

# Научно-исследовательский центр **СтаДиО**

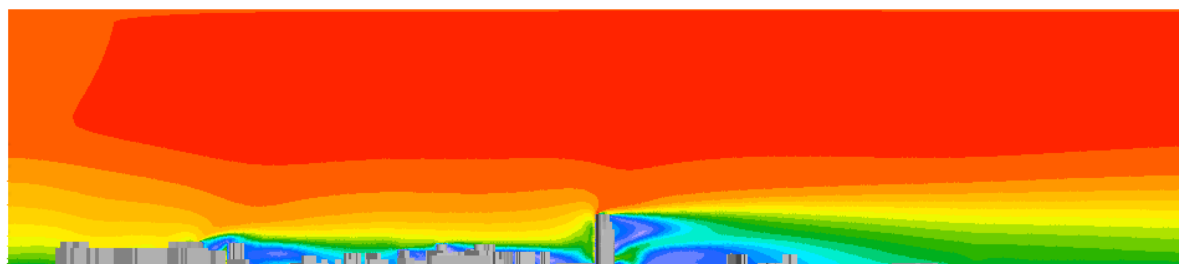
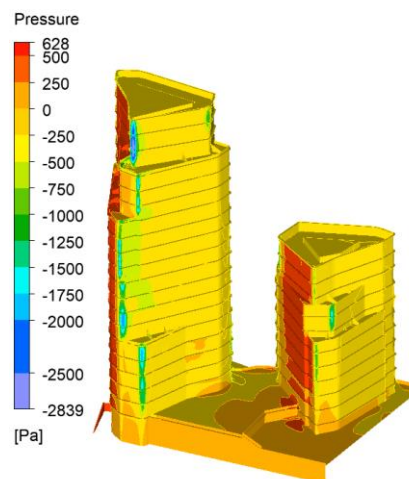
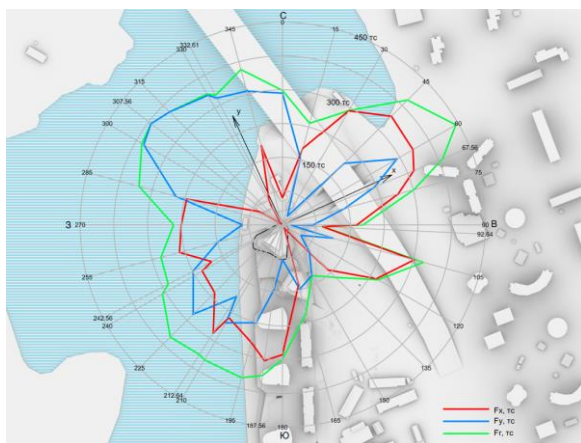
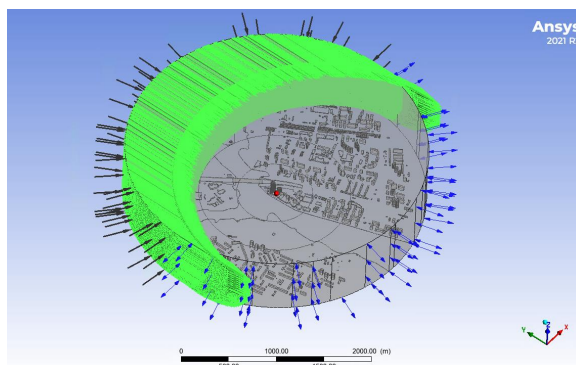
Свидетельство СРО «АПОЭК» - Ассоциации «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов»  
Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

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

## Научно-технический отчет "Разработка документации стадии «Проект» раздел «Моделирование ветровых нагрузок»"

для объекта

**Многофункциональный комплекс с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Ленинградское шоссе, вл. 69, 3-й этап строительства**



## 1. Исходные данные. Постановка задач

### Постановке 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 средних, пульсационных и суммарной составляющих ветровой нагрузки на несущие конструкции для исследуемых направлений ветра.
- 5) определение распределения пикового (минимального и максимального) ветрового давления на ограждающие (фасадные) конструкции Объекта.
- 6) проведение критериального анализа ветровой комфортности пешеходных зон на участке строительства, включая эксплуатируемые поверхности стилобата и корпусов Объекта

### Площадка строительства, рельеф и застройка объекта

Участок строительства расположен в Левобережном районе Северного округа Москвы. Общая площадь участка ЖК «Акватория», включающего 3 строящихся корпуса и 2 проектируемых, рассматриваемых в настоящем исследовании, составляет порядка 5 га. С востока участок выходит к Ленинградскому шоссе, к северу от участка находятся Ленинградский автомобильный мост. На западе участок граничит с набережной канала имени Москвы, с южной стороны – с плотной городской застройкой.

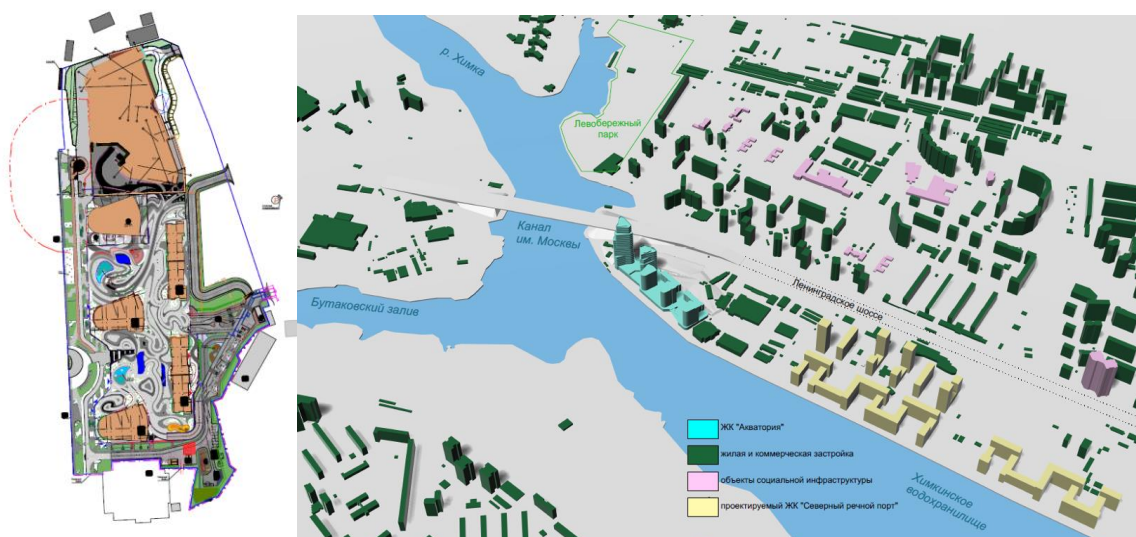


Рис. Генеральный план Объекта. Расположение участка строительства относительно существующей планируемой застройки и инфраструктуры района

Проектируемый Объект окружен городской застройкой неравномерной плотностью за счет близости к водоёму. Корпус А (39 этажей) Объекта является наиболее высоким зданием в радиусе 1.5 км вокруг Объекта. Ближайшие к Объекту постройки не превышают 25 этажей. Лучше всего Объект экранируется застройкой с востока и юго-востока. С южной стороны Объект будет экранироваться проектируемым вдоль набережной ЖК «Северный

речной порт» с этажностью корпусов от 12 до 32 этажей. Аэродинамические расчеты проводились с учетом окружающей застройки в радиусе 1500 м от Объекта.

### Краткая характеристика Объекта

Наземная часть Объекта представляет собой два жилых корпуса (далее корпус А и корпус Б) поставленных на общий стилобат, совмещенный со стилобатной частью корпусов первых очередей строительства ЖК. Таким образом, пешеходная зона Стилобата является общей для всего комплекса. Подземная часть состоит из трех подземных этажей.

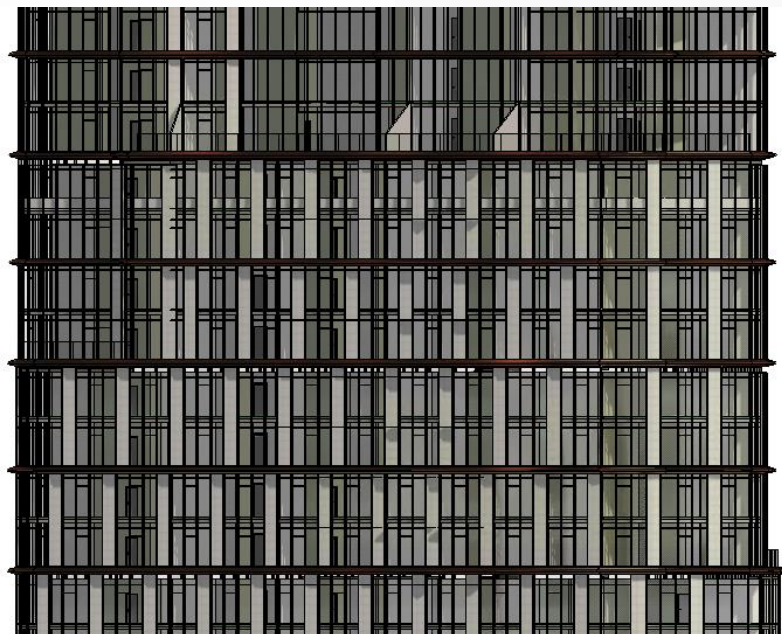
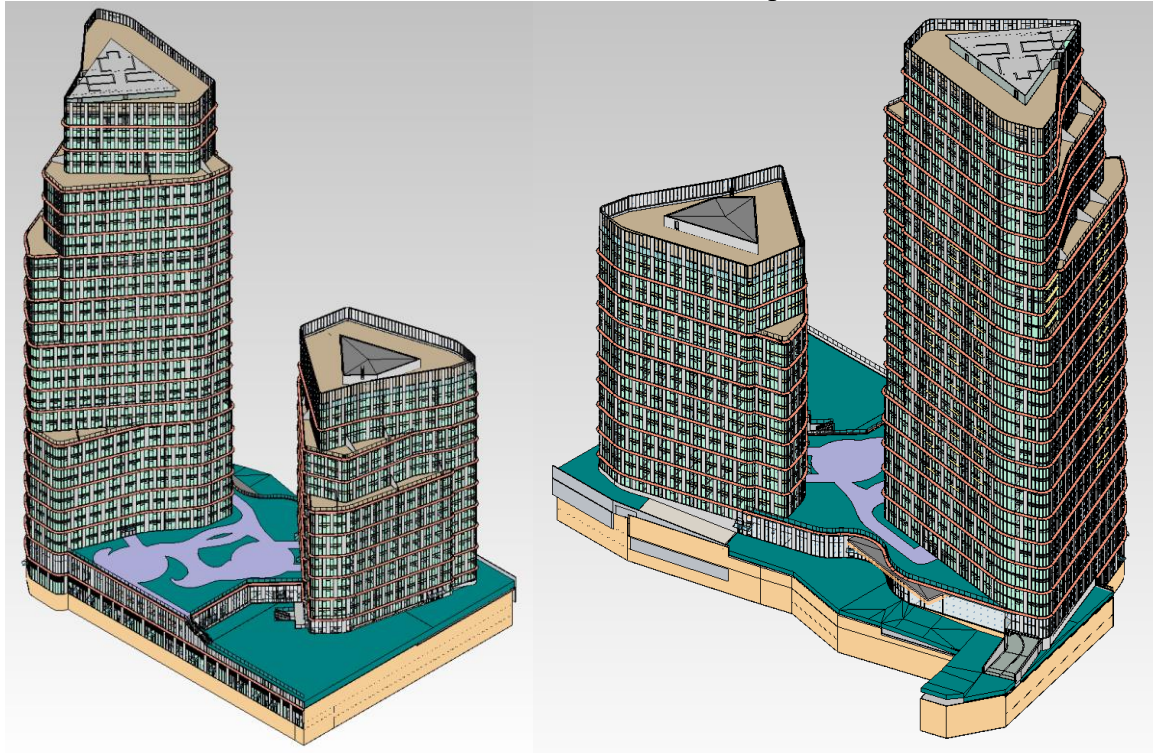


Рис. Геометрическая модель в формате rvt, предоставленная заказчиком, Элементы фасада Корпуса А

## 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 юго-востока



Рис. Геометрическая модель. Вид вблизи Объекта

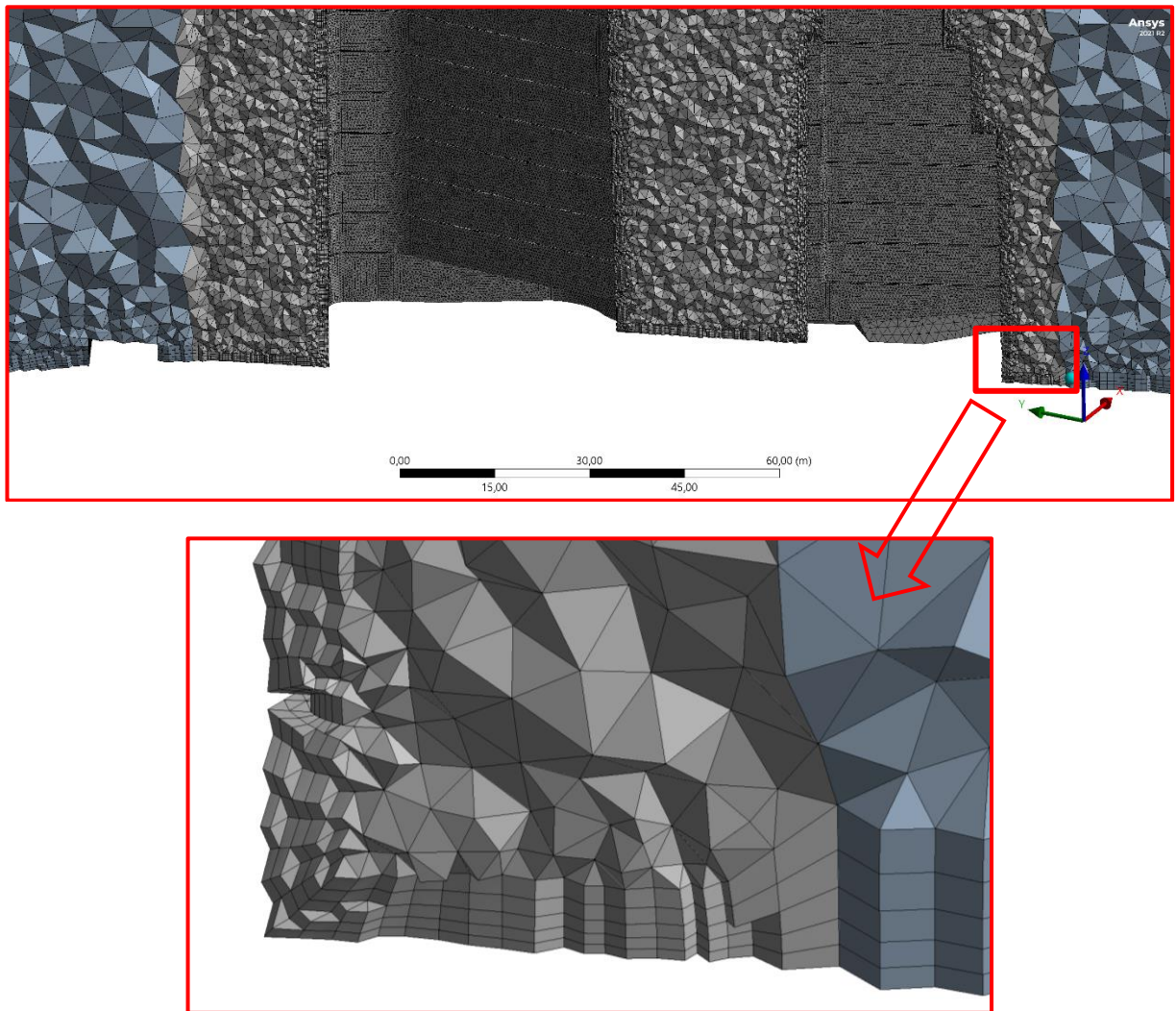


Рис. Разрез конечнообъемной модели.

### Граничные условия

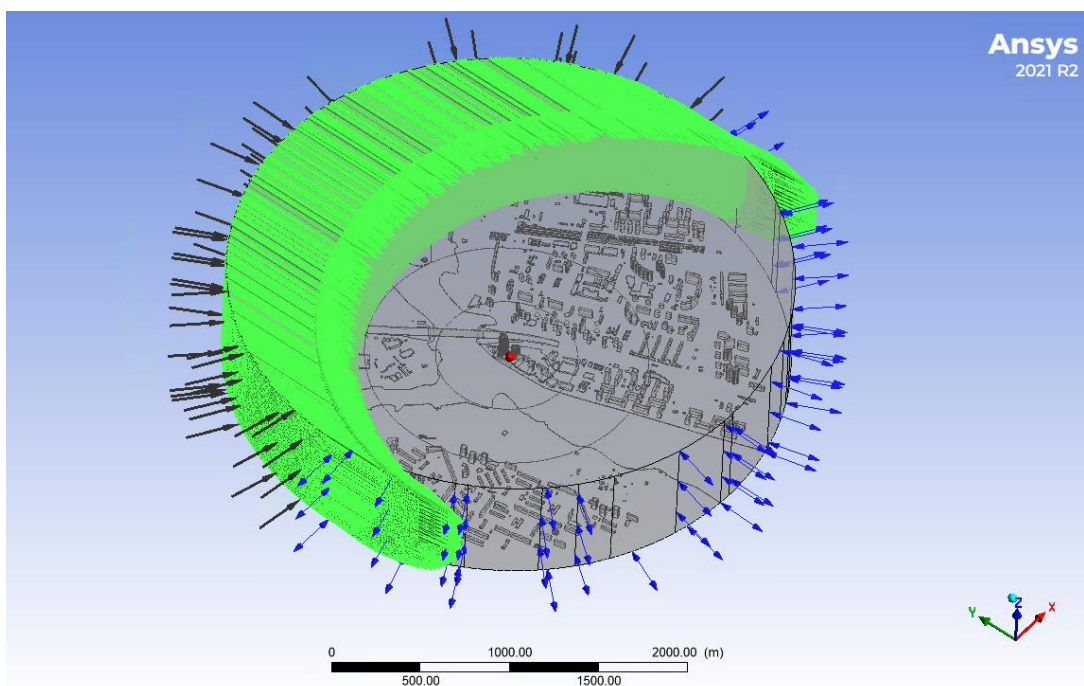


Рис. Расчетная область модели 1 (ANSYS CFX) Угол атаки 0°

## 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  $0^\circ$  до  $345^\circ$  с шагом  $15^\circ$ ), а также для 7 дополнительных направлений ветра с углами, которые соответствуют перпендикулярам к плоскостям фасадов корпусов комплекса.

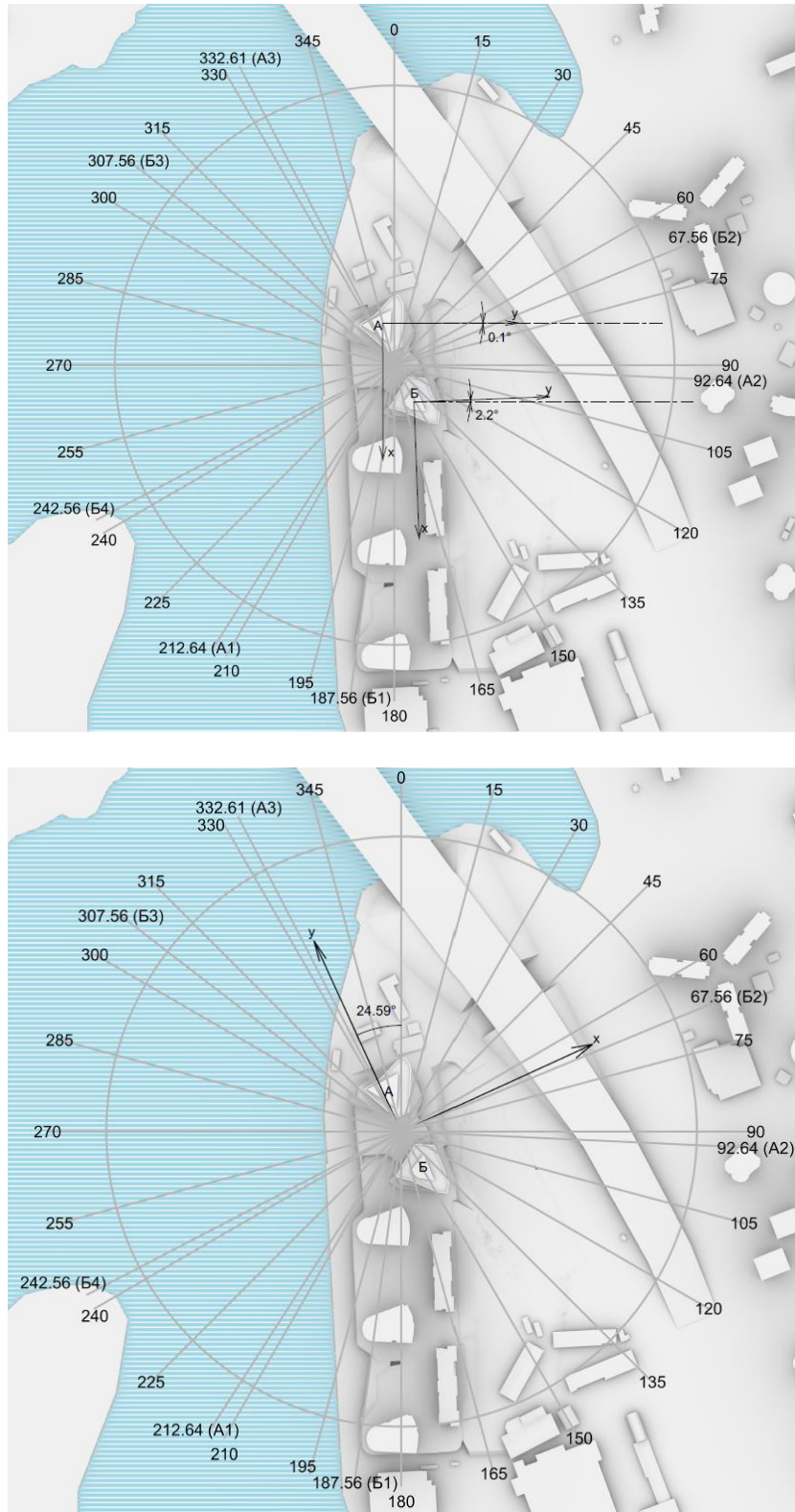


Рис. Исследуемые направления ветра. В скобках у направлений указаны фасады, перпендикулярные этим направлениям ветра (компонента фасада Б4 включает в себя только этажи с 12 по 16)

### 3. Определение ветровых нагрузок

#### Форма представления и номенклатура результатов

В данном разделе приведены основные результаты выполненных расчетных исследований по определению ветровых нагрузок на несущие и ограждающие конструкции комплекса.

Начало координат для каждого из корпусов находится в геометрическом центре контуров последних этажей. Для корпуса А Оси X и Y повернуты относительно глобальных координат на  $87.8^\circ$  по часовой стрелке, для корпуса Б – на  $89.9^\circ$  по часовой стрелке, для стилобата – на  $24.59^\circ$

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

Положительному значению ветровых нагрузок  $F_X$ ,  $F_Y$ ,  $f_x$ ,  $f_y$  соответствует направление, сонаправленное соответствующей координатной оси, а отрицательному – противоположно направленное соответствующей оси.

Положительному значению ветровых нагрузок  $M_X$ ,  $M_Y$ ,  $M_Z$ ,  $f_t$  соответствует вращение против часовой стрелки соответствующей координатной оси, если смотреть с конца оси, а отрицательному – по часовой стрелке.

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 отчете о НИР.

#### Ветровые нагрузки на несущие конструкции

В разделе были представлены следующие материалы:

- средние *интегральные* (на весь Корпус) ветровые нагрузки ( $F_{XAVG}$ ,  $F_{YAVG}$ , кН), пульсационные компоненты ветровых нагрузок ( $F_X PULS$ ,  $F_Y PULS$ , кН), суммарные компоненты ветровых нагрузок ( $F_X SUM$ ,  $F_Y SUM$ , кН) на несущие конструкции каждого *Корпуса* в координатных осях Объекта и векторная сумма нагрузки ( $F_R$ , кН) для 31-го направления в табличном виде (табл. 5.1) и в форме графиков;

- *интегральные* опрокидывающие и крутящий моменты силы ( $M_X$ ,  $M_Y$ ,  $M_Z$ , кН·м) от действия ветровых нагрузок вокруг осей X, Y и Z в системе координат Объекта представлены в табличном виде и в форме графиков;

- средние *интегральные* ветровые нагрузки ( $F_X$ ,  $F_Y$ , тс) на несущие конструкции *Стилобата* в координатных осях Объекта и векторная сумма нагрузки ( $F_R$ , тс) для 31-го направления представлены в табличном виде и в форме графика;

- средняя, пульсационная и суммарная составляющие погонных поэтажных нагрузок  $f_x$ ,  $f_y$  и  $f_t$ , направленных вдоль осей корпусов А и Б, для наиболее опасных направлений ветра в табличном виде;

- средняя, пульсационная и суммарная составляющие погонных поэтажных нагрузок  $f_x$  и  $f_y$ , направленных вдоль осей Стилобата, для наиболее опасных направлений ветра в табличном виде.

Здесь представлен пример результатов для Корпуса Б

Таблица Компоненты ветровых нагрузок в осях Объекта для корпусов А и Б.  
Оранжевым выделены направления ветра, при которых реализуются наиболее нагруженные состояния несущих конструкций

Угол, °	Корпус Б						
	$F_x$ avg [кН]	$F_y$ avg [кН]	$F_x$ puls [кН]	$F_y$ puls [кН]	$F_x$ sum [кН]	$F_y$ sum [кН]	$F_R$ [кН]
<b>0</b>	100	-238	188	-435	288	-673	732
<b>15</b>	264	-603	242	-691	506	-1294	1389
<b>30</b>	352	-770	298	-819	651	-1589	1717
<b>45</b>	324	-1141	305	-1208	629	-2349	2432
<b>60</b>	243	-1069	245	-1279	489	-2348	2398
<b>67.56</b>	205	-1004	230	-1264	435	-2268	2309
<b>75</b>	202	-875	227	-1116	429	-1992	2037
<b>90</b>	-33	-453	-24	-537	-57	-990	992
<b>92.64</b>	-16	-269	100	-318	84	-588	594
<b>105</b>	86	-1125	299	-1252	385	-2378	2409
<b>120</b>	-206	-653	-165	-768	-371	-1421	1469
<b>135</b>	-107	-337	-89	-399	-197	-736	762
<b>150</b>	-654	121	-718	192	-1372	313	1407
<b>165</b>	-431	318	-536	373	-967	692	1189
<b>180</b>	-505	253	-519	216	-1025	469	1127
<b>187.56</b>	-289	482	-217	444	-505	925	1054
<b>195</b>	-965	634	-887	529	-1853	1163	2188
<b>210</b>	-980	873	-807	797	-1787	1671	2446
<b>212.64</b>	-979	1029	-774	870	-1752	1899	2584
<b>225</b>	-859	1018	-697	973	-1556	1991	2527
<b>240</b>	-374	827	-348	810	-721	1637	1789
<b>242.56</b>	-439	882	-391	848	-829	1730	1919
<b>255</b>	-77	827	-5	906	-82	1732	1734
<b>270</b>	32	548	123	450	155	997	1009
<b>285</b>	340	868	465	708	805	1577	1770
<b>300</b>	466	777	547	638	1013	1416	1741
<b>307.56</b>	580	714	614	663	1195	1377	1823
<b>315</b>	564	572	656	565	1220	1137	1668
<b>330</b>	74	184	199	93	274	277	389
<b>332.61</b>	-28	-48	10	-56	-18	-103	105
<b>345</b>	22	37	9	-111	31	-74	80



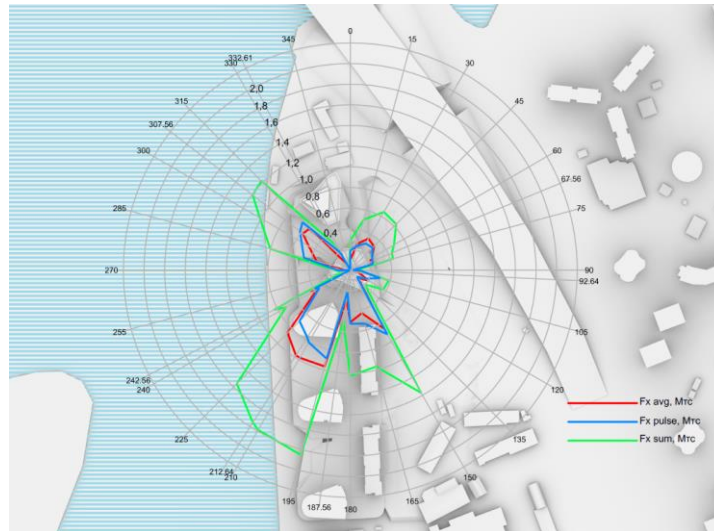


Рис. Компоненты ветровых нагрузок ( $F_{XAVG}$ ,  $F_{XPULS}$ ,  $F_{XSUM}$ , [тс]) в проекции на ось X для корпуса Б

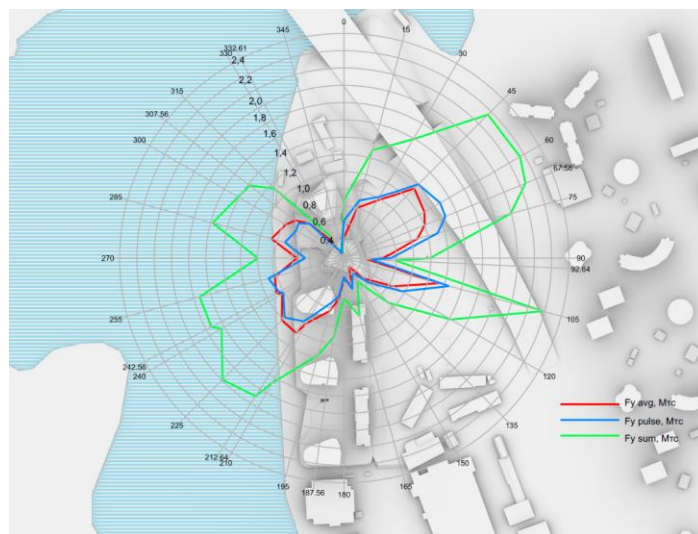


Рис. Компоненты ветровых нагрузок ( $F_{YAVG}$ ,  $F_{YPULS}$ ,  $F_{YSUM}$ , [тс]) в проекции на ось Y для корпуса Б

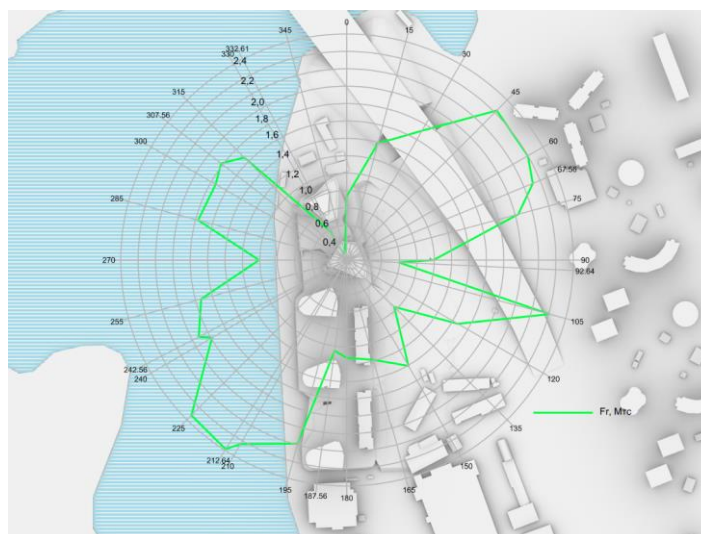


Рис. Векторная сумма ветровой нагрузки ( $F_R$ , [тс]) на корпус А

Таблица Интегральные расчетные опрокидывающие моменты ( $M_X$ ,  $M_Y$ ) и крутящий момент ( $M_Z$ ) на корпуса А и Б в зависимости от направления ветра.

Угол, °	Корпус Б		
	$M_x$ , МН·м	$M_y$ , МН·м	$M_z$ , МН·м
0	11	5	8
15	30	14	7
30	41	19	7
45	63	17	5
60	62	13	3
67.56	58	11	2
75	49	12	-2
90	23	0	2
92.64	15	0	-1
105	59	6	-4
120	34	-11	-1
135	17	-7	0
150	-7	-37	5
165	-18	-27	4
180	-13	-32	3
187.56	-22	-14	2
195	-30	-58	1
210	-43	-59	2
212.64	-51	-57	2
225	-52	-49	2
240	-43	-20	3
242.56	-45	-23	3
255	-42	-4	4
270	-27	3	5
285	-42	20	9
300	-38	27	8
307.56	-35	32	8
315	-27	30	8
330	-4	2	5
332.61	5	-5	3
345	-2	-1	6



Рис. Опрокидывающие моменты ( $M_x$ ,  $M_y$ ) (а) и крутящий момент ( $M_z$ ) (б), действующие на здание, МН\*м. (значения приведены по модулю)

Таблица. Погонные поэтажные нагрузки  $f_x, f_y$  и  $f_z$ , (средняя составляющая) действующие на корпус Б

Угол атаки:	45°			60°			105°			195°			212.64°			307.56°		
Перекрытие	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$
1-го этажа	70	-116	19	51	-96	12	-9	-130	14	1	159	14	-3	185	21	41	112	33
2-го этажа	126	-215	45	94	-177	25	-29	-270	43	-68	288	49	-39	334	72	32	200	64
3-го этажа	124	-226	58	91	-178	33	-33	-291	31	-159	200	68	-138	314	114	48	220	87
4-го этажа	101	-198	65	62	-145	37	-29	-266	12	-146	167	68	-201	284	93	76	215	99
5-го этажа	89	-215	74	54	-155	46	-22	-286	12	-174	199	74	-231	316	87	81	230	132
6-го этажа	75	-226	70	34	-161	46	-10	-276	0	-207	171	43	-248	281	64	109	229	152
7-го этажа	62	-253	80	25	-182	54	-5	-304	-3	-226	199	24	-275	314	60	136	249	182
8-го этажа	55	-276	74	14	-206	52	10	-305	-15	-226	174	18	-251	283	43	156	236	184
9-го этажа	45	-311	87	7	-236	63	14	-337	-20	-251	191	22	-265	312	51	191	263	214
10-го этажа	51	-328	81	10	-267	57	25	-341	-33	-223	176	15	-237	283	38	196	242	205
11-го этажа	54	-366	101	17	-304	72	26	-370	-47	-211	194	12	-233	315	24	235	277	233
12-го этажа	68	-360	105	38	-324	76	21	-345	-72	-119	139	-11	-166	248	-2	227	298	220
13-го этажа	84	-396	152	56	-353	121	50	-324	-94	-309	139	12	-337	217	-8	266	365	188
14-го этажа	74	-402	134	52	-373	107	78	-303	-87	-239	109	1	-292	179	-22	267	347	173
15-го этажа	96	-509	176	69	-479	149	111	-374	-110	-383	149	-26	-370	228	-17	347	428	202
16-го этажа	109	-594	203	85	-596	174	96	-433	-132	-406	167	-34	-373	276	1	367	390	177
17-го этажа	213	-571	80	207	-574	29	100	-488	-251	-591	258	-76	-529	414	-37	339	282	92
18-го этажа	142	-510	68	142	-541	18	69	-408	-234	-569	250	-18	-547	339	6	258	233	87
19-го этажа	176	-586	76	175	-642	12	72	-467	-263	-687	276	-13	-662	383	11	234	255	87
20-го этажа	157	-484	59	159	-563	-6	56	-404	-213	-658	225	2	-599	334	16	177	229	62
21-го этажа	161	-480	43	149	-601	-34	55	-446	-195	-770	231	8	-650	375	19	194	244	65

Таблица. Погонные поэтажные нагрузки  $f_{puls,x}, f_{puls,y}$  и  $f_{puls,z}$  (пульсационная составляющая) действующие на корпус Б

Угол атаки:	45°			60°			105°			195°			212.64°			307.56°		
Перекрытие	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$	$f_x, \text{Н/м}$	$f_y, \text{Н/м}$	$f_z, \text{Н/м}$
1-го этажа	2	-14	2	2	-14	2	42	-8	5	12	13	2	39	8	5	23	40	13
2-го этажа	14	-48	8	14	-48	6	87	-40	15	34	18	6	117	7	25	82	86	37
3-го этажа	19	-68	16	19	-68	12	67	-57	9	90	75	31	105	19	36	103	87	52
4-го этажа	40	-80	30	40	-80	21	62	-83	5	122	80	44	91	7	24	118	120	73
5-го этажа	58	-68	33	58	-68	25	47	-74	4	74	45	24	72	-10	16	98	125	86
6-го этажа	85	-77	40	85	-77	32	44	-107	0	72	41	13	60	-18	11	99	150	108
7-го этажа	92	-54	38	92	-54	31	28	-91	1	39	41	5	72	-12	11	74	162	114
8-го этажа	124	-73	43	124	-73	36	29	-126	6	13	37	2	69	-22	8	68	174	121
9-го этажа	122	-46	41	122	-46	35	19	-109	7	-5	57	4	60	-3	8	50	180	123
10-го этажа	157	-63	42	157	-63	36	28	-137	14	-20	57	3	41	0	4	50	187	127
11-го этажа	143	-34	43	143	-34	35	20	-122	16	-54	62	3	14	28	2	37	200	130
12-го этажа	170	-51	46	170	-51	36	38	-163	33	-106	39	3	-35	52	1	44	212	126
13-го этажа	196	-46	68	196	-46	57	16	-165	45	-109	41	9	-69	76	4	12	215	97

Угол атаки:	45°			60°			105°			195°			212.64°			307.56°		
Перекрытие	$f_x$ , 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	$f_x$ , 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
14-го этажа	205	-77	58	205	-77	57	3	-160	43	-75	32	4	-79	69	1	-43	218	88
15-го этажа	222	-67	64	222	-67	64	-12	-173	47	-93	38	2	-102	82	4	-12	243	85
16-го этажа	302	-125	85	302	-125	84	12	-263	70	-57	10	3	-125	60	7	15	229	62
17-го этажа	190	-98	31	190	-98	10	6	-233	117	-136	64	18	-140	61	8	53	235	50
18-го этажа	196	-77	29	196	-77	7	19	-203	116	-160	101	6	-132	94	1	71	226	59
19-го этажа	221	-77	28	221	-77	4	42	-209	118	-177	131	4	-142	122	3	126	216	63
20-го этажа	228	-84	25	228	-84	3	57	-191	104	-157	146	1	-147	123	5	154	209	56
21-го этажа	265	-51	23	290	-94	17	75	-205	95	-150	171	2	-150	171	5	143	212	54

Таблица. Погонные поэтажные нагрузки  $f_{sum,x}$ ,  $f_{sum,y}$  и  $f_{sum,z}$ , (суммарные) действующие на корпус Б

Угол атаки:	45°			60°			105°			195°			212.64°			307.56°		
Перекрытие	$f_x$ , 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	$f_x$ , 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-го этажа	52	-82	2	52	-82	2	-51	-122	6	14	171	2	-42	193	6	64	151	17
2-го этажа	108	-130	10	108	-130	8	-116	-230	21	-103	306	7	-156	341	33	114	286	59
3-го этажа	111	-110	20	111	-110	16	-100	-235	12	-248	275	46	-244	333	47	151	307	83
4-го этажа	103	-65	45	103	-65	33	-91	-183	7	-268	247	74	-292	291	31	194	335	127
5-го этажа	112	-88	48	112	-88	39	-69	-212	5	-248	244	32	-304	307	19	180	355	142
6-го этажа	119	-84	62	119	-84	54	-54	-169	0	-279	212	17	-308	263	12	207	379	184
7-го этажа	117	-127	57	117	-127	50	-33	-212	1	-265	240	5	-347	301	12	210	410	186
8-го этажа	138	-134	67	138	-134	61	39	-179	9	-239	211	3	-320	262	10	224	410	200
9-го этажа	129	-190	61	129	-190	54	33	-228	9	-247	248	5	-325	309	9	241	443	194
10-го этажа	167	-204	63	167	-204	59	53	-204	19	-203	233	4	-279	284	5	245	430	206
11-го этажа	160	-271	60	160	-271	52	47	-247	21	-157	256	4	-247	343	2	273	476	203
12-го этажа	210	-307	67	210	-307	54	60	-218	47	-20	214	5	-141	351	1	284	491	200
13-го этажа	251	-358	100	251	-358	85	66	-238	64	-199	257	12	-268	419	5	277	441	156
14-го этажа	257	-322	83	257	-322	88	81	-238	60	-165	179	6	-213	364	1	224	410	147
15-го этажа	291	-448	87	291	-448	93	99	-323	63	-291	231	2	-269	453	5	335	484	133
16-го этажа	395	-541	120	395	-541	124	117	-294	103	-387	164	3	-283	473	8	417	513	91
17-го этажа	397	-476	44	397	-476	14	106	-255	173	-455	323	22	-389	475	10	392	517	78
18-го этажа	338	-465	41	338	-465	9	88	-205	173	-409	351	7	-416	433	2	330	458	100
19-го этажа	396	-565	38	396	-565	6	114	-258	172	-510	407	5	-520	505	3	360	471	108
20-го этажа	387	-479	36	387	-479	4	113	-213	155	-501	371	1	-452	457	6	331	438	106
21-го этажа	426	-429	35	439	-506	25	130	-241	141	-620	402	3	-620	402	7	336	456	98

## Пиковые ветровые давления на ограждающие конструкции

В таблице 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. представлены диаграммы поэтажных огибающих минимального и максимального значений ветровых давлений для *Корпусов А* и *Б*. Эта же данные в табличном виде в табл.

На рис. в графическом виде представлены изополя верхней огибающей максимальных значений ветрового давления и нижней огибающей минимальных значений ветрового давления для *Корпусов А, Б* и стилобатной части *Объекта*.

Изополя верхней огибающей ветрового давления следует использовать в расчетах фасадных конструкций в качестве пиковых положительных  $w_+$  ветровых воздействий.

Изополя нижней огибающей ветрового давления следует использовать в расчетах фасадных конструкций в качестве пиковых отрицательных  $w_-$  ветровых воздействий.

Таблица. Поэтажные огибающие минимального и максимального ветрового давления на ограждающие (фасадные) конструкции *Корпуса Б*.

Этаж	$P_{max}$ , Па	$ANG(P_{max})$ , °	$P_{min}$ , Па	$ANG(P_{min})$ , °
1	631	0	-1934	285
2	648	0	-2008	285
3	678	0	-2042	225
4	701	0	-2086	212.64
5	733	0	-2172	255
6	750	0	-2346	330
7	781	0	-2554	330
8	798	0	-2646	330
9	829	0	-2772	330
10	841	0	-2732	330
11	877	0	-2564	315
12	937	195	-2206	105
13	921	0	-2701	307.56
14	923	0	-2753	307.56
15	939	0	-2776	307.56
16	988	195	-2984	15
17	923	225	-3989	45
18	942	225	-4170	45
19	969	225	-4069	45

$ANG(P_{max})$ ,  $ANG(P_{min})$  – углы атаки ветра, при котором реализуется максимальная (минимальная) огибающая ветрового давления

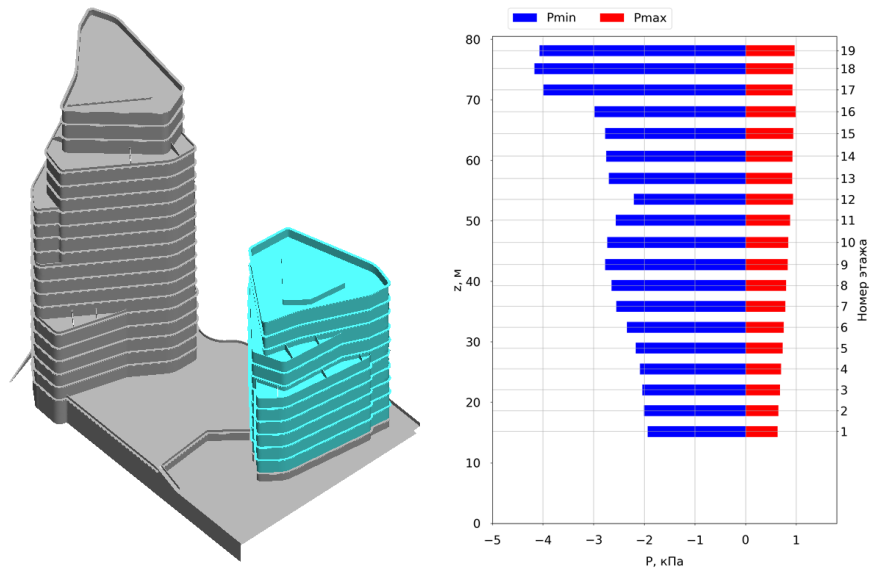


Рис. Поэтажные огибающие минимального ( $P_{min}$ ) и максимального ( $P_{max}$ ) значений давления (кПа) на ограждающие (фасадные) конструкции Корпуса Б с учетом всех направлений ветра.

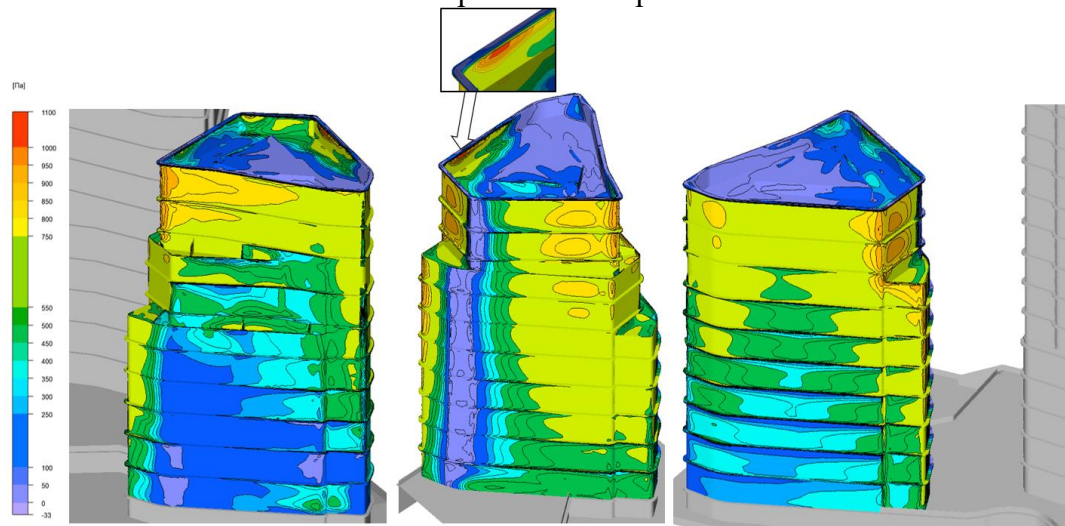


Рис. Верхняя огибающая максимальных значений ветрового давления (Па) на ограждающие (фасадные) конструкции Корпуса Б.

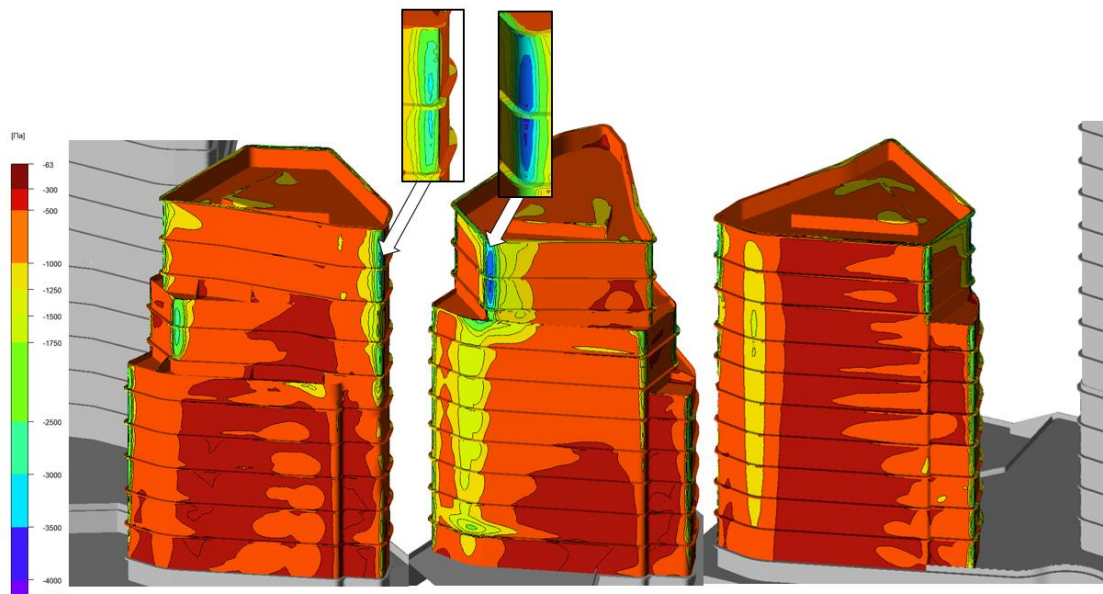


Рис. Нижняя огибающая минимальных значений ветрового давления (Па) на ограждающие (фасадные) конструкции Корпуса Б.

#### 4. Анализ пешеходной комфортности

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

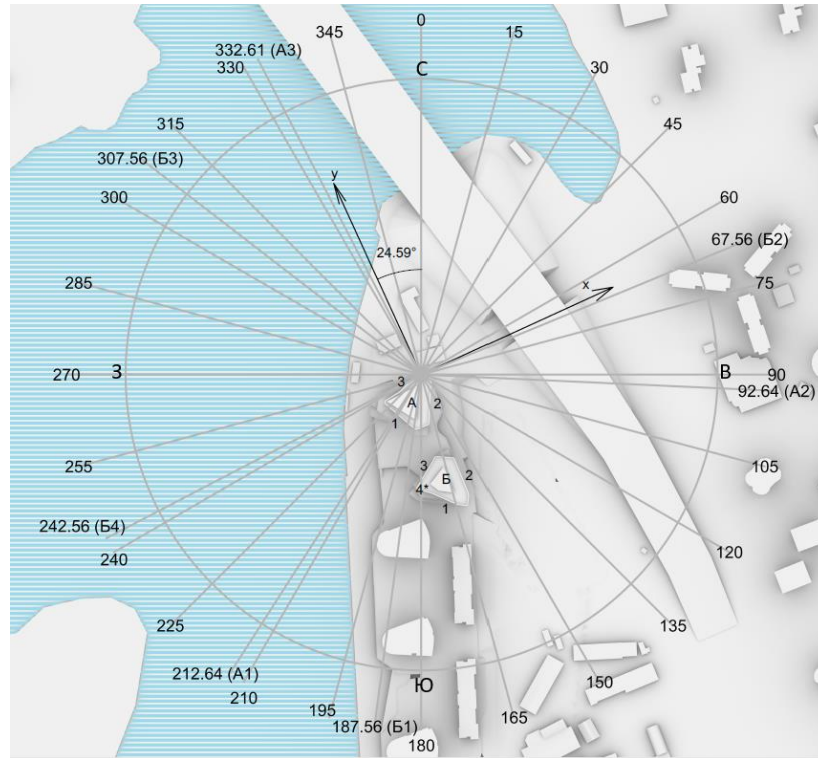


Рис. Исследуемые направления ветра. В скобках у направлений указаны фасады, перпендикулярные этим направлениям ветра

Полученные результаты были 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. 4.7) для 8-х характерных направлений ветра ( $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ , рис. 6.1-6.8);

- 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 ( $K_{cr1}, K_{cr2}, K_{cr3}$ );

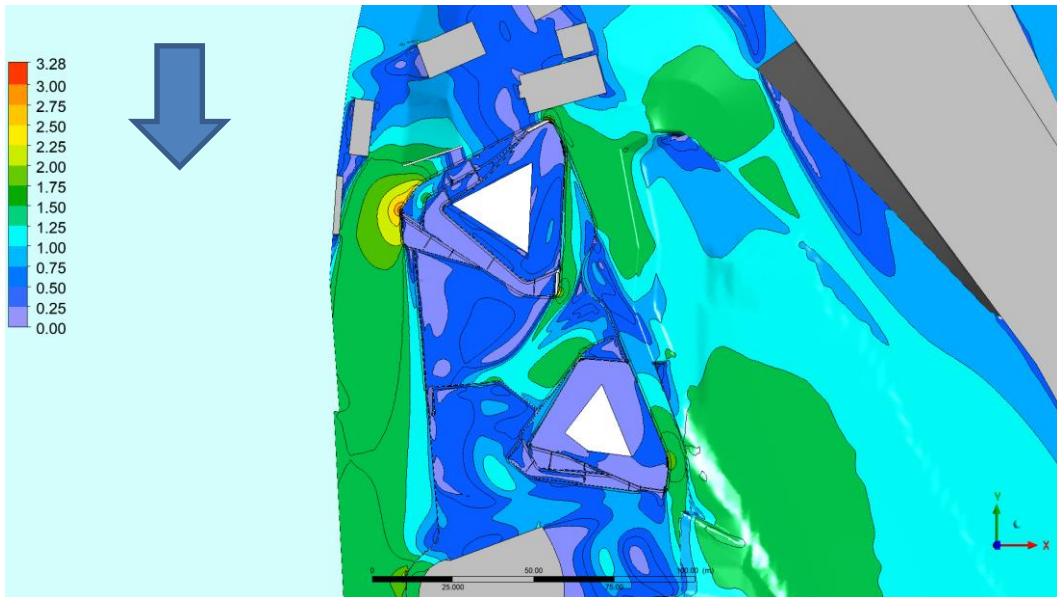


Рис. Коэффициенты усиления средней скорости ветра в пешеходной зоне.  
Угол атаки ветра  $\theta^\circ$  (северный)

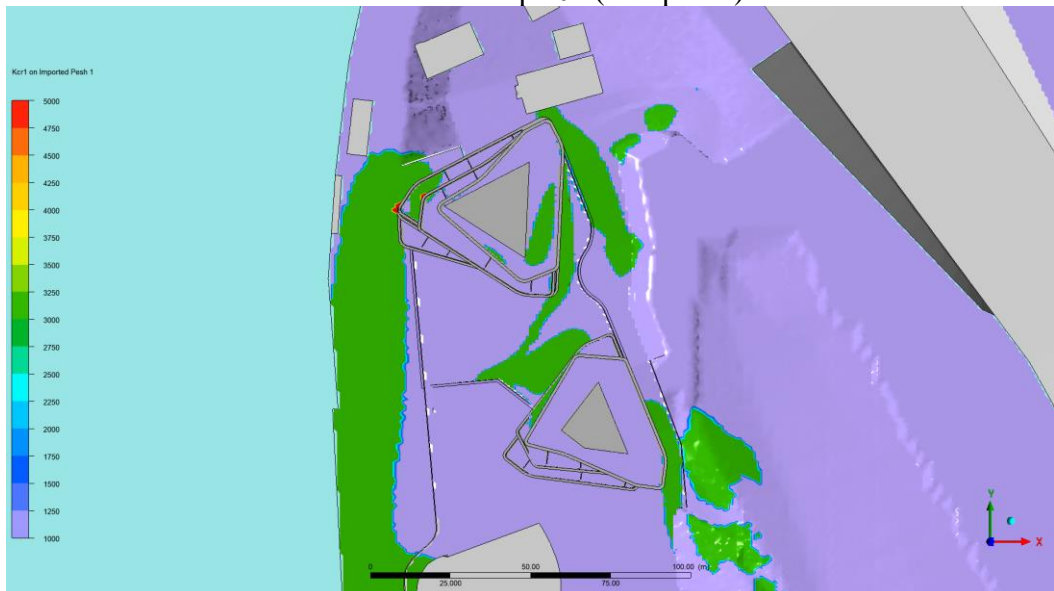


Рис. 1-й уровень пешеходной комфортности – превышение  $V_{cr1}=6$  м/с  
не чаще  $K_{cr1}=1000$  часов в год в пешеходной зоне



## Выводы и рекомендации

По результатам НИР "Разработка документации стадии «Проект» раздел «Моделирование ветровых нагрузок»" для объекта «Многофункциональный комплекс с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, Ленинградское шоссе, вл. 69, 3-й этап строительства», можно сформулировать следующие выводы и рекомендации:

1. На основе анализа и обобщения исходных данных разработана и верифицирована расчетная трехмерная численная аэродинамическая модель Объекта с учетом окружающем застройки, элементов инфраструктуры и рельефа.

2. С использованием современных численных методов гидрогазодинамики, реализованных в программном комплексе ANSYS CFD (CFX), и разработанной методики определения пульсационной составляющей и пиковых значений давления на основе трехмерной стационарной постановки проведены многовариантные расчетные исследования ветровой аэродинамики Объекта при 31-м направлении ветра: 24 направления идут от 0° до 345° с шагом 15° (0° соответствует северу, 180° - югу) и 7 дополнительных направлений, соответствующих перпендикулярам к основным плоскостям фасадов корпусов комплекса

Определены шесть наиболее опасных направлений ветра, *рекомендуемых* к учету в прочностных расчетах. Соответствующие значения расчетных ветровых нагрузок приведен в отчете о НИР.

3. По результатам расчетов пиковых ветровых нагрузок на ограждающие (фасадные) конструкции выявлены максимальные положительные пиковые ветровые давления и максимальные по модулю отрицательные пиковые ветровые давления на ограждающие конструкции Корпусов и Стилобата.

4. По результатам критериального анализа ветровой пешеходной комфортности и оценки средневзвешенного коэффициента усиления средней скорости ветра определены наиболее неблагоприятные зоны со значительными превышениями критериев комфортности, для которых рекомендовано предусмотреть ветрозащитные мероприятия.

В целях улучшения ветровой комфортности пешеходных зон рекомендуется предусмотреть наличие на *Стилобатной части* комплекса и вдоль пешеходных зон набережной к западу от *Объекта* стандартные ветрозащитные мероприятия (плотные зеленые насаждения и малые архитектурные формы).