

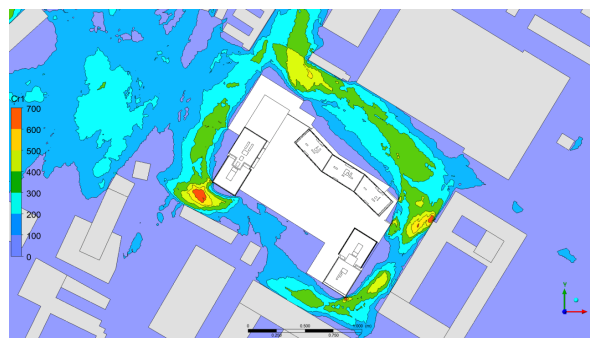
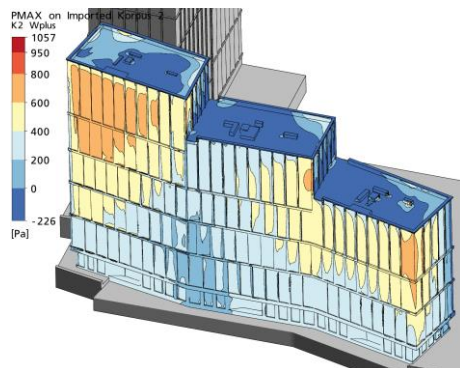
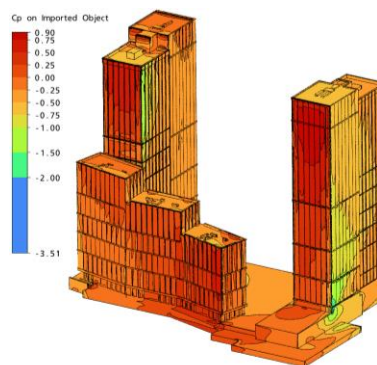
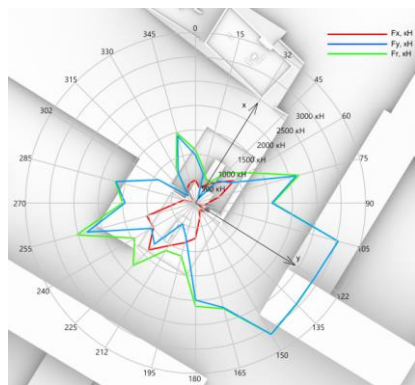
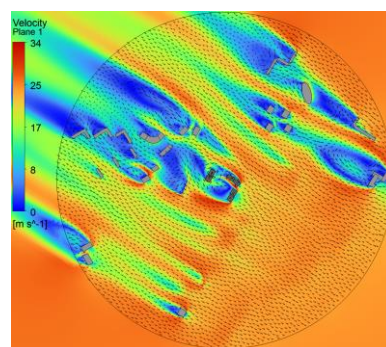
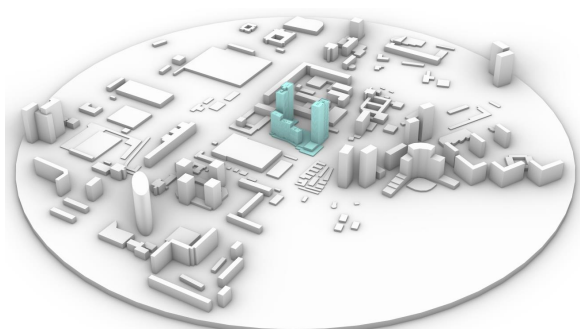
Научно-исследовательский центр СтаДиО

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. № ЮП-2022-07/04-1

Научно-технический отчет «Комплексные аэродинамические исследования 3-х корпусов, на основе математического моделирования» для объекта: “Многофункциональный жилой комплекс с подземной автостоянкой” по адресу: г. Москва, ул. Архитектора Власова, уч.57 и ул. Профсоюзная, вл.78-А



1. Исходные данные. Постановка задач

Постановка целей и задач расчетных исследований

В соответствии с техническим заданием на Этапе 1 НИР 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 существующей и перспективной окружающей застройки и различных направлений ветра.
3. Выявление наиболее опасных и характерных расчетных случаев (направлений ветра) на основе анализа суммарных ветровых нагрузок на несущие конструкции сооружений, полученных в результате численного моделирования.
4. Определение поэтажных расчетных ветровых нагрузок на несущие конструкции для наиболее опасных и характерных направлений ветра.
5. Определение распределения пикового (минимального и максимального) ветрового давления на ограждающие (фасадные) конструкции Объекта.
6. Проведение критериального анализа ветровой комфортности пешеходных зон Объекта, включая эксплуатируемые поверхности стилобата

Площадка строительства, рельеф и застройка объекта

Участок строительства расположен в Обручевском районе и на границе Ломоносовского района и района Черёмушки Юго-Западного административного округа Москвы. Общая площадь участка жилого комплекса, включающего 3 проектируемых корпуса, рассматриваемых в настоящем исследовании, составляет 28 730.5 м². С севера участок строительства ограничен административно-производственными зданиями, с юга – территорией исследовательского института, с юга – озелененной территорией, далее со Старокалужским шоссе, с востока – торгово-офисным центром, далее – Профсоюзной улицей.



Рис. Генеральный план Объекта

Проектируемый Объект окружен городской застройкой неравномерной плотностью. Корпуса К1 и К3 Объекта (32-34 этажей) являются одними из самых высоких зданий в радиусе 0.75 км вокруг Объекта, уступая только одному сорокаэтажному зданию к северу от участка строительства. В основном, ближайшие к Объекту постройки имеют высоту в 10-17 этажей и меньше. Меньше всего Объект экранируется застройкой с севера и северо-запада, со стороны Воронцовского парка. Аэродинамические расчеты проводились с учетом окружающей застройки в радиусе 750 м от Объекта.

Согласно СП 20.13330.2016 площадка строительства находится в *I ветровом районе* (нормативное значение ветрового давления $w_0 = 0.23 \text{ кПа}$).

При моделировании ветровых нагрузок окружающая застройка учитывалась напрямую в радиусе 750 м от Объекта. Такой подход позволяет наиболее точно смоделировать реальный профиль ветра для конкретного места. На границах расчетной области задается ветровой профиль с типом местности, зависящим от застройки и наличия лесных массивов за её пределами (в данном случае – всюду В).

1.1. Краткая характеристика Объекта

Комплекс сформирован из двух башен (К1, К3), разделённых на две части разной высоты и секционным зданием (К2) переменной этажности, объединенных двухэтажной надземно-подземной стилобатной частью коммерческого назначения. Жилая башня К1 имеет 32-34 этажа, секционный корпус К2 имеет 11-14-17 этажей, жилая башня К3 имеет 1-32-34 этажа. Подземно-надземная часть – двухэтажная.

Проектной документацией на отведенном участке предусматривается строительство многофункционального комплекса со встроенной подземной 2-ухуровневой автостоянкой. Парковка рассчитана на 718 машино-мест, 87 из которых запроектированы для временного хранения.

В подземной части комплекса запроектирована 2-ухуровневая автостоянка с организацией технических помещений, мойки, помещений коммерческого назначения и других блоков помещений обслуживания многофункционального комплекса.

Все входы располагаются в уровне прилегающего благоустройства и обеспечивают беспрепятственный доступ всех групп населения. Предусмотрен выход на эксплуатируемую кровлю 1-го этажа комплекса.

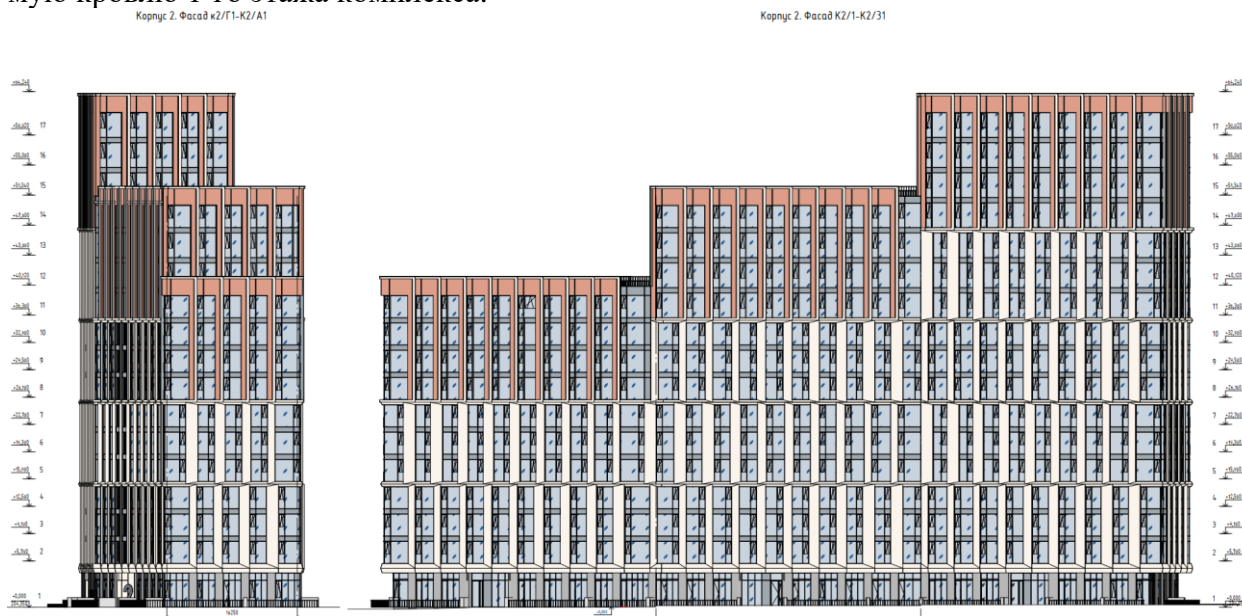


Рис. Фасады Корпуса 2

2. Разработка и верификация расчётных моделей

Геометрические модели

Практическая подготовка расчетных моделей начинается с создания геометрической объемной модели Объекта, окружающей застройки, ближайших элементов инфраструктуры и рельефа. Геометрия зданий и сооружений Объекта выполнена согласно исходным данным и по открытым GIS источникам.

Объемные геометрические модели создавались в модуле ANSYS SpaceClaim. Начало координат расположено примерно в геометрическом центре объекта.

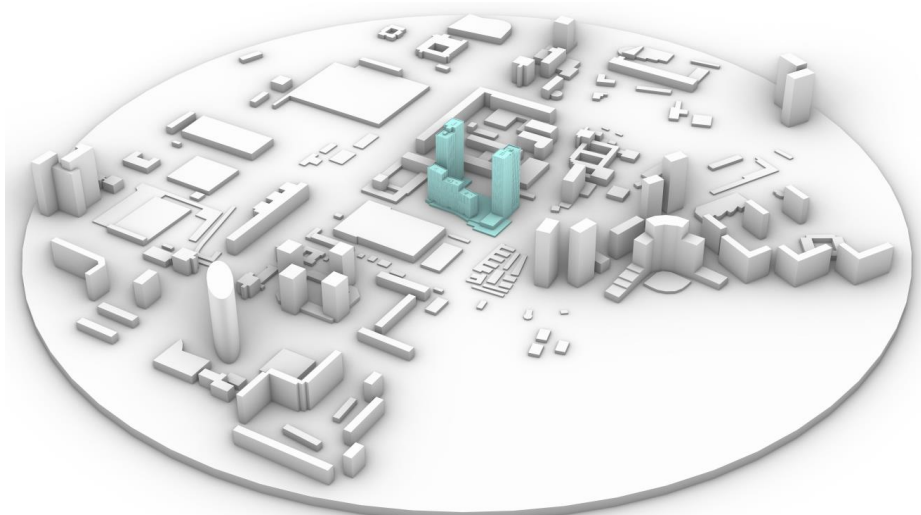


Рис. Геометрическая модель. Общий вид с северо-запада

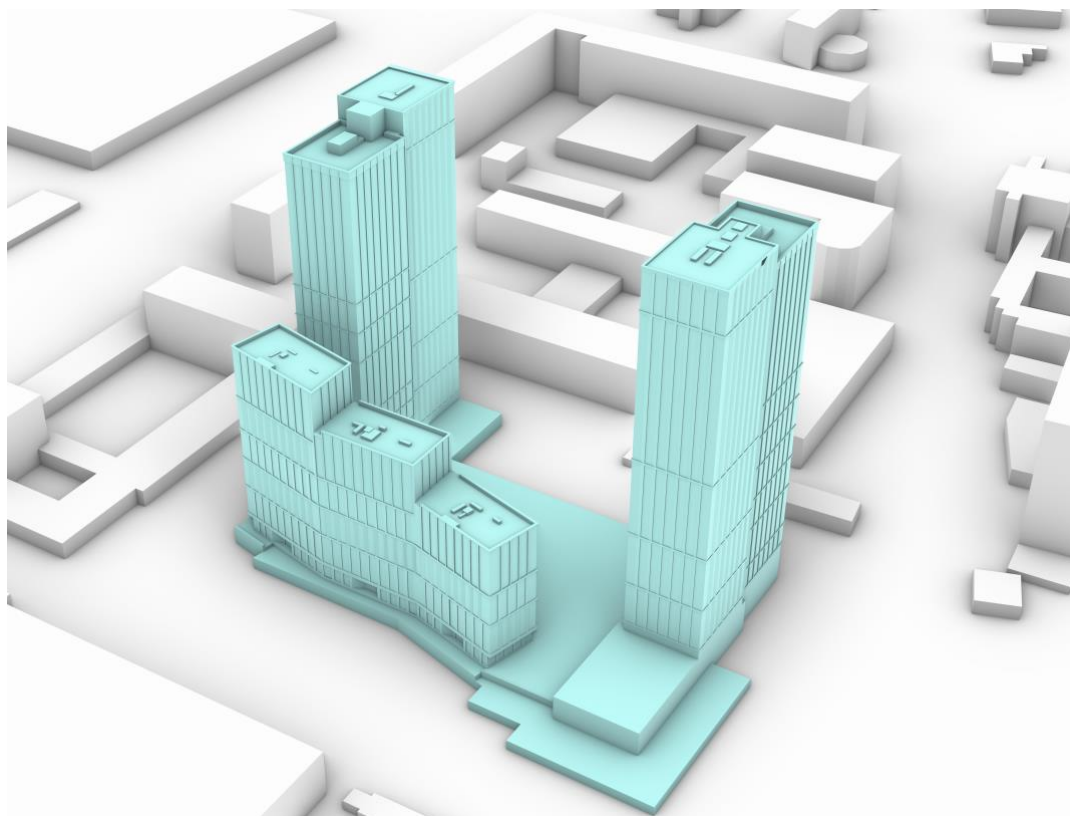


Рис. Геометрическая модель. Вид вблизи Объекта

Конечнообъемные сетки

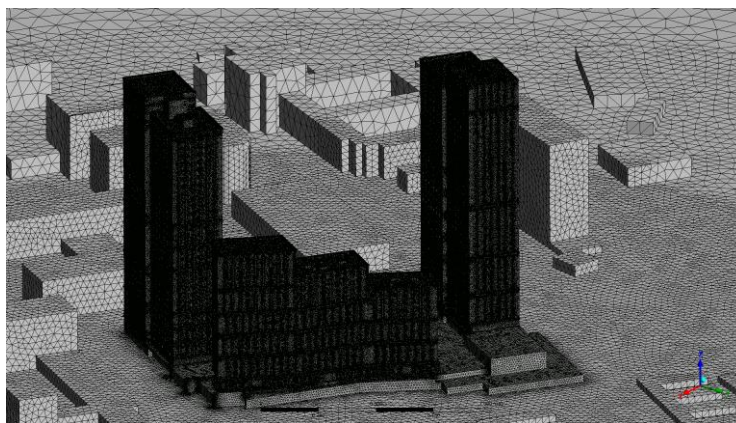
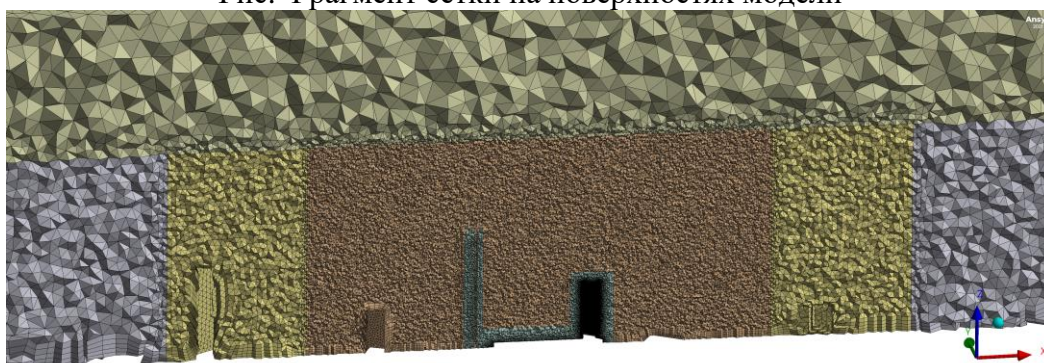
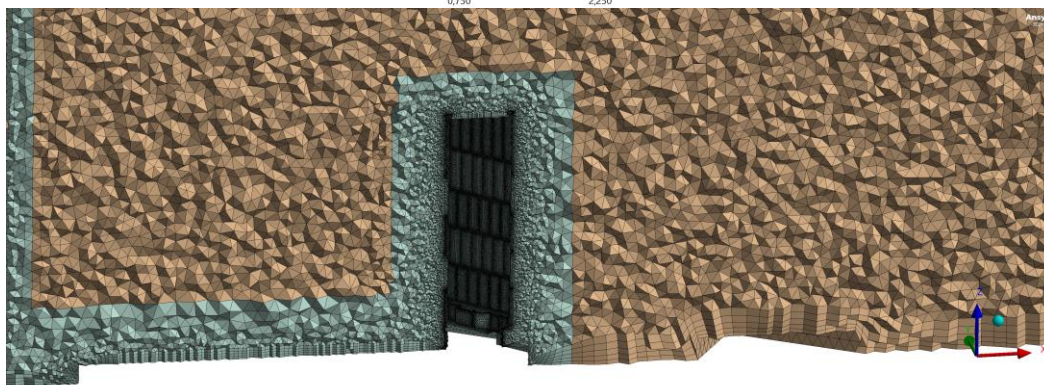


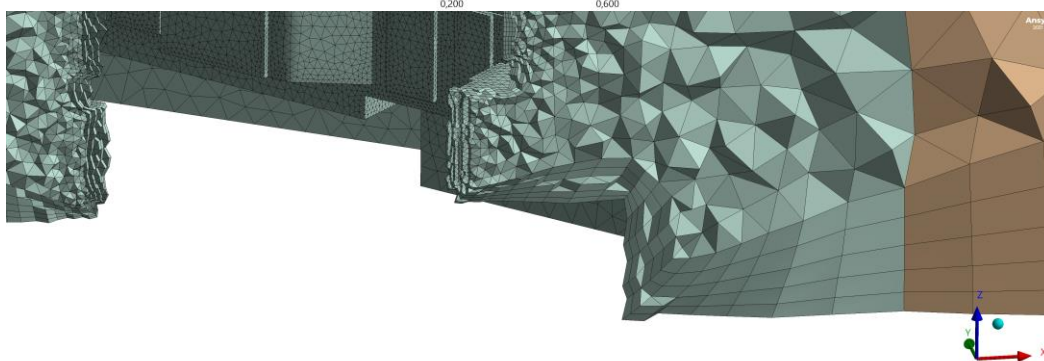
Рис. Фрагмент сетки на поверхностях модели



0,000 1,500 3,000 (m)
0,750 2,250



0,000 0,400 0,800 (m)
0,200 0,600



0,000 0,050 0,100 (m)
0,025 0,075

Рис Конечнообъемная сетка модели. Разрез вблизи окружающей застройки и проектируемого объекта

Граничные условия

Области расчета (рис. 4.8) присвоен домен Air (Воздух) со следующими

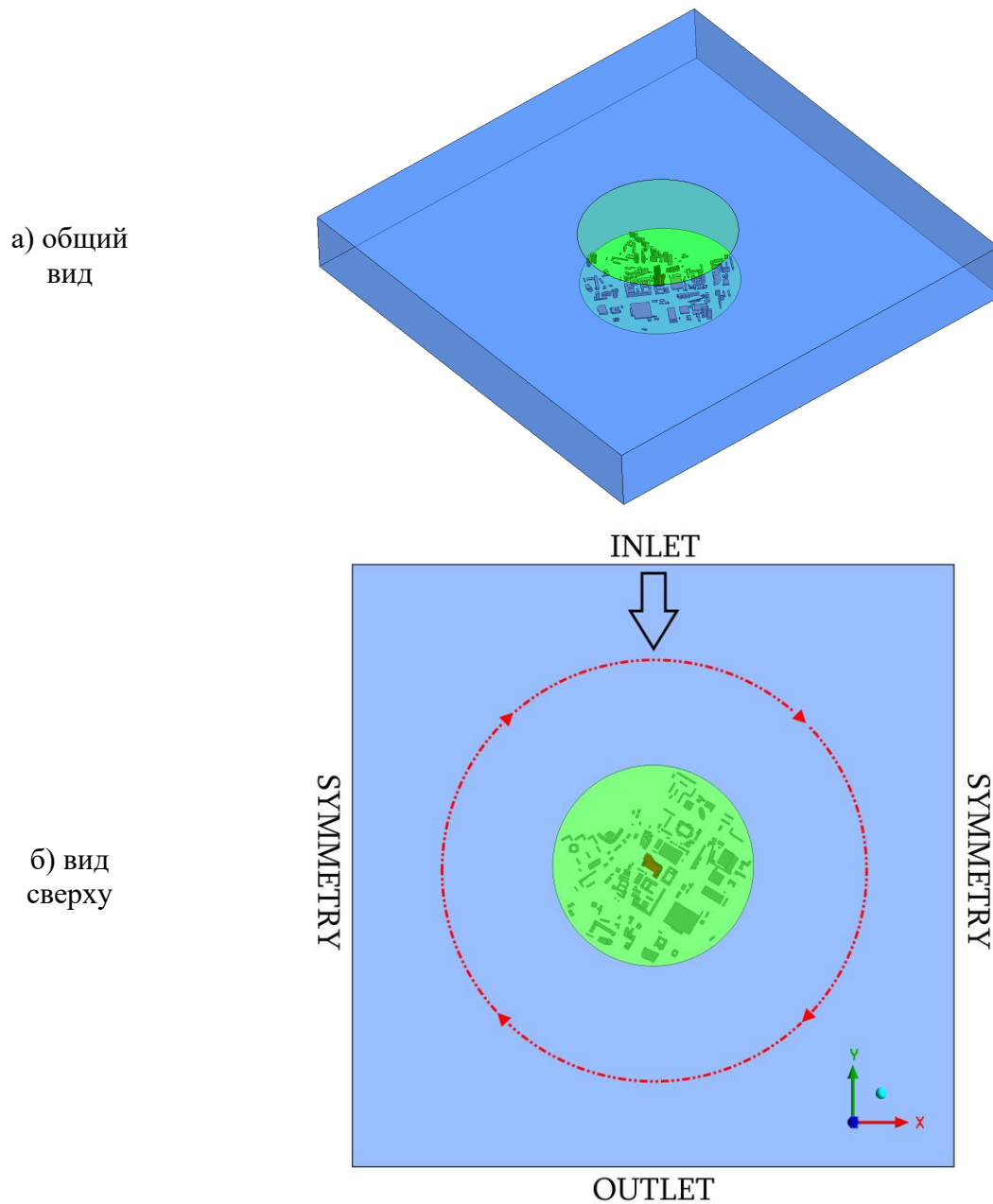


Рис. Расчетная область модели (ANSYS CFX) с обозначенными граничными условиями и схемой поворота внешней части домена
Угол атаки 0°

Параметры расчетов

Математическое (численное) моделирование ветровых нагрузок проводилось в *стационарной постановке* с использованием подхода турбулентности *RANS* (модель турбулентности *SST*) при 24-х направлениях ветра (углы атаки ветра от 0° до 345° с шагом 15°), с заменой углов 30° , 120° , 210° и 300° на углы 32° , 122° , 212° и 302° , которые соответствуют перпендикулярам к плоскостям фасадов корпусов комплекса (рис. 4.9).

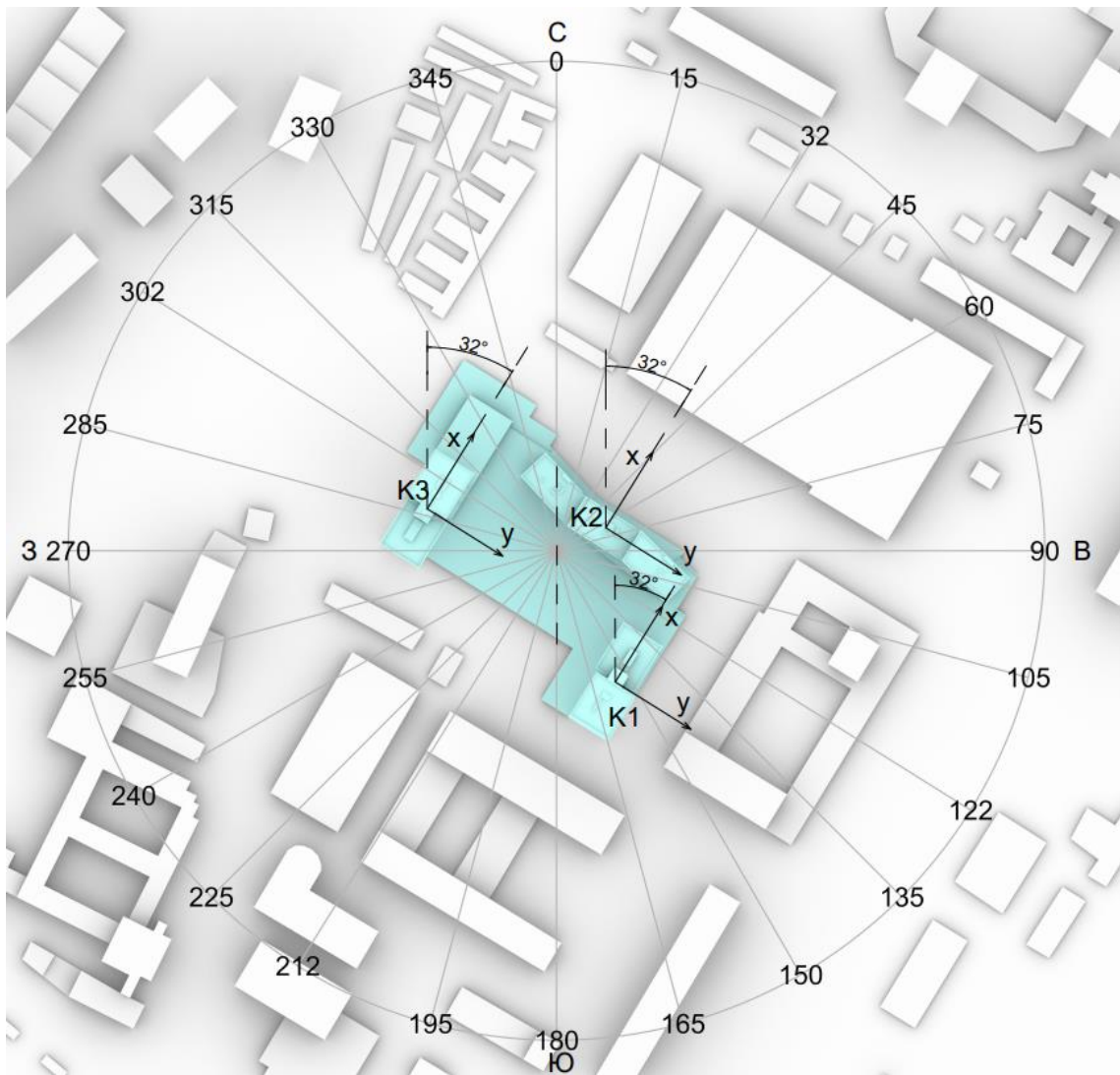


Рис. 2.1 Исследуемые направления ветра и системы координат корпусов

3. Определение ветровых нагрузок

В данной главе были приведены результаты определения ветровых нагрузок на несущие и ограждающие конструкции, полученные на основе математического (численного) моделирования.

3.1. Форма представления и номенклатура результатов

Поэтажные ветровые нагрузки на перекрытия вычисляются интегрированием по внешним поверхностям каждого Корпуса от середины одного этажа до середины вышележащего этажа.

Положительному значению нагрузок (кроме f_t) соответствует направление, сонаправленное соответствующей координатной оси, а отрицательному – противоположно направленное соответствующей оси.

Положительному значению моментов (и силы f_t) соответствует направление вращения против часовой стрелки при взгляде на здания сверху, а отрицательному значению – по часовой стрелке.

Пиковые ветровые давления для расчетов ограждающих (фасадных) конструкций представлены в виде изополей и поэтажных экстремумов давлений.

Положительным значениям ветровых давлений соответствует «напор» (направление на поверхность), а отрицательным – «отсос» (направление от поверхности).

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

Ветровые нагрузки на несущие конструкции

В разделе представлены следующие материалы по ветровым нагрузкам на несущие конструкции:

- средняя составляющая *интегральных* (на весь Корпус) ветровых нагрузок (F_x , F_y , кН) для каждого *Корпуса* в собственной системе координат и векторная сумма нагрузки (F_R , кН) для 24-х направлений ветра в табличном виде и в форме круговых диаграмм;

- средняя составляющая *интегральных* (на весь Корпус) опрокидывающих и крутящих моментов силы (M_x , M_y , МН·м; M_z , кН·м) вокруг осей X , Y и Z для каждого *Корпуса* в собственной системе координат и векторный сумма опрокидывающих моментов (M_R , МН·м) в табличном виде и в круговых диаграмм;

- погонные поэтажные ветровые нагрузки (средняя составляющая) на несущие конструкции *Корпуса А* (f_x , f_y , f_z , Н/м) для наиболее опасных направлений ветра представлены в табличном виде.

В таблицах **оранжевым** цветом выделены выявленные наиболее опасные направления ветра.

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

Далее приведен пример предоставления результатов для Корпуса 2.

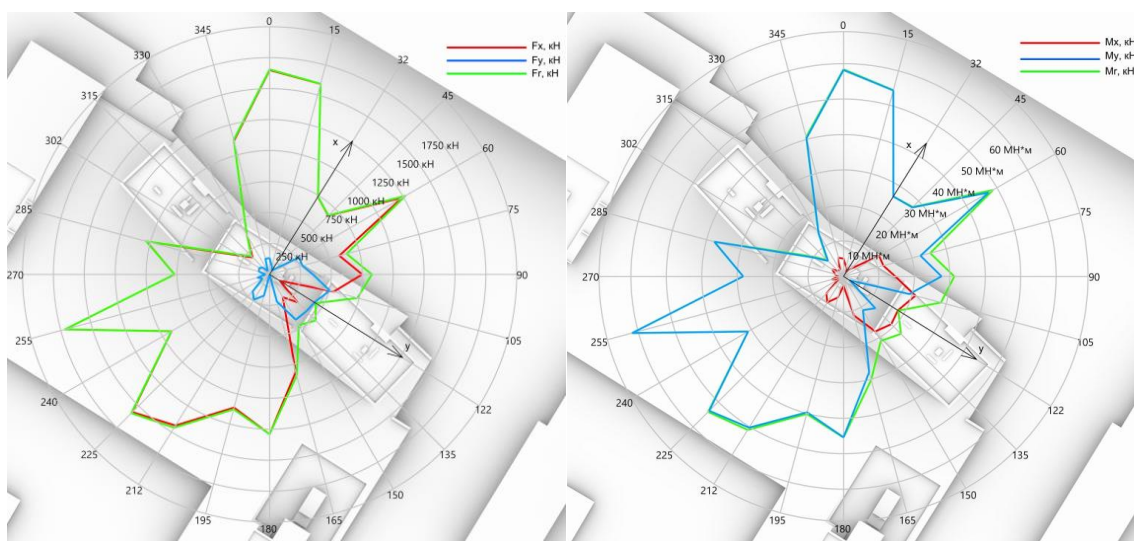


Рис. Интегральные ветровые нагрузки (F_x , F_y , F_R , кН) для Корпуса 2, интегральные ветровые опрокидывающие моменты (M_x , M_y , M_R , кН)

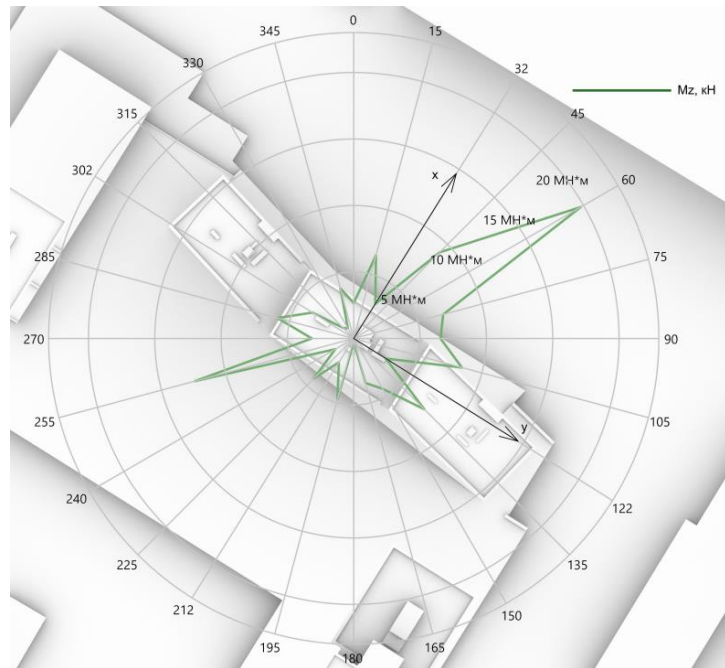


Рис. Интегральные ветровые крутящие моменты (M_z , кН) для Корпуса 2 для всех исследуемых направлений ветра

Табл. Интегральные ветровые нагрузки и моменты на Корпус 2

Угол, °	F_x , кН	F_y , кН	F_R , кН	M_z , кН·м	M_x , МН·м	M_y , МН·м	M_R , МН·м
0	-1650	132	1655	-2666	5.0	-58.2	58.4
15	-1592	67	1593	6469	2.8	-54.3	54.4
32	-738	-37	739	3063	-1.4	-26.5	26.6
45	-671	-64	674	-9157	-3.2	-27.5	27.7
60	-1239	-277	1269	-19766	-11.6	-47.3	48.7
75	-584	-273	645	-6981	-11.7	-22.5	25.3
90	-750	-350	827	-6539	-14.6	-27.7	31.3
105	-537	-503	736	-8433	-21	-19.2	28.5
122	-96	-428	438	2850	-18.1	-2.1	18.2
135	317	-420	526	7534	-19.1	12.7	22.9
150	213	-423	473	-4374	-17.9	11.0	21.0
165	816	-226	846	3469	-11.4	28.0	30.2
180	1290	-2	1290	257	-2.7	45.4	45.4
195	1113	178	1127	4749	6.2	39.7	40.2
212	1439	241	1459	2113	8.6	50.3	51.0
225	1572	193	1583	4269	6.8	53.6	54.0
240	917	65	919	-1602	1.6	31.1	31.1
255	1713	102	1716	12387	3.3	61.7	61.8
270	770	33	770	3158	1.4	28.3	28.3
285	1031	90	1035	5957	2.5	37.7	37.8
302	287	100	304	3671	3.7	10	10.7
315	-195	-77	210	1127	-2.2	-6.2	6.6
330	-368	31	370	873	2.1	-14.1	14.2
345	-1117	131	1124	3915	5.4	-40.3	40.7

Табл. Поэтажные компоненты средней равнодействующей силы для Корпуса 2

№ пере- крытия	1-ый расчетный случай (0°)			2-ой расчетный случай (60°)			3-ий расчетный случай (255°)		
	f_x , Н/м	f_y , Н/м	f_z , Н/м	f_x , Н/м	f_y , Н/м	f_z , Н/м	f_x , Н/м	f_y , Н/м	f_z , Н/м
1	-658	17	187	-456	-83	-342	753	63	120
2	-345	16	53	-229	-43	-150	361	26	83
3	-368	25	52	-236	-48	-156	359	22	129
4	-399	31	60	-244	-50	-172	365	22	154
5	-437	40	90	-267	-54	-203	395	25	149
6	-468	46	114	-285	-56	-223	410	27	155
7	-501	47	126	-308	-56	-243	430	29	152
8	-521	50	143	-343	-62	-257	491	38	83
9	-536	51	149	-363	-64	-265	532	44	40
10	-576	52	142	-404	-68	-287	604	51	-7
11	-594	68	132	-441	-92	-304	673	36	-25
12	-559	20	-437	-497	-93	-784	668	6	616
13	-551	40	-451	-508	-102	-811	684	5	635
14	-490	47	-461	-511	-147	-792	600	2	633
15	-448	-28	-1122	-538	-189	-1589	496	14	1362
16	-430	34	-1087	-517	-196	-1544	495	41	1373
17	-452	107	-1151	-527	-246	-1651	455	57	1273

Табл. Поэтажные экстремумы пиковых положительных и отрицательных ветровых давлений на ограждающие (фасадные) конструкции.

Этаж	Корпус 2	
	w_+ , Па	w_- , Па
1	647	-1563
2	583	-1433
3	576	-1421
4	591	-1764
5	712	-1474
6	655	-1501
7	773	-2250
8	708	-1697
9	718	-1788
10	730	-1963
11	800	-1787
12	908	-3817
13	822	-2393
14	841	-1630
15	868	-2000
16	681	-637
17	1057	-2765

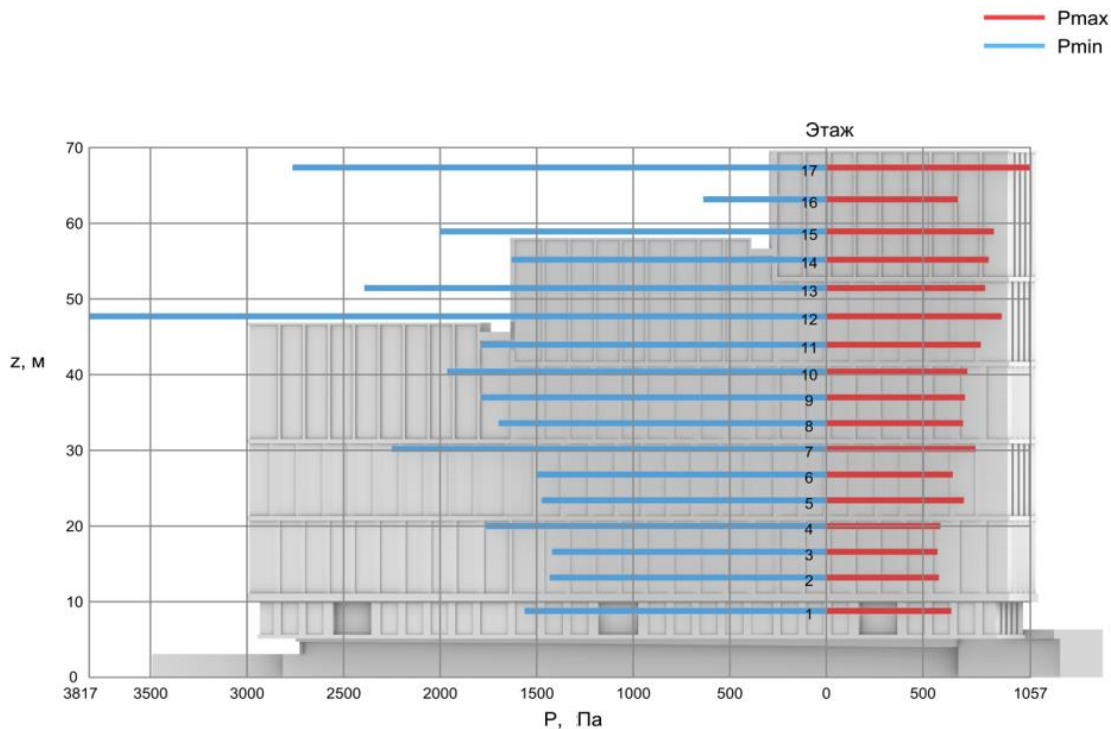


Рис. Поэтажные экстремумы пиковых положительных ($w_+ = P_{max}$) и отрицательных ($w_- = P_{min}$) значений давления (Па) на ограждающие (фасадные) конструкции Корпуса 2

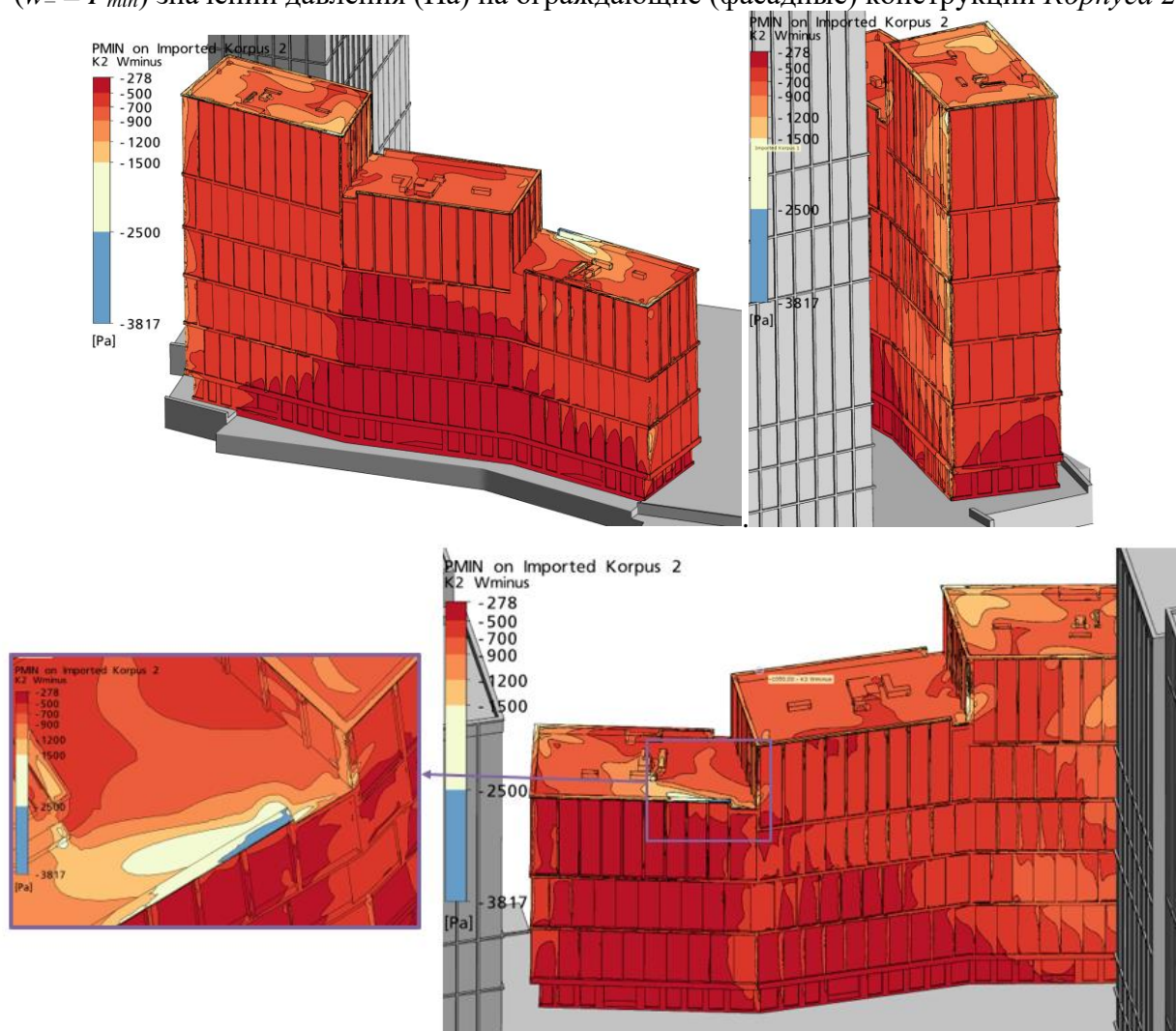


Рис. Отрицательные пиковые ветровые давления на поверхностях Корпуса 2, Па

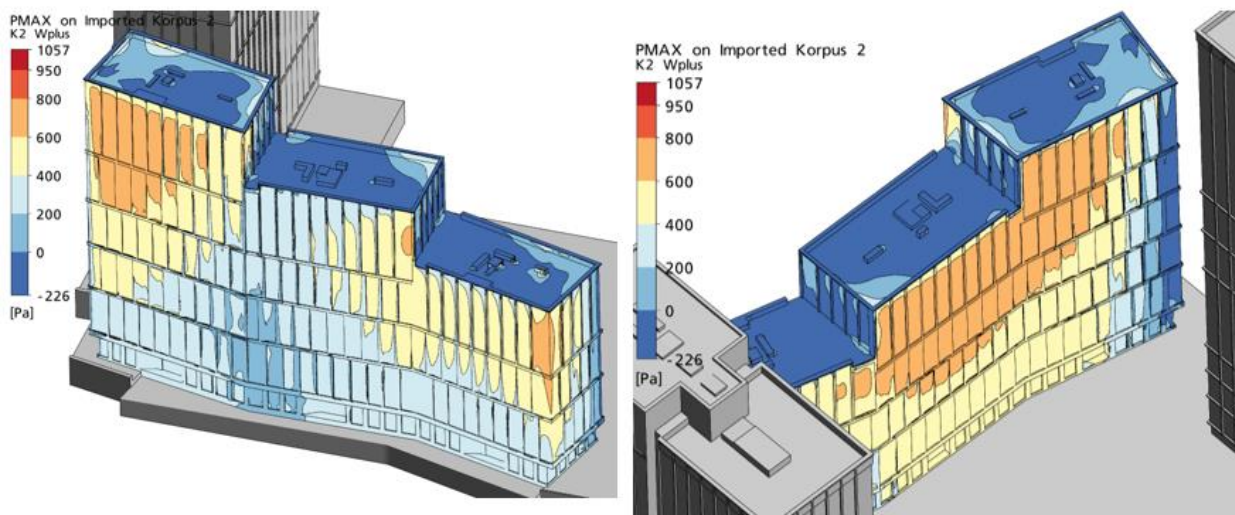


Рис. Положительные пиковые ветровые давления на поверхностях Корпуса 2, Па

4. Анализ пешеходной комфортности

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

В качестве пешеходных зон выбрана территория вокруг Объекта, пешеходная зона на Стилобате и потенциально эксплуатируемые открытые зоны Корпусов А и Б.

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 для 8-х характерных направлений ветра ($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$);

- поле средневзвешенного для 24-х расчетных направлений ветра значения коэффициента усиления ветра $\overline{V_r}$;

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

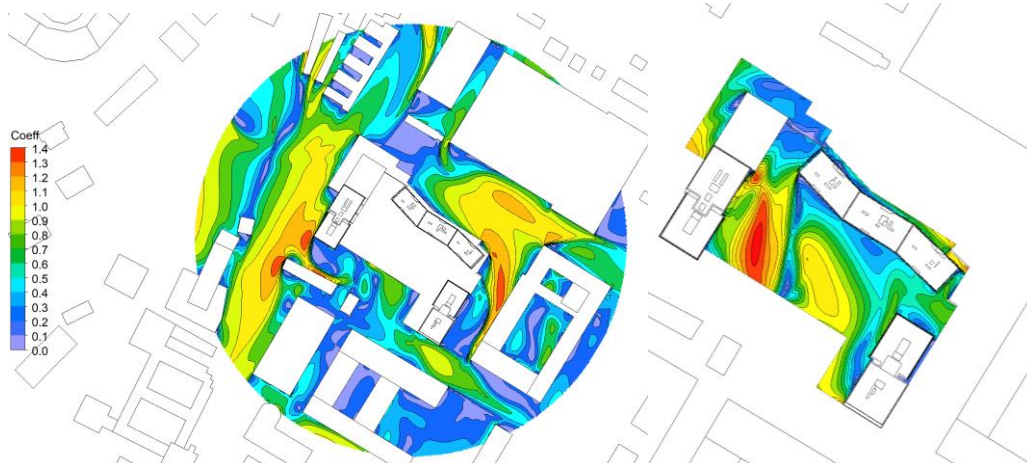


Рис. Коэффициенты усиления средней скорости ветра в пешеходной зоне. Угол атаки ветра 0° (северный)

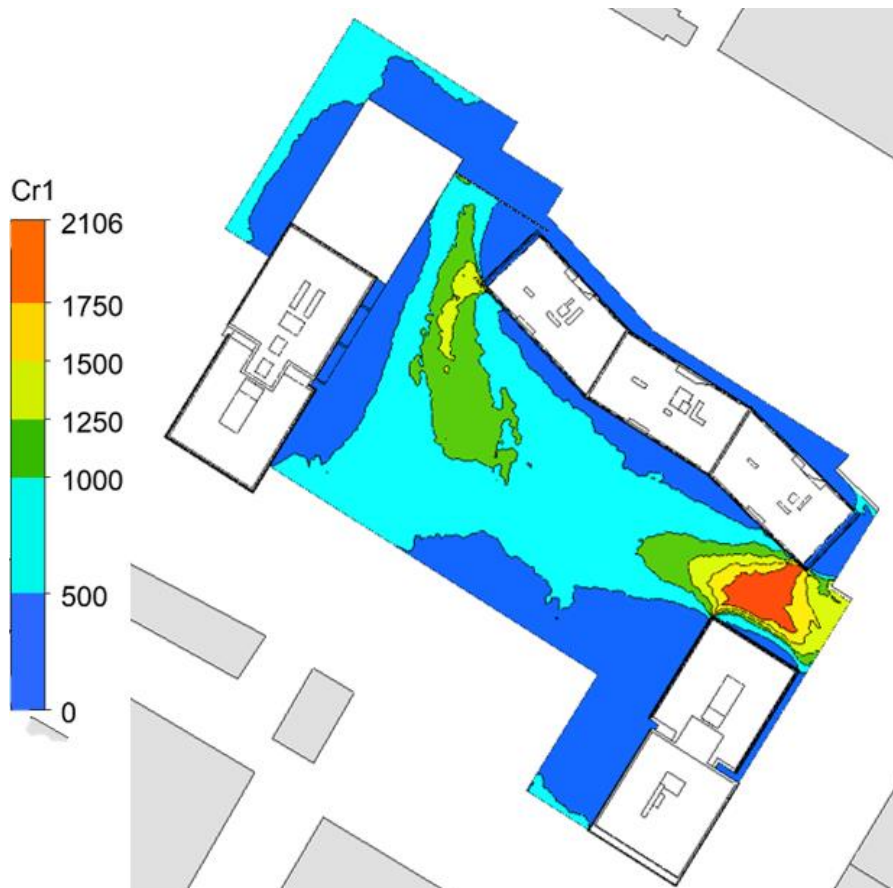


Рис. 1-й уровень пешеходной комфортности – превышение $V_{cr1}=6$ м/с не чаще $K_{cr1} = 1000$ часов в год в пешеходной зоне *Стилобатной части Объекта*

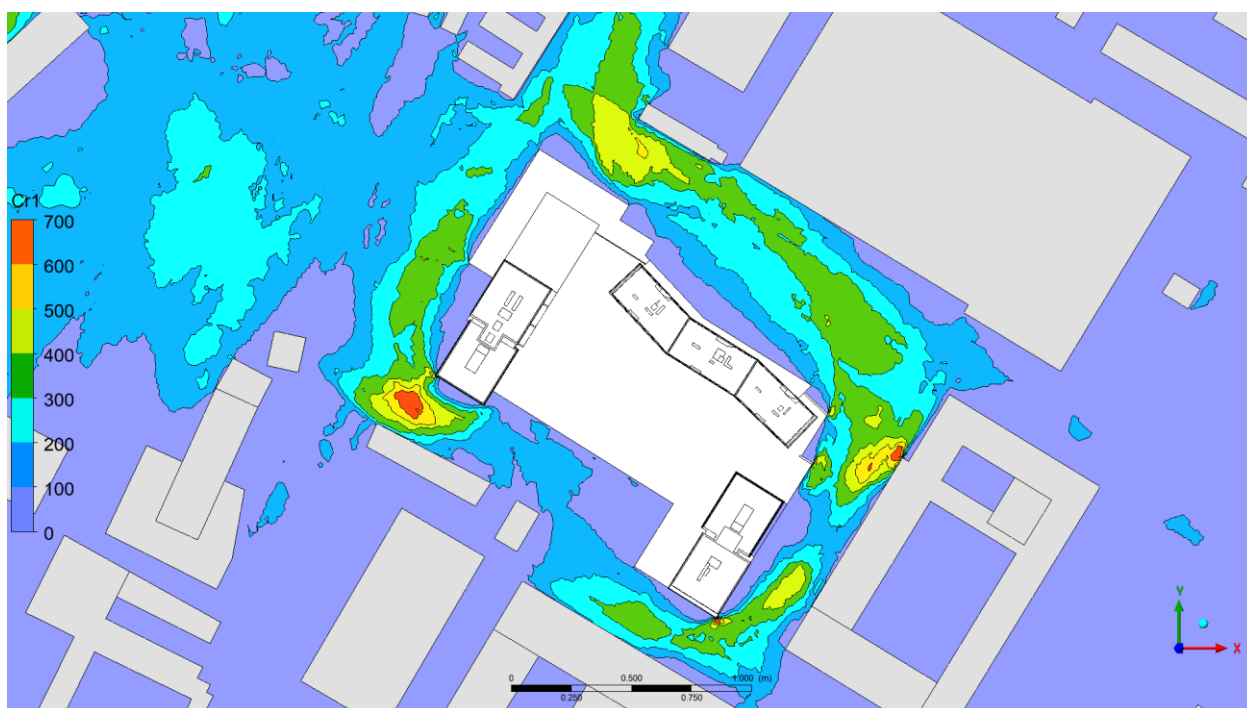


Рис. 1-й уровень пешеходной комфортности – превышение $V_{cr1}=6$ м/с не чаще $K_{cr1} = 1000$ часов в год в пешеходной зоне *вокруг Объекта*

Выводы и рекомендации

По результатам НИР «Комплексные аэродинамические исследования 3-х корпусов, на основе математического моделирования» в составе Проектной документации с техническим сопровождением и согласованием отчетно-технической документации в ГАУ «Мосгосэкспертиза» и получением положительного локального заключения объекта: «Многофункциональный жилой комплекс с подземной автостоянкой» по адресу: г. Москва, ул. Архитектора Власова, уч.57 и ул. Профсоюзная, вл.78-А., можно сформулировать следующие выводы и рекомендации:

1. На основе анализа и обобщения исходных данных разработана и верифицирована расчетная трехмерная математическая (численная) аэродинамическая модель Объекта с учетом окружающем застройки в радиусе 750м.

2. С использованием современных численных методов гидрогазодинамики, реализованных в программном комплексе ANSYS CFD (CFX) в комбинации с авторскими методиками, реализующими решение узкоспециализированных задач строительной аэродинамики, проведены многовариантные расчетные аэродинамические исследования Объекта при 24-х направлениях ветра (с шагом в 15° и заменой 30°, 120°, 210° и 270° на 32°, 122°, 212° и 272°). Направление 0° – соответствует северу, а 90° – востоку.

3. В результате проведенных расчетных исследований при 24-ех направлениях ветра с учетом существующей и перспективной окружающей застройки выявлены наиболее опасные и характерные направления ветра:

Для выявленных наиболее опасных направлений ветра даны поэтажные погонные ветровые нагрузки, рекомендуемые к применению в прочностных расчетах несущих конструкций.

4. В результате проведенных расчетных аэродинамических исследований пиковых ветровых давлений при 24-х направлении ветра с учетом существующей и перспективной окружающей застройки выявлены максимальные по модулю положительные и отрицательные пиковые ветровые давления на ограждающие конструкции Объекта.

5. По результатам критериального анализа ветровой пешеходной комфортности и оценки средневзвешенного коэффициента усиления средней скорости ветра на основе математического (численного) моделирования пешеходной комфортности Объекта при 24-х направлениях ветра с учетом существующей и перспективной окружающей застройки выявлено следующее:

- из-за плотной окружающей застройки Объекта, особенно благодаря достаточному экранированию с запада и юго-запада, которые являются преобладающими направлениями ветра в городе, пешеходная комфортность соблюдается на большой площади пешеходных зон стилобатной части Объекта и полностью соблюдается на территории вокруг Объекта.

В целях улучшения ветровой комфортности в зонах между первым и вторым, а также вторым и третьим корпусами рекомендуется предусмотреть наличие на *Стилобатной части* комплекса стандартных ветрозащитных мероприятия (зеленые насаждения и малые архитектурные формы).