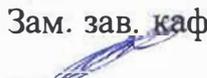


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет инженерно-физический
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы
Направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Направленность (профиль) образовательной программы – Ракетно-космическая техника

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зам. зав. кафедрой
 В.В. Соловьев
« 14 » июля 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

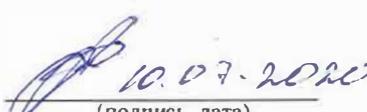
на тему: Анализ напряженно-деформированного состояния конструкций стартового стола (СК) космодрома Восточный

Исполнитель
студент группы 617-об


(подпись, дата)

Т.С. Соколова

Руководитель
доцент, канд.техн.наук


(подпись, дата)

В.В. Соловьев

Нормоконтроль


(подпись, дата)

М.А. Аревков

Благовещенск 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет инженерно-физический
Кафедра стартовые и технические ракетные комплексы
Направление подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

УТВЕРЖДАЮ
Зам. зав. кафедрой
В.В. Соловьев
«20» апреля 2020 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Соколовой Татьяны Сергеевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Анализ напряженно-деформированного состояния конструкций стартового стола (СК) космодрома Восточный

(утверждена приказом от 14.04.2020 № 711-уч)

2. Сроки сдачи студентом законченной работы 14.07.2020

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: научная литература, периодические издания, отчеты по практикам

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): требования к напряженно-деформированному состоянию мобильной башни обслуживания, определение критических узлов численным методом, анализ розы ветров, температуры и давления и их влияние на конструкцию мобильной башни обслуживания

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, иллюстративного материала и т.п.) основные металлоконструкции несущего каркаса МБО, роза ветров ЗАТО Циолковский 2016-2020г, графики температур ЗАТО Циолковский 2016-2020г., графики давлений ЗАТО Циолковский 2016-2020г., результаты модуляции МБО 2016-2020г. И результаты модуляции МБО при эксплуатационных условиях.

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) нет

7. Дата выдачи задания 20.04.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы: Соловьев Владислав Викторович, доцент, канд. техн. наук

Задание принял к исполнению (дата): 20.04.2020

с.г.
(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 68 с., 21 рисунок, 12 таблиц, 22 источника.

МОБИЛЬНАЯ БАШНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ, МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ТЕНЗОДАТЧИКИ, РОЗА ВЕТРОВ, ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ, ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАГРУЗКИ

МБО предназначена для осуществления предстартовой подготовки и пуска РКН «Союз-2» этапов 1а, 1б, 1в с КГЧ, включающими в свой состав автоматические космические аппараты (КА), разгонные блоки (РБ) «Фрегат» или БВ «Волга», а именно:

- Для обеспечения доступа к различным уровням РН и КГЧ при работах в ходе подготовки к пуску РКН, заключительных операциях после пуска, а также при проведении работ в случае несостоявшегося пуска;

- Для защиты от атмосферных осадков элементов стартовой системы, кабины обслуживания, верхней кабельной мачты, кабель-заправочной мачты в межпусковой период, а также РКН при проведении предпусковых и пусковых работах, заключительных операциях после пуска, а также при проведении работ в случае несостоявшегося пуска.

Цель работы – исследование напряженно-деформированного состояния и определение критических узлов мобильной башни обслуживания под воздействием различных климатических условий.

В рамках данной работы были проанализированы и посчитаны данные ветровой, температурной нагрузки, а также нагрузка давлением. Также была построена 3Д модель мобильной башни обслуживания, которую в дальнейшем исследовали на нагрузки в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Объект исследования	7
1.1 Общие сведения	7
1.2 Состав МБО	8
1.3 Технические характеристики	10
1.4 Устройство и работа МБО	11
2 Требования, предъявляемые к напряженно-деформированному состоянию металлических конструкций	14
2.1 Методы неразрушающего контроля	14
2.2 Метод напряженно-деформированного состояния	16
2.3 Требования, предъявляемые к металлическим конструкциям	19
2.4 Требования, предъявляемые к МБО	20
3. Исследовательская часть	25
3.1 Ветровые нагрузки	25
3.2 Температурные климатические воздействия	30
3.3 Воздействия атмосферного давления	31
4 Экспериментальная часть	34
5 Меры безопасности	51
6 Экономическая часть	58
Заключение	66
Библиографический список	67
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

БВ – блок вывода;

ЗИП – запасные части, инструмент и принадлежности;

ИП - измерительный преобразователь ;

КА – космический аппарат;

КГЧ – космическая головная часть;

КРТ – компоненты ракетного топлива;

КСНО – комплекс систем наземной отработки;

МБО – мобильная башня обслуживания;

НДС - напряженно-деформированное состояние;

НК - неразрушающий контроль ;

РБ – разгонный блок;

РКН – ракета космического назначения;

РТ – ракетное топливо;

САЭ – система аварийной эвакуации;

СТС - сложные технические системы.

ВВЕДЕНИЕ

В декабре 2009 года в России был принят Федеральный закон № N384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», изменения претерпел 2 июня 2013 года. Согласно статье 36 безопасность здания или сооружения в ходе эксплуатации обязана гарантироваться с помощью технического обслуживания (ТО), контрольных проверок, периодических осмотров или мониторинг состояния строительных конструкций и их отдельных элементов.

В ходе производственно-эксплуатационных процессов техническое положение каждого объекта (сооружение, единичные системы и их компоненты) требуют постоянной оценки. Неразрушающий контроль дает возможность осуществлять оценочные события без приостановки, демонтажа, а также отбора образцов. Использование методов неразрушающего контроля в обследовании объекта не требует вынужденный простоев в работе, а также дает возможность выявить и ликвидировать различные дефекты при эксплуатации зданий и сооружений на ранней стадии.

Мобильная башня обслуживания (МБО) входит в состав комплекса систем наземного обеспечения (КСНО) и представляет собой ферменное закрытое самоходное сооружение. Как и любое сооружение МБО подвергается различным деформациям и напряжениям при воздействии внешних нагрузок на конструкцию. Для исправной работы МБО должны соблюдаться все эксплуатационные требования, а так же в срок проводится ТО и контрольные проверки согласно соответствующей сопровождающей документации.

Задачи:

- 1) анализ климатических воздействий на МБО;
- 2) построение 3Д модели МБО в САПР SolidWorks;
- 3) проведение исследования МБО на климатические воздействие, определение критических узлов;
- 4) анализ полученных данных.

1 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Общие сведения

Объектом исследования в данной работе является мобильная башня обслуживания (МБО) космического центра (КЦ) «Восточный». МБО предназначена для осуществления предстартовой подготовки и пуска ракеты космического назначения (РКН) «Союз-2» этапов 1а, 1б, 1в с космической головной частью (КГЧ), включающими в свой состав автоматические космические аппараты (КА), разгонные блоки (РБ) «Фрегат» или блок выведения (БВ) «Волга», а именно:

- Для обеспечения доступа к различным уровням РН и КГЧ при работах в ходе подготовки к пуску РКН, заключительных операциях после пуска, а также при проведении работ в случае несостоявшегося пуска;

- Для защиты от атмосферных осадков элементов стартовой системы, кабины обслуживания, верхней кабельной мачты, кабель-заправочной мачты в межпусковой период, а также РКН при проведении предпусковых и пусковых работах, заключительных операциях после пуска, а также при проведении работ в случае несостоявшегося пуска.

МБО представляет собой подвижное закрытое самоходное сооружение, перемещающееся на стартовом сооружении с помощью механизма перемещения, представляющем собой четыре самоходных балансирных ходов по двум параллельным рельсовым путям, состоящих из двух рельсов каждый. МБО оборудована воротами с обоих торцов, неподвижными и подвижными площадками обслуживания, лифтом, тельфером с грузоподъемностью 5 т, входящем в состав дополнительного оборудования, а также системой аварийной эвакуации. Конструкция МБО исключает накопление воды в любых полостях металлоконструкции. Для естественного освещения помещений внутри МБО предусмотрены свето-прозрачные элементы обшивки. Также по периметру МБО предусмотрен защитный фартук для исключения попадания атмосферных осадков в пространство под МБО при ее нахождении на стартовом комплексе.

Цикл штатной работы МБО включает в себя установку не заправленной РКН, заправку РКН компонентами ракетного топлива (КРТ), слив ракетного топлива (РТ) из РКН, повторную заправку, пуск или повторный слив КРТ из РКН, проведение работ после пуска РКН, связанных с приведением МБО в исходное положение.



Рисунок 1 – Реальный вид МБО

1.2 Состав МБО

МБО состоит из следующих составных частей:

1. Металлоконструкции основные:

- металлоконструкции несущего каркаса;
- металлоконструкции крыши;
- площадки стационарные;
- лестница наружная;
- лестница внутренняя;
- шахта лифта;
- площадки доступа к системе аварийной эвакуации (САЭ);
- несущие металлоконструкции САЭ.

2. Элементы обшивки:

- элементы обшивки крыши;

- элементы обшивки фасадов;
- элементы обшивки светопрозрачные.

3. Ворота:

- ворота передние верхние;
- ворота передние нижние;
- ворота задние.

4. Гидропривод

5. Система автоматизированного управления и контроля

6. Электрооборудование

7. Токоподвод

8. Механизм передвижения

9. Устройство противоугонное

10. Оборудование путевое

11. Площадки обслуживания неподвижные

12. Площадки обслуживания подвижные

13. Комплект сменных элементов площадок обслуживания

14. Система аварийной эвакуации (САЭ):

- рукава;
- люки.

15. Дополнительное оборудование:

- вспомогательное технологическое оборудование;
- устройства местного обогрева и вентиляции;
- кабина управления;
- тельфер г/п 5 т с подкрановыми путями и системой управления;
- помещения электроаппаратные;
- технологические помещения;
- оборудование пожаротушения.

16. Комплект устройств стыковки коммуникаций термостатирования

17. Фартук защитный

18. Система мониторинга критических узлов

19. Лифт с системой управления.

1.3 Технические характеристики

МБО сохраняет работоспособность в любое время года и суток при следующих климатических условиях:

- Температура окружающего воздуха от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$;
- Относительная влажность окружающего воздуха до 98% при температуре $+20^{\circ}\text{C}$;
- Диапазон изменений атмосферного давления от 700 до 780 мм рт. ст.;
- Туман, пыль, град, снег, дождь;
- Проведение работ по обслуживанию РКН при скорости ветра с двухминутным периодом осреднения на высоте 10 м от поверхности Земли до 10 м/с (с учетом порывов до 15 м/с);
- Функционирование при скорости ветра с двухминутным периодом осреднения на высоте 10 м от поверхности Земли до 10 м/с (с учетом порывов до 15 м/с);
- При стоянии в зафиксированном положении МБО сохраняет прочность и устойчивость при предельном ветровом воздействии с величиной скоростного напора ветра 460 Па, соответствующего 2-х минутному периоду осреднения на уровне 10 м от поверхности Земли до 25 м/с (с учетом порывов до 36 м/с);
- Обладает устойчивостью к воздействиям от РН при запуске (горизонтальная нагрузка от растекающейся струи с максимальным избыточным давлением 800 Па на уровне земли с суммарным усилием на МБО 120 кН, приложенным на высоте 6 м от отметки 0 и вертикальная нагрузка от прямого воздействия струн с максимальным избыточным давлением 880 Па);
- Расчетная равномерно распределенная нагрузки $g=300$ кгс/м² для стационарных площадок и неподвижных площадок обслуживания, и $g=120$ кгс/м² для подвижных площадок;
- Сосредоточенная нагрузка $P=1000$ кгс на квадрат со сторонами 0.4м x 0.4м в любом месте настила стационарных площадок и неподвижных площадок обслуживания;

- Перекос (забегание одной плоскости) – величина перекаса до 50 мм;
- Ускорение (замедление) МБО при пуске (торможении) механизма передвижения – 0.033 м/с^2 ;
- Замедление МБО при экстренном торможении (случай аварийного отключения электропитания при движении по ветру под уклон) – 0.04 м/с ;
- Перемещение МБО обеспечивается с тремя скоростями: малая – 1.2 м/мин , средняя – 5.0 м/мин и максимальная – 12 м/мин .

1.4 Устройство и работа МБО

Металлоконструкции несущего каркаса представляют собой пространственную ферменную конструкцию, снабженную механизмами передвижения, что позволяет МБО передвигаться по четырем рельсовым путям с колеей, равной 1.0 м , при расстоянии поперек между осями рельсовых путей 23.3 м , то же, вдоль по осям опирания на ходовые тележки – 24.0 м . передвижение МБО возможно с тремя скоростями: малой - 1.2 м/мин , средней – 5.0 м/мин и максимальной – 12 м/мин .

Металлоконструкция крыши представляет собой ферменную конструкцию, выполненную из профилей стальных гнутых замкнутых сварных квадратного и прямоугольного сечения по ГОСТ 30245-2003. Плоские фермы образуют пространственную конструкцию посредством распорок и уголков. Установка крыши на несущие металлоконструкции МБО осуществляется с помощью опорных элементов стоек.

Внутри МБО предусмотрены стационарные площадки обслуживания для обеспечения доступа к РНК на уровнях 7.2 ; 9.5 ; 18.0 ; 21.0 ; 24.0 ; 27.0 ; 30.0 ; 34.05 и 37.05 м , площадка для входа на верхний силовой пояс стартовой системы на уровне 13.0 м и площадка обслуживания для доступа к РКН «Союз-2» этапа 1в на уровне 4.5 м .

Для доступа к стационарным площадкам обслуживания предусмотрены лестницы: внутренняя и наружная (на случай экстренной эвакуации людей из внутреннего пространства МБО). С внутренней лестницы обеспечивается доступ в пространство под крышей для обслуживания вентиляционных люков, размещаемых

в фасадных частях внешней обшивки, а с наружной лестницы – доступ на крышу для возможности ее обслуживания и уборки снега.

Внутри МБО предусмотрен один пассажирский лифт грузоподъемностью 1000 кг с остановками на всех уровнях, с которых осуществляется доступ к площадкам обслуживания и САЭ. металлоконструкции шахты лифта имеют внутренний габаритный размер – 1700x2650 мм.

Для экстренного спуска (спасения) людей с различных площадок обслуживания, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, вне обшивки МБО предусмотрена система аварийной эвакуации (САЭ) в виде спасательных рукавов. При этом на каждом уровне площадок обслуживания предусмотрены выходы на наружную лестницу и площадки доступа к САЭ.

Обшивка крыши выполнена из оцинкованного профнастила Н75-750 толщиной 0.8 мм по ГОСТ 2404502010, закрепляемого к верхним поясам ферм металлоконструкций крыши и опорным элементом с помощью самонарезающих винтов БС6х25К по ОСТ 3413.016-88. Далее укладывается утеплитель Ursa Pure One 37 RN с пароизоляционной пленкой Ондутис R100 и шляпный профиль ПШ-61. В основном вся ферменная конструкция МБО сделана из конструкторской низколегированной сталь для сварных конструкций 395-10ХСНД-св-12 по ГОСТ 19281-89.

На крыше устроены ограждения для безопасного обслуживания крыши, а так же расположена система снегозадержателей. Под крышей расположены смотровые ходы.

Внешняя обшивка выполнена из оцинкованного профнастила Н57-900 толщиной 0.7 мм по ТУ-11 2000-004-1394544-06, закрепляемого на обрешетке из профилей стальных гнутых замкнутых сварных квадратного сечения 140х6 мм по ГОСТ 30245-2003.

С внешней стороны к основным несущим конструкциям башни крепится коммуникационная шахта под трубы термостатирования.

Для естественного освещения внутреннего пространства МБО во внешней обшивке и створках передних и задних ворот предусмотрены вставки из поликарбонатного покрытия «DANPALON» толщиной 16 мм.

На уровнях 18.0; 21.0; 24.0; и 27.0 м предусмотрены собираемые на месте обогреваемые технологические помещения (на уровне 27.0 м – два помещения) с внешней обшивкой в виде сэндвич-панелей поэлементной сборки.

2 ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМУ СОСТОЯНИЮ МЕТАЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1 Методы неразрушающего контроля

Неразрушающий контроль (НК) является одним из значительных элементов обеспечения безопасности технических устройств и конструкций при строительстве и эксплуатации потенциально опасных объектов. Под неразрушающим контролем понимают проверку и анализ надежности и основных рабочих характеристик всего объекта или его отдельных элементов, щадящими способами, не требующие полной разборки или временного выведения объекта из работы. НК дает возможность получить сведения о скоростях деградации характеристик, устанавливающих положение технических устройств и сооружений, но кроме того гарантировать оперативность и качество исполнения работ согласно их обслуживанию и ремонтным работам.

При создании методов и средств мониторинга и технической документации сложных технических систем (СТС) одним из важных элементов является применение системного подхода, который должен предусматривать комплексное решение вопросов НК и диагностирования для всех стадий жизни оборудования, создание системы сбора и обмена диагностической информацией между конструкторскими бюро, заводами и организациями, эксплуатирующими и ремонтирующими сложные технические системы. Только при этом условии можно обеспечить высокую надежность систем, достаточную глубину и достоверность технического диагностирования. [1]

К числу параметров, более значимых для обеспечения безопасности технического оборудования относят: параметры движения, вибрационные, тепловые, электрические, точностные, моменты, усилия, давления, параметры излучений и радиации, напряжения в несущих конструкциях, затрачиваемая мощность. Дополнительно определяются параметры, учитывающие химический

состав рабочих сред, воздуха, отходов, напряжения и деформации зданий и сооружений. При выборе определенных параметров необходимо учитывать обеспечение достаточной точности и защиту от различных помех.

Основными методами неразрушающего контроля, согласно ГОСТу Р 56542-2015, являются следующие методы:

Акустический (ультразвуковой) метод, применим ко всем материалам, которые беспрепятственно проводят звуковые волны для решения проблем контроля и диагностики.

Виброакустический метод, используют для диагностики неисправностей с помощью оценки колебаний в основных узлах.

Вихретоковый метод, используется в дефектоскопии электропроводящих материалах, с помощью изучения неоднородностей поверхностного вихревого поля объекта.

Магнитный метод, применяющийся в дефектоскопии ферромагнитных материалов с целью регистрации магнитных полей, а также свойств контролируемого объекта.

Оптический метод, востребован для контроля и выявления мелких дефектов в прозрачных изделиях и материалах.

Радиационный метод, создан на взаимодействии ионизирующего излучения с контролирующим объектом, созданном из любых материалов и при любых габаритах.

Радиоволновой метод, используется для контроля диэлектриков (керамика, стекловолокно), полупроводниковых и тонкостенных материалах.

Тепловой метод, предполагает наблюдение тепловых полей, контрастов, а также потоков различных материалов для определения неисправностей и дефектов.

Электрический метод, определяет электрополя и их свойства, возникающие под воздействием внешних воздействий в контролирующем объекте.

Капиллярный (проникающими веществами) метод, используется с целью выявления течей и микрповреждений с помощью заполнения индикаторным веществом внутренних полостей, контролируемого объекта.

2.2 Метод напряженно-деформированного состояния

Диагностирование настоящего состояния и остаточного ресурса элементов несущих конструкций является основной задачей для обеспечения безопасности при эксплуатации потенциально опасных объектов. Для оценки ресурса и прочности такого оборудования определяют напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов конструкции.

Напряженно-деформированное состояние конструкции — совокупность внутренних напряжений и деформаций, которые возникают при действии внешних нагрузок, температурных полей и других факторов на конструкцию. НДС определяется расчётными и экспериментальными методами, в виде распределения деформаций и напряжений, перемещений в конструкции и является основанием для оценки статической прочности. При расчётах НДС расчётная схема определенным образом идеализируется.

Изменение НДС конструкций может быть вызвано множеством причин: плохое качество строительных материалов, неравномерная осадка фундамента инженерного сооружения, нарушения в проекте и в строительных работах, просчеты в проектировании нагрузок и многие другие.

Тензометрия — экспериментальный способ измерения напряженно-деформированного состояния конструкции, основанный на измерении местных деформаций. Базируется на определении напряжений и деформаций в наружных слоях детали с помощью тензодатчиков и регистрирующей аппаратуры. Методы и средства тензометрии обеспечивают выявление причин разрушений по результатам исследования напряжённо-деформированного состояния элементов конструкции, позволяют находить наиболее оптимальные и совершенные конструктивные решения, изучать влияние различных технологических факторов на прочность конструкций. [3]

Тензометрические датчики (тензометры, тензодатчики) представляют собой устройства, основная задача которых преобразовать механическое воздействие в электрический сигнал. Тензодатчики состоят в основном из тензорезистора и измерительного преобразователя.

Тензорезистор — резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от его деформации, предназначен для дистанционных измерений.

Измерительный преобразователь (ИП) – специальное устройство, которое преобразует измеряемую величину неэлектрического характера в электросигнал, а также наоборот. ИП или входит в состав какого-либо измерительного прибора или применяется вместе с каким-либо средством измерений.

Тензодатчики применяются для измерения линейных деформации поверхностных волокон элементов конструкций при статических испытаниях. По конструктивному признаку можно выделить две разновидности тензометров: механические и электрические. Последние, определяются по принципу действия (по типу чувствительного элемента) подразделяются на: резистивные, струнные, емкостные и индуктивные.

В настоящее время для измерения деформаций при испытаниях и мониторинга сооружений, строительных конструкций и деталей наиболее широко используются тензорезисторные тензометры, основой которых служат тензорезисторы различных форм.

Принцип действия тензорезистора основан на изменении электрического сопротивления твердого тела при его деформации приложенной силой. К основной характеристике тензорезистора относят коэффициент тензочувствительности k , который определяется как отношение относительного изменения сопротивления к относительному изменению длины проводника:

$$k = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l} = \frac{\Delta R / R}{\Delta l / l} , \quad (1)$$

где ΔR – абсолютное изменение сопротивления, вызванное деформацией, (Ом);

R – начальное сопротивление недеформированного тензорезистора, (Ом);

Δl – абсолютное изменение длины (м);

l – длина недеформированного тензорезистора (м).

Для измерения силы с помощью тензорезисторов используют закон Гука, согласно которому при упругой деформации механическое напряжение σ пропорционально относительной деформации ε :

$$\sigma = K \cdot \varepsilon_l, \quad (2)$$

где K -модуль упругости.

Отсюда следует, что измерение силы с помощью тензорезистора сводится к изменению его сопротивления или напряжения на выходе измерительного моста.

Так же тензорезистор имеет такую характеристику как температурный коэффициент α . Так как при изменении температуры происходит изменение сопротивления тензорезистора, которое не связано с деформацией. Это является побочным эффектом. Через коэффициент тензочувствительности относительное изменение сопротивления выражается формулой:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon_l + \alpha \cdot \theta, \quad (3)$$

где α – температурный коэффициент сопротивления (K^{-1});

θ – изменение температуры (К).

Конструктивно тензорезистор состоит из очень тонкого провода или металлической фольги, которая сформирована в виде змейки и нанесена на подложку (носитель), которая непосредственно приклеивается к испытываемому телу. Тензорезисторы в зависимости от чувствительного элемента могут быть проволочными, фольговыми и полупроводниковыми.

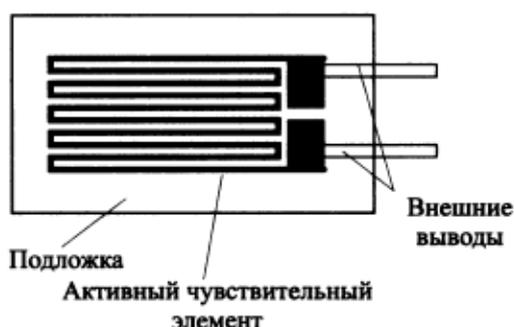


Рисунок 2 – Структура металлического тензодатчика.

Змеевидная структура датчика обеспечивает большое относительное изменение длины фольги вдоль датчика и очень малое изменение при растяжении датчика в поперечном направлении.

Для точной передачи растяжения образца через подложку на металлический проводник очень важно правильно прикрепить датчик к испытываемому образцу. Для этого лучше всего пользоваться информацией, предоставляемой изготовителем тензодатчика.

Длина чувствительного элемента тензодатчика и длина его подложки изменяются в зависимости от температуры. Поэтому, несмотря на специальные меры, принимаемые при изготовлении тензодатчиков их производителями, существует проблема снижения температурной чувствительности. Температурная чувствительность определяется двумя физическими явлениями: зависимостью омического сопротивления материала тензорезистора от температуры и паразитным тензорезистивным эффектом, который возникает вследствие несогласованности температурных коэффициентов расширения тензорезистора и материала объекта, на который наклеен тензорезистор. [4] Поэтому при измерении деформации конструкций стараются подобрать тензорезисторы по возможности равными температурному коэффициенту расширения материала исследуемого объекта.

2.3 Требования, предъявляемые к металлическим конструкциям

К самым главным требованиям при проектировании металлических конструкций относят:

Условия эксплуатации. Соответствие эксплуатационному назначению является главным требованием для проектировщика. Так же должны быть обеспечены надежность и безопасность сооружения. Данные условия определяют конструкторскую форму сооружения и материалы, для изготовления конструкции.

Технические требования. Они объединяются к обеспечению устойчивости, прочности и жесткости. Также сюда относят обеспечение надежности, заключающаяся в безотказной работе конструкции в течении расчетного периода эксплуатации, и долговечность, определяемая сроками физического и морального износа конструкции.

Экономичность. Данное условие обусловлено расходами на металл и иные материалы, необходимые для построения конструкций, стоимость ее изготовления, транспортировка и монтаж. Также сюда можно отнести уменьшение трудоемкость изготовления и монтажа и повышение производительности труда.

Эстетичность. Конструкции независимо от их предназначения обязаны обладать гармоничными формами.

Все требования и общие принципы обеспечения надежности, предъявляемые к металлическим конструкциям, описаны в ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований».

2.4 Требования, предъявляемые к МБО

Для исправной работы МБО, она должна содержаться в соответствии с эксплуатационными требованиями, содержащиеся в эксплуатационной документации.

В целях предохранения конструкций от перегрузок нельзя допускать:

- Изменение конструктивной схемы каркаса.
- Ослабления сечения элементов конструкций и связей отверстиями, врезами.
- Использовать конструктивные элементы не по назначению (в качестве якорей оттяжек или упоров, для подвески грузов и т.п.) при проведении монтажных и ремонтных работ, при отсутствии проектного решения.
- Не предусмотренных проектом установок и подвесок технологического оборудования, различных подвесных транспортных систем и передаточных

устройств. Дополнительные нагрузки могут быть допущены после проверочных расчетов и усиления (при необходимости) строительных конструкций и только с письменного разрешения руководителя отдела эксплуатации.

- Превышения предельных нагрузок, представленных в технических характеристиках, на стационарные и переходные площадки, лестницу наружную и внутреннюю. На стенах и других хорошо видимых элементах башни должны быть сделаны надписи, указывающие величину допускаемых предельных нагрузок.

- Изменения нагрузок от временных устройств и приспособлений, используемых при производстве ремонтных работ.

- Превышение значения ускорения (замедления) МБО при пуске (торможении) механизма передвижения указанных в технических характеристиках.

- Превышение предельных значений скорости перемещения МБО указанных в технических характеристиках.

Дополнительные нагрузки в случае производственной необходимости могут быть допущены только по согласованию с проектной организацией.

Для предохранения строительных конструкций МБО от механических повреждений необходимо уберегать от ударов:

- При транспортировке и перемещении грузов.

- По неосторожности, при небрежной разгрузке материалов, изделий, деталей, от передвижки оборудования и т.п.

- От других механических повреждений во время производства регламентируемых работ и др.

Механические повреждения могут быть предотвращены соответствующей организацией технических процессов и, в необходимых случаях, ограждением конструкций специальными защитными устройствами.

Поддержание в производственных помещениях проектного температурно-влажностного режима должно обеспечивать климатические условия надежной долговременной безаварийной эксплуатации несущих строительных конструкций МБО.

Для защиты от воздействия климатических факторов (дождя и снега, переменного режима увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания и т.д.) необходимо:

- Содержать в исправном состоянии и своевременно возобновлять защитные покровные элементы обшивки крыши, лакокрасочных и других покрытий.

- При уборке кровли пыль и снег следует очищать равномерно с обоих скатов кровли, не собирая в кучи.

- Не допускать скопления снега у стен МБО, приводящего к переменному намоканию и замораживанию наружных стен, защитного фартука.

- Обеспечивать исправность ограждающих конструкций и элементов МБО (обшивки фасадов, крыши и ворот, светопрозрачных покрытий и др.).

- Содержать в исправном состоянии гидроизолирующие покрытия крыши и устройства для отвода атмосферных и талых вод (водоотводы, карнизы, сливы и т.д.).

- Уборку покрытий от пылевых отложений, а также смесей снега и льда с пылью (в зимне-весенний период) следует производить регулярно, не допуская накопления этих отложений сверх указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно допустимая толщина отложений

Характер отложений	Предельно допустимая толщина отложений, см, для сооружения, размещенного в I снеговом районе
Мокрый снег	5
Снег с пылью	6
Мокрая или слежавшаяся пыль	1
Лед с пылью	2

Эксплуатация составных частей МБО ограничена ветровым воздействием и разрешена в следующих случаях:

- Проведение работ по обслуживанию РКН при скорости ветра с двухминутным периодом осреднения на высоте 10 м от поверхности Земли до 10 м/с (с учетом порывов до 15 м/с);

- Функционирование при скорости ветра с двухминутным периодом осреднения на высоте 10 м от поверхности Земли до 15 м/с (с учетом порывов до 22.5 м/с).

При превышении этих значений эксплуатация запрещена.

Эксплуатация металлоконструкций МБО разрешена при температуре окружающего воздуха от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$, во всех остальных случаях – запрещена.

Необходимо следить за тем, чтобы не реже одного раза в год с поверхности окрашенных стальных конструкций были убраны пыль и масложировые отложения пылесосами (при сухой не слежавшейся) или скребками и щетками (при влажной слежавшейся пыли). В последнем случае необходимо следить, чтобы не повреждались лакокрасочные покрытия.

За основными металлоконструкциями, элементами обшивки и технологическими помещениями должны быть установлены постоянный надзор и уход, которые должны позволять своевременно обнаруживать повреждения, возникшие в процессе эксплуатации или допущенные при строительстве и не устраненные до ввода объекта в действие.

В комплекс мероприятий по обеспечению условий эксплуатации конструкций входят:

- Соблюдение производственных габаритов проходов и проездов как внутри башни, так и при входах и въездах через задние и передние ворота. Их границы должны быть четко обозначены на полах или других удобных для этой цели местах.

- Своевременная уборка отходов производства в предназначенные для этого места.

- Запрещение загромождения прилегающей к МБО территории материалами, отходами производства и другими предметами.

- Содержание в чистоте поверхностей всех несущих и ограждающих конструкций.

- Систематическая очистка световых проемов и регулярное восстановление окраски внутренних поверхностей помещений.
- Строгое соблюдение правил противопожарной безопасности.

3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Ветровые нагрузки

Ветровое воздействие согласно СП 20.13330.11 относится к кратковременным нагрузкам, которые не имеют нормативного значения.

3.1.1 Сбор и анализ данных ветровых нагрузок

Для изучения и анализа ветровых нагрузок были составлены таблицы и розы ветров за 2016-2020 г в ЗАТО Циолковский.

Роза ветров представляет собой векторную диаграмму, изображающую режим изменения направлений и скоростей ветра в определенном месте и в течение определенного временного промежутка. Розу ветров принимают во внимание при строительстве автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос аэродромов и населенных пунктов.

Роза ветров, построенная по реальным данным наблюдений, позволяет по длине лучей построенного многоугольника выявить направление преобладающего ветра, со стороны которого чаще всего происходит воздушный поток в данную местность.

Ниже представлены краткие таблицы с ветровыми нагрузками за 2016 – 2020 г и розы ветров.

Таблица 2 – Средняя скорость ветра ЗАТО Циолковский за 2016-2020г.

в метрах на секунду

Период	2016	2017	2018	2019	2020
Январь	2,77	2,71	2,61	2,52	1,71
Февраль	2,79	3,04	2,43	3,14	2,55
Март	2,61	2,52	3,77	3,13	2,77
Апрель	3,13	3,66	4,31	3,70	3,23
Май	3,16	3,13	2,67	3,61	2,87
Июнь	2,06	1,8	1,93	2,00	–
Июль	2,35	1,87	1,94	1,52	–
Август	2,29	1,71	1,68	1,84	–
Сентябрь	2,13	2,65	3,04	2,73	–

Октябрь	4,52	3,35	2,84	2,74	–
Ноябрь	2,80	2,64	2,76	3,40	–
Декабрь	1,77	2,45	2,48	2,06	–
Зима	2,40	2,73	2,50	2,57	2,13
Весна	2,97	3,10	3,58	3,48	2,96
Лето	2,23	1,79	1,85	1,78	–
Осень	3,15	2,88	2,88	2,96	–

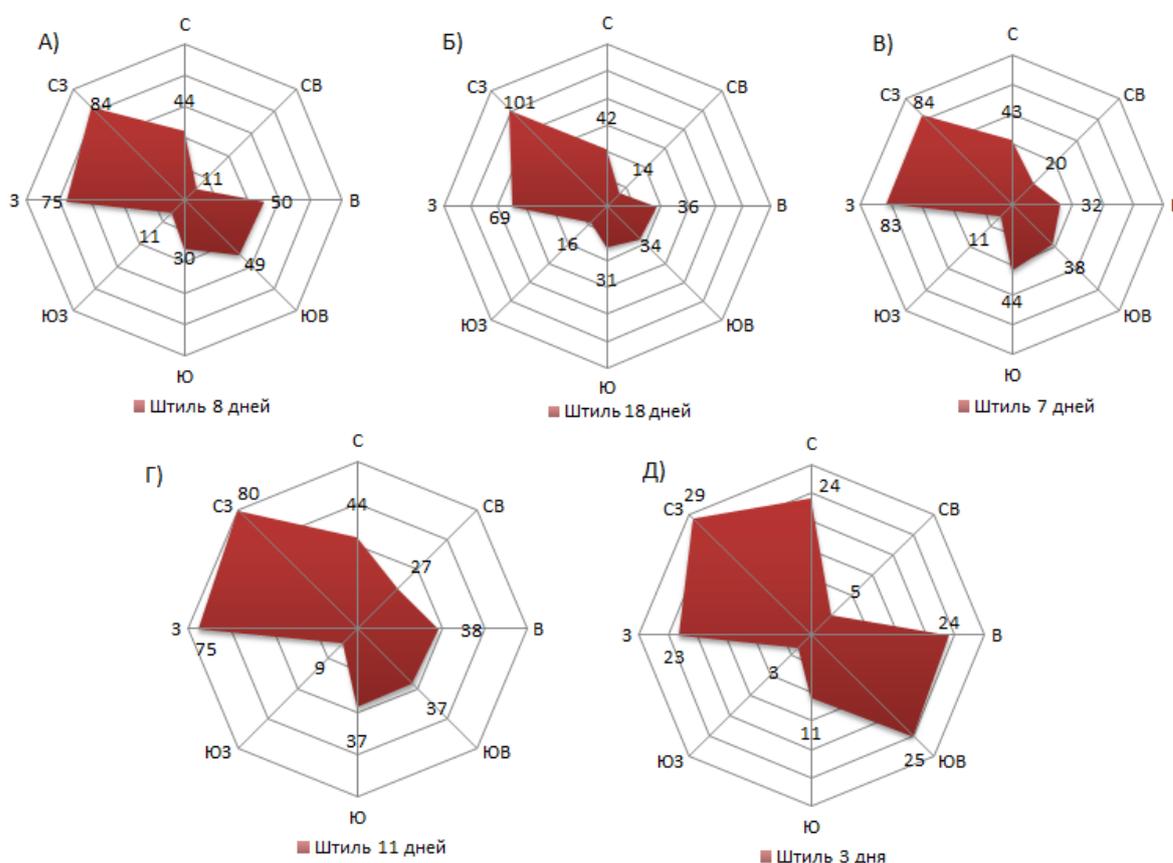


Рисунок 3 – Роза ветров ЗАТО Циолковский за 2016-2020гг.

а) за 2016 г; б) за 2017 г; в) за 2018г; г) за 2019 г; д) за 2020 г.

Вывод: Проанализировав данные направления и скорости ветра ЗАТО Циолковский за период 2016 по 2020 год, видим, что основным является северо-западный и западный ветер в зимнее время года, южный, юго-восточный и восточный преобладают в летнее время года. Самым ветренным месяцем является

апрель, скорость ветра варьируется от 3 до 4,31 м/с. В летний период скорость ветра не превышает 2,3 м/с.

3.1.2 Расчет ветровых нагрузок

Ветровая нагрузка на сооружения находится в зависимости от формы здания, положения в пространстве и проницаемости ограждений.

Мобильная башня обслуживания относится к сооружению башенного типа и имеет прямоугольный каркас и сводчатую крышу. МБО находится на открытой местности с постройками менее 10 метров, что позволяет нам определить для расчета ветровой нагрузки тип местности – А, который определен согласно СНиП 2.01.07-85. Также сразу определим ветровой район – II, по приложению Ж СНиП 2.01.07-85.

Согласно СНиП 2.01.07-85 и ГОСТ Р 56728-2015 ветровые нагрузки можно рассчитать по следующим формулам.

Нормативное значение ветрового давления (нагрузки) – это характерный скоростной напор ветра для определенного ветрового района.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты – над поверхностью земли определяют по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k \cdot c \quad (4)$$

где w_0 - нормативное значение ветрового давления (скоростной напор);

k - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте и местности;

c – аэродинамический коэффициент.

Нормативное значение ветрового давления, можно определить по следующей формуле или принять в зависимости от ветрового района по СНиП 2.01.07-85.

$$w_0 = \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} \quad (5)$$

где ρ - плотность воздуха 1,2041 кг/м³ при 20°C и сухом воздухе;

v_0 - скорость ветра.

Эквивалентная высота z_e определяется несколькими способами. Так как МБО это башенное сооружение, то в нашем случае z_e определяется следующим образом:

$$z_e = z \quad (6)$$

где z - высота от поверхности земли.

Коэффициент k определяется по таблице 11.2 СНиП 2.01.07-85, завися от типа местности и высоты сооружения. Зная тип местности – А и высоту МБО 50,630 м определим коэффициент $k = 1,7$.

Высота z_e , м	Коэффициент k для типов местности		
	А	В	С
≤5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
≥ 480	2,75	2,75	2,75

Рисунок 4 – Таблица для определения коэффициента k из СП 20.13330.11

Аэродинамический коэффициент c зависит от формы сооружения и определяется по таблицам или графикам из приложения Д СНиП 2.01.07-85. Зная, что МБО имеет прямоугольный каркас и сводчатую крышу, определим аэродинамический коэффициент c .

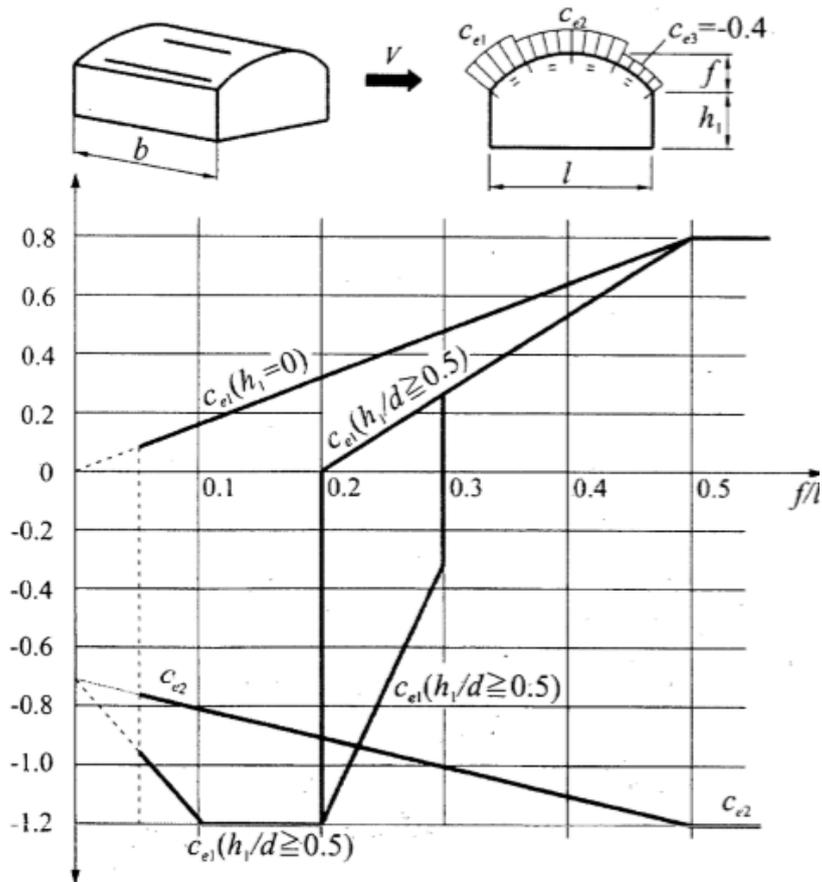


Рисунок 5 – График для определения аэродинамического коэффициента c для прямоугольных в плане зданий со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями из СНиП 2.01.07-85.

Зная размеры МБО, вычисляем аэродинамический коэффициент.

Высота МБО без крыши h : 45,350 м.

Высота крыши f : 5,280 м.

Ширина МБО l : с лестницей: 37,460 м.

Толщина МБО $b(d)$: 25,160 м.

$$\frac{f}{l} = \frac{5,280}{37,460} = 0,14 \quad \frac{h}{d} = \frac{50,630}{25,160} = 2,01.$$

Так как $h/d \geq 0,5$, аэродинамический коэффициент c равен $-1,2$.

Определив все коэффициенты, рассчитаем ветровую нагрузку по формулам (4) и (5) и сведем все в общую таблицу.

Таблица 3 – Расчетное среднее значение ветровой нагрузки за определенный период

Период	w_0 , Па	w_m , Па
2016	4.38	-8.94
2017	4.16	-8.48
2018	4.41	-8.99
2019	4.39	-8.95
2020	0.72	-1.47
Максимальное эксплуатационное условие (при скорости ветра 10 м/с)	60.21	-122.82

Отрицательное значение средней составляющей ветровой нагрузки говорит о том, что нагрузка приложена от здания.

3.2 Температурные климатические воздействия

Изменения температуры наружного воздуха, такие как суточные или сезонные, солнечное излучение и т.д. приводят к изменению температуры, которая распределяется в отдельных элементах конструкций зданий. Такие перемены активизируют температурные воздействия на конструкцию сооружения, а их следует принимать во внимание при проектировании. Температурные воздействия относятся к группе внутренних деформаций. Деформация и напряжения зависят прежде всего от свойств материала, а также условий крепления отдельных элементов, целой конструкции.

Температурные воздействия на конструкции зданий возникают в результате:

- Климатических условий местности, где находится конструкция;
- Дневных и сезонных климатических изменений;
- Термические факторы, образующиеся в результате эксплуатации.

Ниже приведена таблица со средними значениями температур в ЗАТО Циолковский за 2016 – 2020 г.

Таблица 4 – Расчетное среднее значение температурной нагрузки за определенный период

в градусах Цельсия

Период	2016	2017	2018	2019	2020
Январь	-21	-20	-21	-17	-20
Февраль	-21	-11	-18	-14	-14
Март	-4	-2	-4	-3	-4
Апрель	6	6	7	5	7
Май	14	15	17	27	14
Июнь	18	20	18	20	–
Июль	23	23	22	22	–
Август	20	20	20	20	–
Сентябрь	15	14	14	14	–
Октябрь	-1	1	7	6	–
Ноябрь	-15	-11	-10	-13	–
Декабрь	-19	-22	-20	-23	–
Зима	-20	-18	-20	-18	-11
Весна	5	6	6	10	6
Лето	21	21	20	20	–
Осень	0	1	4	2	–
Эксплуатационные условия (минимум и максимум)	от -40 до +40				

3.3 Воздействие атмосферного давления

Атмосферное давление это давление толщи атмосферного воздуха на плоскость Земли и предметы, которые находятся на ней. Как и ветровая и температурная нагрузка, так и нагрузка атмосферным давлением влияет на конструкцию здания или сооружения. Так как любое изменение внешнего давления

вызывает перемены давления внутри здания, а также изменение в соотношениях частей объема здания.

Ниже приведены таблицы со средними значениями атмосферного давления в ЗАТО Циолковский за 2016 – 2020 г.

Таблица 5 – Расчетное среднее значение атмосферного давления за определенный период

в миллиметрах ртутного столба

Период	2016	2017	2018	2019	2020
Январь	747	747	745	746	748
Февраль	746	744	746	745	743
Март	744	744	743	720	735
Апрель	738	737	739	738	741
Май	736	735	738	734	732
Июнь	737	736	735	737	–
Июль	737	735	737	735	–
Август	738	737	740	739	–
Сентябрь	742	738	767	741	–
Октябрь	744	746	742	744	–
Ноябрь	747	771	746	745	–
Декабрь	747	747	747	725	–
Год	742	743	744	737	740
Эксплуатационные условия (минимум и максимум)	от 700 до 780				

Для удобства расчета переведем атмосферное давление в Паскали.

Таблица 6 – Расчетное среднее значение атмосферного давления за определенный период

в килопаскалях

Период	2016	2017	2018	2019	2020
Январь	99.59	99.59	99.32	99.46	99.72
Февраль	99.46	99.19	99.46	99.32	99.06

Продолжение таблицы 6

Март	99.19	99.19	99.06	95.99	97.99
Апрель	98.39	98.26	98.52	98.39	98.79
Май	98.12	97.99	98.39	97.86	97.59
Июнь	98.26	98.12	97.99	98.26	–
Июль	98.26	97.99	98.26	97.99	–
Август	98.39	98.26	98.66	98.52	–
Сентябрь	98.92	98.39	102.26	98.79	–
Октябрь	99.19	99.46	98.92	99.19	–
Ноябрь	99.59	102.79	99.46	99.32	–
Декабрь	99.59	99.59	99.59	96.66	–
Год	98.92	99.06	99.19	98.26	98.66
Эксплуатационные условия (минимум и максимум)	от 93.33 до 103.99				

В основном атмосферное давление держится 98-99 кПа. За период 2016-2020 года максимальное давление было в сентябре 2018 года, оно поднялось до 102 кПа, что объясняется изменением температуры и перемещением воздуха. Это связано с циклоном, который был в сентябре 2018 года в Амурской области.

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для определения климатических воздействий на МБО была применена система автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks Flow Simulation. Для расчета использовалась трехмерная модель МБО, см рис. 1.

Для расчета модель МБО была максимально упрощена, так как полноценную модель МБО SolidWorks не смог просчитать. Размеры упрощенной модели приведены на рисунке 6. Также модель построена с масштабом 1:100. Для большей правдоподобности компьютерного моделирования воздействие климатических нагрузок на упрощенную, масштабированную модель МБО была сделана дополнительно поверхность, заменяющая реальный стартовый стол.

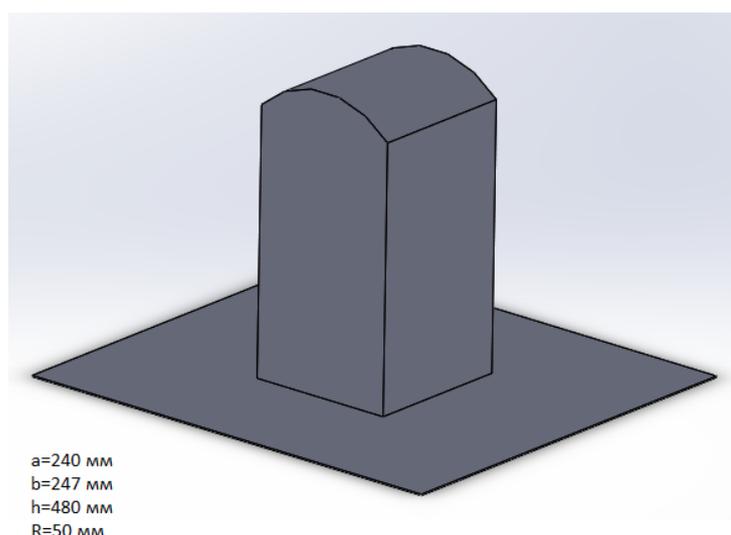


Рисунок 6 – Размеры упрощенной модели МБО

Для выполнения данного расчета бралась скорость ветра, температура и давление согласно ветровому району. Также расчет выполняется для разных углов атаки ветра $\alpha = 0, 15, 30^\circ$. При исследовании упрощенной модели МБО внешняя нагрузка прикладывается к передней стенке МБО в летний период, так как согласно розе ветров ветер дует с востока и юга-востока. В зимний период дует северо-западный и западный ветер на заднюю стенку МБО. При строительстве МБО был учтен ветровой район и роза ветров, поэтому ориентация конструкции в

пространстве имеет наиболее выгодное положение. Боковые стены сооружения воспринимают нагрузки больше на растяжение и сжатие, в то время как передняя и задняя стенки работают на изгиб. Поэтому передняя и задняя стенка больше подвержены ветровой нагрузке.

Как говорилось ранее расчет проходит в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation. Процесс моделирования обтекания модели МБО будет происходить следующим образом: положение модели не изменяется, изменяется лишь направление потока ветра относительно модели на определенный угол, также изменяется температура и давление.

Для создания первого исследования необходимо вызвать *Мастер проектов*.

В окне *Имя проекта* даем имя проекту, в нашем случае лучше указывать год, время года и угол атаки.

Далее в окне *Система единиц измерения* выбираем систему физических величин, в нашем случае удобно использовать систему СИ, но температуру меняем на градусы Цельсия для удобства.

В окне *Тип задачи* смотреть рисунок 7, необходимо выбрать тип исследования -Внешний, поставить галочки напротив «Исключить полости без условий течения» и «Исключить внутреннее пространство». В окне *Физические модели* выбираем «Нестационарность».

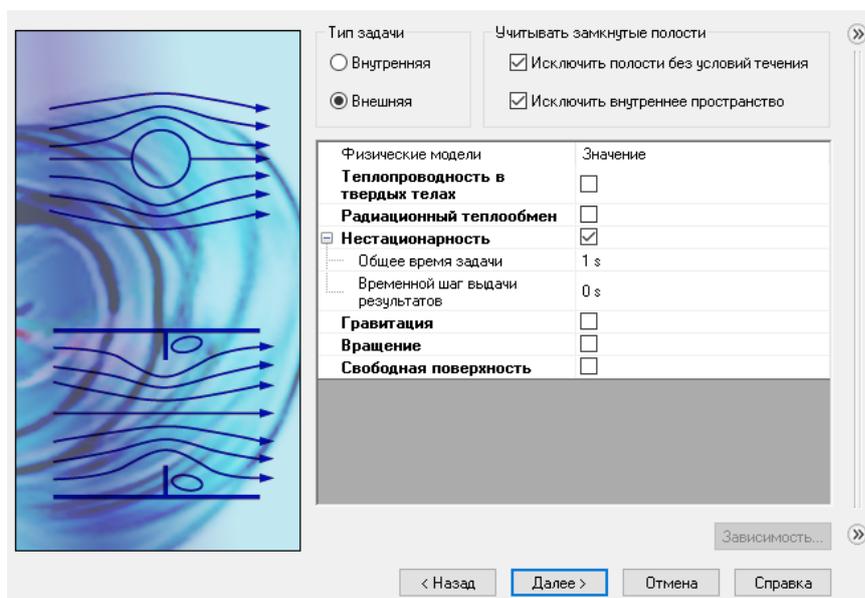


Рисунок 7 – Окно настройки «Тип задачи»

В следующем окне *Текущая среда*, выбираем рабочую среду: газы и воздух (рис. 8). В следующем окне *Условия на стенках* оставить все без изменений.

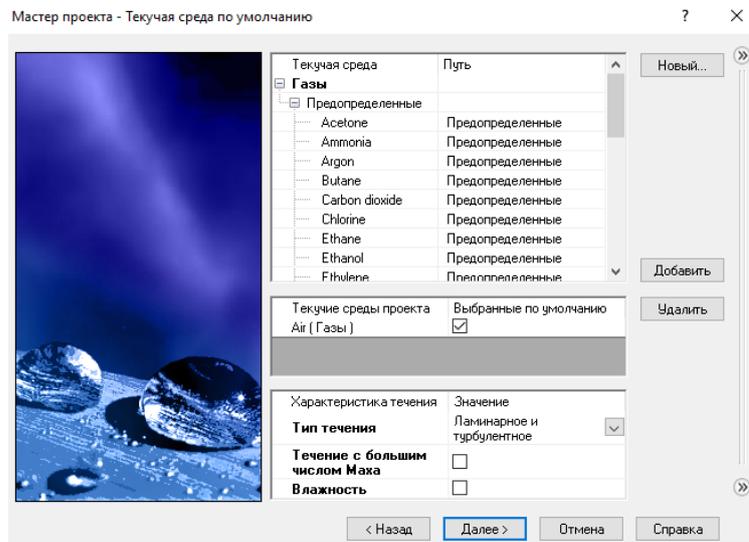


Рисунок 8 – Окно настройки «Текущая среда»

Далее в окне *Начальные и внешние условия* (рис. 9) задаем определенные параметры для каждого исследования он свой. Изменяем такие параметры как давление, температура, параметры скорости определяем через аэродинамические углы. Ставим определенную скорость, выбираем базовую плоскость – ZX, продольная ось – Z, а также ставим нужный угол атаки. Завершаем мастер проекта.

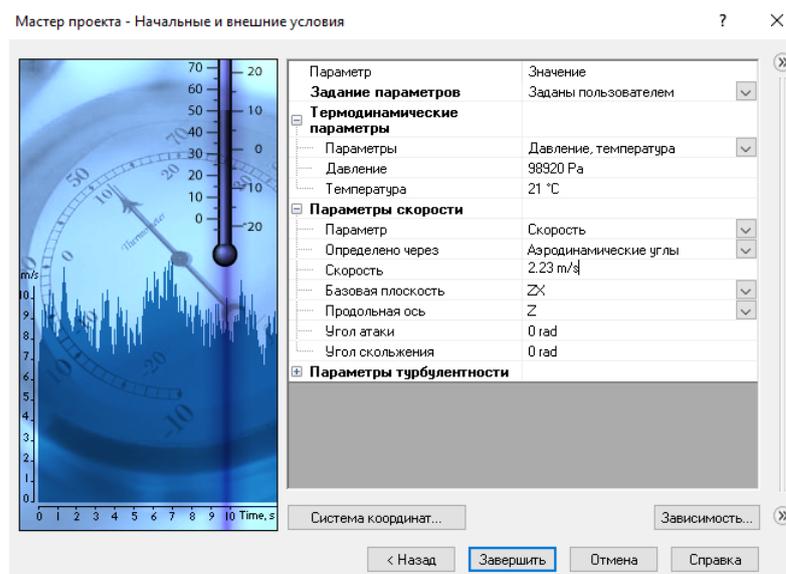


Рисунок 9 – Окно настройки «Начальные и внешние условия»

Следующим этапом является формирование задач, которые необходимо решить в ходе моделирования. Сначала необходимо указать общие задачи (Глобальные цели) – проекции равнодействующих сил и скоростей на оси координат в соответствии с рисунком 10.

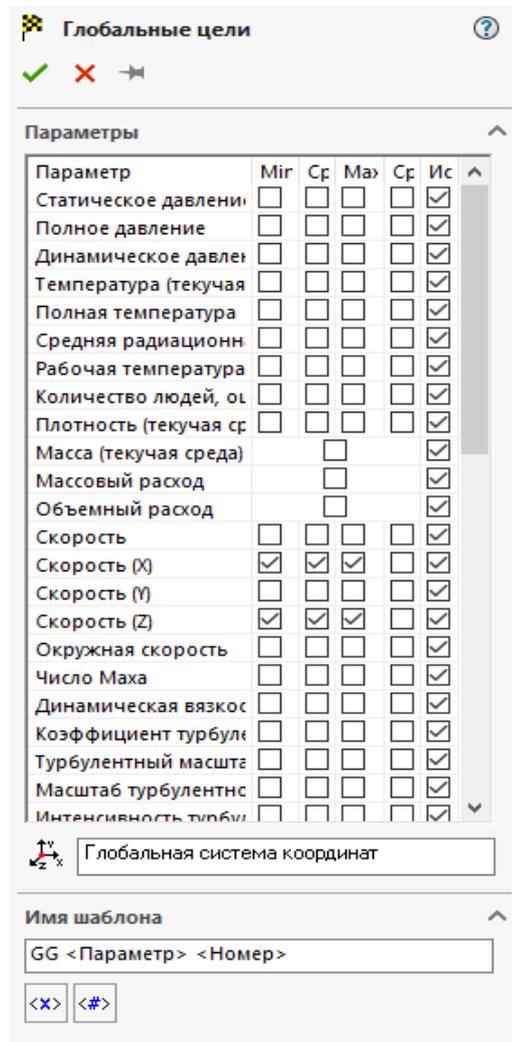


Рисунок 10 – Окна настройки «Глобальные цели»

Далее запускаем программу для расчета компьютерного моделирования, нажав на кнопку «Запустить».

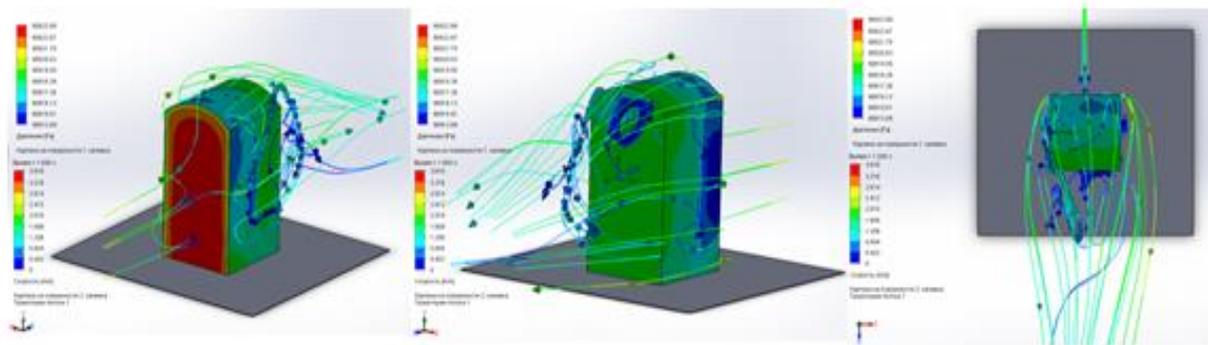
Описанный выше способ определения климатических нагрузок, влияющих на сооружения, при помощи SolidWorks Flow Simulation считается одним из альтернативных методов определения данных нагрузок на конструкции.

Данные которые вводились для исследования модели МБО приведены в таблице 7.

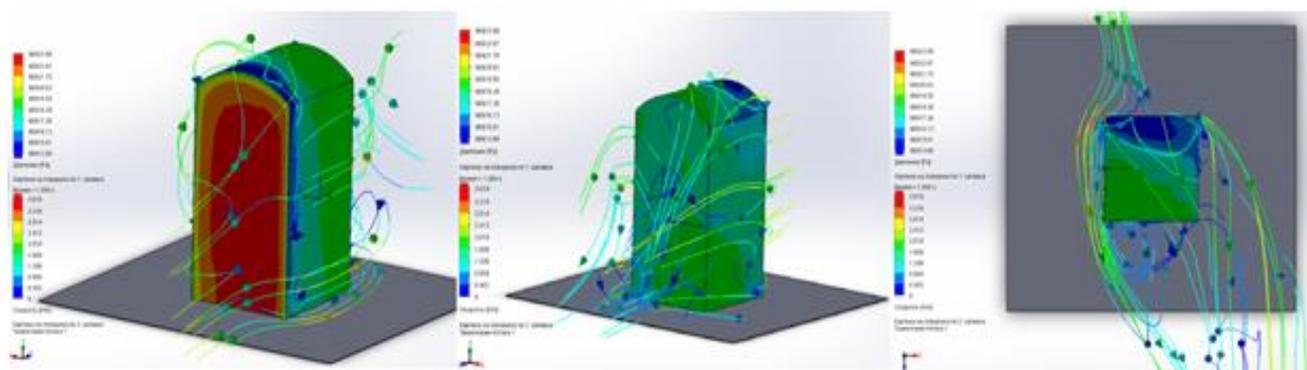
Таблица 7 – Данные используемые для исследования МБО

Год	Период	Давление, Па	Температура, °С	Скорость ветра, м/с
2016	летний	98920	21	2,23
	зимний		-20	2,4
2017	летний	99060	21	1,79
	зимний		-18	2,73
2018	летний	99190	20	1,85
	зимний		-20	2,5
2019	летний	98260	20	1,78
	зимний		-18	2,58
2020	зимний	98660	-11	2,13
Условия эксплуатаци и	Min	93330	-40	0,01
	Max	103990	40	25

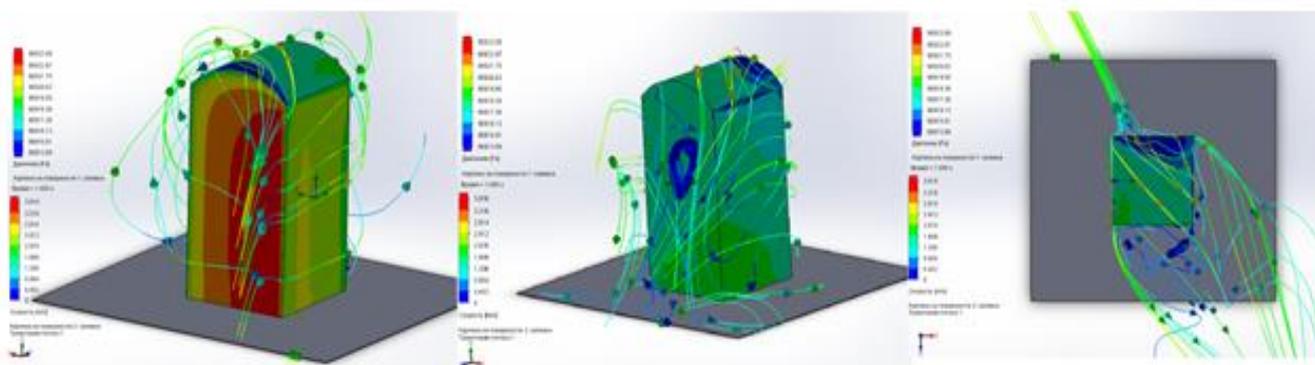
На дальнейших рисунках представлены результаты исследования модели МБО за период 2016-2020 г в летнее и зимнее время при разных углах атаки.



угол атаки $\alpha=0^\circ$

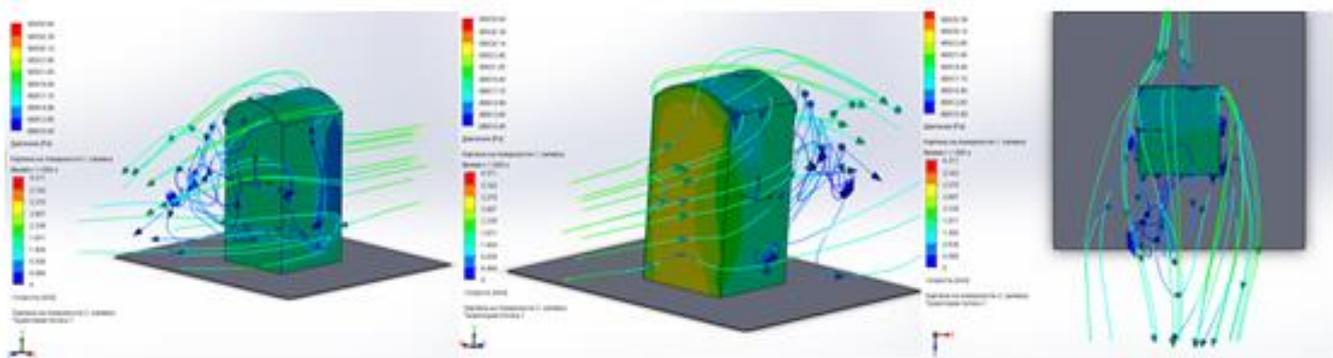


угол атаки $\alpha=15^\circ$

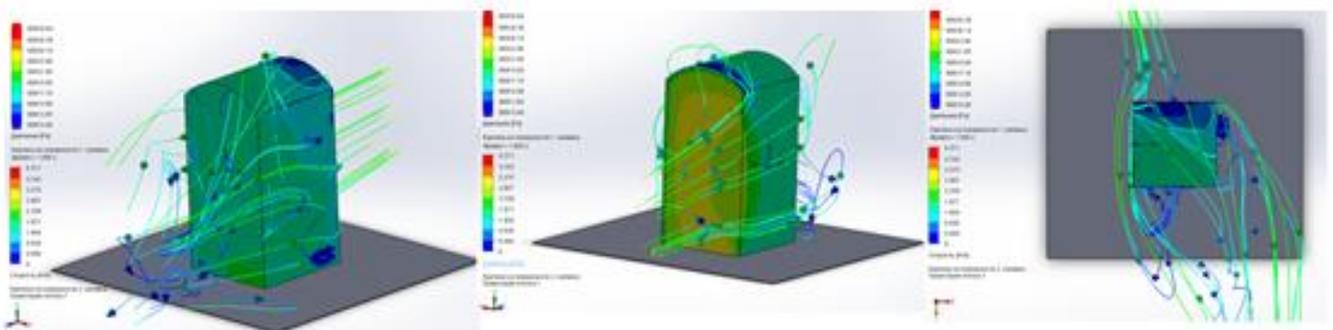


угол атаки $\alpha=30^\circ$

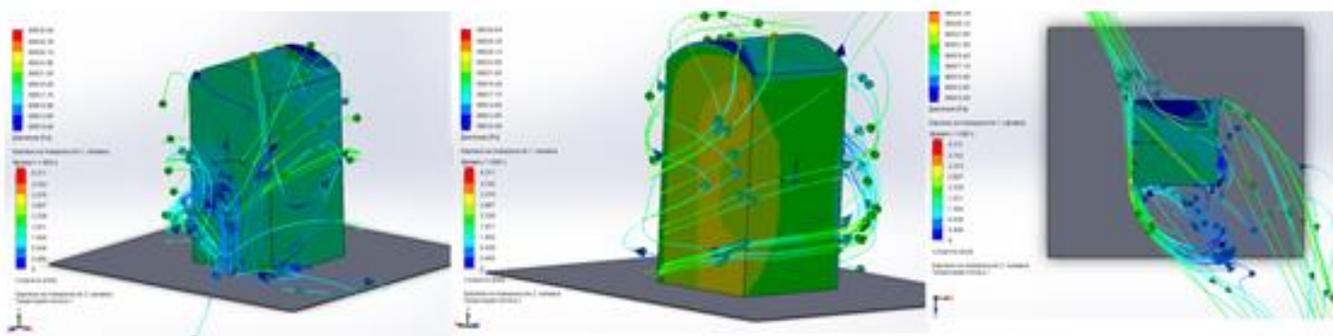
Рисунок 11 – Картина обтекания модели в 2016 года в летний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

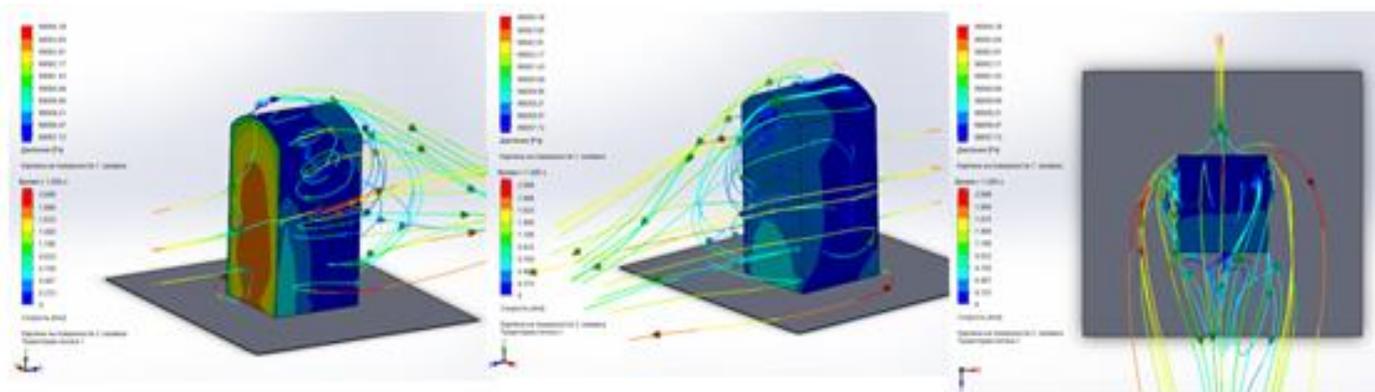


угол атаки $\alpha=15^\circ$

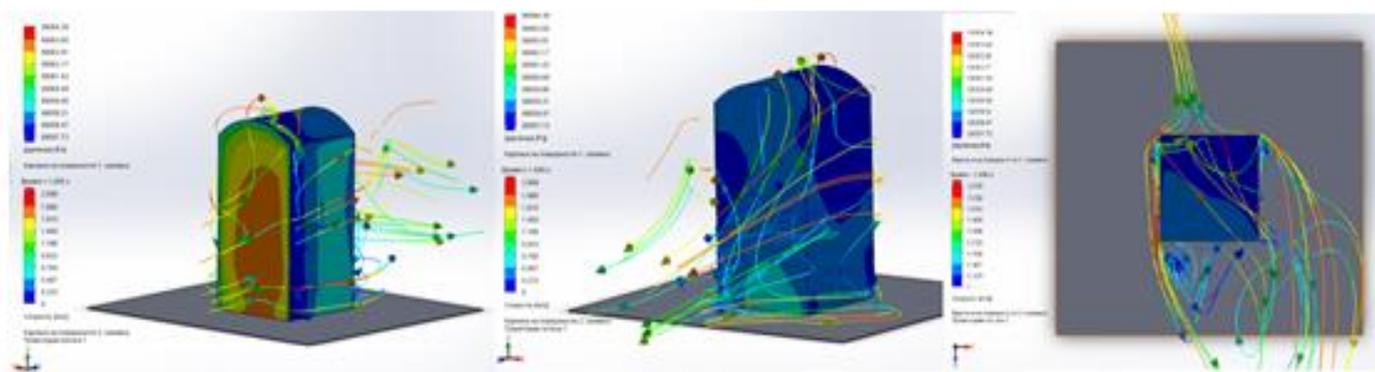


угол атаки $\alpha=30^\circ$

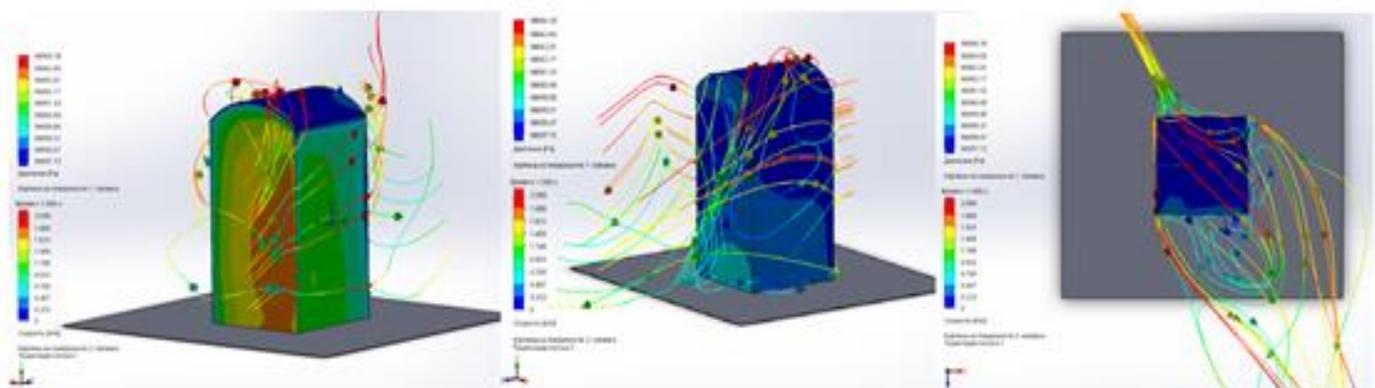
Рисунок 12 – Картина обтекания модели в 2016 года в зимний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

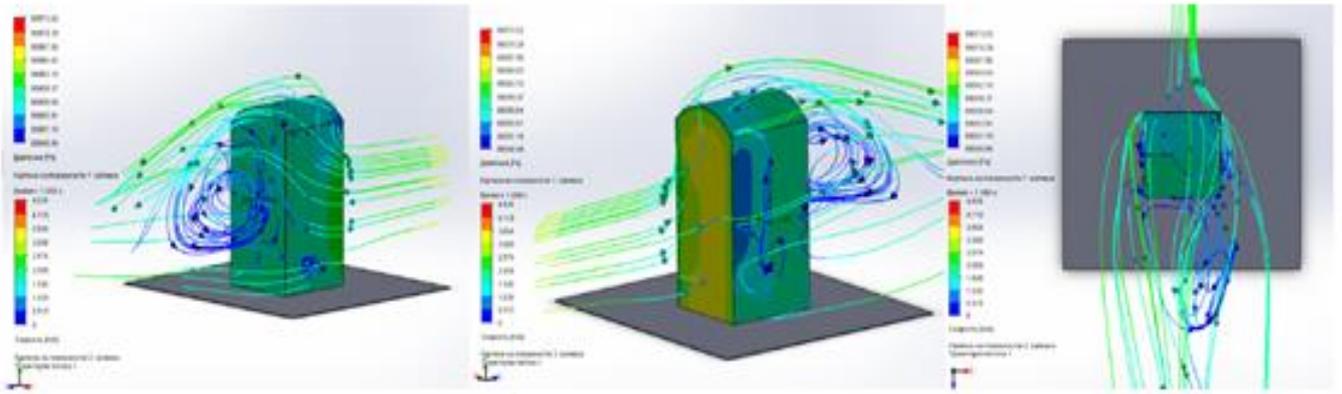


угол атаки $\alpha=15^\circ$

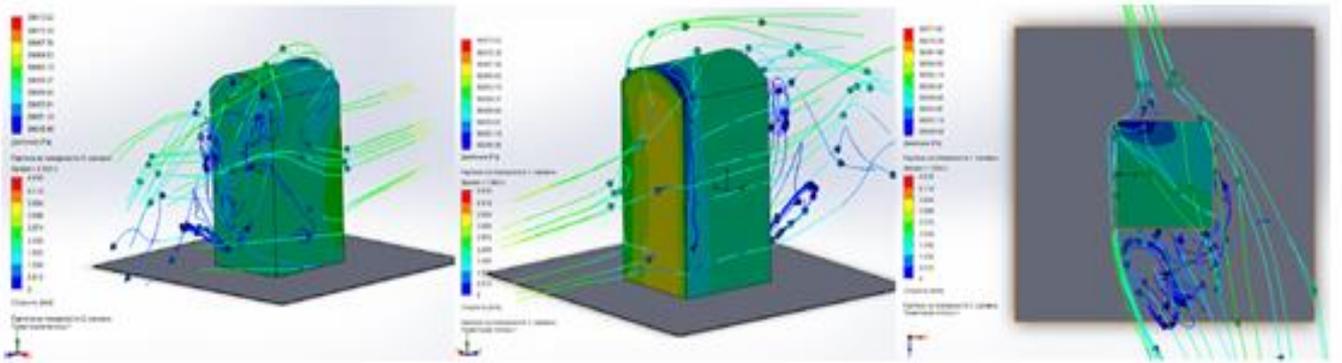


угол атаки $\alpha=30^\circ$

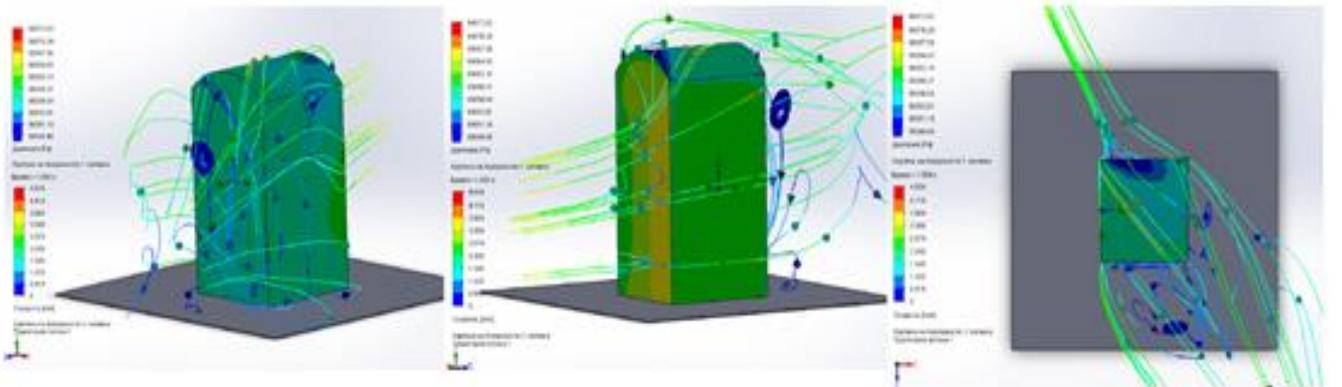
Рисунок 13 – Картина обтекания модели в 2017 года в летний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

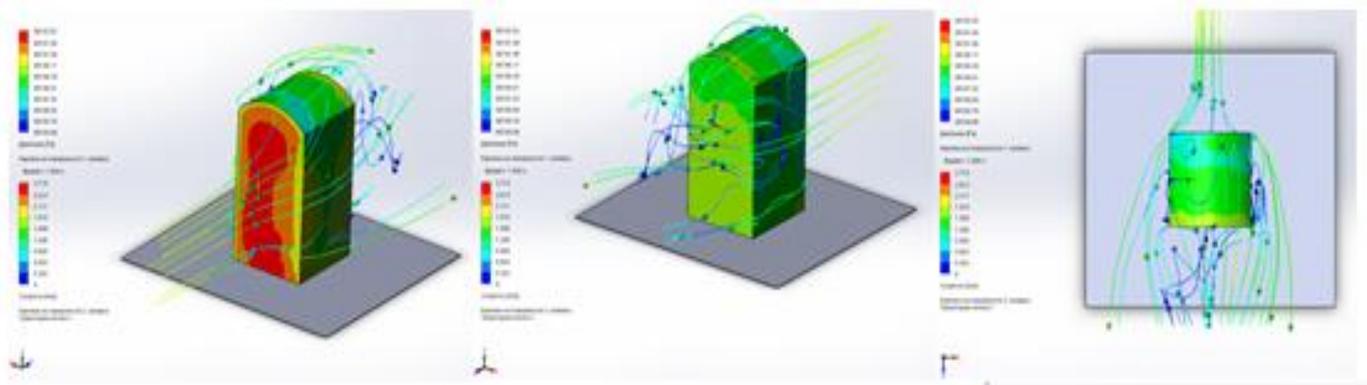


угол атаки $\alpha=15^\circ$

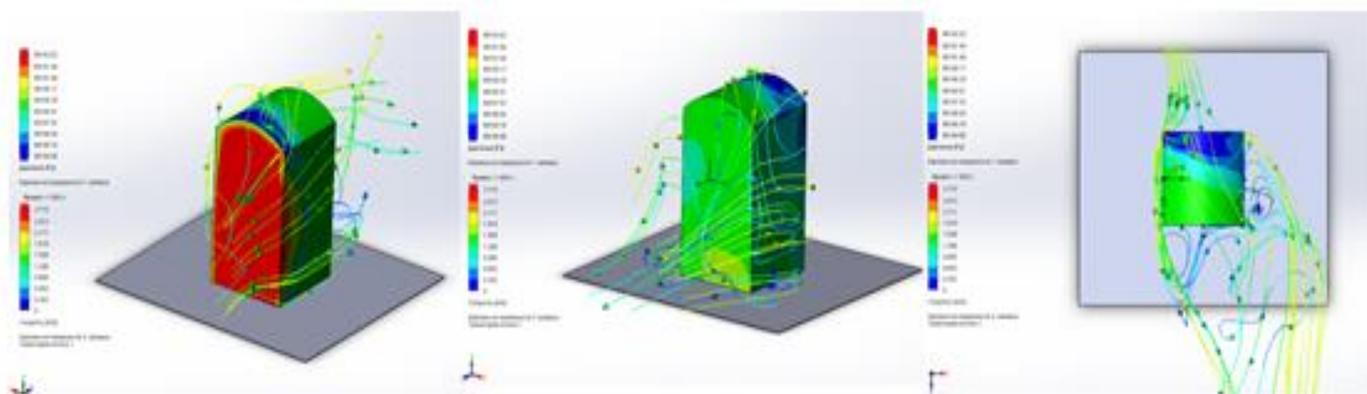


угол атаки $\alpha=30^\circ$

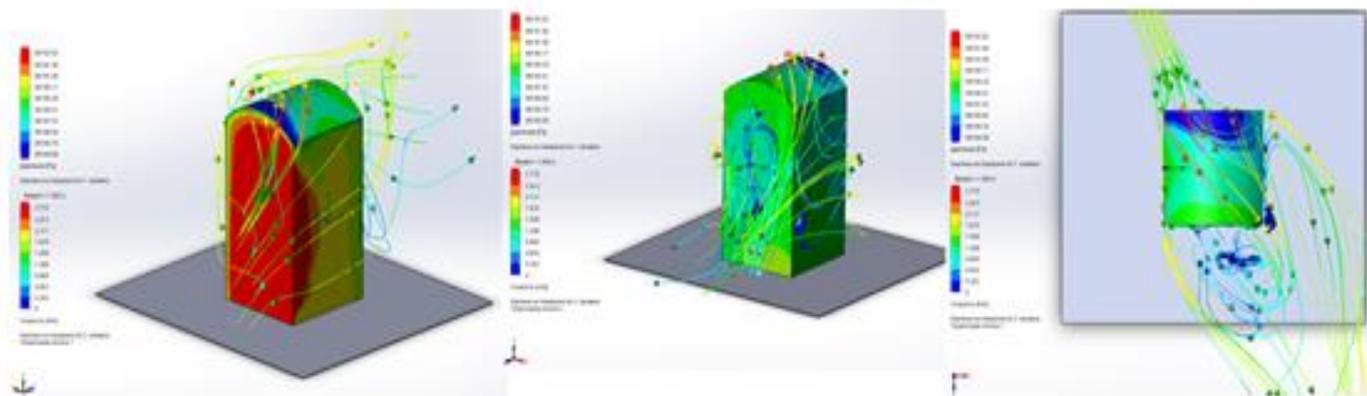
Рисунок 14 – Картина обтекания модели в 2017 года в зимний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

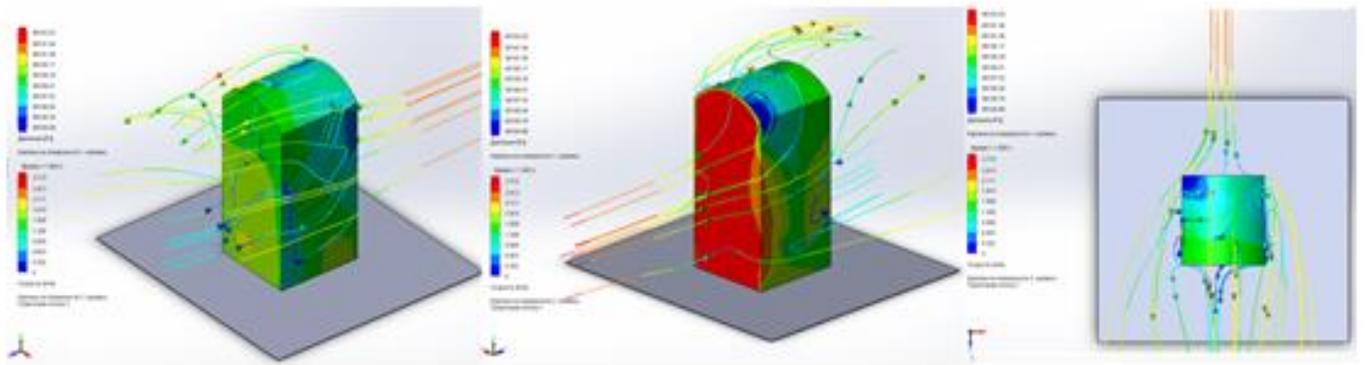


угол атаки $\alpha=15^\circ$

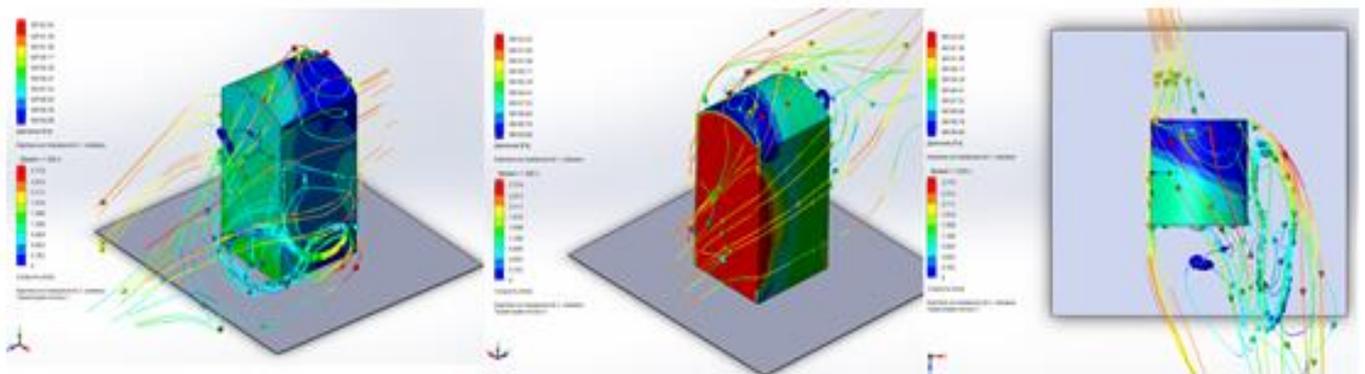


угол атаки $\alpha=30^\circ$

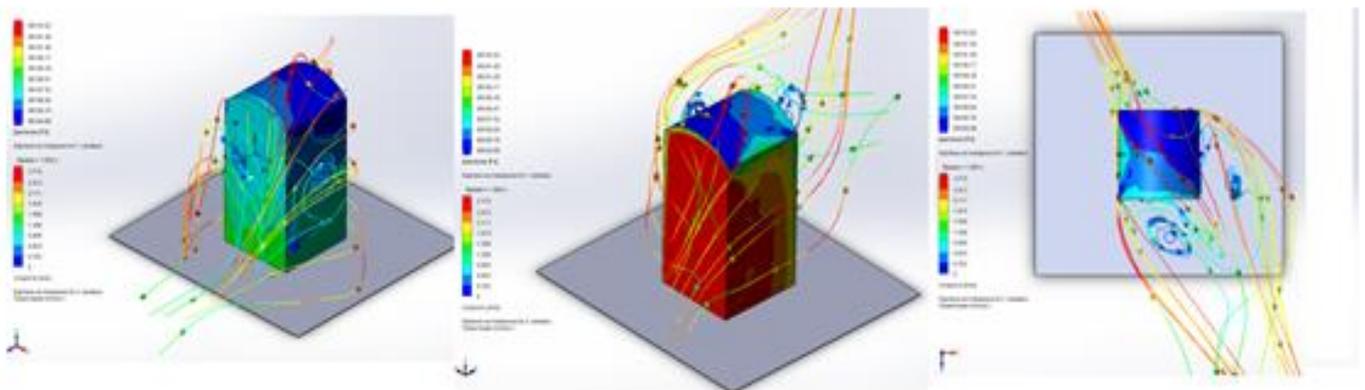
Рисунок 15 – Картина обтекания модели в 2018 года в летний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

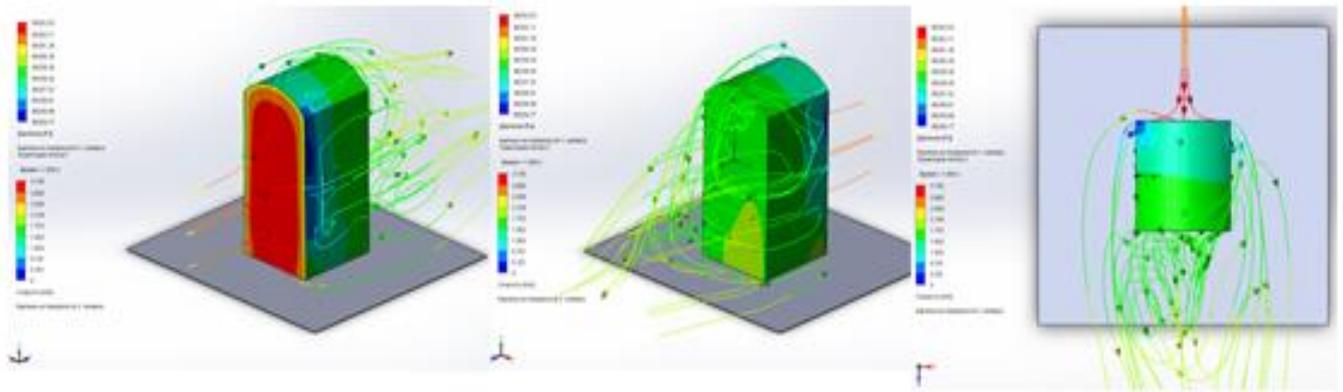


угол атаки $\alpha=15^\circ$

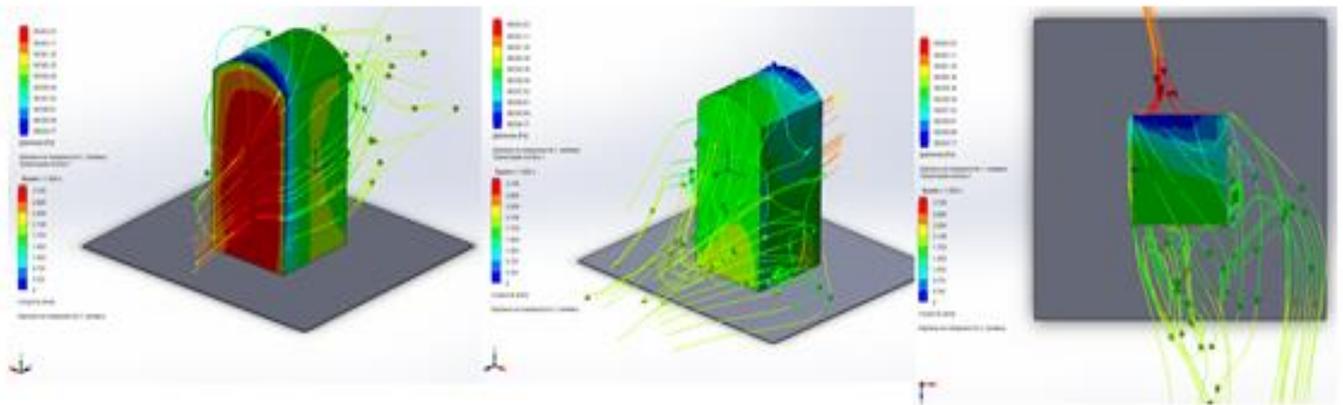


угол атаки $\alpha=30^\circ$

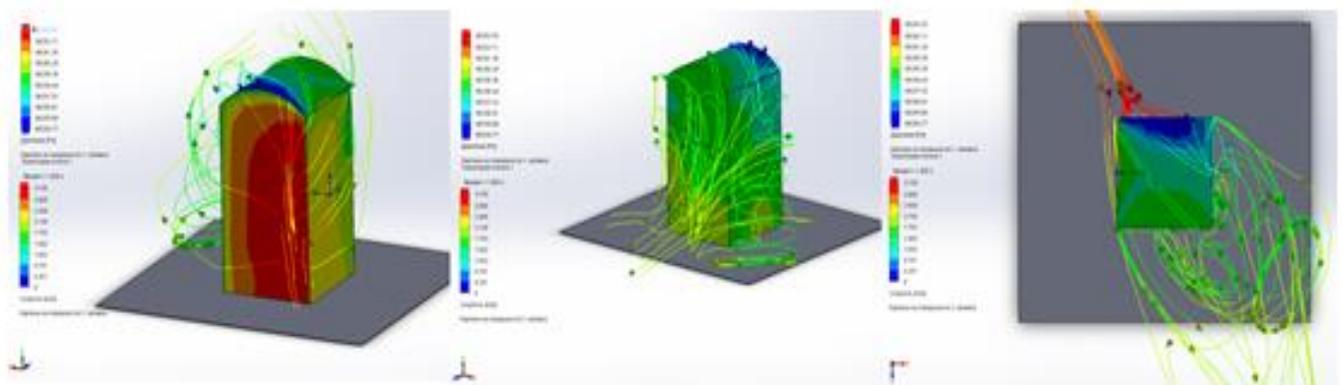
Рисунок 16 – Картина обтекания модели в 2018 года в зимний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

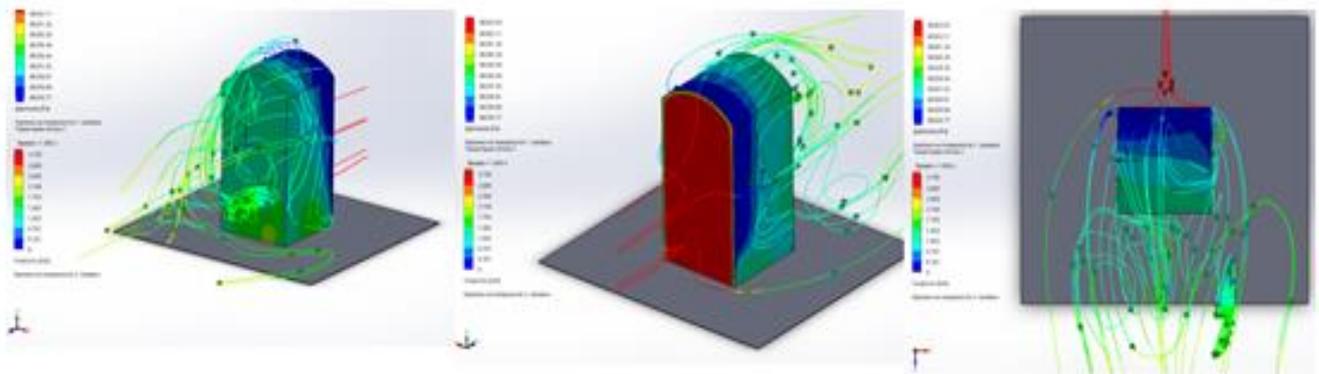


угол атаки $\alpha=15^\circ$

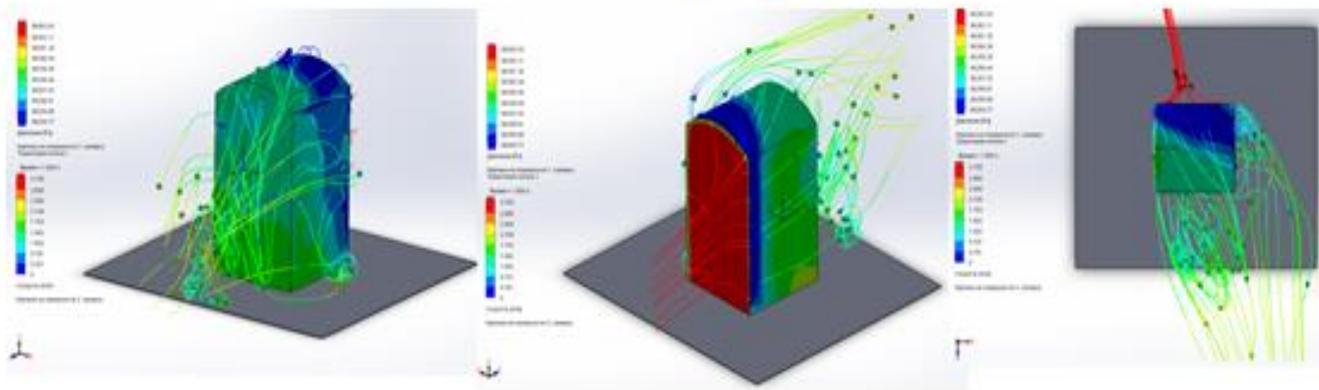


угол атаки $\alpha=30^\circ$

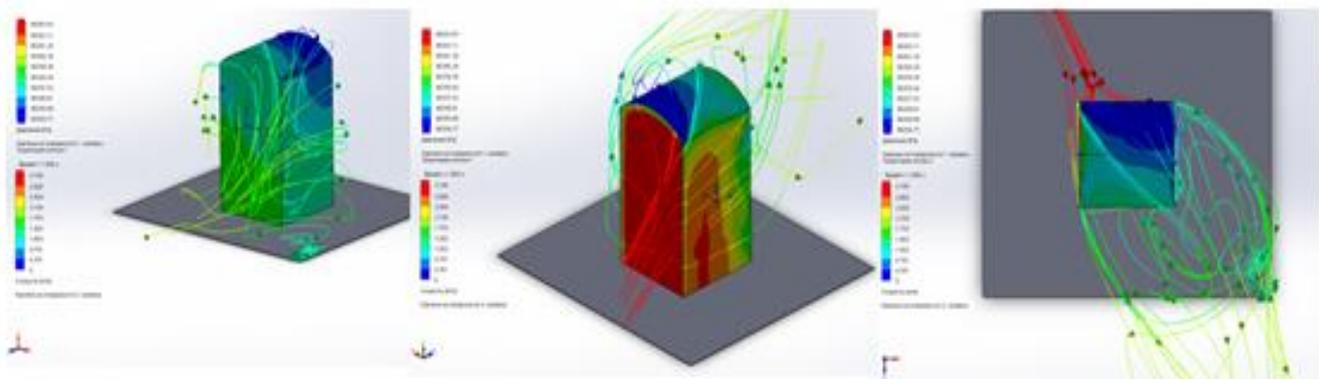
Рисунок 17 – Картина обтекания модели в 2019 года в летний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

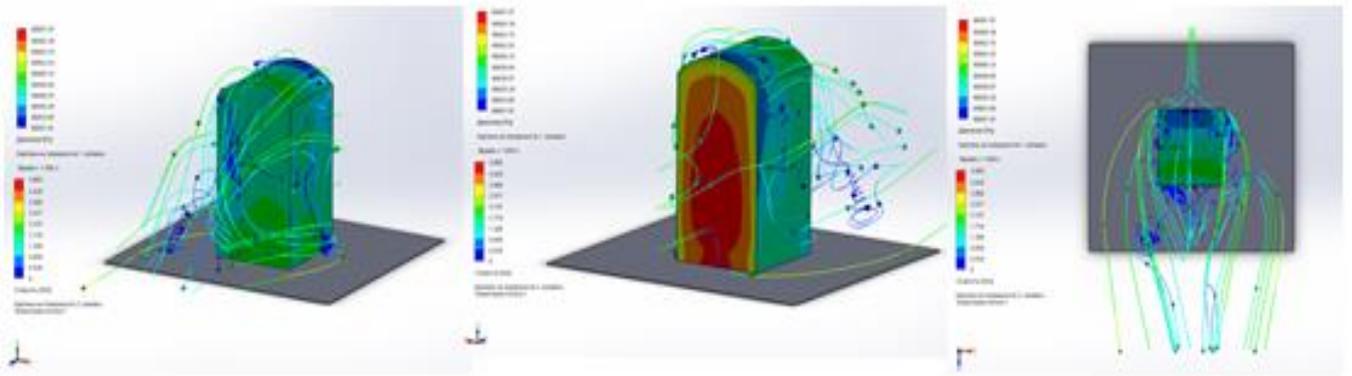


угол атаки $\alpha=15^\circ$

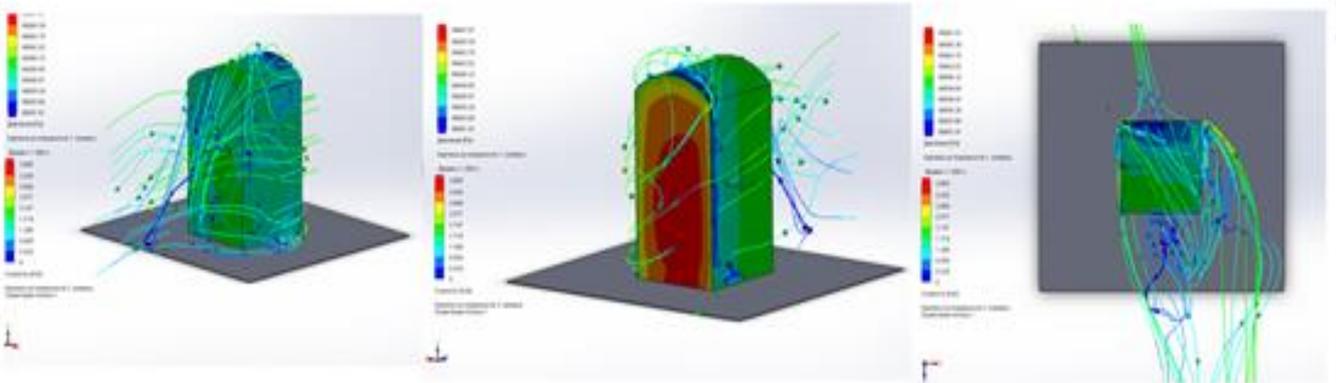


угол атаки $\alpha=30^\circ$

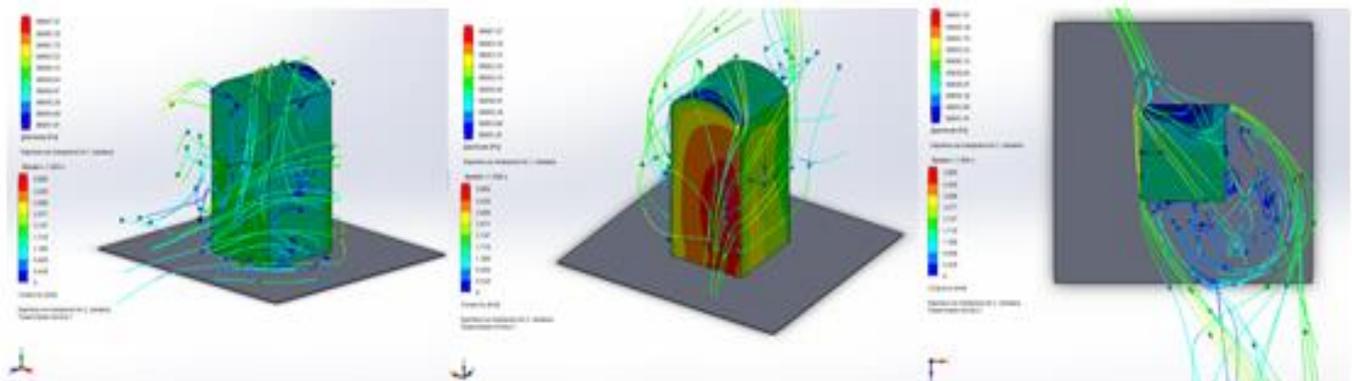
Рисунок 18 – Картина обтекания модели в 2019 года в зимний период при различных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$

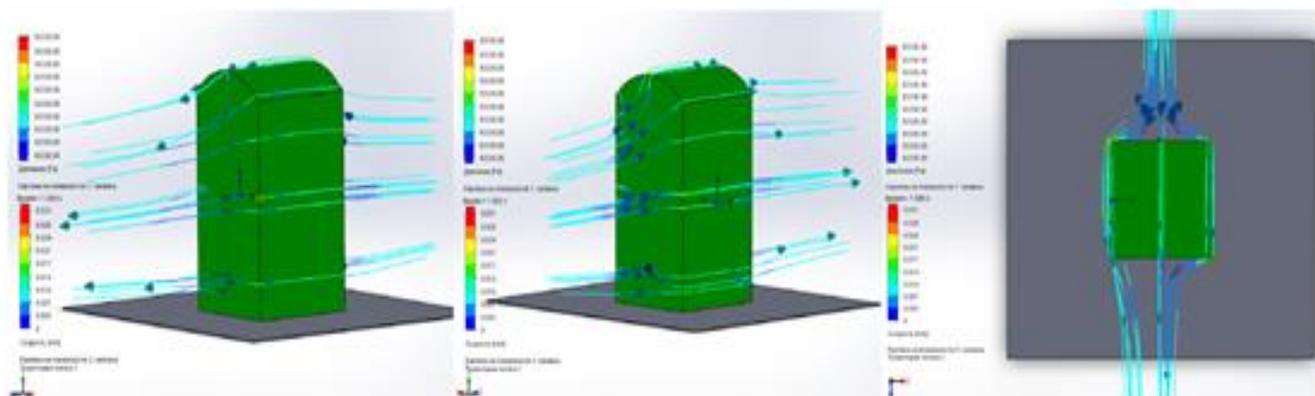


угол атаки $\alpha=15^\circ$

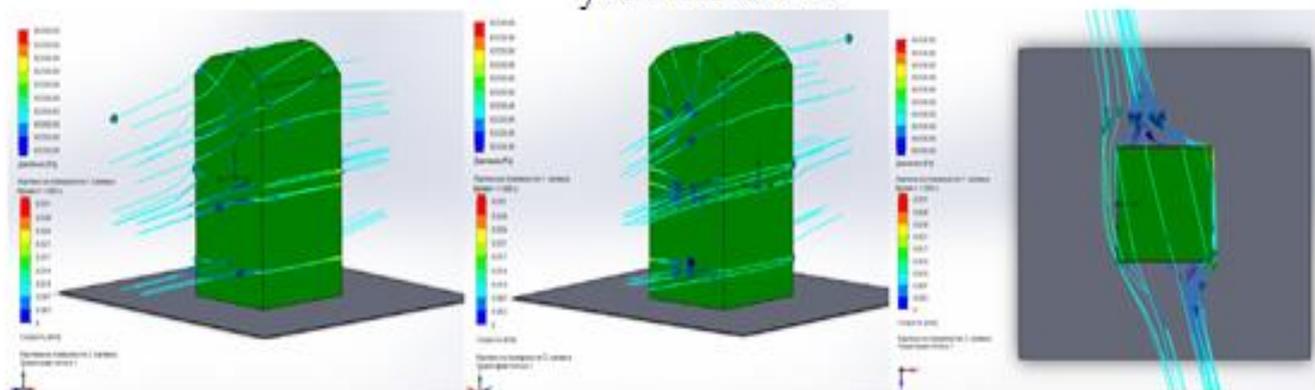


угол атаки $\alpha=30^\circ$

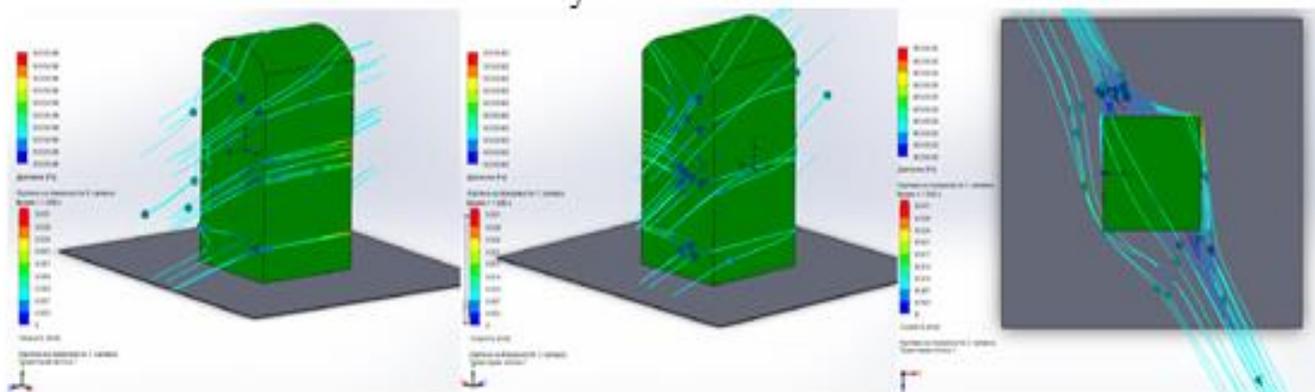
Рисунок 19 – Картина обтекания модели в 2020 года в зимний период при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)



угол атаки $\alpha=0^\circ$



угол атаки $\alpha=15^\circ$



угол атаки $\alpha=30^\circ$

Рисунок 20 – Картина обтекания модели при минимальных условиях эксплуатации МБО при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)

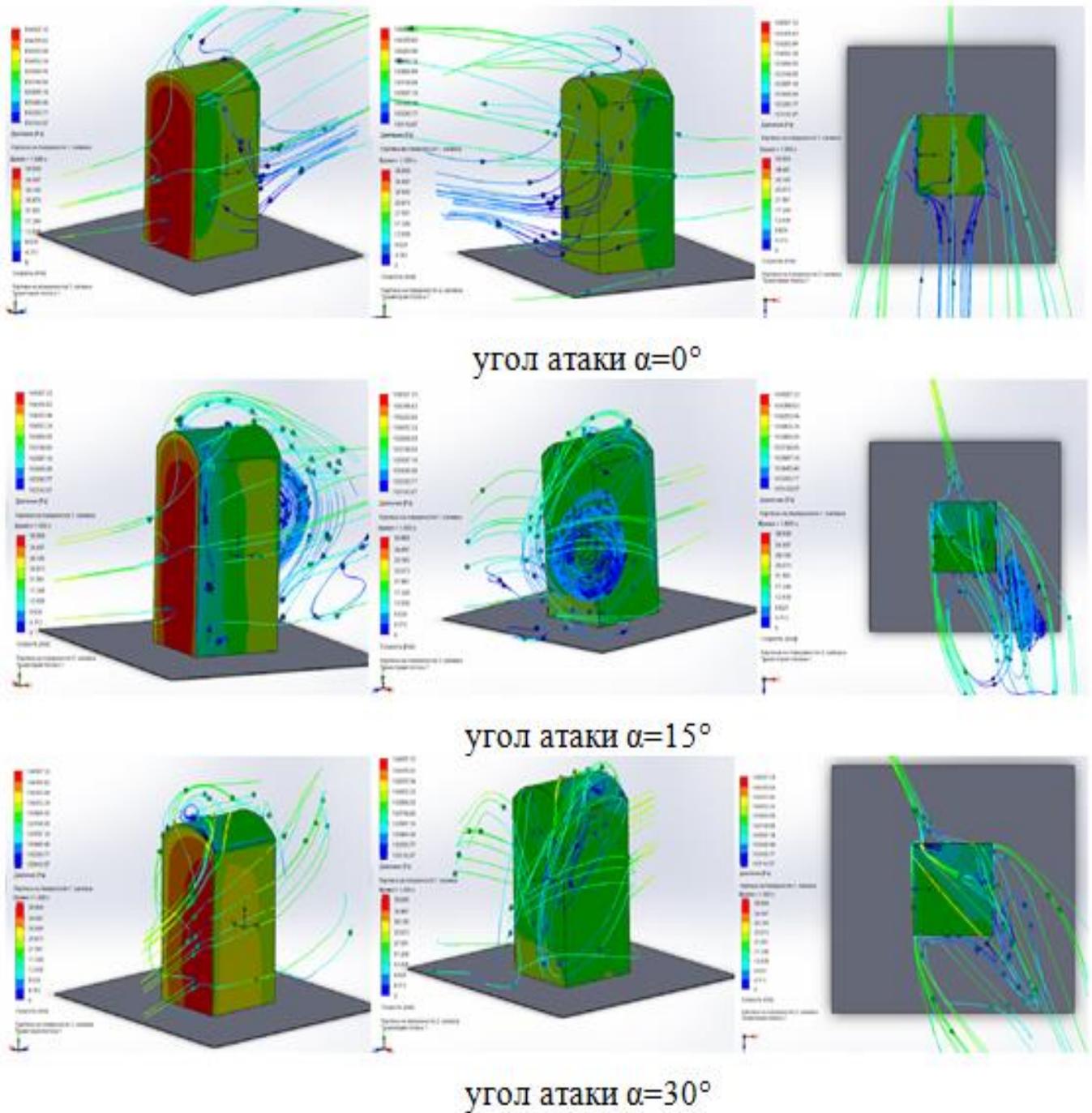


Рисунок 21 – Картина обтекания модели при максимальных условиях эксплуатации при разных углах атаки (вид спереди, сзади и сверху - в плане)

Исходя из результатов исследования видно, что в летний период передняя стенка МБО воспринимает основную ветровую нагрузку, а в зимнее время - задняя. Также видно, что чем меньше скорость ветра, тем больше давление на примере 2018 года. От угла атаки зависит на сколько сильно ветровая нагрузка влияет не только на

переднюю (заднюю) стенку, но и на боковые. В зимний период на крыше создается зона пониженного давления.

Благодаря данному исследованию, с легкостью определяются критические узлы МБО, которые наиболее сильно подвержены климатическим нагрузкам. Такие критические узлы в основном находятся на передней и задней стенке МБО в летний и зимний период соответственно.

При минимальных условиях эксплуатации МБО испытывает среднюю нагрузку климатических воздействий, критические узлы не возникают, следовательно, МБО испытывает минимальные напряжения и деформации от климатических воздействий. При максимальных эксплуатационных условиях МБО основная нагрузка приходится на переднюю стенку, следовательно, напряжения и деформации будут значительными.

Учитывая, что максимально допустимая скорость ветра для МБО 25 м/с (с порывами до 36 м/с), отсюда можно сделать вывод, что создаваемое напряжение в критических узлах МБО в период 2016 начало 2020 года было незначительным.

5 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие требования:

- Конструкции МБО должны обеспечивать безопасность обслуживающего персонала в соответствии с ГОСТ Р 52985-2008 «Экологическая безопасность ракетно-космической техники. Общие технические требования» и Положения РК-11-КТ:

- Рабочие места обслуживающего персонала должны соответствовать гигиеническим нормативам, установленным руководством Р 2.2.2006 – 05;

- Обслуживающий персонал должен быть проинструктирован и аттестован на знание норм и правил техники безопасности, неукоснительно соблюдать их;

- К проведению работ допускаются лица прошедшие медицинские обследования, специальную техническую подготовку, имеющие навыки работы в данной области, изучившие эксплуатационную документацию;

- При выполнении работ персонал должен быть обеспечен специальной одеждой и обувью, учитывающей специфику работ;

- Перемещение МБО должно осуществляться при помощи специального механизма передвижения, при этом скорость движения не должна превышать допустимых значений;

- Не допускается превышение предельных нагрузок на стационарные и переходные площадки и лестницы;

- Основные конструкции и элементы обшивки МБО необходимо защищать от агрессивного воздействия внешних факторов (кислота, газ, пыль). Также необходимо защищать от действия климатических факторов (своевременная очистка поверхностей МБО от осадков);

- Стационарные площадки обслуживания должны содержаться в чистоте и порядке, не загромождаться складываемыми материалами и конструкциями, а также обеспечивать легкий доступ персонала к РН;

- Стационарные площадки, переходные площадки, лестницы и проходы должны быть освещены в соответствии с государственными стандартами;

- Все работы должны проводиться с соблюдением правил пожаробезопасности и взрывобезопасности;

- Рабочие места должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения безопасных условий труда;

- Места прохода людей в пределах опасных зон должны иметь защитные ограждения;

- Электрооборудование, находящееся в пожароопасной и взрывоопасной зоне, должно быть выполнено в соответствии с ГОСТ Р 51330.13-99 «Электрооборудование взрывозащищенное», ПУЭ «Правила устройства электроустановок»;

- Токоведущие части электроустановок должны быть изолированы и размещены в местах, недоступных для случайного прикосновения к ним;

- На время существования пожароопасной и взрывоопасной зоны все электрооборудование и кабельные линии. Расположенные в этой зоне, должны быть обесточены. Кроме участвующих в операциях подготовки РН, которые должны быть выполнены во взрывоопасном исполнении;

- При заправке и стоянке заправленной РКН, а также при сливе компонентов топлива, все электрооборудование, находящееся во взрывоопасной зоне должно иметь взрывозащищенное исполнение, соответствующее указанному классу по ПУЭ.

Меры предосторожности при использовании инструментов измерений:

- К работе с инструментами допускаются люди, достигшие 18 лет и, изучившие руководство по эксплуатации;

- Запрещается применять инструмент не по назначению;

- Запрещается производить действия, которые могут привести к травмам;

- Запрещается производить бесцельное вращение винтов и т.п.;

- Пользоваться только исправными и хорошо отрегулированными инструментами;

- При работе с измерительной лупой запрещается смотреть через нее на источник яркого света, во избежание повреждения глаз;

- Микрометрические инструменты необходимо перед работой тщательно протирать мягкой тканью;

- При изменениях нельзя прикасаться руками и пальцами к измерительной поверхности мер;

- После измерений инструменты складывают в специальные пеналы и чехлы и хранят в сухом месте;

Меры безопасности при выполнении окрасочных работ:

- К окрасочным работам допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, годные по состоянию здоровья для проведения указанных работ, обученные правилам и приемам работ и прошедшие инструктаж по технике безопасности;

- Рабочий персонал не должен допускаться к работе без индивидуальных средств защиты по ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»;

- Хранить окрасочные материалы необходимо в хорошо вентилируемом месте;

- Во время проведения окрасочных работ запрещается курение. Сварка, использование открытого огня, прием пищи и т.п.;

- При работе с окрасочными материалами следует мыть руки во время перерывов и после окончания работы. Работать обязательно в резиновых перчатках;

- При попадании окрасочных материалов на кожу рук и лица следует хорошо промыть их теплой водой с мылом. При случайном попадании окрасочных материалов в глаза необходимо немедленно промыть их чистой водой и при необходимости обратиться к врачу;

- Все емкости, в которых хранится материал. Должен иметь четкую надпись. Запрещается оставлять без присмотра окрасочные материалы на рабочем месте;

- Ветошь и обтирочные материалы, загрязненные окрасочными материалами, следует складывать в металлический ящик и по окончании работ выносить в специально отведенные места;

- Около рабочего места должна быть чистая вода, чистое сухое полотенце, протирочный материал;

- После окончания работы необходимо произвести уборку рабочего места, очистить спецодежду и защитные средства.

Меры безопасности при проведении сварочных работ:

- При выполнении сварочных работ необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.003 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности», ГОСТ 12.1.019 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», ГОСТ 12.1.030 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление», Санитарных правил при сварке, наплавке и резке металлов, Инструкции по сварочным и наплавочным работам, Правил пожарной безопасности;

- Сварочные работы должны выполняться сварщиками, имеющими удостоверение установленного образца;

- При выполнении сварочных работ сварщики и работники, производящие работы с ними, должны быть в спецодежде, спецобуви и применять другие средства индивидуальной защиты и предохранительные приспособления (защитные очки, щитки) в зависимости от вида сварки и условий ее применения;

- Перед производством сварочных работ на высоте, с лесов или подмостей необходимо принять меры против загорания деревянных элементов и попадания брызг расплавленного металла на людей, а также установить первичные средства пожаротушения (огнетушитель, емкость с водой, ящик с песком);

- Не допускается производить сварочные работы вблизи легковоспламеняющихся и огнеопасных материалов, а также на расстоянии менее 5 м от свежеокрашенных мест;

- Во время дождя сварочные работы должны производиться под навесами или прикрытиями, обеспечивающими безопасность работ;

- Навесы, прикрытия, переносные щиты, ширмы, шторы, применяемые при выполнении сварочных работ, должны быть изготовлены из негорючих материалов.

Меры безопасности при ремонтных работах:

- К работам в особо опасных или вредных условиях, к которым предъявляются повышенные требования безопасности, должны допускаться лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по утвержденной программе, сдавшие экзамены и получившие соответствующее удостоверение на право производства этих работ;

- При демонтаже и монтаже оборудования и металлоконструкций нельзя допускать пребывания людей в зоне подъема и перемещения грузов;

- Демонтируемые металлоконструкции, детали и узлы оборудования укладывают таким образом, чтобы исключить возможность их падения, откатывания или перемещения;

- Страховочные канаты и предохранительные пояса необходимо проверять перед каждым применением;

- Запрещается использовать в качестве страховочного каната стальную проволоку любого диаметра.

Меры безопасности при работах на высоте:

- Верхолазными считаются работы, выполняемые на высоте более 5 м. Лица моложе 18 лет к верхолазным работам не допускаются;

- При выполнении работ на высоте внизу, под местом работ, необходимо выделить опасные зоны. При совмещении работ по одной вертикали нижерасположенные места должны быть оборудованы соответствующими защитными устройствами (настилами, средствами, козырьками);

- Участники работ и рабочие места, проезды и подходы к ним в темное время суток должны быть освещены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.046-85

«Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок»;

- Запрещается выполнять работы на высоте в открытых местах при скорости ветра 15 м/сек и более, а также при гололедице, во время дождя, грозы или снегопада, при тумане.

- До начала выполнения верхолазных работ необходимо указывать работнику места крепления карабина предохранительного пояса и приемы пользования им;

- Крепежные детали и инструмент необходимо содержать в специальном переносном ящике или сумке, надетой через плечо.

Меры безопасности при проведении технического обслуживания (ТО):

- Работы по ТО МБО проводить при нахождении МБО в отведенном положении от стартовой системы;

- ТО проводить на свободной от посторонних предметов площадке. Площадка должна быть хорошо освещена и оборудована противопожарными средствами;

- все работы производить по распоряжениям руководителя работ, а также немедленно докладывать руководителю работ обо всех выявленных неисправностях;

- Немедленно подавать команду «Стоп», если замеченная неисправность или неправильное действие обслуживающего персонала могут повлечь за собой несчастный случай, повреждение оборудования или аварию;

- Немедленно выполнять команду «Стоп», поданную любым лицом, участвующим в работе;

- Эксплуатирующий персонал, работающий на высоте, должен иметь допуск к работам на высоте;

- Во всех случаях пролива масла или горючих жидкостей производить их немедленную уборку;

- На местах проведения работ должны быть установлены специальные металлические емкости с крышками, предназначенные для сбора: использованной ветоши, проливов гидравлического масла, использованных горюче-смазанных

материалов. По завершении работ все использованные материалы должны быть утилизированы;

- На месте работы с МБО иметь аптечку с набором медикаментов по оказанию первой медицинской помощи и со стерильными перевязочными средствами;

- Все работы производить только исправным инструментом.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Режим работы, баланс рабочего времени

На мобильной башне обслуживания (МБО) СК КЦ «Восточный» в основном характерен такой режим работы как пятидневная неделя с нормальной деятельностью (40 ч). Календарный фонд времени – 366 дней на 2020 год.

1. Рабочий фонд времени равен:

$$\text{ФРВ} = \Gamma \cdot \text{Д}, \quad (7)$$

где ФРВ – фонд рабочего времени;

Γ - количество отработанных дней одним работником в среднем за год;

Д – средняя продолжительность рабочего дня.

$$\text{ФРВ} = 247 \cdot 0,5 = 123,5 \text{ дней.}$$

2. Номинальный (табельный) фонд рабочего времени равен:

$$\text{Н} = \text{К} - \text{П} - \text{В}, \quad (8)$$

где Н – номинальный фонд рабочего времени;

К – календарный ФРВ;

П – количество праздничных дней;

В – количество выходных дней.

$$\text{Н} = 366 - 119 = 247 \text{ дней.}$$

Для определения эффективного рабочего времени составляется баланс рабочего времени за год, приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Баланс рабочего времени на одного среднесписочного рабочего

Наименование	Дни
Календарное время	366
Число выходных и нерабочих дней	119
Номинальный фонд рабочего времени	247

Невыходы на работу по уважительным причинам (очередные и дополнительные отпуска, болезни, отпуск с родами и т.д.) , 12%	45
Эффективный фонд рабочего времени	202

При данном расчете рабочих дней не учитывались дни с ненормированным рабочим графиком.

Продолжительность работ на открытом воздухе

Все трудовые условия написаны в таких документах как Трудовой кодекс Российской Федерации и СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Мобильная башня обслуживания относится к сооружениям малоотапливаемым. Отапливаются электроаппаратные помещения, кабины управления и технологические помещения МБО, для их обогрева предусмотрено наличие электрогрелок на напряжение 380 В, 1200 Вт переменного тока. Также в кабине управления применены электрообогревательные стекла с напряжением 127 В, 50 Гц, 334 Вт переменного тока для предотвращения запотевания и образования инея. Для установки температурного режима в кабине управления и электроаппаратных помещениях предусмотрен кондиционер оконный.

Таким образом, учитывая условия труда на МБО, рассматриваются не только ТК РФ и СанПиН 2.2.4.3359-16, а также такие документы как МР 2.2.7.2129-06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях» и МР 2.2.8.0017-10 «Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года».

Согласно официальным документам, можно составить следующие таблицы.

Таблица 9 – Рекомендуемый режим работ на открытой территории или в неотапливаемых помещениях при низких температурах.

в минутах

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с											
	До 1		1-2		2-4		4-6		6-8		8-10	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
-10	127	1	114	1	95	2	80	2	68	3	58	3
-15	88	2	82	2	69	3	60	3	52	3	45	4
-20	67	3	62	3	55	3	49	4	42	4	37	4
-25	55	3	51	3	46	4	41	4	36	5	32	5
-30	46	4	43	4	39	4	35	5	31	5	28	6
-35	39	4	38	4	34	5	30	5	27	6	24	7

Примечание: а- максимальная продолжительность непрерывного пребывания на холоде; б- число 10 минутных перерывов для обогрева за 4 часа работы.

Таблица 10 – Рекомендуемый режим работ на открытой территории или в неотапливаемых помещениях при высоких температурах.

в минутах

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %											
	30			40			50			60		
	Скорость ветра, м/с											
	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,05	1,5
25	102	103	104	102	103	104	102	102	103	102	103	103
30	95	96	97	95	96	97	95	96	96	95	96	96

35	88	89	90	88	89	90	88	89	89	88	89	89
40	81	82	83	81	82	83	81	82	82	81	82	82

Таким образом, не соблюдение рекомендуемого режима работы может привести к нежелательным последствиям, таким как обморожение, солнечный удар и другим проблемам со здоровьем.

Продолжительность работ в помещении

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений показатели микроклимата обязаны гарантировать поддержку теплового баланса человека с окружающей средой, а также сохранение оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Подходящие микроклиматические условия поставлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они должны обеспечивать ощущение теплового комфорта в течении 8-часовой рабочей смены при наименьшем напряжении устройств теплорегуляции, не вызывая отклонений в состоянии самочувствия работника.

В таблице 11 представлены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, при которых работник будет чувствовать себя комфортно.

Таблица 11 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха.%	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	17-19	16-20	60-40	0.2
Теплый	19-21	18-22	60-40	0.2

Для комфортного пребывания работника на рабочем месте перепады температуры воздуха по высоте и горизонтали, а также в течении смены не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в таблице 11.

Определение эффективности по улучшению условий труда

Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий труда обеспечивается с помощью:

1. Увеличение производительности труда за счет:
 - Повышения работоспособности человека в результате снижения утомления, спровоцированного неблагоприятными условиями труда, сокращения или полной ликвидации внутрисменных простоев и др.;
 - Уменьшение трудоемкости продукции вследствие снижения непроизводительных затрат труда, вызванных негативными обстоятельствами;
 - Увеличения эффективного фонда рабочего времени в результате сокращения целодневных потерь по временной нетрудоспособности по причине заболеваний и травм, связанных с неблагоприятными условиями труда;
 - Увеличение эффективности применения оборудования.
2. Годовой экономии от сокращения издержек, связанных с неблагоприятными условиями труда, за счет:
 - Сокращения материальных последствий несчастных случаев и заболеваемости, обусловленных производством;
 - Экономии расходов на льготы и выплаты за работу в неблагоприятных условиях труда;
 - Уменьшение ущерба от текучести рабочей силы, вызванной неудовлетворенностью условиями труда;
 - Сокращение потерь от брака (повышение качества продукции), вызванного неблагоприятными условиями труда. [22]

Рассчитаем стоимость внедрения комплекса оздоровительных мероприятий (создание обогревательных помещений, организация питания и др.) для снижения заболеваемости работников, работающих на МБО.

Таблица 12 – Исходные данные

Наименование	Количество
Потери рабочего времени по болезни, %	
до внедрения мероприятия	5.8
после внедрения мероприятия	4.9
Затраты на эксплуатационное оборудование МБО, у.е.:	
до внедрения мероприятия	12 190
после внедрения мероприятия	12 300
Годовая выработка одного рабочего, у.е.	8.0
Условно-постоянные расходы в себестоимости годового выпуска продукции, у.е.	353.6
Стоимость технологического оборудования, у.е.	8 000
Единовременные затраты на внедрение мероприятий, у.е.	10.8
Коэффициент экономической эффективности мероприятий по улучшению труда	0.08

Расчет экономической эффективности

1. Расчетная среднесписочная численность рабочих предприятия, исчисленная на объем производства планируемого периода по соответствующим данным базисного периода, чел.:

$$Ч_{\text{ср}} = \frac{З_{\text{п}}}{В_{\text{год}}}, \quad (9)$$

где $З_{\text{п}}$ - затраты на эксплуатационное оборудование после внедрения мероприятия, у.е.;

$В_{\text{год}}$ - годовая выработка одного рабочего, у.е.

$$Ч_{\text{ср}} = \frac{12300}{8} = 1537.$$

2. Условное высвобождение численности, чел.:

$$\mathcal{E}_q = \frac{a-b}{100-b} \cdot n_{\text{ср}}, \quad (10)$$

где a – потери рабочего времени по болезни до внедрения мероприятия, %;

b – потери рабочего времени по болезни после внедрения мероприятия, %;

$n_{\text{ср}}$ - расчетная среднесписочная численность рабочих предприятия, чел.

$$\mathcal{E}_q = \frac{5.8-4.9}{100-4.9} \cdot 1537 = 14.$$

3. Рост производительности труда, %:

$$П_T = \frac{\mathcal{E}_q \cdot 100}{\mathcal{C}_{\text{ср}} - \mathcal{E}_q} = \frac{14 \cdot 100}{1537 - 14} = 0.9 \quad (11)$$

4. Увеличение объема производства, %:

$$C = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100, \quad (12)$$

где C_1 и C_2 – себестоимость единицы продукции (работ) до и после внедрения мероприятий (текущие затраты), у.е.

$$\frac{12300 - 12190}{12190} \cdot 100 = 0.9.$$

5. Экономия от снижения себестоимости на условно- постоянных расходах, у.е.:

$$\mathcal{E}_c = B \cdot C, \quad (13)$$

где B – годовой объем продукции (работ) после внедрения мероприятий, у.е.

$$3536 \cdot \frac{12300 - 12190}{12190} = 3.2.$$

6. Годовой экономический эффект, у.е.:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_c - E_H \cdot \mathcal{Z}_{\text{ед}}, \quad (14)$$

где E_H – коэффициент экономической эффективности, ед;

$Z_{\text{ед}}$ – единовременные затраты, связанные с разработкой и внедрением мероприятий, у.е.

$$Z_{\Gamma} = 3.2 - 0.08 \cdot 10.8 = 2.336.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показал анализ исследований на напряженно-деформированное состояние сооружений под воздействием ветровых нагрузок, существующие методы сложны и требуют ряда проведенных экспериментальных исследований. Помимо этого, в нормативных документах отсутствуют конкретные методики по расчету климатических нагрузок. Обычно данная задача расчета климатических нагрузок на сооружения и здания принимается решение с использованием формул, изложенных в Строительных Нормах и Правилах (СНиП 2.01.07-85), но учитывается, что расчет климатических нагрузок является неточным. Кроме того, в СНиП даны формулы для ограниченного числа форм зданий и сооружений.

Выводы:

1. Изучение методов неразрушающего контроля и требований к НДС МБО дало представление о том, какую максимальную нагрузку может выдержать МБО и эксплуатационные условия для продолжительной и исправной эксплуатации МБО.
2. В данной работе проведен анализ и расчет климатических нагрузок на МБО, что дало представление о приблизительных нагрузках, которые испытывает МБО.
3. Проведено исследование МБО на воздействие климатических нагрузок в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation. Благодаря данному исследованию, был проведен анализ картины воздействий климатических нагрузок на МБО в период 2016 начало 2020 года, а также с легкостью были определены критические узлы МБО, которые наиболее сильно подвержены нагрузкам.
4. Также были изучены меры безопасности работы н МБО и проведен экономический расчет оптимального режима работы с различными климатическими условиями, а также произведен среднестатистической заработной платы сотрудника МБО.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Махутов, Н.А. Диагностика и мониторинг состояния сложных технических систем: учебное пособие / Н. А. Махутов., В. Н. Пермяков, Р. С. Ахметханов и др. — Тюмень: ТИУ, 2017 — 632 с.
2. ГОСТ Р 56542-2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. С. 2016–06–01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
3. Свищев, Г. П.: Авиация. Энциклопедия Учебное пособие. / Г. П. Свищев – М.: Издательство Большая российская энциклопедия, 1994. – 739 с.
4. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием: Научное издание / В.В. Денисенко – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 608 с.
5. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований.– Введ. С. 2015–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
6. Мобильная башня обслуживания 373УО35. Техническое описание 373УО35 ТО – 56 с.
7. Инструкция по эксплуатации МБО 373УО35 ИЭ часть 1. - ООО НПО Мостовик Завод Металлоконструкций, 2013. – 37 с.
8. СНиП 2.01.07-85.Нагрузки и воздействия. – Введ. С. 2011–05–11. – Москва, 2011. – 96 с.
9. ГОСТ Р 56728-2015. Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции. – Введ. С. 2016–05–01. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 10 с.
10. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра – М.: Стройиздат, 1978. – 217 с. /Центр. науч.-исслед. ин-т строит. конструкций им. В. А. Курченко.
11. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 декабря 2009г. № N 384-ФЗ- 2009. – 42 с.

- 12 СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. /Постановление от 21 июня 2016 г №81. – 72с.
- 13 . МР 2.2.7.2129-06. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотопливаемых помещениях. - Введ.с 2006 – 11 – 01. – Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора,2006 – 20с.
- 14 . МР 2.2.8.0017-10. Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года.- Введ 2011 – 01 – 28. – Роспотребнадзор, 2011 – 20 с.
- 15 Николаев, С. В. Безопасность и надежность высотных зданий - это комплекс высокопрофессиональных решений /СВ . Николаев // Уникальные и специальные технологии в строительстве. — 2004. — №1. - с. 8-18.
- 16 СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. /Вед. 1 – 10 - 1996 г №21. – Минздрав России 2001г, - 72с.
- 17 Реттер, Э. И. Аэродинамическая характеристика промышленных зданий / Э. И. Реттер. - Челябинск : УФАСиА, 1959. - 204 с.
- 18 Савицкий, Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий. - М.: Стройиздат, 1972. - 110 с.
- 19 Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения: пер. с англ. / Э. Симиу, Р. Сканлан ; под ред. Б. Е. Маслова. — М.: Стройиздат, 1984.-360 с.
- 20 Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений/ Смирнов А.Ф. и др. ; под ред. Смирнова А.Ф. — М.: Стройиздат, 1984. - 415 с.
- 21 Алямовский А.А.Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation/ А.А. Алямовский – М: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
- 22 Охрана труда. Определенеие эффективности мероприятий по улучшению условий труда/ сост. И.Т. Ермак и др. – БГТУ, 2005. – 58 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Исходные данные направления и скорости ветра за 2016 год в ЗАТО
Циолковском

в метрах на секунду

Число	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	С	3	ЮВ	В	Ю	ЮВ	ЮВ	ЮВ	СВ	ЮВ	ЮЗ	3
	2	4	2	3	4	2	1	2	2	2	2	4
2	3	3	В	Ю	СЗ	ЮЗ	Ю	СЗ	ЮВ	3	3	ЮВ
	4	3	2	3	1	1	2	4	1	5	5	2
3	3	В	В	3	С	В	Ю	СЗ	ЮВ	СЗ	3	ЮВ
	3	2	2	6	3	2	2	1	2	4	4	1
4	3	С	В	Ш	С	СЗ	Ю	С	Ш	СЗ	ЮВ	3
	4	3	2		4	4	4	3		4	1	7
5	Ш	СЗ	В	СЗ	С	В	Ю	СЗ	С	3	СЗ	СЗ
		2	3	5	1	1	3	2	1	3	4	4
6	СЗ	В	3	ЮЗ	СВ	3	3	ЮВ	С	СЗ	СЗ	3
	4	1	1	4	1	2	3	1	2	4	4	3
7	СЗ	ЮВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ	3	3	СЗ	В	СЗ	СЗ	ЮВ
	5	2	2	5	4	3	5	3	2	2	3	1
8	СЗ	В	СЗ	СЗ	ЮВ	В	СЗ	3	В	СЗ	СЗ	3
	5	1	2	1	2	3	4	3	2	2	5	3
9	СЗ	ЮВ	СЗ	С	Ю	СВ	С	ЮВ	В	3	3	3
	5	2	4	3	3	2	2	2	1	5	3	3
10	СЗ	ЮВ	3	С	Ю	В	Ю	СВ	СВ	СЗ	В	3
	2	2	4	3	5	3	4	2	2	3	2	2
11	ЮВ	В	ЮВ	3	3	В	Ю	В	ЮВ	3	СВ	ЮВ
	1	1	3	4	6	2	4	2	1	4	2	1

Продолжение таблицы А1

12	В 1	3 6	Ю 6	Ю 2	СЗ 3	СЗ 1	3 2	Ш	Ю 3	3 5	ЮЗ 2	С 2
13	ЮВ 2	СЗ 4	ЮЗ 3	ЮВ 2	3 10	С 2	СЗ 4	С 1	ЮВ 2	3 4	ЮВ 2	ЮВ 4
14	В 1	3 3	ЮВ 2	С 2	В 3	С 3	С 2	СЗ 2	В 1	ЮВ 2	СЗ 6	СЗ 3
15	СЗ 1	СЗ 7	В 2	СЗ 2	С 2	В 2	В 2	СЗ 3	СВ 2	СВ 2	3 4	3 3
16	3 5	СЗ 4	3 3	В 2	С 3	В 2	СВ 1	3 3	С 4	С 3	3 4	3 4
17	В 2	ЮВ 2	В 2	С 4	ЮВ 2	В 2	СВ 3	СЗ 3	В 1	3 8	ЮЗ 1	В 1
18	Ш	3 3	С 3	С 1	Ю 3	ЮВ 2	Ю 3	3 4	СЗ 2	СЗ 5	СЗ 4	3 3
19	СЗ 5	3 3	С 2	3 5	Ю 5	Ю 2	Ю 4	3 3	СЗ 3	СЗ 4	3 2	С 1
20	3 3	СЗ 5	ЮВ 2	СЗ 6	Ю 4	Ю 3	Ю 1	ЮВ 1	ЮВ 1	СЗ 6	ЮВ 1	С 1
21	СЗ 2	СЗ 2	СЗ 3	В 5	СЗ 4	Ю 2	Ш	В 2	Ю 1	3 3	СЗ 4	3 2
22	3 2	СЗ 2	С 2	С 2	3 7	ЮВ 1	В 2	СЗ 3	3 3	3 5	СЗ 3	ЮВ 1
23	СЗ 4	3 3	С 4	СЗ 2	Ю 1	С 2	ЮВ 3	3 2	СЗ 4	3 7	Ш	В 1
24	СЗ 2	3 2	СЗ 2	ЮВ 2	ЮВ 2	В 2	В 1	СЗ 4	В 2	3 6	3 3	3 1
25	В 1	ЮВ 2	СЗ 2	С 2	ЮВ 1	С 2	ЮВ 2	СЗ 2	СЗ 5	СЗ 4	ЮВ 1	В 1
26	СЗ 4	В 2	СЗ 5	СЗ 4	Ю 1	В 1	СВ 2	СЗ 3	СЗ 6	3 7	С 1	СЗ 4
27	СЗ 5	СЗ 3	ЮЗ 1	СЗ 5	3 6	Ю 2	Ю 1	Ю 2	СЗ 2	3 7	3 4	3 1

Продолжение таблицы А1

28	3	В	В	С	В	3	Ю	С	ЮЗ	3	3	СЗ
	3	2	3	3	3	1	1	2	2	7	2	1
29	3	–	С	В	ЮВ	СЗ	С	С	ЮЗ	3	ЮВ	СЗ
	4		3	3	2	3	2	3	3	7	2	1
30	В	–	Ш	ЮВ	С	С	3	С	3	3	Ю	С
	1			3	2	2	2	1	5	5	3	1
31	–	–	ЮВ	–	В	–	Ю	С	–	СЗ	–	ЮВ
			4		1		1	2		5		2
Средняя скорость ветра	2,76	2,78	2,61	3,13	3,16	2,06	2,35	2,29	2,13	4,52	2,8	1,77

Таблица А2 – Исходные данные направления и скорости ветра за 2017 год в ЗАТО Циолковском

в метрах на секунду

Число	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	3	3	3	3	Ю	СВ	С	ЮВ	Ю	СЗ	СЗ	3
	1	2	5	4	3	3	2	1	1	3	4	4
2	ЮВ	3	3	СЗ	С	ЮВ	Ш	В	Ю	3	СЗ	3
	1	3	4	4	3	1		2	2	5	4	3
3	Ш	С	СЗ	Ю	В	В	3	В	Ю	СЗ	СЗ	3
		2	3	4	1	2	2	2	2	4	4	4
4	ЮВ	СЗ	СЗ	СЗ	Ю	Ш	3	С	ЮВ	СЗ	3	3
	1	1	4	2	6		3	1	3	3	1	5
5	В	СЗ	СЗ	СВ	ЮЗ	ЮЗ	3	СВ	ЮВ	С	В	Ш
	1	3	2	3	3	2	2	2	1	2	1	
6	Ш	СЗ	СЗ	3	С	Ю	3	С	3	СВ	Ш	ЮВ
		4	3	9	2	3	4	3	6	2		1

Продолжение таблицы А2

7	ЮВ 2	СЗ 5	СЗ 4	Ю 6	СЗ 3	СЗ 2	З 3	С 1	ЮЗ 1	З 4	С 2	ЮВ 1
8	ЮВ 1	СЗ 4	СЗ 4	З 10	ЮЗ 4	СЗ 4	В 2	Ю 2	З 6	З 3	Ш	В 1
9	З 7	СЗ 2	СЗ 3	Ю 2	СЗ 5	С 2	Ш	Ю 3	СЗ 3	СЗ 5	ЮВ 1	С 1
10	СЗ 4	СЗ 3	СЗ 2	СЗ 5	С 1	СВ 3	ЮВ 2	ЮВ 2	В 2	СЗ 3	СЗ 1	СЗ 2
11	СЗ 5	С 2	ЮВ 2	СЗ 8	Ш	ЮВ 2	ЮЗ 1	В 1	В 3	С 2	З 3	СЗ 4
12	СЗ 4	З 2	СЗ 3	СЗ 4	ЮЗ 2	Ю 1	ЮЗ 1	В 1	ЮЗ 1	СЗ 3	В 2	СЗ 2
13	СВ 2	З 3	С 1	Ю 3	В 2	С 2	С 1	Ю 1	С 2	В 1	В 2	СЗ 3
14	СЗ 3	З 1	З 2	З 1	С 3	СВ 2	Ш	З 2	Ш	З 3	СЗ 2	З 2
15	СЗ 2	Ш	В 1	С 3	С 1	Ю 2	Ю 1	С 1	ЮВ 2	З 5	СЗ 4	СЗ 1
16	З 4	СЗ 5	СЗ 3	СЗ 5	СЗ 1	Ю 2	С 1	СВ 1	Ю 1	С 1	З 3	З 3
17	СЗ 2	СЗ 6	С 1	ЮВ 4	Ю 2	С 1	ЮЗ 1	Ш	В 1	СЗ 6	СЗ 4	З 4
18	Ш	СЗ 3	ЮВ 1	СВ 1	СВ 3	С 2	Ю 3	ЮЗ 1	ЮВ 1	ЮВ 3	СЗ 3	СЗ 5
19	З 4	В 1	Ю 1	С 2	З 9	СВ 3	СЗ 6	ЮЗ 2	С 3	В 2	З 4	СЗ 2
20	З 2	СЗ 5	СЗ 2	ЮВ 1	З 6	Ш	СЗ 3	В 1	СЗ 2	СЗ 2	З 5	ЮВ 2
21	С 2	Ю 3	СЗ 3	ЮВ 3	З 5	ЮЗ 1	ЮВ 1	Ю 3	ЮВ 1	З 6	В 1	ЮВ 2
22	СЗ 3	С 2	СЗ 2	ЮВ 5	ЮЗ 4	С 2	В 1	ЮЗ 2	ЮВ 2	З 4	СЗ 2	СЗ 2

Продолжение таблицы А2

23	3	3	СЗ	В	СЗ	С	Ш	3	ЮЗ	ЮВ	СЗ	Ш
	3	5	4	1	3	1		4	3	2	4	
24	3	СЗ	СЗ	С	СЗ	В	СЗ	Ю	СЗ	В	СЗ	СЗ
	3	5	1	2	3	2	5	2	2	1	4	3
25	ЮВ	С	СЗ	С	Ю	Ю	С	В	Ю	3	3	СЗ
	2	2	2	3	3	1	2	1	2	5	4	3
26	СЗ	ЮВ	С	СЗ	Ю	В	Ю	3	ЮЗ	СВ	–	СЗ
	2	2	2	4	3	2	2	1	3	1		3
27	СЗ	ЮВ	3	СЗ	Ю	В	3	СВ	3	ЮВ	–	СЗ
	7	3	4	4	4	2	3	2	7	2		4
28	СЗ	СЗ	С	С	Ю	В	СЗ	3	3	3	Ш	СЗ
	4	6	1	2	3	1	2	2	5	7		3
29	СЗ	–	СВ	В	3	СЗ	В	В	3	СЗ	СЗ	СЗ
	3		2	2	5	1	1	1	6	7	5	3
30	3	–	СЗ	С	3	СЗ	В	С	3	СЗ	3	В
	3		2	3	3	2	1	2	5	5	4	1
31	3	–	3	–	С	–	В	3	–	ЮВ	–	СЗ
	6		4		1		2	3		2		2
Средняя скорость ветра	2,71	3,04	2,52	3,66	3,13	1,8	1,87	1,71	2,65	3,35	2,64	2,45

Таблица А3 – Исходные данные направления и скорости ветра за 2018 год в ЗАТО Циолковском

в метрах на секунду

Число	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	3	ЮВ	С	Ю	3	ЮВ	Ю	3	Ю	СЗ	СЗ	ЮВ
	3	1	2	5	5	2	2	3	2	2	2	3

Продолжение таблицы А3

2	СЗ	Ш	3	3	С	В	ЮВ	С	ЮВ	СЗ	ЮВ	С
	2		2	10	1	2	1	1	1	4	2	2
3	3	3	В	СЗ	СВ	Ю	СВ	СВ	В	3	СЗ	3
	3	2	2	9	3	3	1	2	2	2	5	5
4	3	СЗ	3	СЗ	В	ЮВ	В	СЗ	СВ	ЮЗ	СЗ	СЗ
	4	1	5	7	2	3	2	1	2	4	3	1
5	3	СЗ	СЗ	СЗ	ЮВ	В	В	С	С	Ю	ЮЗ	3
	3	2	6	5	2	2	2	1	2	3	3	5
6	3	ЮВ	СЗ	С	СВ	С	Ю	3	3	ЮЗ	3	3
	4	1	7	3	3	1	2	1	7	2	3	3
7	В	3	СЗ	СЗ	С	СВ	Ю	Ю	СЗ	ЮЗ	Ю	3
	1	5	3	2	2	1	4	2	2	2	2	5
8	Ш	ЮВ	СЗ	С	В	В	В	ЮВ	СЗ	С	В	СЗ
		2	2	4	2	2	3	2	6	2	1	2
9	СЗ	С	В	3	Ю	Ю	ЮВ	Ш	3	СЗ	С	СЗ
	4	1	1	4	5	2	2		9	3	2	3
10	СЗ	3	Ю	Ю	3	В	3	С	ЮВ	СЗ	СЗ	3
	3	3	2	4	5	1	5	2	2	4	3	3
11	3	Ш	ЮВ	СВ	С	СВ	ЮЗ	СЗ	Ю	3	СЗ	3
	3		2	5	2	1	1	4	4	3	3	3
12	В	3	Ю	С	СЗ	С	ЮВ	СЗ	Ю	Ю	СЗ	С
	1	4	2	2	1	2	2	2	3	1	1	1
13	ЮВ	СЗ	3	С	СЗ	СВ	Ю	В	Ю	СЗ	3	3
	3	3	4	2	2	1	2	2	3	3	2	2
14	СЗ	СЗ	СЗ	С	Ю	С	Ю	СВ	СЗ	СЗ	ЮВ	ЮВ
	2	3	4	2	3	1	3	1	2	4	2	1
15	3	3	СЗ	СЗ	ЮВ	В	3	С	3	СЗ	3	В
	1	5	5	3	2	2	2	2	4	4	5	1
16	ЮВ	СЗ	Ю	ЮЗ	С	СВ	С	Ю	3	СЗ	3	3
	1	4	2	3	3	3	2	2	5	3	4	3
17	ЮВ	СЗ	Ю	3	Ю	3	В	Ю	СЗ	СЗ	СЗ	3
	1	2	4	3	2	8	2	2	6	2	4	1

Продолжение таблицы А3

18	ЮВ 2	3 4	СЗ 7	СЗ 2	СЗ 6	В 2	Ю 1	Ю 1	–	3 1	ЮВ 1	В 1
19	В 1	СЗ 6	СЗ 7	3 9	Ю 3	С 1	3 2	СВ 1	–	СЗ 5	3 4	3 7
20	Ш	3 6	ЮЗ 2	СЗ 2	3 4	С 2	С 1	Ю 2	Ш	СЗ 3	3 5	В 1
21	3 5	3 2	3 4	СЗ 5	ЮВ 2	СЗ 2	В 1	СВ 1	СВ 3	ЮВ 2	3 4	Ш
22	3 3	3 3	ЮВ 3	СЗ 3	Ю 4	С 2	Ю 3	СЗ 2	В 2	Ю 3	3 5	ЮВ 1
23	3 2	СЗ 2	3 6	3 6	ЮВ 2	С 3	СВ 1	ЮЗ 1	СВ 2	ЮВ 1	ЮВ 1	3 5
24	СЗ 3	ЮЗ 1	СЗ 3	3 5	С 2	СВ 2	Ю 1	Ю 1	СЗ 3	3 5	В 1	3 3
25	СЗ 4	В 1	СЗ 3	–	С 1	Ю 1	С 2	СВ 1	С 2	3 3	В 1	С 1
26	СЗ 5	ЮВ 1	Ю 5	С 4	В 1	СЗ 1	С 1	С 1	ЮВ 2	В 2	Ю 2	СЗ 4
27	3 5	ЮВ 2	СЗ 2	ЮВ 2	ЮВ 2	СВ 1	Ю 2	Ю 1	Ю 3	СЗ 3	3 3	СЗ 4
28	3 3	В 1	СЗ 9	ЮВ 3	3 2	ЮВ 1	Ю 2	3 5	ЮВ 2	В 2	3 4	СЗ 3
29	3 4	–	3 5	СЗ 6	3 4	СВ 1	3 1	С 2	3 2	С 3	3 4	СЗ 3
30	С 1	–	СЗ 3	СЗ 5	С 3	Ю 2	СЗ 2	С 2	СЗ 2	СЗ 4	С 1	СЗ 2
31	3 4	–	ЮВ 3	–	Ю 2	–	СЗ 2	ЮВ 1	–	3 3	–	3 6
Средняя скорость ветра	2,61	2,43	3,77	4,31	2,67	1,93	1,94	1,68	3,04	2,84	2,76	2,48

Таблица А4 – Исходные данные направления и скорости ветра за 2019 год в ЗАТО
Циолковском

в метрах на секунду

Число	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	С	СВ	СЗ	С	СЗ	С	З	СЗ	СВ	Ю	З	Ш
	2	1	2	2	3	3	3	3	1	2	7	
2	З	ЮВ	В	З	С	ЮВ	С	ЮВ	З	СЗ	СЗ	СЗ
	3	2	1	6	2	2	2	1	3	2	4	2
3	ЮВ	З	З	СВ	ЮЗ	В	В	ЮВ	В	С	З	СЗ
	1	5	3	2	5	2	2	2	1	2	3	5
4	С	З	С	СВ	С	Ю	Ю	СЗ	Ю	ЮЗ	В	СЗ
	1	5	2	2	3	2	1	3	1	2	1	6
5	СЗ	З	СЗ	С	С	ЮЗ	С	СВ	С	З	СЗ	З
	5	4	4	3	3	2	1	2	2	4	7	4
6	З	СЗ	СЗ	С	СЗ	СВ	В	СВ	ЮВ	Ю	З	Ш
	1	3	4	4	4	3	1	2	1	3	6	
7	Ш	З	З	СЗ	СЗ	ЮВ	Ю	СВ	ЮВ	Ю	З	СЗ
		4	2	2	2	2	1	2	1	2	5	3
8	ЮЗ	СЗ	Ю	СЗ	СВ	З	Ю	В	СЗ	З	СЗ	В
	2	4	2	4	2	2	2	1	2	4	4	1
9	З	СЗ	СЗ	СЗ	Ю	Ю	Ю	ЮЗ	З	Ю	ЮВ	СВ
	3	5	4	6	1	2	2	1	5	2	2	2
10	СЗ	СЗ	ЮВ	С	ЮВ	З	ЮВ	СЗ	С	З	В	З
	5	3	3	3	4	3	3	1	1	6	1	5
11	В	З	СЗ	З	ЮВ	ЮВ	СВ	З	З	З	З	ЮВ
	1	4	4	4	4	1	1	1	3	6	6	1
12	С	СЗ	СЗ	З	ЮВ	ЮВ	ЮВ	З	Ю	СЗ	З	В
	1	4	2	5	1	3	1	2	3	4	5	1
13	СЗ	СЗ	СЗ	З	В	С	С	Ю	Ю	СЗ	З	СЗ
	1	5	3	6	3	3	2	2	3	3	5	2

Продолжение таблицы А4

14	ЮВ 1	3 5	СЗ 5	Ю 2	ЮВ 3	СВ 2	ЮВ 1	Ю 1	ЮВ 2	СЗ 5	3 6	В 2
15	3 3	СЗ 4	СЗ 2	ЮВ 3	ЮВ 2	В 2	С 2	В 2	Ю 2	С 1	3 7	Ш
16	3 6	3 6	3 4	СЗ 7	ЮВ 3	ЮВ 2	ЮВ 1	СВ 3	3 5	СЗ 3	3 3	Ш
17	СЗ 6	СЗ 4	3 2	СВ 3	Ю 2	В 1	ЮВ 2	СВ 2	Ю 2	Ю 2	3 1	СЗ 3
18	3 2	ЮВ 1	СЗ 5	СЗ 8	3 8	3 3	ЮВ 2	С 1	СЗ 7	ЮВ 2	С 1	3 4
19	С 1	Ш	СВ 3	3 6	ЮЗ 4	С 1	С 1	СЗ 2	СЗ 2	ЮВ 2	СЗ 2	3 1
20	СЗ 2	В 2	СЗ 3	Ю 5	СВ 5	С 2	Ю 3	В 1	3 2	ЮВ 2	3 2	3 1
21	Ш	С 1	СЗ 5	3 7	СВ 3	ЮВ 1	СВ 1	В 2	3 3	ЮЗ 4	В 1	СЗ 2
22	С 1	СЗ 2	СЗ 6	В 2	С 3	ЮВ 2	ЮВ 2	СВ 2	Ю 2	3 4	В 1	3 4
23	СЗ 3	ЮВ 2	3 3	ЮВ 2	Ю 6	ЮЗ 2	Ю 1	С 1	СЗ 6	ЮВ 1	3 4	3 4
24	СЗ 3	СЗ 3	В 2	СЗ 4	С 1	Ю 1	С 2	С 2	СЗ 4	В 1	СЗ 3	3 2
25	СЗ 3	СЗ 4	С 2	С 3	3 4	В 2	В 2	3 1	3 3	СЗ 3	Ю 2	Ш
26	ЮВ 2	ЮЗ 2	СЗ 4	Ю 2	В 3	СВ 2	В 1	ЮВ 2	Ю 2	В 1	С 2	В 1
27	С 1	С 1	СЗ 6	Ю 2	СЗ 6	В 1	3 2	В 2	Ю 3	СВ 1	СЗ 3	В 1
28	СЗ 3	Ю 2	3 6	ЮВ 1	СВ 9	В 2	СВ 2	С 1	Ю 5	В 1	3 3	Ш
29	Ю 3	–	С 1	ЮВ 2	СВ 5	В 1	С 1	С 1	СЗ 2	СЗ 4	3 4	Ш

Продолжение таблицы А4

30	3 7	–	СЗ 1	СЗ 3	СВ 4	СВ 3	В 2	СЗ 5	Ю 3	ЮВ 1	В 1	3 2
31	3 5	–	С 1	–	СЗ 4	–	Ш	3 3	–	СЗ 5	–	3 5
Средняя скорость ветра	2,52	3,14	3,13	3,70	3,61	2	1,52	1,84	2,75	2,74	3,4	2,06

Таблица А5 – Исходные данные направления и скорости ветра за начало 2020 года
в ЗАТО Циолковском

в метрах на секунду

Число	Месяц				
	январь	февраль	март	апрель	май
1	3 6	В 1	В 1	ЮЗ 3	3 3
2	3 6	3 4	Ю 1	СЗ 10	СЗ 7
3	3 2	ЮВ 2	ЮВ 2	С 4	СЗ 3
4	В 1	3 4	Ю 1	С 3	3 3
5	ЮВ 1	3 4	В 1	В 3	СЗ 4
6	С 1	ЮВ 2	В 1	С 3	3 2
7	С 1	3 2	ЮВ 2	С 4	Ю 5
8	С 1	ЮВ 1	3 6	С 3	3 3

Продолжение таблицы А5

9	В 1	СВ 2	3 4	С 2	В 3
10	С 1	ЮВ 2	ЮВ 3	С 5	СЗ 3
11	СЗ 5	Ю 3	В 2	СЗ 3	С 3
12	3 2	СЗ 3	СЗ 2	С 2	СЗ 4
13	В 1	СЗ 5	Ю 3	С 3	СЗ 3
14	ЮВ 2	3 6	В 2	С 3	Ю 3
15	Ш 3	СЗ 3	3 5	С 2	3 2
16	3 2	СЗ 2	ЮВ 2	СЗ 2	С 2
17	В 1	В 3	ЮВ 2	3 6	В 3
18	Ш 2	СЗ 2	СВ 2	СВ 2	ЮВ 3
19	Ш 4	СЗ 4	3 4	СЗ 2	Ю 4
20	В 1	3 4	ЮВ 1	С 3	3 4
21	ЮВ 2	В 2	СЗ 1	С 4	ЮВ 2
22	ЮВ 1	В 1	СЗ 5	С 4	СВ 1
23	ЮВ 1	ЮВ 1	С 2	СЗ 2	Ю 2
24	3 4	СЗ 4	ЮВ 2	С 4	ЮВ 1

Продолжение таблицы А5

25	ЮВ 2	СЗ 2	В 3	С 2	В 2
26	В 1	СЗ 3	ЮЗ 4	СВ 2	В 2
27	В 1	СЗ 3	3 8	Ю 2	ЮВ 3
28	СЗ 1	В 1	СЗ 6	С 4	3 4
29	СЗ 2	3 1	Ю 2	3 4	Ю 1
30	ЮВ 1	–	СЗ 4	ЮЗ 3	Ю 2
31	В 2	–	3 7	–	3 2
Средняя скорость ветра	1,71	2,55	2,77	3,23	2,87

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 – Исходные температурные данные за первую половину 2016 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	-17	-22	-12	-16	-12	-20	3	6	16	12	26	–
2	-16	-19	-8	-21	-10	-17	1	-1	7	2	19	13
3	-14	-23	-12	-22	-7	-16	0	-2	18	11	16	12
4	-18	-25	-11	-17	-4	-11	–	-3	19	10	24	11
5	-22	-24	-15	-27	-6	-6	7	-2	20	10	12	12
6	-12	-16	-19	-22	-2	-6	16	8	17	11	19	11
7	-8	-16	-22	-27	-7	-9	6	-3	18	9	20	13
8	-13	-23	-20	-22	-5	-10	-2	-6	18	8	19	13
9	-21	-26	-18	-23	-7	-16	3	-2	21	16	21	13
10	-19	-28	-18	-16	-5	-17	5	-2	24	18	21	15
11	-17	-26	-10	-8	-4	-11	9	-2	12	6	21	14
12	-13	-23	-10	-12	-2	-4	9	5	4	4	14	14
13	-20	-28	-15	-23	-8	-16	9	1	14	5	20	16
14	-22	-31	-18	-25	-8	-15	11	-1	16	11	19	15
15	-20	-26	-11	-17	-9	-8	11	0	9	8	22	15
16	-17	-23	-17	-23	-4	-6	11	1	17	14	20	17
17	-23	-29	-10	-18	-4	-3	12	4	18	13	24	19

Продолжение таблицы Б1

18	-20	-24	-10	-18	3	-6	12	2	26	17	20	18
19	-20	-21	-10	-14	2	-8	15	10	30	24	21	18
20	-19	-26	-16	-25	1	-7	13	1	35	18	26	21
21	-20	-24	-18	-25	4	-3	15	3	18	12	23	20
22	-21	-27	-18	-25	3	-2	8	4	25	13	17	15
23	-15	-22	-14	-24	2	-2	9	4	20	13	25	18
24	-11	-23	-13	-22	8	3	8	–	18	9	23	15
25	-13	-14	-12	-21	12	1	10	1	14	12	25	17
26	-16	-24	-13	-22	2	-2	10	1	10	8	21	18
27	-18	-23	-13	-23	2	-1	6	7	6	7	27	22
28	-19	-27	-9	-19	4	2	16	7	17	12	24	19
29	-21	-30	-12	-18	2	0	17	7	10	10	15	14
30	-21	-27	–	–	4	0	18	10	15	14	18	15
31	-18	-28	–	–	9	2	–	–	23	13	–	–

Таблица Б2 – Исходные температурные данные за вторую половину 2016 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	23	18	28	25	19	18	11	10	-4	-15	-12	-15
2	26	19	26	21	21	17	9	1	-6	-12	-9	-19
3	27	22	25	19	22	19	7	1	-9	-18	-7	-12

4	28	23	27	17	–	18	6	-1	-8	-17	-13	-20
5	29	26	26	15	24	18	4	-2	-8	-13	-19	-25
6	32	25	24	17	18	17	6	3	-7	-18	-20	-29
7	27	20	21	16	19	17	7	-3	-6	-15	-22	-31
8	25	18	27	16	19	15	7	-2	-8	-15	-19	-28
9	27	21	20	16	20	12	2	1	-8	-17	-16	-26
10	25	23	23	20	21	12	5	1	-9	-12	-18	-28
11	29	21	21	21	22	11	5	-3	-9	-8	-20	-18
12	27	19	90	19	22	10	4	-5	-9	-12	-16	-18
13	23	15	25	15	22	12	6	-6	-11	-22	-14	-19
14	25	17	18	16	23	12	9	2	-11	-18	-18	-22
15	25	18	19	16	17	13	7	-2	-13	-21	-14	-20
16	28	19	23	15	18	9	3	0	-13	-20	-15	-22
17	24	19	18	14	16	6	2	-2	-11	-16	-16	-22
18	28	23	21	12	20	11	1	-6	-14	-20	-10	-11
19	30	25	25	14	18	8	-1	-8	-15	-25	-11	-21
20	28	21	24	14	18	8	-2	-9	-16	-23	-16	-15
21	24	21	24	16	21	14	-1	-6	-15	-24	-14	-22
22	27	19	27	16	21	9	-1	-7	-20	-28	-17	-30
23	26	21	28	17	20	7	-1	-9	-14	-24	-17	-28
24	23	21	20	11	14	10	1	-10	-15	-25	-18	-28
25	27	17	15	12	15	7	1	-8	-17	-26	-21	-20
26	25	20	23	13	11	5	-1	-6	-17	-17	-18	-25

27	26	20	25	13	12	1	-2	-7	-15	-22	-18	-28
28	24	19	17	9	17	3	-3	-8	-15	-21	-22	-28
29	25	17	19	11	18	13	-7	-11	-12	-19	-16	-28
30	27	19	13	12	18	6	-10	-16	-8	-9	-15	-24
31	28	20	19	18	–	–	-8	-14	–	–	-16	-21

Таблица Б3 – Исходные температурные данные за первую половину 2017 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	-17	-26	-13	-15	-15	-21	14	4	23	16	17	11
2	-18	-28	-7	-17	-14	-23	12	3	18	12	19	12
3	-21	-25	-2	-12	-15	-21	15	8	14	11	21	15
4	-17	-28	-6	-18	-12	-19	13	6	22	16	24	18
5	-22	-24	-8	-13	-9	-13	5	4	14	8	28	17
6	-19	-22	-10	-15	0	-5	3	-1	7	9	23	23
7	-17	-18	-9	-17	0	-5	6	5	8	7	20	11
8	-13	-18	-8	-11	0	-8	5	1	19	14	8	9
9	-21	-25	-7	-11	1	-7	12	5	28	15	11	11
10	-22	-28	-7	-8	4	-5	8	1	14	10	20	15
11	-21	-26	-6	-13	1	-2	0	-5	–	13	22	14
12	-14	-15	-4	-15	1	-4	0	-4	10	5	26	18

13	-111	-18	-3	-12	2	-8	5	0	18	9	32	20
14	-8	-12	-4	-15	4	-4	6	-3	21	12	26	17
15	-9	-16	-5	-15	3	-2	2	1	23	17	28	19
16	-9	-17	-11	-15	6	-2	9	1	25	19	29	23
17	-13	-20	-14	-13	7	-2	12	7	18	17	23	18
18	-13	-21	-15	-16	7	-1	5	3	16	14	23	16
19	-16	-22	-13	-22	8	-2	3	3	14	8	15	15
20	-16	-25	-10	-21	7	-2	9	4	16	9	22	16
21	-19	-24	-6	-16	3	-6	12	6	16	6	30	21
22	-16	-22	-7	-15	3	-3	15	9	23	14	32	22
23	-14	-20	-6	-14	5	-3	3	2	16	9	34	24
24	-11	-19	-10	-17	4	-3	3	2	15	9	28	21
25	-11	-20	-11	-21	5	-2	10	5	22	16	25	20
26	-14	-16	-9	-16	6	-2	14	6	26	19	26	20
27	-12	-14	-3	-7	7	0	13	5	28	24	19	18
28	-11	-21	-6	-11	9	-2	11	5	15	9	19	20
29	-13	-19	-	-	7	-1	4	5	13	6	22	19
30	-11	-23	-	-	7	-2	16	8	14	10	23	19
31	-14	-20	-	-	9	1	-	-	11	6	-	-

Таблица Б4 – Исходные температурные данные за вторую половину 2017 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	32	21	25	19	19	13	4	0	-1	-2	-20	-26
2	33	23	27	19	24	13	5	2	-3	-9	-21	-29
3	34	25	25	21	24	13	7	-1	-5	-9	-21	-26
4	35	23	24	21	24	17	9	-2	-4	-14	-23	-30
5	37	24	25	20	18	16	11	1	1	-2	-24	-31
6	36	25	25	21	23	12	1	0	4	-3	-25	-33
7	35	26	17	16	17	10	6	1	1	-8	-24	-33
8	34	28	21	19	19	9	10	1	1	-8	-23	-30
9	–	21	26	22	18	8	9	1	0	-7	-23	-29
10	29	22	27	22	20	12	9	-2	1	-6	-20	-23
11	21	20	26	20	11	10	8	0	-2	-12	-15	-19
12	24	18	27	21	11	10	9	-3	-3	-8	-16	-19
13	26	19	30	21	15	10	6	0	-5	-7	-15	–
14	24	19	31	20	17	10	4	-2	-8	-12	-17	-25
15	22	18	32	20	23	15	6	-5	-11	–	-17	-23
16	25	19	28	20	17	14	3	-1	-11	-21	-16	-23
17	29	22	24	21	18	15	2	-7	-14	-21	-19	-26
18	22	20	31	21	20	13	4	0	-17	-24	-21	-25
19	22	18	31	22	20	12	6	0	-17	-24	-19	-27

20	23	16	27	22	19	7	-1	-3	-13	-21	-18	-20
21	25	18	22	19	22	15	-4	-8	-11	-18	-15	-22
22	17	16	21	15	20	16	-1	-10	-11	-16	-18	-26
23	–	17	22	15	19	7	1	-7	-15	-21	-17	-24
24	17	13	17	15	12	9	8	6	-18	-24	-18	-25
25	24	15	15	14	17	9	4	-4	-20	-25	-21	-26
26	27	20	20	11	17	9	5	-7	–	–	-20	-22
27	23	14	13	10	10	3	6	4	–	–	-17	-23
28	28	18	13	7	5	2	3	-2	–	-18	-17	-23
29	27	19	12	7	4	5	3	-4	-20	-25	-12	-17
30	19	19	15	12	12	2	3	-5	-20	-28	-16	-23
31	23	18	21	12	–	–	2	-2	–	–	-11	-12

Таблица Б5 – Исходные температурные данные за первую половину 2018 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	-11	-11	-17	-29	-8	-12	14	9	14	4	30	20
2	-11	-14	-16	-26	-7	-17	1	-3	16	5	30	22
3	-12	-16	-15	-26	-11	-14	0	-6	18	7	33	26
4	-9	-18	-16	-25	-9	-17	-1	-5	18	11	24	17
5	-12	-17	-15	-25	-12	-19	2	-3	17	11	22	15

6	-9	-20	-16	-23	-11	-18	2	-5	11	6	17	15
7	-17	-19	-15	-25	-8	-20	2	-2	16	7	23	13
8	-13	-24	-15	-23	-8	-16	5	-4	22	13	16	14
9	-18	-20	-15	-18	-7	-18	12	1	24	19	21	15
10	-20	-23	-17	-24	-5	-13	14	6	17	9	14	14
11	-20	-29	-18	-25	-2	-12	10	5	22	12	17	15
12	-23	-31	-17	-22	-6	-10	9	0	16	10	22	15
13	-23	-23	-13	-20	1	-7	9	-1	17	8	20	13
14	-17	-24	-10	-17	-4	-13	11	0	22	10	15	13
15	-15	-28	-11	-19	-7	-15	13	1	19	14	17	14
16	-23	-27	-14	-20	-4	-9	19	10	20	14	14	14
17	-16	-20	-11	-20	0	-6	16	6	22	16	20	15
18	-19	-27	-10	-17	-6	-10	14	3	27	15	22	16
19	-18	-20	-13	-21	-7	-14	22	10	29	21	16	11
20	-18	-21	-12	-20	4	-1	5	1	26	15	21	12
21	-24	-30	-11	-22	11	1	11	2	25	18	25	15
22	-25	-31	-13	-21	8	1	14	2	26	10	24	16
23	-26	-36	-14	-22	6	-2	23	12	13	10	22	17
24	-25	-29	-12	-22	7	-1	26	13	11	10	24	16
25	-24	-25	-13	-23	8	2	–	–	16	8	19	16
26	-19	-24	-11	-22	13	7	8	1	19	13	16	15
27	-21	-27	-9	-18	9	3	13	2	23	12	22	16
28	-19	-26	-10	-18	3	1	18	13	28	15	25	17

29	-19	-23	–	–	6	2	15	6	30	19	20	18
30	-16	-24	–	–	8	2	12	1	29	15	24	17
31	-15	-23	–	–	5	3	–	–	31	22	–	–

Таблица Б6 – Исходные температурные данные за вторую половину 2018 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	27	22	26	15	24	15	18	8	9	-3	-15	-13
2	25	20	27	18	25	17	12	7	9	4	-8	-11
3	28	21	19	13	17	16	19	6	-1	-8	-11	-16
4	26	19	26	15	16	15	24	17	-3	-14	-21	-29
5	25	18	26	17	17	15	24	15	-1	-6	-26	-34
6	25	16	27	17	13	11	13	7	0	-11	-24	-28
7	25	18	26	20	12	8	13	1	3	-4	-23	-24
8	23	19	26	21	6	5	11	4	2	-7	-20	-25
9	17	15	20	18	13	0	7	4	-1	-1	-20	-25
10	25	16	25	16	18	10	11	1	-2	-4	-18	-27
11	27	18	24	12	23	16	13	0	0	-1	-18	-28
12	20	20	24	15	15	16	15	2	2	-5	-20	-27
13	27	19	25	16	19	14	17	10	2	-9	-20	-27
14	26	19	23	15	21	11	9	1	-1	-3	-17	-25

15	27	20	25	14	14	9	1	2	-7	-18	-16	-19
16	26	20	26	14	12	9	7	-3	-11	-20	-19	-25
17	27	21	22	16	17	10	10	-2	-9	-18	-19	-25
18	27	21	20	15	–	–	13	4	-8	-16	-18	-22
19	28	21	23	15	–	–	11	-1	-13	-18	-18	-26
20	25	19	23	16	–	–	11	-1	-16	-26	-18	-26
21	23	18	20	18	19	14	11	0	-16	-24	-17	-20
22	23	21	24	17	10	10	12	10	-16	-25	-14	-18
23	27	21	28	17	14	9	9	4	-15	-21	-17	-21
24	26	21	28	18	18	7	6	0	-14	-22	-17	-28
25	28	20	25	19	17	4	8	-4	-13	-14	-21	-23
26	28	19	28	18	19	12	4	3	-2	-9	-17	-19
27	30	22	28	18	22	12	-1	-1	-14	-19	-18	-19
28	30	25	25	19	21	7	1	-1	-16	-22	-15	-19
29	21	18	21	17	23	8	5	1	-16	-25	-16	-19
30	27	17	25	15	16	5	6	2	-19	-24	-18	-24
31	22	18	24	12	–	–	9	-1	–	–	-15	-13

Таблица Б7 – Исходные температурные данные за первую половину 2019 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Январь		Февраль		Март		Апрель		Май		Июнь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	-12	-23	-19	-29	1	-10	3	-5	13	4	21	13
2	-11	-20	-19	-27	0	-9	7	-1	20	10	19	17
3	-16	-25	-20	-26	3	-7	8	-1	28	11	24	14
4	-17	-22	-24	-33	1	-8	8	2	11	8	26	16
5	-11	-19	-26	-30	-1	-11	10	-1	12	6	27	19
6	-15	-26	-27	-32	1	-7	7	2	13	8	22	17
7	-17	-22	-23	-24	5	-6	6	0	14	7	26	17
8	-12	-20	-14	-20	2	-4	8	0	9	5	29	20
9	-11	-20	-14	-20	0	-9	10	-1	11	5	26	19
10	-11	-19	-17	-26	5	-3	10	1	19	12	29	20
11	-13	-22	-17	-24	2	-2	14	2	20	16	22	16
12	-14	-20	-12	-18	-1	-2	19	7	19	12	21	16
13	-12	-22	-9	-19	0	-7	6	-1	23	16	16	12
14	-16	-20	-8	-17	-1	-7	7	-2	18	8	17	14
15	-17	-22	-8	-15	1	-9	13	8	16	10	21	12
16	-26	-28	-3	-7	3	-5	9	0	18	14	22	16
17	-19	-21	-1	-10	8	-1	6	2	18	16	22	18
18	-14	-24	-3	-14	6	-2	5	0	18	6	26	14
19	-18	-20	1	-11	-5	-7	9	-3	18	12	12	13

20	-15	-23	-1	-10	-1	-9	9	4	10	10	23	15
21	-13	-25	2	-7	-3	-11	9	-2	15	9	24	17
22	-15	-21	-1	-10	-4	-12	11	7	12	9	28	20
23	-10	-14	-3	-8	-3	-9	9	3	21	17	27	22
24	-9	-13	-4	-7	-2	-6	5	2	23	19	26	16
25	-8	-15	-4	-12	-1	-9	12	1	15	13	23	16
26	-7	-20	-1	-12	0	-9	17	10	21	14	22	17
27	-13	-19	0	-9	-3	-10	20	9	19	15	23	16
28	-11	-21	1	-8	-1	-10	21	11	9	811	26	17
29	-11	-18	–	–	-1	-8	22	12	14	11	26	19
30	-15	-18	–	–	-1	-8	8	4	18	10	29	19
31	-19	-29	–	–	2	-4	–	–	18	14	–	–

Таблица Б8 – Исходные температурные данные за вторую половину 2019 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Ноябрь		Декабрь	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1	29	20	23	16	16	13	19	11	-2	-7	-15	-19
2	21	16	26	1	24	11	11	6	-4	-7	-16	-21
3	24	18	27	18	16	15	10	-1	-1	-8	-19	-21
4	24	15	23	23	22	17	11	0	-3	-3	-19	-20
5	17	16	24	17	20	16	115	8	-4	-8	-18	-25

6	24	20	25	16	25	15	16	11	-9	-12	-19	-25
7	26	21	26	16	25	20	9	4	-11	-16	-20	-27
8	30	22	27	19	24	17	11	1	-7	-13	-27	-31
9	28	25	23	17	17	10	10	7	-8	-9	-21	-22
10	28	18	24	17	17	12	7	-1	-3	-2	-20	-27
11	28	20	19	18	20	8	1	-3	-4	-6	-24	-31
12	26	20	27	16	23	17	2	-6	-10	-14	-27	-30
13	23	20	26	18	14	8	3	-5	-15	-21	-17	-24
14	23	21	27	21	17	11	4	-3	-18	-24	-23	-24
15	27	20	25	19	13	2	3	0	-18	-18	-12	-17
16	24	20	21	16	14	1	10	-3	-12	-14	-12	-16
17	26	20	17	15	14	2	15	5	-10	-17	-14	-19
18	24	19	14	13	8	7	16	6	-11	-10	-19	-25
19	30	23	18	13	15	4	14	1	-11	-16	-20	-29
20	25	22	20	13	8	7	14	9	-15	-22	-21	-31
21	26	23	22	19	13	5	9	5	-21	-27	-23	-31
22	23	22	19	18	21	15	5	2	-9	-4	-23	-30
23	22	16	24	16	17	7	6	2	-10	-17	-21	-24
24	18	16	25	16	13	4	2	0	-16	-25	-21	-31
25	16	15	26	16	15	3	0	-3	-15	-22	-26	-34
26	19	16	26	16	19	8	1	-9	-15	-18	-28	-35
27	21	16	17	16	23	11	0	0	-16	-23	-29	-34
28	21	20	22	17	26	12	0	-1	-14	-18	-25	-30

29	28	21	25	14	12	1	1	-3	-11	-19	-26	-1
30	23	19	23	13	13	8	0	0	-19	-20	-26	-32
31	26	19	23	14	–	–	2	1	–	–	-24	-30

Таблица Б9 – Исходные температурные данные за начало 2020 года ЗАТО Циолковский

в градусах по Цельсия

Число	январь		февраль		март		апрель		май	
	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь	день	ночь
1	-16	-18	-17	-21	-6	-14	11	5	12	8
2	-12	-15	-15	-19	-2	-13	2	-3	11	6
3	-17	-26	-19	-28	-3	-11	3	-2	10	3
4	-21	-28	-17	-23	-6	-14	4	-3	15	6
5	-20	-27	-16	-22	-7	-15	8	1	16	5
6	-19	-24	-19	-24	-5	-13	6	0	21	12
7	-14	-20	-16	-22	-3	-8	7	1	19	12
8	-14	-21	-18	-24	-2	-9	11	2	19	13
9	-15	-22	-17	-22	-4	-9	13	5	20	12
10	-17	-18	-18	-15	-3	-10	16	7	5	4
11	-12	-16	-8	-16	-3	-9	18	9	15	4
12	-13	-18	-6	-11	-4	-12	20	5	10	9
13	-17	-25	-12	-19	-8	-12	17	7	18	9
14	-21	-27	-9	-15	-7	-9	13	4	16	4

15	-17	-25	-10	-17	-6	-11	15	4	19	12
16	-16	-25	-9	-18	-4	-11	17	4	21	14
17	-16	-26	-6	-13	-1	-5	20	10	20	10
18	-20	-25	-6	-11	1	-5	10	2	21	16
19	-17	-26	-9	-15	4	-3	1	0	21	16
20	-21	-29	-11	-20	4	-3	-2	-3	13	11
21	-24	-27	-13	-21	3	-4	3	0	20	13
22	-19	-28	-9	-19	1	-6	4	2	17	10
23	-17	-20	-11	-15	2	-5	7	0	14	9
24	-16	-24	-4	-10	5	-1	8	1	10	9
25	-19	-27	-2	-8	8	4	10	6	21	11
26	-18	-26	-1	-8	2	-3	11	3	21	14
27	-16	-22	-1	-12	-5	-8	14	10	26	18
28	-12	-18	-4	-13	1	-5	17	8	30	17
29	-8	-16	-2	-12	10	3	24	16	28	17
30	-13	-23	–	–	9	0	23	17	24	19
31	-17	-24	–	–	6	2	–	–	21	15

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1 – Исходные данные давления 2016 года ЗАТО Циолковский

в миллиметрах ртутного столба

Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	746	746	742	733	737	739	734	738	736	735	746	741
2	744	746	745	733	737	737	734	738	739	741	744	743
3	741	744	751	737	737	739	737	739	743	740	744	733
4	740	743	755	736	734	737	740	742	744	746	741	745
5	742	747	741	736	737	739	739	742	741	744	748	747
6	743	743	739	728	736	740	735	737	738	746	755	746
7	741	745	740	727	738	736	738	736	741	741	752	746
8	740	742	742	733	740	738	737	739	745	741	752	744
9	744	744	745	741	736	740	731	737	746	742	752	750
10	747	748	743	746	734	741	724	737	746	743	749	750
11	747	744	739	743	728	737	732	733	748	745	742	749
12	740	744	734	736	739	734	741	731	747	746	745	750
13	741	750	742	737	739	734	740	734	746	741	748	750
14	748	742	743	742	737	735	739	736	744	745	745	744
15	753	734	736	744	735	734	740	735	742	741	747	741
16	748	737	739	743	731	734	739	736	746	742	749	740
17	749	740	741	737	734	737	738	736	747	746	745	749
18	750	743	743	737	735	738	737	738	743	747	746	751
19	755	746	747	734	735	738	738	739	741	752	744	754
20	755	747	749	731	733	734	740	739	743	750	748	760
21	755	749	747	726	749	734	738	742	740	747	749	755

Продолжение таблицы В1

22	758	753	749	732	743	734	740	743	740	743	746	751
23	750	752	754	737	730	736	734	761	740	742	746	752
24	742	752	752	741	726	734	732	735	736	737	748	748
25	738	749	747	749	728	735	737	733	739	744	746	752
26	737	749	747	749	732	737	734	734	748	747	748	749
27	743	750	743	743	735	737	733	738	747	745	749	748
28	753	753	739	742	734	736	734	739	743	746	751	743
29	755	747	737	738	736	737	737	747	736	748	750	745
30	752	–	740	737	738	735	740	742	736	749	740	746
31	750	–	741	–	739	–	740	735	–	746	–	746

Таблица В2 – Исходные данные давления 2017 года ЗАТО Циолковский

в миллиметрах ртутного столба

Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	746	743	744	738	737	740	739	740	742	736	741	745
2	746	744	742	739	738	739	739	738	743	743	748	747
3	745	743	745	739	738	737	736	736	742	746	749	749
4	753	746	746	739	731	739	736	734	739	746	745	746
5	753	746	746	741	728	737	736	735	732	743	739	743
6	748	750	740	741	732	732	735	736	730	743	743	748
7	748	750	737	739	725	732	735	734	735	750	746	750
8	741	745	733	738	733	731	732	731	740	754	745	746
9	737	745	735	737	730	734	731	734	741	753	745	745
10	742	746	740	735	735	741	731	738	740	752	743	746
11	741	747	745	737	732	743	726	741	739	748	743	746

Продолжение таблицы В2

12	734	751	749	735	735	741	726	743	742	744	743	748
13	745	753	749	729	744	734	727	743	745	744	738	752
14	752	750	748	729	743	739	731	741	748	747	737	751
15	754	743	747	732	738	738	737	741	745	751	740	747
16	755	738	747	741	733	736	737	741	741	748	746	746
17	753	743	746	734	733	734	737	743	737	753	748	743
18	752	746	747	731	729	734	729	742	734	748	746	746
19	750	744	747	739	731	737	733	740	736	745	745	746
20	749	745	746	742	739	740	736	739	738	743	741	740
21	752	745	743	739	744	736	739	732	737	747	740	742
22	750	745	745	736	746	736	736	733	734	751	740	745
23	751	740	748	739	739	734	734	735	735	746	742	745
24	750	739	746	743	738	737	734	728	735	739	743	746
25	747	743	746	740	739	737	737	729	739	747	744	745
26	737	745	746	737	736	735	737	735	734	748		746
27	749	738	743	733	737	738	739	735	734	743		747
28	750	732	741	730	733	735	739	731	729	740	741	750
29	749	–	746	729	727	734	739	732	730	744	747	754
30	744	–	749	738	731	733	739	736	738	743	746	753
31	742	–	746	–	736	–	740	739	–	739	–	748

Таблица В3 – Исходные данные давления 2018 года ЗАТО Циолковский

в миллиметрах ртутного столба

Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	748	755	736	732	746	733	738	738	742	736	748	741
2	750	756	736	737	746	734	738	739	737	737	740	738

Продолжение таблицы В3

3	750	755	739	745	741	730	736	741	734	744	750	743
4	746	755	744	746	736	734	738	740	732	745	755	748
5	742	752	747	744	733	737	743	740	725	743	749	750
6	740	751	753	740	739	738	743	739	729	740	748	749
7	741	744	753	734	745	740	741	739	733	740	747	745
8	740	739	753	734	747	742	741	739	740	740	748	747
9	739	741	749	735	743	740	741	738	745	743	745	755
10	747	740	748	733	736	737	741	738	745	746	746	756
11	749	738	743	734	737	735	740	739	741	745	748	753
12	750	736	736	745	735	736	731	739	738	743	749	753
13	748	738	742	746	736	739	730	741	738	742	746	752
14	744	740	748	741	729	739	731	744	741	743	747	750
15	746	741	750	738	737	740	734	747	735	746	744	742
16	744	745	744	734	737	733	737	746	736	748	745	740
17	741	744	738	736	739	732	735	740	739	747	745	739
18	745	743	745	738	738	732	734	734	–	745	745	734
19	742	743	754	737	739	733	734	736	–	746	746	742
20	744	741	751	740	742	733	736	737	741	747	746	747
21	746	742	738	748	739	731	737	734	740	745	745	746
22	744	749	737	751	729	730	733	736	742	740	744	742
23	746	752	738	743	731	737	735	741	743	737	744	742
24	752	754	738	737	733	738	738	741	743	740	743	744
25	753	755	740	–	738	738	736	740	747	745	729	745
26	749	752	729	741	742	734	738	741	747	734	737	745
27	744	752	731	737	738	730	738	741	746	729	747	746
28	740	744	741	734	738	729	737	741	746	734	748	749
29	739	–	746	736	738	731	737	741	743	742	746	754

Продолжение таблицы В3

30	743	–	747	745	738	735	738	741	740	743	745	760
31	747	–	741	–	738	–	733	744	–	744	–	754

Таблица В4 – Исходные данные давления 2019 года ЗАТО Циолковский

в миллиметрах ртутного столба

Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	751	743	744	746	737	732	732	735	741	739	744	745
2	751	746	741	743	738	734	734	739	743	748	751	738
3	751	743	742	738	738	737	734	738	743	753	751	742
4	747	744	744	735	745	737	734	735	739	749	743	750
5	749	745	748	735	742	737	736	741	740	744	742	752
6	751	747	746	736	737	739	739	743	740	737	743	746
7	747	744	743	739	734	737	742	742	738	738	741	747
8	742	747	737	742	731	739	739	741	729	737	745	750
9	738	749	743	744	735	735	738	741	736	732	743	745
10	746	751	738	741	741	738	740	741	745	742	733	745
11	747	751	734	737	740	734	737	738	745	749	736	744
12	751	751	73	733	734	734	735	739	741	752	747	743
13	750	751	741	740	737	741	735	737	735	751	744	747
14	747	747	744	737	736	743	737	734	739	749	740	748
15	743	744	741	731	727	739	738	736	736	747	737	745
16	744	738	740	733	731	739	737	734	741	749	745	745
17	747	740	733	735	735	733	736	732	736	751	749	747
18	747	741	735	739	737	735	735	737	743	749	734	749
19	745	746	741	742	724	740	736	741	745	744	743	746

Продолжение таблицы В4

20	741	744	745	734	726	740	736	741	747	739	749	744
21	740	744	744	739	730	740	734	737	745	739	750	747
22	739	748	744	740	731	737	730	740	743	746	740	49
23	746	736	739	735	729	735	733	742	746	751	745	748
24	750	740	734	742	736	738	735	741	746	752	752	752
25	751	745	737	746	741	737	733	740	749	744	749	751
26	744	745	741	743	737	737	734	739	740	743	750	748
27	740	741	741	737	730	734	734	738	735	738	755	749
28	745	741	742	739	731	734	732	740	745	739	753	754
29	741	–	746	738	731	734	731	739	740	737	753	754
30	740	–	743	734	729	738	732	738	740	735	747	749
31	742	–	744	–	725	–	732	740	–	737	–	746

Таблица В5 – Исходные данные давления за начало 2020 года ЗАТО Циолковский
в миллиметрах ртутного столба

Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
1	745	739	745	731	722
2	743	740	747	737	734
3	747	741	748	741	738
4	748	745	744	747	735
5	753	747	742	742	737
6	756	743	742	742	737
7	754	745	716	744	731
8	749	745	718	747	734
9	748	742	742	746	732
10	745	740	737	744	725
11	746	732	733	743	724
12	742	735	730	740	726

Продолжение таблицы В5

13	748	746	734	798	729
14	751	748	734	742	728
15	751	749	739	741	736
16	749	748	732	740	737
17	748	741	729	737	737
18	746	740	728	741	734
19	744	744	729	736	735
20	745	749	729	734	737
21	746	748	733	735	738
22	747	740	740	737	734
23	745	737	736	734	734
24	753	744	732	733	732
25	752	748	733	738	731
26	752	748	735	740	728
27	752	745	733	735	729
28	751	743	729	734	731
29	750	744	734	730	728
30	746	–	737	726	731
31	743	–	734	–	731