

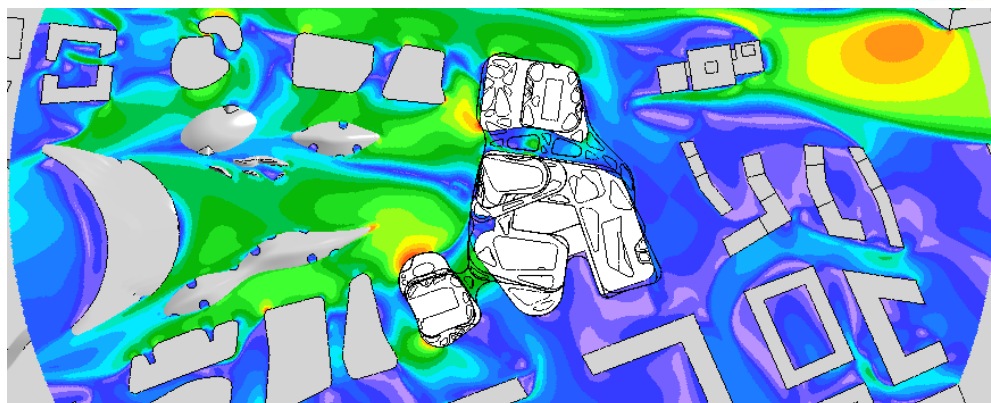
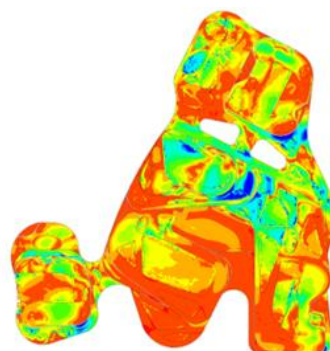
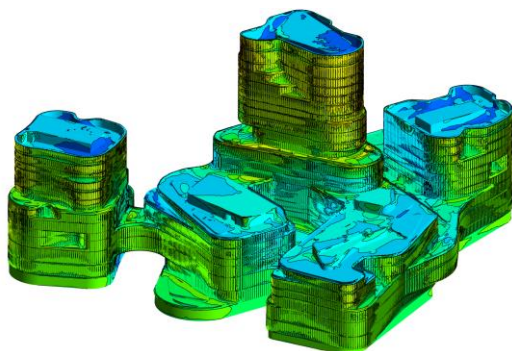
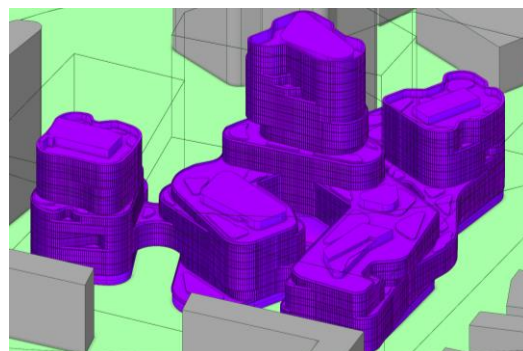
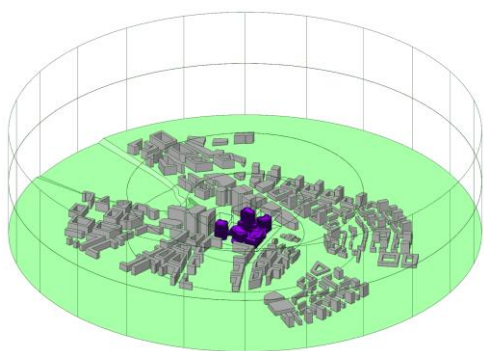
Свидетельство СРО «АПОЭК» - Ассоциации «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов»
Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

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. № МИ-2022-02/21-1

Научно-технический отчет по Дополнительному соглашению № 1 к договору № 08-МИ-01/21 от «15» января 2021 года

«Расчетная оценка ветровых нагрузок на несущие и фасадные конструкции и параметров пешеходной комфортности Объекта: “Офисно-деловой центр по адресу: г. Москва, Западный административный округ, район Кунцево, территория Рублёво-Архангельское (кварталы А27, А32, А33, Т06) на основе трехмерного численного моделирования аэродинамики”»



1. Исходные данные. Постановка задач

Постановка задач расчетных исследований

В соответствии с техническим заданием ставятся и решаются следующие задачи:

- 1) Анализ и обобщение проектной документации Объекта, постановка задач расчетных исследований.
- 2) Разработка и верификация трехмерных аэродинамических расчетных моделей Объекта с учетом рельефа местности, перспективной окружающей застройки и различных направлений ветра.
- 3) Выявление наиболее опасных и характерных направлений ветра на основе анализа суммарных ветровых нагрузок на несущие конструкции сооружений, полученных в результате численного моделирования.
- 4) Определение расчетных средних и пульсационных составляющих ветровой нагрузки на несущие конструкции для исследуемых направлений ветра.
- 5) Определение распределения пикового (минимального и максимального) ветрового давления на ограждающие конструкции Объекта.
- 6) Определение распределения снеговых нагрузок на конструкции покрытия Объекта на основе синтеза численной и нормативной методики.
- 7) Оценка ветровой комфортности предполагаемых пешеходных зон на основе критериев МДС 20-1.2006 при заданной розе ветров.

Площадка строительства, рельеф и застройка объекта

Земельный участок под строительство Объекта находится на западе Москвы в Захарковской пойме Москвы-рекб.



Рис. Схема планировочной организации земельного участка и карта местности возле площадки строительства

Согласно схематической карте климатического районирования (по СП 131.13330.2020) район строительства относится к II климатическому району, подрайону II-В.

Согласно СП 20.13330.2016 площадка строительства находится в **I ветровом районе** (нормативное значение ветрового давления $w_0 = 0.23 \text{ кПа}$) и **III снеговом районе** (нормативное значение веса снегового покрова $S_g = 1.45 \text{ кПа}$ согласно таблице К.1). При определении ветровых нагрузок следует принять тип местности Б.

.2 Краткая характеристика Объекта

Исследуемый Офисно-деловой центр обладает сложным архитектурным обликом: малое число типовых этажей, скругления вместо обыкновенных угловых форм, мостовые переходы между разными частями здания, сложные ламельные фасады. На покрытиях здания предусмотрены пешеходные зоны.

Заказчиком были предоставлены исходные данные: 3D-модель исследуемого комплекса.

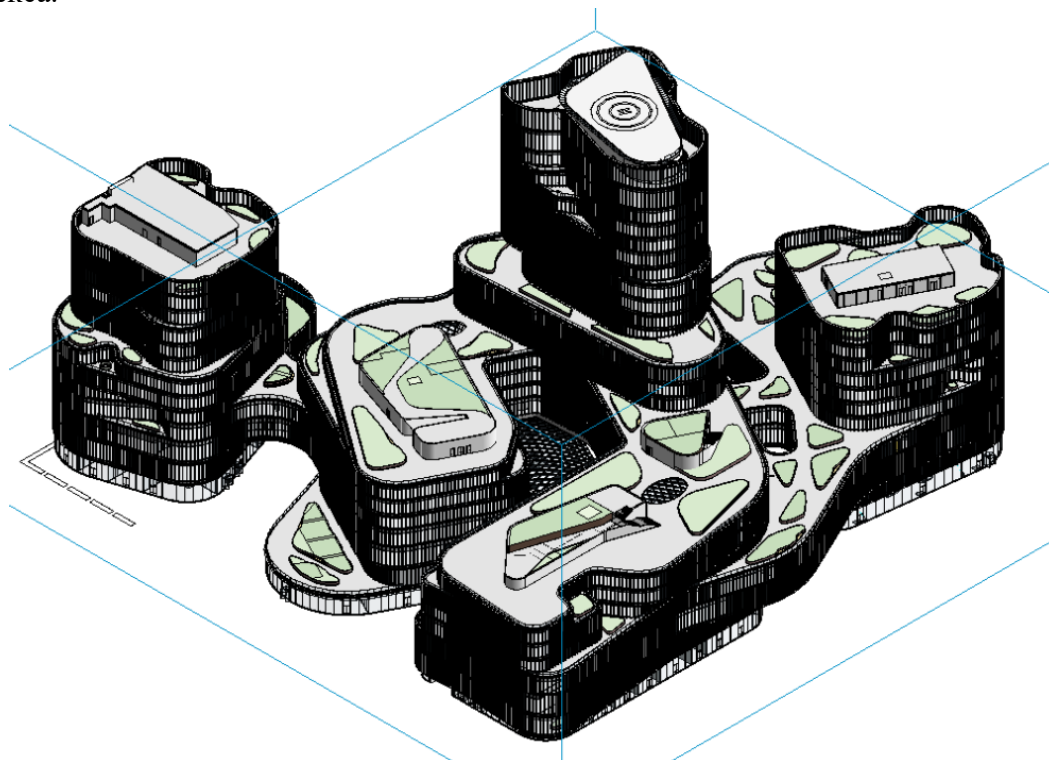


Рис. Кварталы A27, A32, A33, T06 без окружающей застройки

1. Разработка и верификация расчётных моделей

При проведении расчетных исследований и оптимизации вычислительной сложности задач были созданы четыре расчётные модели Объекта

- *модель 1* (для определения ветровых нагрузок) с учетом ламелей, но без учета перспективной окружающей застройки и рельефа;
- *модель 2* (для определения ветровых нагрузок) с учетом перспективной окружающей застройки, ламелей и упрощенного рельефа;
- *модель 3* (для оценки ветровой комфортности) с учетом перспективной окружающей застройки и рельефа, но без учета ламелей;
- *модель 4* (для определения снеговых нагрузок) без учета перспективной окружающей застройки, рельефа и ламелей.

Геометрическая модель

Практическая подготовка расчетных моделей начинается с создания геометрической объемной модели Объекта и рельефа окружающей местности. Геометрия зданий и сооружений Объекта выполнена согласно исходным данным. Рельеф учитывался упрощенно на основе генерального плана и плана благоустройства территории. Ламели учитывались упрощенно – без зазора между ламелями и стенами, без соблюдения их

точного местоположения на фасаде. Объемные геометрические модели создавались в модуле ANSYS SpaceClaim.

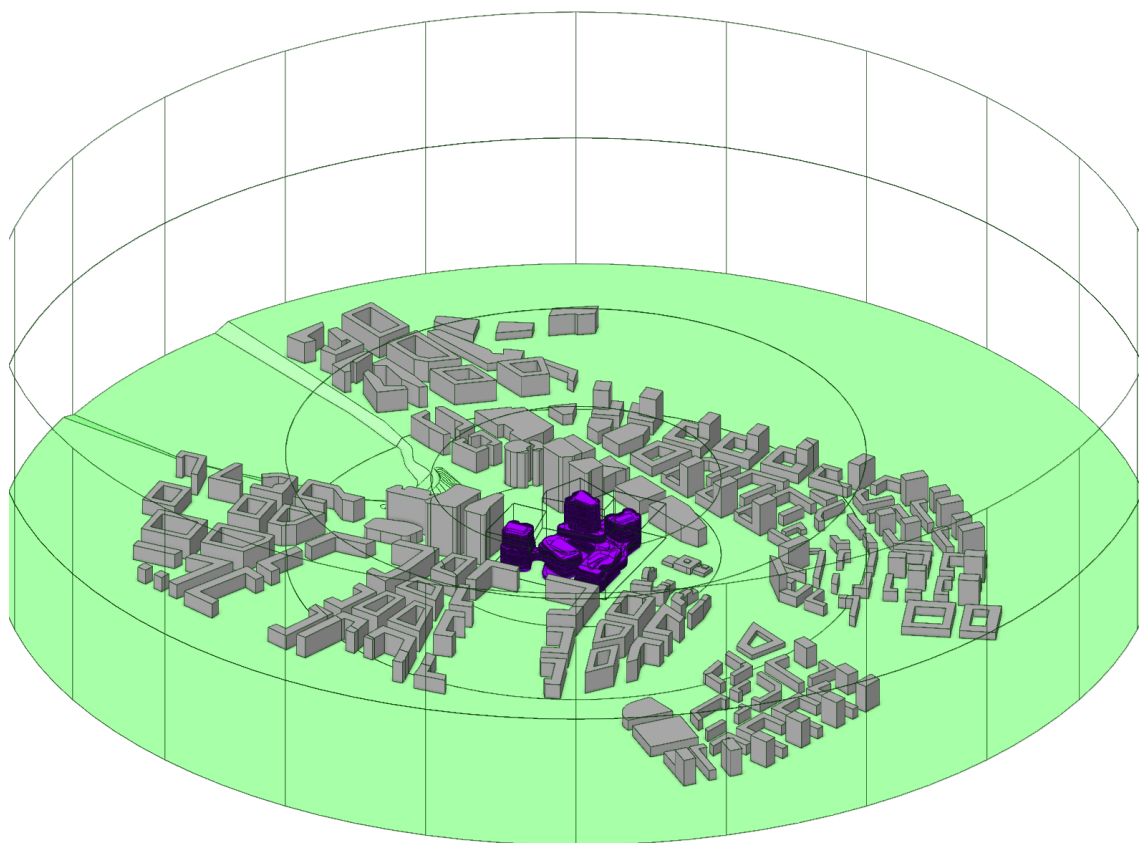


Рис. Модель 2. Геометрическая модель. Общий вид
Фиолетовым выделен исследуемый объект, серым – перспективная окружающая застройка.

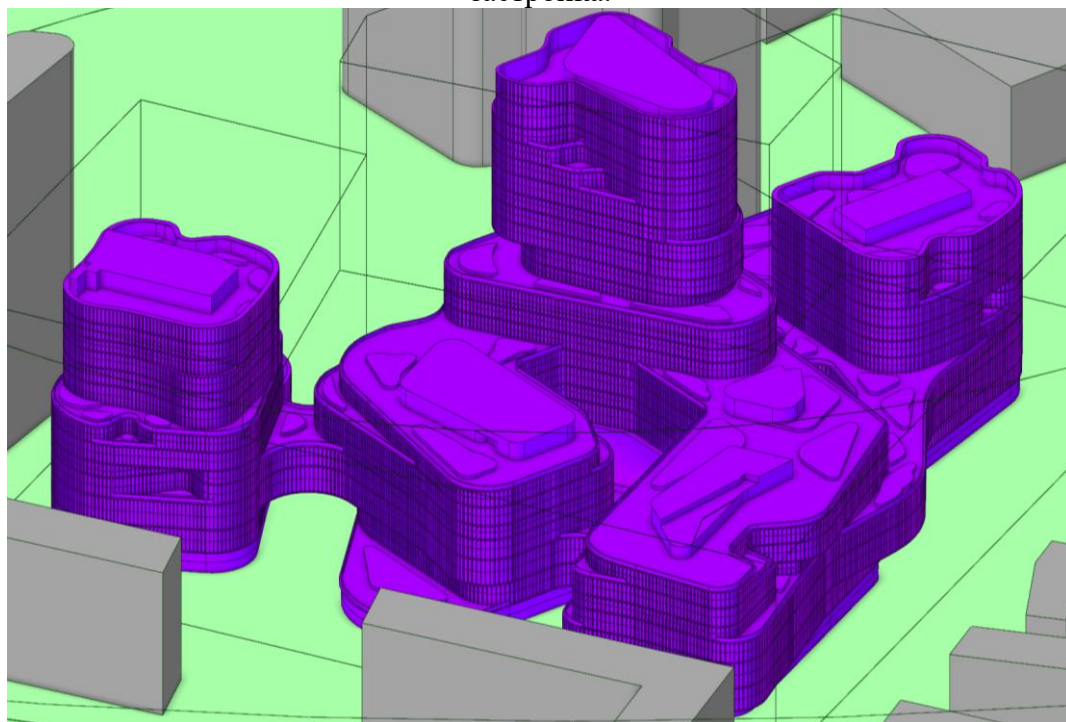


Рис. Модель 2. Геометрическая модель. Виды вблизи Объекта.

Конечнообъемные сетки

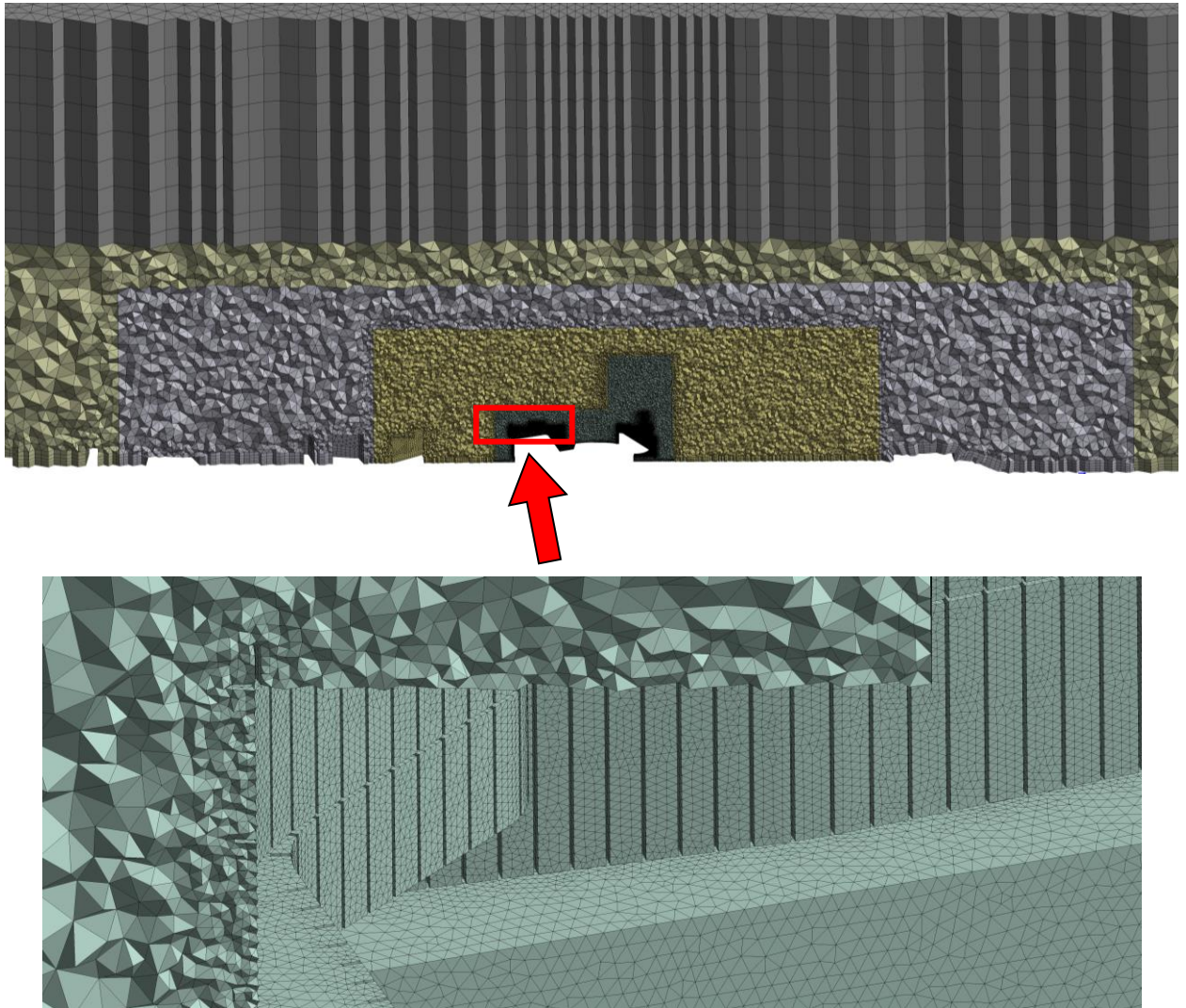


Рис. Модель 2. Разрез конечнообъемной сетки

Граничные условия

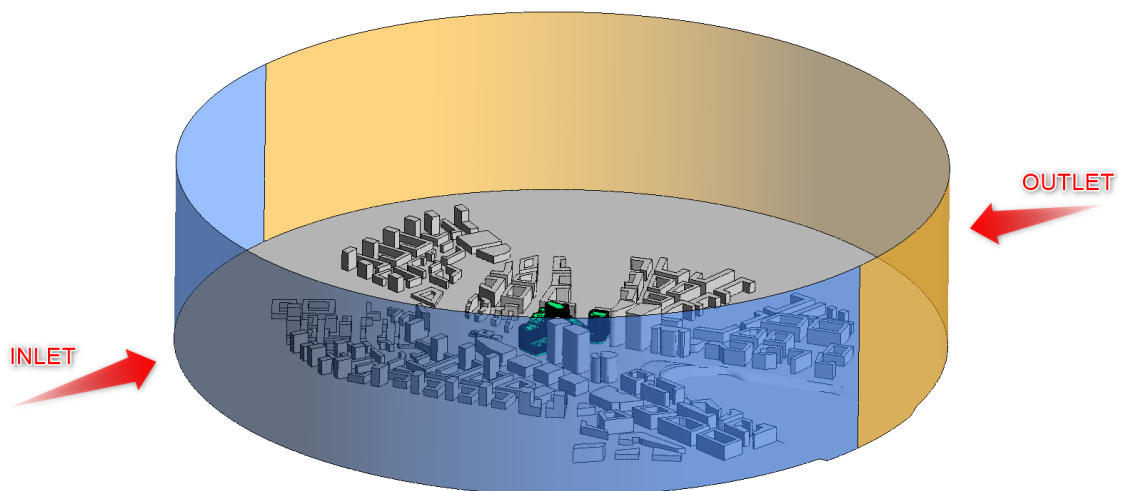


Рис. Расчетная область *Модели 2* (ANSYS CFX)
с обозначенными граничными условиями. Угол атаки 0°

2. Определение расчетных ветровых нагрузок

Форма представления и номенклатура результатов расчета ветровых нагрузок

В данном разделе приведены основные результаты выполненных расчетных исследований по определению ветровых нагрузок на несущие и ограждающие (фасадные) конструкции Объекта. Многовариантные расчетные исследования проводились с учетом локального рельефа местности и окружающей застройки.

Общий вид схемы поверхностей сбора аэродинамических нагрузок (далее компоненты) приведён на рис., а сама нумерация дана в трехмерном виде в Приложении Б. Сопоставление между компонентами и высотными отметками Объекта приведено в табл.. Компоненты представляют собой наборы поверхностей, по которым производится интегрирование ветровых давлений и кинетической энергии турбулентности.

Для исследуемого Объекта компоненты выдачи погонных нагрузок имеют вид полос, которые могут охватывать по высоте несколько этажей. Для корректного задания ветровых нагрузок в прочностной модели, следует распределять приведенные в отчете погонные нагрузки на охватываемые этажи (например, если этажей 3, то на каждый придется нагрузка в 3 раза меньше, чем указано в таблице).

Средняя составляющая ветрового давления и средние скорости получены в результате стационарных расчетов, пульсационная составляющая, максимальные и минимальные значения ветрового давления вычислялись по численной методике, представленной в разделе отчета о НИР.

Положительному значению ветровых нагрузок соответствует направление, сонаправленное соответствующей координатной оси, а отрицательному – противоположно направленное соответствующей оси. Положительному значению ветровых нагрузок в форме давлений соответствует напор, а отрицательному – отсос.

Все приведенные в главе значения ветровых нагрузок являются *расчетными* (с учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1.4$).

Полученные результаты представлены в следующем виде:

Ветровые нагрузки на *несущие* конструкции:

– средние суммарные ветровые нагрузки на несущие конструкции Объекта в упомянутых выше осях (F_x , F_y , тс), векторная сумма нагрузки (F_R , тс) и суммарная вертикальная сила (F_z , тс) для 24-х направлений (шаг по углу 15°) с учетом окружающей застройки представлены в табличном виде и в форме графиков;

– средняя (f , кгс/м) и пульсационная (f_{puls} , кгс/м) составляющие погонной ветровой силы, суммарная погонная ветровая сила (f_{sum} , кгс/м) для соответствующих компонент (поверхностей сбора аэродинамической нагрузки) в табличном виде.

– средняя, пульсационная и суммарная составляющие погонных поэтажных нагрузок f_x , f_y и f_z для башенных частей Объекта для наиболее опасных направлений ветра в табличном виде;

Ветровые нагрузки на *ограждающие (фасадные)* конструкции:

– огибающие максимального и минимального значений давления на ограждающие (фасадные) конструкции Объекта для всех направлений ветра (табл. 5.37);

– изополя верхней огибающей максимальных значений ветрового давления, нижней огибающей минимальных значений ветрового давления и соответствующих углов атаки ветра, при которых реализуются эти огибающие, представлены в графическом виде.

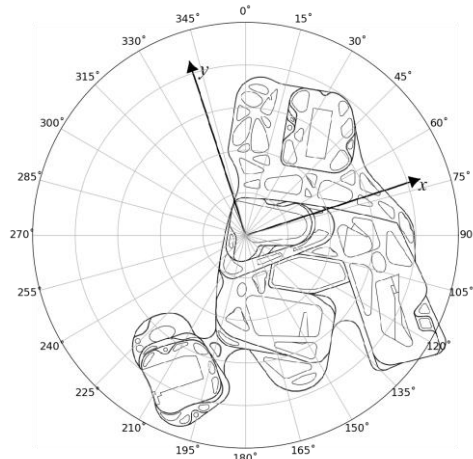


Рис. Система координат и расчетные направления ветрового потока.

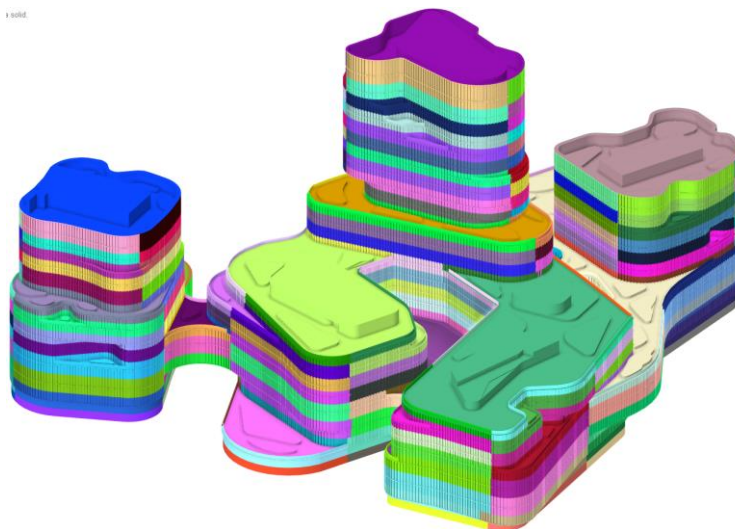


Рис. Общий вид схемы компонент *Объекта* для сбора аэродинамических нагрузок (нумерация в Приложении Б)

Ветровые нагрузки на несущие конструкции

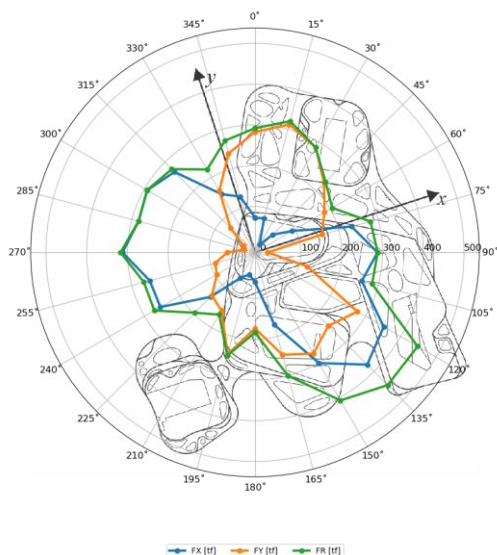
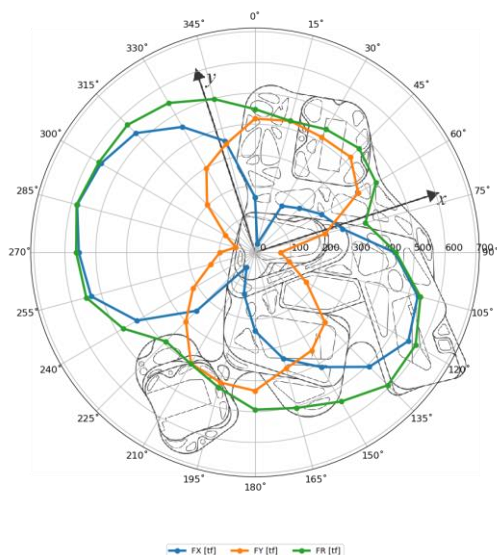
В пункте представлены:

- суммарные расчетные ветровые нагрузки на несущие конструкции в упомянутых выше осях (F_x , F_y , тс), векторная сумма нагрузки (F_R , тс), суммарная вертикальная сила (F_z , тс) для 24-х направлений (шаг по углу 15°) в табличном виде и в форме графиков;
- средняя (f , кгс/м) и пульсационная (f_{puls} , кгс/м) составляющие погонной ветровой силы, суммарная погонная ветровая сила (f_{sum} , кгс/м) для соответствующих компонент (поверхностей сбора аэродинамической нагрузки) в табличном виде. Положительным значениям соответствует «напор», а отрицательным – «отсос» (вакуум). Результаты представлены для характерных углов и наиболее опасных с точки зрения несущих конструкций направлений ветра (с реализацией максимального значения векторной суммы нагрузки и вертикальной силы).

Здесь приведен пример представления результатов для части компонент Объекта.

Таблица. Суммарные расчетные ветровые нагрузки (F_x , F_y)
и векторная сумма нагрузки (F_R) в зависимости от направления ветра.

Угол, °	Без учёта застройки			С учётом застройки		
	F_x , тс	F_y , тс	F_R , тс	F_x , тс	F_y , тс	F_R , тс
0	163.2	-417.8	448.5	72.6	-282.7	291.9
15	-12.9	-425.3	425.5	73.4	-312	320.5
30	-157.7	-415.9	444.8	-9	-284.5	284.6
45	-186.5	-421.7	461.1	-48.7	-226.9	232.1
60	-232.1	-370.1	436.9	-92.4	-183.9	205.8
75	-278.3	-219.3	354.3	-232.4	-156.8	280.3
90	-436.3	-66.7	441.4	-287.7	-18.4	288.3
105	-530.4	98.5	539.4	-258.2	119.3	284.4
120	-558.1	175.6	585.1	-351.8	277.3	448
135	-508.5	304.8	592.8	-376.4	241.8	447.4
150	-413.1	351.1	542.1	-300.5	273.7	406.4
165	-341.1	373.5	505.8	-170.9	246.9	300.3
180	-238.4	432.4	493.8	-59.7	173.5	183.5
195	-122.3	420.4	437.8	-42.8	245.5	249.2
210	38.2	399.2	401	59.8	151.8	163.1
225	251.3	301	392.1	141.3	136.4	196.4
240	426	215.5	477.4	255.1	95.1	272.2
255	533.8	132.7	550.1	254.5	88.1	269.3
270	555.2	97.8	563.7	312.2	55	317
285	580.8	48.3	582.8	282.7	14.4	283
300	560.6	-93.5	568.4	292.2	-19.9	292.9
315	531	-203.5	568.7	266.5	-72	276.1
330	453.9	-299	543.5	152.3	-161.8	222.1
345	358	-347.3	498.8	129	-238.3	271



а) б)

Рис. Суммарные расчетные ветровые нагрузки (F_x , F_y) и векторная сумма нагрузки (F_R) в зависимости от направления ветра на несущие конструкции Объекта, тс (значения приведены по модулю) а) без учета застройки, б) с учетом застройки

Таблица Суммарные расчетные ветровые нагрузки (F_x, F_y) и векторная сумма нагрузки (F_R) на отдельные части *Объекта*
в зависимости от направления ветра (*без учёта застройки*)

Угол, °	А33			А32			А27		
	F _x , тс	F _y , тс	F _R , тс	F _x , тс	F _y , тс	F _R , тс	F _x , тс	F _y , тс	F _R , тс
0	38.8	-161.8	166.4	40.6	-75.5	85.7	8.3	-28.3	29.5
15	20.7	-154.1	155.5	26.1	-45.3	52.3	-30.7	-40.9	51.1
30	10.7	-144.6	145	12.8	-5.8	14	-44.1	-52.5	68.6
45	13.6	-131.9	132.6	-17.5	1.4	17.5	-52.7	-57.8	78.3
60	-6.9	-93.1	93.3	-23.7	-16.9	29	-54.9	-54.8	77.6
75	-25.6	-54.1	59.9	-32.3	17.2	36.7	-55.4	-35.9	66
90	-83.4	22.4	86.3	-90.5	-3	90.6	-52.6	-14.9	54.7
105	-123.9	102.8	160.9	-109.3	-13.5	110.2	-60.1	-10.6	61.1
120	-144.1	132.9	196.1	-122.4	-14.3	123.2	-48.4	-5.4	48.7
135	-120.1	162	201.6	-128.2	27.1	131.1	-41.7	-0.5	41.7
150	-90.3	144.4	170.3	-147.6	40.7	153.1	-23.7	-3.2	23.9
165	-96.3	112.7	148.2	-134.7	60.1	147.5	-7.9	-4.6	9.2
180	-104.5	106.9	149.5	-79.1	119	142.9	-1.8	-8.7	8.9
195	-81.8	107.5	135.1	-16.6	140.4	141.4	-3.1	-11.8	12.2
210	-26.5	117.7	120.6	42	123.9	130.8	6.7	-7.3	9.9
225	59.3	82.3	101.5	80.2	70.5	106.8	29.8	3	30
240	111.7	52.1	123.2	82.7	58.1	101.1	41.1	0	41.1
255	118.3	31	122.3	139	41.4	145	51.4	-3.2	51.5
270	119	32.4	123.3	168.2	-1.5	168.2	56.8	4.9	57
285	117.6	40.8	124.4	159.7	-46.6	166.3	69.2	5.9	69.5
300	132	-14.5	132.8	115	-85.2	143.1	70.8	1.1	70.8
315	135.4	-66.9	151	55.8	-115	127.8	86	-19	88
330	119	-115.6	165.9	18	-118.8	120.1	78.4	-27.1	82.9
345	88.7	-142.5	167.8	35.9	-79.6	87.3	48.1	-30.9	57.1

Таблица Составляющие погонной ветровой силы (*f* – средняя, *f_{puls}* – пульсационная, *f_{sum}* – суммарная, кгс/м) вдоль оси X.
Объект без учёта окружающей застройки. Угол атаки ветра 45°.

Комп.	<i>f</i>	<i>f_{puls}</i>	<i>f_{sum}</i>	Комп.	<i>f</i>	<i>f_{puls}</i>	<i>f_{sum}</i>	Комп.	<i>f</i>	<i>f_{puls}</i>	<i>f_{sum}</i>	Комп.	<i>f</i>	<i>f_{puls}</i>	<i>f_{sum}</i>
D1	-42.5	10.2	-52.8	D19	6.7	0.9	7.7	D37	-243.6	271.1	-514.8	D55	-82.5	3.8	-86.3
D2	-96.6	32.6	-129.2	D20	-21.3	7.1	-28.4	D38	-194.4	311.6	-506	D56	-6.6	39	-45.6
D3	-26.5	7	-33.5	D21	36.5	11.8	48.3	D39	-197.2	275.3	-472.5	D57	20.4	247.1	267.5
D4	-85	3.8	-88.8	D22	14.1	39.4	53.5	D40	-107.1	482.6	-589.6	D58	61.5	219.7	281.2
D5	-23.8	10.1	-33.9	D23	-37.5	47.4	-84.9	D41	-80.1	748.8	-829	D59	74.4	225.5	299.9
D6	-31	17.2	-48.1	D24	-23.5	1.5	-24.9	D42	-76.9	2.6	-79.5	D60	32.1	241	273.1
D7	-37.1	337.9	-375.1	D25	-19.3	74.9	-94.1	D43	3.9	39.5	43.4	D61	58.5	243.9	302.4
D8	20.9	22	42.9	D26	26	12.5	38.5	D44	-6.1	21.3	-27.4	D62	-62.9	27.4	-90.3
D9	42	71.3	113.3	D27	-35.5	735.7	-771.2	D45	-52	53.7	-105.8	D63	-65.6	23.1	-88.7
D10	31.8	103.5	135.3	D28	-18.4	730.4	-748.8	D46	-26.9	26.3	-53.2	D64	-28.2	23.5	-51.7
D11	10.2	14.8	25	D29	29.4	17.8	47.2	D47	-80.1	2.9	-83	D65	-13.6	4.1	-17.7
D12	49.3	12.5	61.8	D30	49.1	14.7	63.8	D48	3.9	46.8	50.8	D66	-15.2	14.6	-29.8
D13	7.7	4.4	12.1	D31	23.1	12	35	D49	1.5	26.7	28.2	D67	-73.2	21.9	-95.1
D14	7.9	47.1	55	D32	27.4	0.6	28	D50	-74.9	7.9	-82.8	D68	-65.1	973.1	-1038.2
D15	36.7	14.5	51.2	D33	50.5	30	80.6	D51	-2.3	13.2	-15.5	D69	-15.4	7.8	-23.1
D16	30	8.3	38.3	D34	24.2	955.1	979.3	D52	-84	3.5	-87.4	D70	-67.8	50.7	-118.6
D17	43.8	24.4	68.2	D35	30.4	6.7	37.2	D53	3.4	43.6	47	D71	-190.7	296.8	-487.5
D18	66	122.4	188.4	D36	55.5	22.8	78.3	D54	13.4	34.4	47.8	D72	93.9	224	317.9

Пиковые ветровые нагрузки на ограждающие конструкции

В табл. приведены огибающие максимального и минимального значений ветрового давления на ограждающие (фасадные) конструкции Объекта *без учёта* и *с учётом* окружающей застройки в зависимости от направления ветра. При каждом направлении ветра выбирается максимальное и минимальное значение ветрового давления среди его значений в узлах расчетной сетки по всей поверхности Объекта.

В табл. цветом выделены пиковые (минимальные и максимальные) значения:

- оранжевым цветом – наибольшая положительная ветровая нагрузка на ограждающие конструкции;
- голубым цветом – наибольшая отрицательная ветровая нагрузка на ограждающие конструкции.

На рис. для расчётных случаев *без учёта* и *с учётом* окружающей застройки в графическом виде представлены:

- изополя верхней огибающей максимальных значений ветрового давления;
- изополя нижней огибающей минимальных значений ветрового давления.

Таблица Огибающие минимального и максимального значений ветрового давления на ограждающие (фасадные) конструкции Объекта

Угол, °	Без учёта застройки		С учётом застройки	
	Р _{MIN} , Па	Р _{MAX} , Па	Р _{MIN} , Па	Р _{MAX} , Па
0	-2089	848	-1739	817
15	-1732	896	-1595	837
30	-1843	897	-1478	837
45	-2181	878	-1358	747
60	-2169	877	-1310	703
75	-1769	865	-1326	892
90	-1421	865	-1322	868
105	-1699	870	-1173	785
120	-2074	851	-2078	814
135	-1795	837	-1572	900
150	-1786	794	-1750	892
165	-1913	810	-1693	850
180	-2987	858	-1202	727
195	-2741	906	-1542	909
210	-2332	969	-1114	583
225	-1576	972	-1976	906
240	-1688	952	-1676	670
255	-2102	827	-1829	831
270	-2018	783	-1456	775
285	-1820	771	-1650	791
300	-1768	815	-1576	766
315	-1607	839	-1217	593
330	-2064	846	-1249	487
345	-1912	839	-1524	795

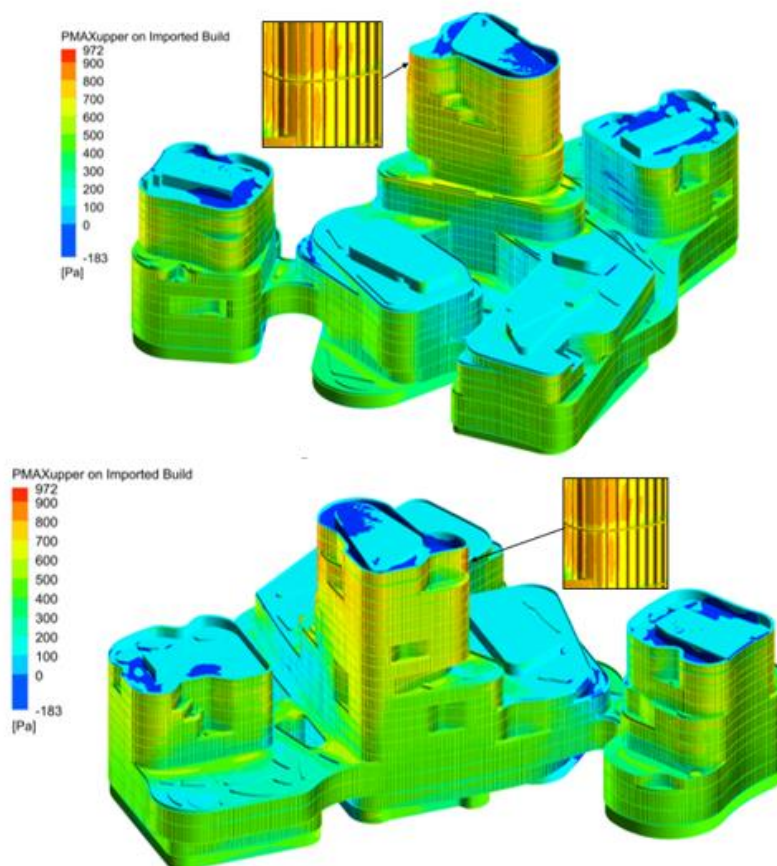


Рис. Верхняя огибающая максимальных значений ветрового давления (Па) на ограждающие (фасадные) конструкции *без учёта застройки.*

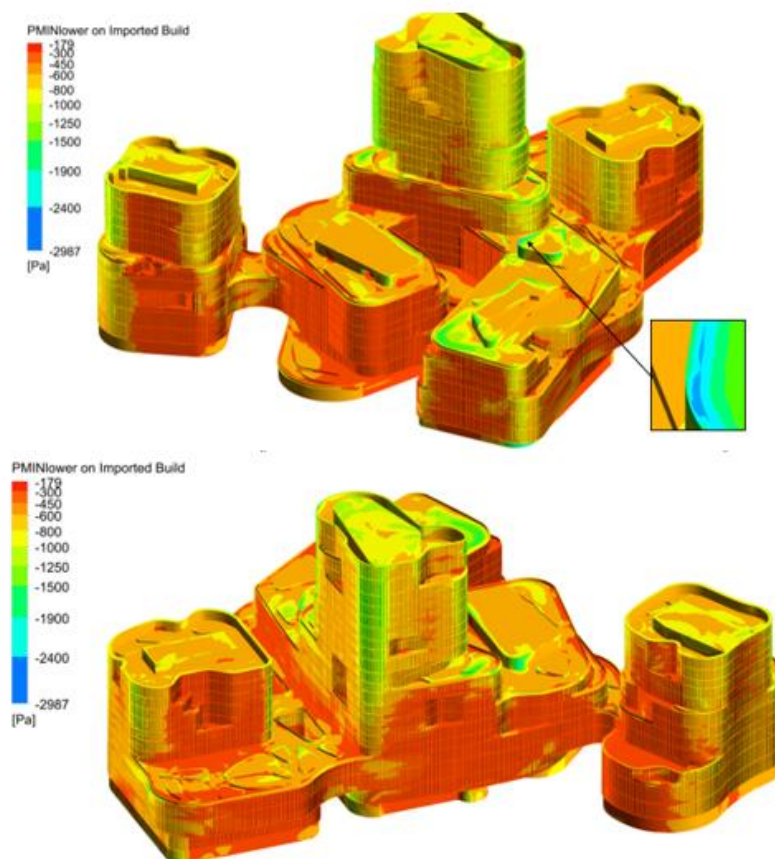


Рис. Нижняя огибающая минимальных значений ветрового давления (Па) на ограждающие (фасадные) конструкции *без учёта застройки.*

6. Определение снеговых нагрузок

Для определения снеговых нагрузок используются данные СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» (с учетом изменений № 1, 2, 3) и результаты математического (численного) моделирования снеговых нагрузок, представленные в разделе отчета о НИР.

Расчетные значения снеговых нагрузок

Нормативное значение снеговой нагрузки S_0 , действующей на горизонтальную проекцию кровли *Объекта*, следует определять по формуле:

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g$$

где:

$S_g = 1.45$ кПа в соответствии с Приложением К к СП

$c_e = 1.0$ в соответствии с п. 10.6 СП;

$c_t = 1.0$ в соответствии с п. 10.10 СП;

μ – коэффициент формы, определенный по нормативной методике СП 20.13330.2016 и по результатам математического (численного) моделирования снеговых нагрузок.

Для покрытий *Объекта* необходимо рассмотреть пять вариантов нагружения с коэффициентом формы, определяемым в соответствии со схемами Б.1, Б.2 и Б.8 Приложения Б к СП и по результатам математического (численного) моделирования, представленным отчете о НИР.

Расчетное значение снеговой нагрузки следует определять как произведение ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке γ_f . Коэффициент надежности по нагрузке для снеговых нагрузок следует принимать равным 1.4.

Помимо равномерного случая рекомендуется рассмотреть четыре наиболее опасных направления ветра – 135°, 180°, 225° и 270°. Отдельная схема дана для парапетов. В силу одинакового характера снегообразования вокруг вертикальных выступов, для них приведён обобщённый принцип построения схем для указанных направлений ветра

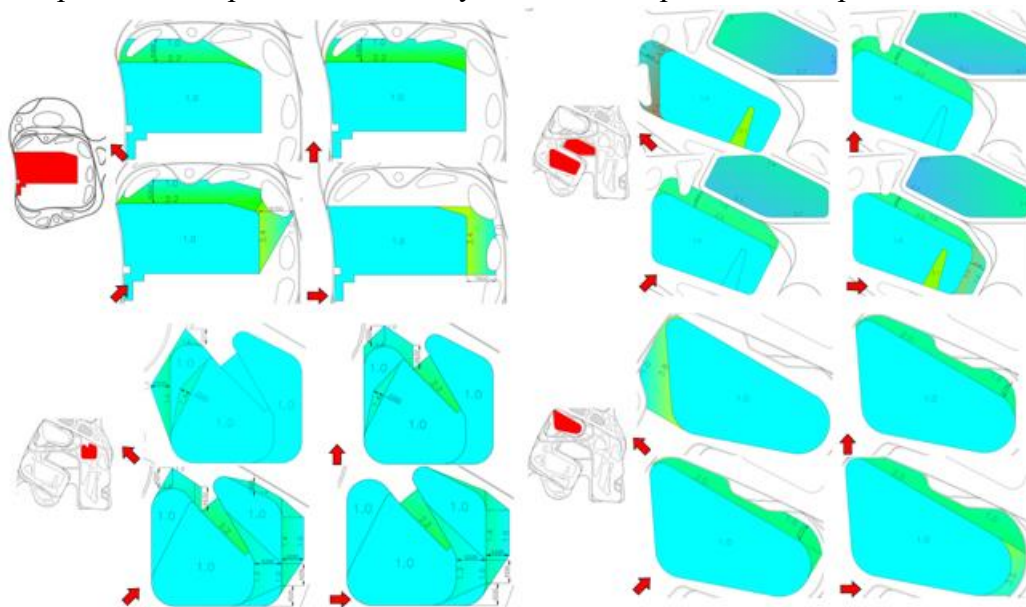


Рис. Различные схемы расчётного коэффициента формы μ для выделенных покрытий
Объекта

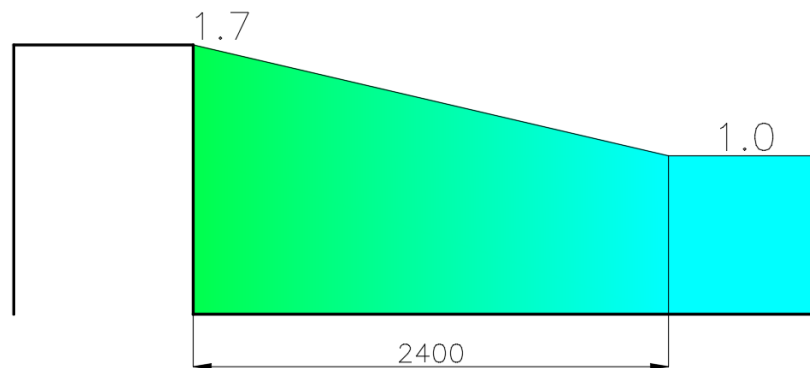


Рис. Схема расчётного коэффициента формы μ для парапетов

Смоделированные коэффициенты формы для расчетных направлений ветра

С применением численной методики, варьируя скорость ветра, было выполнено по три аэродинамических расчёта для восьми направлений ветра для *Объекта* (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°) без учёта окружающей застройки. В соответствии с табл. СП 131.13330.2020 *Строительная климатология*, средняя скорость ветра на высоте 10 м за зимний период для г. Москва составляет 1.8 м/с (V_{10}). Расчёты проводились для следующих скоростей:

Табл. Значения параметров для расчетных случаев

Номер расчётного случая	Скорость на высоте 10 м V_{10} , м/с	μ_0
1	1.0	0.3
2	3.0	0.5
3	6.0	0.6

Максимальная рассматриваемая скорость ветра 6 м/с принята исходя из опыта расчетных исследований аналогичных объектов и обосновывается существенным преобладанием уноса снега над отложением при больших скоростях ветра – непрезентативная для максимальных снеговых нагрузок ситуация.

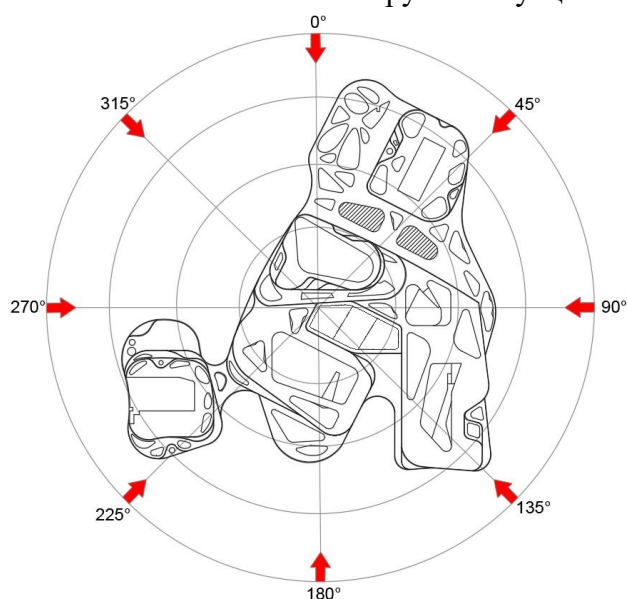


Рис. 6.10 Расчетные направления ветрового потока покрытий Объекта.

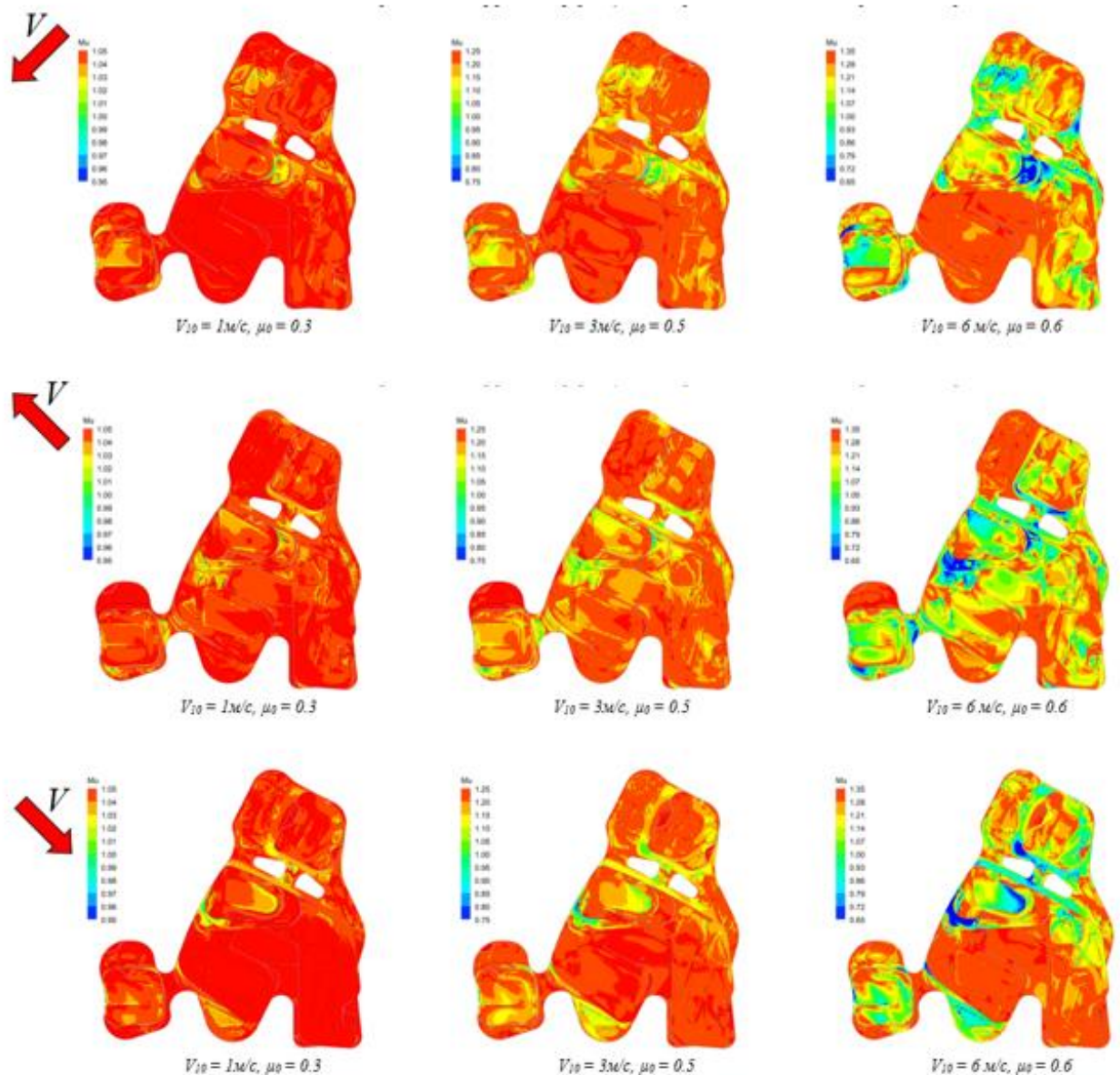


Рис. Смоделированный коэффициент формы μ для покрытий *Объекта* для направления ветра 45° , 135° и 315°

7. Результаты оценки пешеходной комфортности

Форма представления и номенклатура результатов

В данной главе приведены основные результаты выполненных расчетных исследований по оценке ветровой комфортности пешеходных зон *Объекта*.

Система координат сооружений и расчетные направления ветрового потока показаны на рис. Пешеходные зоны объекта показаны на рис.

Полученные результаты представлены в следующем виде:

- расчетные поля коэффициентов усиления скоростей ветра (относительные средние скорости ветра, $V_r = V_m / V_{prof}$, где V_m – средняя расчетная скорость ветра в пешеходной зоне на высоте 1.5 м, V_{prof} – средняя скорость ветра на той же высоте без учета зданий (согласно профилю на рис. 4.5) для 8-ми характерных направлений ветра (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°);

- средневзвешенные для 24-х расчетных направлений ветра значения коэффициента усиления ветра $\bar{V}_r$;

– вычисленные уровни пешеходной комфортности (повторяемость максимальной скорости ветра) по 3-м нормативно регламентированным критериям (K_{cr1} , K_{cr2} , K_{cr3}).

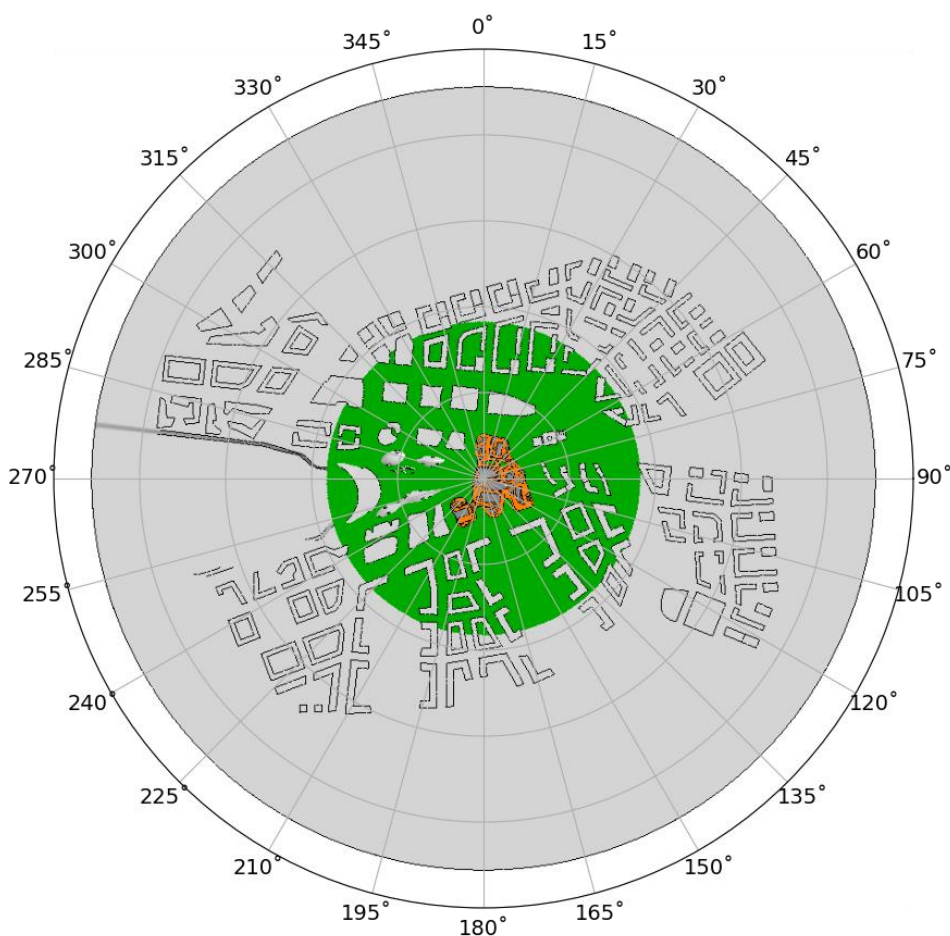


Рис. Система координат и расчетные направления ветрового потока
(зеленый и оранжевый цвета – зоны для оценки параметров
ветровой пешеходной комфортности)

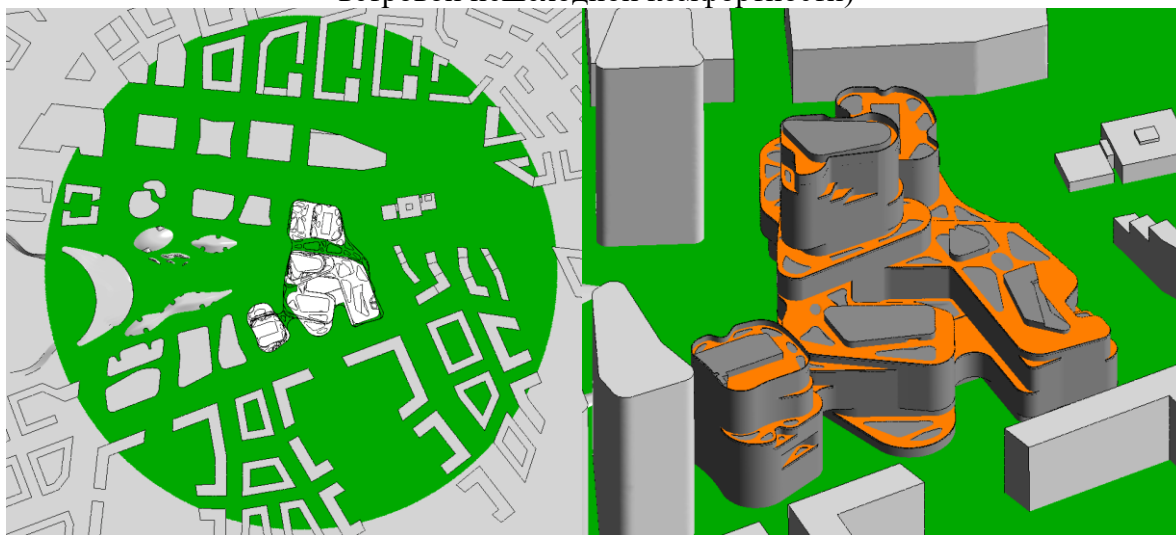


Рис. Зоны оценки параметров ветровой пешеходной комфортности:
Зона 1 (зеленый цвет) - на высоте 1.5 м от поверхности земли в радиусе 400 м от
примерного центра исследуемого Объекта;

Результаты оценки

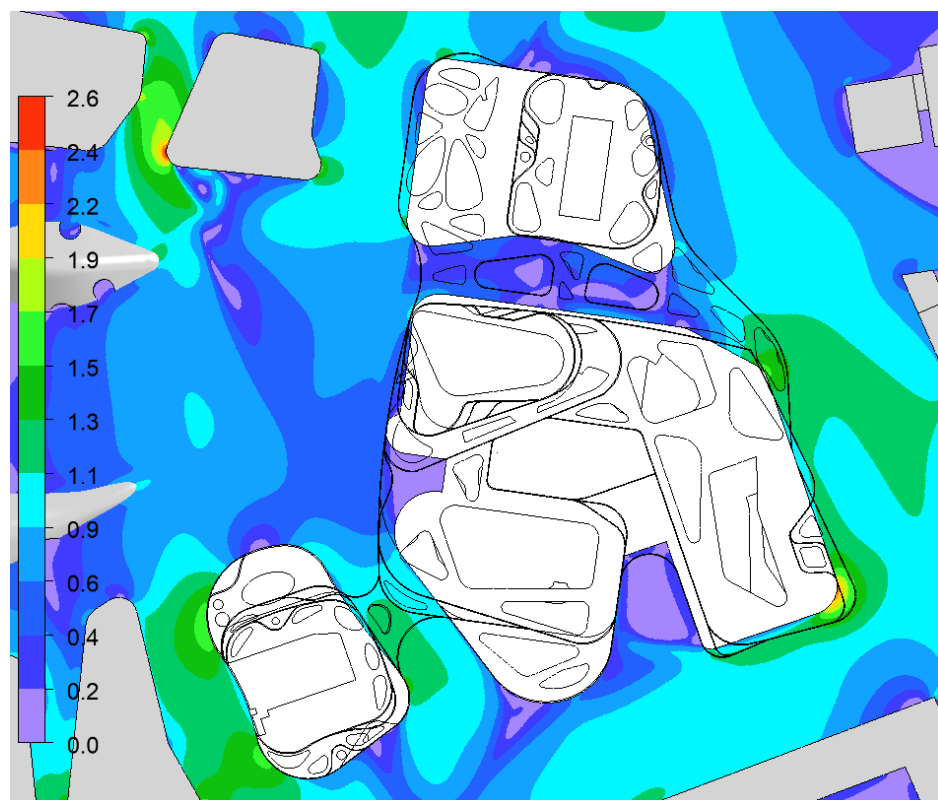
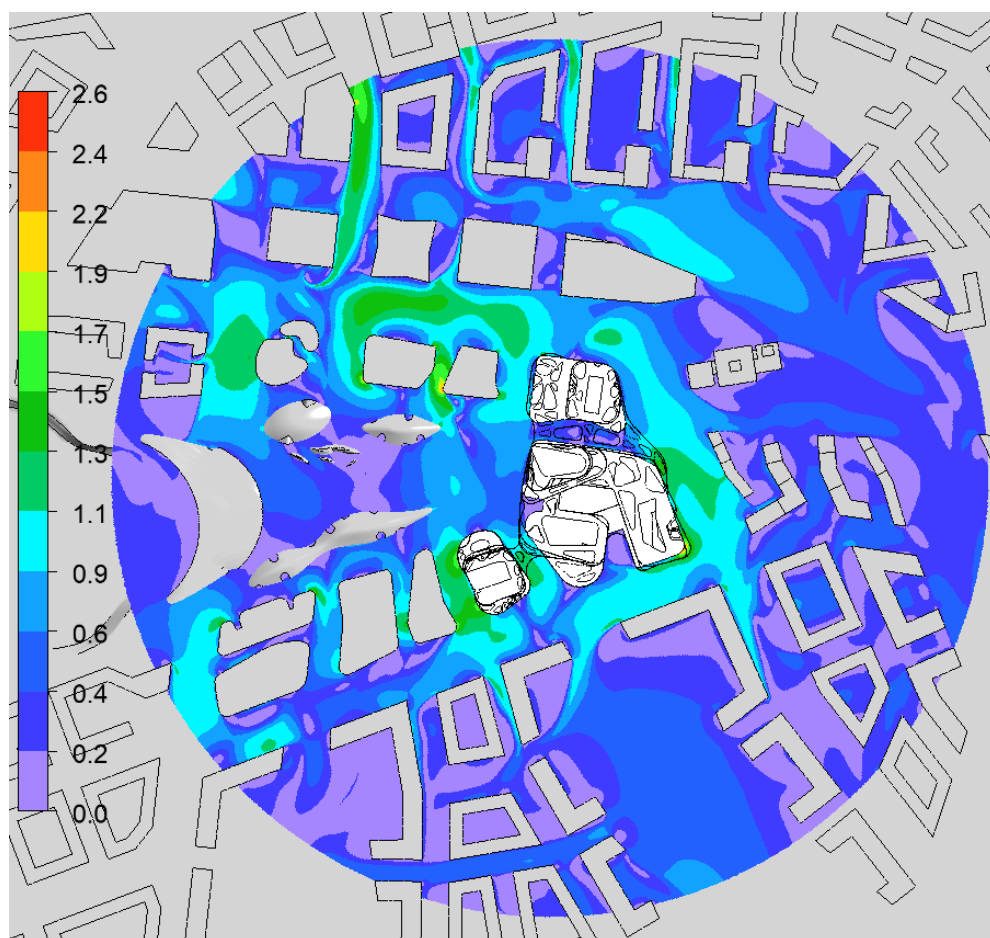


Рис. Коэффициенты усиления средней скорости ветра в пешеходной Зоне 1.
Угол атаки ветра 0° (Северный)
(ураганный ветер)

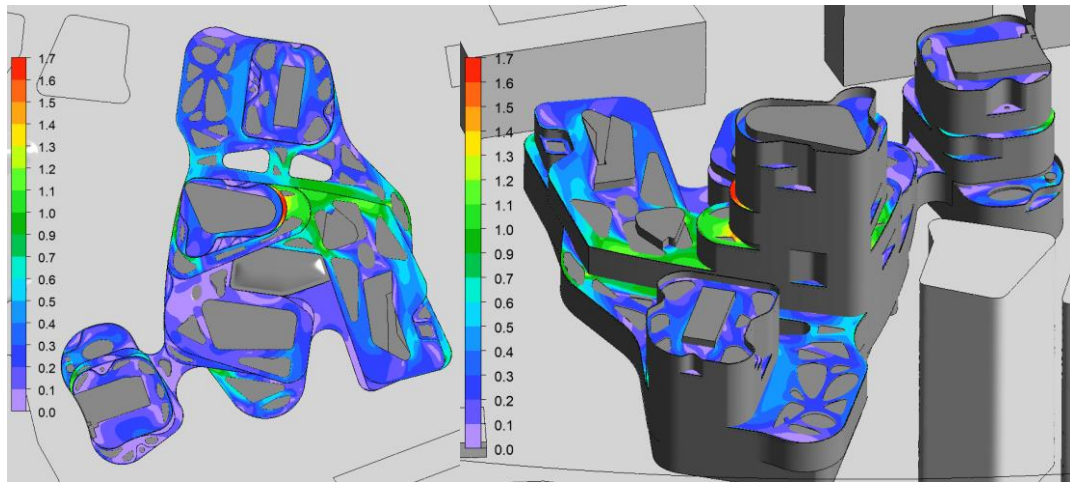


Рис. Коэффициенты усиления средней скорости ветра в пешеходной Зоне 2.
Угол атаки ветра 0° (Северный)
(ураганный ветер)

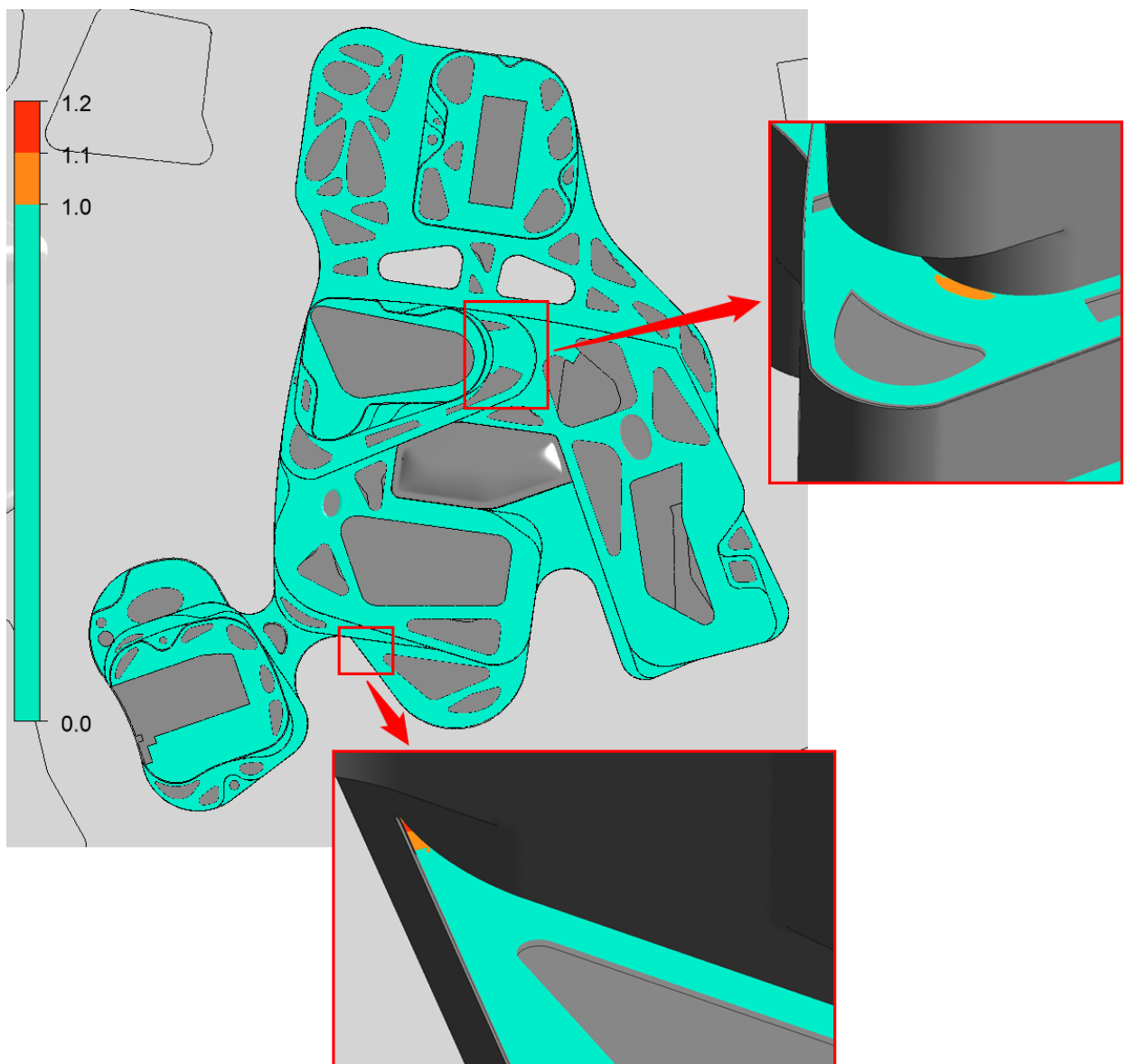


Рис. Средневзвешанный коэффициент усиления средней скорости ветра (Зона 2)
(легенда с отсечением зон «комфорта» (<1.0))

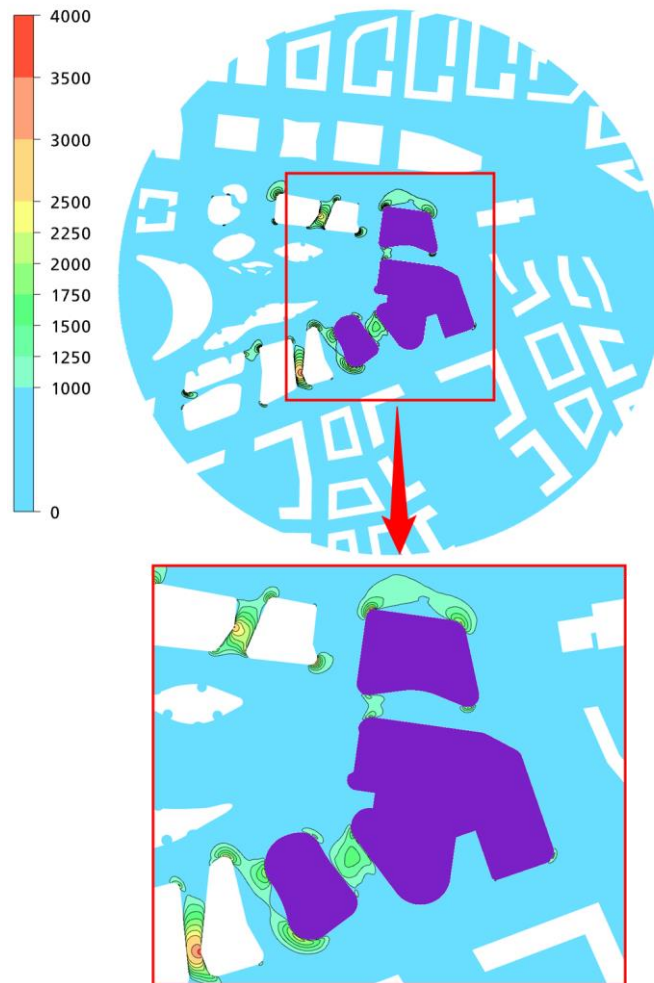


Рис. 1-й уровень пешеходной комфортности – превышение $V_{cr1}=6$ м/с не чаще $K_{cr1}=1000$ часов в год в пешеходной зоне (Зона 1).

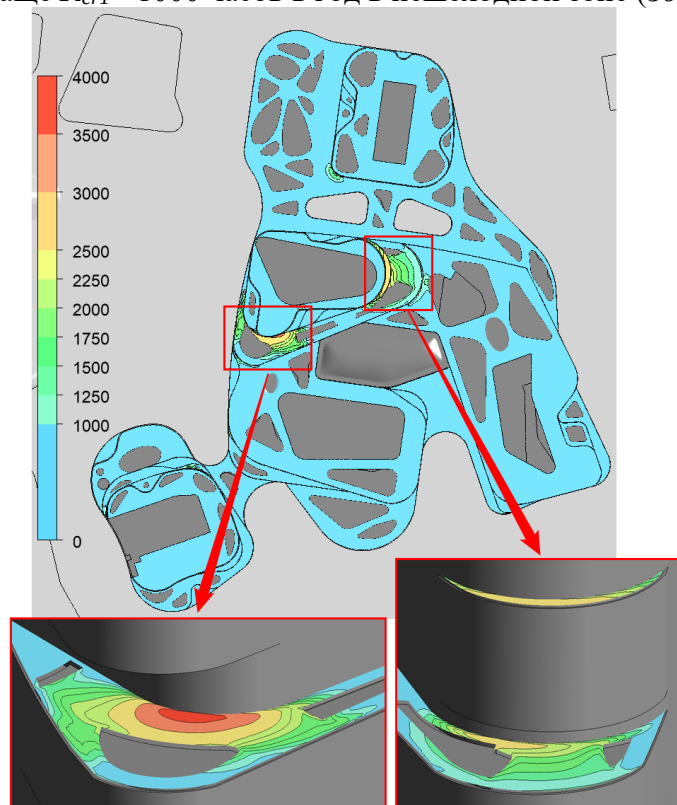


Рис. 1-й уровень пешеходной комфортности – превышение $V_{cr1}=6$ м/с не чаще $K_{cr1}=1000$ часов в год в пешеходной зоне (Зона 2).

Выводы и рекомендации

По результатам выполненного комплексного аэродинамического исследования по проектируемому Объекту «Офисно-деловой центр» (г. Москва, Западный административный округ, район Кунцево, территория Рублёво-Архангельское, кварталы А27, А32, А33, Т06) на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики, можно сформулировать следующие выводы и рекомендации:

1. На основе анализа и обобщения исходных данных разработаны и верифицированы расчетные трехмерные численные модели ветровой аэродинамики Объекта с учетом и без учета окружающей застройки и рельефа местности.

2. С использованием современных численных методов гидрогазодинамики, реализованных в программном комплексе ANSYS CFD (CFX) и разработанной численной методики определения ветровых нагрузок и воздействий на несущие и фасадные конструкции, проведены многовариантные расчетные исследования ветровой аэродинамики Объекта для 48 расчетных случаев (24 направления ветра с шагом 15° без учёта и с учетом окружающей застройки) и моделирование снеговых нагрузок для 24 расчетных случаев (8 направлений ветра и 3 различных скорости ветра).

3. Определены расчетные средние и пульсационные составляющие ветрового давления на несущие конструкции Объекта для всех расчетных случаев.

В прочностных расчетах несущих конструкций рекомендуется рассмотреть наиболее опасные и характерные направления ветра 45° , 135° , 180° , 285° , 330° . Соответствующие значения погонной ветровой силы (средней, пульсационной составляющей и их суммы) представлены в разделе 5.2 настоящего отчета.

4. Определены пиковые ветровые давления на ограждающие конструкции Объекта. В прочностных расчетах ограждающих (фасадных) конструкций рекомендуется использовать значения пиковых ветровых давлений, представленные в разделе 5.3 настоящего отчета.

5. В силу сложной нестандартной формы покрытия Объекта при определении расчетных значений снеговых нагрузок применялся синтез нормативных рекомендаций и математического (численного) моделирования снеговых нагрузок. Полученные с помощью этого подхода значения коэффициента формы μ учитывают особенности сложной конструкции Объекта, отражают наиболее опасные для механической безопасности случаи распределения снегоотложений и, при этом, не противоречат положениям СП 20.13330.2016.

Для покрытий Объекта необходимо рассмотреть пять вариантов нагружения с коэффициентом формы, определяемым в соответствии со схемами Б.1, Б.2 и Б.8 Приложения Б к СП и по результатам математического (численного) моделирования,

6. Критерии ветровой комфортности пешеходных зон вокруг и на кровлях самого Объекта в целом удовлетворительные, но присутствуют некоторые зоны «дискомфорта». При составлении планов озеленения и благоустройства территории вокруг Объекта, а также пешеходных зон на кровлях, **рекомендуется** учитывать данные по зонам ветрового «дискомфорта», приведенные в этой главе, которые были получены в предположении отсутствия зеленых насаждений и малых архитектурных форм. Для улучшения ветровой комфортности пешеходных зон **рекомендуется** в выявленных зонах ветрового «дискомфорта» разместить зеленые насаждения и малые архитектурные формы, способные заграждать ветровые потоки.