

Научно-исследовательский центр СтаДиО
АО НИЦ СтаДиО

Свидетельство СРО «АПОЭК» - Ассоциации «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов»
Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

125124, Москва, ул. 3-я Ямского Поля, д.18, эт. 8, помещ. IX, ком. 13, т. (499)706-8810, e-mail: stadyo@stadyo.ru

Инв. № ВОРЦСП-24/08-1

«Утверждаю»

Генеральный директор АО НИЦ СтаДиО



А.М. Белостоцкий
2025 г.

Научно-технический отчет

по договору № 9992018000000006719/СТГ177125 от 04.02.2025 г.

**Определение расчетных ветровых и снеговых воздействий на
основе численного моделирования задач строительной аэродинамики
для актуального варианта Объекта «Музейный и театрално-
образовательный комплекс в г. Владивостоке, расположенный по адресу
Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток,
ул. Аксаковская»**

Руководители работы:

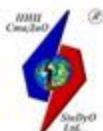
докт. техн. наук, академик РААСН А.М. Белостоцкий
канд. техн. наук Д.С. Дмитриев

Ответственный исполнитель:

канд. техн. наук О.С. Горячевский

Исполнители:

канд. техн. наук Н.А. Бритиков
И.Ю. Негрозова
А.Ю. Купреева



Научно-исследовательский центр СтаДиО

АО НИИ СтаДиО

Свидетельство СРО «АПОЭК» - Ассоциации «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов»
Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

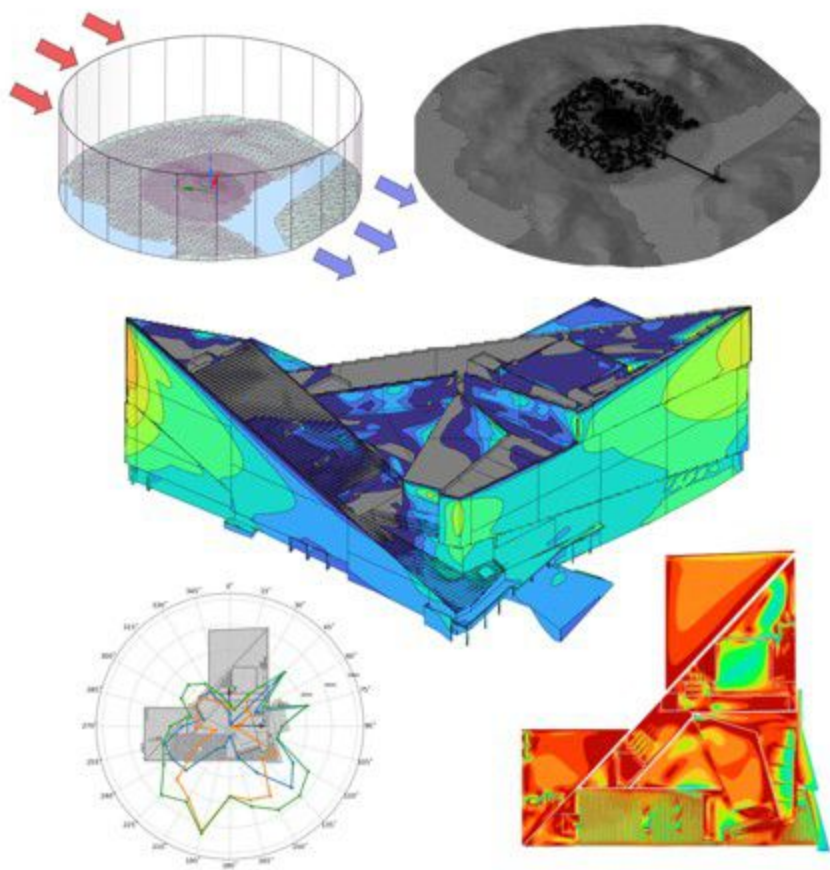
125124, Москва, ул. 3-я Ямского Поля, д.18, эт. 8, помещ. IX, ком. 13, т. (499)706-8810, e-mail: stadyo@stadyo.ru

Инв. № ВОРЦСП9-24/08-1

Научно-технический отчет

по договору № 99920180000000006719/СТГ177125 от 04.02.2025 г.

Определение расчетных ветровых и снеговых воздействий на основе численного моделирования задач строительной аэродинамики для актуального варианта Объекта «Музейный и театрально-образовательный комплекс в г. Владивостоке, расположенный по адресу Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток, ул. Аксаковская»



2. Исходные данные. Постановка задач

В главе представлено:

- описание местоположения, окружающей застройки, рельефа и климата площадки строительства;
- краткое описание Объекта аэродинамических исследований;
- постановка целей и задач аэродинамических исследований.

2.1. Площадка строительства, рельеф и застройка объекта

Площадка под строительство Объекта располагается на сопке Орлиное гнездо, являющейся высшей точкой в исторической части города Владивосток (рис. 2.1). К югу от участка проходит улица Суханова и расположена Верхняя станция Владивостокского фуникулера. К востоку расположено круговое движение вокруг сквера Путешественников и проходит улица Гоголя. С севера участок ограничен Аксаковской улицей. С запада к будущему Объекту примыкает плотная застройка Некрасовского переулка. Участок под проектирование расположен в зоне с выраженным рельефом среди плотной городской застройки в 700 метрах от берега бухты Золотой рог.



Рис. 2.1 Площадка строительства на карте г. Владивосток
(источник: *GoogleMaps*, топосъемка 2025 года)

Локальный рельеф местности в радиусе 2.5 км от Объекта характеризуется перепадами высот до 208 м (рис. 2.2). Присутствует требующая учета аэродинамически значимая окружающая застройка, средняя высота которой сопоставима с высотой Объекта в радиусе 0.5-1.0 км и заметно выше Объекта в непосредственной близости. Таким образом, геометрию рельефа необходимо учитывать в радиусе 2.5 км и окружающую городскую застройку – в радиусе 0.5 км.

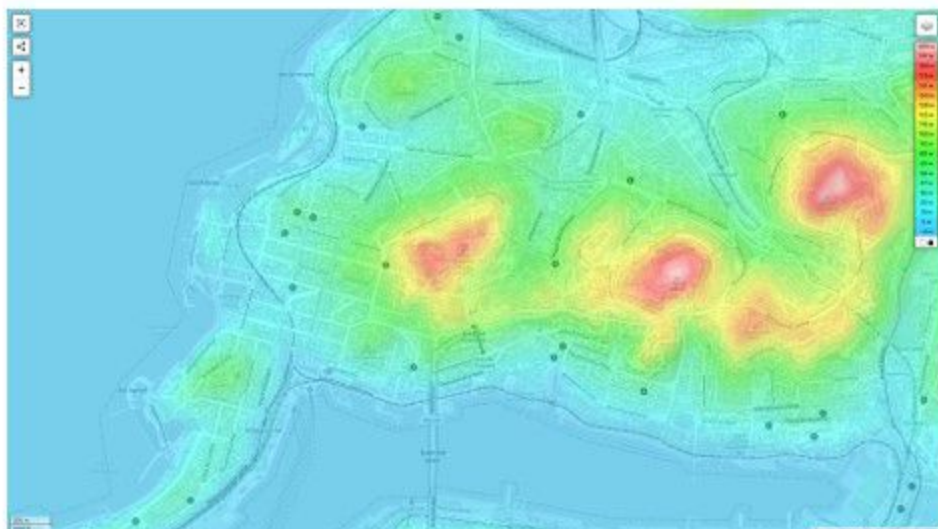


Рис. 2.2 Топографическая карта г. Владивосток возле площадки строительства

Роза ветров для г. Владивосток построена по данным ближайшей метеостанции (см. рис. 2.3) и представлена на рис. 2.4. Таблица повторяемости скоростей ветра (часов в год) представлена в таблицах 2.1-2.2.

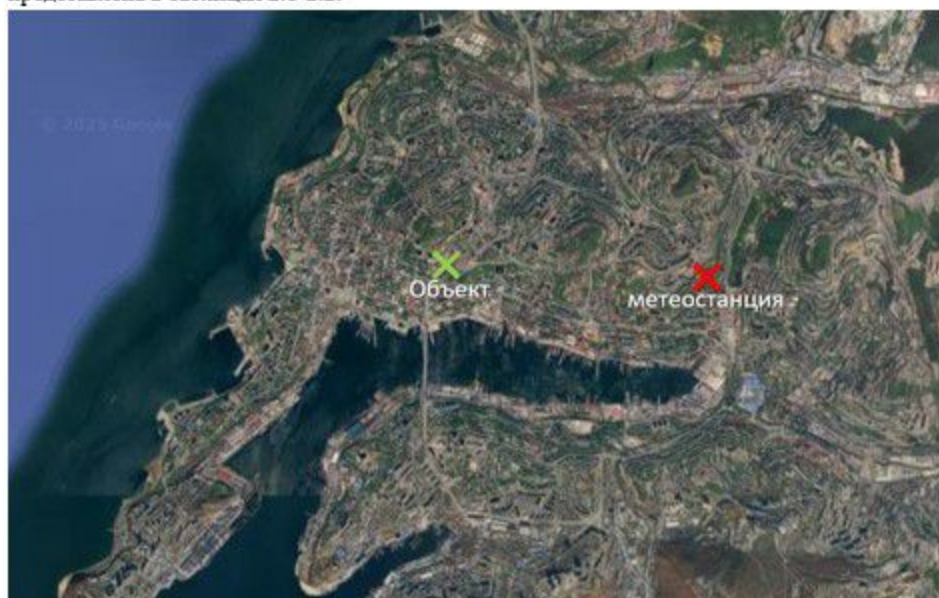


Рис. 2.3 Объект и метеостанция № 31960 г. Владивосток на карте (источник Google Maps)

Согласно СП 20.13330.2016, площадка строительства находится в **IV ветровом районе** (нормативное значение ветрового давления $w_0 = 0.48 \text{ кПа}$) и **II снеговом районе** (нормативное значение веса снегового покрова $S_g = 1.0 \text{ кПа}$ согласно карте 1). При определении ветровых нагрузок следует принять тип местности **A** со стороны моря (сегменты выделены синим) и **B** со стороны суши (сегменты выделены зеленым) – см. рис. 2.5.

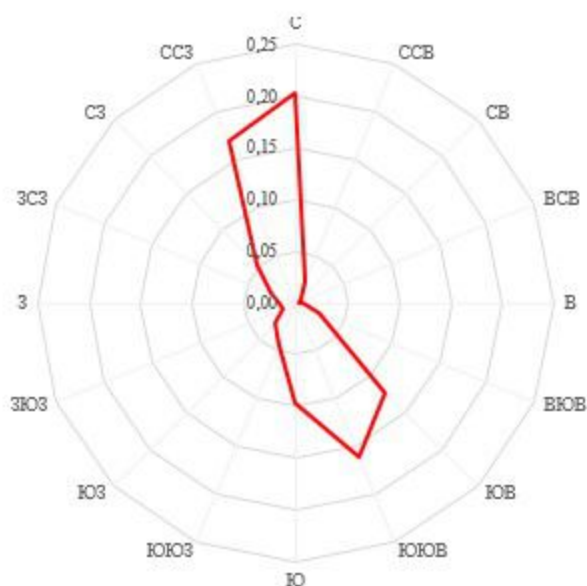


Рис. 2.4 Повторяемость ветров в г. Владивосток, %
 (источник: gr5.ru, метеодатчики станции расположены на высоте 184 м над уровнем моря, 43° 07' с.ш., 131° 56' в.д.; статистика учитывает наблюдения за последние 20 лет)

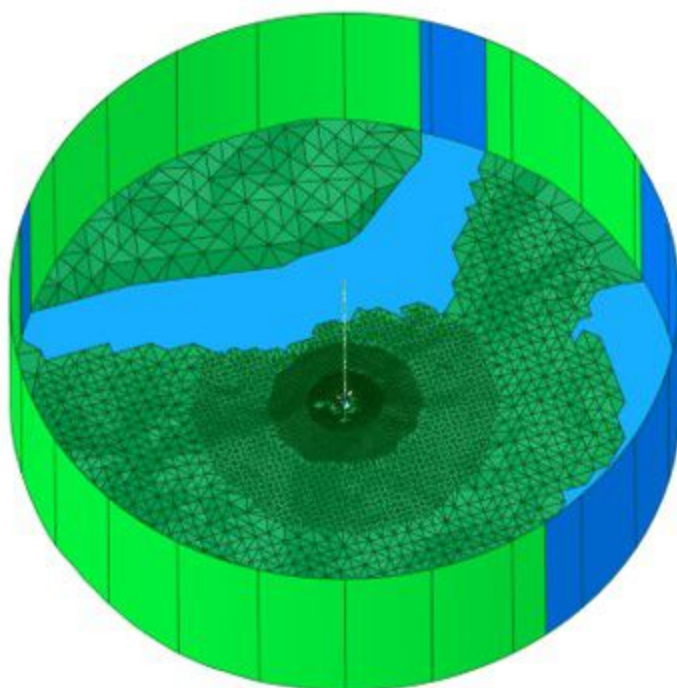


Рис. 2.5 Типы местности на расчетной области
 (синий – тип местности А, зеленый – тип местности В)

Таблица 2.1. Направление и повторяемость ветров на высоте 10 м (часов в год) в течение года по данным метеостанции г. Владивосток.
Отсчет углов от Севера к Востоку

Угол	% год	Интервалы скорости ветра, м/с																					
		0.5 - 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4.5	4.5 - 5.5	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	7.5 - 8.5	8.5 - 9.5	9.5 - 10.5	10.5 - 11.5	11.5 - 12.5	12.5 - 13.5	13.5 - 14.5	14.5 - 15.5	15.5 - 16.5	16.5 - 17.5	17.5 - 18.5	18.5 - 19.5	19.5 - 20.5	20.5 - 21.5	21.5 - 22.5
0	9.3	30	58	96	126	123	105	90	68	44	28	19	10	7	4	1.4	0.4	0.4	-	-	0.2	-	-
15	2.7	15	23	32	36	34	27	24	17	11	7	5	3	2	1.0	0.4	0.1	0.1	-	-	0.1	-	-
30	0.4	9	10	8	5	3	0.7	1.3	0.5	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	0.2	5	5	2	2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.6	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
60	0.2	6	4	2	2	1.0	0.7	0.2	0.1	0.2	0.1	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
75	0.3	8	6	4	2	1.4	0.9	0.3	0.2	-	0.1	0.1	0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	
90	0.6	14	17	10	5	2	1.0	0.6	0.6	-	0.4	0.2	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	
105	2.1	15	22	27	27	26	18	14	10	6	4	4	3	2	1.4	0.8	0.6	-	-	-	-	-	
120	4.2	14	26	40	48	51	43	39	31	23	17	11	10	6	4	2	1.3	0.4	0.4	0.1	-	-	0.1
135	9.1	9	33	63	89	102	99	104	85	65	50	30	25	15	11	6	3	2	2	0.2	-	-	0.2
150	9.9	16	36	60	107	126	125	113	92	66	46	32	18	10	6	4	2	1.2	1.3	0.2	0.2	0.3	0.4
165	9.4	23	45	65	111	127	120	100	79	54	36	26	12	7	3	2	2	0.8	0.9	0.2	0.2	0.3	0.3
180	6.9	36	70	83	105	104	80	51	33	15	10	6	2	1.4	0.6	-	0.6	-	-	-	-	-	-
195	3.5	25	52	60	53	45	30	20	11	6	3	3	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
210	2.2	20	43	46	33	21	11	8	3	2	1.2	1.2	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
225	1.4	18	32	27	22	9	5	3	1.2	0.4	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240	0.9	14	23	17	12	5	3	2	0.8	0.7	0.2	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
255	0.9	16	24	16	10	6	3	3	1.2	1.2	0.4	0.3	0.1	-	0.1	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
270	1.5	24	34	24	16	13	7	7	3	2	1.4	1.0	0.4	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
285	1.9	18	32	27	20	20	13	14	9	7	4	3	3	0.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
300	2.8	16	34	35	30	29	23	23	17	13	8	6	5	2	0.7	0.3	0.1	0.1	-	-	-	-	-
315	4.9	18	41	59	54	48	44	45	36	29	20	13	10	5	1.0	1.2	0.4	0.2	-	-	-	-	-
330	12	20	59	99	131	128	120	118	99	90	57	37	27	15	9	7	6	2	1.4	0.3	0.5	0.2	-
345	13	23	64	108	149	147	135	129	107	93	59	39	28	16	10	7	6	2	1.4	0.3	0.5	0.2	-

Таблица 2.2. Направление и повторяемость ветров на высоте 10 м (часов в год) в период с апреля по октябрь по данным метеостанции г. Владивосток. Отсчет углов от Севера к Востоку

Угол	% год	Интервалы скорости ветра, м/с																					
		0.5 - 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4.5	4.5 - 5.5	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	7.5 - 8.5	8.5 - 9.5	9.5 - 10.5	10.5 - 11.5	11.5 - 12.5	12.5 - 13.5	13.5 - 14.5	14.5 - 15.5	15.5 - 16.5	16.5 - 17.5	17.5 - 18.5	18.5 - 19.5	19.5 - 20.5	20.5 - 21.5	21.5 - 22.5
0	6.2	15	28	43	52	48	37	32	22	15	7	6	4	3	1.2	0.6	-	0.2	-	-	-	-	-
15	1.9	8	12	15	15	14	10	8	6	4	2	2	0.9	0.7	0.3	0.1	-	<0.1	-	-	-	-	-
30	0.4	5	6	4	3	2	0.5	0.3	0.5	0.1	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
45	0.2	3	3	1.0	1.2	<0.1	0.4	0.2	0.2	0.6	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
60	0.2	3	3	1.0	1.2	0.9	0.7	0.2	<0.1	0.1	<0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
75	0.3	4	4	3	2	1.2	0.8	0.2	<0.1	-	<0.1	<0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
90	0.7	8	11	8	3	1.4	1.0	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
105	2.4	8	13	18	19	20	14	9	8	4	3	3	2	1.3	0.7	0.6	0.1	-	-	-	-	-	
120	5.2	8	15	27	35	38	31	29	25	18	13	9	8	4	3	2	1	0.3	0.2	-	-	-	
135	12	5	20	42	66	74	71	82	70	55	38	25	20	11	8	5	2	1.4	1.0	-	-	-	
150	13	8	22	40	81	101	101	95	79	58	39	27	15	8	5	3	2	1.1	1.0	0.1	0.1	0.3	
165	13	12	29	45	86	105	101	87	69	47	32	22	10	6	3	2	1.5	0.7	0.7	0.1	0.1	0.3	
180	9.4	21	46	59	85	90	67	46	29	13	9	5	2	1.2	0.6	-	0.6	-	-	-	-	-	
195	4.7	15	37	45	43	35	24	16	9	5	3	2	0.5	0.3	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	
210	2.8	12	32	36	26	15	8	5	2	2	1.0	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
225	1.8	12	25	21	17	7	4	2	0.8	0.2	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
240	1.1	10	17	13	9	4	2	1.4	0.2	0.5	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
255	1.1	12	17	11	7	3	2	2	0.4	0.7	0.1	0.1	0.1	-	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	
270	1.6	18	24	13	9	6	4	3	2	1.0	0.6	0.4	0.4	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	
285	1.6	12	19	14	10	8	6	5	3	2	1.3	1.0	0.4	-	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	
300	2.0	10	19	18	14	11	8	9	5	4	2	2	1.0	0.3	<0.1	-	<0.1	-	-	-	-	-	
315	3.2	9	24	29	23	17	14	15	9	6	5	4	3	1.2	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	
330	7.1	10	30	48	56	47	43	38	28	25	15	8	6	2	2	1.3	0.9	0.6	0.3	-	0.1	-	
345	7.9	11	31	52	63	55	49	42	31	27	15	8	6	2	2	1.5	0.9	0.6	0.3	-	0.1	-	

2.2. Краткая характеристика исследуемого Объекта

Здание музейного и театрально-образовательного комплекса представляет собой сложный архитектурный объект из трех блоков – музейного, концертного и образовательного, в которых будут размещены филиалы Эрмитажа, Третьяковской галереи, Музея Востока, Российского государственного института сценических искусств, а также школа креативных индустрий и сцена Мариинского театра. Театральный зал внутри комплекса рассчитан на 1300 мест. В нем предусмотрены помещения гримерок и дежурных складов, сценического комплекса, карманы сцены.

Архитектурный облик призван гармонично интегрировать комплекс в существующий ландшафтно-архитектурный стиль города, в благоустройстве будут использованы местные виды растений, а мощение будет производиться из натуральных материалов.

Одна из особенностей здания – эксплуатируемые кровли, укомплектованные террасами и смотровыми площадками. Главный мотив для фасадов здания – визуализация звука с разной геометрией и частотой колебаний. Отделка из материалов, имитирующих светлый камень, гармонично вписывается в видовую панораму Владивостока. В отделке интерьеров комплекса будут использованы сочетания естественных цветов и материалов: дерева, камня, террасо и стекла.

Внешний вид Объекта представлен на рис. 2.6-2.7.

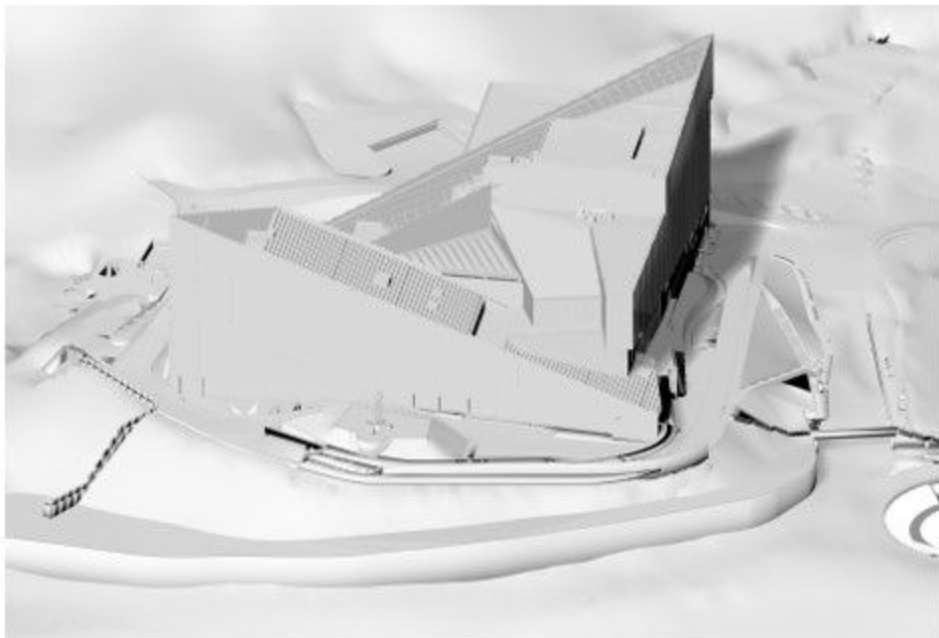


Рис. 2.6 Вид на Объект с юга – рендер исходных данных от заказчика

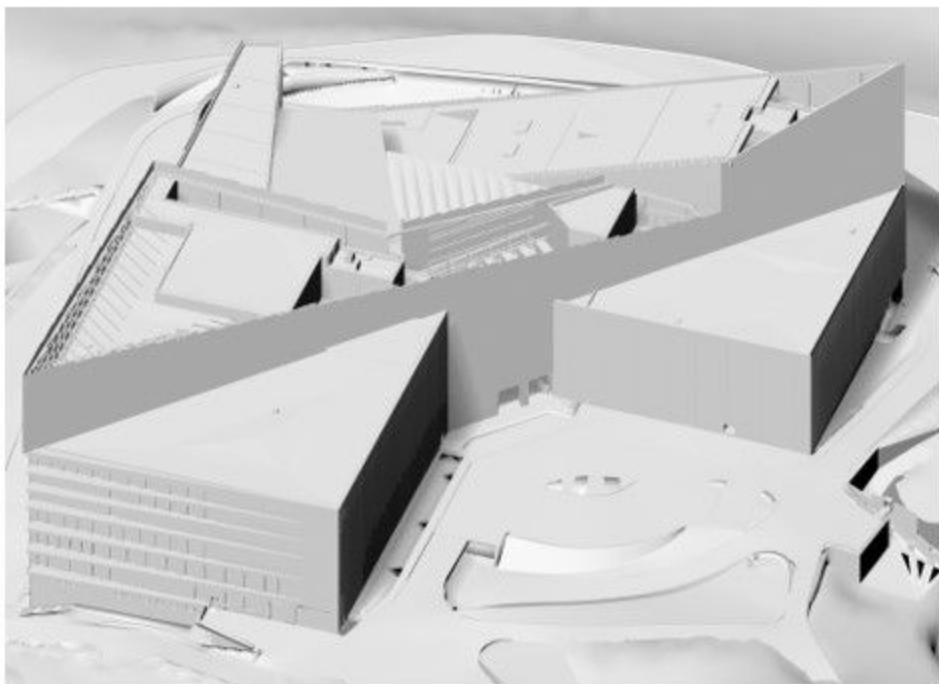


Рис. 2.7 Вид на Объект с северо-запада – рендер исходных данных от заказчика

2.3. Постановка задач расчетных исследований

В соответствии с техническим заданием [1] и по результатам анализа и обобщения нормативной и проектной документации Объекта ставятся и решаются следующие задачи:

1. Разработка трехмерных численных моделей аэродинамики Объекта с учетом и без окружающей застройки местности для 24-х (для ветровых нагрузок) и 8-и (для снеговых нагрузок) направлений ветра.
2. Численное моделирование распределения средних ветровых давлений на несущие конструкции Объекта с учётом и без окружающей застройки.
3. Численное моделирование распределения пиковых ветровых давлений на ограждающие (фасадные) конструкции Объекта с учётом и без окружающей застройки.
4. Численное моделирование снегопереноса на покрытиях Объекта с учётом и без окружающей застройки;
5. Проведение анализа ветровой комфортности пешеходных зон Объекта, включая эксплуатируемые зоны крыши и благоустройство вокруг Объекта;
6. Разработка на основе синтеза нормативных методик и результатов численного моделирования рекомендаций по назначению снеговых нагрузок на покрытие Объекта в виде расчетных схем расчетного коэффициента μ .

8. Презентационные материалы

В главе представлена визуализация скоростей воздушных потоков и средних давлений для расчетного направления ветра 315° с учетом окружающей застройки (рис. 8.1-8.3).

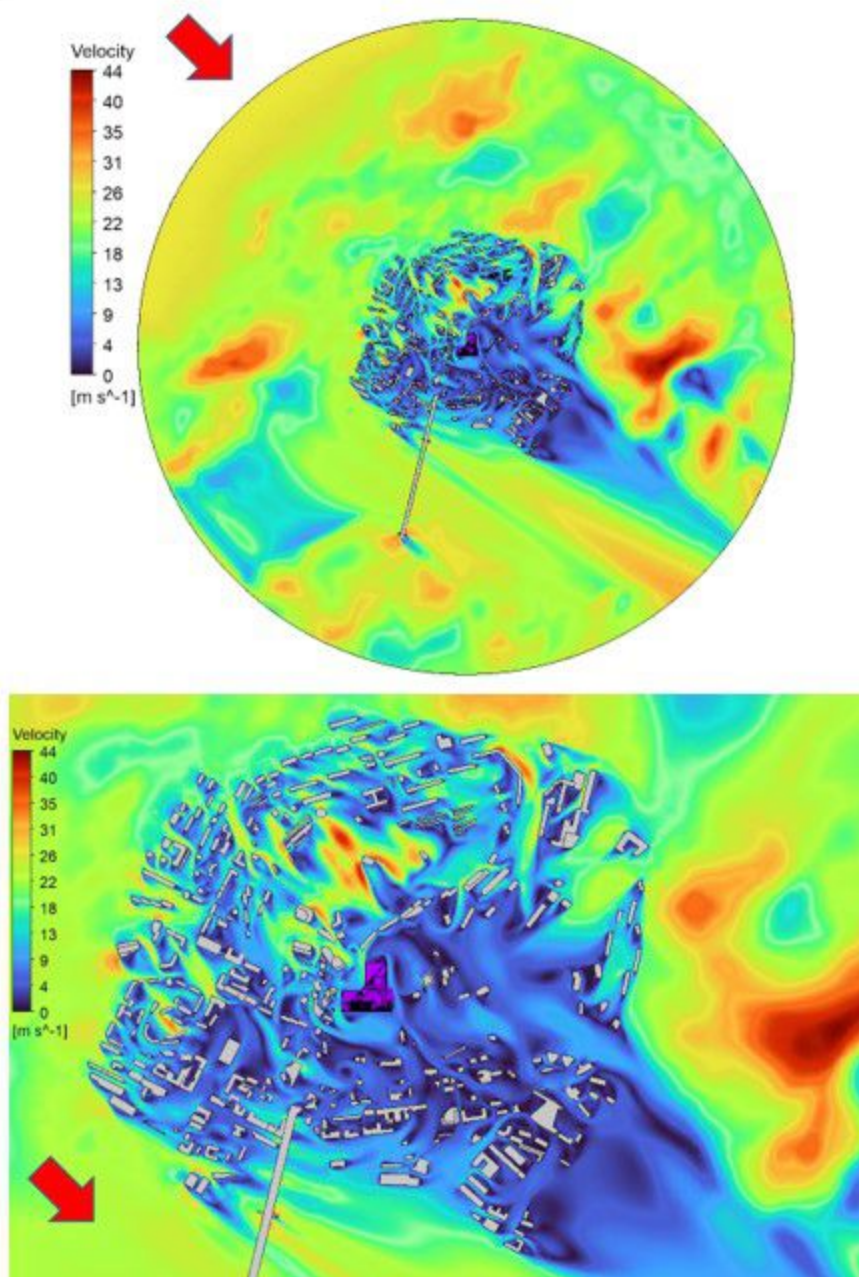


Рис. 8.1 Средние значения скорости ветрового потока на высоте 10 м над уровнем земли

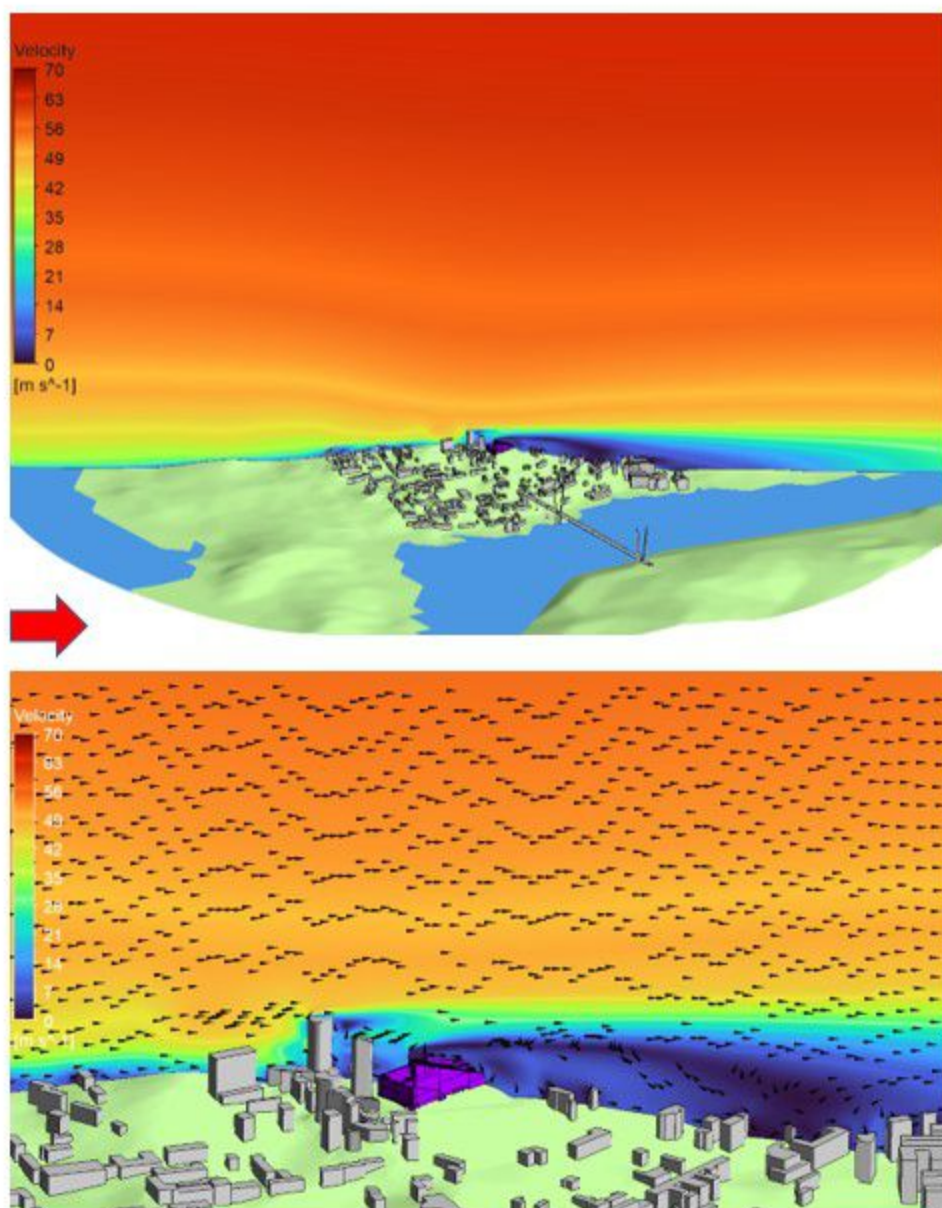
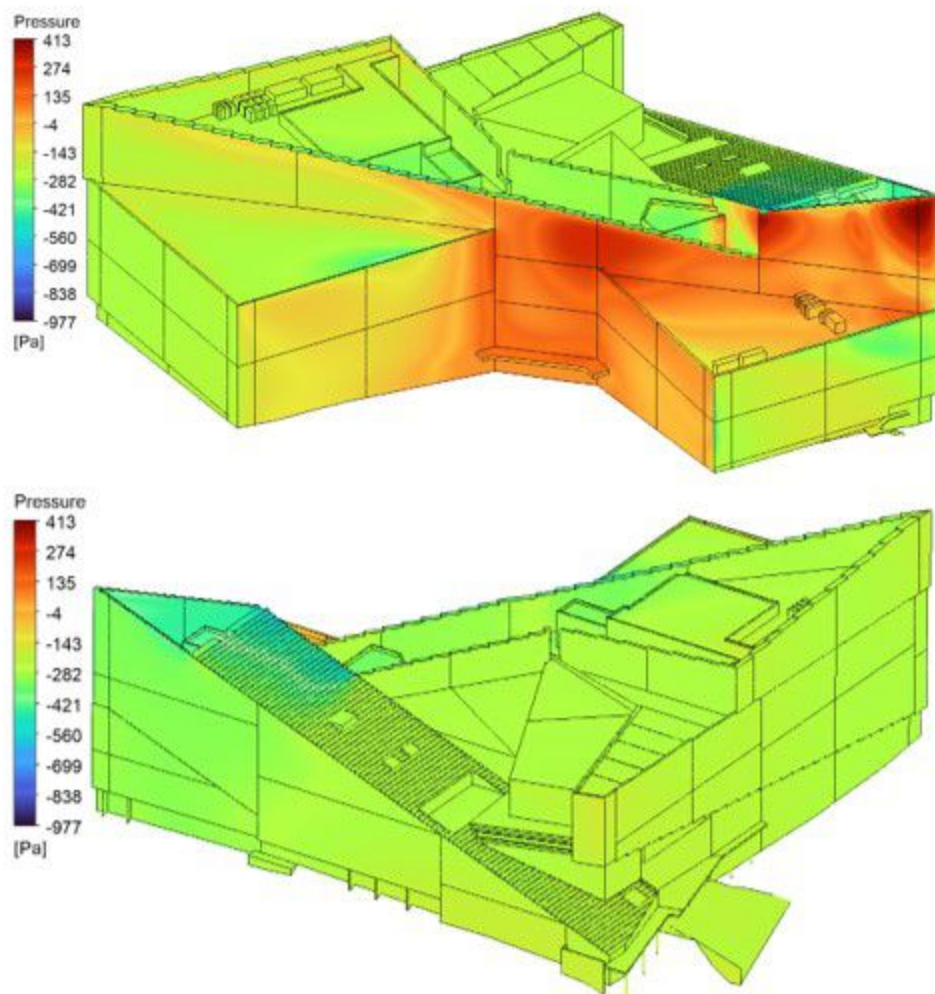


Рис. 8.2 Средние значения скорости ветрового потока в поперечном сечении расчетной области и векторное обозначение его направления

Рис. 8.3 Средние ветровые давления ΔP на Объекта, Па

Выводы и рекомендации

В результате выполненных АО НИЦ СтаДиО работ по договору № 99920180000000006719/СТГ177125 от 04.02.2025 г. по теме НИР «Определение расчетных ветровых и снеговых воздействий на основе численного моделирования задач строительной аэродинамики для актуального варианта Объекта «Музейный и театрально-образовательный комплекс в г. Владивостоке, расположенный по адресу Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток, ул. Аксаковская», сформулированы следующие выводы и рекомендации:

1. На основе анализа и обобщения исходных данных разработаны и верифицированы численные модели аэродинамики Объекта:

- модель 1 для определения ветровых нагрузок на несущие и ограждающие конструкции Объекта без учёта окружающей застройки;
- модель 2 для определения ветровых нагрузок на несущие и ограждающие конструкции Объекта с учетом окружающей застройки;
- модель 3 для определения снеговых нагрузок на конструкции покрытия Объекта без учёта окружающей застройки;
- модель 4 для определения снеговых нагрузок на конструкции покрытия Объекта с учетом окружающей застройки.

2. С использованием современных численных методов гидрогазодинамики, реализованных в наукоемком программном комплексе ANSYS CFD (Fluent), в комбинации с методиками решения узкоспециализированных задач строительной аэродинамики, изложенных в СТО «Численное моделирование ветровых и снеговых воздействий» [4], проведены многовариантные расчетные аэродинамические исследования Объекта. Моделирование ветровых нагрузок проводилось для 24-х направлений ветра, а снеговых – для 8-ми направлений ветра при 3-х скоростных режимах.

3. Выявлены наиболее опасные случаи, **рекомендуемые** к учёту при обосновании механической безопасности Объекта:

120°	без учёта застройки	$F_x = -5709,4 \text{ кН}$, $F_y = 2866,4 \text{ кН}$, $F_R = 6388,5 \text{ кН}$, $F_z = 6969,7 \text{ кН}$
225°	без учёта застройки	$F_x = 2011,8 \text{ кН}$, $F_y = 4621,4 \text{ кН}$, $F_R = 5040,3 \text{ кН}$, $F_z = 7150,9 \text{ кН}$
270°	без учёта застройки	$F_x = 4583,8 \text{ кН}$, $F_y = -2955,9 \text{ кН}$, $F_R = 5454,3 \text{ кН}$, $F_z = 7302,5 \text{ кН}$
315°	без учёта застройки	$F_x = 6507,1 \text{ кН}$, $F_y = -4030,4 \text{ кН}$, $F_R = 7654,2 \text{ кН}$, $F_z = 4377,4 \text{ кН}$
345°	без учёта застройки	$F_x = 5557,5 \text{ кН}$, $F_y = -4974,0 \text{ кН}$, $F_R = 7458,3 \text{ кН}$, $F_z = 5483,9 \text{ кН}$

Нормативные значения ветровых нагрузок для всех 24-х исследуемых направлений ветра приведены в Приложении Б и также могут быть использованы при обосновании механической безопасности.

Случаи, учитывающие окружающую застройку, дают меньшие значения ветровых нагрузок и **не рекомендуются** к учёту.

Пульсационную составляющую ветровой нагрузки **рекомендуется** определять на основе нормативных подходов, реализованных в соответствующих программных комплексах (например, SCAD Office, ЛИРА-САПР и ПК ЛИРА 10).

4. В результате проведенных расчетных исследований пиковых ветровых давлений при 24-х направлениях ветра выявлено следующее:

без учета окружающей застройки:

а) максимальные значения нормативных *положительных* пиковых ветровых давлений достигают 2 303 Па (см. рис. 5.2), не превышают 600 Па для 55,24% площади фасадов *Объекта*, находятся в диапазоне 600-1 000 Па – для 33,75%, находятся в диапазоне 1 000-1 200 Па – для 5,98%, находятся в диапазоне 1 200-1 600 Па – для 4,91%, превышают 1 600 Па – для 0,12%;

б) максимальные абсолютные значения нормативных *отрицательных* пиковых ветровых давлений достигают 9 402 Па (см. рис. 5.6) в локальных зонах на кровле, не превышают 1 400 Па для 37,33% площади фасадов *Объекта*, находятся в диапазоне 1 400-1 700 Па – для 38,23%, находятся в диапазоне 1 700-2 500 Па – для 17,64%, находятся в диапазоне 2 500-3 500 Па – для 6,2%, превышают 3 500 Па – для 0,61%.

с учетом окружающей застройки:

в) максимальные значения нормативных *положительных* пиковых ветровых давлений достигают 2 242 Па, не превышают 600 Па для 83,64% площади фасадов *Объекта*, находятся в диапазоне 600-1 000 Па – для 12,22%, находятся в диапазоне 1 000-1 200 Па – для 3,74%, находятся в диапазоне 1 200-1 400 Па – для 0,37%, превышают 1 400 Па – для 0,11%;

г) максимальные абсолютные значения нормативных *отрицательных* пиковых ветровых давлений достигают 6 755 Па в локальных зонах на кровле, не превышают 1 100 Па для 58,0% площади фасадов *Объекта*, находятся в диапазоне 1 100-1 400 Па – для 24,8%, находятся в диапазоне 1 400-2 100 Па – для 11,9%, находятся в диапазоне 2 100-3 000 Па – для 4,7%, превышают 3 000 Па – для 0,6%.

5. В силу сложной, нестандартной формы покрытий *Объекта*, при определении расчетных значений снеговых нагрузок применялся синтез нормативных рекомендаций (схемы Б.1, Б.8 и Б.13 Приложения Б к СП [2]) с результатами численного моделирования снегонакопления и снегопереноса с учетом и без учета окружающей застройки (раздел 6.2). Полученные с помощью такого подхода значения коэффициента формы μ учитывают особенности сложной конструкции *Объекта*, отражают наиболее опасные для механической безопасности случаи распределения снеготложений и, при этом, не противоречат положениям СП 20.13330.2016.

В прочностных расчетах *Объекта* рекомендуется использовать распределения расчетного коэффициента формы μ в соответствии с рис. 6.1-6.18 и табл. 6.1 настоящего отчета.

6. По результатам критериального анализа ветровой комфортности и оценки средневзвешенного коэффициента усиления средней скорости ветра для пешеходных зон на основе математического (численного) моделирования аэродинамики *Объекта* при 24-х направлениях ветра выявлено следующее:

- В пешеходной зоне вокруг *Объекта* можно выделить несколько зон, в которых ожидается низкая пешеходная ветровая комфортность: область возле юго-западного угла здания, пешеходный мостик и зона у юго-восточного угла здания, а также зона возле северо-восточного угла здания (где Аксаковская улица упирается в ул. Гоголя). В течение года значительная продолжительность скорости ветра свыше 5 м/с может

наблюдаться также на пешеходной зоне возле перехода к зданию по адресу Некрасовский переулок, 24 (см. рис. 7.24). Относительно неблагоприятная зона наблюдается также на пешеходной дорожке в сторону здания по адресу Аксаковская ул, 3. В теплый период негативные для ветровой комфортности эффекты в перечисленных зонах менее проявлены (см. рис. 7.24 и рис. 7.26). Комфортными зонами является пространство во внутреннем дворе Объекта, в том числе в затененной области, пешеходная зона вдоль восточного фасада Объекта и значительная часть видовой площадки к югу от Объекта.

- В пешеходных зонах и потенциально эксплуатируемых зонах на крыше Объекта наблюдается в основном неблагоприятная ситуация. Анализ средневзвешенного коэффициента подсвечивает несколько потенциально опасных зон в районе большой лестницы (рис. 7.20, 7.22). На картинах распределения продолжительности реализации скоростей свыше 5, 10 и 15 м/с можно наблюдать высокие значения практически над всей поверхностью лестниц. В теплое время года негативные эффекты выражены чуть менее интенсивно по сравнению с анализом по круглогодичной статистике, но значения продолжительности превышения высоких скоростей ветра остаются достаточно высокими (см. рис. 7.26, 7.30, 7.32). Однозначно комфортные для пребывания людей зоны на крыше Объекта можно выделить по рис. 7.24.
- Выявлено направление ветра, при котором реализуется наименее благоприятная ситуация по пешеходной ветровой комфортности (южное, 180° , см. рис. 7.14-7.15), что почти совпадает с наиболее вероятным направлением ветра в теплые месяцы (юго-юго-восточное, около 165° , см. 7.12-7.13). При этом, для наиболее частого направления ветра в течение года (северо-северо-западное, $330-345^\circ$) зоны низкой пешеходной ветровой комфортности незначительны (см. рис. 7.16-7.19).

Большие площади зон неудовлетворительной пешеходной ветровой комфортности, во многом обусловлены географическим положением Объекта, а также сложной конфигурацией с соседней окружающей застройкой и элементами рельефа.

Для улучшения пешеходной комфортности **рекомендуется** предпринять следующие меры:

- обустройство зеленых насаждений на территории вокруг Объекта, особенно в угловых зонах;
- установка высоких светопрозрачных ограждений и/или малых архитектурных форм на крыше Объекта для снижения скорости набегающего потока воздуха;
- планирование мест расположения пешеходных дорожек и массового пребывания людей, а также планирование режима эксплуатации пешеходных зон на крыше Объекта производить с учетом данных, представленных в этой главе.