6	2,99	4,66	5,93	9,32	37	1015,35
2021-05-19T15:27:25.144	75,6	305,5	323	2,32	3,54	4,71	9,4	38,39	1015,32
2021-05-19T15:35:20.880	27,875	49,25	330,5	2,8125	4,6375	6,1	9,35	38,2625	1015,3
2021-05-19T15:43:16.616	13,5	105,9	339,5	3,59	4,37	5,27	9,12	38,3	1015,28
2021-05-19T15:51:12.353	82,7	144,8	310,9	3,01	4,03	4,94	9,05	38,62	1015,28
2021-05-19T15:59:08.089	203,7	203,9	348,9	3,78	4,49	5,36	9,14	40,09	1015,25
2021-05-19T16:07:03.825	58	91,125	346,625	3,65	4,475	5,8	9,1375	39,6375	1015,2
2021-05-19T16:14:59.562	108,2	244,4	347,5	3,07	4,26	5,26	9,03	39,53	1015,16
2021-05-19T16:22:55.298	10,4	247,1	337,6	3,27	4,33	5,13	9,18	37,85	1015,16

Рисунок 2.1 – Фрагмент архивного файла

В процессе первичного контроля было выявлено, что алгоритмы, которые отвечают за запись данных в архив, имеют сбои, например, они демонстрируются в период с 26 августа 17:00-27августа 14:37, 9 ноября 12:51-12 ноября 10:45, 23 февраля 23:57-апрель (рис. 2.2). В эти промежутки времени данные в текстовом файле не изменяются. Небольшие разрывы в данных были исправлены, путем нахождения среднего значения. Ряды, содержащие большие разрывы – исключены из анализа.

После оцифровки архива (перевода из текстового в цифровой формат), контроля качества и внесения корректировок, устраняющих небольшие разрывы данные готовы к дальнейшей обработке и анализу. Общий

архивный файл содержит более 60000 сроков измерения и более 720 тысяч значений.

26T18:00:23.995	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:08:19.732	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:16:15.468	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:24:11.204	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:32:06.941	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:40:02.677	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:47:58.413	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T18:55:54.150	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T19:03:49.886	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T19:11:45.623	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T19:19:41.359	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0
26T19:27:37.095	267	271	273	6,4	7,1	7,8	20,9	74,9	1005,8	3,85	590	0

Рисунок 2.2 – Фрагмент некорректной записи данных в архив (26 августа)

3 Изменчивость атмосферных параметров на мостовом переходе

3.1 Теплый период года

Данные для проведения анализа изменчивости атмосферных параметров взяты с 19 мая, что обусловлено временем введения дорожной метеорологической станции в эксплуатацию. Ход метеорологических параметров в точке установки станции показан на рисунке 3.1.

В течение оставшихся в мае 12 дней, было холодно, и всего два раза за период температура в дневное время поднялась до 29⁰С (22 и 30 мая). Также это были самые сухие дни. В эти дни отмечены наиболее низкие значения относительной влажности воздуха (около 25%).

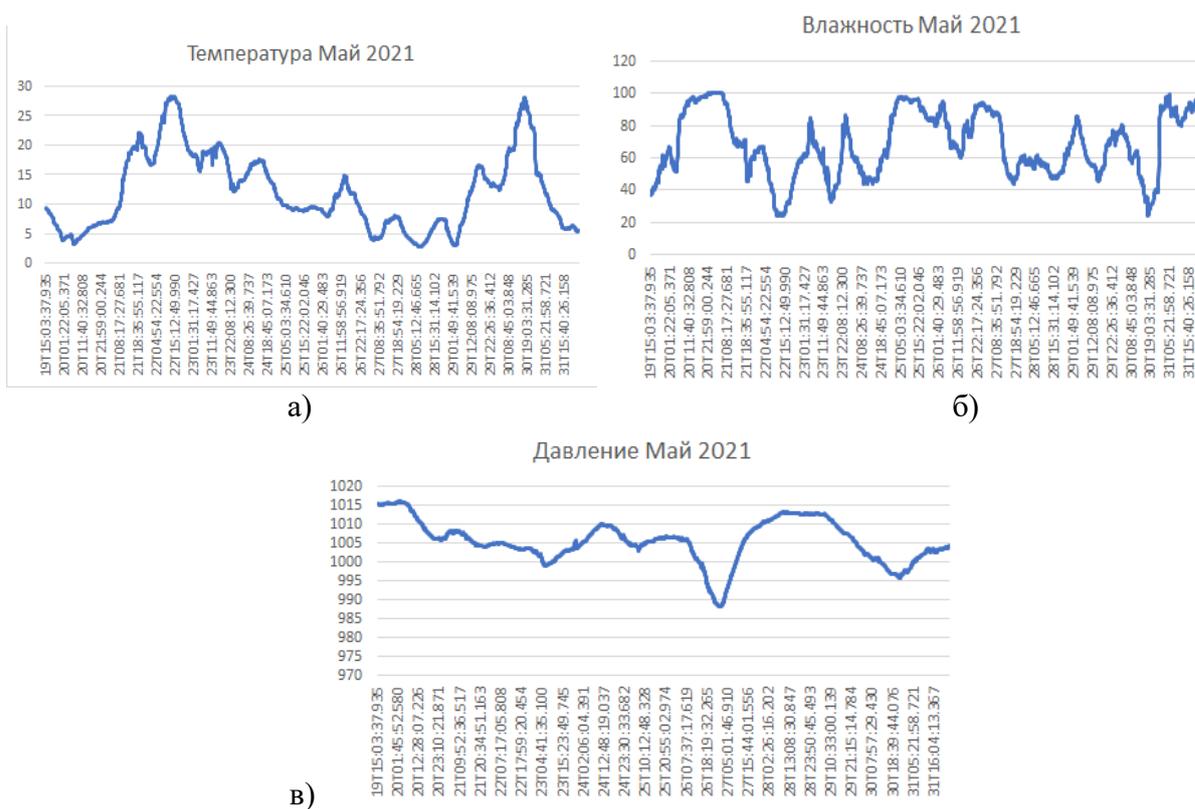


Рисунок 3.1 – Ход метеорологических параметров на АДМС в мае

а) температура, б) влажность, в) давление

Средняя за 12 дней температура воздуха была 12⁰С. В ночной период температура дважды в течение месяца понижалась ниже 4⁰С. В один из которых станция зафиксировала 3,9⁰С, а во второй, 28 мая, – наблюдалась самая низкая температура за период (2,7⁰С).

Давление в мае было практически постоянным – 1010-1015 гПа, с максимальным значением в 1016,05 гПа 20 мая. Лишь 26 мая оно приблизилось к своему минимуму (988 гПа).

Влажность изменялась скачкообразно, среднее значение влажности было 68%, 20-21,25-27 и 31 мая влажность достигала почти 100%.

Минимальный ветер имеет разброс в скоростях от 0,2 до 12,6 м/с (рис. 3.2). Средние значения скорости ветра за выбранный период находятся в диапазоне от 0,5 до 14,0 м/с. Максимальная скорость ветраменяетсяот 0,7 до 15,3 м/с (наибольший порыв).

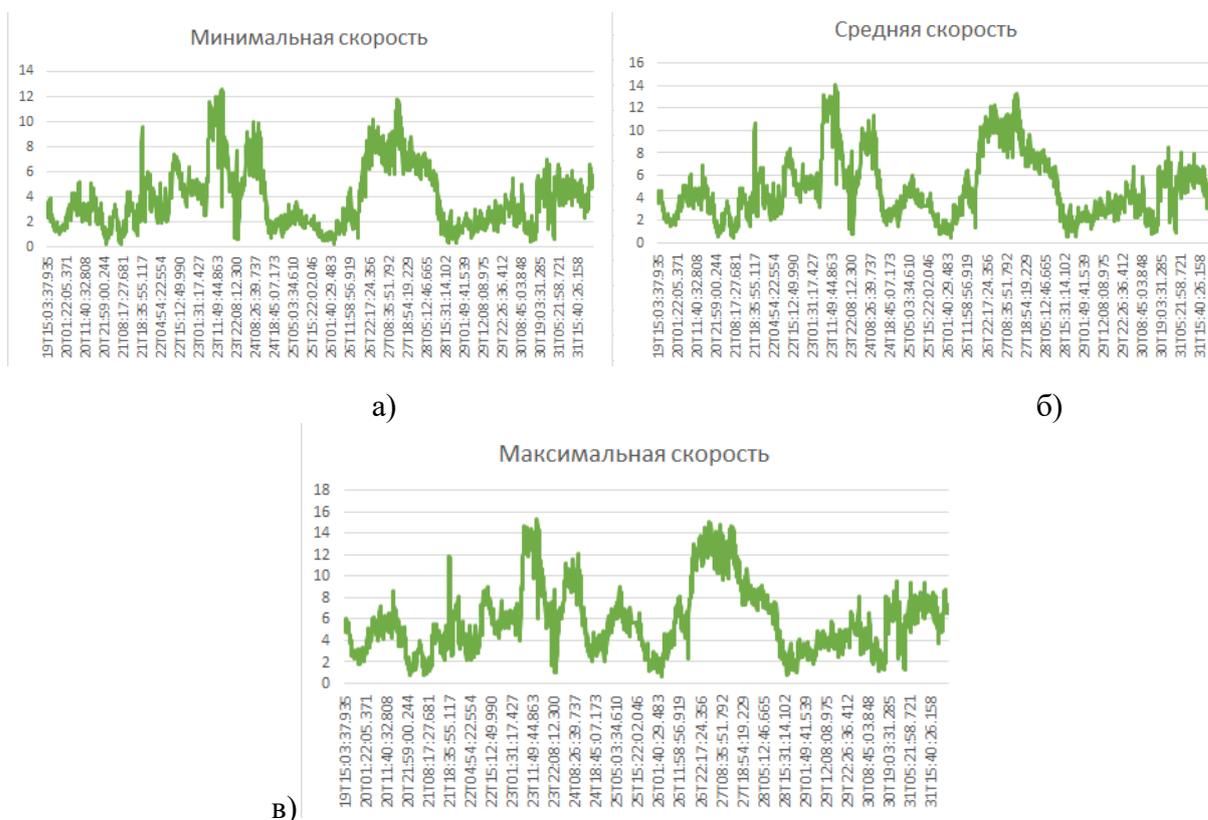


Рисунок 3.2 – Изменчивость значений скорости ветра на АДМС в мае
а) минимальных, б) средних, в) максимальных

Направление ветра немного отличается друг от друга(рис. 3.3). Минимальные значения направления ветра чаще имеют северо-восточное направление, среди средних значений преобладают западное, восточное, юго-восточное и северо-западное направления, что, конечно связано с осреднением значений. Максимальное направление ветра чаще западное, южное и юго-восточное направление.



Рисунок 3.3 – Изменчивость значений направления ветра на АДМС в мае

Отдельно рассмотрим изменчивость параметров за 26 мая. К 26 мая очень сильно понизилось давление(за сутки давление упало на 16 гПа, и составило 988.1гПа). Одновременно с этим резко увеличилась влажность (с 60 до 90%), температура в дневное время не превышала 7,5⁰С и средняя скорость ветра увеличилась до 12-14 м/с (с порывами до 15 м/с). Все это говорит о прибытии циклона в регион. Также наблюдалась облачность, высокая скорость ветра и легкий дождь 27 мая.

Анализируя данные за июнь (рис. 3.4) можно заметить, что ход температуры соответствует ходу давления (что характерно для теплого времени года).

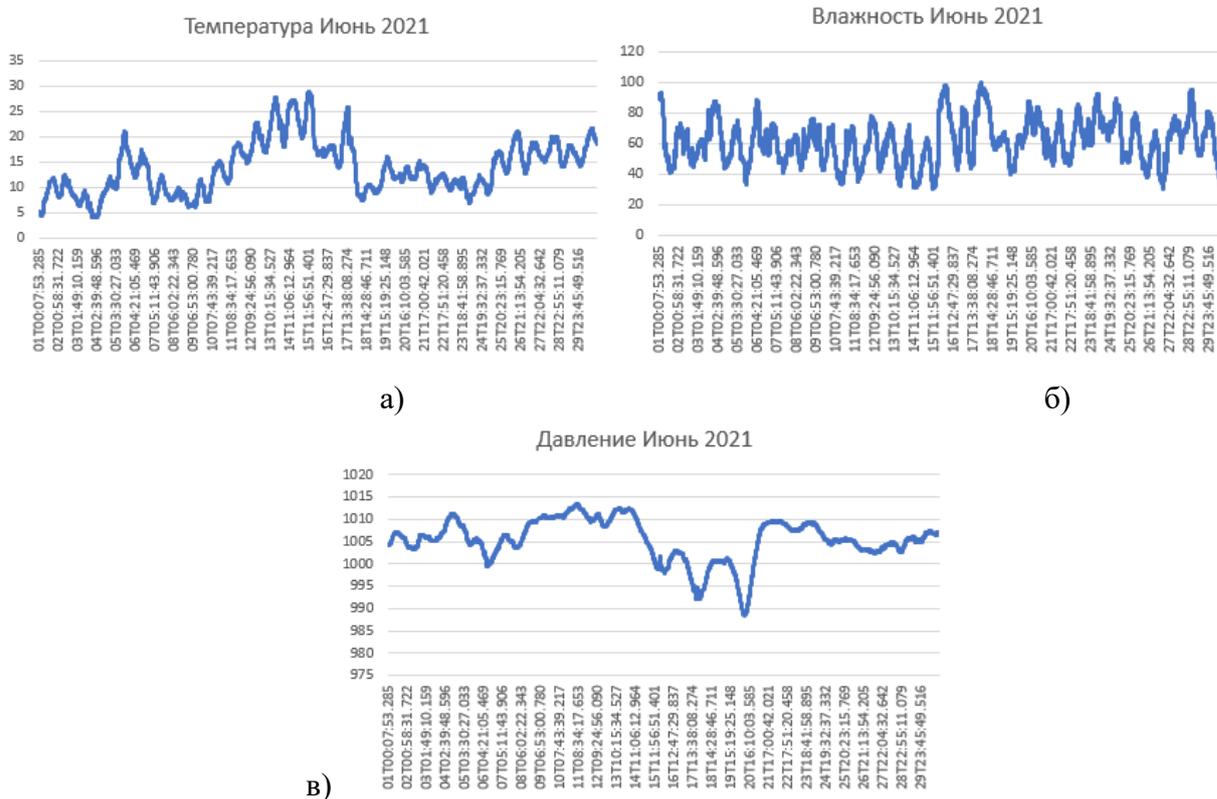


Рисунок 3.4 – Ход метеорологических параметров на мостовом переходе в июне

а) температура, б) влажность, в) давление

Антициклон прибыл в регион 13 числа, на рисунке 3.4,а хорошо заметно постепенное увеличение температуры. Зарегистрировалось наибольшее количество тепла 15 июня – 28,76⁰С. Наблюдались высокое давление, сухая и ясная погода, но 16 и 17 июня значения влажности достигли почти 100% и давление начало стремительно опускаться вниз (рис. 3.4, б-в).

За июнь месяц средняя температура составила 13,8⁰С, что ниже климатической нормы(15градусов). Так же 19 июня прибыл небольшой циклон. К 20 июня давление упало до минимального значения за месяц 988,4гПа, также отмечалась облачность, плохая погода и низкая температура воздуха.

Самое резкое изменение давления произошло 21 июня, когда оно поднялось с минимального показателя (988,3гПа) до 1010 гПа. В остальные дни давление практически не менялось и среднее значение за месяц составило 1005,4гПа.

В течение всего месяца температура выше 25 градусов была только 4 раза – 13, 14, 15 и 17 числа. Самая низкая температура составила всего 4⁰С и была зафиксирована ночью 4 июня.

Дождливых дней почти не было, всего дважды прошли кратковременные грозы. При этом средняя влажность составила 61%. 27 июня был зафиксирован минимальный показатель – 30%.

Ветер почти не менял своего направления. В течение месяца преобладали ветра западного направления(рис. 3.5). Для минимального и среднего направления за месяц – северо-западного направления (1200 случаев). Для максимального направления – западное направление (1400 случаев).



Рисунок 3.5 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в июне

Значения скорости ветра в течение месяца, как и в мае, менялись в достаточно широких пределах (рис. 3.6). Минимальные скорости ветра менялись от 0,1 до 16,6 м/с. Средняя скорость ветра составляла от 0,2 до 16,5

м/с. Максимальные скорости ветра были зарегистрированы в диапазоне от 0,36 до 18 м/с.

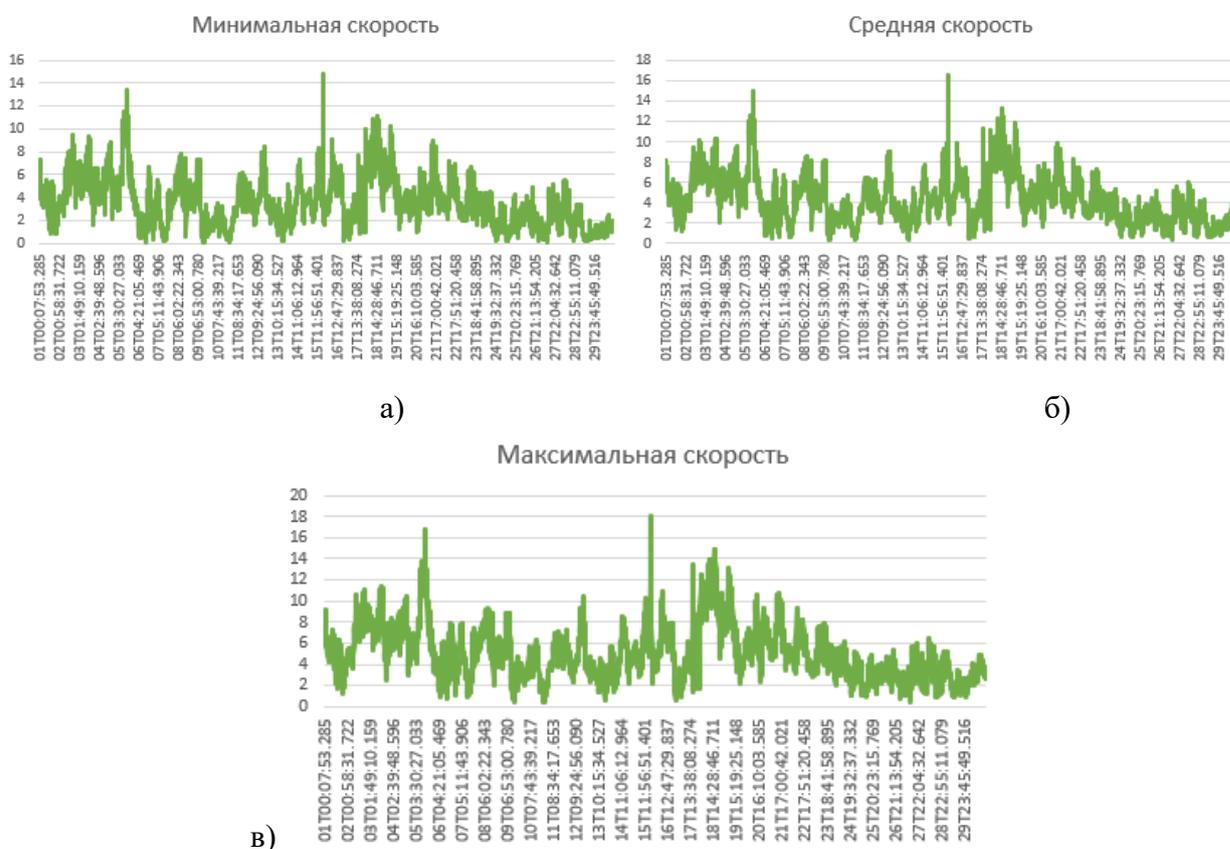


Рисунок 3.6 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в июне

а) минимальных, б) средних, в) максимальных

При сравнении данных с точки установки дорожной станции с климатическими данными с сайта «Погода круглый год в любой точке Земли»[5], расхождений в данных отмечено почти не было.

Нельзя сказать, что июль был жарким месяцем в регионе (рис. 3.7), среднемесячная температура воздуха была несколько ниже, чем климатическая норма (18⁰С), и составила 16,5⁰С. В течение всего месяца наблюдается четкий суточный ход. Ночи достаточно холодные, например, 11 июля наблюдалась самая холодная ночь, температура воздуха опустилась до

8,4⁰C. В дневное время температура воздуха семь раз за месяц понималась выше 22⁰C (средняя максимальная температура по региону).[5]

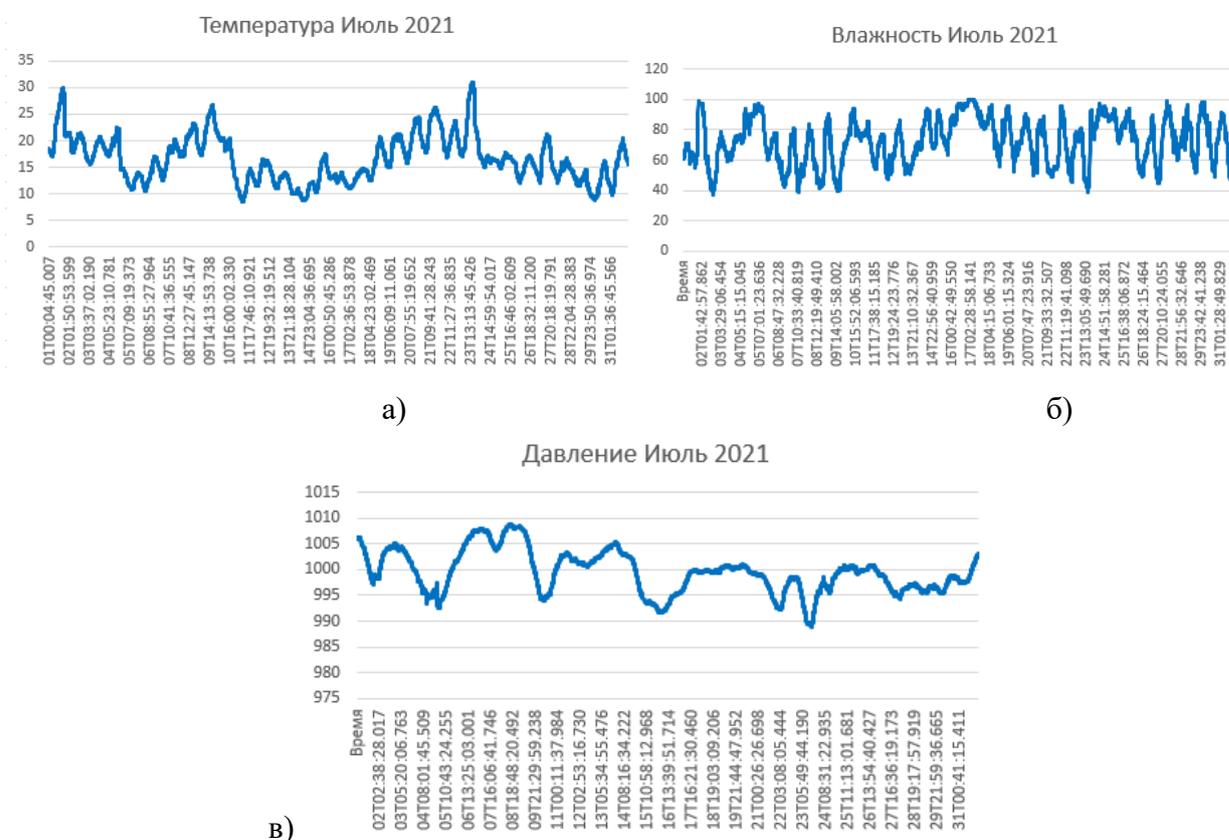


Рисунок 3.7 – Ход метеорологических параметров на мостовом переходе в июле

а) температура, б) влажность, в) давление

Очень тепло было 23 июля, в этот день температура воздуха достигла своего максимума и составляла 31,1⁰C, что на 14,6⁰C выше среднемесячной температуры. При этом в этот день наблюдалось самое низкое атмосферное давление за месяц (988,9 гПа). Среднее значение относительной влажности было 72,5%. Наименьших значений относительная влажность достигла 3 июля (38%), наибольших 17 июля. Пасмурных дней по данным дорожной станции в июле было не много, в основном они сопровождались легким дождем.

Минимальная, средняя и максимальная скорости ветра в июле имеют немного меньший разброс, чем в предыдущий период (рис. 3.8): от 0,1 до 10 м/с для минимальной скорости, от 0,1 до 11,6 м/с для средней и от 0,2 до 13,7 м/с для максимальной.

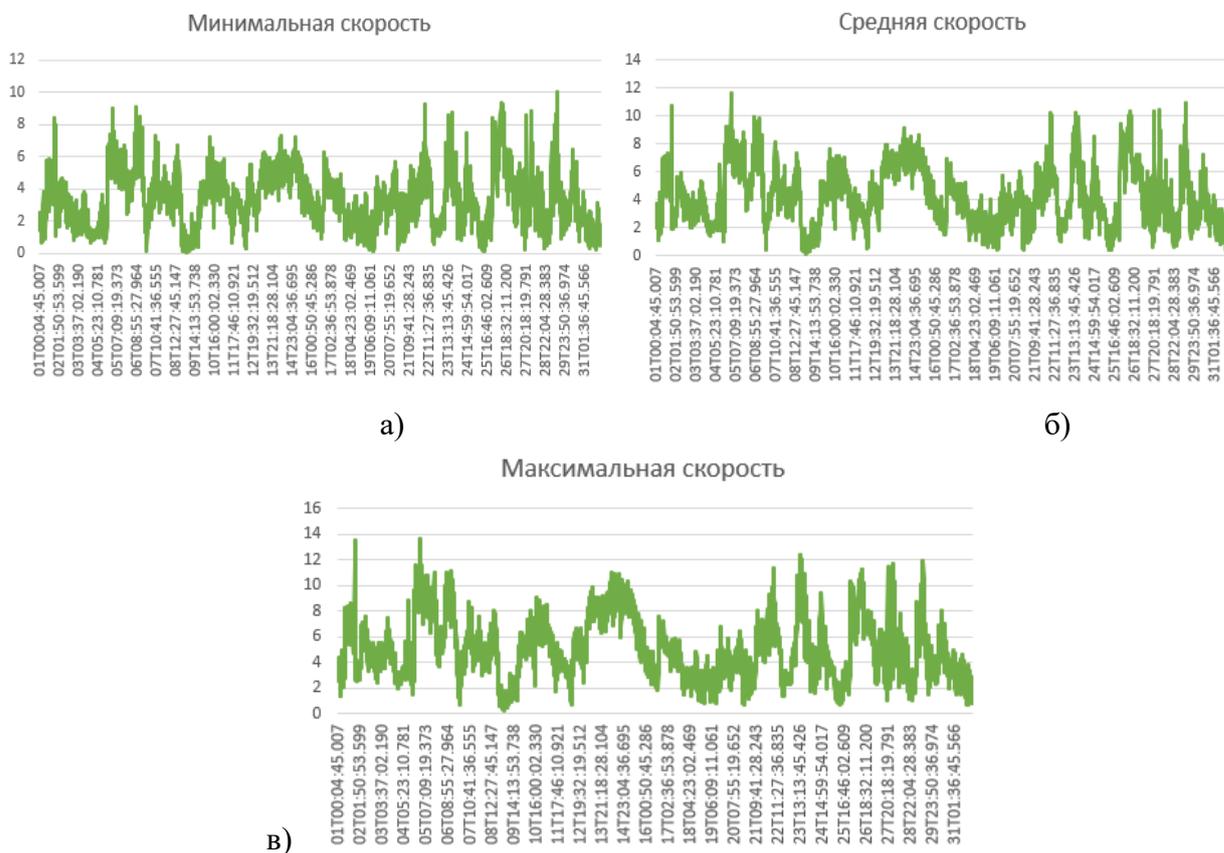


Рисунок 3.8 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в июле

а) минимальных, б) средних, в) максимальных

В июле для минимального направления ветра преобладали ветра от 225 до 45 градусов (рис. 3.9). Средний ветер имеет северо-западное направление. Для максимального направления чаще фиксировался ветер северо-западного и западного направления.



Рисунок 3.9 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в июле

По графикам на рисунке 3.10 можно рассматривать изменчивость метеорологических параметров за август.

Август был теплым месяцем, среднее значение температуры равнялось $17,6^{\circ}\text{C}$, что на 2 градуса выше климатической нормы (15°C). Мощный антициклон пришел днём 11 августа. Давление резко начало повышаться и уже ночью достигло максимума за месяц – 1017,8 гПа. Подъему атмосферного давления сопутствовала ясная, безоблачная погода, повышалась температура. Наиболее высоких показателей температура достигла 23 августа $31,6^{\circ}\text{C}$.

В конце августа, начиная с 26 числа, температура резко упала, минимальное значение за месяц было отмечено 29 августа и составило 7.3 градуса. 2 августа наблюдалось самое низкое давление за месяц – 996,2гПа. Среднее давление за месяц составило 1007,2 гПа, что говорит о большом количестве облачных дней.

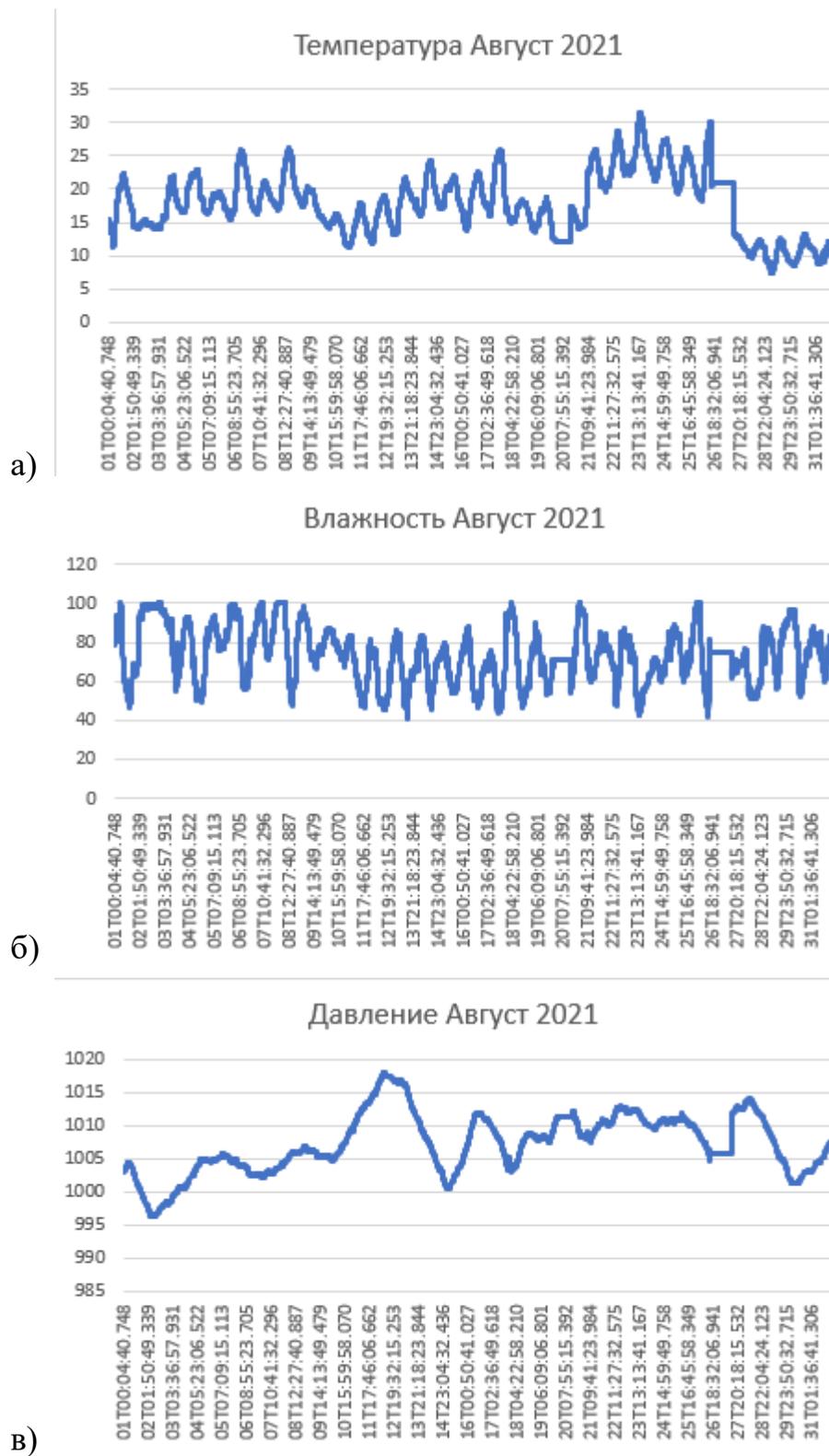


Рисунок 3.10 – Ход метеорологических параметров на мостовом переходе в августе

а) температура, б) влажность, в) давление

Влажность в августе колебалась от 40 до 100%. Наиболее сухой день был 13 августа, а вот отметку в 100% влажности установили 2,7,8,21 и 26 августа. Сравнивая данные с сайтом [5] можно заметить, что 2 августа весь день фиксировался дождь, с 5 по 9 августа над регионом стоял туман, 21 августа осадков не присутствовало, 26 августа вечером наблюдалась гроза. Данные по температуре полностью соответствуют нашему анализу.

Первая половина месяца (по 13 августа) отмечена небольшими значениями скоростей ветра (рис. 3.11). Далее, в отдельные дни, можно увидеть увеличение значений с порывами до 10, 12, 14 и 18,9 м/с. Что объясняется ухудшением погоды при смене атмосферной циркуляции. Максимальный порыв ветра наблюдался 26 августа во время грозы.

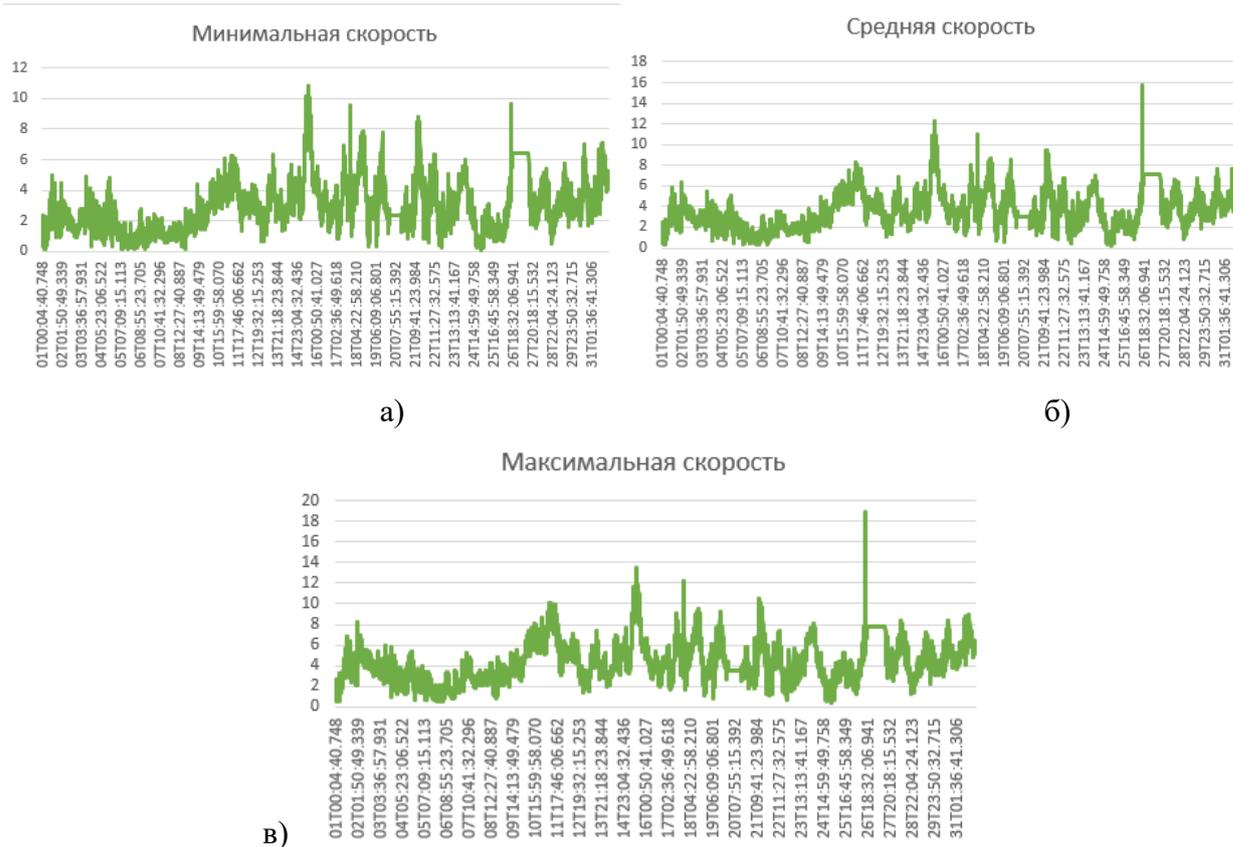


Рисунок 3.11 – Изменчивость значений скорости ветра на АДМС в августе
а) минимальных, б) средних, в) максимальных

В августе минимальные значения направления ветрасоответствуютсеверо-восточному, южному, западному и юго-западному (рис. 3.12). Максимальному направлению – западное.



Рисунок 3.12 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в августе

Сентябрь, в рассматриваемом регионе, можно еще отнести к теплому времени года, хотя во второй половине месяца наблюдается переход к холодному периоду (рис. 3.13). Первая неделя начала сентября была очень теплой и благоприятной. Максимальное значение температуры было отмечено 4 сентября (22,8 градусов), небо преимущественно было ясное, осадков почти не наблюдалось. Далее температура начала опускаться, а погода портиться. Антициклон настиг регион в конце сентября, к 27 сентября давление повысилось до 1028гПа, а температура в этот период не превышала отметки 8 градусов. При этом наблюдается четко выраженный суточный ход. Минимального за месяц значения температура достигла 26 сентября. В этот день произошел первый переход температуры через ноль, а температура в ночной период опустилась до $-0,26^{\circ}\text{C}$, что объясняется активным выхолаживанием при безоблачном небе. Погода в этот период была ясная и без осадков.

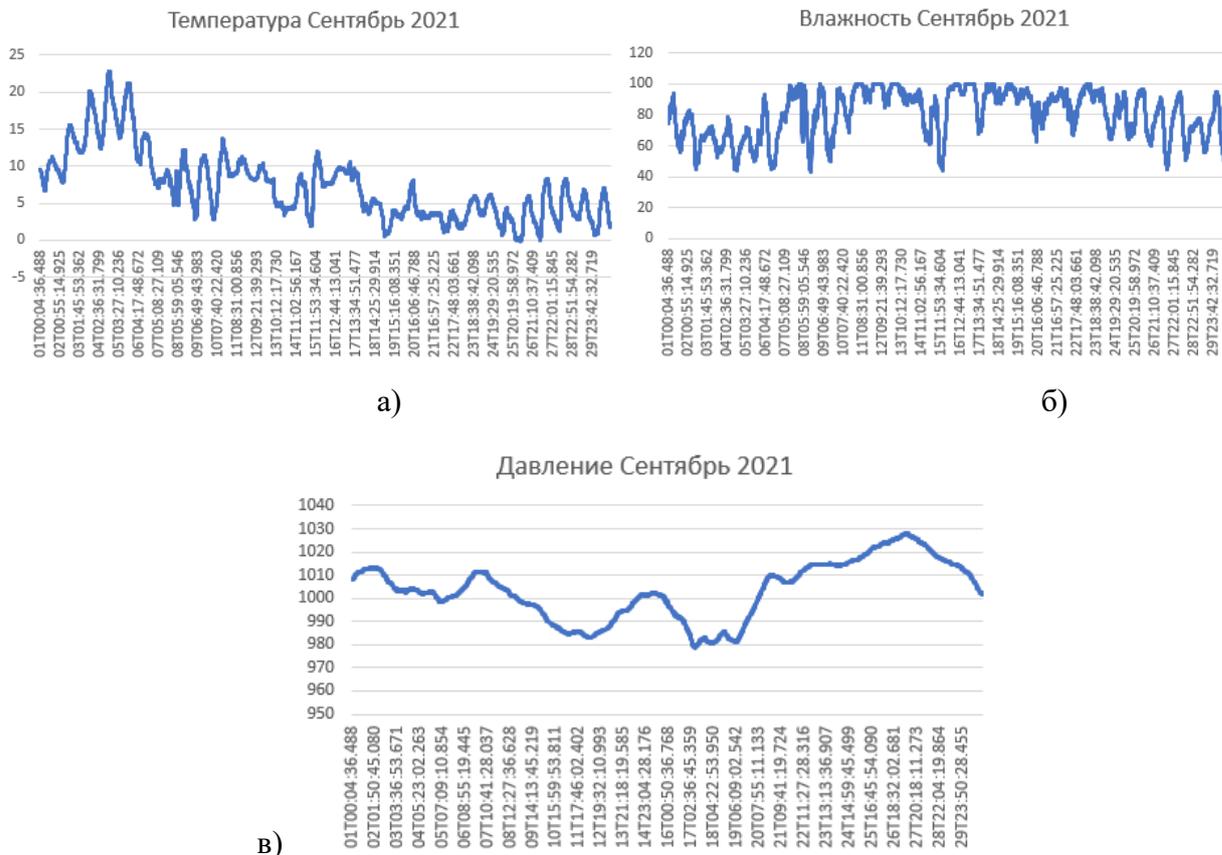


Рисунок 3.13 – Ход метеорологических параметров на АДМС в сентябре
а) температура, б) влажность, в) давление

Самое низкое значение давление фиксировалось 17 сентября с отметкой в 978,6гПа. Влажность постоянно колебалось от 42 (8 сентября) до 100%.Среднее значение за месяц составило 80,6%, что говорит о достаточно влажном периоде в регионе. Среднее значение температуры(7,3⁰С) почти совпадало с климатической нормой(8⁰С).

Ветровой режим в первой половине месяца был достаточно комфортный с порывом до 13 м/с 8 сентября(рис. 3.14). Во второй половине наблюдается более ветренная погода. Самый ветренный день – 13-14 сентября, когда в течение суток наблюдался ветер выше 10 м/сс порывами до 14 м/с.

В сентябре преобладали ветра юго-восточного и южного направлений (рис. 3.15)

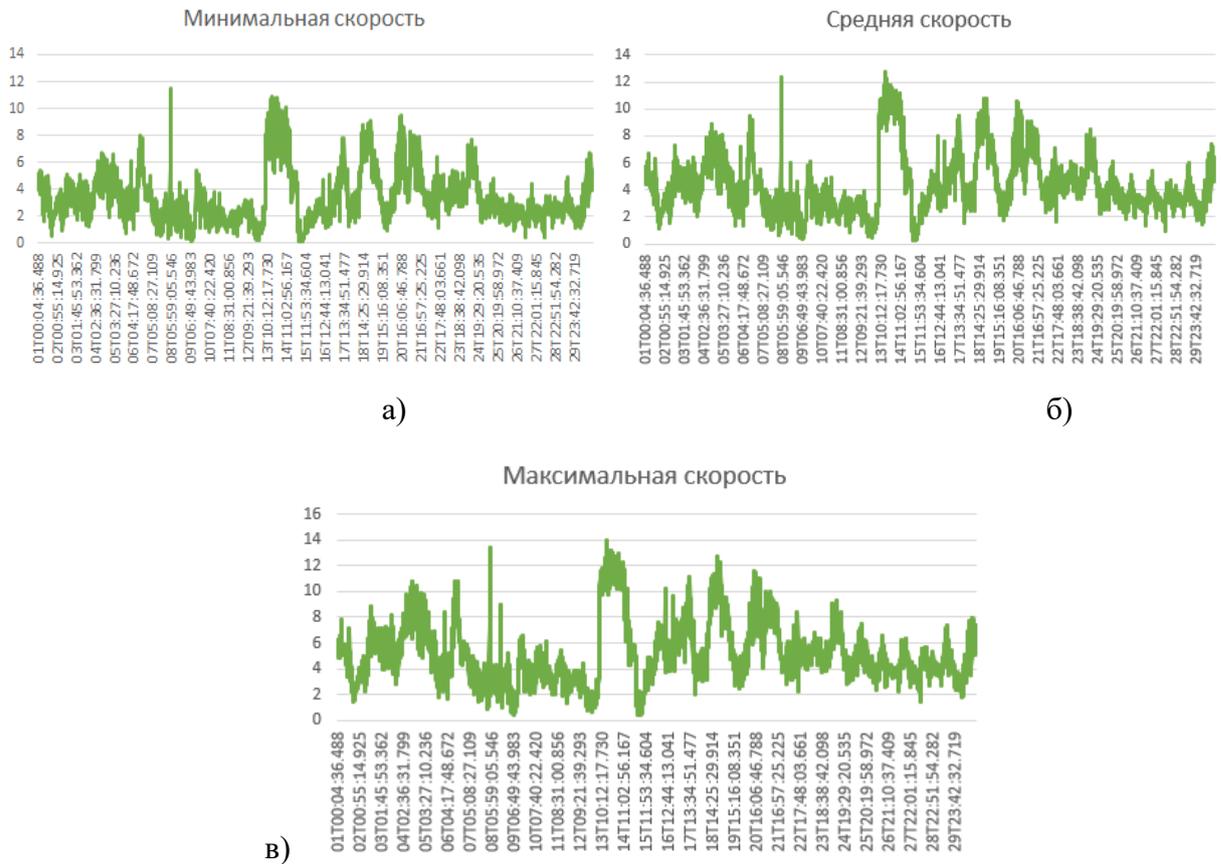


Рисунок 3.14 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в сентябре

а) минимальных, б) средних, в) максимальных



Рисунок 3.15 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в сентябре

3.2 Холодный период года

Изменчивость параметров в холодный период года рассмотрим на примере 4,5 месяцев.

Октябрь (рис. 3.16) начался пришедшим циклоном: снежные осадки, относительно низкие температуры, нечеткий суточный ход и высокие значения влажности (около 100%). В остальные дни в октябре наблюдалось мало осадков. Уже к 3 октября температура понизилась до минус 4⁰С, давление поднялось до 1030гПа(в этот день давление достигло самого высокого показателя за месяц).

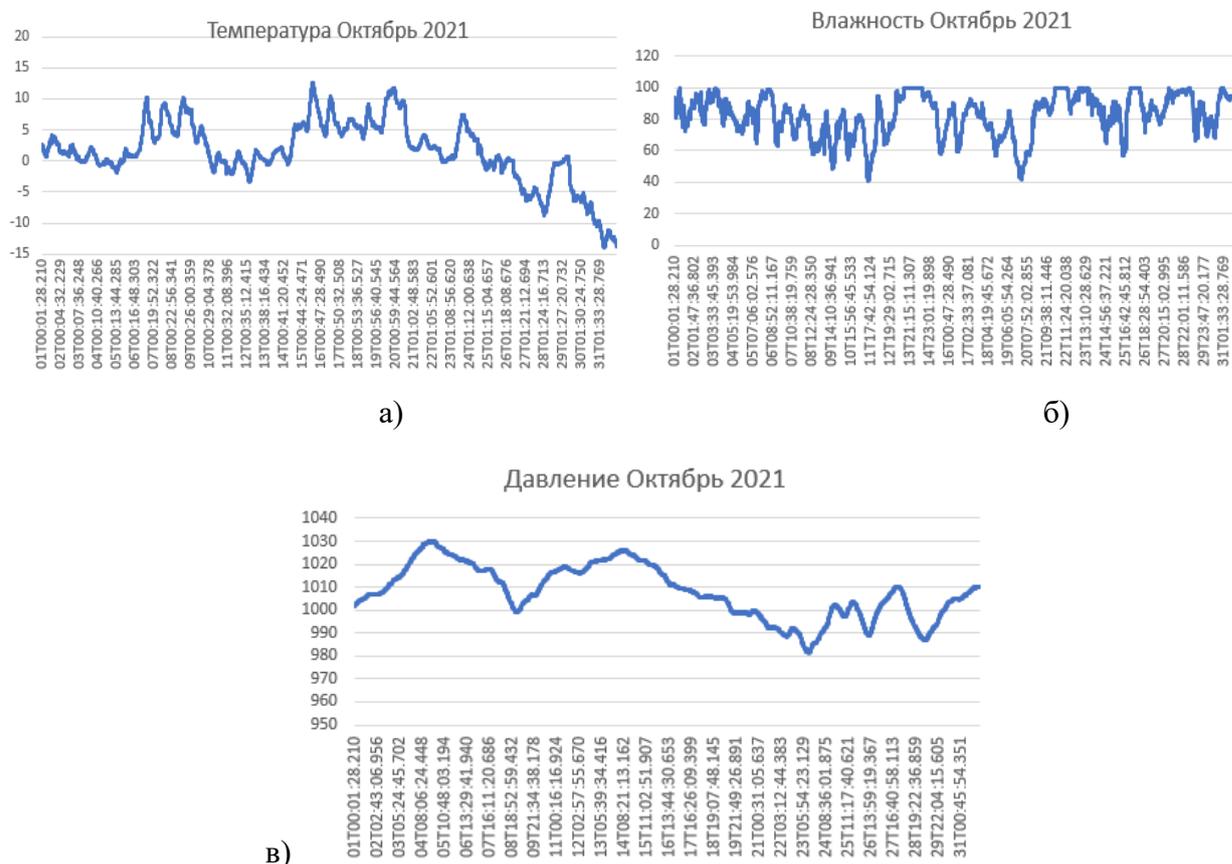


Рисунок 3.16 – Ход метеорологических параметров на АДМС в октябре

а) температура, б) влажность, в) давление

Средняя температура воздуха за месяц была на полтора градуса выше климатической нормы и составила 1.5°C .

Начиная с 23 октября наблюдается постепенное падение температуры и к 31 октября было достигнуто минимальное за месяц значение в -14.0°C . 23 октября наблюдалось самое низкое за месяц давление в 981,5гПа. Влажность в октябре колебалась от 41 (11 октября) до 100% (3,13-14, 21-23, 26 и 31 октября).

В октябре преобладал ветер южных и юго-западных направлений (рис. 3.17).



Рисунок 3.17 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в октябре

В первой половине месяца отмечается сильная связь появления высоких скоростей ветра при прохождении циклона и более низких в антициклоне (рис. 3.18). Начиная с 24 октября, наблюдаются наиболее сильные флуктуации от 0,5 до 17-18 м/с, что также связано с атмосферной циркуляцией.

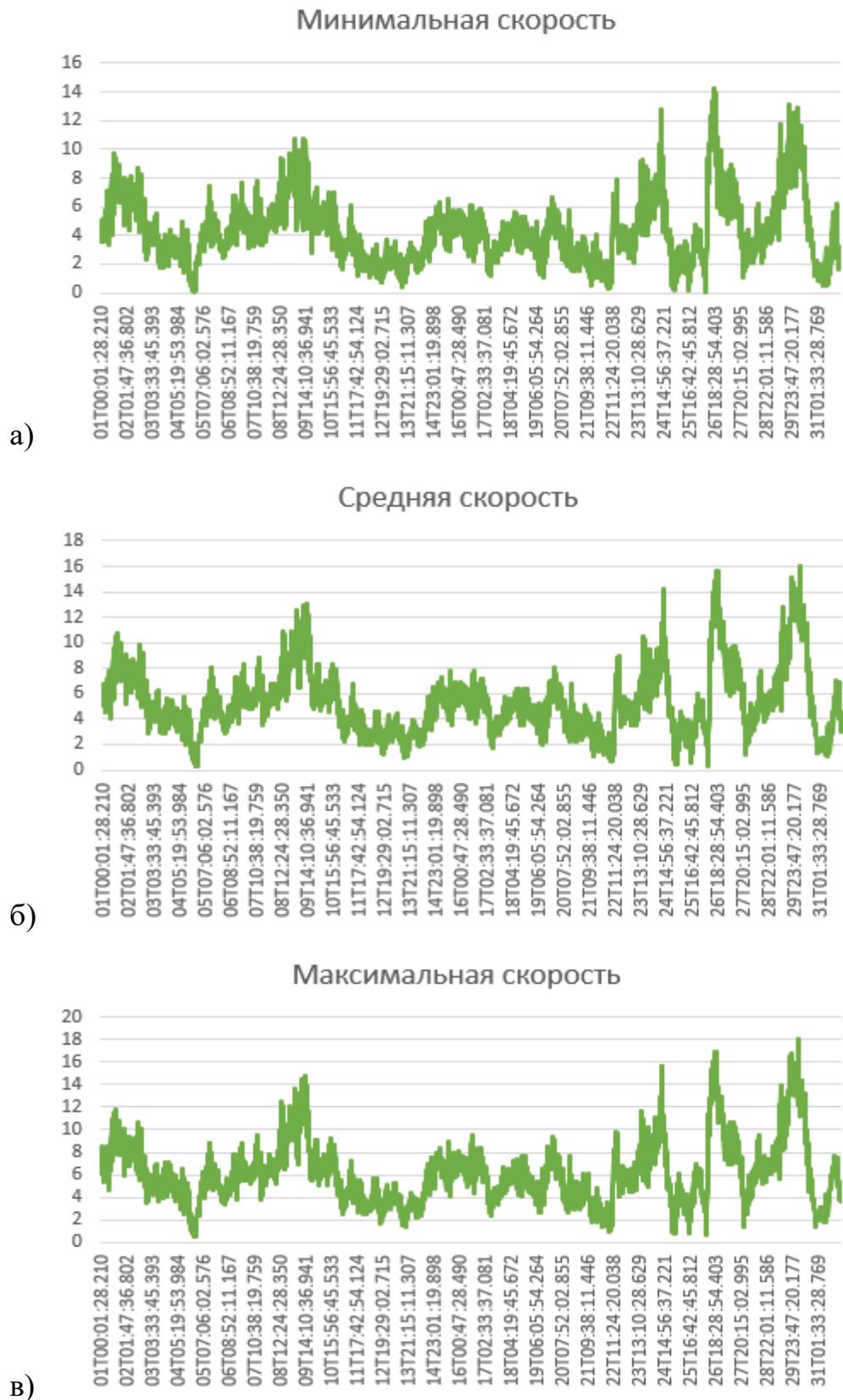


Рисунок 3.18 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в октябре

а) минимальных, б) средних, в) максимальных

Как видно по рисунку 3.19, с 9 по 12 ноября данные по всем метеопараметрам отсутствуют, поэтому расчет средних значений проводился без учета этих дней.

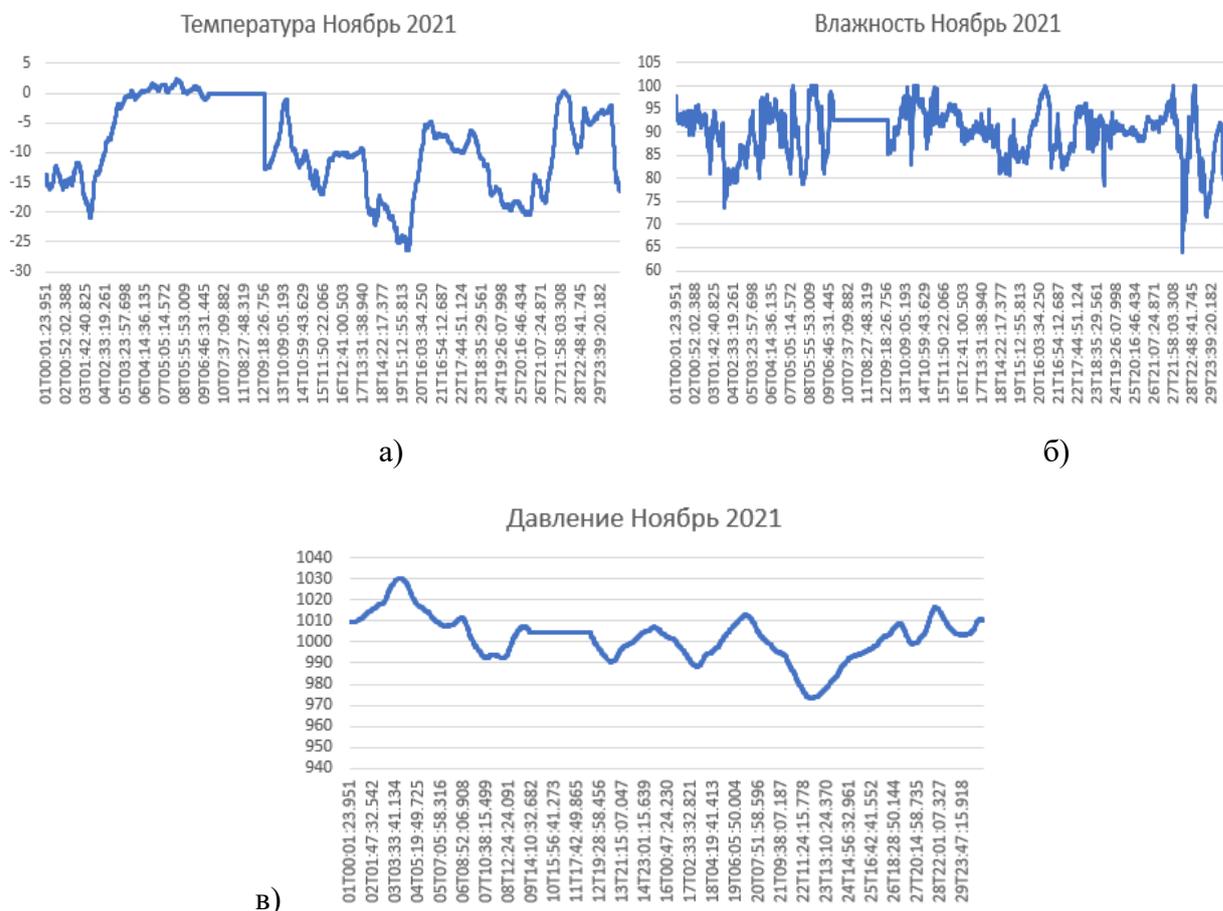


Рисунок 3.19 – Ход метеорологических параметров на мостовом переходе в ноябре
 а) температура, б) влажность, в) давление

Температура в среднем за ноябрь составила -8,9, что значительно выше климатической нормы (на 3⁰С). Максимальное значение температуры (2,3⁰С) было зафиксировано 7 ноября. Минимальная температура за месяц (-26,4⁰С) наблюдалась 19 ноября. Затем температура начала очень резко подниматься, и к 20 числу повысилась до -5⁰С. Такой резкий рост температуры в течение

суток связан со сменой атмосферной циркуляции: в район пришел циклон. Уже к 22 ноября давление опустилось до самого низкого за месяц значения – 973гПа. В этот период так же отмечалась плохая погода, сильный снег.

В течение месяца среднее значение давления было 1002гПа. Своего максимума давление достигло 3 ноября в 1030,6 гПа. Влажность в регионе варьировалось от 64 до 100%, среднее значение за месяц составило 90%.

В ноябре количество осадков было высокое, частые снегопады, небо было затянуто облаками, ясных дней почти не фиксировалось.

Ветровой режим ноября – умеренный. Минимальные значения скорости ветра не превышали 10,5 м/с (рис. 3.20). Максимальные порывы наблюдались 2 и 28 ноября (13,2 и 13,5 м/с соответственно).

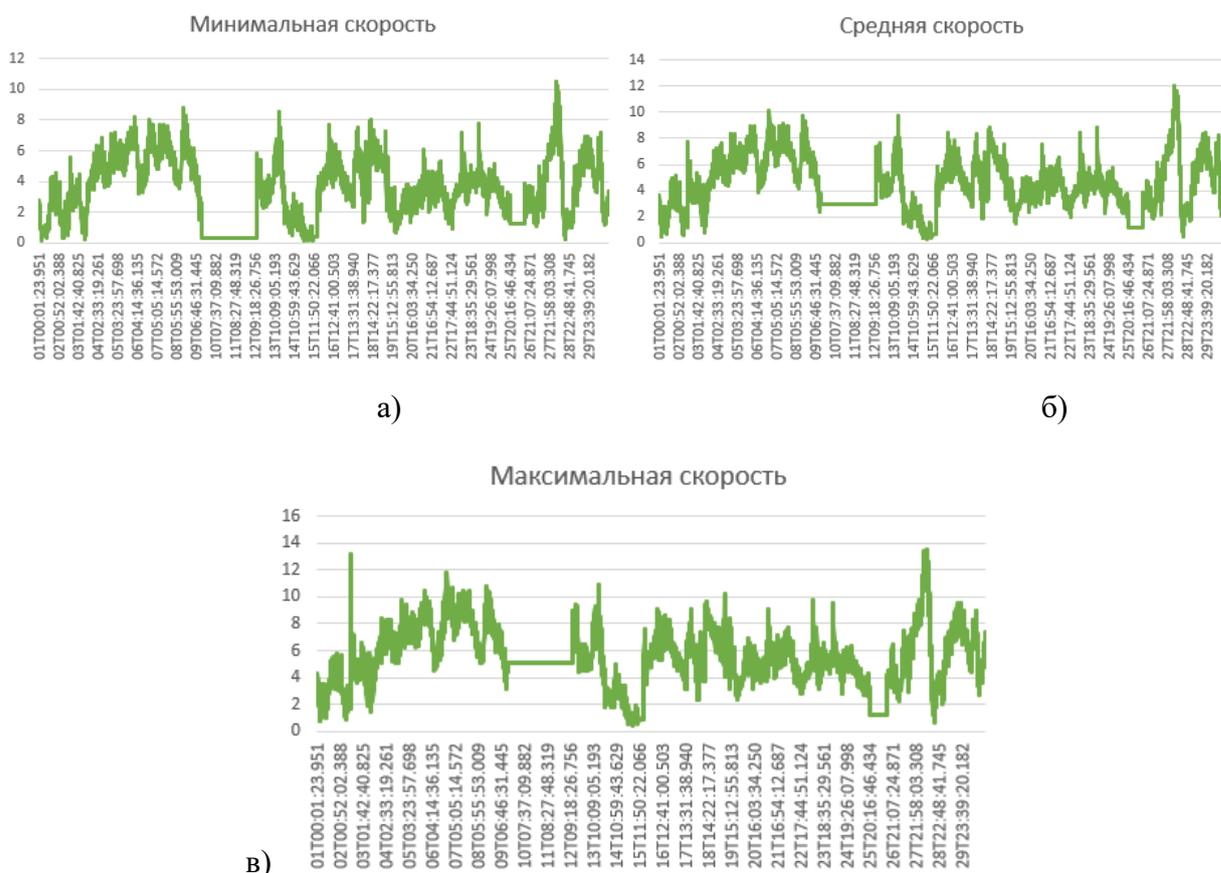


Рисунок 3.20 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в ноябре

а) минимальных, б) средних, в) максимальных

Среди минимальных значений направление ветра преобладали южное и юго-восточное направления (рис. 3.21). Для средних значений направления ветра наиболее часто фиксировались юго-восточное и юго-западное направление. Максимальные значения направления ветра имеют ярко выраженное юго-западное направление.



Рисунок 3.21 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в ноябре

В самом начале декабря в регион пришел мощный циклон (рис. 3.22). давление к 3 декабря упало до 981гПа, температура повысилась до 3.3⁰С, был сильный ветер с порывами до 14 м/с, 10 баллов облачности и шел сильный снег. Далее, в течение месяца, температура 2 раза приобретала показатель в -36.0⁰С (7 и 19 декабря).

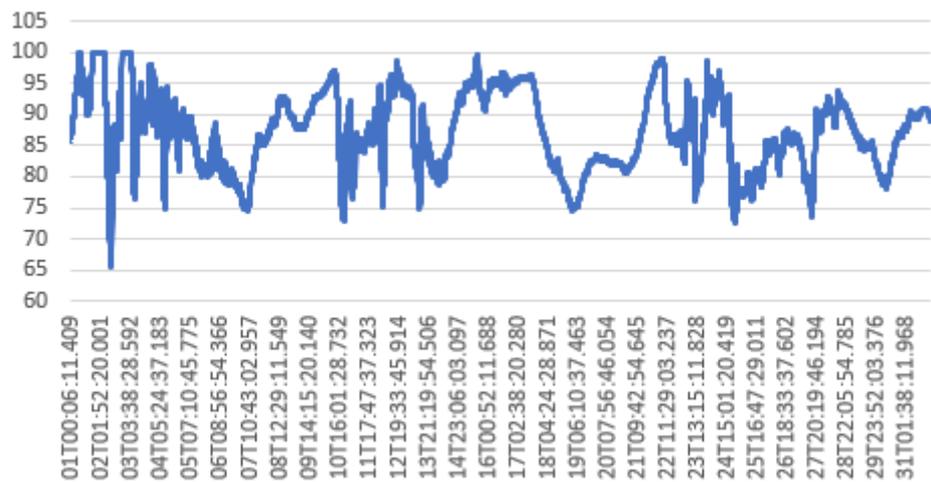
Максимальное давление за месяц было зафиксировано в 1025,9 гПа 8 декабря. Среднее значение давления в декабре составило 1010,1гПа, а температуры -16,9⁰С, что на 1 градус выше климатической нормы(-18⁰С). За месяц выпало много осадков, были метели. Влажность варьировалась от 65 до 100%.

Температура Декабрь 2021



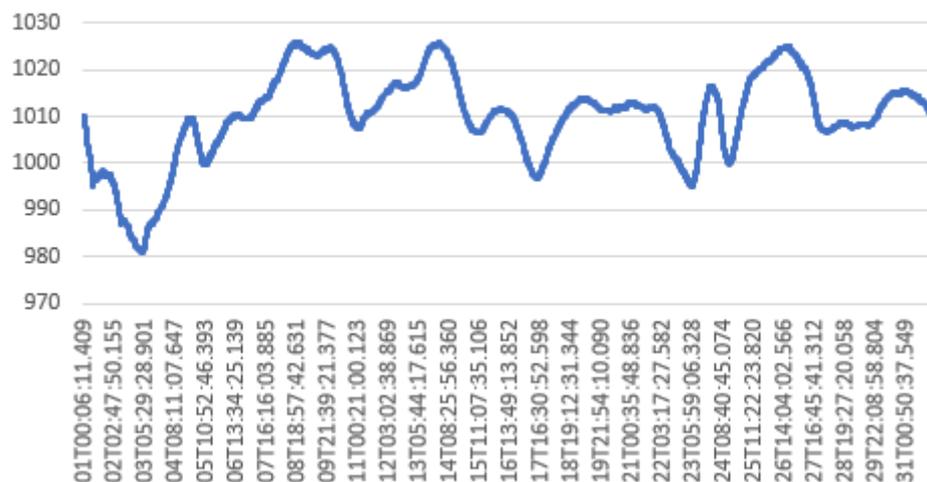
а)

Влажность Декабрь 2021



б)

Давление Декабрь 2021



в)

Рисунок 3.22 – Ход метеорологических параметров на АДМС в декабре

а) температура, б) влажность, в) давление

Первая половина декабря была более ветренная, чем вторая (рис. 3.23). В начале месяца порывы ветра (максимальная скорость) несколько раз достигали 18 м/с. И даже минимальная скорость ветра 3 и 11 декабря достигала 12 м/с. Во второй половине – порывы ветра не превышали отметки 14 м/с, а наибольшие значения минимальной скорости составили 8,2 и 8,6 м/с.

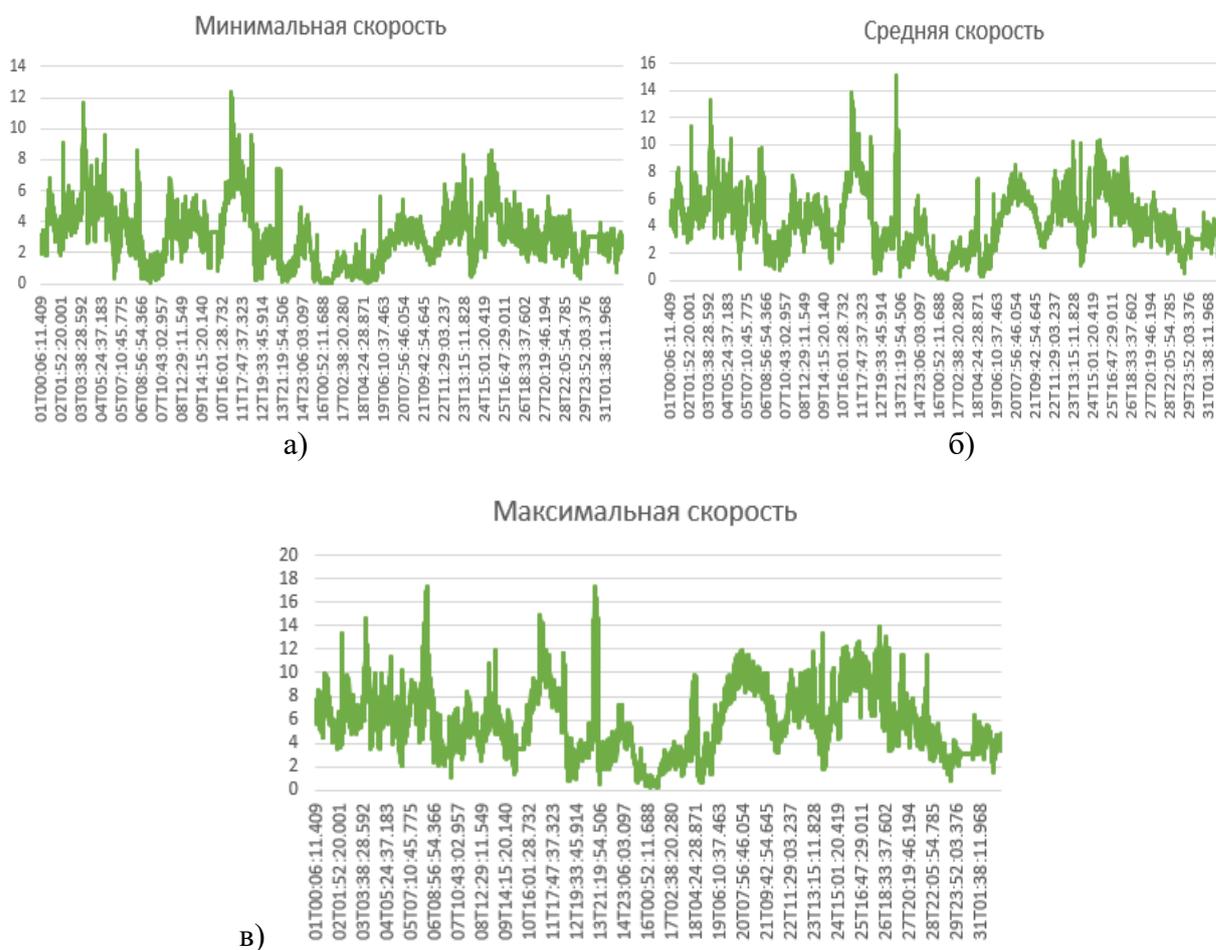


Рисунок 3.23 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в декабре

а) минимальных, б) средних, в) максимальных

Значения минимального направления ветра чаще всего имеет восточное и юго-западное направление (рис. 3.24). Тогда как максимальные

значения наиболее равномерно распределились в диапазоне от 180 до 270 градусов (по 1200 случаев).



Рисунок 3.24 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в декабре

В начале января с 7 на 8 января в город пришёл мощный циклон (рис. 3.25). В эти дни наблюдался очень резкий перепад температуры (на 25 градусов за 2 дня) и давления (на 45 гПа). Самая низкая температура воздуха наблюдалась 7 января и составила минус 31⁰С. 8 января под влиянием циклона температура воздуха достигла максимального значения за месяц (минус 3,3⁰С). К 8 января давление очень быстро упало с 1021 гПа до 986,1 гПа. Значения относительной влажности достигли отметки 100% (единственный случай за месяц). На протяжении суток (7-8 января) в регионе наблюдалась плохая погода, которая сопровождалась сильным снегом облачностью в 10 баллов.

Среднее значение атмосферного давления в январе составило 1006,3 гПа. Самое высокое атмосферное давление наблюдалось 24 января и составило 1026,5 гПа. В течение месяца давление всего 2 раза снижалась ниже 990 гПа, и один раз достигло своего минимума за месяц (971,6 гПа).



Рисунок 3.25 – Ход метеорологических параметров на АДМС в январе
а) температура, б) влажность, в) давление

В январе почти не было ясных дней, среднее значение влажности составило 89%, а температуры воздуха $-14,3^{\circ}\text{C}$ (что выше климатической нормы по региону).[5] Наименьших значений (64%) относительная влажность достигла 14 января.

Порывы ветра за месяц трижды превышали значение 15 м/с. А минимальная скорость ветра достигла значения 12,4 м/с (рис. 3.26).

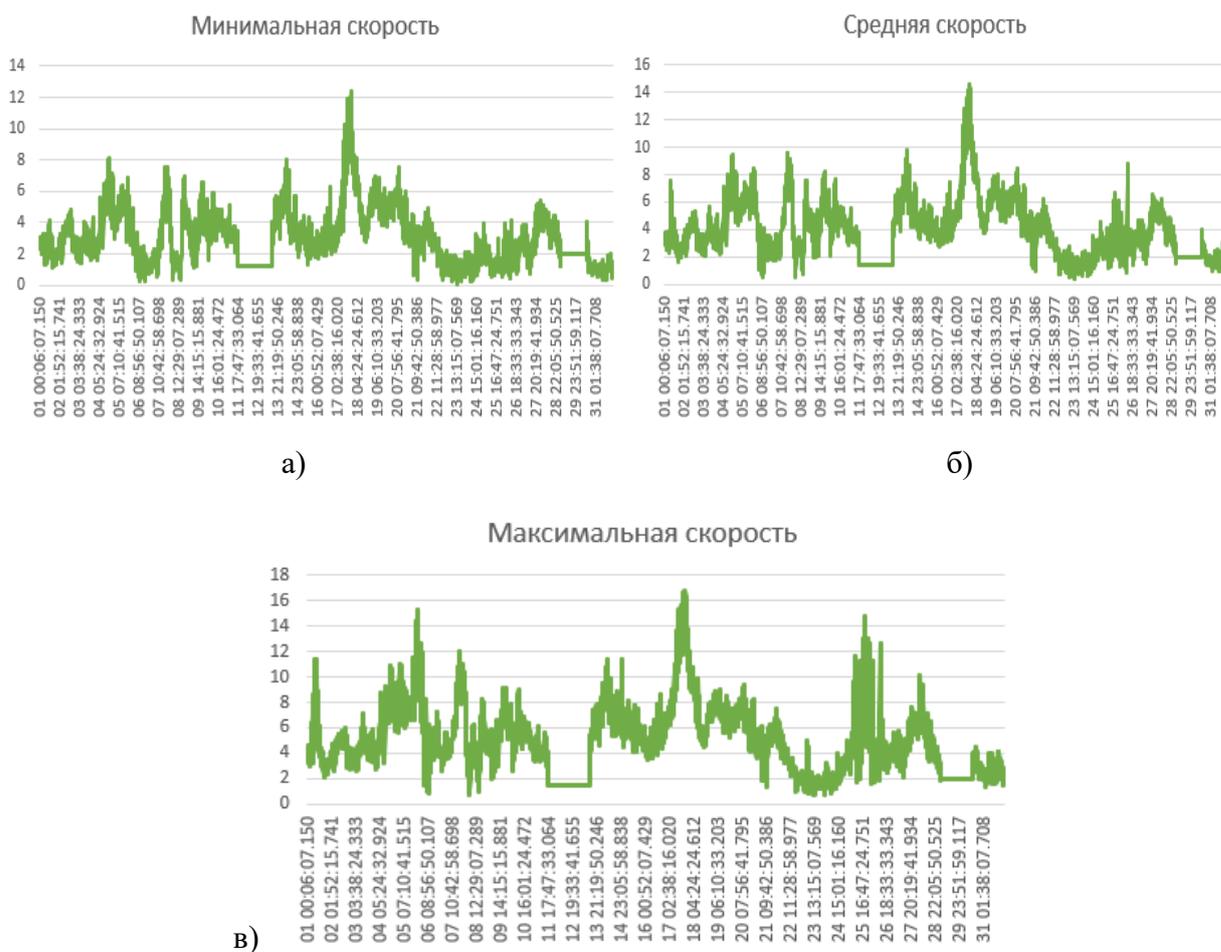


Рисунок 3.26 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в январе

а) минимальных, б) средних, в) максимальных

Преобладающим минимальным, средним и максимальным направлением ветра в январе является южное (рис. 3.27).



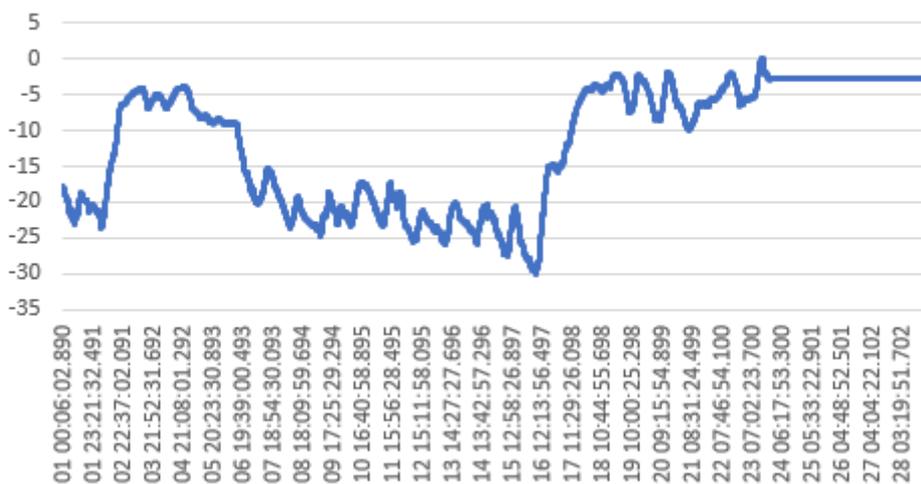
Рисунок 3.27 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в январе

К сожалению, у нас имеются данные с дорожной станции только до 23 февраля. В регионе, в котором расположен мостовой переход, февраль считается месяцем с наименьшим количеством осадков. За весь месяц было всего 8 дней со снегом. Большую часть месяца температура воздуха была ниже -15 градусов Цельсия (рис. 3.28), со средней температурой в $-11,9^{\circ}\text{C}$, что значительно выше климатической нормы (-18°C).

В начале и в конце рассматриваемого периода в районе мостового перехода наблюдалась погода циклонического типа. Антициклон наблюдался только один раз 10 февраля, когда давление достигло своего максимума в $1035,6\text{гПа}$; безоблачное небо, четко выраженный суточный ход и средняя температура ниже минус 20 градусов.

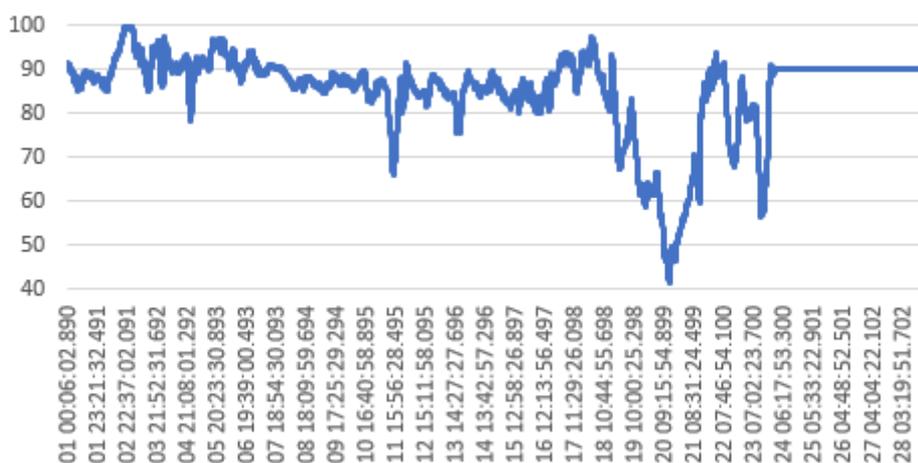
В начале месяца (в период прохождения циклона) температура была около -5°C , к 16 числу (смена атмосферной циркуляции) она достигла минимального значения, $-29,95^{\circ}\text{C}$, после чего резко возросла до $-2,1^{\circ}\text{C}$ 18 февраля. Максимальное значение температуры было зарегистрировано 23 февраля в $0,08^{\circ}\text{C}$, что сопровождалось значительным понижением давления. 21 февраля оно достигло своего минимума – $995,1\text{гПа}$. В остальные дни давление составляло около $999,5\text{гПа}$.

Температура Февраль 2022



а)

Влажность Февраль 2022



б)

Давление Февраль 2022



в)

Рисунок 3.28 – Ход метеорологических параметров на мостовом переходе в феврале

а) температура, б) влажность, в) давление

Влажность в среднем составила 85% и оставалась примерно на этом уровне в течение месяца. Всего два раза на протяжении месяца влажность снизилась до 42% (20 февраля) и до 56% (23 февраля).

В феврале наиболее часто встречался ветер южных направлений (для средних и максимальных значений) и юго-восточных для минимальных (рис. 3.29). Как можно увидеть среднее и максимальное направление ветра почти не отличается друг от друга. Гораздо большие различия имеет изменчивость минимального направления ветра.

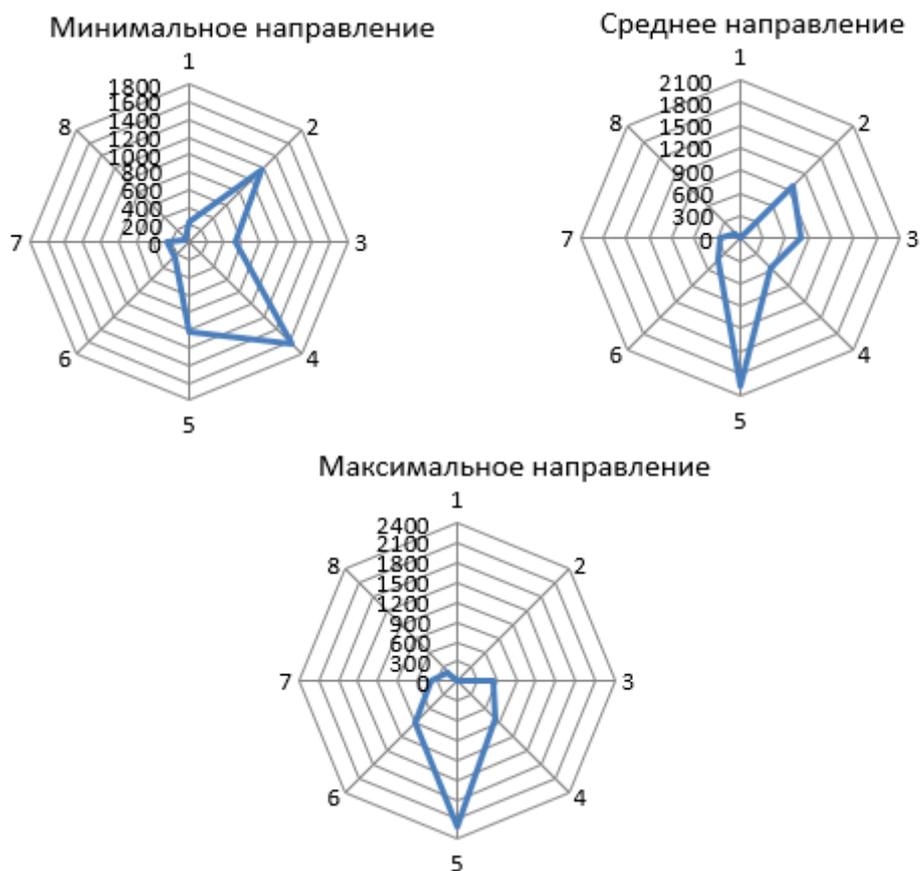


Рисунок 3.29 – Изменчивость значений направления ветра на мостовом переходе в феврале

Минимальная скорость ветра имеет значения от 0,1 до 12,2 м/с (рис. 3.30). Средняя скорость ветра за период изменялась от 0,2 до 13,6 м/с, а максимальная от 0,3 до 16м/с.

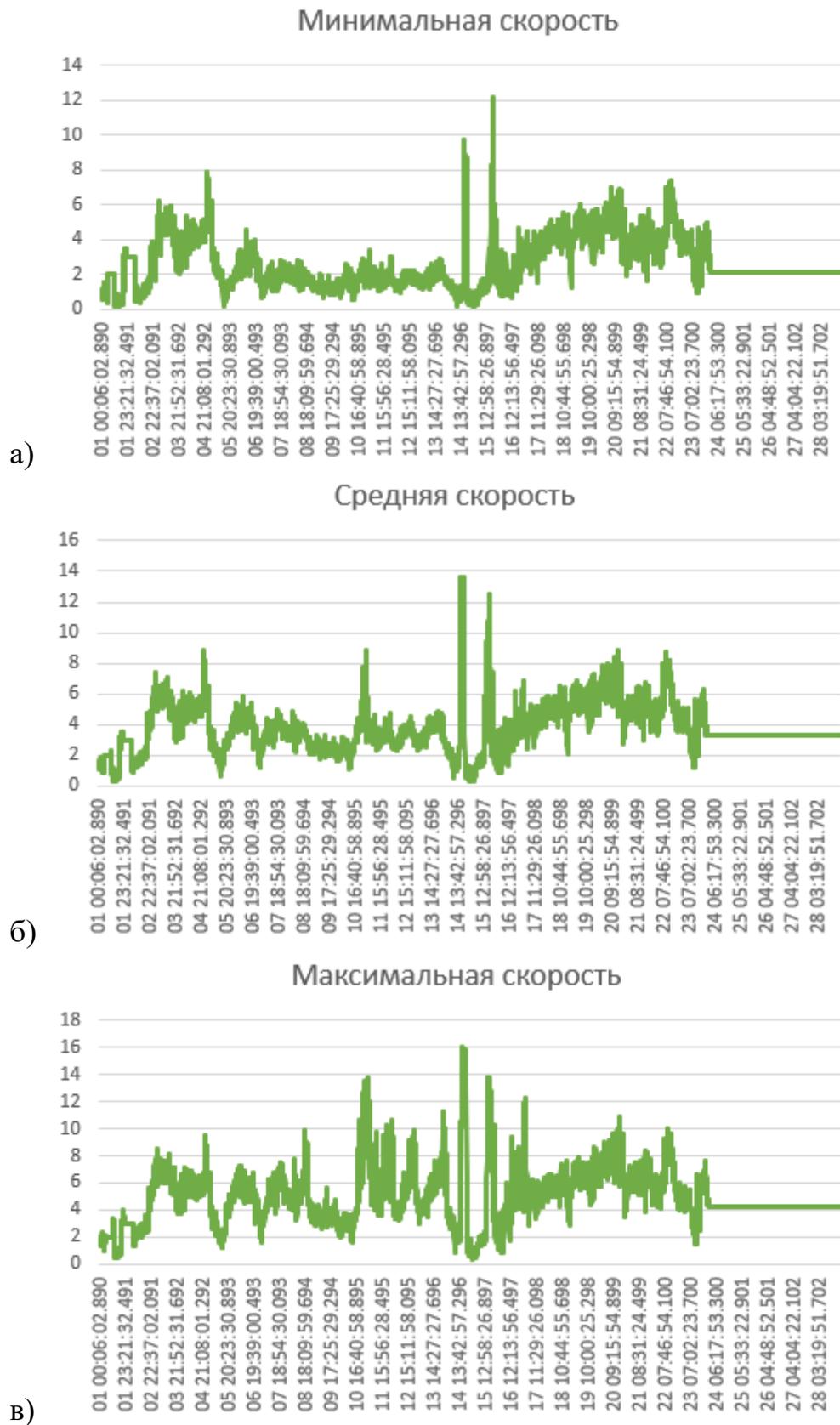


Рисунок 3.30 – Изменчивость значений скорости ветра на мостовом переходе в феврале
а) минимальных, б) средних, в) максимальных

4. Сравнительный анализ

4.1 Сравнение данных дорожной станции с климатическими данными по региону

На примере направления ветра проведем сравнение данных дорожной станции на мостовом переходе за летний осенний и зимний период (рис. 4.1) с климатическими данными по региону данных.[5,6]

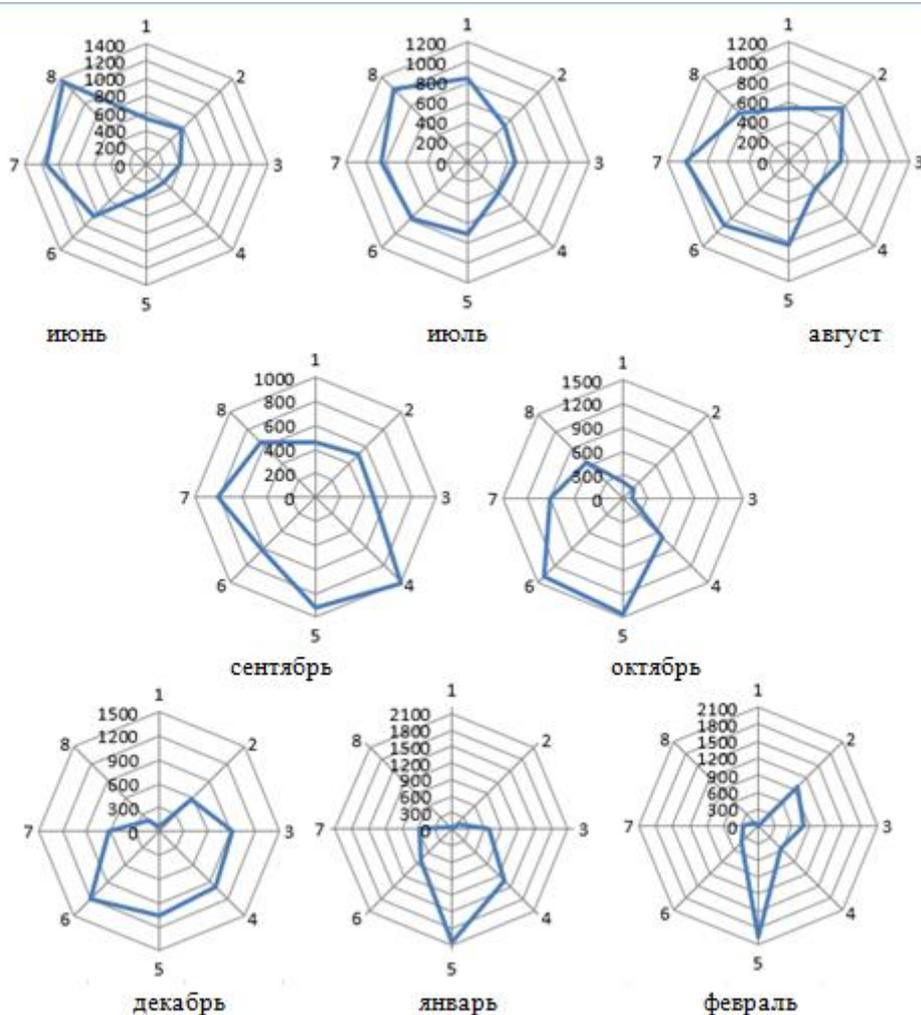


Рисунок 4.1 – Розы ветров по данным АДМС с мостового перехода[6]

Анализ направления ветра в точке установки дорожной станции показал достаточно сильную изменчивость от месяца к месяцу. В июне и

июле преобладает ветер северо-восточного направления, августе – восточного, в сентябре, октябре и декабре – юго-западного, южного и юго-восточного соответственно. В январе и феврале отмечено значительное преобладание ветров южного направления. Такая изменчивость связана как с климатическими особенностями региона, так и с близостью полноводной реки [4,6].

Сравнение данных дорожной станции с климатическими данными по региону [5] позволило обнаружить некоторые различия. Например, согласно климатическим данным, северное направление ветра преобладает с конца апреля по середину августа, тогда как данные дорожной станции не фиксируют преобладания ветров северного направления. А в период с сентября по апрель климатические данные (преобладание ветров южного направления) и данные дорожной станции совпадают чаще.[6]

Конечно, для более корректного сравнения с климатической нормой стоит использовать данные дорожной станции за более длительный период, но на данный момент такой возможности нет, что связано с периодом эксплуатации АДМС (с 2021 г.).

4.2 Сравнение данных аэродрома с данными рассматриваемой станции

4.2.1 Теплый период

Для проведения сравнительного анализа метеоданных были выбраны данные за небольшие периоды месяцев июль и август. Ниже на рисунках представлен графический отчет о динамике метеорологических параметров, зарегистрированных в точке расположения метеостанции на аэродроме и мостовом переходе.

Динамика метеорологических параметров на двух станциях и разница в их показаниях в период с 4 по 10 июля показана на рисунке 4.2.

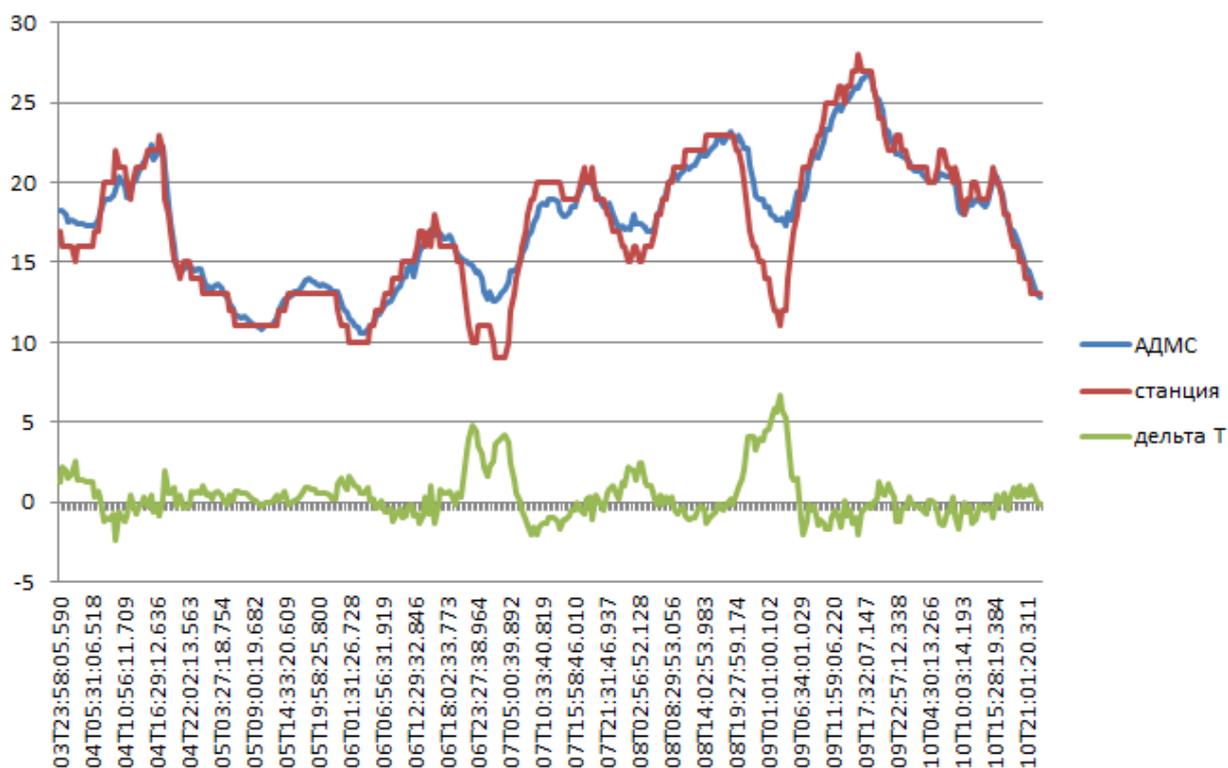


Рисунок 4.2 – Динамика метеорологических параметров в период с 4 по 10 июля

И хотя, в целом разница незначительна (1-2°C) и близка к нулю, чаще всего погрешность положительная, следовательно, на мостовом переходе дорожная станция показывает более высокие значения. Всего в двух случаях за неделю разница в показаниях оказалась более значительной. В основном наличие разницы между двух станций обусловлено температурой в ночное время.

Наиболее значительная разница (более 5 градусов) в показаниях двух станций четко видна ночью 9 июля (3:00 ч.), погода на аэродроме холоднее погоды на мостовом переходе. В это время было абсолютное безветрие, не было облачности, и влажность воздуха была почти 100%. Связан такой сильный скачок разности показания температур с нагреванием дорожного покрытия днём на АДМС и радиационным выхолаживанием на аэродроме в ночной период.

Динамика хода метеорологических параметров на двух станциях в период с 22 по 25 июля несколько отличается от первого периода (рис. 4.3). Тут средняя разница в показаниях около нуля и нет очевидного преобладания положительных или отрицательных значений ΔT .

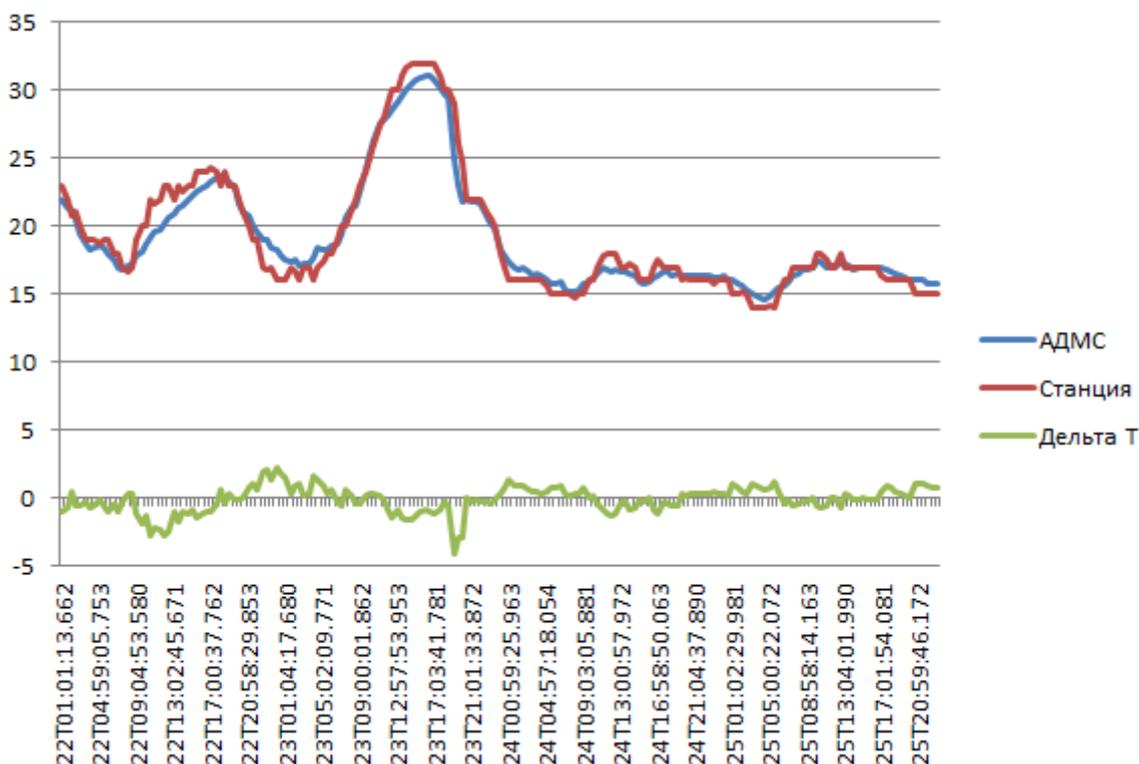


Рисунок 4.3 – Динамика метеорологических параметров в период с 22 по 25 июля

Четко выражена погрешность 23 июля в 20:00 в это время регион затянуло кучево-дождевой облачность, началась гроза. Скорость ветра свыше 20 м/с и направление ветра юго-западное. На мостовом переходе гроза началась раньше, затем сместилась на аэродром, что привело к наибольшей разнице температур.

В августе (рис. 4.4), как в начале, так и в конце периода, наличие разницы в показаниях обусловлено большей амплитудой суточного хода на стационарной метеостанции.

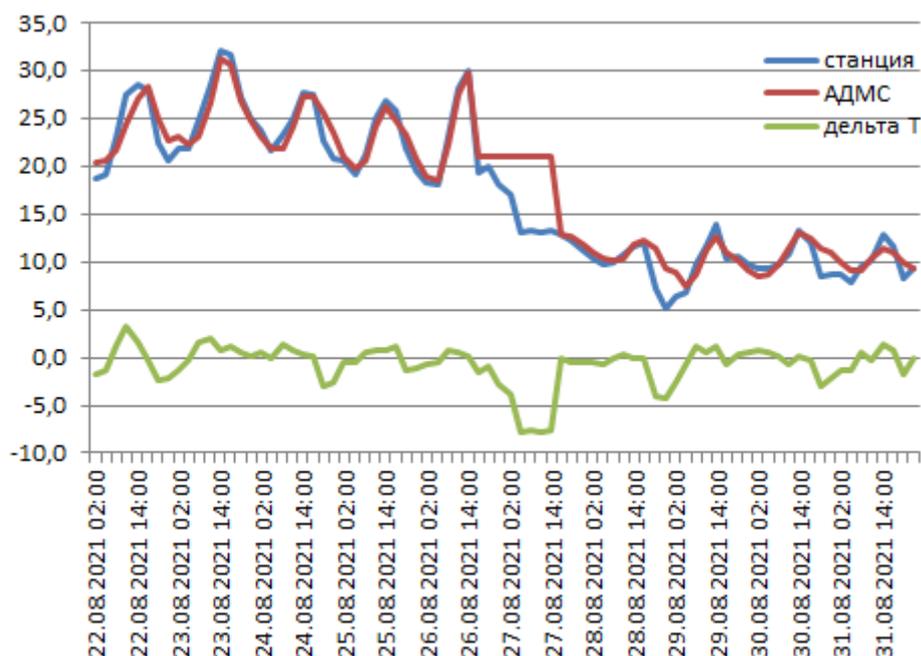


Рисунок 4.4 – Динамика метеорологических параметров в период с 22 по 31 августа

Погрешность 27 августа с 5:00 до 11:00 имеет большое и отрицательное значение. Однако АДМС на мостовом переходе не работала 27 августа до 14:37, в связи с чем невозможно провести анализ этой погрешности.

В остальных случаях разница в показаниях возникает при смене направления ветра. 22.08 ветер переменного направления сменился на восточный в аэропорту наблюдался ливень. 28.08 безоблачное небо, слабый западный ветер; 30 вечером прекратились осадки (ливень) облачность 50-60% ветер северо-западный, западный 2-3 м/с.

4.2.2 Холодный период

Для сравнительного анализа метео данных и выявления разницы в показаниях были выбраны информационные данные за месяцы ноябрь 2021 года и январь 2022 года, охватывающие небольшие временные интервалы. Ниже приведены графические отчеты, отображающие динамику

зарегистрированных метеорологических параметров в точках расположения метеостанции на аэродроме и мостовом переходе (рис. 4.5. 4.6).

Рассматривая временной промежуток с 1 по 7 ноября, можно заметить, что разница в показаниях возникает только в первой половине периода. Как и в предыдущих случаях она возникает из-за более широкого суточного хода на станции в аэропорту. Начиная с 3 ноября обе станции дают одинаковые показания, соответственно ΔT равна 0.

Самая большая погрешность 2 ноября в 8:00. На АДМС температура воздуха выше температуры на станции аэродрома, такая разница произошла из-за осадков в виде легкого снега на АДМС и расположением антициклона. В это время ветер сменился со слабого (1-4 м/с) северного и северо-западного на умеренный (6-8 м/с) юго-западный. Начало снегопада связано с наличием большого количества водяного пара в атмосфере, который конденсируется в капли или кристаллы льда. В процессе конденсации водяного пара в атмосфере выделяется тепло, которое нагревает окружающий воздух.

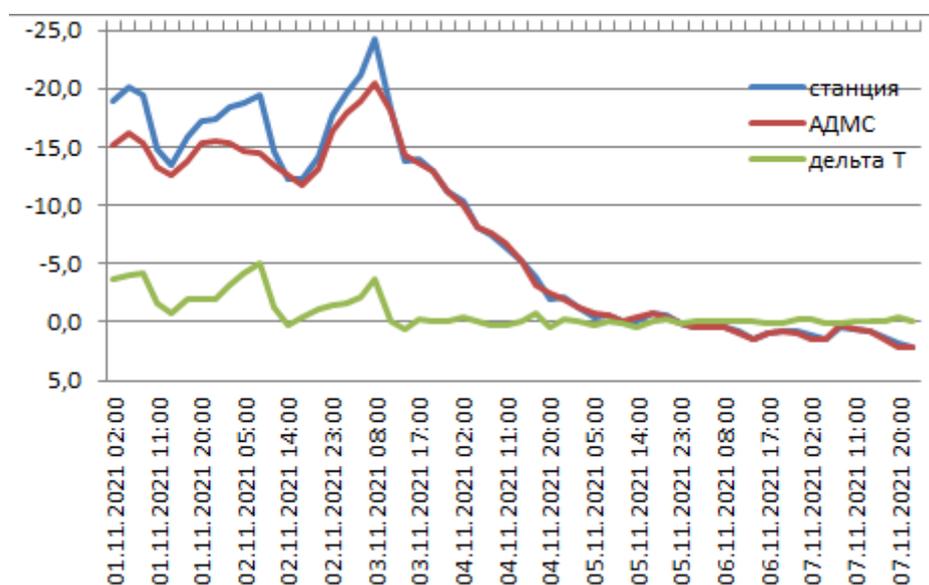


Рисунок 4.5 – Динамика метеорологических параметров в период с 1 по 7 ноября

Наиболее значительная разность в динамике температуры воздуха в период с 25 по 28 января 2022 года (рис. 4.6) четко видна ночью 26 января (8:30 ч.), атмосферный воздух теплее на аэродроме. Такая разность связана с ветром и повышенной влажностью на мостовом переходе, который проходит над полноводной рекой.

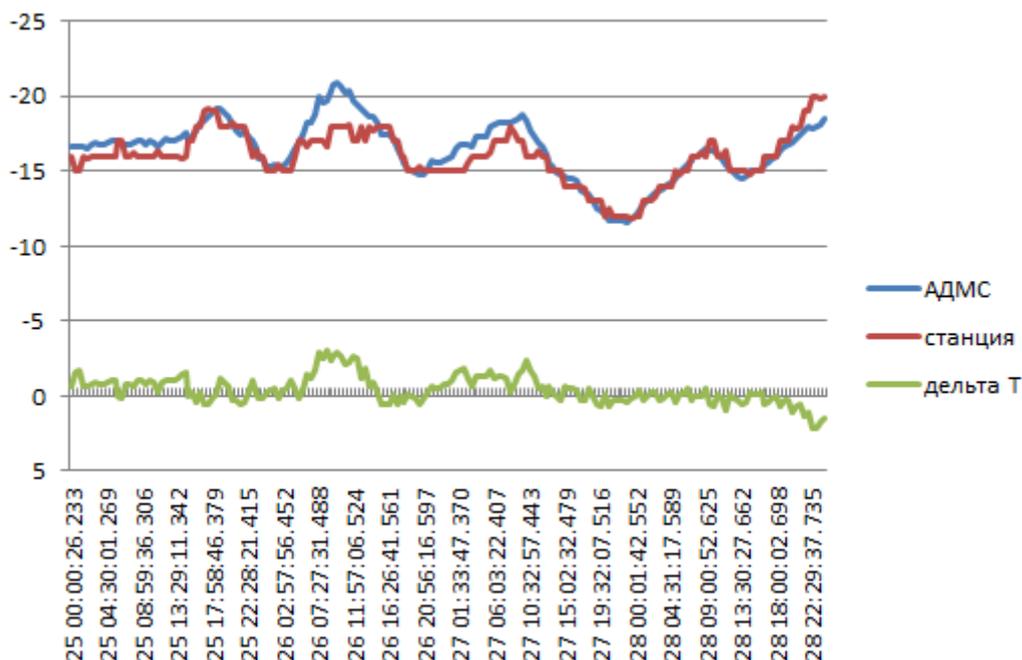


Рисунок 4.5 – Динамика метеорологических параметров в период с 25 по 28 января 2022 года

Чаще погрешность отрицательная, это значит, что на аэродромной станции показания всегда выше станции на мостовом переходе. В холодный период такая погрешность обуславливается местоположениями станций и направлением ветра.

Заключение

В ходе данной работы были изучены принципы действия метеорологических станций с акцентом на дорожную автоматическую метеорологическую станцию (ДАМС). Были проанализированы её характеристики, особенности и функциональное назначение. Оцифрованы и исследованы метеорологические данные с мостового перехода.

Сравнение данных дорожной станции с климатическими данными по региону [5] позволило обнаружить некоторые различия, что может говорить о наличии климатической изменчивости. Конечно, для более корректного сравнения с климатической нормой стоит использовать данные дорожной станции за более длительный период, но на данный момент такой возможности нет, что связано с периодом эксплуатации АДАМС (с 2021 г.).[6]

Проведенный сравнительный анализ измерений, полученных из архивов станций ДАМС и близлежащей стационарной станции. Обе станции находятся в одном регионе. Важной задачей было изучение влияния местности на получаемые метеорологические показатели.

В результате исследования было установлено, что

- разница в показаниях двух станций существует, хоть и небольшая;
- разница в показаниях двух станций непостоянна: при определенных погодных условиях, например при изменении направления ветра, значения разницы в показаниях могут достигать 5°C;
- станция, расположенная на мостовом переходе через полноводную реку, чаще показывает более низкие значения, чем станция, которая находится вдали от реки;

Анализ результатов измерений, полученных с помощью ДАМС и с аэродрома, позволяет сделать вывод о том, что установка данной дорожной станции на соответствующем участке мостового перехода является

целесообразной, а полученные данные значимы для прогнозирования, планирования дорожных работ, особенно в холодный период года, и для обеспечения безопасности движения.

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. — 170 с.
3. 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.
4. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. //Л.: Гидрометеиздат, 1976. — с. 677.
5. Погода круглый год в любой точке Земли (электронный ресурс). Режим доступа: <https://ru.weatherspark.com>
6. Кабанова А.Д. Изменчивость направления ветра по данным дорожной метеорологической станции при обслуживании мостового перехода. Материалы международной студенческой конференции «Международный студенческий форум 2023» (Электронный ресурс). Режим доступа: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2023/63db90d24b12d.pdf>
7. Архив данных «rp5 Погода в мире "Расписание Погоды"» (электронный ресурс). Режим доступа: <https://rp5.ru>