



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»
(МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА)

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА
(НИИ МЕХАНИКИ МГУ)

УДК 691.539.216; 532.516:4

№ регистрации

Дата регистрации

Инв. №

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор НИИ механики МГУ
профессор РАН



Ю.М. Окунев

2021 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

(заключительный)

по теме:

Комплекс экспериментальных (в аэродинамической трубе)
и компьютерных исследований с разработкой рекомендаций
по назначению расчетных ветровых нагрузок на корпуса объекта
«Многофункциональный гостиничный комплекс с подземной автостоянкой»
по адресу: г. Москва, проспект Мира, владение 222/2

по Договору № ГКО-650/21 (107-С33/2021) от 18.08.2021 г. с АО «ГК «ОСНОВА»

Руководитель работ:

зав. лаб. аэромеханики и
волновой динамики, к.ф-м.н.,
доцент, советник РААСН

С.В. Гувернюк

Москва 2021 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Гувернюк С.В., зав. лабораторией, к.ф-м.н., доцент, советник РААСН;

Синявин А.А., старший научный сотрудник, к.ф-м.н.;

Чулюнин А.Ю., старший научный сотрудник;

Зубков А.Ф., старший научный сотрудник, к.ф-м.н.;

Андронов П.Р., старший научный сотрудник, к.ф-м.н.;

Меснянкин С.Ю., ведущий инженер;

Ляшко Г.А., ведущий инженер.

РЕФЕРАТ

Отчет содержит: 96 стр., 35 рис., 30 табл., 26 источн., 4 прилож.

НОРМАТИВНЫЙ ВЕТЕР, АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ, ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА, АЭРОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПИКОВЫЕ НАГРУЗКИ

Объект исследования – проектируемый Многофункциональный гостиничный комплекс с подземной автостоянкой по адресу: г. Москва, проспект Мира, владение 222/2.

Цель исследования – разработка рекомендаций по назначению ветровых нагрузок, используемых при расчете несущих и ограждающих конструкций 4-х высотных корпусов в составе объекта, оценка уровней относительной ветровой комфортности на территории комплекса.

Метод исследования – комплексное аэрофизическое (экспериментальное) и математическое (компьютерное) моделирование обтекания воздушным потоком объекта с использованием специализированной аэродинамической трубы НИИ механики МГУ согласно методике ГОСТ Р 56728-2015 с учетом требований СП 20.13330.2011/2016.

Определены наиболее неблагоприятные распределения расчетных средних и пиковых значений знакопеременного ветрового давления на вертикальных фасадах корпусов объекта; даны оценки ветровой устойчивости высотных башен. Определены уровни относительной ветровой комфортности пешеходных зон на территории объекта. Разработаны рекомендации по назначению расчетных ветровых нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании несущих и ограждающих конструкций 4-х корпусов объекта.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

Термин	Обозначение, единица измерения	Определение	Примечание
Координата по высоте	z , м	Расстояние по вертикали от поверхности земли	Отсчитывается от уровня основания здания, $z > 0$
Атмосферное давление	p_a , Па	Параметры атмосферы	Определяются по ГОСТ 4401 для уровня на поверхности земли
Плотность воздуха	ρ , кг/м ³		
Динамический коэффициент вязкости	μ , Па·с		
Скорость нормативного ветра	U , м/с	Стационарная составляющая скорости горизонтального перемещения воздушных масс в ППС на высоте z	Возрастает с увеличением высоты z по степенному закону ГОСТ Р 56728-2015
Скоростной напор (ветровое давление)	q , Па	$q = 0,5\rho U^2$	-
Нормативное значение ветрового давления	w_0 , Па	Характерный уровень скоростного напора ветра	Назначается в зависимости от ветрового района независимо от типа местности (для условий Москвы $w_0=230$ Па)
Характерная скорость нормативного ветра	U_0 , м/с	$U_0 = (2w_0/\rho)^{0,5}$	Соответствует скоростному напору ветра $q=w_0$
Линейный масштаб профиля нормативного ветра	z_0 , м	Параметр нормативного ветра: высота $z=z_0$, на которой $q(z)=w_0$	ГОСТ Р 56728-2015
Показатель степени в формуле нормативного ветра	α , безразм.	Параметр степенного закона изменения нормативного ветра по высоте z	Зависит от типа местности, СП 20.13330.2016
Избыточное давление	Δp , Па	$\Delta p = p - p_a$	-
Ветровая нагрузка	w_m , Па	Стационарная составляющая избыточного давления на ограждающих конструкциях ($w_m = \overline{\Delta p}$)	Определяется для нормативного ветра
Аэродинамический коэффициент	c , безразм.	Сомножитель в выражении СП 20.13330 для определения w_m	Для простейших форм принимают по приложению «Д» в СП 20.13330.2011
Базовый (основной) аэродинамический коэффициент	C_m , безразм.	$C_m = \overline{\Delta p}/q(z_0)$, где z_0 – линейный масштаб нормативного ветра $q(z_0)=w_0$ (см. выше)	Универсальная характеристика ветрового воздействия, ГОСТ Р 56728-2015

Высота здания	h , м	Максимальная высота проектируемого сооружения	–
Коэффициент высоты	H , безразм.	$H = h / z_0$	Критерии подобия
Число Рейнольдса	Re , безразм.	$Re = \rho U_0 h / \mu$	
Коэффициент геометрического подобия	N , безразм.	Масштаб макета	
Высота уменьшенного макета здания	h_T , м	$h_T = h / N$	Используется при аэрофизическом моделировании
« h_q -фактор»	h_q , безразм.	$h_q = q(h_T) / q(h_T/2)$	Характеризует фактически реализованную неравномерность потока
x, y, z x_a, y_a, z_a	– связанная и поточная декартовы системы координат, м;		
e_x, e_y	– единичные орты вдоль горизонтальных осей x , усвязанной системы координат;		
w_m, w_p	– средняя и пульсационная составляющие нормативной ветровой нагрузки на фасадах здания, Па;		
$w_{(+)(-)}$	– экстремальные пиковые значения местной ветровой нагрузки на единицу площади фасада при обходе по всем азимутам ветра, Па;		
β	– условный азимут настилающего ветра (угол отклонения вектора скорости горизонтального ветрового потока от направления оси x связанной системы координат, $0^\circ < \beta < 360^\circ$);		
j	– индекс нумерации дренажных точек на поверхности макета здания;		

Единицы измерения сил и моментов:

$kH = 10^3 H$ – килоньютон; $MH = 10^6 H$ – мега-ньютон;
 $kH \cdot m = 10^3 H \cdot m$ – килоньютон метры, $MH \cdot m = 10^6 H \cdot m$ – мега ньютон метры.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. МОДЕЛИ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	10
1.1 Общие положения	10
1.2 Выбор параметров нормативного ветра	12
1.3 Методика аэрофизического моделирования	12
1.4 Методика компьютерного моделирования	19
1.5 Методика определения пиковых ветровых нагрузок	22
1.6 Системы координат	25
2. РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	28
2.1 Критические направления настилающего ветра	29
2.2 Аэродинамические коэффициенты средней ветровой нагрузки w_m при критических направлениях ветра	32
2.3 Расчетные значения пиковых ветровых нагрузок $w_{(+)(-)}$	33
3. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕТРОВАЯ КОМФОРТНОСТЬ ПЕШЕХОДНЫХ ЗОН	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А Оборудование и программное обеспечение	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Таблицы распределений C_m	62
ПРИЛОЖЕНИЕ В Трехмерная визуализация распределений C_m	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Оценки ветровой устойчивости	93

ВВЕДЕНИЕ

Проектируемый многофункциональный жилой комплекс на проспекте Мира вблизи платформы «Ростокино» станции МЦК включает в себя 4 корпуса К1, К2, К3, К4 (рис. 0.1) высотой $h=119.4$ м с близкой к прямоугольной в плане формой (стилобатная часть имеет высоту от 5 до 13 м). Осложняющим определение ветровых воздействий обстоятельством является близкое расположение высотных корпусов по отношению друг к другу, а также наличие крупных элементов дизайнерской концепции вблизи фасада корпуса К1 и покрытий корпусов К1-К4).



Рис. 0.1 Фрагмент ситуационного плана (а), общий вид корпусов К1 - К4 (б)

В нормативных документах СП 20.13330 и др. имеются данные о назначении аэродинамических коэффициентов на корпуса прямоугольной конфигурации, однако при условии, это они являются отдельно стоящими зданиями. В данном случае это условие существенно не выполняется. Таким образом, исходно отсутствуют данные об аэродинамических коэффициентах, которые можно было бы взять из справочной или научно-технической литературы и обоснованно использовать при расчете несущих и ограждающих конструкций башен данного комплекса на действие ветровых нагрузок.

Обоснованные расчетные значения ветровых нагрузок могут быть получены на основе результатов соответствующим образом организованных модельных аэродинамических исследований с использованием специализированных аэродинамических труб, оснащенных средствами создания сдвигового профиля скорости $U(z)$, соответствующего нормативному ветру для данного типа местности [1, 2] в районе застройки. При этом наиболее полные представления о распределении струйно-вихревых воздушных потоков, взаимодействующих с объектом, могут быть получены с использованием сопутствующего компьютерного моделирования в рамках современных вычислительных CFD технологий [2, 13, 14, 21, 23].

В настоящем отчете применена комплексная расчетно-экспериментальная методика совместного аэрофизического и компьютерного моделирования нестационарного трехмерного обтекания объекта в сдвиговом воздушном потоке, имитирующем структуру неравномерности нормативного ветра в приземном пограничном слое, с учетом взаимной аэродинамической интерференции корпусов объекта. В соответствии с ТЗ выполнены следующие работы.

- Изготовление и инструментальное оснащение масштабных моделей комплекса для испытаний в аэродинамической трубе.
- Экспериментальное определение распределений ветровых нагрузок на фасадах 4-х корпусов в составе объекта (дренажные испытания в аэродинамической трубе) с учетом взаимной аэродинамической интерференции и влияния элементов ближней застройки.
- Компьютерное моделирование распределений ветровых потоков на территории объекта.
- Статистическая обработка, численный и графический анализ результатов аэрофизических измерений в аэродинамической трубе и результатов компьютерного моделирования.

Определение распределений аэродинамических коэффициентов ветровой нагрузки на фасадах корпусов комплекса. Определение зон наибольших пиковых значений знакопеременного ветрового давления на фасадах корпусов в составе объекта. Оценки ветровой устойчивости высотных башен в составе комплекса. Определение уровней относительной ветровой комфортности пешеходных зон на территории комплекса.

- Выработка рекомендаций по назначению расчетных ветровых нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании несущих и ограждающих конструкций корпусов объекта.

1 МОДЕЛИ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Общие положения

Нормативный ветер характеризуется заданным законом увеличения среднего скоростного напора $q(z)$ с высотой над уровнем земли в месте расположения объекта строительства. Принятый в СП 20.13330.2011/2016 [1] норматив увеличения ветрового давления с высотой в приземном пограничном слое соответствует степенному закону изменения средней скорости настилающего ветра (ГОСТ Р 56728-2015 [2]). Многочисленные известные разновидности этого закона [1, 3–8] эквивалентны записи [9], принятой также в [2]

$$U(z) = U_0 \left(z / z_0 \right)^\alpha \quad (1.1)$$

где $U_0 = (2w_0/\rho)^{0.5}$ – средняя скорость горизонтального ветра на высоте $z = z_0$;

w_0 – нормативное значение ветрового давления, зависящее от ветрового района согласно классификатору в [1].

В формуле (1.1) безразмерный показатель степени α и линейный масштаб нормативного ветра z_0 м, зависят только от типа шероховатости местности (А, В, С [1, 2]) со значениями констант [9], представленных в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Линейный масштаб нормативного ветра

Тип местности	А	В	С
α	0.15	0.2	0.25
z_0 , м	10	30.5	60

Соответствующий выражению (1.1) скоростной напор на высоте z (динамическое давление потока) вычисляется по формуле:

$$q(z) = w_0 \left(z / z_0 \right)^{2\alpha}, \quad (1.2)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Физический смысл параметра z_0 состоит в том, что на высоте $z = z_0$ над уровнем земли скоростной напор $q(z_0)$ в нормативном ветре совпадает с нормативным значением ветрового давления w_0 для любого ветрового района [22]. Таким образом, величина z_0 характеризует линейный масштаб структуры неравномерности нормативного ветра [2].

Современные аэродинамические исследования нормативных ветровых нагрузок на здания и сооружения (для условий нормативного ветра) проводятся методами аэрофизического эксперимента в аэротрубах и сопутствующего вспомогательного математического моделирования (компьютерные CFD-технологии). Появившиеся относительно недавно возможности практического применения компьютерного моделирования являются полезным дополнением аэрофизического эксперимента, однако еще не могут стать тотальной его заменой по ряду важных показателей [14], особенно – в части определения пульсационных и пиковых значений ветровых нагрузок, необходимых для проектирования ограждающих конструкций (см. далее п.1.3.4).

Опыт проведения аэрофизических (в аэродинамической трубе) и математических исследований показывает, что CFD-расчеты в рамках современных компьютерных технологий инженерного анализа способны давать вполне адекватные результаты в части распределения струйно-вихревых потоков на территории застройки, а также средних ветровых нагрузок на фасадах зданий. Эти данные допустимо использовать для определения средних составляющих ветровых нагрузок, необходимых при проектировании несущих конструкций зданий¹. Однако, для определения пиковых ветровых нагрузок CFD-расчеты на базе RANS/URANS технологий недостаточны [13–14]. На современном этапе наиболее рациональным является расчетно-экспериментальный подход, сочетающий преимущества *экспериментального* и вспомогательного компьютерного моделирования в

¹ С учетом поправок на присущее CFD-расчетам завышение значений ветрового отсоса в окрестности угловых кромок фасадов.

рамках одного проекта. при этом пиковые нагрузки с учетом пульсационной составляющей определяются только экспериментально.

1.2 Выбор параметров нормативного ветра

Город Москва относится к первому ветровому району [1], для него

$$w_0 = 230 \text{ Па} \quad \text{и} \quad U_0 = 19.2 \text{ м/с} \quad (1.3)^2$$

Анализ ситуационного плана в окрестности строительной площадки и др. документации, предоставленной Заказчиком, показывает наличие разновысотной городской застройки по всем удаленным направлениям $0^\circ < \beta < 360^\circ$ вокруг проектируемого объекта. В непосредственной близости от комплекса присутствует малоэтажная застройка (до 15 метров). В среднем тип удаленной местности по классификатору [1] наиболее близок к типу «В». С учетом формулы (1.2) и таблицы 1.1 это означает, что нормативное значение ветрового давления $w_0=230$ Па достигается на характерной высоте $z = z_0 = 30.5$ м, и в степенных законах (1.1)-(1.2) следует принимать $\alpha = 0.2$. Соответствующий профиль скоростного напора настилающего ветра обобщенно моделирует наличие многочисленных элементов дальней застройки и должен быть сформирован в аэродинамической трубе. Его также следует задавать на входе в расчетную область при численном (компьютерном) моделировании. При этом влияние аэродинамически значимых элементов ближней застройки следует учитывать как составную часть объекта моделирования (рис. 1.1 – 1.2).

1.3 Методика аэрофизического моделирования

1.3.1 Целью аэрофизического моделирования является определение аэродинамических характеристик взаимодействия объекта с нормативным ветром (с учетом непосредственного влияния элементов ближней застройки). Для этого используется специализированная аэродинамическая труба АДТ А-6 МГУ [10], оснащенная средствами создания сдвиговой неравномерности воздушного потока за счет специально подобранной комбинации поперечных

² По формуле $U_0 = (2w_0/\rho)^{0.5}$ при средней плотности воздуха $\rho = 1.25 \text{ кг/м}^3$.

сетчато-решетчатых экранов переменной воздухопроницаемости (см. Приложение А). Профиль скоростного напора во время эксперимента измеряется с помощью гребенки приемников давления. Контрольные замеры параметров турбулентности выполняются с помощью термоанемометра (п. А.4 в Приложении А).

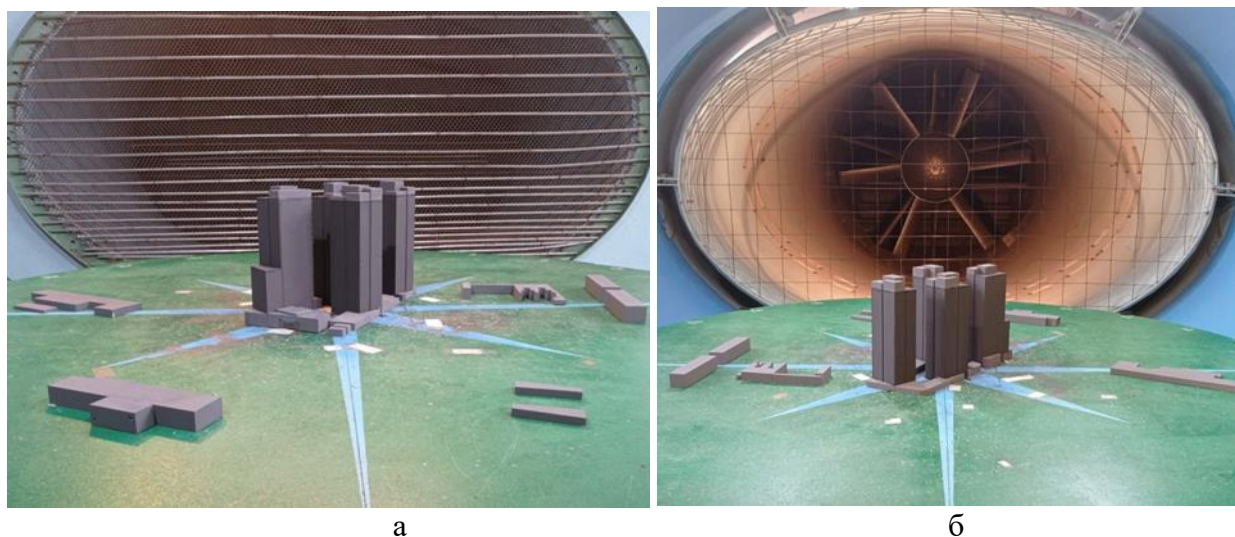


Рис. 1.1 Макет объекта в окружении элементов ближней застройки в рабочей зоне аэродинамической трубы при аэрофизическом моделировании (а – вид против потока; б – вид по потоку)

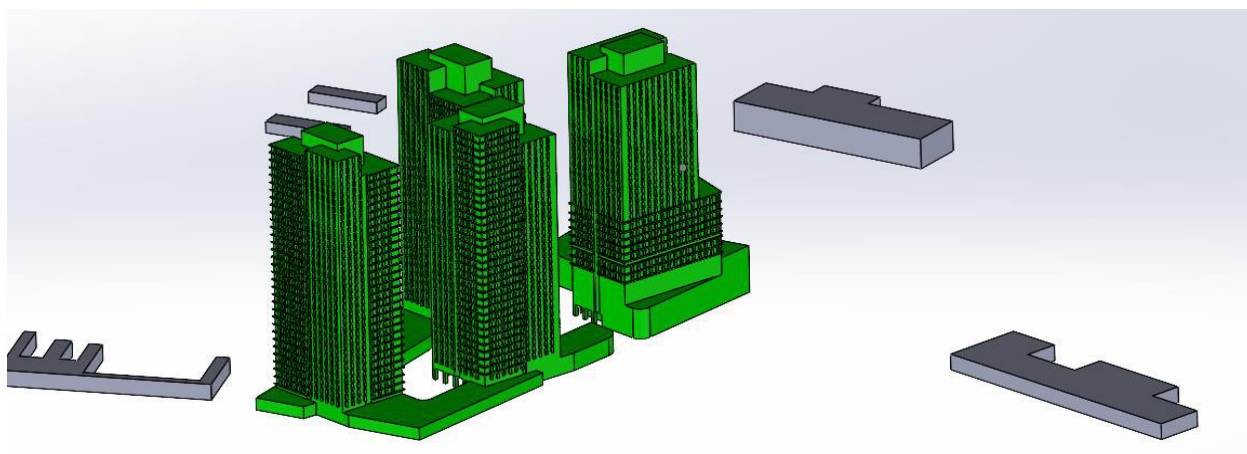


Рис. 1.2 3D-цифровая модель объекта с элементами ближней застройки при компьютерном моделировании

1.3.2 Макет комплекса для испытаний в аэродинамической трубе был изготовлен с соблюдением правил геометрического подобия (включая высотные элементы ближней застройки). Его высота h_t выбрана из условий соблюдения установленных для данной трубы ограничений на степень

загромождения поперечного сечения рабочей части. Коэффициент геометрического подобия $N = h/h_T$ макета по отношению к высоте исследуемого натурального объекта $h = 119.4$ м над уровнем земли составил $N = 250$.

На рис.1.1 представлены фотоснимки макета объекта и ближней крупномасштабной застройки на рабочем столе в рабочей зоне аэродинамической трубы. Соответствующая цифровая модель показана на рис. 1.2. На заднем плане рис. 1.1,а виден поперечный сетчато-решетчатый экран, формирующий заданный сдвиговой профиль скоростного напора ветра³. Линейный масштаб неоднородности z_{0T} [2] моделируемого в аэродинамической трубе нормативного ветра типа «В» составил

$$z_{0T} = 30.5 \text{ м} / N = 122 \text{ мм} \quad (1.4)$$

1.3.3 Дренажная система макета комплекса соответствовала 4-м основным высотным уровням (п0–п3) натурального объекта (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Значения характерных высотных уровней

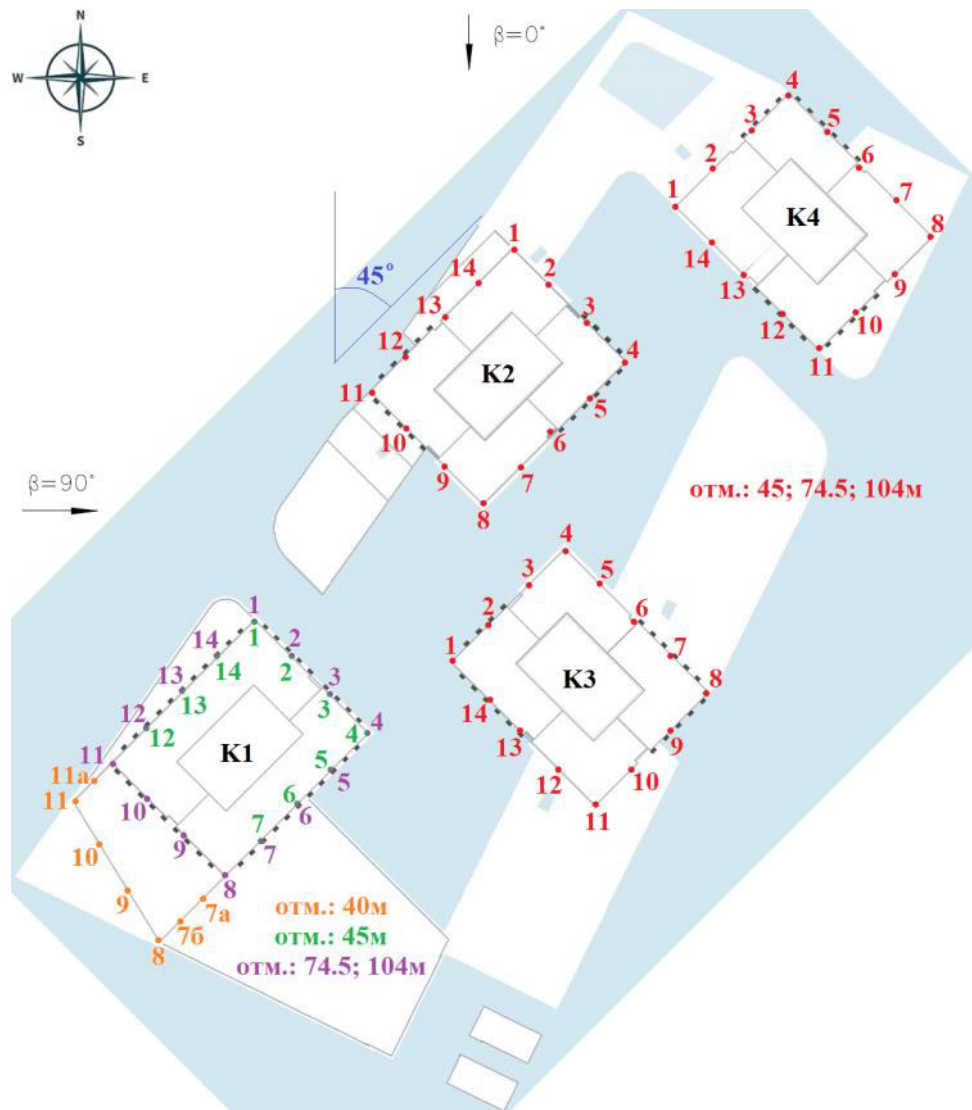
Наименование уровня	п0	п1	п2	п3
Значение, м	40	45	74.5	104

Корпуса *B – F* имели дренаж на трёх основных высотных уровнях (п1, п2, п3) и одном вспомогательном. Малоэтажный корпус *A* имел дренаж на одном основном уровне п0 и одном вспомогательном.

Основные высотные уровни на каждом корпусе содержали от 12 до 14 контрольных точек *j*. Схема дренажа для основных высотных уровней показана на рис. 1.3. Кроме указанных на рис. 1.3 основных высотных уровней, был еще дренаж на упомянутых вспомогательных уровнях, взятых по принципу – «на один метр ниже высоты корпуса» ($z = h - 1$ м) с дополнительными контрольными точками, которые выборочно ставились по углам и в центральных зонах фасадов. Ориентация корпусов относительно

³ См. Приложение А

частей света показана на рис. 1.3,а (β – условный азимут настиляющего ветра).



Контрольные горизонтальные уровни n1-n3 корпусов K2, K3, K4 и уровни n0-n3 корпуса K1

Рис. 1.3 Схемы расположения дренажных точек $j = 1, 2, \dots$ в горизонтальных дренажных сечениях на указанных отметках натурной высоты z корпусов объекта

1.3.4 В процессе испытаний в аэродинамической трубе измеряется характерный скоростной напор $q(h_T)$ набегающего потока на высоте h_T и значения избыточного давления Δp_j в контрольных дренажных точках $j = 1, 2$, на поверхностях макета, по которым затем определяется безразмерный коэффициент давления

$$C_{pj} = \Delta p_j / q(h_T). \quad (1.5)$$

и его осредненное по времени значение $\overline{C_{pj}}$. На основании теории подобия и размерностей, этот коэффициент может зависеть только от безразмерных определяющих параметров, таких как угол атаки β и число Рейнольдса. Натурное число Рейнольдса, вычисленное по характерной скорости $U_0 = 19$ м/с и характерному поперечному размеру корпусов $d = 30$ м составляет $Re = 3.8 \cdot 10^7$. Характерная скорость воздушного потока в трубе выбирается достаточной для обеспечения автомодельности по числу Рейнольдса, когда дальнейшее увеличение скорости не приводит к существенному изменению осредненных значений $\overline{C_{pj}}$ в контрольных точках на макете. Это дает основания переносить данные о безразмерных аэродинамических коэффициентах, полученных на основании испытаний в масштабных макетах объекта в аэродинамической трубе, на натурные условия.

1.3.5 Зачетная серия экспериментов в АДТ выполнена при скорости потока $V_T = 19$ м/с при $z_T = h_T$ для типа ветра «В» и с учетом интерференции от объектов ближней застройки. Важным методическим моментом представления результатов дренажных измерений в неравномерном набегающем потоке является вычисление базового (основного) аэродинамического коэффициента C_m , определяемого по методике [2] как:

$$C_m = \frac{(\overline{\Delta p_j})_{\text{измеренное}}}{q_{0T}}, \quad (1.6)$$

где q_{0T} – значение скоростного напора $q(z_{0T})$, измеренное в неравномерном потоке в аэродинамической трубе на высоте z_{0T} , соответствующей отметке $z = z_0$ для нормативного ветра в натуральных условиях (см. п. 1.3.2 и формулу (1.4)). Благодаря такому представлению, нормативное значение средней ветровой нагрузки w_m на ограждающие конструкции проектируемого комплекса определяется следующим простым соотношением:

$$w_m = w_0 C_m \quad (1.7)$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления, зависящее от ветрового района согласно классификатору в [1, 2] (в данном случае для условий Москвы $w_0=230$ Па), а коэффициент C_m получен из эксперимента по формуле (1.6).

1.3.6 В соответствии с представлениями, закрепленными в СП 20.13330, на каждый фасад комплекса действуют средняя w_m и пульсационная w_g составляющие нормативной ветровой нагрузки [1]

$$w_m = w_0 k(z_e) c \quad (1.8)$$

$$w_g = w_m \zeta(z_e) v \quad (1.9)$$

Интегральная ветровая нагрузка F_m , действующая по нормали на выбранный характерный участок S плоского фасада, равна

$$F_m = \iint_S w_m ds \quad (1.10)$$

Положительные значения $F_m > 0$ соответствуют результирующему воздействию ветра в направлении «на фасад», отрицательные – результирующему усилию «от фасада». Последнее является следствием эффекта ветрового отсоса, когда на фасадах возникает давление ниже атмосферного.

Коэффициент c в нормативной формуле (1.8) связан с базовым аэродинамическим коэффициентом [2] соотношением

$$c = C_m / k(z_e) \quad (1.11)$$

и, в общем случае, представляет собой сложную функцию распределения по фасадам здания. Ввиду своей сложности, эти распределения неудобны при практическом использовании в инженерных расчетах несущих конструкций. Однако если понимать этот коэффициент как некоторую усредненную величину

$$c = c_{пр}, \quad (1.12)$$

принимаящую кусочно-постоянные значения в пределах характерных зон S каждого фасада при фиксированных направлениях настилающего ветра, то

можно свести задачу определения интегральных ветровых нагрузок к использованию привычных соотношений (1.8)–(1.9), в которых аэродинамический коэффициент « c » берется из результатов аэродинамического исследования как «приведенный аэродинамический коэффициент» (1.10). Представление в такой форме результатов экспериментальных аэродинамических исследований является наиболее удобным для практического использования.

Для простейшего случая отдельно стоящего прямоугольного в плане здания, стандарт СП 20.13330.2011 содержит прямые указания⁴ по назначению аэродинамического коэффициента (1.10):

$$c = 0.8 \text{ – для наветренной стены} \quad (1.13)$$

$$c = -0.5 \text{ – для подветренной стены} \quad (1.14)$$

При этом в качестве характерных участков S , для которых вычисляются интегральные нагрузки (1.10) выступает весь наветренный и весь подветренный фасады здания. В работе [22] приводятся простые аналитические выражения по результатам вычисления соответствующих (1.10) квадратур, для суммарной аэродинамической силы и опрокидывающего момента аэродинамической нагрузки на любое прямоугольное в плане здание с условиями (1.13)–(1.14).

Влияние аэродинамической интерференции между корпусами объекта и ближней застройкой, как правило, приводит к тому, что распределение ветровой нагрузки оказывается более сложным качественно и иным количественно, чем в случае отдельно стоящего здания по данным [1]. Тем не менее, идея назначения кусочно-постоянных величин для приведенного аэродинамического коэффициента (1.12) с разбиением фасадов здания на несколько характерных участков (как правило – вертикальных полос), является наиболее полезным и удобным способом представления результатов экспериментов для последующего расчета несущих конструкций здания на

⁴ При условии, что настилающий ветер направлен перпендикулярно к плоскости наветренного фасада.

действие ветровой нагрузки с помощью нормативных соотношений (1.8)-(1.9).

П р и м е ч а н и е – В соотношениях (1.8)-(1.9) использованы стандартные обозначения из СП 20.13330 [1, 2]: w_0 – нормативное значение ветрового давления, зависящее от выбранного по классификатору ветрового района; $k(z)$, $\zeta(z)$ – коэффициенты, учитывающие изменение ветрового напора и его пульсаций по высоте z над уровнем земли; z_e – эффективная высота; ν – коэффициент корреляции пульсаций ветровой нагрузки, зависящий от площади S характерного участка фасада, подвергающегося ветровому воздействию.

1.4 Методика компьютерного моделирования

Технология математического моделирования должна обеспечить численное воспроизведение обтекания нормативным ветром проектируемого сооружения и аэродинамически значимых объектов окружающей застройки с получением значений средней составляющей ветровой нагрузки w_m на открытые фасады корпусных блоков объекта, при этом пульсационная составляющая ветрового давления на фасадах определяется методом физического моделирования в аэродинамической трубе [2].

Расчетные параметрические исследования выполнены методом компьютерного моделирования трехмерного турбулентного обтекания объекта сдвиговым ветровым потоком со степенным профилем скорости (1.1). Используется вычислительная технология RANS/URANS основанная на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье–Стокса вязкой эффективно несжимаемой жидкости, замыкаемых с помощью двухпараметрических дифференциальных моделей турбулентности. Применяемая вычислительная технология реализована в рамках пакета OpenFOAM v1812, который верифицирован с помощью лицензионного программного комплекса Ansys Fluent (лицензия ANSYS Research Mechanical and CFD # 486345)⁵.

⁵ См. сертификат см. на рис. А.7 в Приложении А.

Учитываются требования ГОСТ Р 56728-2015 (раздел 5.5) и методические рекомендации [13–14]. В частности, используется геометрически подобная масштабная модель объекта 1:N, где также как в эксперименте принято $N = 250$. Это позволяло обеспечить достаточное пространственное разрешение взаимодействующих с объектом ветровых потоков и пристеночных областей с помощью расчетных сеток с умеренным числом ячеек 16.7 млн. В качестве граничных условий на вертикальных входных границах в расчетную область задается вектор средней скорости горизонтального ветрового потока $\mathbf{V} = (\mathbf{e}_x \cos \beta + \mathbf{e}_y \sin \beta) U(z)$ с нормативным сдвиговым профилем $U(z)$ согласно (2.1), а также интенсивность турбулентных пульсаций I и масштаб турбулентности Λ ($I = 1\%$, $\Lambda = 0.01 h$). На нижней и на внутренних границах ставилось условие прилипания (нулевая скорость потока). На выходных границах – так называемые «мягкие условия».

Выполнены отладочные методические исследования по выбору размеров расчетной области, структуры и размерности расчетных сеток, подходящей модели турбулентности и получению оценок сеточной сходимости на основе проведения тестовых расчетов. В результате принята $k-\omega$ SST модель турбулентности и расчетная область с границами, удаленными от модели комплекса на $15h$ вверх по потоку, на $15 h$ – в поперечных направлениях, на $32 h$ – вниз по потоку и на $7 h$ – в вертикальном направлении над моделью (здесь h – максимальная высота модели комплекса в указанном выше масштабе моделирования).

Вид расчетной области с разномасштабными объемными ячейками расчетной сетки со сгущением в окрестности исследуемого комплекса показан на рис. 1.4.

На рис. 1.5 – рис. 1.6 представлены примеры расчетных картин различных типов компьютерной визуализации воздушных потоков и

распределений ветровой нагрузки при взаимодействии нормативного ветра с элементами исследуемого объекта.

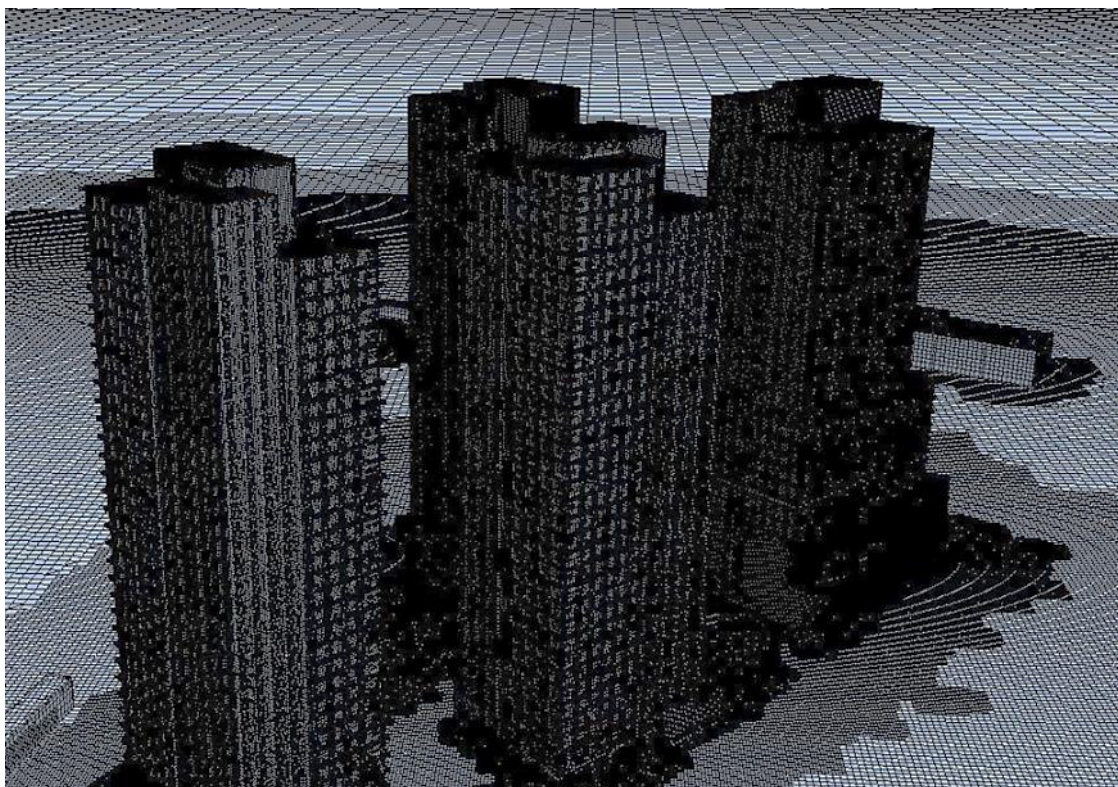


Рис. 1.4 Фрагмент расчетной сетки со сгущением в окрестности элементов объекта

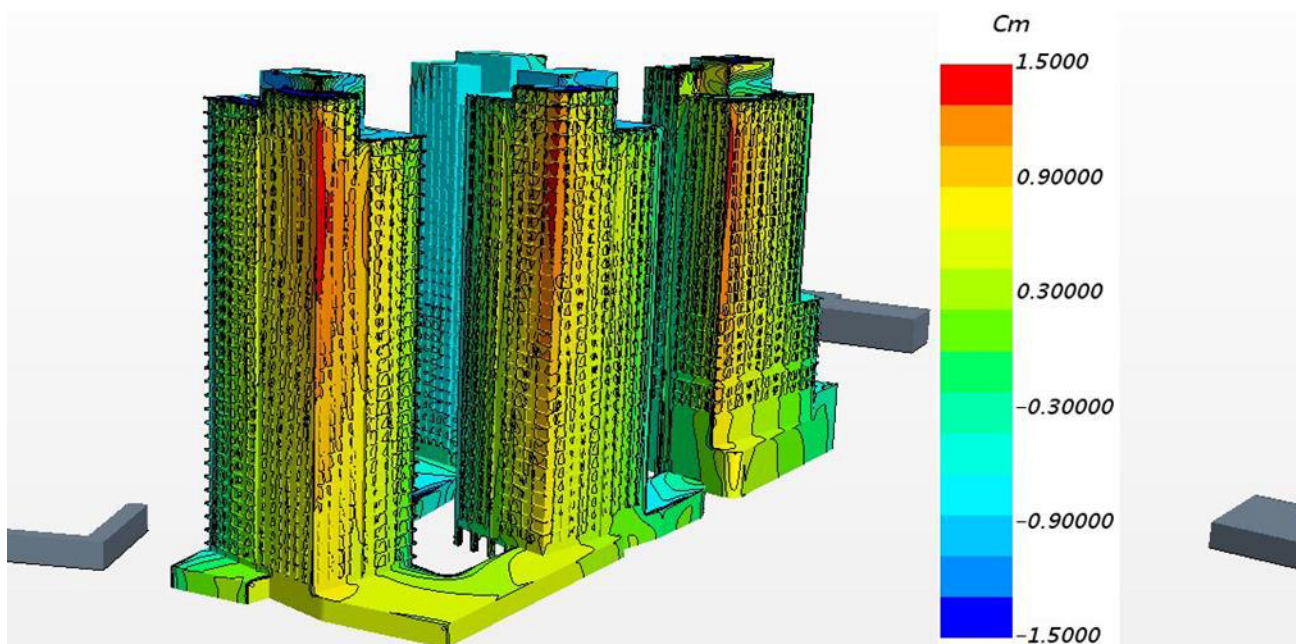


Рис. 1.5 Пример компьютерной визуализация распределений базового аэродинамического коэффициента ветрового давления C_m при $\beta = 0^\circ$ – на фасадах объекта

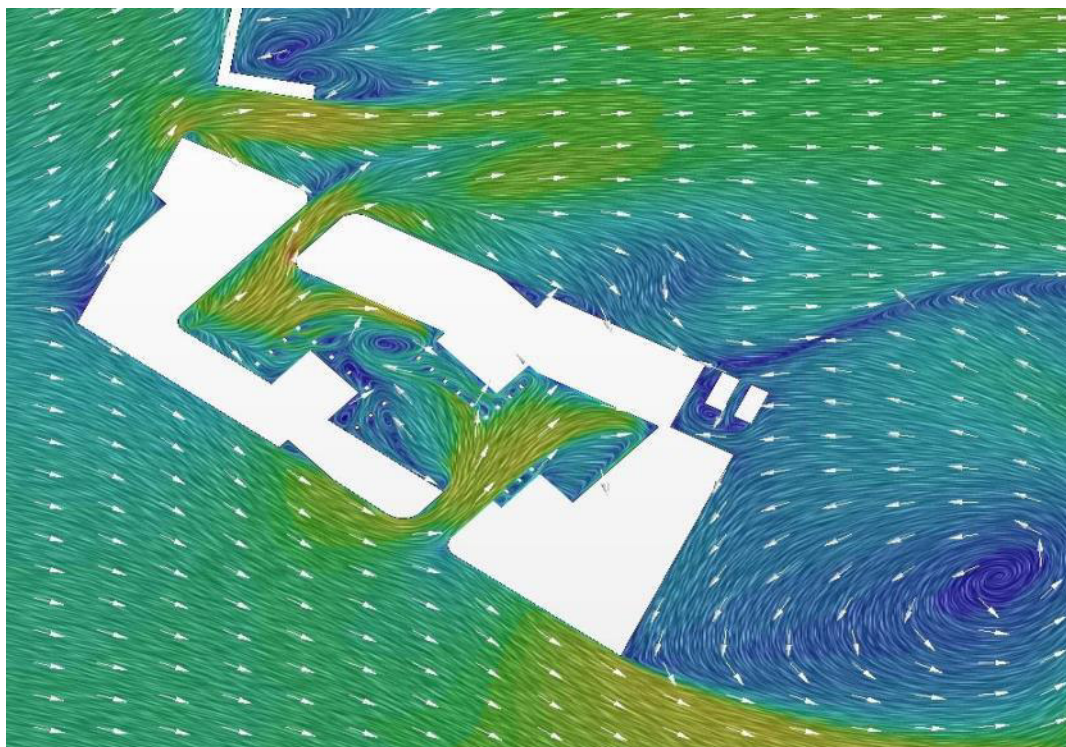


Рис. 1.6 Пример распределения вектора скорости воздушных потоков на территории комплекса и примыкающей территории при $\beta=0^\circ$, $z = 1.5$ м, (настилающий ветер – слева направо)

1.5 Методика определения пиковых ветровых нагрузок

Пульсации давления на фасадах комплекса зданий зависят не только от структуры набегающего ветрового потока и содержащихся в нем первичных пульсаций, но также формируются в результате срыва вихрей с наветренных кромок самих зданий (вторичные пульсации). Как показывает практика, аэродинамические коэффициенты пикового (положительного и отрицательного) давления существенно зависят от геометрических параметров зданий и их взаимного расположения, причем пиковые значения аэродинамических коэффициентов могут превышать их средние значения. Учет пульсаций важен при определении знакопеременных ветровых воздействий на элементы ограждающих конструкций и навесных фасадных систем. Для каждого конструктивного элемента ограждения в качестве расчетной ветровой нагрузки принимается ее значение ($w_{(+)}$ и $w_{(-)}$), реализующее наиболее неблагоприятный вариант нагружения. Согласно

п. 11.2 СП 20.13330.2011/2016 нормативные значения пиковой ветровой нагрузки определяются выражением

$$w_{(+)(-)} = w_0 k(z_e) (1 + \zeta(z_e)) c_{p,(+)(-)} v_{(+)(-)} \quad (1.15)$$

где w_0 – нормативное значение давления ветра; z_e – эффективная высота; k, ζ – коэффициенты, учитывающие изменение давления и пульсаций давления настилающего ветра на высоте z_e ; $v_{(+)(-)}$ – коэффициенты корреляции положительной (+) и отрицательной (-) ветровой нагрузки; $c_{p,(+)(-)}$ – пиковые значения аэродинамического коэффициента [1]. В данном случае:

$w_0 = 230$ Па – для первого ветрового района;

$v_{(+)(-)} = 1$ – для площади ограждения $S \leq 2 \text{ м}^2$ (с которой собирается ветровая нагрузка на элементы фасадной конструкции⁶).

При этом неизвестным остается аэродинамический коэффициент $c_{p,(+)(-)}$. Для его определения необходимо проведение модельных испытаний в аэродинамической трубе. В эксперименте регистрируются большие выборки (до 15 тыс. отсчетов) нестационарных показаний датчиков ветрового давления Δp_j , по ним определяется средняя составляющая $\overline{\Delta p_j}$, а также среднеквадратичное отклонение. При надлежащей нормировке этих величин на характерный скоростной напор $q(z_{0т})$ (п. 1.3.4) получаем базовый аэродинамический коэффициент C_m и среднеквадратичное отклонение $\sigma(z, \beta, j)$.

Положительные и отрицательные экстремальные аэродинамические нагрузки $w_{(+)}$ и $w_{(-)}$, действующие на высоте z контрольной точке j на ограждающих конструкциях фасадов макета здания в аэродинамической трубе, определяются экспериментально с помощью структурной формулы⁷:

$$w_{(+)(-)} = w_0 C_{peak(+)(-)}, \quad (1.16)$$

$$\begin{aligned} C_{peak(+)}(z, j) &= \max_{0 < \beta < 360^\circ} [C_m(z, \beta, j) + 3\sigma(\beta, j, z)] \\ C_{peak(-)}(z, j) &= \min_{0 < \beta < 360^\circ} [C_m(z, \beta, j) - 3\sigma(\beta, j, z)] \end{aligned} \quad (1.17)$$

⁶При $S > 2 \text{ м}^2$ – значения $v_{(+)(-)}$ следует принимать по СП 20.13330.2016 (табл. 1.15).

⁷Методика НИИСФ РААСН и НИИ механики МГУ [4, 9].

где C_{peak} – экстремальное по всем азимутам значение базового аэродинамического коэффициента положительного давления (+) или ветрового отсоса (-) с учетом вклада вторичных пульсаций на высоте z в контрольной точке j на поверхности фасада; σ – среднеквадратичное отклонение измеренной нестационарной величины w/w_0 от среднего значения C_m .

Согласно нормативам СП 20.13330.2011/2016, пульсационная составляющая w_p ветрового давления определяется через соответствующие значения средней составляющей w_m как $w_p = w_m \zeta(z_e)$, где коэффициент ζ учитывает изменение интенсивности пульсаций в настиляющем ветре по высоте z и задан таблицей в СП 20.13330.2011 (п. 11.4 в [1]) и аппроксимационной формулой в [1]. Для типа местности «В» достаточно точную аппроксимацию дает формула [9]

$$\text{тип В: } \zeta(z) = 0.85 \cdot (z / 30.5 \text{ м})^{-0.2} \quad (1.18)$$

и тогда для определения положительных и отрицательных пиковых значений ветрового давления $w_{(+)(-)}$ получаются альтернативные (1.16) соотношения

$$\begin{aligned} w_{(+)}(z, j) &= w_0 \cdot \max_{0 < \beta < 360^\circ} [C_m(\beta, j, z)] (1 + \zeta(z)) \cdot \gamma \\ w_{(-)}(z, j) &= w_0 \cdot \min_{0 < \beta < 360^\circ} [C_m(\beta, j, z)] (1 + \zeta(z)) \cdot \gamma \end{aligned} \quad (1.19)$$

По сути, формулы (1.19) учитывают первичные пульсации скоростного напора [4–9] в настиляющем ветре. С другой стороны, если первичные пульсации скоростного напора в природном приземном слое при моделировании настиляющего ветрового потока в условиях аэрофизического или компьютерного моделирования не учитываются или не полностью воспроизводятся, то формулы (1.16) – (1.17) описывают вклад именно вторичных пульсаций, порожденных нестационарными процессами вихреобразования при обтекании фасадов объекта.

Обобщающим является гибридное расчетное соотношение [4, 9]

$$\begin{aligned}
 w_{(+)}(z, j) &= w_0 \cdot C_{peak(+)}(z, j) (1 + \zeta(z)) \cdot v_{(+)} \gamma \\
 w_{(-)}(z, j) &= w_0 \cdot C_{peak(-)}(z, j) (1 + \zeta(z)) \cdot v_{(-)} \gamma
 \end{aligned}
 \tag{1.20}$$

В нем учитывается суммарный вклад первичных и вторичных пульсаций, а также коэффициент надежности по ветровой нагрузке $\gamma = 1.4$ [1].

Важно, что в соотношении (1.20) аэродинамические коэффициенты $C_{peak(+)}$ и $C_{peak(-)}$ – это величины, которые можно определять непосредственно по данным измерений в аэродинамической трубе (при этом азимут ветра $0^\circ < \beta < 360^\circ$ должен варьироваться с достаточно мелким шагом). Входящие в выражение (1.8) аэродинамические коэффициенты $c_{p,(+)}$ и $c_{p,(-)}$ определяются через измеренные значения базовых коэффициентов $C_{peak(+)}$ и $C_{peak(-)}$ по формуле

$$c_{p,(+)(-)} = C_{peak(+)(-)}(z, j) \cdot \frac{1 + \zeta(z)}{1 + \zeta(z_e(z))} \cdot \frac{1}{k(z_e(z))}
 \tag{1.21}$$

в которой функция $z_e(z)$ определена согласно [1-2], $\zeta(z)$ – соотношением (1.18), а для коэффициента $k(z)$ известны аналитические выражения [1–9], в частности, согласно ГОСТ Р 56728-2015:

$$\text{тип В: } k(z) = (z / 30.5 \text{ м})^{0.4}$$

Соотношение (1.21) определяет значения аэродинамических коэффициентов $c_{p,(+)(-)}$ в формуле (1.15) для определения пиковой аэродинамической нагрузки $w_{(+)(-)}$, соответствующей нормативу СП 20.13330.2011/2016.

1.6 Системы координат

При обработке и представлении результатов экспериментов и расчетов использовались *локальные связанные* системы координат (X, Y, Z) , рис.1.7. Условный азимут ветра β определяется как угол в горизонтальной плоскости между вектором скорости настилающего ветра \mathbf{U} и направлением с севера на юг, $0^\circ < \beta < 360^\circ$.

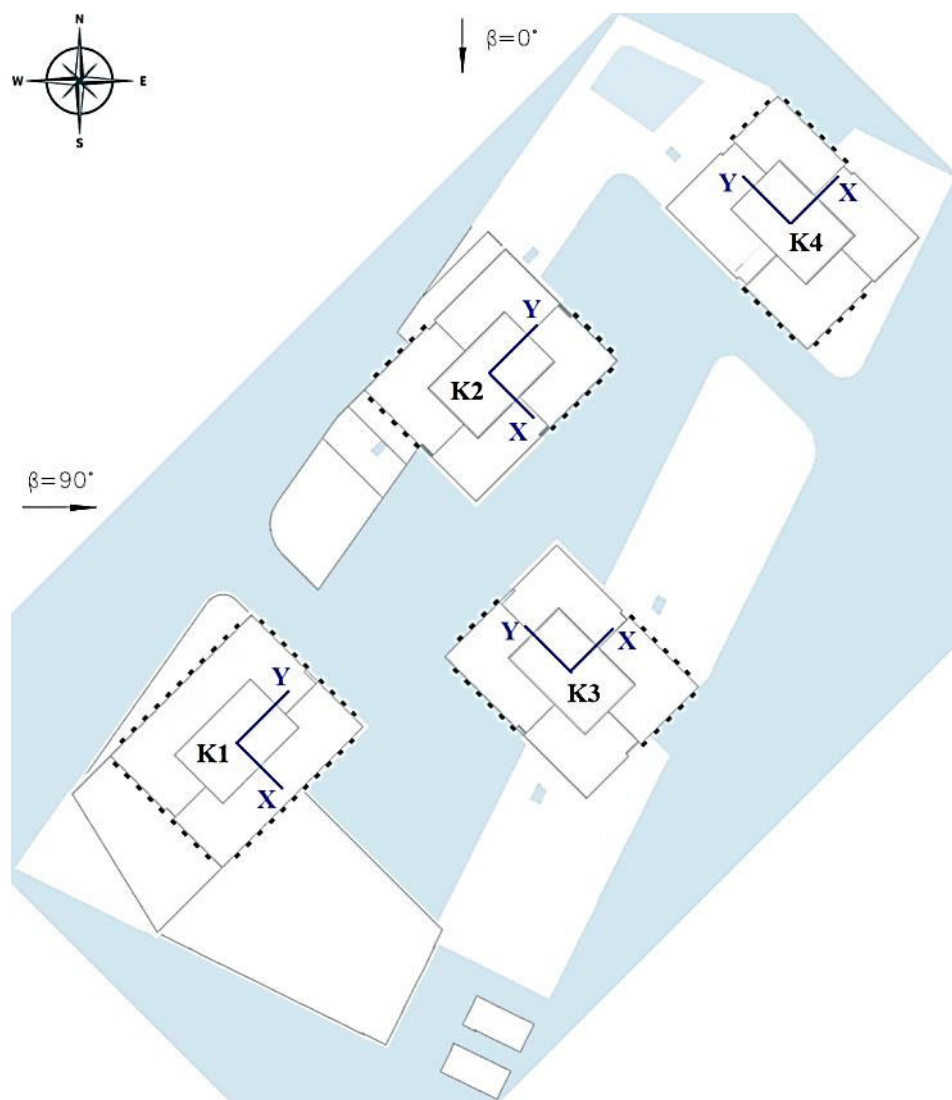


Рис. 1.7 Географическая (x, y, z), и локальные (X, Y, Z) системы координат

Локальные связанные с корпусами объекта прямоугольные системы координат (X, Y, Z) имеют начало O в плоскости нулевой отметки $z = 0$ в центре площади сечения в плане каждого из корпусов ($Z = z$); оси X, Y направлены перпендикулярно/параллельно плоским фасадам соответствующих корпусов (рис. 1.7). При этом оси Y локальных систем координат составляют угол 45° с осью y географической системы координат (рис. 1.7). Локальные оси (X, Y, Z) используются для представления первичных результатов измерений и расчетов распределения ветровых нагрузок на фасады исследуемого здания по периметрам горизонтальных сечений.

В практике инженерных расчетов, «основными» направлениями ветра принято назвать те, при которых ветер перпендикулярен к *широкому* фасаду прямоугольного в плане здания. В нашем случае такими «основными» направлениями являются направления вдоль осей X локальных связанных систем координат X,Y,Z (см. рис. 1.7):

$$\text{для K1, K2:} \quad \beta = 45^\circ \text{ и } \beta = 225^\circ \quad (1.22a)$$

$$\text{для K.3, K.4:} \quad \beta = 135^\circ \text{ и } \beta = 315^\circ \quad (1.22b)$$

Аналогично, «сопряженными» направлениями являются те, при которых наветренными являются узкие фасады, в данном случае это направления вдоль осей Y локальных связанных систем координат (рис. 1.7):

$$\text{для K1, K2:} \quad \beta = 135^\circ \text{ и } \beta = 315^\circ \quad (1.23a)$$

$$\text{для K.3, K.4:} \quad \beta = 45^\circ \text{ и } \beta = 225^\circ \quad (1.23b)$$

На рис. 1.8 показаны характерные габаритные размеры корпусов и стилобатов. С западной стороны корпус K1 имеет выступ высотой 49.9 м. Все фасады корпусов K2–K4 имеют вертикальные выемки глубиной 0.55 м и шириной от 1.5 до 3.5 метра. Такие же выемки имеются на узких фасадах корпуса K1.

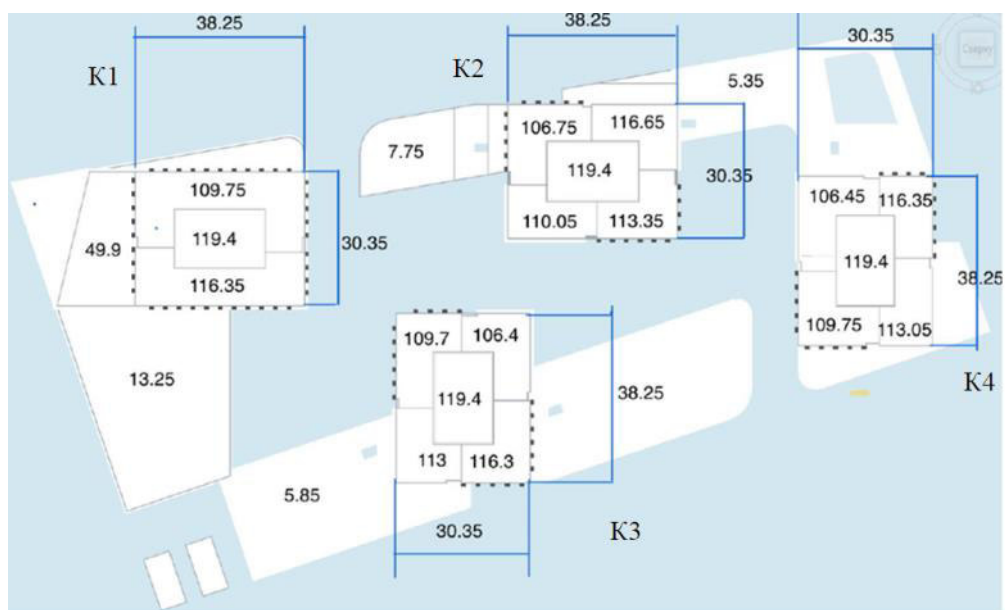


Рис. 1. 8:

2. РЕЗУЛЬТАТЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематические измерения распределений ветрового давления на фасадах объекта выполнены для типа ветра «В» в диапазоне $0 < \beta < 360^\circ$ с шагом $\Delta\beta = 5$ градусов (рис.1.7).

Используется форма представления результатов измерений в виде базового аэродинамического коэффициента C_m [2] по формуле (1.6). Благодаря такому представлению нормативное значение средней ветровой нагрузки w_m на ограждения натурального объекта находится по формуле $w_m = w_0 C_m$ [2], где w_0 – нормативное значение ветрового давления, зависящее от ветрового района согласно классификатору в [1] (в данном случае $w_0 = 230$ Па).

Массив результатов экспериментального определения зависимости

$$C_m = f(Z_i, \beta, j) \quad (2.1)$$

представлен в таблицах приложения «Б». Здесь Z_i соответствует высотным отметкам экспериментальных контрольных сечений, β – азимут настиляющего ветра, j – номера дренажных точек на периметрах контрольных горизонтальных сечений корпусов $K1-K4$ (рис. 0.1 и рис.1.3). В колонках таблиц п Б1–Б13 даются значения C_m в контрольных точках $j = 1, 2, \dots$ (см. рис. 1.3) для характерных высотных отметок $n0-n3$ по таблице 1.2 при изменении азимута β настиляющего ветра от 0° до 360° с шагом 5° . Умножение значений этого безразмерного коэффициента на постоянную величину $w_0 = 230$ Па даст *нормативное значение* средней ветровой нагрузки w_m , Па. Дополнительное умножение на повышающий коэффициент надежности по ветровой нагрузке $\gamma = 1.4$ даёт *расчетное значение* (в соответствии с терминологией, принятой в СП 20.13330).

В Приложении «В» представлена визуализация расчетных трехмерных картин распределения стационарной составляющей ветровой нагрузки $w_m/w_0 = C_m$ на фасадах корпусов комплекса при последовательном

изменении направлений ветра (на всех изображениях показан вид со стороны настилающего ветра).

2.1 Критические направления настилающего ветра

Если бы любой из корпусов К1 –К4 являлся отдельно стоящим зданием, то максимальные ветровые нагрузки по направлениям осей X, Y (рис. 1.7), достигались бы при указанных в «основных» (1.22) и «сопряженных»(1.23) направлениях настилающего ветра. Однако указанные корпуса расположены в составе плотного архитектурного ансамбля, что должно приводить к существенным проявлениям эффектов аэродинамической интерференции. Поэтому поиск критических направлений ветра, при которых достигаются экстремальные ветровые нагрузки (и которые необходимо учитывать при проектировании несущих конструкций корпусов), является одной из целей аэродинамического исследования. При этом принципиально, чтобы шаг по углу β , характеризующему азимут настилающего ветра, был достаточно подробным, исключая возможность потери экстремумов зависимости аэродинамических нагрузок от направления ветра. В настоящих экспериментах это гарантируется, благодаря шагу 5° в диапазоне по β от 0° до 360° .

На рис. 2.1–2.2 дан пример графического анализа данных из таблиц приложения «Б» в ходе поиска критических направлений настилающего ветра, доставляющих экстремальные нагрузки на корпус К3. Безразмерные индикаторы D_X , D_Y (2.2)-(2.3) на рис. 2.1 пропорциональны суммарной силе ветрового давления по направлению осей X и Y на контрольных высотных уровнях n_1 – n_3 (рис. 1.3) при различных азимутах настилающего ветра. Аналогично, безразмерные критерии $\sum D_X$, $\sum D_Y$ (2.4) на рис. 2.2 показывают изменение составляющих полной горизонтальной силы ветрового давления по направлениям осей X и Y. Числовые значения в скобках $C_m(j)$

соответствуют нумерации контрольных точек j для нижнего $n1$, среднего $n2$ и высотного $n3$ уровней корпуса КЗ.

$$DX(\beta, n_i) = \frac{C_m(12) + C_m(13) + C_m(14) - C_m(5) - C_m(6) - C_m(7)}{3} \Big|_{\beta, n_i} \quad (2.2)$$

$$DY(\beta, n_i) = \frac{C_m(9) + C_m(10) - C_m(2) - C_m(3)}{2} \Big|_{\beta, n_i} \quad (2.3)$$

$$\Sigma DX(\beta) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 DX(\beta, n_i), \quad \Sigma DY(\beta) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 DY(\beta, n_i) \quad (2.4)$$

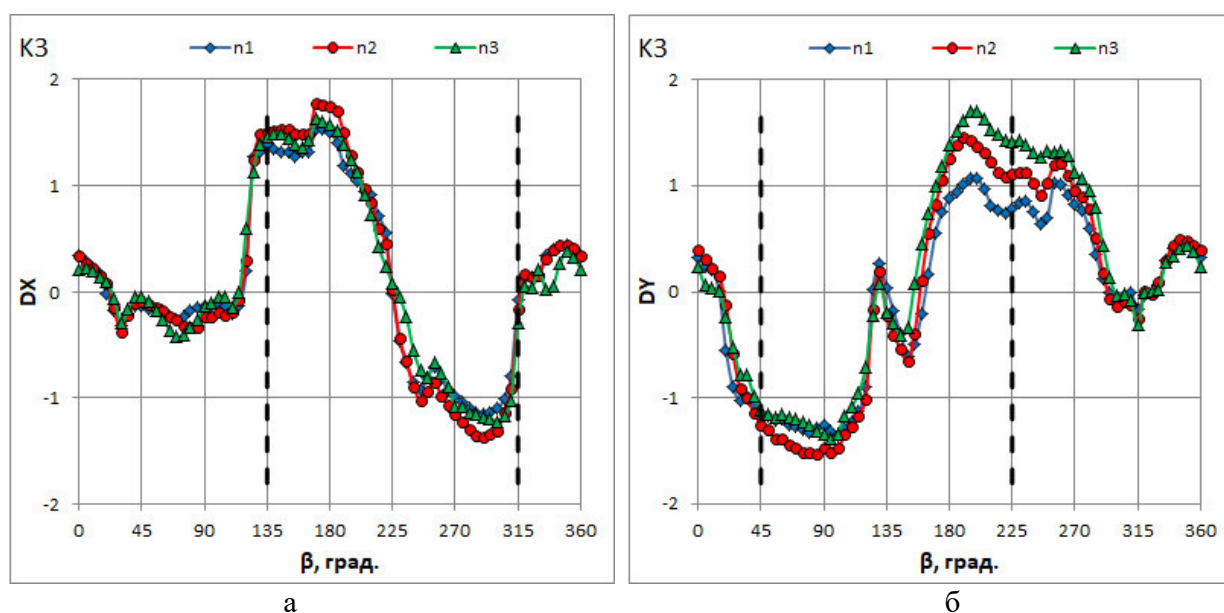


Рис. 2.1 Критерии DX (а) и DY (б) для корпуса КЗ (экспериментальные данные)

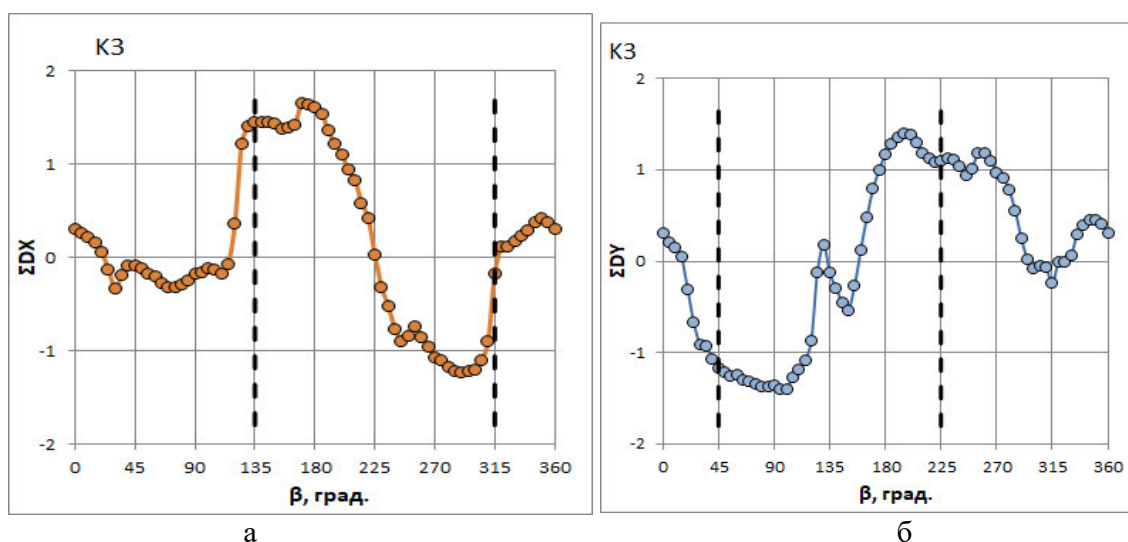


Рис. 2.2 Суммарные критерии ΣDX (а) и ΣDY (б) для корпуса КЗ

Вертикальными штрихами на рис. 2.1–2.2 отмечены основные и сопряженные направления (1.22)-(1.23). Видно, что при ветрах,

направленных по «основным» и «сопряженным» направлениям нагрузка вдоль осей X и Y значительно отличается от экстремальной, что обусловлено аэродинамической интерференцией с остальными корпусами исследуемого комплекса и ближайшей окружающей застройкой(рис. 6).

В таблице 2.1 дана сводка значений критических направлений ветра при которых фактически достигаются экстремальные нагрузки по направлениям локальных осей X, Y корпусов К1–К4 (рис.1.7).

На рис. 2.3 построены расчетные поля распределений параметров ветровых потоков на высоте 104 м. они наглядно подтверждают влияние эффектов аэродинамической интерференции при совместном обтекании корпусов комплекса.

Таблица 2.1 Критические направления ветра, β , град. (экспериментальные данные)

Наименование корпуса	Экстремум по осям X	Экстремум по осям Y
К1	40°	110°
К2	235°	345°
К3	170°	95°
К4	345°	230°

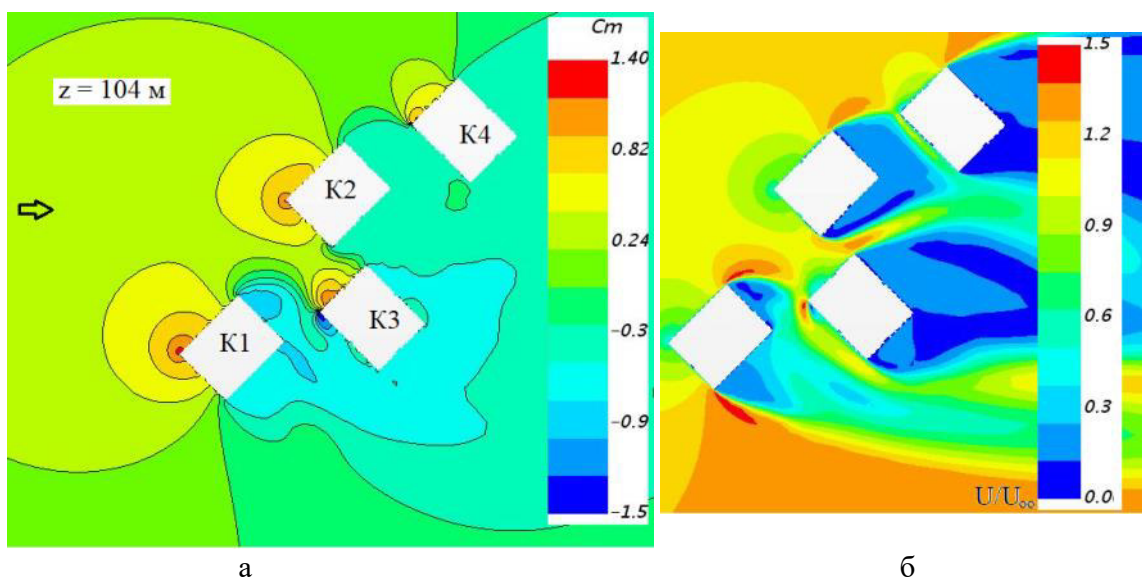


Рис. 2.3 Распределение параметров ветровых потоков на высоте $z = 104$ м при $\beta = 90^\circ$: а – поле относительного давления; б – поле относительной скорости (расчётные данные)

2.2 Аэродинамические коэффициенты средней ветровой нагрузки w_m при критических направлениях ветра

В таблице 2.2 представлены результаты определения приведенного аэродинамического коэффициента (1.12) при критических направлениях настилающего ветра (по таблице 2.1) для корпусов К1–К4.

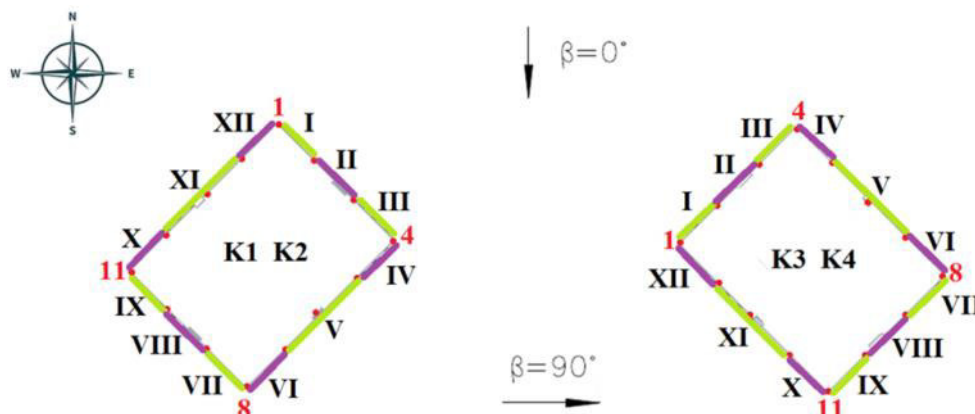


Рис. 2.4 Схемы разбиения фасадов корпусов К1–К4 на характерные зоны I–XII

В качестве характерных зон выбрано разбиение фасадов на вертикальные полосы. На рис. 2.4 эти зоны пронумерованы римскими цифрами от I до XII. Там же отмечены угловые кромки фасадов с сохранением номеров контрольных точек j по схеме дренажа на рис. 1.3.

Таблица 2.2 – Сочетания значений приведенного аэродинамического коэффициента (1.12) в характерных зонах I–XII для корпусов К1–К4 при критических направлениях настилающего ветра по таблице 2.1

β , гр.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Корпус 1												
40	-0.63	-0.43	-0.39	-0.56	-0.56	-0.65	-0.75	-0.75	-0.74	0.49	0.67	0.63
110	-0.38	-0.46	-0.65	-0.65	-0.40	-0.30	0.54	0.71	0.66	0.07	0.07	0.03
Корпус 2												
235	-0.79	-0.91	-0.89	0.64	0.63	0.39	-0.88	-0.87	-0.79	-0.63	-0.51	-0.60
345	0.49	0.36	0.12	-0.48	-0.50	-0.64	-0.75	-0.72	-0.68	-0.41	-0.01	0.15
Корпус 3												
170	-0.59	-0.60	-0.70	-0.75	-0.72	-0.70	-0.41	0.00	0.11	0.64	0.61	0.38
95	0.70	0.70	0.50	-0.42	-0.42	-0.45	-0.45	-0.43	-0.50	-0.55	-0.55	-0.67
Корпус 4												
345	0.13	0.22	0.26	0.58	0.53	0.30	-0.50	-0.53	-0.69	-0.81	-0.79	-0.75
230	-0.56	-0.58	-0.69	-0.81	-0.92	-0.95	0.54	0.66	0.58	-0.61	-0.34	-0.37

Значения приведенного аэродинамического коэффициента (1.12) по таблице 2.2 рекомендуются для использования при расчете *несущих*

конструкций корпусов К1, К2, К3, К4 на действие ветровых нагрузок с возможностью использования нормативных соотношений (1.8)-(1.9).

Дополнительно (методом CFD) вычислялись значения суммарного скручивающего момента M_Z относительно вертикальной оси Z, проходящей через центр площади корпусов в плане. Максимальные по абсолютной величине нормативные значения скручивающего момента M_Z составили:

$$M_Z = 7.0 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К1}$$

$$M_Z = 5.2 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К2}$$

$$M_Z = 6.4 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К3}$$

$$M_Z = 2.7 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К4}$$

2.3 Расчетные значения пиковых ветровых нагрузок $w_{(+)}$, $w_{(-)}$

В эксперименте регистрировались большие выборки (до 10 тыс. отсчетов) нестационарных показаний датчиков ветрового давления Δp_j , по ним находилась средняя составляющая $\overline{\Delta p_j}$, а также среднеквадратичное отклонение в дренажных точках $j = 1, 2, \dots$. При надлежащей нормировке этих величин (на характерный скоростной напор $[q(z_0)]_T$) получаем натурный базовый аэродинамический коэффициент C_m и среднеквадратичное отклонение $\sigma = f(z, \beta, j)$. На рис. 2.5 даны примеры определения σ для рядовых и угловых зон фасадов корпуса К3 на одном из основных контрольных высотных уровней п3 (табл.1.2).

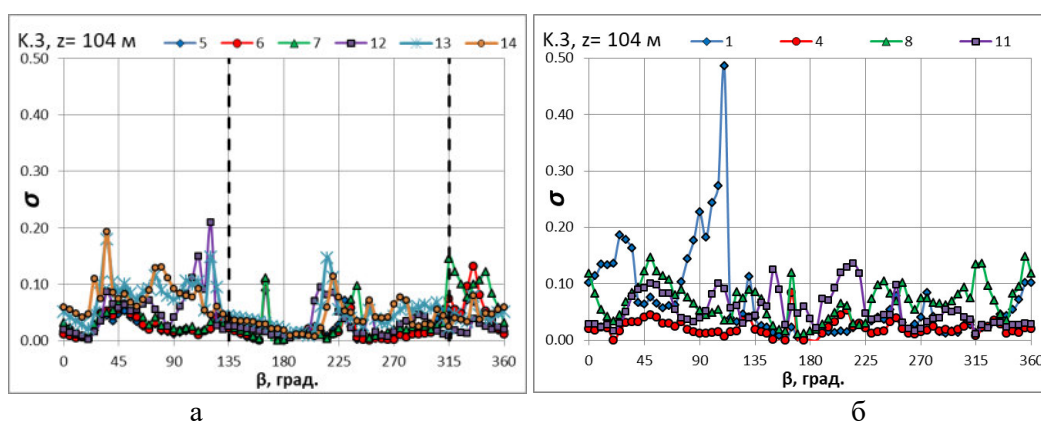


Рис. 2.5 Пульсационная характеристика $\sigma=f(\beta)$ для рядовых (а) и угловых (б) зон корпуса К3 в контрольных точках j на высотном уровне п3

Пиковые величины *расчетной* ветровой нагрузки $w_{(+)(-)}$ на ограждающие фасадные конструкции корпусов К1–К4 были определены каждым из указанных в разделе 1.5 способов и по ним отбирались наиболее неблагоприятные (экстремальные) значения. Итоговые результаты представлены в таблицах 2.3а,б–2.6а,б для характерных рядовых зон фасадов (рис.2.4). Дополнительно в таблицах 2.3в–2.6в даны пиковые значения $w_{(-)}$ отрицательного ветрового давления непосредственно для угловых⁸ зон 1, 4, 7, 10 (рис. 2.4).

Таблица 2.3а – Пиковые *положительные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(+)}$, кПа, на поверхности фасадов корпуса К1, (рис. 2.4)

Рядовые и угловые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	0.61	0.58	0.59	0.55
от 60м до 90м	0.71	0.68	0.69	0.64
выше 90м	0.79	0.75	0.77	0.71

Таблица 2.3б – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в рядовых областях на поверхности фасадов корпуса К1 (рис. 2.4)

Рядовые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	-0.89	-0.54	-0.88	-0.47
от 60м до 90м	-1.04	-0.63	-1.03	-0.55
выше 90м	-1.15	-0.70	-1.15	-0.62

Таблица 2.3в – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в угловых областях на поверхности фасадов корпуса К1 (рис. 2.4)

Угловые зоны	j = 1	4	8	11
ниже 60м	-0.72	-0.94	-1.11	-0.92
от 60м до 90м	-0.85	-1.10	-1.31	-1.08
выше 90м	-0.94	-1.23	-1.45	-1.20

⁸ Угловой считается область фасадов размером 1.5 метра в обе стороны от выпуклых угловых кромок.

Таблица 2.4а – Пиковые *положительные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(+)}$, кПа, на поверхности фасадов корпуса К2 (рис. 2.4)

Рядовые и угловые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	0.40	0.54	0.60	0.54
от 60м до 90м	0.47	0.64	0.70	0.63
выше 90м	0.52	0.71	0.78	0.70

Таблица 2.4б – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в *рядовых* областях на поверхности фасадов корпуса К2 (рис. 2.4)

Рядовые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	-0.88	-0.59	-1.00	-0.82
от 60м до 90м	-1.03	-0.70	-1.18	-0.96
выше 90м	-1.15	-0.78	-1.31	-1.07

Таблица 2.4в – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в *угловых* областях на поверхности фасадов корпуса К2 (рис. 2.4)

Угловые зоны	j = 1	4	8	11
ниже 60м	-1.07	-1.34	-0.94	-1.23
от 60м до 90м	-1.26	-1.57	-1.11	-1.44
выше 90м	-1.40	-1.74	-1.23	-1.60

Таблица 2.5а – Пиковые *положительные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(+)}$, кПа, на поверхности фасадов корпуса К3 (рис. 2.4)

Рядовые и угловые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	0.61	0.52	0.59	0.56
от 60м до 90м	0.71	0.61	0.70	0.65
выше 90м	0.79	0.68	0.77	0.72

Таблица 2.5б – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в *рядовых* областях на поверхности фасадов корпуса К3 (рис. 2.4)

Рядовые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	-0.62	-0.55	-0.79	-0.73
от 60м до 90м	-0.73	-0.65	-0.93	-0.85
выше 90м	-0.81	-0.72	-1.03	-0.95

Таблица 2.5в – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в *угловых* областях на поверхности фасадов корпуса К3 (рис. 2.4)

Угловые зоны	j = 1	4	8	11
ниже 60м	-1.21	-0.65	-0.75	-0.84
от 60м до 90м	-1.41	-0.76	-0.88	-0.98
выше 90м	-1.57	-0.85	-0.98	-1.09

Таблица 2.6а – Пиковые *положительные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(+)}$, кПа, на поверхности фасадов корпуса К4 (рис. 2.4)

Рядовые и угловые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	0.57	0.62	0.61	0.26
от 60м до 90м	0.67	0.72	0.72	0.30
выше 90м	0.75	0.80	0.80	0.34

Таблица 2.6б – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в *рядовых* областях на поверхности фасадов корпуса К4 (рис. 2.4)

Рядовые зоны	I-III	IV-VI	VII-IX	X-XII
ниже 60м	-0.77	-0.93	-0.63	-0.85
от 60м до 90м	-0.90	-1.09	-0.74	-1.00
выше 90м	-1.00	-1.21	-0.82	-1.11

Таблица 2.6в – Пиковые *отрицательные* расчетные ветровые нагрузки $w_{(-)}$, кПа, в *угловых* областях на поверхности фасадов корпуса К4 (рис. 2.4)

Угловые зоны	j = 1	4	8	11
ниже 60м	-1.17	-0.91	-0.95	-0.97
от 60м до 90м	-1.38	-1.07	-1.11	-1.13
выше 90м	-1.53	-1.19	-1.24	-1.26

Данные таблиц 2.3–2.6 рекомендуются для использования при проектировании ограждающих конструкций фасадов корпусов К1–К4 (в них уже учтен повышающий коэффициент надежности по ветровой нагрузке $\gamma=1.4$).

3. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕТРОВАЯ КОМФОРТНОСТЬ ПЕШЕХОДНЫХ ЗОН

Вопрос определения комфортности пешеходных зон не имеет устоявшейся однозначной трактовки ни в нормативных документах, ни в технической литературе. Анализ отечественных и мировых научно-технических источников позволяет выделить два сопряженных подхода. Один – трактует комфортность пешеходных зон с позиций суммарной длительности в течение года ветров любого направления, имеющих скорость больше некоторых условных пороговых уровней V_{cr} [3, 16–18, 25–26]. Другой – с позиций влияния застройки на усиление скорости ветра любой силы по сравнению с отсутствием этой застройки [19 –24]. На практике применяются оба этих подхода, первый из них именуется как «динамическая ветровая комфортность», второй – как «относительная ветровая комфортность»⁹.

3.1 Согласно «Временным рекомендациям» МДС 20-1.2006 [3] различают три уровня комфортности пешеходных зон по критерию

$$T_c(V_{cr}) < T_{lim} \quad (3.1)$$

где T_{lim} – предельно допустимое суммарное время за год, в течение которого скорость ветра V на высоте 1.5 м превышает критическое значение V_{cr} для каждого уровня комфортности I–II–III по табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Уровни комфортности [3]

Уровень	I	II	III
V_{cr} [м/с]	6	12	20
T_{lim} , [ч/год]	1000	50	5

Чтобы применять критерий (3.1) на практике, необходимо иметь статистическую функцию распределения $T_c(V)$ суммарной продолжительности за годовой период ветровых порывов, имеющих

⁹ В ТЗ по Договору предусмотрен расчет относительной комфортности.

скорость больше, чем V на высоте $z=1.5$ м над строительной площадкой, причем такая статистика необходима отдельно для всех основных азимутов ветра. Для этого требуются исходные данные многолетних метеонаблюдений, представленные в виде розы ветров по направлению и таблиц повторяемости распределения ветра по скоростям в окрестности строительной площадки, а также – результаты аэродинамических исследований распределений скорости и интенсивности турбулентности воздушных потоков на территории застройки. Изложенные в [3, 17] теоретические методики расчета уровней комфортности по критерию (3.1) затруднительно применять практически, поскольку в них используются статистические гипотезы, имеющие неопределенное отношение к результатам аэрофизического и компьютерного моделирования. Например, рекомендуется, но не ясно как, определять «плотность распределения функции порывистости» «на основе результатов модельных испытаний площадки строительства в специализированных аэродинамических трубах» [17].

В работах [25–26] имеются предложения по методике применения данных CFD-моделирования турбулентных ветровых потоков на территории застройки для получения оценок T_c и выявления зон дискомфорта по критерию (3.1). Но в целом вопрос остается еще дискуссионным, тем более, что практическая полезность информации в соответствии с табл. 3.1 также не очевидна. Не ясно, как эта информация может быть использована практически, если неизвестно направление, откуда ожидать соответствующего сильного ветра.

3.2 Для практики часто более важен вопрос о влиянии проектируемых архитектурных конфигураций на усиление скорости ветров на территории нового строительства по сравнению со скоростью настилающего ветра. Так еще в руководстве [19] отмечалось, что критерием оптимальности архитектурно-планировочной композиции застройки в условиях

повышенных скоростей ветра является такое ее решение, при котором практически вся площадь территории застройки характеризуется коэффициентом скорости ветра, равным 0.1—0.5 от исходной скорости ветра ($K=1$); в условиях низких скоростей ветра критерием оптимальности является такое планировочное решение, при котором коэффициент скорости ветра равен 0,5 –1. Критериями оценки степени комфортности ветрового режима служат биолого-гигиенические нормативы и коэффициенты скорости ветра K (величина характеризующая отношение скорости ветра в районе строительства к скорости ветра по данным расположенной вблизи метеостанции). Актуальность этих положений не утрачена до настоящего времени. В работе [21] дается прямое определение «коэффициента усиления скорости ветра» U/U_0 как отношения локальной средней скорости ветра (U) к средней скорости ветра в той же точке, но без присутствия зданий (U_0). В работе [20] величина коэффициента усиления ветра интерпретируется как прямое указание на влияние зданий при определении ветровой комфортности пешеходных зон. В работах [22-24] обсуждаются методы и результаты применения CFD моделирования для расчета распределений коэффициента локального усиления ветра в области пешеходных зон различных территорий застройки и, собственно, введен термин «относительная ветровая комфортность»¹⁰. Таким образом, вопрос исследования относительной ветровой комфортности – это вопрос нахождения распределений коэффициента усиления ветра на территории застройки.

Следуя [24], обозначим

$$Q(x, y) = |\mathbf{V}|/U \Big|_{z=1.5\text{ м}} \quad (3.2)$$

Безразмерный параметр Q характеризует степень отклонения местной скорости ветра на территории застройки от скорости настилающего ветра¹¹ на высоте $z=1.5$ м. Если на строительной площадке нет зданий, то, очевидно,

¹⁰ Т.е. зоны с пониженным значением коэффициента усиления ветра под влиянием возводимых зданий.

¹¹ По сути Q – это и есть коэффициент локального усиления ветра [19-23].

$Q = 1$ при любом направлении и скорости ветра. После возведения зданий, распределение Q будет неоднородным, зависящим от направления настилающего ветра и расположения точки наблюдения относительно блоков комплекса. В зонах, где $Q < 1$, местная скорость воздушных масс меньше скорости настилающего ветра, а там, где $Q > 1$, – превышает эту скорость.

Распределение $Q(x, y)$ по территории застройки можно определять по результатам виртуальных (компьютерных) экспериментов. Зоны, в которых этот критерий неравномерности $Q(x, y)$ оказывается значительно большим единицы, можно охарактеризовать как зоны относительного дискомфорта. Согласно [20] это зоны, в которых¹²

$$Q > 1.4 \quad (3.3)$$

в этих зонах ветровой напор существенно превышает фоновое значение (в быту такие зоны называют «сифон»), они часто возникают в районе сквозных арок или между близко стоящими зданиями (эффект Вентури).

Современные компьютерные технологии инженерного анализа позволяют рассчитывать безразмерный параметр относительной комфортности (3.2) практически для любой конфигурации комплекса зданий. Распределение этого параметра характеризует влияние элементов застройки на возможность усиления фонового ветра, проникающего на территорию комплекса по тому или иному направлению. Количественно параметр Q представляет собой коэффициент усиления или ослабления средней составляющей настилающего ветра на высоте точки наблюдения.

3.3 Распределения $Q(x, y)$ на территории застройки определялись по результатам виртуальных (компьютерных) экспериментов. Зоны, в которых этот критерий неравномерности $Q(x, y)$ оказывается значительно большим единицы, можно охарактеризовать как зоны относительной не комфортности [20]. В этих зонах скорость ветра существенно превышает фоновую. На

¹² Увеличение скорости ветра в 1.4 раза означает удвоение ветрового давления (скоростного напора).

рис. 3.2,а–рис. 3.9,а построены диаграммы распределения параметра Q на территории комплекса с учетом влияния элементов ближней застройки при различных β , рис. 3.1. При этом дополнительную полезную информацию, характеризующую ветровую комфортность территории, дает также расчетное векторное поле направлений ветровых потоков, позволяющее выявлять проточные и застойные зоны (представлены там же на рис. 3.2,б–рис. 3.9,б).

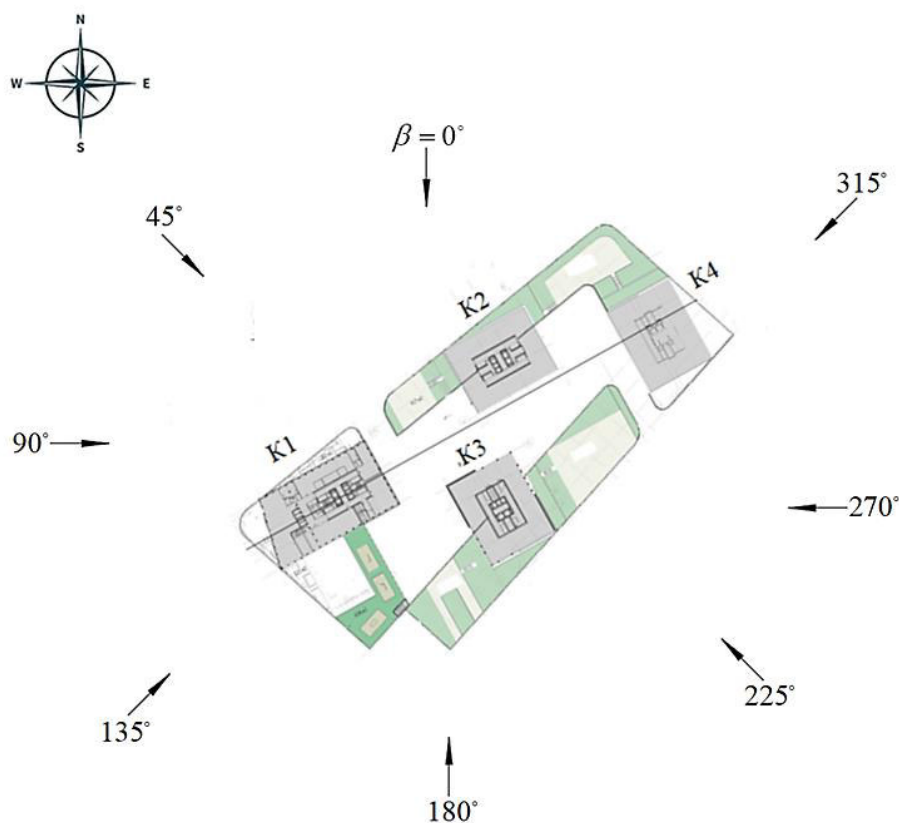
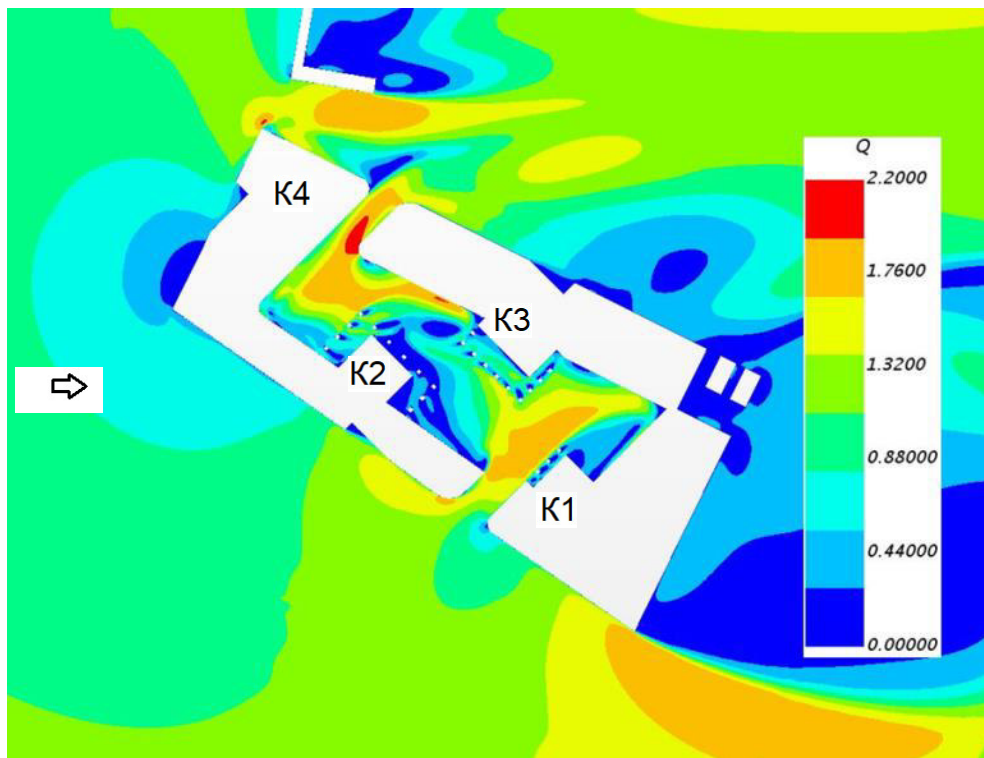
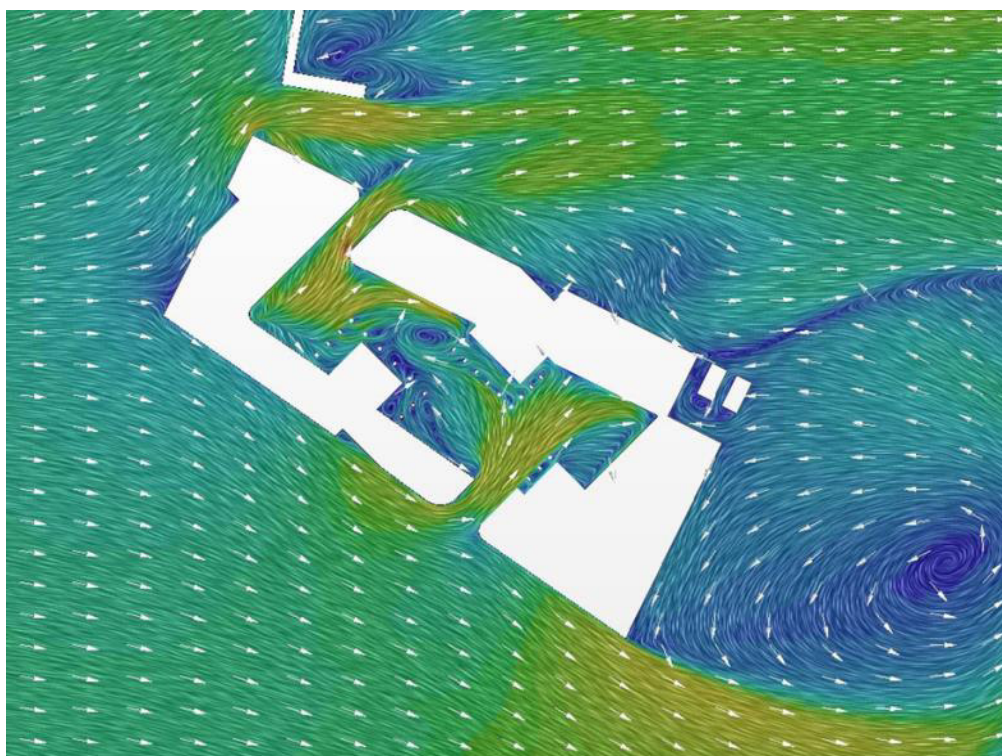


Рис. 3.1 Направления ветра при расчетах поля вектора скорости и критерия Q на территории объекта

Примечание – На всех картинах визуализации рис. 3.2 – рис. 3.9 направление настилающего ветра принято слева направо. Соответственно, положение корпусов комплекса последовательно поворачивается на угол 45° по β (рис. 3.1).

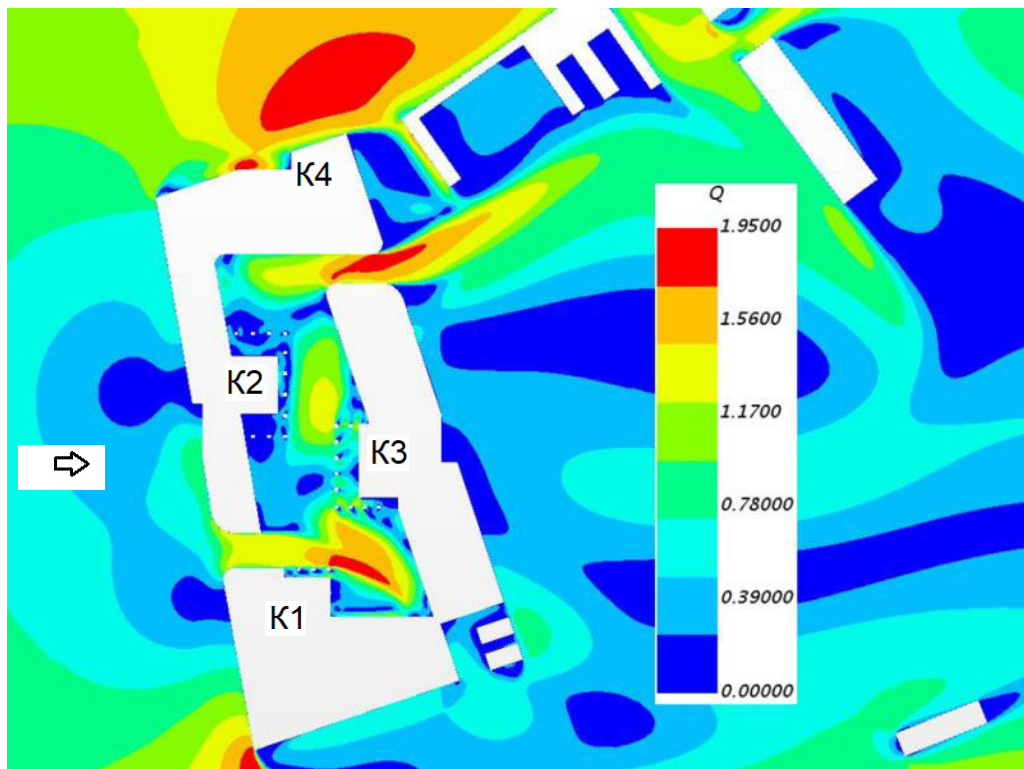


а

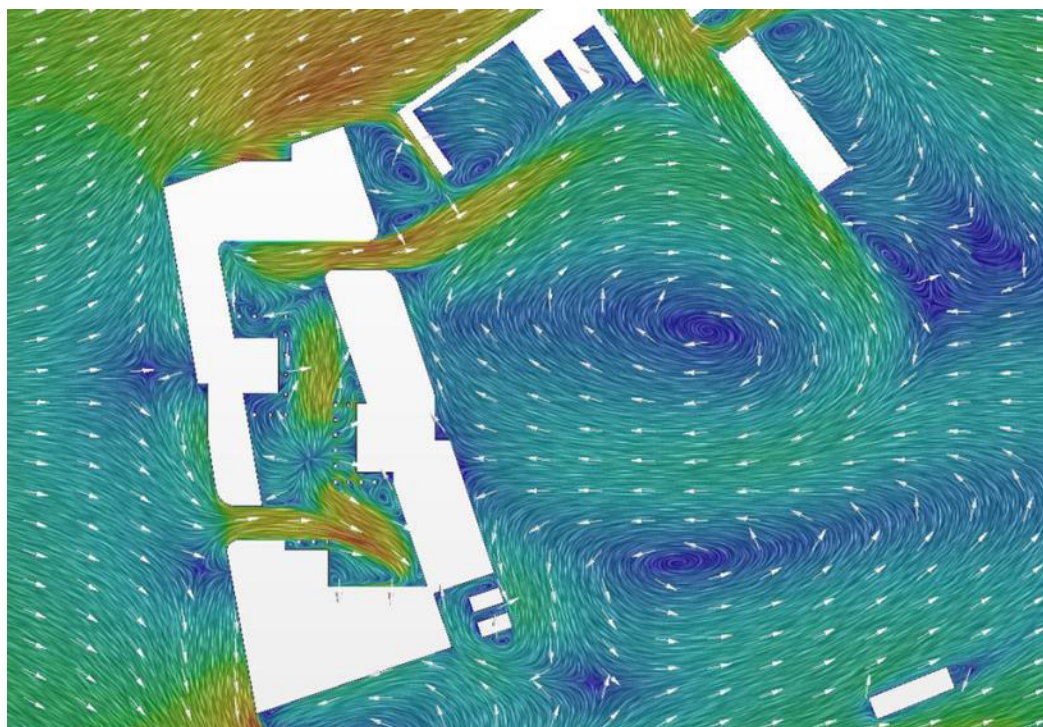


б

Рис. 3.2 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 0^\circ$:
а – критерий Q; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

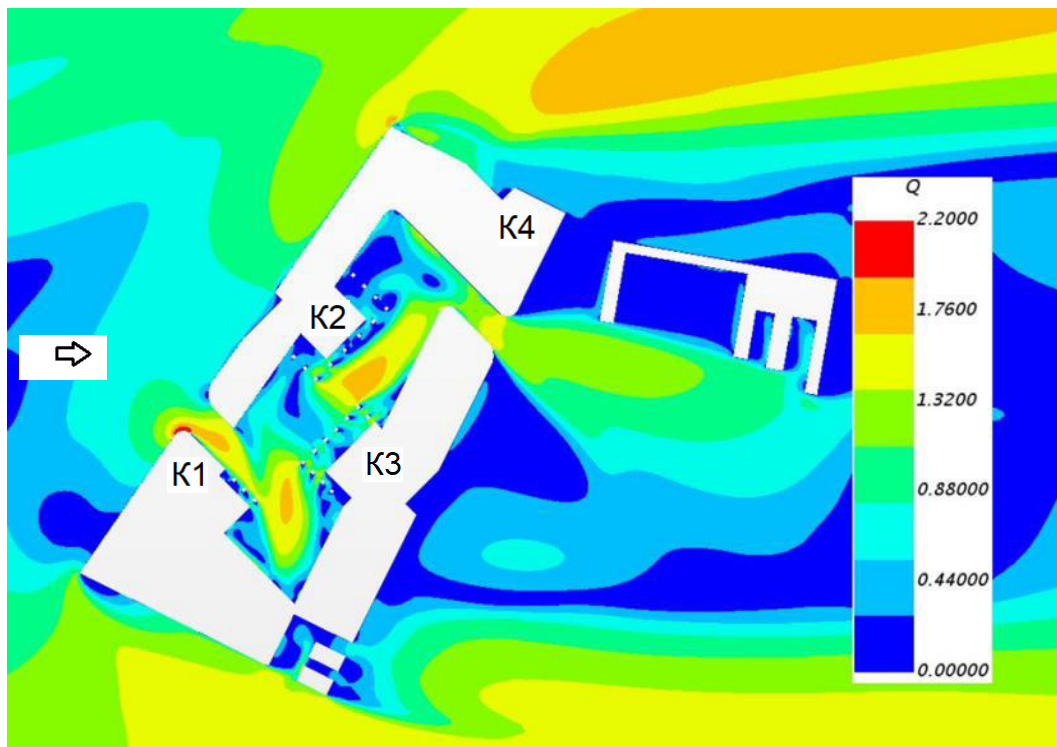


а

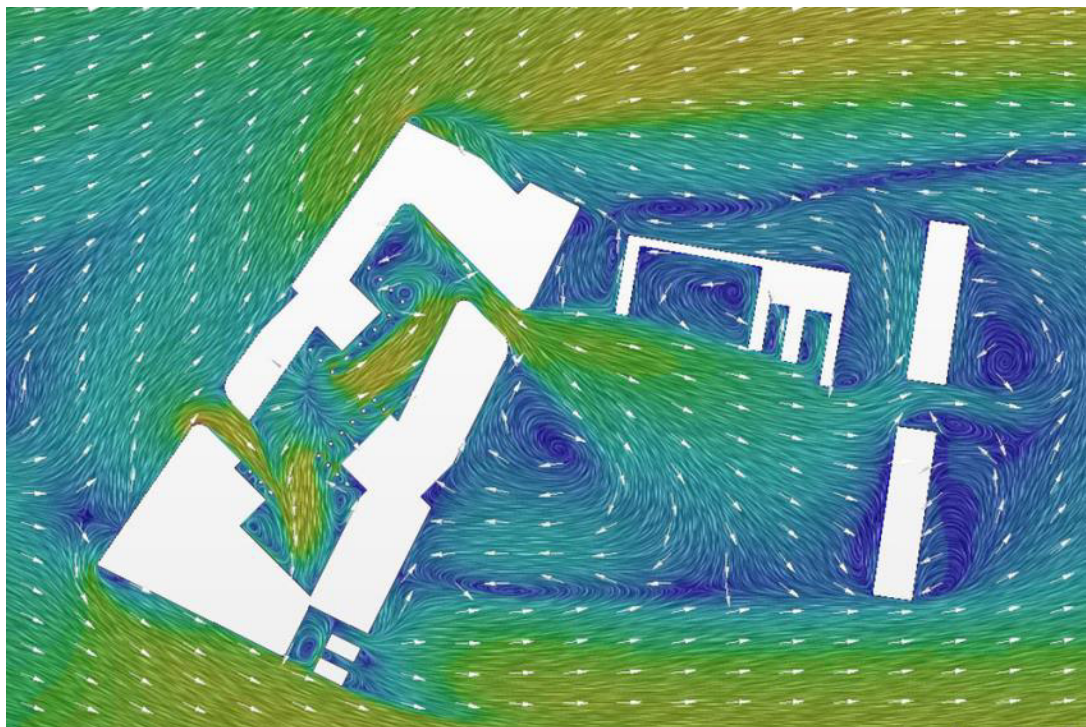


б

Рис. 3.3 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 45^\circ$:
а – критерий Q; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

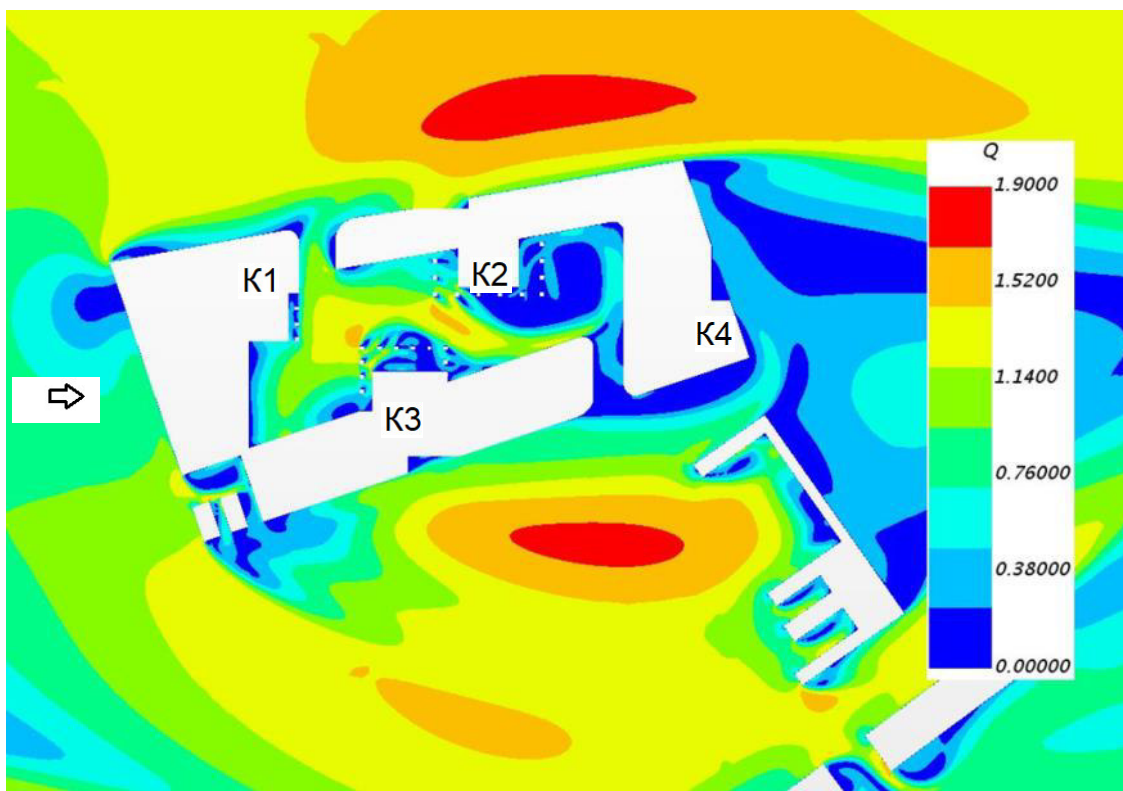


а

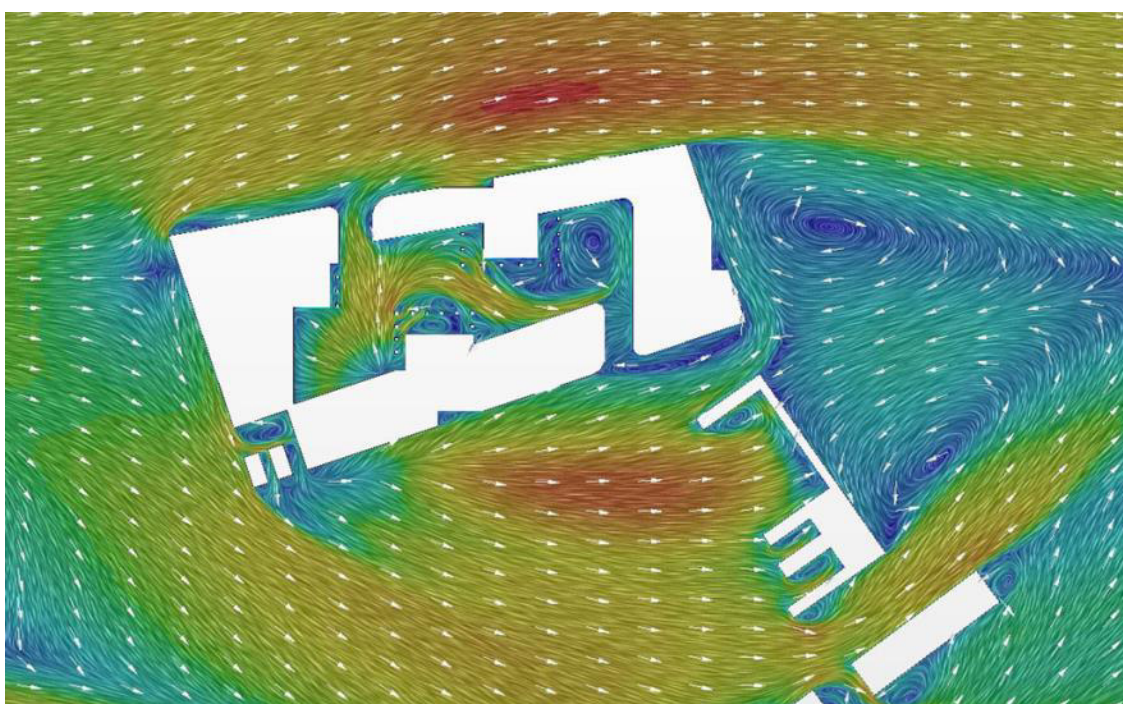


б

Рис. 3.4 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 90^\circ$:
 а – критерий Q ; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

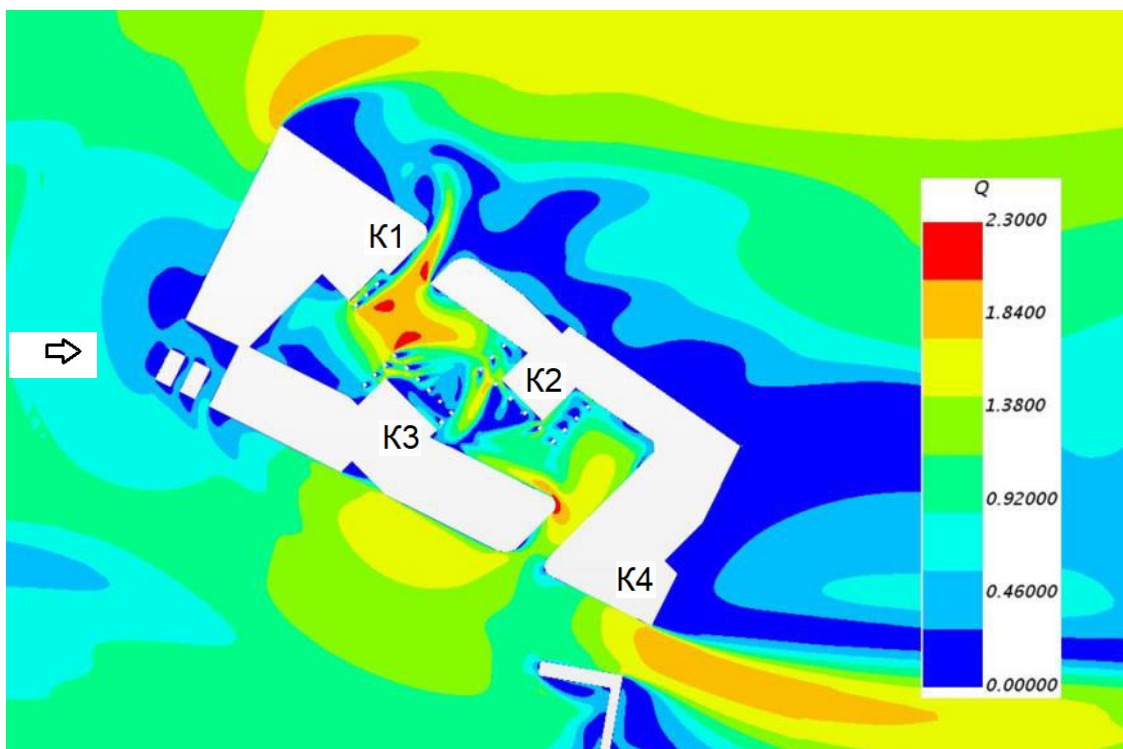


а

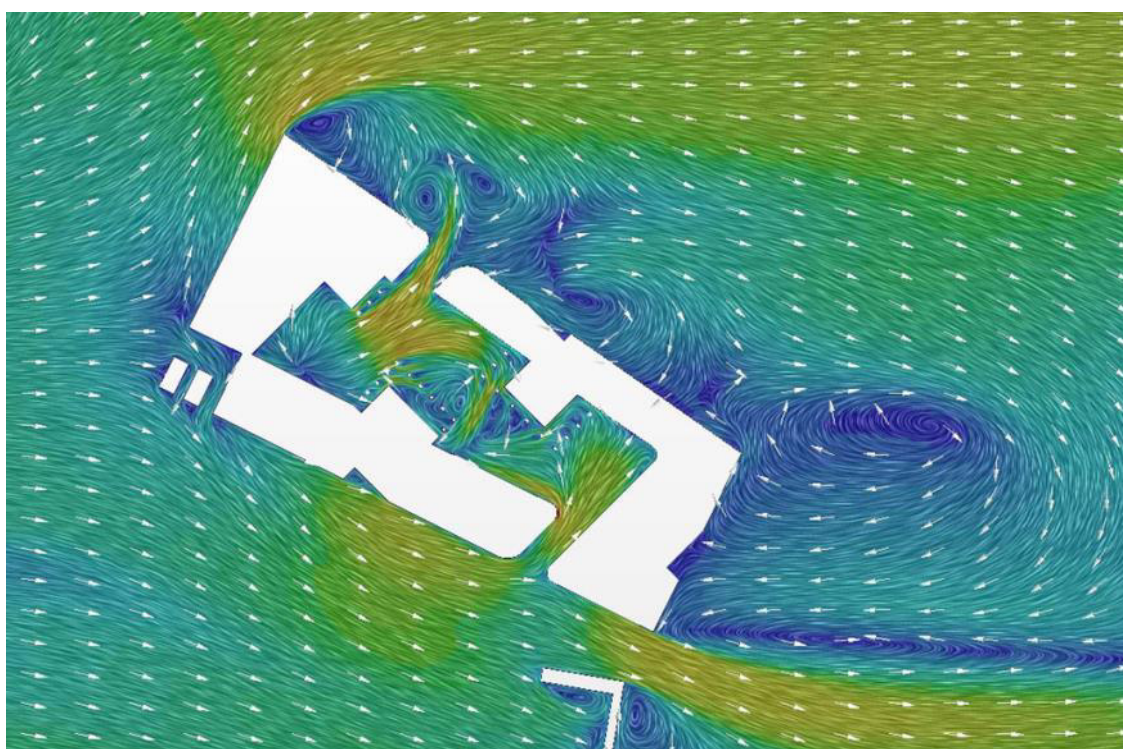


б

Рис. 3.5 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 135^\circ$:
 а – критерий Q ; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

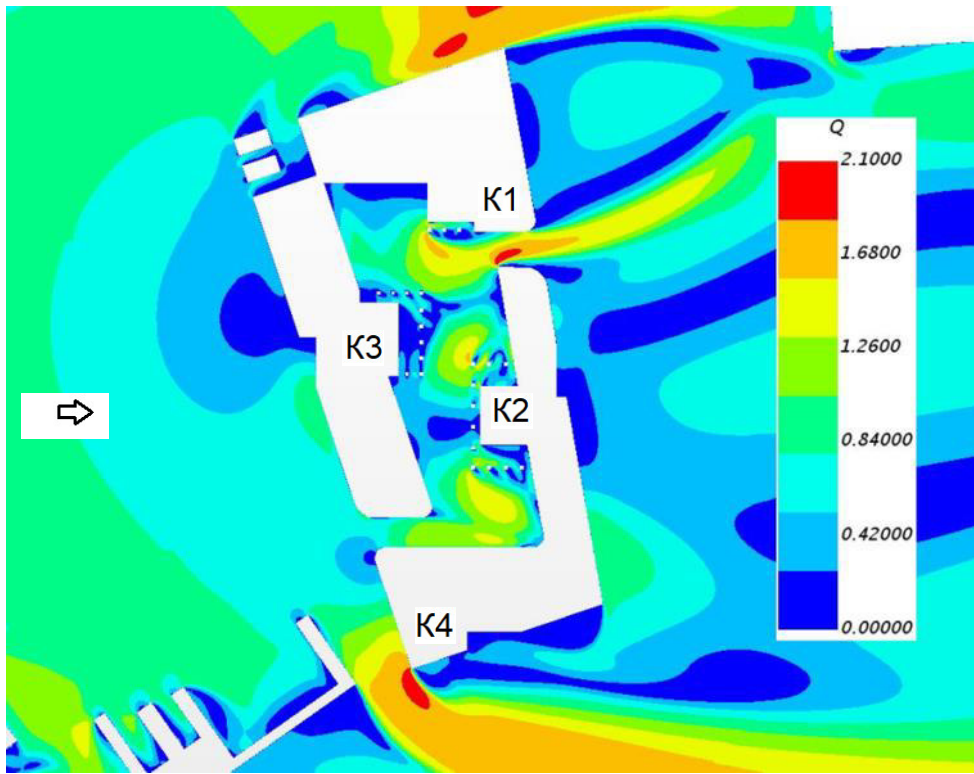


а

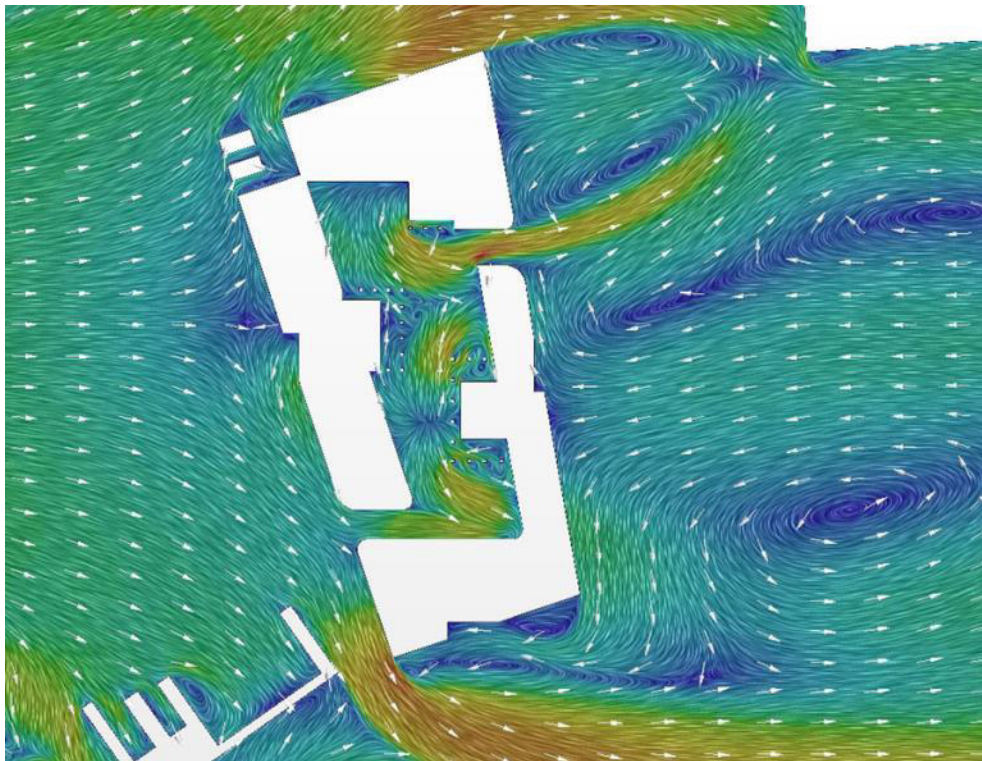


б

Рис. 3.6 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 180^\circ$:
 а – критерий Q ; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

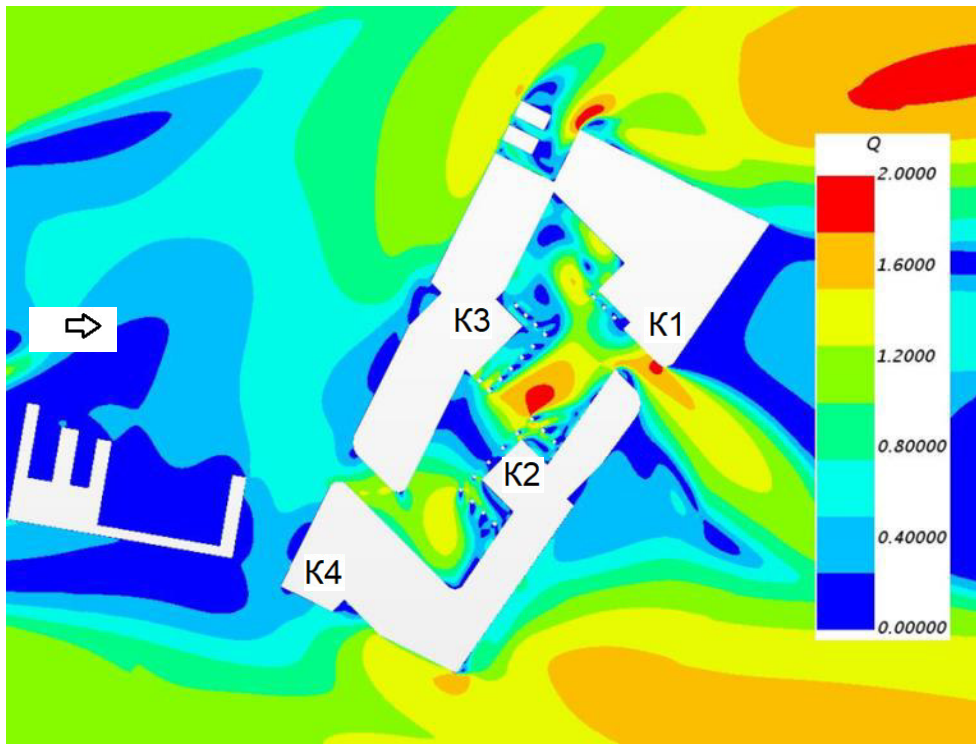


а

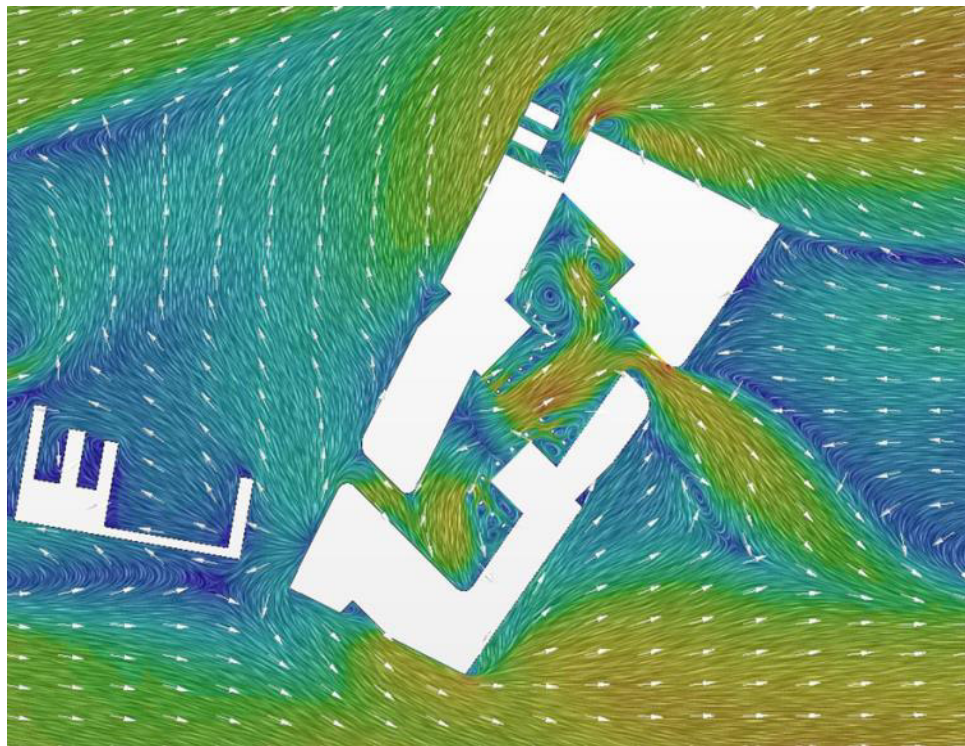


б

Рис. 3.7 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 225^\circ$:
а – критерий Q ; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

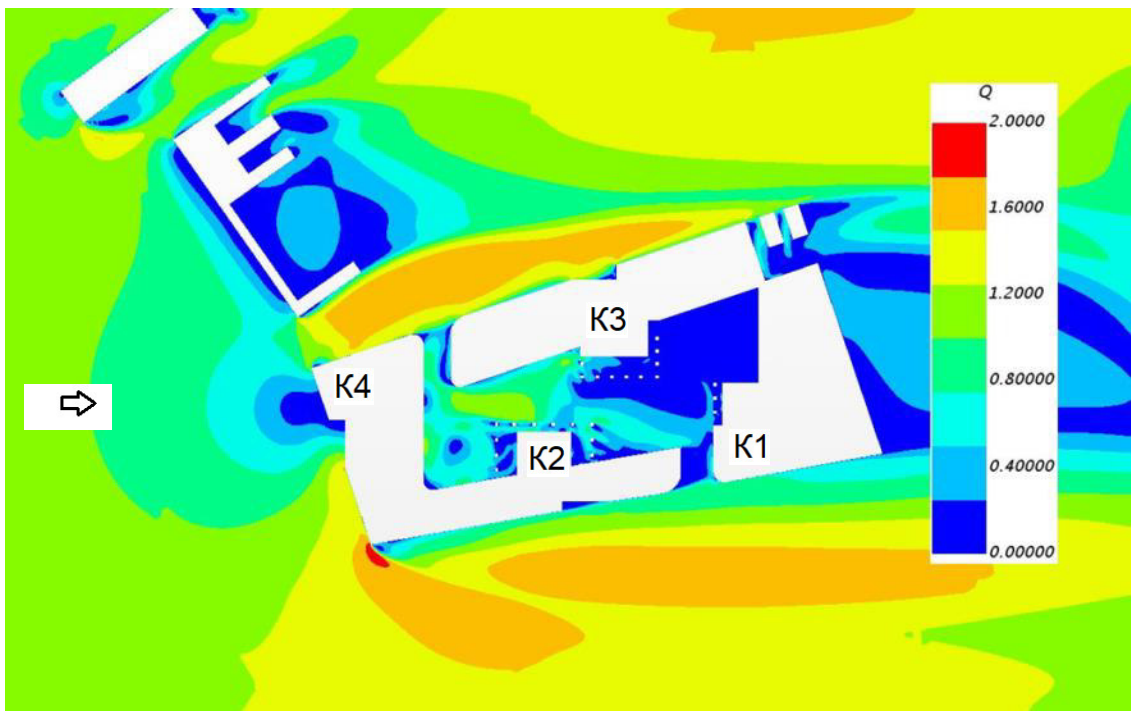


a

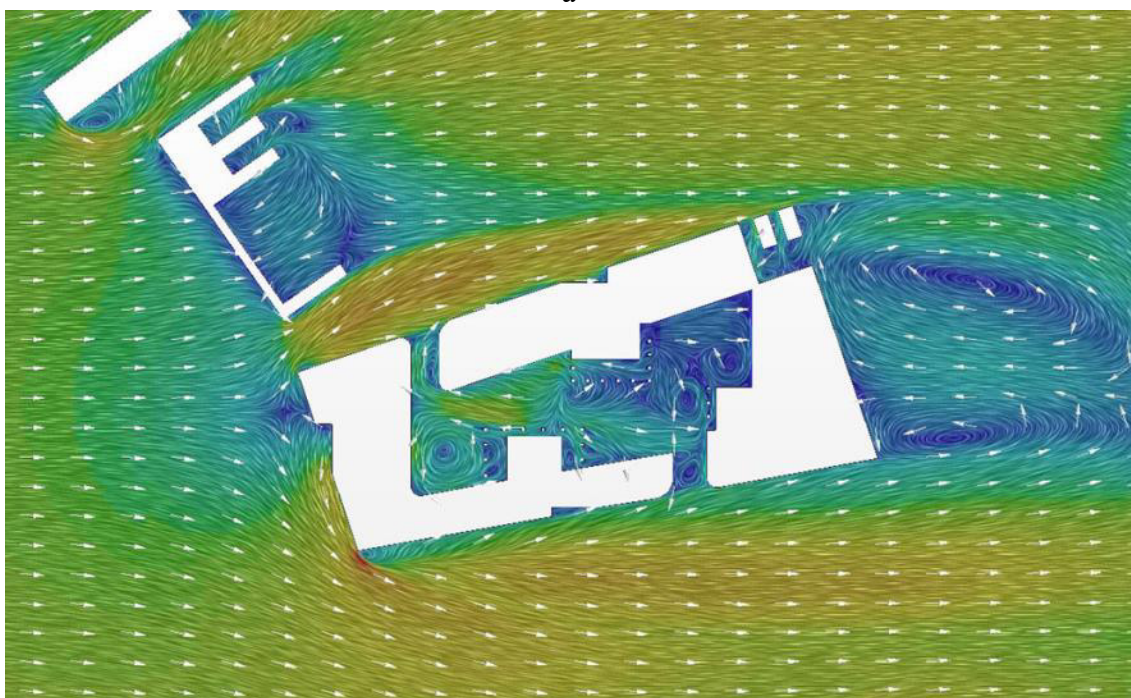


б

Рис. 3.8 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 270^\circ$:
 а – критерий Q ; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости



а



б

Рис. 3.9 Распределение ветровых потоков на расстоянии 1.5м над землей при $\beta = 315^\circ$:
а – критерий Q ; б – поле горизонтальной составляющей вектора скорости

Представленные на рис. 3.2а–3.9а распределения критерия Q показывают наличие на территории комплекса зон преимущественного

ослабления или усиления настилающего ветра. Сопутствующие векторные поля скорости для указанных распределений дают представление о местных направлениях ветра в зонах его усиления под действием элементов застройки. Это особенно важно для учета случаев возможного аномального усиления ветра, например, при ураганах и т.п. [20, 24].

На большинстве внутренней территории комплекса наблюдается преимущественное ослабление ветра по сравнению с основным ветровым фоном (рис. 3.5, 3.7, 3.9). Значительное усиление ветра происходит, в основном, лишь в узких протоках к северо-востоку от корпуса К1 и к юго-западу от корпуса К4. Эти протоки обозначены на рис. 3.10 римскими цифрами I и II соответственно.

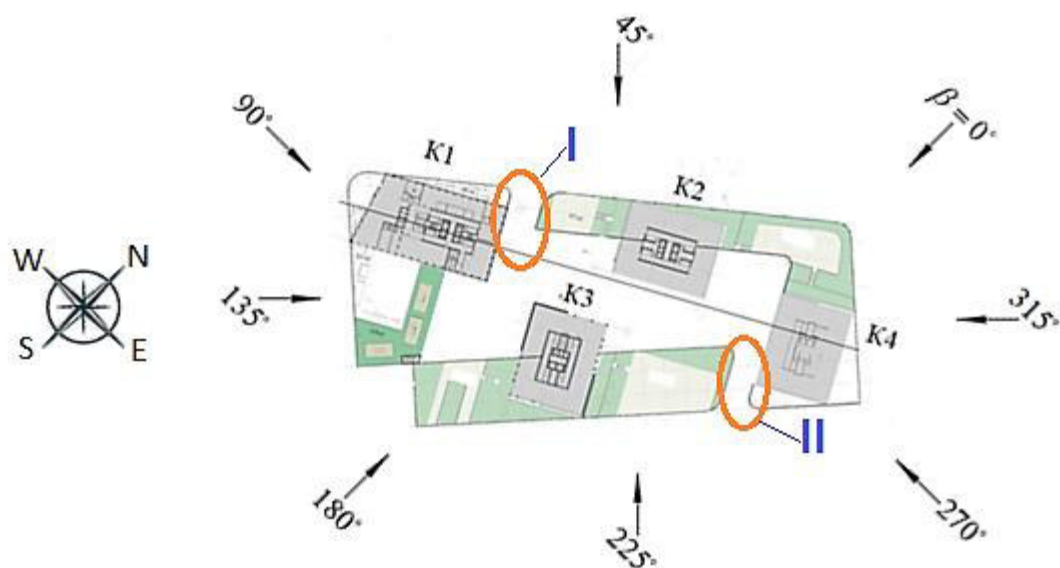


Рис. 3.10 Критические зоны преимущественного усиления ветра

Наибольшая частота превышения нижней границы относительного дискомфорта (1.4) наблюдается в зоне протока I, где превышение происходит для 75% направлений ветра (в зоне II такое превышение наблюдалась для 30% направлений настилающего ветра). Детализация расчетных значений критерия Q и сопутствующего векторного поля направлений ветра в зоне дискомфорта I даны на рис.3.11.

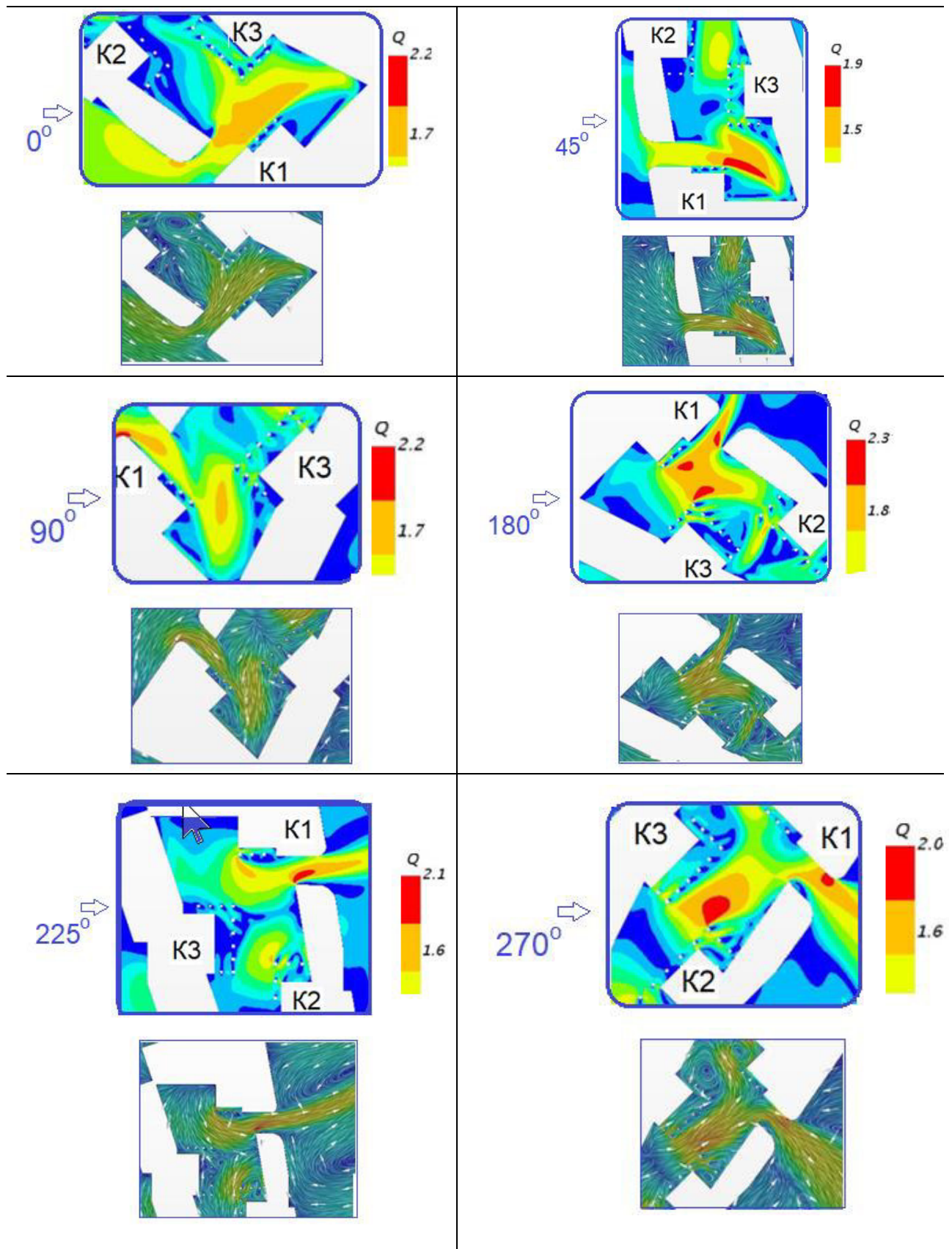


Рис. 3.11 Детализация значений относительной интенсивности и направлений местных ветров в критической зоне I (рис. 3.10)

Эти данные (рис. 3.11) дают проектировщику возможность обоснованного выбора возможных расположений малых препятствий ветровым потокам в окрестности зоны I для снижения или предотвращения в ней дискомфорта. Такими препятствиями¹³ могут быть зеленые насаждения с плотностью загромождения порядка 30-50% и/или различные формы решетчатых или сплошных ограждений, в том числе – рекламных конструкций, беседок, торговых точек и т.п.

¹³ Какая либо дальнейшая конкретизация возможных загромождений этого рода выходит за рамки аэродинамического исследования ветровых нагрузок, являвшегося целью настоящей работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом комплексного аэрофизического (в аэродинамической трубе) и математического (CFD) моделирования определены распределения средних и пиковых ветровых нагрузок на фасадах объекта при различных направлениях настилающего ветра с учетом аэродинамической интерференции корпусов между собой и с элементами ближней застройки. Итоговые результаты представлены в виде таблиц и графиков распределений ветровых нагрузок на фасадах корпусов К1, К2, К3, К4. Учтены следующие воздействия ветра:

- средняя и пульсационная составляющие расчетной ветровой нагрузки;
- пиковые значения ветровой нагрузки.

Критические направления настилающего ветра, при которых фактически достигаются экстремальные суммарные нагрузки по основным осям зданий, даны в таблице 2.1.

Соответствующие *рекомендации* по назначению аэродинамических коэффициентов расчетных ветровых нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании *несущих* конструкций зданий комплекса, представлены в *таблице 2.2*, а также – в виде картин визуализации (приложение В) и подробных табличных зависимостей базового аэродинамического коэффициента C_m по азимутам ветра на интервале 0° – 360° с шагом 5 градусов (приложение Б).

Максимальный скручивающий момент M_z нормативной суммарной ветровой нагрузки не превышает:

$$M_z = 7.0 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К1}$$

$$M_z = 5.2 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К2}$$

$$M_z = 6.4 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К3}$$

$$M_z = 2.7 \text{ мН м} \text{ – для корпуса К4}$$

Рекомендации по назначению расчетных *пиковых* ветровых нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании *ограждающих* фасадных систем, определены для характерных рядовых и угловых зон фасадов корпусов и представлены в виде сводных таблиц:

- таблица 2.2.3а,б,в– для корпуса К1;
- таблица 2.4а,б,в – для корпуса К2;
- таблица 2.5а,б,в – для корпуса К3;
- таблица 2.6а,б,в – для корпуса К4.

Определены расчетные распределения ветровых потоков на территории объекта, влияющие на ветровую комфортность пешеходных зон. Показано наличие и расположение на территории комплекса зон преимущественного усиления и ослабления настилающего ветра (рис. 3.2–3.9), определяющих уровень *относительной* ветровой комфортности. На большинстве внутренней территории комплекса наблюдается преимущественное ослабление ветра по сравнению с основным ветровым фоном. Выявлены зоны возможного относительного дискомфорта – они локализуются в узких протоках к северо-востоку от корпуса К1 (зона I) и к юго-западу от корпуса К4 (рис.3.10). Наибольшая частота превышения уровня нижней границы диапазона (1.4) относительного дискомфорта наблюдается в зоне I (рис.3.10), где указанное превышение происходит для 75% направлений ветра. Дана детализация расчетных значений критерия Q и сопутствующего векторного поля направлений ветра в зоне дискомфорта I (рис.3.11)¹⁴. Для устранения данных эффектов *рекомендуется предусмотреть* проектом малые архитектурные формы и насаждения.

Для исключения возможности возникновения *резонансного* вихревого возбуждения проектная конструктивная жесткость высотных башен комплекса должна обеспечить низшую частоту собственных поперечных упругих колебаний не менее 0.105 Гц (приложение Г).

¹⁴ Проектировщику это предоставляет возможность обоснованного выбора расположений малых препятствий ветровым потокам в окрестности зоны I для снижения или предотвращения в ней относительного ветрового дискомфорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свод правил СП 20.13330.2011/2016 «Нагрузки и воздействия».
2. ГОСТ Р 56728-2015 – «Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции». – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2015. Код ОКС 91.080.01. – 12 с.
3. МДС 20-1.2006. Временные нормы по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве. МДС-20-1.2006/ ФГУП «НИЦ Строительство». – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 27 с.
4. American Society of Civil Engineers. Minimum design loads for buildings and other structures. ANSi/ASCE 7-95. ASCE. New York. 1998.
5. Табунщиков Ю.А., Шилкин Н.В. Аэродинамика высотных зданий // АВОК. 2004. №8.
6. Wind Engineering – Building Aerodynamics/ Force Technology. www.force.dk.
7. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. М.: Стройиздат. 1984. – 360 с.
8. Ветровая нагрузка на сооружения. Г.А. Савицкий – М.: Издательство литературы по строительству 1972. – 110 с.
9. Гувернюк С.В., Гагарин В.Г. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий. // Журнал АВОК. 2006. №8 стр. 18-24; 2007 №1 стр. 16-22.
10. Аэродинамические установки Института механики Московского университета./ Под ред. Г.Г. Черного, А.И. Зубкова, Ю.А. Панова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 44 с.
11. A Modern Course in Aeroelasticity. / Fourth Revised and Enlarged Edition. / Editors: Earl H. Dowell / Solid mechanics and its applications – Boston, London: Kluwer Academic Publishers-Dordrecht, 2005. Vol. 116. – 781 pages.
12. СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования».
13. Исаев С.А., Баранов П.А., Жукова Ю.В. и др. Моделирование ветрового воздействия на ансамбль высотных зданий с помощью многоблочных вычислительных технологий // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87, № 1. С. 107–118.
14. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Кубенин А.С. О достоверности компьютерных прогнозов при определении ветровых воздействий на здания и комплексы. // Жилищное строительство, 2014. № 7. С. 3–8.
15. H.W. Tieleman, R.E. Akins. Mean and fluctuating pressure distributions rectangular prisms immersed in a variety of turbulent shear flows. AIAA/ASME/SIAM/APS , Ist National Fluid Dynamics Congress, July25-28, 1998,v.2, p. 1749-1756. Cincinnati, OHIO.

16. N.A. Popov, V.I. Travush, M.A. Berezin. " Pedestrian Wind Comfort Study for Moscow International Business Center ", IV Symposium Environmental Effects on Buildings and People - Actions, influences, interactions, discomfort; Susiec, POLAND, 16-18 June 2004. p. 91 – 94.
17. МГСН 4.19-05 «Многофункциональные высотные здания и комплексы»
18. H. Koss, J. Sahlmen. Methods in pedestrian wind comfort assessment; theoretical and practical comparison", in "Impact of Wind and Storm on City life and Built Environment", Proceeding of the Workshop, June 3rd – 4th 2002 NANTES (France). p. 70–89.
19. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки//ЦНИИП градостроительства. – М.: Стройиздат,1986. 59 с.
20. Blocken B, Carmeliet J, Stathopoulos T. CFD evaluation of the wind speed conditions in passages between buildings – effect of wall-function roughness modifications on the atmospheric boundary layer flow // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2007. – 95(9-11): Pp 941-962.
21. Blocken B, Stathopoulos T, Carmeliet J. Wind environmental conditions in passages between two long narrow perpendicular buildings // Journal of Aerospace Engineering, 2008 – ASCE 21(4): 280-287.
22. J. Steer, S. W. Li, N. Morcom, S. Jucius, F. Ghanadi and M. Arjomandi. Pedestrian-level wind conditions around buildings for wind comfort assessment. In: School of 21st Australasian Fluid Mechanics Conference Adelaide, Australia 10-13 December 2018 – Mechanical Engineering University of Adelaide, Adelaide, South Australia 5005, Australia.
23. Blocken, B., Stathopoulos, T., and van Beeck, J. P. A. J. Pedestrian-level wind conditions around buildings: review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment // Building and Environment, 2016. – 100. Pp 50-81. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.02.004.
24. Гувернюк С. В., Кубенин А. С. К оценке относительной комфортности пешеходных зон на территории высотной застройки // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XVI Межд. науч. конф., 16–29 сентября 2018 г. (Флоренция). — ВолгГМУ Волгоград, 2018. — С. 21–27.
25. J.A Wisse, H.W. Krus, F. Willemsen. Wind comfort assessment by CFD, in "Impact of Wind and Storm on City life and Built Environment", Proceeding of the Workshop, June 3rd – 4th 2002 NANTES (France). p. 154–163.
26. Белостоцкий, А., Афанасьева, И.; Ланцова, И. Оценка пешеходной комфортности на основе численного моделирования ветровой аэродинамики зданий в окружающей застройке.// IJCCSE 2019. – 15(2). С. 24-39.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Оборудование и программное обеспечение

А.1 Описание аэродинамической трубы А-6

Установка А-6¹⁵ НИИ механики МГУ одноканальная, с замкнутым контуром (рис. А.1). Открытая рабочая часть имеет длину 4 м и эллиптическое поперечное сечение с размерами главных осей 2.34 м и 4 м (площадь поперечного сечения 7.2 м²). Максимальная скорость потока при наличии модели – 55 м/с.

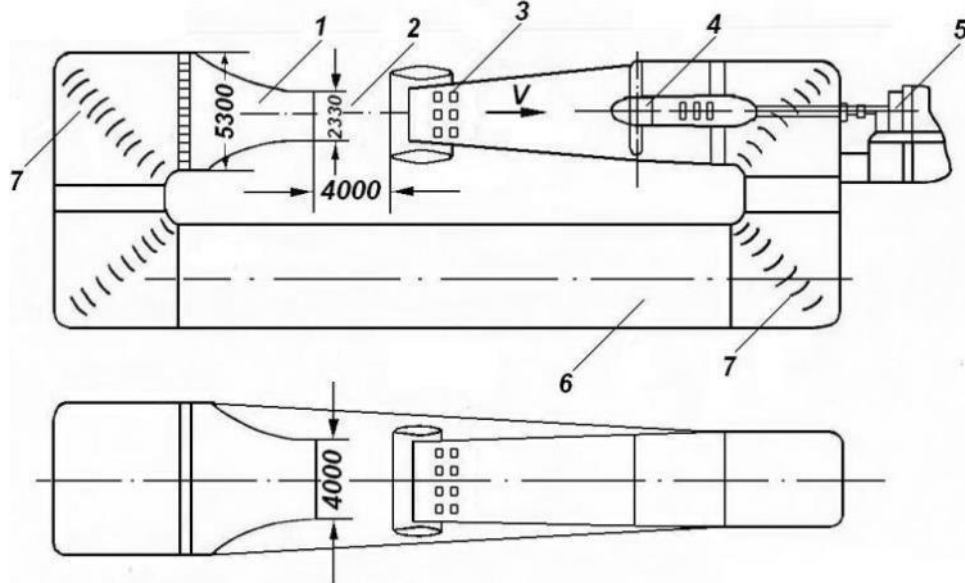


Рис. А.1 Схема трубы А-6 НИИ механики МГУ: 1 – сопло, 2 – рабочая часть, 3 – диффузор, 4 – вентилятор, 5 – двигатель постоянного тока, 6 – обратный канал, 7 – поворотные лопатки.



Рис. А.2 Контрольная модель на рабочем столе в аэродинамической трубе А-6 (на заднем плане – двухслойный экран переменной воздухопроницаемости для формирования неравномерного по высоте профиля скорости потока)

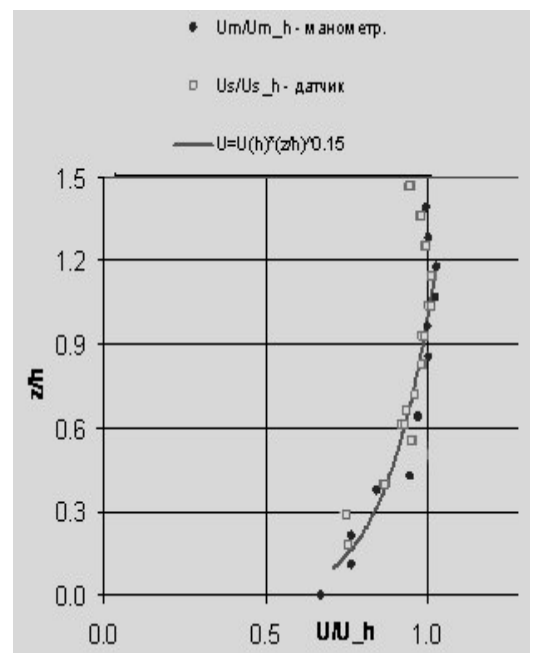


Рис. А.3

¹⁵Труба имеет сертификат ГЦИ СИ ЦАГИ 7-35/16.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н.Е. Жуковского
ГЦИ СИ ЦАГИ

СЕРТИФИКАТ О КАЛИБРОВКЕ № 7-35/16

Действительно до
«27» апреля 2021 г.

Средство измерений Установка аэродинамическая А6

заводской номер №08

принадлежащее НИИ механики МГУ

наименование юридического лица, индивидуального предпринимателя, ИНН

откалибровано в соответствии с методикой МИ 2000-89

наименование и обозначение документа, на основании которого проведена поверка

с применением эталонов приемника давления ПД-53 №61,

наименование, заводской номер, разряд, класс или погрешность

микроманометра МКВ-250 №5126

при следующих значениях влияющих факторов: температура окружающего воздуха 20,3°С,

приводит перечень влияющих факторов,

относительная влажность воздуха 46,0 %, атмосферное давление 100,2 кПа

с указанием их значений

и на основании результатов калибровки (см. на обороте) признано пригодным к применению для проведения учебно-научных и прикладных исследований аэродинамических характеристик объектов.

Калибровочное клеймо



Заместитель руководителя
ГЦИ СИ ФГУП «ЦАГИ»

подпись

В.К. Маскаев
инициалы, фамилия

«27» апреля 2016 г.

Рис. А.4 Сертификат ГЦИ СИ ЦАГИ

При отсутствии загромождений в рабочей части неравномерность поля не превышает $\pm 0.5\%$, скос потока в горизонтальной и вертикальной плоскостях не более $\pm 0.25^\circ$, градиент статического давления порядка 0.002 м^{-1} , интенсивность начальной турбулентности 0.2% . С помощью специальных решетчатых и сетчатых вставок в выходном сечении сопла (рис. А.2) можно искусственно увеличивать интенсивность турбулентности до 4% и формировать сдвиговый неравномерный профиль среднего скоростного напора в продольном направлении с различными законами изменения по высоте над уровнем горизонтального экрана, имитирующего подстилающую поверхность при испытаниях макетов строительных сооружений, рис. А.2–А.3. Толщина

регулируемого степенного участка неравномерности потока 900 мм. Труба А-6 также оснащена средствами весовых испытаний двух типов: штатными электромеханическими шестикомпонентными весами и переносными тензовесами.

А.2 Технические сведения о датчиках давления

Датчики давления– модель MPXV7002 Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated; рабочий диапазон -2 to +2 kPa; Typical Error (типичная ошибка на серию датчиков) 2.5%.

Применяется метод стабилизации показаний и градуировка каждого датчика в отдельности, что позволяет обеспечить точность датчика 5-10Па в рабочем диапазоне эксперимента (градуировка выполнялась для диапазона давлений, которое прикладывалось к датчику во время эксперимента).

Дополнительные испытания проведены с использованием (близких по характеристикам к вышеописанным) датчиков давления DUXL10DHoneywel (диапазон – -2.5 +2.5 кПа). Питание осуществляется от блока, изготовленного для работы с датчиками давления. Выходное напряжение 5 вольт, точность поддержания напряжения +/- 0,002 вольт. На рис. А.5 дан пример препарировки модели встроенными высокочастотными датчиками давления, позволяющими измерять стационарную и пульсационную составляющие ветрового давления в дренажных точках, распределенных по поверхности фасадов модели здания.

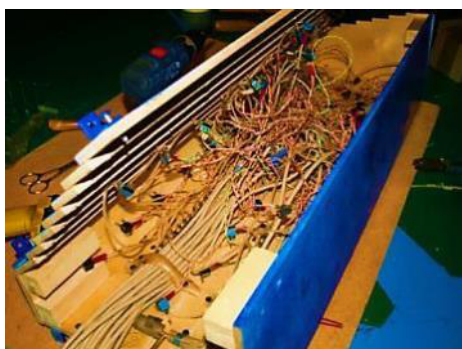


Рис. А.5

А.3 Регистрирующая аппаратура

Тензовесы и датчики давления подключаются к плате АЦП в компьютере через порт USB. АЦП – модель USB-6225 производство National Instruments; опрос по 80 каналам, дискретизация 16 bits, частота опроса до 250 kS/s.

В экспериментах используется блоки такой аппаратуры с общим количеством каналов регистрации 160 и 200.

А.4 Технические сведения о термоанемометре

При проведении анемометрических измерений скорости потока и интенсивности турбулентности используются два термоанемометра постоянной температуры 55M01 и двухнитевой датчик фирмы DISA (Дания).

А.5 Верификация физического моделирования в АДТ А-6 и математического CFD-моделирования турбулентного обтекания объектов строительной аэродинамики

Пример взаимной *верификации* применяемых методов физического и математического моделирования демонстрируется на рис. А.6, где представлены результаты расчета распределения аэродинамического коэффициента C_p на периметре горизонтального сечения контрольной модели (рис. А.2, рис. А.6,а). На графиках

рис. А.6,б,в по оси абсцисс отложена нормированная длина вдоль периметра горизонтального сечения экспериментальной модели на уровне 75% от её высоты.

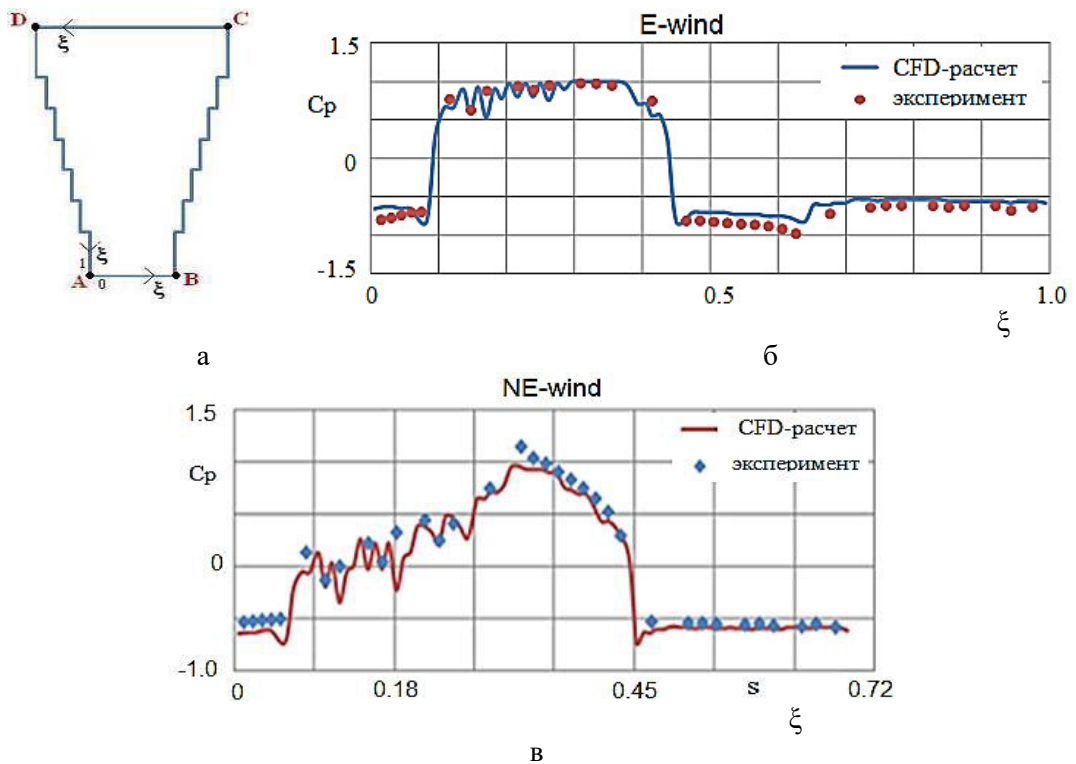



Рис. А.6




Сертификат
на программные продукты ANSYS, Inc.

Название организации:	Institute of Mechanics of Moscow State University
Номер пользовательского соглашения:	# 486345
Адрес:	1, Michurinsky Prospect, Moscow, 119992, Russia

СОСТАВ ЛИЦЕНЗИИ (на 20.02.2020)

SERVER License 0014853d2348
Products licensed in this file:
1 ANSYS Academic Research Mechanical and CFD (5 tasks) Permanent with TECS expiring 24-Dec-2019

Генеральный директор АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» Локтев Валерий Дмитриевич	
---	--



Сертификат
на право получения услуг технической поддержки TECS
на программные продукты ANSYS, Inc.

предоставлен

Название организации:	НИИ Механики МГУ
Номер пользовательского соглашения:	486345
Адрес:	119192, г. Москва, Мичуринский проспект, д. 1, (НИИ Механики МГУ)
Дата начала действия TECS:	01.08.2021
Дата окончания действия TECS:	31.07.2022

Наименование программного продукта	Количество
ANSYS Academic Research Mechanical and CFD (5 tasks)	1

Генеральный директор АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» Локтев Валерий Дмитриевич	
---	--

Рис. А.7

РИЛОЖЕНИЕ Б

Таблицы распределений C_m

В таблицах Б1-Б13 приведены экспериментальные значения базового аэродинамического коэффициента [2] $C_m = f(z_c, \beta, j)$ по результатам дренажных измерений на макете комплекса (тип ветра «В»)

Таблица Б1. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К1

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 45$ м									
	1	2	3	4	5	6	7	12	13	14
0	0.10	-0.26	-0.47	-0.41	-0.46	-0.48	-0.44	0.25	0.47	0.68
5	-0.02	-0.19	-0.40	-0.41	-0.46	-0.47	-0.43	0.30	0.52	0.71
10	-0.20	-0.17	-0.35	-0.43	-0.48	-0.48	-0.44	0.35	0.56	0.74
15	-0.42	-0.15	-0.27	-0.41	-0.46	-0.45	-0.41	0.42	0.62	0.77
20	-0.55	-0.22	-0.19	-0.42	-0.47	-0.47	-0.42	0.48	0.68	0.79
25	-0.62	-0.42	-0.14	-0.43	-0.47	-0.47	-0.43	0.56	0.74	0.82
30	-0.65	-0.46	-0.13	-0.46	-0.51	-0.50	-0.45	0.56	0.73	0.79
35	-0.64	-0.47	-0.03	-0.57	-0.61	-0.61	-0.57	0.60	0.78	0.83
40	-0.69	-0.47	0.00	-0.63	-0.67	-0.66	-0.62	0.62	0.80	0.84
45	-0.70	-0.57	-0.03	-0.61	-0.64	-0.63	-0.58	0.61	0.77	0.80
50	-0.74	-0.67	-0.08	-0.58	-0.61	-0.60	-0.56	0.62	0.76	0.78
55	-0.85	-0.87	-0.11	-0.58	-0.60	-0.59	-0.56	0.66	0.75	0.72
60	-0.93	-0.99	-0.48	-0.56	-0.57	-0.57	-0.53	0.72	0.78	0.70
65	-0.96	-1.04	-0.72	-0.59	-0.59	-0.58	-0.54	0.74	0.76	0.65
70	-0.98	-1.06	-0.95	-0.64	-0.62	-0.61	-0.56	0.76	0.74	0.60
75	-1.00	-1.06	-1.07	-0.69	-0.64	-0.64	-0.59	0.74	0.69	0.52
80	-0.93	-0.93	-1.02	-0.70	-0.60	-0.59	-0.55	0.73	0.65	0.46
85	-0.84	-0.85	-0.95	-0.67	-0.55	-0.53	-0.48	0.67	0.57	0.38
90	-0.77	-0.79	-0.89	-0.62	-0.42	-0.40	-0.34	0.60	0.47	0.27
95	-0.72	-0.73	-0.85	-0.59	-0.40	-0.37	-0.31	0.52	0.40	0.21
100	-0.56	-0.66	-0.78	-0.75	-0.40	-0.35	-0.29	0.40	0.30	0.15
105	-0.41	-0.61	-0.69	-1.08	-0.45	-0.38	-0.30	0.28	0.21	0.10
110	-0.34	-0.53	-0.59	-1.10	-0.49	-0.44	-0.40	0.16	0.13	0.05
115	-0.05	-0.38	-0.27	-0.74	-0.49	-0.49	-0.57	0.02	0.09	0.06
120	0.05	-0.04	0.00	-0.54	-0.36	-0.33	-0.34	-0.32	-0.05	0.07
125	-0.08	-0.04	-0.08	-0.26	-0.36	-0.49	-0.59	-0.50	-0.30	-0.10
130	-0.23	-0.18	-0.19	-0.18	0.04	-0.04	-0.24	-0.58	-0.50	-0.31
135	-0.38	-0.31	-0.31	-0.30	0.22	0.20	0.07	-0.60	-0.59	-0.45
140	-0.51	-0.44	-0.42	-0.42	0.25	0.25	0.18	-0.65	-0.63	-0.53
145	-0.64	-0.55	-0.51	-0.57	0.29	0.32	0.32	-0.67	-0.61	-0.56
150	-0.71	-0.61	-0.56	-0.62	0.30	0.35	0.39	-0.55	-0.57	-0.59
155	-0.81	-0.72	-0.66	-0.73	0.32	0.40	0.45	-0.59	-0.62	-0.64

160	-0.81	-0.74	-0.69	-0.74	0.36	0.44	0.51	-0.60	-0.62	-0.64
165	-0.88	-0.81	-0.77	-0.83	0.40	0.49	0.57	-0.63	-0.66	-0.67
170	-0.87	-0.81	-0.76	-0.81	0.43	0.53	0.62	-0.66	-0.68	-0.69
175	-0.93	-0.88	-0.84	-0.90	0.47	0.58	0.65	-0.71	-0.72	-0.73
180	-0.97	-0.93	-0.89	-0.93	0.50	0.61	0.66	-0.72	-0.73	-0.74
185	-1.02	-0.99	-0.95	-0.96	0.54	0.64	0.69	-0.74	-0.72	-0.73
190	-0.99	-1.10	-1.08	-1.08	0.52	0.60	0.63	-0.70	-0.70	-0.72
195	-0.89	-1.11	-1.18	-1.17	0.60	0.66	0.66	-0.70	-0.70	-0.72
200	-0.72	-0.75	-1.27	-1.29	0.61	0.65	0.63	-0.65	-0.64	-0.66
205	-0.66	-0.19	-1.08	-1.32	0.62	0.65	0.62	-0.61	-0.61	-0.62
210	-0.62	0.00	-0.74	-0.99	0.65	0.66	0.61	-0.58	-0.58	-0.58
215	-0.63	0.07	-0.68	-0.83	0.68	0.67	0.60	-0.59	-0.60	-0.59
220	-0.63	0.06	-0.73	-0.97	0.70	0.71	0.64	-0.59	-0.60	-0.59
225	-0.62	-0.17	-0.96	-1.11	0.63	0.67	0.62	-0.58	-0.59	-0.59
230	-0.61	-0.56	-1.18	-1.24	0.63	0.65	0.59	-0.53	-0.54	-0.54
235	-0.72	-0.88	-0.89	-0.87	0.70	0.72	0.65	-0.41	-0.43	-0.46
240	-0.78	-0.70	-0.66	-0.64	0.71	0.74	0.64	-0.38	-0.41	-0.45
245	-0.74	-0.67	-0.61	-0.59	0.69	0.76	0.65	-0.37	-0.40	-0.44
250	-0.55	-0.56	-0.59	-0.55	0.02	0.61	0.76	-0.36	-0.38	-0.39
255	-0.39	0.30	-0.18	-0.23	-0.39	-0.30	-0.01	-0.34	-0.36	-0.36
260	-0.35	0.56	0.02	-0.32	-0.46	-0.43	-0.24	-0.31	-0.32	-0.32
265	-0.32	0.60	0.09	-0.40	-0.52	-0.50	-0.31	-0.29	-0.30	-0.29
270	-0.34	0.65	0.17	-0.44	-0.52	-0.52	-0.42	-0.33	-0.33	-0.32
275	-0.35	0.65	0.38	-0.48	-0.53	-0.54	-0.48	-0.35	-0.34	-0.32
280	-0.35	0.62	0.55	-0.48	-0.54	-0.55	-0.50	-0.34	-0.33	-0.31
285	-0.34	0.57	0.68	-0.49	-0.53	-0.55	-0.51	-0.35	-0.33	-0.31
290	-0.35	0.52	0.72	-0.48	-0.53	-0.56	-0.52	-0.37	-0.35	-0.32
295	-0.36	0.49	0.74	-0.47	-0.51	-0.54	-0.51	-0.36	-0.34	-0.33
300	-0.34	0.41	0.71	-0.45	-0.49	-0.51	-0.49	-0.35	-0.32	-0.31
305	-0.38	0.31	0.52	-0.38	-0.41	-0.43	-0.42	-0.36	-0.36	-0.36
310	-0.43	0.23	0.11	-0.27	-0.28	-0.29	-0.30	-0.31	-0.35	-0.40
315	-0.39	-0.35	-0.34	-0.35	-0.32	-0.33	-0.32	-0.24	-0.27	-0.31
320	-0.46	-0.42	-0.41	-0.45	-0.35	-0.35	-0.35	-0.22	-0.27	-0.34
325	-0.48	-0.44	-0.43	-0.48	-0.36	-0.37	-0.37	-0.14	-0.17	-0.27
330	-0.73	-0.51	-0.47	-0.41	-0.38	-0.39	-0.39	0.02	0.18	0.25
335	-0.59	-0.61	-0.63	-0.33	-0.34	-0.36	-0.37	0.05	0.26	0.52
340	0.20	-0.57	-0.67	-0.36	-0.38	-0.40	-0.41	0.08	0.29	0.53
345	0.32	-0.49	-0.68	-0.40	-0.42	-0.45	-0.46	0.13	0.34	0.58
350	0.24	-0.40	-0.62	-0.41	-0.44	-0.48	-0.48	0.17	0.39	0.62
355	0.19	-0.31	-0.54	-0.41	-0.44	-0.46	-0.46	0.19	0.42	0.65

Таблица Б2. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К1

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 40$ м						
	7а	7б	8	9	10	11	11а
0	-0.50	-0.45	-0.57	-0.47	-0.45	-0.44	-0.19
5	-0.50	-0.46	-0.59	-0.50	-0.49	-0.48	-0.15
10	-0.51	-0.47	-0.61	-0.53	-0.53	-0.52	-0.13
15	-0.49	-0.45	-0.60	-0.51	-0.54	-0.52	-0.05
20	-0.50	-0.47	-0.62	-0.54	-0.57	-0.55	0.00
25	-0.51	-0.48	-0.62	-0.54	-0.59	-0.56	0.07
30	-0.53	-0.49	-0.66	-0.58	-0.65	-0.61	0.07
35	-0.63	-0.60	-0.78	-0.69	-0.70	-0.67	0.08
40	-0.69	-0.67	-0.87	-0.86	-0.92	-0.85	0.06
45	-0.68	-0.66	-0.73	-0.79	-1.27	-1.19	0.04
50	-0.64	-0.61	-0.65	-0.58	-1.26	-1.22	0.09
55	-0.63	-0.59	-0.62	-0.41	-1.04	-1.15	0.20
60	-0.60	-0.56	-0.59	-0.27	-0.78	-0.92	0.34
65	-0.60	-0.57	-0.60	-0.18	-0.37	-0.69	0.43
70	-0.63	-0.60	-0.62	-0.12	-0.08	-0.41	0.53
75	-0.63	-0.61	-0.62	-0.05	0.08	-0.15	0.60
80	-0.56	-0.53	-0.54	0.05	0.20	0.14	0.68
85	-0.50	-0.46	-0.47	0.13	0.27	0.33	0.66
90	-0.36	-0.32	-0.32	0.29	0.47	0.70	0.70
95	-0.34	-0.30	-0.30	0.36	0.53	0.68	0.63
100	-0.36	-0.31	-0.28	0.45	0.62	0.39	0.50
105	-0.41	-0.35	-0.26	0.54	0.69	0.05	0.32
110	-0.47	-0.50	-0.35	0.65	0.77	-0.32	-0.14
115	-0.42	-0.44	-0.39	0.72	0.78	-0.60	-0.80
120	-0.34	-0.33	-0.34	0.78	0.76	-0.68	-0.98
125	-0.38	-0.36	-0.37	0.80	0.72	-0.56	-0.79
130	-0.28	-0.35	-0.37	0.78	0.65	-0.65	-0.81
135	-0.07	-0.26	-0.31	0.74	0.58	-0.66	-0.70
140	0.16	-0.16	-0.21	0.69	0.52	-0.70	-0.74
145	0.32	0.19	0.04	0.63	0.43	-0.68	-0.68
150	0.40	0.41	0.22	0.57	0.37	-0.52	-0.53
155	0.47	0.51	0.50	0.49	0.28	-0.56	-0.56
160	0.53	0.57	0.59	0.42	0.21	-0.57	-0.58
165	0.58	0.62	0.37	0.32	0.11	-0.61	-0.62
170	0.61	0.63	0.02	0.23	0.02	-0.63	-0.64
175	0.61	0.61	-0.48	0.11	-0.09	-0.68	-0.69
180	0.59	0.55	-0.88	-0.11	-0.19	-0.69	-0.71
185	0.58	0.53	-1.23	-0.20	-0.28	-0.70	-0.73
190	0.48	0.41	-1.33	-0.54	-0.33	-0.67	-0.69
195	0.48	0.38	-1.61	-1.15	-0.53	-0.72	-0.74
200	0.44	0.34	-1.35	-1.12	-0.84	-0.78	-0.70
205	0.44	0.35	-0.91	-0.83	-0.81	-0.75	-0.65
210	0.40	0.30	-0.78	-0.69	-0.72	-0.74	-0.61

215	0.38	0.27	-0.74	-0.66	-0.71	-0.73	-0.59
220	0.38	0.27	-0.73	-0.66	-0.70	-0.74	-0.59
225	0.41	0.29	-0.70	-0.64	-0.69	-0.73	-0.58
230	0.35	0.24	-0.60	-0.56	-0.60	-0.64	-0.50
235	0.40	0.29	-0.53	-0.51	-0.53	-0.55	-0.40
240	0.37	0.25	-0.45	-0.46	-0.47	-0.50	-0.37
245	0.34	0.22	-0.40	-0.41	-0.42	-0.45	-0.35
250	0.40	0.25	-0.35	-0.36	-0.38	-0.38	-0.33
255	0.23	0.18	-0.43	-0.45	-0.47	-0.45	-0.34
260	-0.04	-0.02	-0.36	-0.36	-0.39	-0.41	-0.32
265	-0.16	-0.14	-0.35	-0.34	-0.36	-0.38	-0.31
270	-0.28	-0.24	-0.34	-0.34	-0.35	-0.38	-0.33
275	-0.36	-0.31	-0.35	-0.34	-0.35	-0.39	-0.34
280	-0.38	-0.33	-0.34	-0.33	-0.34	-0.39	-0.34
285	-0.40	-0.35	-0.35	-0.33	-0.33	-0.40	-0.35
290	-0.40	-0.35	-0.36	-0.33	-0.32	-0.45	-0.39
295	-0.40	-0.36	-0.37	-0.32	-0.31	-0.43	-0.40
300	-0.41	-0.37	-0.39	-0.30	-0.29	-0.41	-0.38
305	-0.39	-0.38	-0.39	-0.26	-0.28	-0.38	-0.37
310	-0.32	-0.33	-0.36	-0.23	-0.25	-0.26	-0.26
315	-0.32	-0.33	-0.38	-0.19	-0.21	-0.20	-0.20
320	-0.35	-0.34	-0.41	-0.25	-0.24	-0.24	-0.21
325	-0.37	-0.36	-0.42	-0.28	-0.27	-0.26	-0.21
330	-0.39	-0.39	-0.46	-0.29	-0.28	-0.27	-0.23
335	-0.39	-0.38	-0.42	-0.31	-0.29	-0.29	-0.24
340	-0.42	-0.40	-0.43	-0.32	-0.29	-0.27	-0.22
345	-0.45	-0.42	-0.44	-0.35	-0.31	-0.29	-0.20
350	-0.47	-0.43	-0.46	-0.39	-0.34	-0.33	-0.20
355	-0.45	-0.42	-0.50	-0.45	-0.41	-0.40	-0.20

Таблица Б3. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К1

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 74.5$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0.33	-0.20	-0.60	-0.46	-0.46	-0.50	-0.46	-0.56	-0.49	-0.48	-0.44	0.27	0.48	0.72
5	0.14	-0.15	-0.52	-0.45	-0.44	-0.48	-0.43	-0.52	-0.47	-0.46	-0.44	0.32	0.53	0.75
10	-0.13	-0.15	-0.49	-0.47	-0.46	-0.49	-0.44	-0.55	-0.52	-0.50	-0.47	0.36	0.57	0.79
15	-0.46	-0.14	-0.41	-0.44	-0.42	-0.45	-0.40	-0.50	-0.47	-0.46	-0.45	0.44	0.63	0.82
20	-0.69	-0.22	-0.33	-0.46	-0.44	-0.47	-0.42	-0.54	-0.51	-0.50	-0.47	0.51	0.69	0.85
25	-0.80	-0.43	-0.23	-0.47	-0.44	-0.47	-0.42	-0.55	-0.52	-0.50	-0.48	0.58	0.75	0.87
30	-0.85	-0.61	-0.19	-0.51	-0.48	-0.50	-0.45	-0.62	-0.58	-0.55	-0.52	0.62	0.77	0.87
35	-0.86	-0.78	-0.12	-0.71	-0.65	-0.68	-0.64	-0.96	-0.87	-0.82	-0.77	0.72	0.87	0.94
40	-0.90	-0.92	-0.13	-0.78	-0.71	-0.74	-0.69	-0.95	-0.85	-0.82	-0.77	0.78	0.92	0.97
45	-0.97	-1.02	-0.22	-0.73	-0.67	-0.70	-0.65	-0.98	-0.88	-0.85	-0.80	0.77	0.90	0.93
50	-0.98	-1.09	-0.34	-0.68	-0.63	-0.65	-0.60	-0.98	-0.93	-0.92	-0.84	0.77	0.87	0.87
55	-0.96	-1.11	-0.68	-0.61	-0.58	-0.60	-0.57	-0.90	-1.06	-1.13	-1.02	0.84	0.89	0.84
60	-0.92	-0.99	-0.95	-0.58	-0.55	-0.56	-0.53	-0.63	-0.96	-1.24	-1.16	0.92	0.94	0.83
65	-0.89	-0.93	-0.98	-0.67	-0.57	-0.58	-0.51	-0.54	-0.52	-1.10	-1.05	0.99	0.93	0.78
70	-0.89	-0.91	-0.98	-0.83	-0.61	-0.61	-0.52	-0.53	-0.16	-0.66	-0.84	1.02	0.91	0.71
75	-0.94	-0.95	-1.02	-0.98	-0.66	-0.66	-0.54	-0.53	-0.05	0.04	-0.57	1.02	0.84	0.61
80	-0.89	-0.89	-0.94	-1.01	-0.62	-0.61	-0.49	-0.46	0.05	0.28	-0.22	0.99	0.77	0.53
85	-0.81	-0.83	-0.88	-0.89	-0.55	-0.56	-0.45	-0.41	0.19	0.43	0.26	0.93	0.67	0.43
90	-0.64	-0.74	-0.87	-0.54	-0.47	-0.44	-0.34	-0.24	0.39	0.67	0.97	0.81	0.55	0.32
95	-0.46	-0.67	-0.75	-0.62	-0.49	-0.38	-0.26	-0.09	0.52	0.80	1.03	0.68	0.44	0.24
100	-0.13	-0.51	-0.43	-0.81	-0.59	-0.35	-0.13	0.10	0.65	0.92	0.73	0.52	0.32	0.19
105	-0.07	-0.44	-0.31	-0.86	-0.63	-0.39	-0.15	0.05	0.75	1.01	0.32	0.36	0.22	0.12
110	-0.04	-0.41	-0.28	-0.78	-0.58	-0.33	-0.14	0.01	0.87	1.09	-0.07	-0.17	0.11	0.06
115	-0.10	-0.38	-0.35	-0.56	-0.43	-0.30	-0.20	-0.15	0.96	1.13	-0.35	-0.65	-0.17	-0.03
120	0.02	-0.04	-0.05	-0.55	-0.44	-0.40	-0.35	-0.32	1.01	1.12	-0.39	-0.68	-0.46	-0.14
125	-0.21	-0.04	-0.13	-0.53	-0.49	-0.51	-0.49	-0.46	1.04	1.09	-0.27	-0.46	-0.49	-0.31
130	-0.48	-0.16	-0.18	-0.22	-0.51	-0.75	-0.72	-0.65	1.05	1.04	-0.32	-0.42	-0.49	-0.45
135	-0.50	-0.31	-0.31	-0.31	0.01	-0.55	-0.68	-0.59	1.05	0.98	-0.37	-0.42	-0.49	-0.50
140	-0.56	-0.46	-0.47	-0.44	0.24	-0.01	-0.47	-0.50	1.03	0.90	-0.50	-0.50	-0.53	-0.56
145	-0.57	-0.50	-0.50	-0.47	0.34	0.30	-0.04	-0.40	1.00	0.83	-0.56	-0.52	-0.54	-0.57
150	-0.57	-0.56	-0.55	-0.52	0.38	0.41	0.30	-0.18	0.97	0.76	-0.56	-0.51	-0.54	-0.57
155	-0.67	-0.65	-0.63	-0.59	0.42	0.48	0.52	0.04	0.93	0.68	-0.61	-0.56	-0.58	-0.61
160	-0.75	-0.70	-0.68	-0.64	0.48	0.55	0.63	0.39	0.88	0.59	-0.64	-0.58	-0.60	-0.62
165	-0.85	-0.77	-0.75	-0.72	0.53	0.63	0.73	0.86	0.75	0.45	-0.68	-0.62	-0.63	-0.65
170	-0.81	-0.75	-0.74	-0.70	0.58	0.69	0.82	0.94	0.65	0.35	-0.68	-0.62	-0.63	-0.66
175	-0.93	-0.84	-0.82	-0.79	0.62	0.76	0.89	0.48	0.47	0.19	-0.70	-0.65	-0.66	-0.69
180	-0.98	-0.87	-0.85	-0.82	0.68	0.82	0.94	-0.10	0.31	0.06	-0.70	-0.66	-0.66	-0.70
185	-0.99	-0.89	-0.86	-0.83	0.75	0.89	1.00	-0.53	0.18	-0.04	-0.70	-0.66	-0.66	-0.70
190	-1.05	-0.96	-0.94	-0.89	0.77	0.90	0.97	-0.86	-0.17	-0.15	-0.72	-0.67	-0.67	-0.73
195	-1.11	-1.07	-1.06	-1.00	0.83	0.93	0.96	-1.21	-0.97	-0.32	-0.74	-0.69	-0.69	-0.75
200	-1.01	-1.14	-1.14	-1.10	0.86	0.95	0.93	-1.40	-1.39	-0.66	-0.72	-0.68	-0.67	-0.73
205	-0.73	-1.06	-1.26	-1.18	0.87	0.94	0.91	-1.50	-1.54	-0.91	-0.70	-0.64	-0.63	-0.67
210	-0.60	-0.27	-1.42	-1.21	0.89	0.94	0.88	-1.32	-1.40	-1.17	-0.82	-0.61	-0.59	-0.62

215	-0.63	-0.04	-1.32	-1.06	0.91	0.94	0.85	-1.04	-1.10	-1.09	-1.04	-0.63	-0.62	-0.64
220	-0.66	-0.38	-1.25	-1.04	0.91	0.94	0.83	-0.84	-0.87	-0.91	-1.02	-0.65	-0.66	-0.68
225	-0.68	-0.62	-1.29	-1.11	0.89	0.91	0.79	-0.80	-0.83	-0.87	-1.00	-0.66	-0.66	-0.69
230	-0.76	-1.04	-1.13	-1.05	0.94	0.95	0.81	-0.81	-0.82	-0.88	-1.00	-0.64	-0.64	-0.67
235	-0.80	-0.84	-0.80	-0.75	0.98	0.97	0.82	-0.54	-0.56	-0.62	-0.72	-0.47	-0.49	-0.54
240	-0.71	-0.66	-0.62	-0.59	0.98	0.97	0.79	-0.41	-0.43	-0.48	-0.56	-0.44	-0.47	-0.51
245	-0.68	-0.63	-0.60	-0.57	0.93	0.99	0.78	-0.39	-0.41	-0.45	-0.52	-0.43	-0.46	-0.51
250	-0.49	-0.44	-0.60	-0.47	-0.01	0.71	0.90	-0.36	-0.37	-0.41	-0.47	-0.41	-0.42	-0.43
255	-0.34	0.22	-0.37	-0.30	-0.43	-0.35	0.00	-0.43	-0.40	-0.40	-0.44	-0.33	-0.35	-0.36
260	-0.31	0.58	-0.21	-0.40	-0.47	-0.47	-0.32	-0.43	-0.38	-0.36	-0.39	-0.31	-0.31	-0.33
265	-0.30	0.63	-0.12	-0.46	-0.51	-0.54	-0.44	-0.41	-0.34	-0.34	-0.37	-0.30	-0.30	-0.32
270	-0.32	0.64	-0.08	-0.48	-0.49	-0.48	-0.46	-0.47	-0.35	-0.35	-0.39	-0.34	-0.34	-0.34
275	-0.34	0.71	0.13	-0.50	-0.50	-0.50	-0.47	-0.49	-0.36	-0.35	-0.41	-0.36	-0.35	-0.36
280	-0.33	0.74	0.36	-0.50	-0.50	-0.51	-0.48	-0.52	-0.35	-0.34	-0.40	-0.36	-0.34	-0.35
285	-0.32	0.71	0.55	-0.50	-0.50	-0.51	-0.51	-0.55	-0.35	-0.33	-0.39	-0.36	-0.34	-0.34
290	-0.34	0.65	0.66	-0.49	-0.49	-0.51	-0.52	-0.55	-0.35	-0.33	-0.42	-0.38	-0.36	-0.36
295	-0.34	0.60	0.73	-0.47	-0.46	-0.48	-0.49	-0.55	-0.34	-0.32	-0.40	-0.37	-0.35	-0.36
300	-0.33	0.51	0.74	-0.44	-0.43	-0.45	-0.48	-0.50	-0.32	-0.30	-0.39	-0.36	-0.34	-0.35
305	-0.35	0.36	0.46	-0.39	-0.37	-0.39	-0.43	-0.46	-0.29	-0.29	-0.39	-0.37	-0.36	-0.38
310	-0.43	0.12	0.08	-0.31	-0.30	-0.31	-0.31	-0.34	-0.27	-0.28	-0.30	-0.30	-0.34	-0.43
315	-0.37	-0.34	-0.35	-0.34	-0.33	-0.34	-0.35	-0.41	-0.25	-0.27	-0.26	-0.24	-0.26	-0.32
320	-0.46	-0.45	-0.44	-0.42	-0.34	-0.36	-0.37	-0.44	-0.32	-0.33	-0.30	-0.20	-0.22	-0.30
325	-0.52	-0.48	-0.46	-0.47	-0.36	-0.38	-0.40	-0.45	-0.37	-0.38	-0.33	-0.13	-0.11	-0.21
330	-0.62	-0.52	-0.51	-0.50	-0.41	-0.42	-0.43	-0.49	-0.39	-0.40	-0.34	0.03	0.15	0.09
335	-0.72	-0.64	-0.65	-0.36	-0.36	-0.38	-0.40	-0.45	-0.40	-0.41	-0.34	0.06	0.29	0.61
340	0.34	-0.63	-0.78	-0.40	-0.41	-0.44	-0.46	-0.52	-0.45	-0.45	-0.35	0.09	0.32	0.63
345	0.52	-0.54	-0.81	-0.43	-0.45	-0.48	-0.49	-0.54	-0.48	-0.47	-0.38	0.14	0.38	0.68
350	0.49	-0.40	-0.75	-0.44	-0.46	-0.49	-0.51	-0.57	-0.48	-0.46	-0.39	0.19	0.44	0.74
355	0.43	-0.29	-0.67	-0.44	-0.46	-0.48	-0.49	-0.56	-0.47	-0.45	-0.41	0.23	0.48	0.77

Таблица Б4. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К1

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 104$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0.39	-0.06	-0.33	-0.46	-0.51	-0.47	-0.45	-0.57	-0.46	-0.47	-0.42	0.35	0.50	0.70
5	0.04	-0.06	-0.33	-0.45	-0.50	-0.46	-0.43	-0.54	-0.44	-0.47	-0.43	0.41	0.58	0.77
10	-0.32	-0.17	-0.29	-0.47	-0.52	-0.47	-0.44	-0.57	-0.47	-0.50	-0.46	0.47	0.62	0.83
15	-0.69	-0.19	-0.28	-0.44	-0.48	-0.43	-0.39	-0.52	-0.44	-0.47	-0.43	0.57	0.72	0.90
20	-0.94	-0.26	-0.27	-0.45	-0.50	-0.45	-0.41	-0.55	-0.47	-0.50	-0.46	0.64	0.78	0.94
25	-1.14	-0.43	-0.24	-0.46	-0.50	-0.46	-0.42	-0.55	-0.48	-0.50	-0.47	0.73	0.85	0.98
30	-1.16	-0.70	-0.26	-0.50	-0.54	-0.50	-0.45	-0.61	-0.53	-0.56	-0.53	0.79	0.90	1.00
35	-0.98	-0.92	-0.33	-0.70	-0.74	-0.72	-0.69	-0.90	-0.80	-0.81	-0.77	0.84	0.93	1.00
40	-1.00	-0.99	-0.51	-0.80	-0.83	-0.82	-0.79	-1.01	-0.92	-0.93	-0.87	0.90	0.98	1.01
45	-1.01	-1.00	-0.72	-0.78	-0.80	-0.77	-0.73	-1.02	-0.99	-0.99	-0.91	0.95	1.00	1.00
50	-1.00	-0.99	-0.83	-0.76	-0.78	-0.73	-0.64	-0.90	-1.04	-1.10	-1.00	0.97	0.99	0.97
55	-1.00	-0.99	-0.91	-0.74	-0.75	-0.65	-0.54	-0.62	-0.92	-1.35	-1.26	1.02	1.00	0.93
60	-0.93	-0.96	-0.93	-0.68	-0.64	-0.57	-0.47	-0.51	-0.28	-0.93	-1.78	1.08	1.02	0.91
65	-0.91	-0.95	-0.93	-0.73	-0.64	-0.58	-0.50	-0.53	-0.11	-0.23	-1.48	1.10	0.98	0.83
70	-0.93	-0.99	-0.97	-0.76	-0.65	-0.62	-0.56	-0.59	-0.03	0.05	-0.76	1.08	0.91	0.74
75	-0.95	-1.03	-1.03	-0.77	-0.78	-0.68	-0.61	-0.64	0.04	0.27	-0.07	1.02	0.84	0.63
80	-0.90	-1.03	-0.96	-0.67	-0.91	-0.68	-0.58	-0.59	0.19	0.40	0.46	0.94	0.75	0.55
85	-0.99	-1.06	-0.87	-0.91	-1.04	-0.75	-0.61	-0.59	0.33	0.55	0.94	0.85	0.65	0.45
90	-1.05	-1.10	-0.91	-0.95	-1.06	-0.93	-0.72	-0.59	0.52	0.72	1.14	0.71	0.50	0.30
95	-0.95	-1.04	-0.92	-0.96	-1.00	-0.92	-0.77	-0.65	0.64	0.84	0.71	0.57	0.38	0.20
100	-0.78	-0.91	-0.85	-0.90	-0.92	-0.87	-0.79	-0.73	0.74	0.93	0.08	0.42	0.26	0.11
105	-0.69	-0.83	-0.83	-0.83	-0.88	-0.84	-0.75	-0.72	0.84	1.00	-0.37	0.29	0.15	0.02
110	-0.59	-0.75	-0.80	-0.83	-0.78	-0.68	-0.57	-0.55	0.95	1.06	-0.70	0.03	0.06	-0.05
115	-0.42	-0.58	-0.62	-0.72	-0.53	-0.39	-0.29	-0.29	1.04	1.10	-0.89	-0.55	-0.05	-0.07
120	-0.01	-0.13	-0.17	-0.55	-0.47	-0.43	-0.38	-0.42	1.09	1.12	-0.79	-0.79	-0.35	-0.05
125	-0.16	-0.16	-0.26	-0.49	-0.45	-0.42	-0.38	-0.40	1.14	1.13	-0.51	-0.55	-0.53	-0.32
130	-0.44	-0.30	-0.30	-0.48	-0.52	-0.51	-0.47	-0.49	1.18	1.11	-0.41	-0.43	-0.49	-0.46
135	-0.50	-0.36	-0.32	-0.36	-0.42	-0.57	-0.53	-0.52	1.20	1.07	-0.37	-0.38	-0.43	-0.45
140	-0.51	-0.42	-0.39	-0.38	0.07	-0.35	-0.61	-0.57	1.19	0.99	-0.41	-0.42	-0.45	-0.47
145	-0.53	-0.50	-0.46	-0.44	0.22	0.18	-0.47	-0.53	1.15	0.91	-0.44	-0.45	-0.49	-0.51
150	-0.65	-0.64	-0.59	-0.56	0.21	0.31	0.07	-0.40	1.08	0.79	-0.53	-0.53	-0.58	-0.60
155	-0.72	-0.71	-0.67	-0.65	0.25	0.36	0.43	-0.18	1.01	0.69	-0.60	-0.59	-0.63	-0.65
160	-0.77	-0.76	-0.73	-0.71	0.30	0.43	0.54	0.10	0.92	0.58	-0.64	-0.64	-0.67	-0.70
165	-0.84	-0.82	-0.78	-0.77	0.37	0.52	0.66	0.63	0.80	0.44	-0.67	-0.67	-0.70	-0.72
170	-0.86	-0.81	-0.76	-0.73	0.43	0.60	0.77	1.05	0.69	0.35	-0.63	-0.63	-0.67	-0.70
175	-0.94	-0.89	-0.84	-0.82	0.48	0.67	0.87	1.04	0.51	0.19	-0.68	-0.68	-0.70	-0.73
180	-1.00	-0.93	-0.86	-0.84	0.55	0.76	0.96	0.68	0.34	0.06	-0.66	-0.66	-0.68	-0.71
185	-0.98	-0.93	-0.85	-0.83	0.63	0.83	1.03	0.23	0.22	-0.04	-0.63	-0.63	-0.65	-0.69
190	-1.00	-0.93	-0.86	-0.83	0.70	0.89	1.07	-0.29	0.10	-0.15	-0.64	-0.64	-0.66	-0.70
195	-1.07	-0.95	-0.91	-0.87	0.76	0.95	1.10	-0.94	-0.25	-0.26	-0.67	-0.67	-0.70	-0.74
200	-1.11	-0.99	-0.95	-0.90	0.83	1.00	1.11	-1.42	-1.14	-0.33	-0.66	-0.66	-0.69	-0.73
205	-1.04	-1.04	-1.03	-0.98	0.89	1.03	1.11	-1.65	-1.57	-0.58	-0.63	-0.64	-0.67	-0.70

210	-0.81	-1.08	-1.08	-1.06	0.93	1.03	1.08	-1.58	-1.41	-1.02	-0.69	-0.67	-0.67	-0.73
215	-0.76	-0.96	-1.13	-1.03	0.98	1.07	1.09	-1.20	-0.94	-1.05	-0.90	-0.69	-0.74	-0.78
220	-0.79	-0.95	-1.07	-1.00	0.97	1.05	1.03	-1.04	-0.74	-0.87	-0.93	-0.70	-0.80	-0.80
225	-0.80	-1.02	-1.08	-1.03	1.00	1.06	0.98	-0.98	-0.69	-0.81	-0.90	-0.70	-0.79	-0.78
230	-0.78	-1.01	-1.12	-1.05	1.05	1.10	0.97	-0.84	-0.63	-0.73	-0.81	-0.65	-0.72	-0.70
235	-0.73	-0.78	-0.80	-0.75	1.07	1.08	0.95	-0.63	-0.49	-0.55	-0.60	-0.49	-0.54	-0.55
240	-0.65	-0.63	-0.63	-0.59	1.06	1.07	0.91	-0.52	-0.44	-0.48	-0.51	-0.48	-0.50	-0.50
245	-0.59	-0.64	-0.66	-0.62	0.99	1.08	0.89	-0.49	-0.43	-0.46	-0.49	-0.47	-0.48	-0.46
250	-0.41	-0.28	-0.61	-0.65	0.20	1.02	0.98	-0.46	-0.41	-0.44	-0.46	-0.43	-0.42	-0.41
255	-0.36	-0.01	-0.35	-0.32	-0.46	-0.23	0.27	-0.40	-0.37	-0.38	-0.40	-0.35	-0.36	-0.36
260	-0.34	0.25	-0.21	-0.43	-0.50	-0.47	-0.27	-0.39	-0.36	-0.35	-0.37	-0.32	-0.33	-0.34
265	-0.31	0.38	0.08	-0.51	-0.53	-0.51	-0.44	-0.41	-0.33	-0.34	-0.36	-0.31	-0.31	-0.31
270	-0.33	0.30	0.22	-0.87	-0.61	-0.50	-0.42	-0.43	-0.34	-0.35	-0.39	-0.34	-0.35	-0.34
275	-0.34	0.51	0.13	-0.85	-0.60	-0.53	-0.44	-0.42	-0.34	-0.36	-0.41	-0.36	-0.37	-0.36
280	-0.34	0.56	0.17	-0.65	-0.58	-0.52	-0.46	-0.39	-0.33	-0.35	-0.40	-0.36	-0.36	-0.35
285	-0.33	0.61	0.25	-0.57	-0.57	-0.52	-0.47	-0.39	-0.33	-0.34	-0.39	-0.35	-0.35	-0.35
290	-0.34	0.57	0.37	-0.55	-0.55	-0.52	-0.47	-0.42	-0.33	-0.34	-0.41	-0.37	-0.36	-0.35
295	-0.34	0.58	0.51	-0.50	-0.51	-0.50	-0.46	-0.45	-0.32	-0.33	-0.41	-0.36	-0.36	-0.36
300	-0.35	0.51	0.64	-0.45	-0.46	-0.46	-0.45	-0.48	-0.32	-0.32	-0.39	-0.36	-0.36	-0.37
305	-0.40	0.45	0.33	-0.40	-0.41	-0.41	-0.41	-0.43	-0.31	-0.31	-0.38	-0.37	-0.42	-0.43
310	-0.59	0.12	0.05	-0.37	-0.34	-0.33	-0.33	-0.35	-0.29	-0.28	-0.29	-0.29	-0.35	-0.44
315	-0.47	-0.24	-0.29	-0.40	-0.37	-0.36	-0.33	-0.33	-0.28	-0.27	-0.26	-0.20	-0.23	-0.27
320	-0.62	-0.09	-0.24	-0.41	-0.41	-0.39	-0.38	-0.42	-0.35	-0.32	-0.31	-0.17	-0.17	-0.21
325	-0.35	-0.21	-0.21	-0.48	-0.47	-0.43	-0.42	-0.44	-0.37	-0.34	-0.33	-0.14	-0.11	-0.11
330	-0.58	-0.48	-0.48	-0.50	-0.40	-0.41	-0.41	-0.44	-0.38	-0.35	-0.35	-0.03	0.00	-0.07
335	-0.36	-0.41	-0.40	-0.40	-0.36	-0.36	-0.37	-0.42	-0.39	-0.36	-0.34	0.05	0.19	0.43
340	0.67	-0.39	-0.47	-0.40	-0.39	-0.40	-0.43	-0.47	-0.43	-0.39	-0.36	0.08	0.22	0.43
345	0.85	-0.21	-0.43	-0.43	-0.44	-0.45	-0.47	-0.50	-0.44	-0.40	-0.38	0.15	0.30	0.50
350	0.74	-0.09	-0.38	-0.44	-0.46	-0.47	-0.48	-0.53	-0.44	-0.40	-0.38	0.22	0.38	0.58
355	0.59	-0.03	-0.33	-0.44	-0.46	-0.47	-0.49	-0.54	-0.44	-0.41	-0.40	0.29	0.45	0.64

Таблица Б5. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К2

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 45$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0.75	0.37	-0.06	-0.45	-0.49	-0.53	-0.61	-1.03	-0.84	-0.81	-0.76	0.18	0.38	0.53
5	0.65	0.26	-0.11	-0.34	-0.45	-0.51	-0.59	-0.92	-0.77	-0.77	-0.72	0.29	0.47	0.61
10	0.48	0.20	-0.12	-0.26	-0.39	-0.47	-0.59	-0.94	-0.82	-0.82	-0.80	0.36	0.54	0.65
15	0.26	0.16	-0.11	-0.14	-0.29	-0.39	-0.53	-1.01	-0.84	-0.84	-0.82	0.46	0.62	0.70
20	0.04	0.07	-0.08	-0.10	-0.25	-0.36	-0.51	-1.14	-0.88	-0.87	-0.84	0.53	0.67	0.71
25	-0.13	-0.18	-0.06	-0.14	-0.28	-0.38	-0.48	-0.98	-0.89	-0.84	-0.82	0.59	0.70	0.70
30	-0.31	-0.56	-0.10	-0.10	-0.20	-0.34	-0.41	-0.72	-0.81	-0.80	-0.78	0.65	0.75	0.73
35	-0.42	-0.67	-0.15	-0.13	-0.19	-0.29	-0.35	-0.42	-0.43	-0.77	-0.74	0.65	0.71	0.65
40	-0.53	-0.79	-0.24	-0.16	-0.18	-0.30	-0.35	-0.41	-0.18	-0.65	-0.73	0.70	0.73	0.65
45	-0.59	-0.85	-0.56	-0.30	-0.23	-0.33	-0.33	-0.36	0.00	-0.49	-0.59	0.74	0.74	0.64
50	-0.59	-0.82	-0.62	-0.40	-0.28	-0.37	-0.36	-0.37	0.16	-0.19	-0.47	0.71	0.67	0.55
55	-0.52	-0.68	-0.67	-0.54	-0.33	-0.42	-0.39	-0.40	0.19	0.01	-0.34	0.69	0.64	0.51
60	-0.49	-0.62	-0.62	-0.56	-0.38	-0.48	-0.45	-0.44	0.23	0.25	-0.10	0.60	0.51	0.38
65	-0.44	-0.53	-0.59	-0.60	-0.45	-0.53	-0.48	-0.48	0.26	0.33	0.10	0.60	0.49	0.34
70	-0.44	-0.52	-0.59	-0.61	-0.50	-0.57	-0.51	-0.51	0.28	0.38	0.32	0.56	0.44	0.29
75	-0.42	-0.49	-0.56	-0.61	-0.56	-0.60	-0.55	-0.57	0.31	0.44	0.52	0.51	0.39	0.24
80	-0.41	-0.46	-0.53	-0.56	-0.57	-0.61	-0.55	-0.57	0.37	0.52	0.57	0.45	0.32	0.17
85	-0.42	-0.49	-0.52	-0.58	-0.57	-0.60	-0.54	-0.56	0.41	0.58	0.43	0.39	0.26	0.11
90	-0.14	-0.21	-0.28	-0.62	-0.59	-0.64	-0.61	-0.67	0.43	0.62	0.13	0.30	0.20	0.09
95	-0.10	-0.15	-0.31	-0.69	-0.64	-0.69	-0.65	-0.73	0.48	0.71	-0.14	0.23	0.15	0.04
100	-0.13	-0.18	-0.37	-0.72	-0.67	-0.70	-0.67	-0.74	0.48	0.74	-0.34	0.11	0.10	0.00
105	-0.13	-0.18	-0.36	-0.71	-0.64	-0.66	-0.64	-0.68	0.48	0.76	-0.51	-0.13	0.03	-0.05
110	-0.14	-0.19	-0.35	-0.68	-0.61	-0.62	-0.60	-0.63	0.49	0.79	-0.67	-0.39	-0.05	-0.08
115	-0.23	-0.26	-0.39	-0.66	-0.59	-0.59	-0.58	-0.59	0.45	0.79	-0.82	-0.62	-0.17	-0.15
120	-0.33	-0.34	-0.38	-0.60	-0.56	-0.59	-0.56	-0.56	0.31	0.74	-1.13	-0.80	-0.35	-0.28
125	-0.43	-0.43	-0.44	-0.49	-0.49	-0.52	-0.56	-0.64	0.38	0.51	-1.52	-1.15	-0.61	-0.48
130	-0.45	-0.44	-0.46	-0.47	-0.50	-0.56	-0.72	-1.02	0.32	0.34	-1.68	-1.06	-0.62	-0.51
135	-0.57	-0.51	-0.52	-0.56	-0.55	-0.58	-0.62	-0.77	0.53	0.29	-1.43	-1.15	-0.87	-0.71
140	-0.63	-0.50	-0.51	-0.57	-0.56	-0.58	-0.60	-0.66	0.53	0.30	-1.13	-1.01	-0.84	-0.72
145	-0.65	-0.45	-0.49	-0.56	-0.55	-0.58	-0.63	-0.63	0.31	0.31	-0.77	-0.77	-0.72	-0.66
150	-0.60	-0.37	-0.44	-0.55	-0.55	-0.55	-0.60	-0.61	-0.05	0.14	-0.55	-0.57	-0.57	-0.59
155	-0.56	-0.35	-0.42	-0.56	-0.57	-0.56	-0.57	-0.60	-0.27	-0.04	-0.50	-0.51	-0.51	-0.55
160	-0.50	-0.35	-0.44	-0.71	-0.63	-0.59	-0.58	-0.60	-0.43	-0.17	-0.44	-0.44	-0.46	-0.51
165	-0.48	-0.37	-0.42	-0.74	-0.67	-0.64	-0.62	-0.63	-0.57	-0.36	-0.45	-0.44	-0.45	-0.50
170	-0.46	-0.38	-0.46	-0.92	-0.85	-0.83	-0.81	-0.79	-0.50	-0.13	-0.42	-0.43	-0.44	-0.49
175	-0.48	-0.39	-0.41	-1.00	-0.89	-0.86	-0.83	-0.79	-0.76	-0.41	-0.51	-0.50	-0.49	-0.53
180	-0.45	-0.38	-0.37	-0.85	-0.89	-0.85	-0.79	-0.78	-0.81	-0.62	-0.58	-0.52	-0.49	-0.50
185	-0.42	-0.38	-0.36	-0.58	-0.84	-0.79	-0.73	-0.75	-0.78	-0.71	-0.63	-0.52	-0.46	-0.46
190	-0.39	-0.39	-0.37	-0.43	-0.73	-0.69	-0.62	-0.67	-0.68	-0.67	-0.68	-0.44	-0.41	-0.42
195	-0.40	-0.44	-0.45	-0.83	-0.64	-0.69	-0.60	-0.59	-0.61	-0.63	-0.67	-0.42	-0.41	-0.43
200	-0.40	-0.46	-0.56	-1.63	-0.30	-0.62	-0.58	-0.56	-0.59	-0.61	-0.64	-0.43	-0.42	-0.43
205	-0.42	-0.52	-1.05	-1.57	0.35	-0.35	-0.50	-0.53	-0.56	-0.60	-0.63	-0.43	-0.42	-0.44
210	-0.49	-0.83	-1.29	-1.27	0.80	0.22	-0.18	-0.54	-0.56	-0.59	-0.63	-0.45	-0.46	-0.48

215	-0.56	-0.89	-0.96	-0.90	0.87	0.59	0.15	-0.55	-0.56	-0.60	-0.63	-0.45	-0.45	-0.48
220	-0.56	-0.83	-0.84	-0.79	0.82	0.67	0.31	-0.52	-0.52	-0.57	-0.63	-0.41	-0.43	-0.45
225	-0.64	-0.86	-0.85	-0.81	0.82	0.73	0.43	-0.60	-0.59	-0.63	-0.69	-0.50	-0.51	-0.53
230	-0.70	-0.91	-0.88	-0.84	0.84	0.80	0.52	-0.68	-0.66	-0.72	-0.80	-0.53	-0.54	-0.57
235	-0.76	-1.11	-1.12	-1.06	0.82	0.80	0.52	-1.02	-1.07	-1.04	-0.92	-0.62	-0.60	-0.62
240	-0.75	-1.10	-1.16	-1.09	0.83	0.81	0.55	-1.24	-1.32	-0.92	-0.72	-0.62	-0.59	-0.61
245	-0.75	-1.08	-1.13	-1.05	0.84	0.82	0.58	-1.27	-1.30	-0.81	-0.67	-0.60	-0.59	-0.60
250	-0.72	-1.00	-1.05	-0.98	0.85	0.81	0.56	-0.98	-0.96	-0.93	-0.86	-0.58	-0.55	-0.56
255	-0.67	-0.95	-1.02	-0.94	0.85	0.77	0.45	-0.64	-0.64	-0.70	-0.71	-0.50	-0.50	-0.53
260	-0.62	-0.90	-1.04	-0.94	0.85	0.76	0.42	-0.61	-0.61	-0.66	-0.67	-0.46	-0.46	-0.49
265	-0.57	-0.88	-1.10	-1.01	0.87	0.75	0.40	-0.57	-0.58	-0.63	-0.63	-0.43	-0.43	-0.46
270	-0.60	-0.92	-1.18	-1.12	0.87	0.74	0.39	-0.55	-0.55	-0.59	-0.63	-0.47	-0.49	-0.51
275	-0.58	-0.88	-1.15	-1.10	0.87	0.72	0.36	-0.51	-0.52	-0.55	-0.57	-0.44	-0.47	-0.50
280	-0.66	-0.79	-0.85	-0.76	0.87	0.71	0.34	-0.48	-0.47	-0.50	-0.52	-0.41	-0.45	-0.49
285	-0.64	-0.68	-0.68	-0.63	0.87	0.69	0.33	-0.44	-0.44	-0.46	-0.49	-0.40	-0.42	-0.46
290	-0.63	-0.68	-0.67	-0.64	0.88	0.69	0.33	-0.40	-0.40	-0.41	-0.45	-0.40	-0.43	-0.45
295	-0.60	-0.68	-0.66	-0.61	0.90	0.73	0.36	-0.36	-0.35	-0.36	-0.41	-0.40	-0.42	-0.42
300	-0.52	-0.68	-0.73	-0.67	0.82	0.71	0.36	-0.31	-0.31	-0.31	-0.39	-0.37	-0.40	-0.42
305	-0.65	-0.73	-0.73	-0.60	0.49	0.70	0.46	-0.31	-0.30	-0.31	-0.36	-0.37	-0.43	-0.49
310	-0.97	-0.71	-0.69	-0.50	-0.03	0.45	0.48	-0.33	-0.32	-0.32	-0.32	-0.36	-0.44	-0.55
315	-1.29	-0.23	-0.57	-0.21	-0.34	-0.15	-0.14	-0.38	-0.37	-0.34	-0.32	-0.31	-0.34	-0.44
320	-1.18	0.48	-0.23	-0.32	-0.36	-0.37	-0.40	-0.43	-0.36	-0.37	-0.33	-0.27	-0.26	-0.55
325	-1.03	0.73	0.24	-0.35	-0.38	-0.40	-0.43	-0.47	-0.37	-0.38	-0.34	-0.24	-0.23	-0.74
330	-0.88	0.69	0.25	-0.42	-0.43	-0.44	-0.48	-0.53	-0.51	-0.51	-0.48	-0.24	-0.17	-0.52
335	-0.68	0.68	0.22	-0.47	-0.49	-0.47	-0.52	-0.68	-0.64	-0.62	-0.58	-0.22	-0.09	-0.21
340	-0.44	0.63	0.17	-0.48	-0.50	-0.48	-0.54	-0.81	-0.78	-0.74	-0.69	-0.18	-0.02	0.06
345	-0.13	0.59	0.11	-0.54	-0.56	-0.54	-0.60	-0.92	-0.89	-0.85	-0.78	-0.11	0.08	0.22
350	0.21	0.52	0.05	-0.51	-0.55	-0.56	-0.62	-1.05	-0.94	-0.88	-0.82	-0.02	0.19	0.35
355	0.55	0.45	0.02	-0.45	-0.51	-0.53	-0.61	-1.07	-0.92	-0.87	-0.81	0.08	0.30	0.46

Таблица Б6. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К2

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 74.5$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0.97	0.59	0.05	-0.73	-0.61	-0.71	-0.68	-0.93	-0.90	-0.91	-0.85	0.24	0.46	0.69
5	0.84	0.46	-0.02	-0.68	-0.57	-0.67	-0.63	-0.85	-0.84	-0.84	-0.77	0.38	0.61	0.83
10	0.55	0.39	-0.05	-0.59	-0.50	-0.59	-0.56	-0.94	-0.85	-0.84	-0.76	0.47	0.70	0.90
15	0.09	0.31	-0.07	-0.42	-0.37	-0.49	-0.52	-0.97	-0.86	-0.84	-0.79	0.60	0.82	0.98
20	-0.25	0.22	-0.06	-0.26	-0.26	-0.42	-0.51	-0.95	-0.86	-0.86	-0.82	0.67	0.86	0.98
25	-0.53	-0.01	-0.03	-0.18	-0.21	-0.41	-0.51	-0.91	-0.82	-0.82	-0.78	0.73	0.90	0.98
30	-0.80	-0.60	-0.03	-0.19	-0.18	-0.41	-0.47	-0.82	-0.81	-0.79	-0.74	0.80	0.94	0.98
35	-0.89	-0.84	-0.12	-0.22	-0.17	-0.35	-0.32	-0.49	-0.71	-0.74	-0.66	0.82	0.93	0.93
40	-0.99	-0.98	-0.41	-0.29	-0.19	-0.37	-0.30	-0.35	-0.62	-0.79	-0.69	0.90	0.98	0.95
45	-0.92	-0.89	-0.74	-0.47	-0.27	-0.43	-0.35	-0.36	-0.32	-0.79	-0.69	0.94	0.99	0.93
50	-0.80	-0.76	-0.78	-0.66	-0.36	-0.48	-0.40	-0.39	0.02	-0.60	-0.60	0.95	0.95	0.86
55	-0.66	-0.63	-0.70	-0.76	-0.41	-0.51	-0.42	-0.41	0.19	-0.28	-0.48	0.96	0.93	0.82
60	-0.56	-0.54	-0.62	-0.73	-0.46	-0.53	-0.44	-0.42	0.26	0.22	-0.28	0.93	0.86	0.72
65	-0.50	-0.49	-0.56	-0.67	-0.50	-0.55	-0.46	-0.44	0.29	0.36	-0.03	0.91	0.80	0.64
70	-0.49	-0.48	-0.54	-0.66	-0.52	-0.57	-0.48	-0.46	0.33	0.42	0.22	0.85	0.74	0.57
75	-0.50	-0.48	-0.53	-0.65	-0.54	-0.58	-0.50	-0.48	0.38	0.51	0.59	0.79	0.66	0.48
80	-0.47	-0.46	-0.51	-0.62	-0.55	-0.59	-0.52	-0.49	0.43	0.59	0.87	0.69	0.57	0.39
85	-0.47	-0.48	-0.53	-0.64	-0.54	-0.58	-0.51	-0.49	0.47	0.67	0.88	0.59	0.49	0.30
90	-0.31	-0.34	-0.35	-0.63	-0.54	-0.60	-0.54	-0.54	0.50	0.73	0.60	0.46	0.38	0.22
95	-0.23	-0.24	-0.35	-0.69	-0.58	-0.65	-0.60	-0.60	0.53	0.81	0.27	0.37	0.31	0.17
100	-0.26	-0.28	-0.41	-0.72	-0.61	-0.67	-0.62	-0.63	0.52	0.86	-0.08	0.26	0.22	0.09
105	-0.27	-0.29	-0.42	-0.71	-0.59	-0.64	-0.60	-0.60	0.52	0.89	-0.39	0.07	0.13	0.03
110	-0.28	-0.30	-0.41	-0.69	-0.56	-0.62	-0.58	-0.58	0.52	0.91	-0.63	-0.27	0.04	-0.03
115	-0.30	-0.30	-0.39	-0.69	-0.57	-0.61	-0.57	-0.57	0.53	0.94	-0.83	-0.64	-0.12	-0.10
120	-0.33	-0.34	-0.38	-0.61	-0.55	-0.65	-0.59	-0.58	0.24	0.68	-1.14	-0.75	-0.27	-0.22
125	-0.43	-0.42	-0.43	-0.49	-0.45	-0.54	-0.52	-0.52	0.23	0.27	-1.31	-0.94	-0.63	-0.48
130	-0.48	-0.43	-0.44	-0.51	-0.45	-0.55	-0.60	-0.65	0.56	0.22	-1.18	-1.03	-0.75	-0.57
135	-0.67	-0.48	-0.50	-0.57	-0.48	-0.51	-0.53	-0.52	0.57	0.35	-0.89	-0.98	-0.89	-0.70
140	-0.72	-0.45	-0.49	-0.58	-0.52	-0.54	-0.57	-0.56	0.25	0.33	-0.74	-0.81	-0.79	-0.70
145	-0.69	-0.40	-0.46	-0.58	-0.54	-0.58	-0.62	-0.61	0.11	0.22	-0.57	-0.63	-0.65	-0.63
150	-0.59	-0.36	-0.43	-0.59	-0.54	-0.58	-0.58	-0.60	-0.10	0.12	-0.48	-0.50	-0.52	-0.54
155	-0.54	-0.38	-0.43	-0.59	-0.54	-0.58	-0.55	-0.58	-0.32	-0.02	-0.46	-0.48	-0.49	-0.51
160	-0.50	-0.39	-0.45	-0.63	-0.57	-0.60	-0.58	-0.60	-0.43	-0.15	-0.43	-0.43	-0.45	-0.47
165	-0.48	-0.36	-0.40	-0.74	-0.67	-0.70	-0.65	-0.65	-0.58	-0.32	-0.43	-0.42	-0.44	-0.47
170	-0.49	-0.38	-0.42	-0.88	-0.85	-0.91	-0.86	-0.77	-0.37	-0.01	-0.45	-0.46	-0.47	-0.50
175	-0.52	-0.39	-0.40	-0.77	-0.89	-0.98	-0.95	-0.84	-0.53	-0.11	-0.49	-0.52	-0.50	-0.54
180	-0.50	-0.40	-0.40	-0.64	-0.87	-0.98	-0.98	-0.90	-0.60	-0.13	-0.49	-0.51	-0.49	-0.52
185	-0.49	-0.43	-0.43	-0.60	-0.79	-0.93	-0.95	-0.90	-0.67	-0.22	-0.49	-0.51	-0.48	-0.50
190	-0.46	-0.45	-0.47	-0.77	-0.71	-0.81	-0.84	-0.83	-0.80	-0.54	-0.55	-0.50	-0.46	-0.46
195	-0.45	-0.47	-0.52	-1.07	-0.66	-0.73	-0.69	-0.77	-0.73	-0.68	-0.65	-0.46	-0.44	-0.45
200	-0.44	-0.50	-0.59	-1.42	-0.51	-0.63	-0.56	-0.72	-0.69	-0.64	-0.66	-0.45	-0.44	-0.44
205	-0.39	-0.53	-0.86	-1.87	-0.13	-0.54	-0.52	-0.60	-0.61	-0.61	-0.63	-0.40	-0.39	-0.40

210	-0.50	-0.85	-1.32	-1.31	0.73	-0.12	-0.43	-0.55	-0.55	-0.59	-0.63	-0.41	-0.40	-0.41
215	-0.70	-0.89	-0.95	-0.88	1.03	0.48	-0.14	-0.53	-0.54	-0.58	-0.61	-0.39	-0.38	-0.40
220	-0.74	-0.81	-0.81	-0.75	1.07	0.82	0.31	-0.54	-0.52	-0.57	-0.62	-0.38	-0.38	-0.41
225	-0.79	-0.83	-0.81	-0.76	1.06	0.94	0.57	-0.60	-0.56	-0.62	-0.69	-0.43	-0.44	-0.47
230	-0.83	-0.88	-0.86	-0.81	1.05	0.96	0.63	-0.70	-0.65	-0.70	-0.78	-0.47	-0.48	-0.51
235	-0.98	-1.10	-1.08	-1.02	1.04	0.97	0.63	-1.15	-1.12	-1.06	-0.88	-0.62	-0.60	-0.60
240	-0.99	-1.11	-1.10	-1.02	1.05	0.97	0.65	-1.28	-1.31	-1.10	-0.76	-0.62	-0.61	-0.58
245	-0.97	-1.07	-1.07	-0.98	1.08	0.99	0.68	-1.29	-1.32	-0.99	-0.72	-0.61	-0.59	-0.55
250	-0.89	-0.98	-1.01	-0.91	1.08	0.97	0.65	-0.89	-0.82	-0.86	-0.89	-0.55	-0.52	-0.52
255	-0.78	-0.94	-1.07	-0.98	1.08	0.94	0.55	-0.75	-0.68	-0.72	-0.72	-0.50	-0.48	-0.50
260	-0.62	-0.90	-1.19	-1.11	1.08	0.91	0.51	-0.70	-0.65	-0.68	-0.67	-0.44	-0.42	-0.43
265	-0.52	-0.81	-1.26	-1.19	1.08	0.90	0.50	-0.66	-0.61	-0.64	-0.63	-0.41	-0.40	-0.41
270	-0.54	-0.81	-1.35	-1.28	1.09	0.89	0.49	-0.64	-0.59	-0.62	-0.65	-0.47	-0.47	-0.48
275	-0.54	-0.81	-1.29	-1.19	1.08	0.86	0.46	-0.58	-0.54	-0.57	-0.61	-0.46	-0.47	-0.48
280	-0.71	-0.80	-0.90	-0.81	1.09	0.86	0.46	-0.51	-0.49	-0.52	-0.57	-0.44	-0.46	-0.48
285	-0.70	-0.72	-0.73	-0.69	1.10	0.87	0.45	-0.47	-0.46	-0.48	-0.53	-0.43	-0.45	-0.47
290	-0.60	-0.60	-0.61	-0.57	1.12	0.92	0.49	-0.42	-0.42	-0.44	-0.49	-0.43	-0.45	-0.45
295	-0.56	-0.57	-0.57	-0.53	0.97	1.01	0.57	-0.37	-0.36	-0.38	-0.44	-0.42	-0.43	-0.44
300	-0.56	-0.59	-0.58	-0.52	0.86	0.96	0.59	-0.32	-0.31	-0.32	-0.38	-0.37	-0.39	-0.41
305	-0.68	-0.71	-0.68	-0.61	0.28	0.78	0.70	-0.33	-0.30	-0.31	-0.35	-0.37	-0.42	-0.48
310	-0.93	-0.73	-0.72	-0.62	-0.13	0.48	0.67	-0.35	-0.32	-0.32	-0.34	-0.40	-0.49	-0.59
315	-1.46	-0.35	-0.62	-0.26	-0.37	-0.13	-0.02	-0.38	-0.39	-0.36	-0.34	-0.35	-0.44	-0.50
320	-1.42	0.57	-0.31	-0.37	-0.37	-0.36	-0.38	-0.44	-0.43	-0.42	-0.40	-0.30	-0.35	-0.52
325	-1.21	0.99	0.34	-0.44	-0.41	-0.42	-0.44	-0.48	-0.45	-0.45	-0.43	-0.25	-0.24	-0.77
330	-1.02	0.96	0.39	-0.51	-0.45	-0.47	-0.48	-0.52	-0.47	-0.47	-0.45	-0.22	-0.18	-0.48
335	-0.80	0.92	0.34	-0.54	-0.49	-0.52	-0.56	-0.61	-0.66	-0.64	-0.60	-0.21	-0.14	-0.07
340	-0.51	0.87	0.30	-0.59	-0.55	-0.55	-0.62	-0.79	-0.77	-0.75	-0.73	-0.17	-0.07	0.11
345	-0.13	0.81	0.23	-0.60	-0.57	-0.56	-0.64	-0.93	-0.89	-0.85	-0.82	-0.08	0.05	0.27
350	0.30	0.73	0.16	-0.65	-0.61	-0.62	-0.65	-1.00	-0.95	-0.92	-0.87	0.02	0.20	0.43
355	0.77	0.65	0.10	-0.68	-0.63	-0.64	-0.67	-0.98	-0.95	-0.92	-0.89	0.15	0.36	0.59

Таблица Б7. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К2

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 104$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	1.14	0.48	-0.07	-0.67	-0.67	-0.68	-0.72	-0.93	-0.90	-0.94	-0.91	0.05	0.24	0.61
5	1.03	0.33	-0.16	-0.63	-0.64	-0.65	-0.70	-0.90	-0.87	-0.91	-0.90	0.16	0.37	0.77
10	0.83	0.25	-0.19	-0.60	-0.62	-0.64	-0.69	-0.95	-0.93	-0.95	-0.98	0.25	0.47	0.87
15	0.46	0.17	-0.22	-0.50	-0.54	-0.58	-0.66	-0.94	-0.93	-0.95	-0.98	0.40	0.63	0.98
20	0.16	0.12	-0.19	-0.34	-0.42	-0.53	-0.64	-0.90	-0.87	-0.91	-0.92	0.50	0.73	1.04
25	-0.12	-0.12	-0.14	-0.22	-0.36	-0.51	-0.64	-0.79	-0.81	-0.86	-0.87	0.61	0.82	1.07
30	-0.40	-0.75	-0.11	-0.18	-0.32	-0.50	-0.61	-0.72	-0.77	-0.82	-0.84	0.69	0.89	1.07
35	-0.48	-0.87	-0.27	-0.12	-0.21	-0.44	-0.51	-0.59	-0.64	-0.70	-0.71	0.77	0.95	1.07
40	-0.61	-0.90	-0.60	-0.28	-0.27	-0.45	-0.47	-0.52	-0.59	-0.69	-0.67	0.83	0.99	1.07
45	-0.62	-0.82	-0.74	-0.52	-0.36	-0.45	-0.40	-0.42	-0.47	-0.69	-0.67	0.88	1.01	1.03
50	-0.58	-0.70	-0.72	-0.68	-0.42	-0.44	-0.38	-0.38	-0.23	-0.62	-0.62	0.91	1.01	0.98
55	-0.54	-0.57	-0.63	-0.74	-0.45	-0.44	-0.39	-0.38	0.00	-0.45	-0.55	0.93	1.01	0.93
60	-0.52	-0.50	-0.56	-0.65	-0.47	-0.45	-0.40	-0.38	0.10	-0.06	-0.44	0.95	0.99	0.86
65	-0.51	-0.47	-0.53	-0.60	-0.50	-0.47	-0.42	-0.40	0.12	0.18	-0.22	0.92	0.94	0.77
70	-0.52	-0.47	-0.52	-0.58	-0.51	-0.49	-0.44	-0.42	0.15	0.25	-0.03	0.88	0.88	0.68
75	-0.52	-0.48	-0.51	-0.54	-0.53	-0.51	-0.47	-0.45	0.19	0.33	0.26	0.83	0.81	0.57
80	-0.47	-0.46	-0.49	-0.51	-0.53	-0.52	-0.48	-0.46	0.23	0.44	0.66	0.77	0.72	0.48
85	-0.48	-0.49	-0.52	-0.53	-0.53	-0.51	-0.46	-0.45	0.31	0.53	0.98	0.68	0.59	0.36
90	-0.40	-0.43	-0.43	-0.53	-0.51	-0.50	-0.48	-0.47	0.38	0.62	1.00	0.58	0.46	0.25
95	-0.32	-0.32	-0.38	-0.58	-0.54	-0.55	-0.54	-0.53	0.44	0.68	0.88	0.50	0.33	0.16
100	-0.33	-0.34	-0.43	-0.61	-0.57	-0.57	-0.57	-0.55	0.51	0.75	0.66	0.43	0.18	0.04
105	-0.33	-0.35	-0.44	-0.61	-0.55	-0.58	-0.57	-0.55	0.55	0.77	0.53	0.19	0.16	-0.01
110	-0.32	-0.34	-0.42	-0.60	-0.55	-0.57	-0.56	-0.55	0.62	0.83	0.27	0.06	0.04	-0.09
115	-0.33	-0.35	-0.42	-0.63	-0.60	-0.61	-0.59	-0.58	0.70	0.90	-0.01	-0.13	-0.11	-0.18
120	-0.38	-0.38	-0.41	-0.53	-0.59	-0.66	-0.62	-0.60	0.38	0.88	-0.20	-0.37	-0.35	-0.32
125	-0.44	-0.43	-0.44	-0.46	-0.44	-0.49	-0.54	-0.53	0.00	0.22	-0.52	-0.72	-0.60	-0.49
130	-0.51	-0.47	-0.48	-0.50	-0.45	-0.46	-0.57	-0.73	0.30	0.21	-0.76	-0.89	-0.70	-0.58
135	-0.61	-0.52	-0.52	-0.54	-0.50	-0.47	-0.48	-0.51	0.18	0.27	-0.78	-0.97	-0.82	-0.71
140	-0.63	-0.52	-0.53	-0.55	-0.54	-0.52	-0.55	-0.56	0.36	0.17	-0.73	-0.85	-0.77	-0.70
145	-0.61	-0.46	-0.49	-0.57	-0.57	-0.57	-0.59	-0.60	0.44	0.14	-0.59	-0.69	-0.64	-0.61
150	-0.55	-0.42	-0.46	-0.57	-0.57	-0.57	-0.56	-0.58	0.13	0.24	-0.48	-0.53	-0.53	-0.52
155	-0.51	-0.42	-0.47	-0.56	-0.56	-0.56	-0.55	-0.57	-0.18	0.18	-0.44	-0.50	-0.49	-0.49
160	-0.47	-0.45	-0.48	-0.57	-0.57	-0.56	-0.56	-0.59	-0.42	0.03	-0.40	-0.44	-0.43	-0.45
165	-0.47	-0.50	-0.58	-0.77	-0.73	-0.72	-0.70	-0.70	-0.52	-0.16	-0.42	-0.45	-0.44	-0.45
170	-0.53	-0.57	-0.61	-0.85	-0.93	-0.94	-0.94	-0.92	-0.11	0.02	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
175	-0.55	-0.59	-0.67	-0.87	-0.89	-1.00	-1.01	-1.02	-0.25	-0.03	-0.55	-0.54	-0.53	-0.53
180	-0.52	-0.60	-0.66	-1.30	-0.69	-1.00	-1.06	-1.06	-0.29	-0.02	-0.55	-0.53	-0.52	-0.52
185	-0.51	-0.48	-0.52	-1.41	-0.39	-0.89	-1.06	-1.05	-0.40	-0.07	-0.54	-0.52	-0.51	-0.52
190	-0.51	-0.47	-0.56	-1.33	-0.31	-0.72	-0.97	-0.98	-0.58	-0.27	-0.52	-0.53	-0.52	-0.52
195	-0.52	-0.50	-0.59	-1.40	-0.19	-0.55	-0.88	-0.90	-0.71	-0.50	-0.53	-0.53	-0.54	-0.54
200	-0.52	-0.51	-0.66	-1.61	-0.10	-0.26	-0.68	-0.86	-0.71	-0.61	-0.56	-0.51	-0.55	-0.54
205	-0.45	-0.53	-0.82	-1.76	-0.03	-0.18	-0.54	-0.74	-0.65	-0.61	-0.61	-0.46	-0.48	-0.47

210	-0.44	-0.69	-1.26	-1.68	0.54	-0.17	-0.41	-0.56	-0.59	-0.61	-0.67	-0.41	-0.42	-0.42
215	-0.67	-0.81	-0.89	-0.83	0.95	0.18	-0.25	-0.52	-0.56	-0.54	-0.64	-0.40	-0.40	-0.42
220	-0.69	-0.73	-0.75	-0.68	1.10	0.62	0.03	-0.51	-0.55	-0.54	-0.62	-0.42	-0.41	-0.43
225	-0.71	-0.75	-0.76	-0.69	1.09	0.83	0.38	-0.54	-0.58	-0.59	-0.71	-0.43	-0.43	-0.45
230	-0.75	-0.82	-0.83	-0.78	1.05	0.85	0.59	-0.61	-0.66	-0.67	-0.77	-0.49	-0.48	-0.50
235	-0.90	-1.05	-1.10	-1.08	1.01	0.81	0.57	-1.11	-1.20	-0.88	-0.78	-0.69	-0.66	-0.63
240	-0.87	-1.11	-1.21	-1.28	1.00	0.76	0.54	-1.36	-1.40	-0.76	-0.67	-0.70	-0.67	-0.63
245	-0.78	-1.10	-1.25	-1.42	1.00	0.74	0.53	-1.35	-1.32	-0.79	-0.68	-0.68	-0.63	-0.61
250	-0.63	-0.95	-1.18	-1.36	1.01	0.72	0.49	-0.73	-0.78	-0.80	-0.91	-0.57	-0.54	-0.52
255	-0.53	-0.72	-1.27	-1.68	1.00	0.67	0.41	-0.71	-0.71	-0.73	-0.74	-0.60	-0.56	-0.53
260	-0.43	-0.41	-1.19	-1.90	0.98	0.64	0.35	-0.67	-0.67	-0.69	-0.71	-0.54	-0.49	-0.45
265	-0.40	-0.24	-0.80	-1.98	0.98	0.60	0.31	-0.63	-0.63	-0.65	-0.68	-0.52	-0.47	-0.42
270	-0.48	-0.27	-0.29	-2.03	0.97	0.58	0.27	-0.63	-0.64	-0.65	-0.69	-0.57	-0.53	-0.50
275	-0.51	-0.41	-0.26	-2.04	0.96	0.54	0.24	-0.58	-0.60	-0.61	-0.61	-0.57	-0.55	-0.53
280	-0.51	-0.44	-0.38	-1.66	0.99	0.55	0.24	-0.53	-0.54	-0.55	-0.57	-0.54	-0.53	-0.52
285	-0.49	-0.55	-0.56	-1.58	1.04	0.59	0.26	-0.50	-0.51	-0.53	-0.57	-0.51	-0.50	-0.49
290	-0.50	-0.61	-0.74	-0.97	1.08	0.73	0.33	-0.46	-0.47	-0.51	-0.57	-0.49	-0.50	-0.51
295	-0.51	-0.60	-0.70	-0.90	0.82	0.84	0.45	-0.40	-0.41	-0.45	-0.49	-0.45	-0.46	-0.48
300	-0.53	-0.59	-0.69	-0.83	0.62	0.76	0.51	-0.35	-0.35	-0.37	-0.39	-0.38	-0.40	-0.43
305	-0.63	-0.67	-0.69	-0.62	-0.06	0.42	0.56	-0.36	-0.36	-0.35	-0.36	-0.36	-0.40	-0.46
310	-1.06	-0.65	-0.73	-0.56	-0.41	0.04	0.43	-0.44	-0.43	-0.40	-0.41	-0.41	-0.49	-0.58
315	-1.67	-0.30	-0.62	-0.31	-0.45	-0.24	-0.12	-0.41	-0.40	-0.38	-0.38	-0.40	-0.46	-0.54
320	-1.59	0.58	-0.32	-0.40	-0.42	-0.41	-0.42	-0.48	-0.45	-0.44	-0.44	-0.39	-0.43	-0.66
325	-1.32	1.10	0.38	-0.46	-0.46	-0.47	-0.49	-0.51	-0.48	-0.47	-0.47	-0.33	-0.36	-1.00
330	-1.11	1.07	0.47	-0.52	-0.50	-0.51	-0.53	-0.58	-0.47	-0.46	-0.43	-0.29	-0.27	-0.58
335	-0.90	0.98	0.35	-0.66	-0.66	-0.70	-0.70	-0.76	-0.71	-0.71	-0.70	-0.36	-0.32	-0.16
340	-0.62	0.90	0.25	-0.74	-0.74	-0.76	-0.74	-0.83	-0.79	-0.79	-0.79	-0.34	-0.26	0.01
345	-0.22	0.78	0.12	-0.78	-0.79	-0.82	-0.84	-0.96	-0.93	-0.93	-0.94	-0.31	-0.18	0.14
350	0.31	0.67	0.03	-0.77	-0.77	-0.78	-0.82	-1.01	-1.00	-1.01	-1.02	-0.22	-0.06	0.31
355	0.90	0.56	-0.04	-0.75	-0.75	-0.76	-0.79	-1.00	-0.99	-1.01	-1.01	-0.11	0.09	0.48

Таблица Б8. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К3

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 45$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-0.51	-0.79	-0.75	-0.67	-0.69	-0.72	-0.76	-0.80	-0.46	-0.43	-0.40	-0.40	-0.38	-0.34
5	-0.40	-0.72	-0.73	-0.66	-0.67	-0.70	-0.72	-0.76	-0.48	-0.48	-0.44	-0.44	-0.42	-0.39
10	-0.64	-0.65	-0.75	-0.63	-0.65	-0.67	-0.69	-0.72	-0.49	-0.50	-0.45	-0.47	-0.44	-0.43
15	-1.40	-0.33	-0.73	-0.64	-0.64	-0.66	-0.66	-0.71	-0.51	-0.52	-0.48	-0.49	-0.47	-0.50
20	-1.45	0.43	-0.40	-0.63	-0.64	-0.65	-0.66	-0.73	-0.53	-0.55	-0.50	-0.47	-0.49	-1.04
25	-1.41	0.70	-0.02	-0.62	-0.64	-0.65	-0.66	-0.75	-0.54	-0.58	-0.52	-0.47	-0.67	-1.33
30	-1.45	0.76	0.25	-0.57	-0.60	-0.62	-0.62	-0.72	-0.51	-0.54	-0.49	-0.50	-0.88	-1.41
35	-0.79	0.72	0.39	-0.46	-0.48	-0.50	-0.49	-0.56	-0.41	-0.44	-0.57	-0.61	-0.74	-0.74
40	-0.70	0.77	0.47	-0.47	-0.49	-0.51	-0.51	-0.59	-0.42	-0.46	-0.61	-0.61	-0.67	-0.63
45	-0.74	0.79	0.52	-0.51	-0.53	-0.55	-0.56	-0.65	-0.45	-0.50	-0.68	-0.66	-0.71	-0.66
50	-0.78	0.82	0.55	-0.51	-0.53	-0.55	-0.56	-0.66	-0.46	-0.51	-0.71	-0.69	-0.75	-0.69
55	-0.84	0.80	0.56	-0.55	-0.56	-0.57	-0.58	-0.68	-0.50	-0.56	-0.74	-0.74	-0.78	-0.73
60	-0.80	0.79	0.55	-0.53	-0.54	-0.55	-0.55	-0.65	-0.50	-0.56	-0.76	-0.73	-0.74	-0.70
65	-0.85	0.82	0.56	-0.53	-0.54	-0.56	-0.56	-0.66	-0.52	-0.60	-0.84	-0.80	-0.81	-0.75
70	-0.89	0.81	0.54	-0.55	-0.56	-0.58	-0.58	-0.69	-0.55	-0.62	-0.90	-0.85	-0.85	-0.80
75	-0.85	0.83	0.55	-0.55	-0.56	-0.58	-0.58	-0.70	-0.57	-0.63	-0.87	-0.83	-0.81	-0.76
80	-0.78	0.87	0.57	-0.54	-0.55	-0.58	-0.57	-0.69	-0.59	-0.63	-0.81	-0.77	-0.75	-0.71
85	-0.71	0.87	0.57	-0.52	-0.53	-0.55	-0.54	-0.63	-0.54	-0.57	-0.74	-0.71	-0.71	-0.65
90	-0.66	0.91	0.58	-0.48	-0.49	-0.50	-0.49	-0.57	-0.50	-0.53	-0.68	-0.66	-0.64	-0.60
95	-0.66	0.94	0.63	-0.50	-0.51	-0.52	-0.51	-0.58	-0.52	-0.54	-0.68	-0.66	-0.66	-0.62
100	-0.62	0.91	0.72	-0.51	-0.51	-0.53	-0.51	-0.59	-0.53	-0.55	-0.63	-0.64	-0.64	-0.61
105	-0.61	0.70	0.80	-0.46	-0.47	-0.48	-0.45	-0.55	-0.52	-0.54	-0.58	-0.60	-0.60	-0.58
110	-0.61	0.53	0.81	-0.43	-0.43	-0.43	-0.41	-0.53	-0.53	-0.58	-0.64	-0.58	-0.67	-0.65
115	-0.48	0.27	0.79	-0.44	-0.44	-0.44	-0.42	-0.53	-0.55	-0.65	-0.79	-0.45	-0.59	-0.66
120	-0.18	0.01	0.39	-0.48	-0.47	-0.46	-0.43	-0.54	-0.61	-0.78	-1.02	-0.14	-0.32	-0.30
125	-0.62	-0.66	-0.50	-0.53	-0.54	-0.54	-0.50	-0.60	-0.56	-0.55	-0.51	0.90	0.84	0.49
130	-0.94	-0.81	-0.83	-0.72	-0.55	-0.52	-0.48	-0.60	-0.56	-0.55	-0.52	0.82	0.88	0.70
135	-0.73	-0.68	-0.69	-0.62	-0.59	-0.57	-0.53	-0.72	-0.66	-0.65	-0.61	0.83	0.89	0.74
140	-0.65	-0.60	-0.57	-0.59	-0.60	-0.56	-0.53	-0.82	-0.77	-0.75	-0.70	0.80	0.85	0.70
145	-0.51	-0.55	-0.41	-0.58	-0.59	-0.56	-0.53	-0.81	-0.87	-0.88	-0.82	0.79	0.82	0.66
150	-0.55	-0.54	-0.47	-0.59	-0.60	-0.58	-0.55	-0.74	-1.05	-1.18	-1.11	0.78	0.81	0.64
155	-0.59	-0.53	-0.54	-0.58	-0.57	-0.54	-0.51	-0.57	-0.86	-1.20	-1.14	0.79	0.79	0.61
160	-0.65	-0.57	-0.58	-0.62	-0.61	-0.61	-0.58	-0.60	-0.48	-1.10	-1.06	0.81	0.77	0.58
165	-0.66	-0.58	-0.59	-0.69	-0.65	-0.66	-0.61	-0.60	-0.18	-0.65	-0.90	0.79	0.74	0.53
170	-0.73	-0.67	-0.71	-0.94	-0.88	-0.88	-0.83	-0.84	-0.18	-0.09	-0.77	0.80	0.71	0.51
175	-0.72	-0.69	-0.73	-0.94	-0.94	-0.94	-0.87	-0.85	-0.07	0.16	-0.29	0.76	0.65	0.44
180	-0.69	-0.67	-0.69	-0.95	-0.97	-0.95	-0.86	-0.82	0.08	0.33	0.23	0.73	0.60	0.39
185	-0.61	-0.60	-0.62	-0.91	-0.95	-0.92	-0.80	-0.74	0.21	0.46	0.63	0.66	0.54	0.35
190	-0.48	-0.50	-0.52	-0.87	-0.87	-0.83	-0.70	-0.62	0.38	0.63	0.68	0.52	0.41	0.25
195	-0.38	-0.41	-0.46	-0.84	-0.78	-0.75	-0.67	-0.64	0.52	0.75	0.42	0.49	0.40	0.25
200	-0.27	-0.34	-0.42	-0.78	-0.73	-0.70	-0.66	-0.65	0.60	0.79	0.20	0.43	0.38	0.25
205	-0.08	-0.18	-0.27	-0.78	-0.70	-0.66	-0.60	-0.59	0.68	0.81	0.01	0.23	0.36	0.29

210	0.07	-0.02	-0.10	-0.65	-0.74	-0.69	-0.60	-0.54	0.71	0.81	-0.06	0.06	0.31	0.34
215	0.09	0.01	-0.05	-0.23	-0.59	-0.61	-0.49	-0.42	0.73	0.78	-0.12	-0.06	0.19	0.33
220	0.07	0.03	-0.06	-0.17	-0.36	-0.48	-0.48	-0.43	0.73	0.74	-0.21	-0.14	0.15	0.34
225	-0.08	-0.08	-0.14	-0.13	0.19	0.01	-0.34	-0.35	0.70	0.64	-0.41	-0.36	-0.06	0.23
230	-0.13	-0.09	-0.15	-0.11	0.30	0.21	-0.12	-0.23	0.77	0.66	-0.47	-0.45	-0.44	-0.10
235	-0.22	-0.14	-0.18	-0.12	0.34	0.33	0.10	-0.13	0.76	0.63	-0.38	-0.42	-0.53	-0.27
240	-0.22	-0.12	-0.10	-0.03	0.39	0.41	0.37	0.04	0.73	0.57	-0.33	-0.40	-0.55	-0.41
245	-0.23	-0.08	-0.03	0.04	0.45	0.48	0.50	0.28	0.68	0.49	-0.29	-0.41	-0.56	-0.39
250	-0.40	-0.19	-0.13	-0.05	0.48	0.54	0.58	0.56	0.63	0.44	0.00	-0.24	-0.45	-0.12
255	-0.79	-0.59	-0.56	-0.52	0.47	0.57	0.65	0.72	0.55	0.35	-0.03	-0.10	-0.16	-0.17
260	-0.86	-0.69	-0.66	-0.62	0.50	0.62	0.71	0.62	0.43	0.24	-0.08	-0.16	-0.21	-0.27
265	-0.79	-0.68	-0.66	-0.62	0.54	0.66	0.75	0.38	0.34	0.15	-0.13	-0.21	-0.27	-0.34
270	-0.74	-0.67	-0.65	-0.63	0.57	0.70	0.77	0.14	0.26	0.09	-0.14	-0.23	-0.30	-0.38
275	-0.77	-0.72	-0.70	-0.67	0.61	0.73	0.79	-0.10	0.09	0.04	-0.14	-0.23	-0.32	-0.41
280	-0.79	-0.77	-0.76	-0.71	0.66	0.79	0.83	-0.39	-0.32	-0.01	-0.11	-0.22	-0.34	-0.43
285	-0.77	-0.79	-0.78	-0.74	0.68	0.81	0.83	-0.57	-0.68	-0.18	-0.16	-0.23	-0.39	-0.47
290	-0.73	-0.77	-0.77	-0.72	0.71	0.82	0.82	-0.72	-0.85	-0.43	-0.23	-0.24	-0.39	-0.46
295	-0.71	-0.75	-0.73	-0.70	0.71	0.82	0.80	-0.80	-0.90	-0.59	-0.31	-0.26	-0.38	-0.44
300	-0.66	-0.71	-0.72	-0.68	0.68	0.79	0.76	-0.78	-0.88	-0.64	-0.39	-0.28	-0.37	-0.42
305	-0.71	-0.69	-0.66	-0.63	0.53	0.72	0.78	-0.67	-0.78	-0.62	-0.38	-0.25	-0.35	-0.41
310	-0.68	-0.60	-0.57	-0.55	0.31	0.61	0.78	-0.64	-0.73	-0.45	-0.22	-0.16	-0.21	-0.31
315	-0.40	-0.37	-0.34	-0.33	-0.41	-0.22	0.13	-0.78	-0.65	-0.39	-0.26	-0.25	-0.24	-0.24
320	-0.51	-0.47	-0.43	-0.41	-0.53	-0.44	-0.23	-0.61	-0.54	-0.42	-0.35	-0.29	-0.27	-0.27
325	-0.52	-0.49	-0.46	-0.43	-0.58	-0.48	-0.24	-0.56	-0.54	-0.45	-0.41	-0.30	-0.29	-0.28
330	-0.70	-0.53	-0.49	-0.47	-0.59	-0.55	-0.38	-0.50	-0.46	-0.42	-0.40	-0.33	-0.33	-0.33
335	-0.74	-0.65	-0.61	-0.58	-0.63	-0.61	-0.48	-0.47	-0.35	-0.31	-0.27	-0.28	-0.24	-0.21
340	-0.88	-0.72	-0.67	-0.64	-0.65	-0.65	-0.56	-0.53	-0.30	-0.27	-0.23	-0.23	-0.19	-0.26
345	-1.09	-0.80	-0.72	-0.67	-0.70	-0.72	-0.69	-0.80	-0.32	-0.29	-0.27	-0.28	-0.25	-0.28
350	-0.98	-0.85	-0.75	-0.67	-0.71	-0.75	-0.77	-0.90	-0.37	-0.34	-0.32	-0.33	-0.29	-0.27
355	-0.71	-0.85	-0.77	-0.67	-0.69	-0.73	-0.77	-0.86	-0.41	-0.38	-0.36	-0.37	-0.33	-0.29

Таблица Б9. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К3

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 74.5$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-0.49	-0.81	-0.85	-0.77	-0.72	-0.74	-0.79	-0.80	-0.45	-0.42	-0.43	-0.44	-0.41	-0.39
5	-0.54	-0.76	-0.80	-0.75	-0.70	-0.72	-0.74	-0.74	-0.49	-0.45	-0.46	-0.47	-0.45	-0.43
10	-0.76	-0.71	-0.76	-0.68	-0.66	-0.69	-0.72	-0.70	-0.53	-0.49	-0.50	-0.49	-0.47	-0.46
15	-1.37	-0.58	-0.76	-0.63	-0.64	-0.67	-0.71	-0.70	-0.53	-0.50	-0.52	-0.52	-0.51	-0.54
20	-1.81	-0.08	-0.72	-0.61	-0.62	-0.65	-0.68	-0.70	-0.54	-0.51	-0.52	-0.51	-0.50	-0.68
25	-1.50	0.55	-0.48	-0.63	-0.63	-0.66	-0.69	-0.73	-0.56	-0.54	-0.55	-0.49	-0.61	-1.33
30	-1.36	0.86	-0.04	-0.58	-0.58	-0.61	-0.66	-0.70	-0.51	-0.49	-0.51	-0.54	-0.97	-1.49
35	-0.64	0.90	0.34	-0.45	-0.45	-0.48	-0.52	-0.52	-0.39	-0.37	-0.60	-0.62	-0.74	-0.74
40	-0.52	0.98	0.53	-0.46	-0.46	-0.49	-0.53	-0.53	-0.40	-0.38	-0.62	-0.59	-0.62	-0.59
45	-0.55	1.02	0.62	-0.49	-0.49	-0.53	-0.58	-0.59	-0.42	-0.42	-0.66	-0.62	-0.64	-0.60
50	-0.57	1.05	0.68	-0.48	-0.48	-0.52	-0.57	-0.59	-0.43	-0.43	-0.69	-0.65	-0.65	-0.62
55	-0.59	1.09	0.74	-0.47	-0.48	-0.51	-0.56	-0.60	-0.45	-0.47	-0.72	-0.69	-0.67	-0.65
60	-0.58	1.08	0.74	-0.44	-0.45	-0.48	-0.51	-0.56	-0.46	-0.48	-0.71	-0.70	-0.66	-0.63
65	-0.63	1.10	0.76	-0.46	-0.46	-0.50	-0.53	-0.58	-0.50	-0.52	-0.78	-0.75	-0.73	-0.70
70	-0.69	1.10	0.74	-0.50	-0.50	-0.53	-0.56	-0.62	-0.54	-0.56	-0.86	-0.81	-0.81	-0.76
75	-0.76	1.11	0.74	-0.53	-0.53	-0.56	-0.58	-0.64	-0.58	-0.58	-0.86	-0.86	-0.90	-0.84
80	-0.80	1.13	0.75	-0.53	-0.53	-0.55	-0.58	-0.63	-0.58	-0.57	-0.80	-0.87	-0.92	-0.88
85	-0.81	1.13	0.77	-0.52	-0.51	-0.54	-0.56	-0.61	-0.58	-0.59	-0.74	-0.81	-0.91	-0.88
90	-0.72	1.13	0.79	-0.51	-0.50	-0.53	-0.54	-0.57	-0.52	-0.51	-0.69	-0.72	-0.80	-0.78
95	-0.73	1.10	0.86	-0.51	-0.51	-0.53	-0.54	-0.56	-0.54	-0.53	-0.66	-0.70	-0.79	-0.79
100	-0.71	0.90	0.99	-0.53	-0.52	-0.55	-0.55	-0.58	-0.54	-0.52	-0.63	-0.65	-0.75	-0.78
105	-0.69	0.63	1.05	-0.48	-0.47	-0.48	-0.49	-0.52	-0.51	-0.50	-0.61	-0.61	-0.70	-0.77
110	-0.54	0.48	1.07	-0.42	-0.41	-0.42	-0.42	-0.51	-0.49	-0.49	-0.61	-0.57	-0.63	-0.64
115	-0.43	0.30	0.92	-0.44	-0.43	-0.43	-0.43	-0.52	-0.53	-0.58	-0.78	-0.41	-0.57	-0.54
120	0.01	0.06	0.42	-0.42	-0.43	-0.43	-0.40	-0.66	-0.71	-0.84	-0.89	0.27	-0.26	-0.36
125	-0.29	-0.50	-0.21	-0.50	-0.51	-0.50	-0.44	-0.60	-0.54	-0.49	-0.48	1.17	0.88	0.25
130	-0.67	-0.75	-0.71	-0.60	-0.50	-0.49	-0.44	-0.61	-0.56	-0.51	-0.50	1.09	1.11	0.82
135	-0.38	-0.49	-0.35	-0.50	-0.48	-0.46	-0.47	-0.75	-0.66	-0.62	-0.60	1.08	1.11	0.90
140	-0.34	-0.42	-0.32	-0.51	-0.49	-0.49	-0.49	-0.84	-0.81	-0.74	-0.71	1.08	1.10	0.89
145	-0.41	-0.44	-0.40	-0.55	-0.55	-0.54	-0.53	-0.79	-0.96	-0.94	-0.90	1.07	1.06	0.85
150	-0.51	-0.49	-0.53	-0.58	-0.57	-0.55	-0.53	-0.61	-1.05	-1.28	-1.22	1.07	1.04	0.82
155	-0.55	-0.52	-0.58	-0.57	-0.55	-0.53	-0.50	-0.49	-0.56	-1.32	-1.27	1.09	1.01	0.78
160	-0.60	-0.57	-0.59	-0.60	-0.56	-0.55	-0.53	-0.50	-0.10	-0.82	-1.18	1.10	0.99	0.74
165	-0.61	-0.59	-0.62	-0.68	-0.59	-0.61	-0.59	-0.54	-0.06	-0.04	-0.87	1.08	0.94	0.68
170	-0.69	-0.70	-0.81	-0.96	-0.91	-0.92	-0.90	-0.87	-0.07	0.22	-0.51	1.06	0.90	0.65
175	-0.77	-0.81	-0.87	-0.97	-0.97	-1.00	-0.97	-0.93	0.06	0.38	0.00	0.99	0.82	0.56
180	-0.83	-0.84	-0.88	-1.00	-1.00	-1.03	-1.00	-0.96	0.22	0.58	0.56	0.95	0.77	0.50
185	-0.81	-0.82	-0.87	-0.99	-1.00	-1.03	-1.00	-0.96	0.36	0.73	1.00	0.88	0.72	0.47
190	-0.68	-0.72	-0.77	-0.88	-0.91	-0.95	-0.90	-0.85	0.55	0.90	1.00	0.73	0.61	0.38
195	-0.50	-0.54	-0.59	-0.77	-0.80	-0.81	-0.74	-0.67	0.72	1.02	0.66	0.64	0.54	0.34
200	-0.39	-0.42	-0.44	-0.82	-0.72	-0.70	-0.62	-0.54	0.81	1.07	0.37	0.55	0.49	0.32
205	-0.23	-0.29	-0.33	-0.83	-0.65	-0.64	-0.58	-0.53	0.91	1.10	0.09	0.24	0.47	0.34

210	-0.04	-0.14	-0.27	-0.76	-0.63	-0.63	-0.61	-0.58	0.95	1.09	-0.06	-0.10	0.39	0.38
215	0.07	-0.02	-0.20	-0.65	-0.53	-0.52	-0.50	-0.45	0.98	1.06	-0.18	-0.26	0.12	0.39
220	0.01	-0.01	-0.14	-0.38	-0.48	-0.52	-0.50	-0.46	1.00	1.04	-0.31	-0.37	-0.07	0.32
225	-0.08	-0.07	-0.17	-0.14	0.05	-0.33	-0.66	-0.55	1.01	0.97	-0.49	-0.50	-0.42	0.05
230	-0.14	-0.10	-0.18	-0.13	0.33	0.12	-0.55	-0.52	1.02	0.96	-0.57	-0.51	-0.56	-0.33
235	-0.21	-0.14	-0.18	-0.13	0.39	0.34	-0.25	-0.39	1.02	0.92	-0.58	-0.49	-0.54	-0.46
240	-0.30	-0.11	-0.12	-0.09	0.43	0.44	0.29	-0.17	1.00	0.84	-0.53	-0.46	-0.51	-0.55
245	-0.28	-0.10	-0.06	-0.01	0.49	0.52	0.53	0.12	0.93	0.74	-0.48	-0.45	-0.53	-0.56
250	-0.33	-0.29	-0.21	-0.16	0.53	0.59	0.65	0.47	0.89	0.67	-0.11	-0.25	-0.49	-0.30
255	-0.59	-0.54	-0.52	-0.51	0.55	0.65	0.75	0.86	0.79	0.55	-0.16	-0.17	-0.21	-0.21
260	-0.67	-0.63	-0.63	-0.62	0.60	0.73	0.85	0.99	0.70	0.46	-0.17	-0.19	-0.24	-0.33
265	-0.71	-0.65	-0.64	-0.62	0.64	0.78	0.91	0.75	0.57	0.35	-0.20	-0.23	-0.28	-0.36
270	-0.69	-0.64	-0.61	-0.57	0.69	0.83	0.94	0.37	0.43	0.22	-0.25	-0.29	-0.33	-0.38
275	-0.72	-0.67	-0.66	-0.63	0.74	0.88	0.99	0.02	0.32	0.15	-0.23	-0.27	-0.35	-0.43
280	-0.74	-0.71	-0.69	-0.67	0.80	0.96	1.05	-0.36	0.10	0.10	-0.19	-0.25	-0.36	-0.47
285	-0.76	-0.74	-0.71	-0.71	0.84	0.99	1.06	-0.68	-0.48	0.04	-0.19	-0.24	-0.39	-0.51
290	-0.74	-0.74	-0.71	-0.70	0.86	1.02	1.06	-0.90	-0.95	-0.15	-0.19	-0.23	-0.40	-0.52
295	-0.72	-0.71	-0.68	-0.67	0.87	1.03	1.06	-0.98	-1.06	-0.46	-0.21	-0.21	-0.38	-0.50
300	-0.70	-0.70	-0.67	-0.65	0.85	1.01	1.04	-0.95	-1.01	-0.64	-0.28	-0.20	-0.36	-0.47
305	-0.69	-0.67	-0.65	-0.64	0.58	0.88	1.03	-0.83	-0.90	-0.61	-0.31	-0.18	-0.31	-0.41
310	-0.63	-0.60	-0.58	-0.56	0.25	0.70	1.01	-0.85	-0.90	-0.53	-0.26	-0.18	-0.25	-0.32
315	-0.38	-0.37	-0.36	-0.35	-0.42	-0.20	0.25	-1.11	-0.79	-0.42	-0.31	-0.29	-0.28	-0.28
320	-0.49	-0.48	-0.46	-0.47	-0.54	-0.50	-0.32	-0.67	-0.52	-0.40	-0.35	-0.31	-0.29	-0.27
325	-0.51	-0.49	-0.48	-0.49	-0.58	-0.53	-0.34	-0.62	-0.55	-0.46	-0.43	-0.36	-0.34	-0.33
330	-0.62	-0.58	-0.52	-0.52	-0.57	-0.55	-0.44	-0.58	-0.48	-0.43	-0.41	-0.37	-0.36	-0.36
335	-0.78	-0.66	-0.63	-0.58	-0.66	-0.61	-0.47	-0.49	-0.38	-0.32	-0.29	-0.30	-0.27	-0.22
340	-0.87	-0.74	-0.72	-0.65	-0.72	-0.69	-0.53	-0.46	-0.31	-0.27	-0.24	-0.26	-0.23	-0.27
345	-0.85	-0.81	-0.78	-0.66	-0.75	-0.76	-0.69	-0.78	-0.32	-0.28	-0.26	-0.30	-0.27	-0.30
350	-0.71	-0.84	-0.82	-0.70	-0.74	-0.77	-0.79	-0.89	-0.37	-0.32	-0.32	-0.34	-0.31	-0.30
355	-0.57	-0.85	-0.85	-0.74	-0.74	-0.76	-0.80	-0.89	-0.42	-0.39	-0.38	-0.39	-0.35	-0.32

Таблица Б10. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К3

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 104$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-0.89	-0.63	-0.95	-0.93	-0.70	-0.79	-0.77	-0.84	-0.56	-0.55	-0.55	-0.55	-0.54	-0.52
5	-0.83	-0.48	-0.83	-0.84	-0.67	-0.73	-0.74	-0.81	-0.60	-0.59	-0.59	-0.49	-0.48	-0.50
10	-1.09	-0.44	-0.90	-0.86	-0.64	-0.71	-0.73	-0.78	-0.64	-0.62	-0.62	-0.51	-0.49	-0.50
15	-1.66	-0.39	-0.86	-0.75	-0.62	-0.68	-0.71	-0.76	-0.64	-0.60	-0.62	-0.54	-0.51	-0.54
20	-1.90	-0.05	-0.72	-0.64	-0.61	-0.66	-0.69	-0.75	-0.64	-0.59	-0.61	-0.55	-0.51	-0.63
25	-1.82	0.34	-0.57	-0.66	-0.63	-0.68	-0.71	-0.75	-0.65	-0.60	-0.64	-0.53	-0.59	-1.06
30	-1.68	0.69	-0.28	-0.63	-0.61	-0.66	-0.66	-0.71	-0.59	-0.55	-0.60	-0.55	-0.88	-1.39
35	-0.68	0.81	-0.04	-0.47	-0.48	-0.50	-0.50	-0.55	-0.40	-0.40	-0.64	-0.57	-0.73	-0.70
40	-0.54	0.90	0.23	-0.47	-0.50	-0.52	-0.53	-0.59	-0.41	-0.41	-0.64	-0.54	-0.60	-0.55
45	-0.56	0.92	0.41	-0.50	-0.52	-0.55	-0.57	-0.65	-0.43	-0.44	-0.69	-0.58	-0.62	-0.57
50	-0.59	0.93	0.49	-0.48	-0.49	-0.53	-0.56	-0.64	-0.44	-0.45	-0.73	-0.61	-0.65	-0.60
55	-0.65	0.95	0.54	-0.44	-0.46	-0.50	-0.54	-0.64	-0.42	-0.44	-0.82	-0.66	-0.71	-0.64
60	-0.70	0.93	0.53	-0.39	-0.41	-0.46	-0.48	-0.58	-0.41	-0.44	-0.83	-0.70	-0.76	-0.68
65	-0.83	0.93	0.52	-0.43	-0.44	-0.49	-0.50	-0.59	-0.45	-0.46	-0.79	-0.81	-0.89	-0.81
70	-0.96	0.91	0.50	-0.47	-0.47	-0.52	-0.53	-0.61	-0.49	-0.48	-0.60	-0.88	-0.99	-0.93
75	-1.07	0.93	0.49	-0.52	-0.52	-0.56	-0.56	-0.64	-0.52	-0.51	-0.54	-0.75	-1.06	-1.04
80	-1.14	0.96	0.49	-0.52	-0.53	-0.56	-0.57	-0.65	-0.54	-0.52	-0.55	-0.66	-0.94	-1.08
85	-1.29	1.01	0.53	-0.51	-0.51	-0.55	-0.56	-0.63	-0.55	-0.53	-0.57	-0.61	-0.67	-1.13
90	-1.27	1.06	0.57	-0.51	-0.52	-0.56	-0.58	-0.64	-0.53	-0.51	-0.58	-0.66	-0.57	-0.83
95	-1.42	1.08	0.60	-0.52	-0.51	-0.54	-0.55	-0.60	-0.54	-0.53	-0.63	-0.65	-0.58	-0.70
100	-1.61	0.83	0.70	-0.53	-0.51	-0.56	-0.56	-0.62	-0.57	-0.58	-0.72	-0.54	-0.56	-0.68
105	-1.87	0.36	0.81	-0.47	-0.46	-0.49	-0.50	-0.56	-0.55	-0.60	-0.77	-0.41	-0.48	-0.68
110	-1.46	0.21	0.83	-0.42	-0.41	-0.43	-0.44	-0.49	-0.51	-0.60	-0.75	-0.43	-0.59	-0.70
115	-0.42	0.09	0.55	-0.47	-0.46	-0.47	-0.48	-0.53	-0.57	-0.70	-0.70	-0.23	-0.61	-0.59
120	-0.08	-0.18	0.10	-0.48	-0.49	-0.50	-0.54	-0.74	-0.73	-0.74	-0.68	0.74	-0.13	-0.35
125	-0.26	-0.42	-0.21	-0.47	-0.48	-0.45	-0.42	-0.61	-0.55	-0.51	-0.57	1.20	0.76	0.09
130	-0.49	-0.77	-0.51	-0.51	-0.48	-0.46	-0.42	-0.62	-0.57	-0.54	-0.60	1.14	1.02	0.66
135	-0.31	-0.47	-0.49	-0.52	-0.48	-0.48	-0.47	-0.71	-0.68	-0.65	-0.68	1.12	1.01	0.83
140	-0.37	-0.53	-0.55	-0.55	-0.51	-0.52	-0.51	-0.70	-0.82	-0.83	-0.83	1.11	0.99	0.85
145	-0.44	-0.61	-0.58	-0.59	-0.55	-0.55	-0.53	-0.63	-0.92	-1.09	-1.07	1.09	0.93	0.80
150	-0.46	-0.58	-0.62	-0.61	-0.54	-0.54	-0.51	-0.53	-0.46	-1.42	-1.63	1.09	0.90	0.76
155	-0.49	-0.57	-0.63	-0.59	-0.52	-0.52	-0.49	-0.51	-0.14	-0.90	-1.21	1.09	0.86	0.70
160	-0.54	-0.60	-0.62	-0.59	-0.51	-0.51	-0.48	-0.49	-0.07	-0.25	-0.67	1.09	0.82	0.66
165	-0.62	-0.66	-0.70	-0.70	-0.62	-0.65	-0.62	-0.63	-0.04	0.16	-0.38	1.06	0.76	0.58
170	-0.77	-0.86	-0.91	-0.95	-0.87	-0.93	-0.92	-0.95	-0.03	0.26	-0.04	1.00	0.67	0.50
175	-0.86	-0.93	-0.94	-1.03	-0.95	-1.01	-1.01	-1.06	0.09	0.40	0.59	0.91	0.54	0.39
180	-0.90	-0.97	-0.96	-1.08	-0.99	-1.06	-1.06	-1.13	0.25	0.58	1.06	0.83	0.46	0.32
185	-0.88	-0.95	-0.96	-1.08	-0.99	-1.06	-1.06	-1.15	0.39	0.72	1.16	0.76	0.41	0.29
190	-0.77	-0.84	-0.94	-1.03	-0.94	-1.00	-1.00	-1.13	0.56	0.88	0.67	0.63	0.33	0.24
195	-0.67	-0.75	-0.90	-1.03	-0.90	-0.96	-0.95	-1.12	0.73	1.01	-0.17	0.50	0.24	0.19
200	-0.58	-0.66	-0.84	-0.98	-0.84	-0.90	-0.87	-1.05	0.84	1.08	-0.66	0.41	0.19	0.17
205	-0.41	-0.48	-0.68	-0.84	-0.70	-0.75	-0.70	-0.81	0.96	1.16	-0.91	0.17	0.23	0.21

210	-0.23	-0.33	-0.49	-0.71	-0.57	-0.64	-0.63	-0.65	1.04	1.20	-0.95	-0.18	0.28	0.26
215	-0.11	-0.21	-0.39	-0.52	-0.40	-0.48	-0.47	-0.44	1.13	1.23	-0.90	-0.38	0.02	0.32
220	-0.04	-0.14	-0.36	-0.44	-0.35	-0.43	-0.43	-0.42	1.17	1.21	-0.77	-0.35	-0.31	0.17
225	-0.15	-0.16	-0.30	-0.27	-0.31	-0.41	-0.46	-0.45	1.21	1.17	-0.55	-0.28	-0.41	-0.26
230	-0.26	-0.22	-0.27	-0.19	-0.02	-0.38	-0.61	-0.60	1.23	1.14	-0.54	-0.35	-0.43	-0.38
235	-0.27	-0.24	-0.25	-0.18	0.14	-0.05	-0.73	-0.86	1.21	1.07	-0.55	-0.43	-0.49	-0.45
240	-0.22	-0.29	-0.22	-0.12	0.13	0.10	-0.11	-0.81	1.16	0.96	-0.55	-0.48	-0.56	-0.49
245	-0.18	-0.33	-0.22	-0.07	0.18	0.15	0.36	-0.47	1.11	0.87	-0.50	-0.49	-0.57	-0.48
250	-0.34	-0.50	-0.40	-0.29	0.18	0.19	0.49	0.01	1.01	0.74	-0.52	-0.48	-0.62	-0.48
255	-0.50	-0.53	-0.56	-0.52	0.19	0.25	0.61	0.59	0.92	0.64	-0.33	-0.28	-0.35	-0.33
260	-0.62	-0.64	-0.67	-0.63	0.20	0.30	0.72	1.06	0.81	0.54	-0.31	-0.28	-0.36	-0.44
265	-0.68	-0.72	-0.78	-0.73	0.22	0.36	0.81	1.12	0.66	0.41	-0.32	-0.34	-0.44	-0.51
270	-0.70	-0.72	-0.82	-0.72	0.25	0.41	0.88	0.87	0.48	0.25	-0.44	-0.45	-0.58	-0.67
275	-0.70	-0.75	-0.86	-0.77	0.29	0.47	0.96	0.56	0.36	0.15	-0.37	-0.41	-0.52	-0.59
280	-0.62	-0.73	-0.85	-0.75	0.35	0.57	1.03	0.18	0.26	0.07	-0.32	-0.38	-0.51	-0.54
285	-0.61	-0.70	-0.82	-0.70	0.42	0.66	1.07	-0.24	0.08	0.00	-0.27	-0.34	-0.49	-0.51
290	-0.61	-0.68	-0.80	-0.70	0.46	0.72	1.10	-0.57	-0.56	-0.04	-0.24	-0.30	-0.47	-0.51
295	-0.60	-0.69	-0.79	-0.70	0.51	0.77	1.11	-0.74	-1.05	-0.16	-0.20	-0.24	-0.44	-0.50
300	-0.57	-0.71	-0.78	-0.71	0.56	0.84	1.12	-0.77	-1.10	-0.46	-0.21	-0.20	-0.43	-0.51
305	-0.60	-0.72	-0.80	-0.72	0.46	0.80	1.16	-0.61	-0.93	-0.62	-0.30	-0.22	-0.39	-0.48
310	-0.54	-0.66	-0.73	-0.68	0.23	0.66	1.17	-0.54	-0.89	-0.66	-0.36	-0.26	-0.35	-0.40
315	-0.37	-0.38	-0.40	-0.41	-0.34	-0.17	0.40	-0.85	-0.91	-0.48	-0.34	-0.31	-0.34	-0.35
320	-0.45	-0.47	-0.48	-0.51	-0.48	-0.51	-0.35	-0.61	-0.53	-0.43	-0.40	-0.36	-0.41	-0.43
325	-0.48	-0.50	-0.52	-0.54	-0.50	-0.53	-0.39	-0.58	-0.54	-0.46	-0.45	-0.41	-0.45	-0.45
330	-0.53	-0.56	-0.53	-0.63	-0.60	-0.67	-0.38	-0.58	-0.56	-0.48	-0.45	-0.33	-0.35	-0.36
335	-0.56	-0.78	-0.81	-0.74	-0.70	-0.52	-0.21	-0.55	-0.56	-0.47	-0.43	-0.42	-0.48	-0.46
340	-0.52	-0.80	-0.85	-0.78	-0.75	-0.61	-0.13	-0.51	-0.53	-0.43	-0.39	-0.44	-0.46	-0.43
345	-0.57	-0.88	-0.97	-0.90	-0.84	-0.90	-0.48	-0.59	-0.58	-0.45	-0.42	-0.47	-0.47	-0.47
350	-0.62	-0.85	-1.01	-0.94	-0.83	-0.93	-0.74	-0.63	-0.52	-0.46	-0.45	-0.46	-0.46	-0.45
355	-0.71	-0.78	-0.99	-0.94	-0.77	-0.87	-0.80	-0.73	-0.51	-0.49	-0.49	-0.50	-0.49	-0.47

Таблица Б11. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К4

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 45$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-1.07	0.41	0.59	0.60	0.43	0.27	0.09	-0.60	-0.64	-0.68	-0.99	-1.07	-1.14	-1.07
5	-1.09	0.49	0.66	0.23	0.28	0.15	0.00	-0.59	-0.62	-0.68	-0.88	-1.06	-1.18	-1.10
10	-1.12	0.55	0.70	-0.16	0.13	0.03	-0.09	-0.59	-0.62	-0.68	-0.73	-0.96	-1.24	-1.16
15	-1.13	0.61	0.73	-0.57	-0.27	-0.08	-0.16	-0.58	-0.60	-0.65	-0.64	-0.60	-1.20	-1.23
20	-1.10	0.62	0.69	-0.88	-0.81	-0.32	-0.24	-0.51	-0.53	-0.55	-0.55	-0.23	-0.86	-1.25
25	-1.14	0.65	0.66	-1.17	-1.17	-0.72	-0.43	-0.50	-0.50	-0.52	-0.52	-0.10	-0.51	-1.21
30	-1.22	0.63	0.58	-1.29	-1.28	-1.03	-0.73	-0.54	-0.48	-0.49	-0.49	-0.11	-0.24	-0.99
35	-1.18	0.64	0.58	-0.98	-0.97	-0.98	-0.84	-0.76	-0.47	-0.47	-0.47	-0.09	-0.16	-0.85
40	-1.23	0.69	0.59	-0.78	-0.78	-0.82	-0.80	-0.88	-0.55	-0.56	-0.55	-0.15	-0.24	-0.97
45	-1.17	0.74	0.62	-0.74	-0.74	-0.78	-0.81	-0.92	-0.63	-0.65	-0.63	-0.27	-0.48	-1.03
50	-1.10	0.69	0.55	-0.72	-0.73	-0.76	-0.80	-0.92	-0.68	-0.69	-0.65	-0.27	-0.37	-0.82
55	-1.08	0.70	0.52	-0.66	-0.68	-0.72	-0.74	-0.84	-0.71	-0.70	-0.66	-0.23	-0.25	-0.58
60	-1.01	0.60	0.41	-0.62	-0.64	-0.68	-0.69	-0.79	-0.73	-0.71	-0.67	-0.20	-0.19	-0.38
65	-0.98	0.58	0.36	-0.54	-0.56	-0.59	-0.60	-0.73	-0.70	-0.68	-0.64	-0.17	-0.17	-0.30
70	-0.98	0.57	0.35	-0.47	-0.48	-0.51	-0.52	-0.66	-0.62	-0.61	-0.58	-0.15	-0.17	-0.31
75	-1.04	0.55	0.29	-0.43	-0.44	-0.46	-0.47	-0.64	-0.59	-0.57	-0.57	-0.13	-0.18	-0.35
80	-1.12	0.52	0.24	-0.41	-0.42	-0.44	-0.44	-0.61	-0.56	-0.56	-0.58	-0.13	-0.19	-0.38
85	-1.16	0.52	0.21	-0.40	-0.40	-0.42	-0.42	-0.57	-0.53	-0.56	-0.64	-0.17	-0.16	-0.33
90	-0.31	0.31	0.14	-0.36	-0.37	-0.38	-0.38	-0.52	-0.49	-0.53	-0.64	-0.02	-0.32	-0.26
95	-0.21	-0.04	0.00	-0.31	-0.32	-0.33	-0.32	-0.41	-0.39	-0.42	-0.50	0.06	-0.47	-0.37
100	-0.30	-0.22	-0.13	-0.32	-0.31	-0.32	-0.32	-0.40	-0.38	-0.41	-0.49	0.13	-0.48	-0.42
105	-0.37	-0.34	-0.23	-0.29	-0.28	-0.28	-0.28	-0.36	-0.34	-0.35	-0.42	0.14	-0.43	-0.39
110	-0.41	-0.40	-0.28	-0.27	-0.26	-0.27	-0.26	-0.33	-0.31	-0.33	-0.39	0.16	-0.38	-0.37
115	-0.38	-0.36	-0.25	-0.24	-0.23	-0.23	-0.23	-0.32	-0.30	-0.34	-0.43	0.02	-0.43	-0.41
120	-0.37	-0.35	-0.28	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.30	-0.29	-0.32	-0.39	-0.22	-0.40	-0.39
125	-0.46	-0.41	-0.35	-0.32	-0.32	-0.31	-0.30	-0.47	-0.42	-0.40	-0.48	-0.44	-0.45	-0.45
130	-0.45	-0.43	-0.38	-0.34	-0.33	-0.32	-0.30	-0.46	-0.43	-0.40	-0.41	-0.38	-0.39	-0.43
135	-0.56	-0.46	-0.42	-0.41	-0.35	-0.34	-0.32	-0.58	-0.53	-0.50	-0.58	-0.55	-0.54	-0.55
140	-0.57	-0.46	-0.42	-0.43	-0.30	-0.28	-0.28	-0.56	-0.52	-0.49	-0.59	-0.55	-0.55	-0.56
145	-0.57	-0.49	-0.50	-0.57	-0.29	-0.30	-0.31	-0.52	-0.48	-0.49	-0.56	-0.53	-0.55	-0.58
150	-0.57	-0.49	-0.49	-0.59	-0.33	-0.37	-0.36	-0.37	-0.36	-0.44	-0.60	-0.56	-0.59	-0.59
155	-0.54	-0.48	-0.47	-0.56	-0.34	-0.37	-0.34	-0.33	-0.28	-0.37	-0.61	-0.56	-0.56	-0.56
160	-0.56	-0.46	-0.45	-0.52	-0.34	-0.34	-0.32	-0.31	0.04	-0.11	-0.72	-0.63	-0.59	-0.57
165	-0.51	-0.42	-0.42	-0.49	-0.32	-0.32	-0.30	-0.28	0.35	0.46	-0.89	-0.72	-0.60	-0.53
170	-0.38	-0.39	-0.42	-0.45	-0.37	-0.37	-0.35	-0.33	0.37	0.72	-1.29	-0.71	-0.80	-0.52
175	-0.43	-0.44	-0.47	-0.53	-0.41	-0.40	-0.37	-0.34	0.39	0.72	-0.99	-0.57	-0.75	-0.50
180	-0.43	-0.44	-0.46	-0.56	-0.47	-0.46	-0.42	-0.40	0.39	0.70	-0.85	-0.46	-0.67	-0.46
185	-0.44	-0.45	-0.47	-0.58	-0.51	-0.49	-0.45	-0.43	0.38	0.69	-0.78	-0.40	-0.61	-0.44
190	-0.43	-0.44	-0.46	-0.57	-0.51	-0.49	-0.46	-0.44	0.41	0.69	-0.73	-0.31	-0.52	-0.40
195	-0.42	-0.43	-0.44	-0.57	-0.52	-0.50	-0.47	-0.46	0.45	0.71	-0.74	-0.24	-0.45	-0.38
200	-0.45	-0.46	-0.47	-0.62	-0.58	-0.54	-0.52	-0.51	0.48	0.71	-0.78	-0.21	-0.41	-0.38
205	-0.48	-0.49	-0.50	-0.70	-0.65	-0.60	-0.57	-0.58	0.49	0.70	-0.79	-0.20	-0.36	-0.38

210	-0.51	-0.52	-0.52	-0.75	-0.70	-0.64	-0.61	-0.61	0.48	0.64	-0.70	-0.18	-0.27	-0.35
215	-0.62	-0.63	-0.64	-0.92	-0.85	-0.78	-0.77	-0.76	0.50	0.68	-0.49	-0.03	-0.14	-0.28
220	-0.61	-0.65	-0.66	-1.02	-0.91	-0.87	-0.85	-0.84	0.48	0.64	-0.41	0.07	-0.09	-0.24
225	-0.59	-0.64	-0.66	-1.04	-0.98	-1.04	-1.02	-0.99	0.49	0.66	-0.45	0.04	-0.07	-0.22
230	-0.59	-0.64	-0.67	-0.96	-1.00	-1.12	-1.11	-1.09	0.54	0.70	-0.51	0.01	-0.05	-0.22
235	-0.57	-0.60	-0.62	-0.77	-0.96	-1.19	-1.26	-1.24	0.58	0.71	-0.79	-0.27	-0.10	-0.27
240	-0.56	-0.57	-0.58	-0.59	-0.73	-1.06	-1.22	-1.22	0.58	0.68	-0.92	-0.33	-0.11	-0.27
245	-0.61	-0.61	-0.61	-0.60	-0.49	-0.79	-1.13	-1.13	0.62	0.68	-1.07	-0.55	-0.11	-0.26
250	-0.61	-0.62	-0.61	-0.60	-0.26	-0.20	-0.71	-1.05	0.64	0.64	-1.18	-0.85	-0.15	-0.22
255	-0.60	-0.60	-0.59	-0.57	-0.15	0.00	-0.12	-0.83	0.68	0.60	-1.24	-1.17	-0.44	-0.13
260	-0.57	-0.58	-0.57	-0.54	-0.06	0.09	0.16	-0.36	0.63	0.51	-1.18	-1.21	-0.72	-0.18
265	-0.56	-0.58	-0.55	-0.53	0.02	0.20	0.31	0.02	0.65	0.47	-1.00	-1.06	-0.97	-0.58
270	-0.58	-0.57	-0.54	-0.51	0.09	0.28	0.40	0.39	0.59	0.40	-0.92	-0.94	-0.97	-0.75
275	-0.64	-0.55	-0.52	-0.49	0.16	0.37	0.50	0.63	0.53	0.32	-0.87	-0.88	-0.94	-0.85
280	-0.54	-0.48	-0.43	-0.40	0.26	0.47	0.60	0.41	0.40	0.20	-0.80	-0.86	-0.87	-0.75
285	-0.52	-0.45	-0.39	-0.34	0.35	0.56	0.69	-0.18	0.26	0.09	-0.70	-0.73	-0.76	-0.66
290	-0.70	-0.53	-0.45	-0.41	0.43	0.67	0.80	-0.54	0.10	0.05	-0.52	-0.62	-0.64	-0.51
295	-0.74	-0.58	-0.49	-0.48	0.54	0.79	0.88	-0.82	-0.43	-0.05	-0.46	-0.65	-0.65	-0.33
300	-0.68	-0.52	-0.47	-0.47	0.64	0.86	0.90	-1.01	-0.94	-0.42	-0.48	-0.66	-0.62	-0.30
305	-0.65	-0.61	-0.63	-0.62	0.75	0.88	0.83	-0.80	-0.79	-0.87	-0.68	-0.68	-0.23	0.05
310	-0.72	-0.72	-0.73	-0.69	0.73	0.82	0.74	-0.67	-0.68	-0.72	-0.66	-0.42	0.07	-0.05
315	-0.81	-0.86	-0.86	-0.84	0.69	0.77	0.70	-0.42	-0.45	-0.44	-0.49	-0.19	-0.33	-0.54
320	-0.83	-1.04	-1.11	-1.10	0.77	0.85	0.78	-0.27	-0.30	-0.34	-0.41	-0.45	-0.60	-0.64
325	-0.55	-0.73	-1.19	-1.28	0.80	0.84	0.74	-0.33	-0.38	-0.44	-0.55	-0.57	-0.62	-0.55
330	-0.59	-0.21	-0.78	-0.89	0.78	0.77	0.63	-0.41	-0.46	-0.54	-0.69	-0.70	-0.70	-0.62
335	-0.70	0.00	-0.14	-0.57	0.76	0.70	0.54	-0.48	-0.54	-0.61	-0.86	-0.84	-0.82	-0.73
340	-0.80	0.06	0.17	-0.27	0.68	0.61	0.46	-0.50	-0.57	-0.63	-0.94	-0.91	-0.91	-0.82
345	-0.90	0.16	0.32	0.13	0.65	0.55	0.38	-0.55	-0.61	-0.65	-1.04	-1.00	-1.00	-0.91
350	-0.97	0.26	0.44	0.50	0.60	0.47	0.28	-0.57	-0.62	-0.66	-1.07	-1.05	-1.07	-0.98
355	-1.02	0.34	0.53	0.69	0.54	0.40	0.21	-0.57	-0.62	-0.67	-1.06	-1.07	-1.11	-1.02

Таблица Б12. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К4

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 74.5$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-0.92	0.59	0.86	0.91	0.65	0.44	0.15	-0.63	-0.66	-0.65	-1.11	-1.02	-1.07	-0.98
5	-0.95	0.69	0.97	0.25	0.47	0.28	0.03	-0.59	-0.64	-0.63	-1.10	-1.04	-1.10	-1.01
10	-0.99	0.78	1.03	-0.27	0.32	0.15	-0.08	-0.60	-0.64	-0.64	-0.98	-1.04	-1.13	-1.04
15	-1.02	0.87	1.07	-0.70	0.00	0.03	-0.17	-0.58	-0.62	-0.63	-0.87	-1.01	-1.12	-1.06
20	-1.07	0.92	1.05	-1.03	-0.85	-0.14	-0.22	-0.52	-0.56	-0.54	-0.61	-0.89	-1.17	-1.09
25	-1.11	0.97	1.05	-1.26	-1.32	-0.65	-0.34	-0.51	-0.54	-0.51	-0.54	-0.62	-1.19	-1.17
30	-1.13	0.98	1.00	-1.32	-1.36	-1.17	-0.78	-0.55	-0.52	-0.47	-0.50	-0.42	-1.10	-1.23
35	-1.10	1.00	0.97	-1.03	-1.04	-1.09	-0.95	-0.83	-0.51	-0.47	-0.49	-0.36	-0.99	-1.18
40	-1.19	1.01	0.92	-0.87	-0.86	-0.93	-0.92	-1.00	-0.62	-0.59	-0.59	-0.38	-0.97	-1.24
45	-1.26	1.01	0.86	-0.81	-0.79	-0.84	-0.89	-1.03	-0.70	-0.68	-0.67	-0.35	-0.79	-1.26
50	-1.28	0.99	0.78	-0.75	-0.75	-0.81	-0.87	-1.00	-0.75	-0.72	-0.69	-0.23	-0.45	-1.07
55	-1.30	0.99	0.73	-0.70	-0.70	-0.75	-0.80	-0.89	-0.80	-0.76	-0.71	-0.19	-0.30	-0.69
60	-1.25	0.95	0.67	-0.64	-0.65	-0.70	-0.74	-0.82	-0.82	-0.76	-0.72	-0.14	-0.26	-0.36
65	-1.19	0.88	0.58	-0.56	-0.56	-0.60	-0.64	-0.75	-0.76	-0.71	-0.68	-0.14	-0.29	-0.27
70	-1.17	0.85	0.53	-0.48	-0.48	-0.51	-0.55	-0.70	-0.68	-0.62	-0.60	-0.14	-0.33	-0.31
75	-1.16	0.79	0.46	-0.43	-0.43	-0.45	-0.48	-0.65	-0.62	-0.57	-0.57	-0.16	-0.39	-0.38
80	-1.23	0.74	0.39	-0.40	-0.39	-0.41	-0.44	-0.61	-0.58	-0.54	-0.56	-0.15	-0.39	-0.42
85	-1.44	0.71	0.34	-0.38	-0.37	-0.39	-0.43	-0.55	-0.54	-0.54	-0.59	-0.18	-0.37	-0.44
90	-0.88	0.62	0.26	-0.38	-0.38	-0.39	-0.43	-0.51	-0.53	-0.57	-0.70	-0.28	-0.42	-0.38
95	-0.33	0.25	0.20	-0.34	-0.33	-0.34	-0.36	-0.43	-0.44	-0.47	-0.63	-0.21	-0.51	-0.44
100	-0.33	-0.05	0.05	-0.33	-0.32	-0.33	-0.35	-0.41	-0.42	-0.45	-0.61	-0.18	-0.52	-0.49
105	-0.39	-0.28	-0.13	-0.31	-0.29	-0.30	-0.32	-0.38	-0.38	-0.39	-0.51	-0.06	-0.45	-0.46
110	-0.46	-0.40	-0.26	-0.29	-0.27	-0.28	-0.30	-0.35	-0.35	-0.35	-0.43	0.07	-0.37	-0.43
115	-0.43	-0.40	-0.29	-0.25	-0.23	-0.24	-0.26	-0.31	-0.31	-0.32	-0.43	-0.13	-0.42	-0.42
120	-0.39	-0.39	-0.33	-0.26	-0.23	-0.24	-0.25	-0.32	-0.30	-0.27	-0.33	-0.24	-0.37	-0.38
125	-0.46	-0.43	-0.39	-0.34	-0.33	-0.33	-0.33	-0.50	-0.46	-0.41	-0.44	-0.43	-0.45	-0.43
130	-0.46	-0.42	-0.40	-0.36	-0.35	-0.35	-0.36	-0.49	-0.45	-0.41	-0.44	-0.42	-0.44	-0.42
135	-0.56	-0.46	-0.44	-0.43	-0.34	-0.33	-0.35	-0.59	-0.56	-0.51	-0.56	-0.55	-0.55	-0.54
140	-0.57	-0.48	-0.46	-0.46	-0.29	-0.29	-0.31	-0.56	-0.52	-0.49	-0.56	-0.55	-0.56	-0.55
145	-0.58	-0.51	-0.53	-0.57	-0.30	-0.31	-0.35	-0.49	-0.46	-0.49	-0.59	-0.56	-0.58	-0.57
150	-0.57	-0.51	-0.51	-0.57	-0.35	-0.38	-0.39	-0.41	-0.37	-0.44	-0.63	-0.58	-0.60	-0.57
155	-0.55	-0.51	-0.51	-0.57	-0.37	-0.39	-0.39	-0.38	-0.32	-0.41	-0.59	-0.56	-0.57	-0.55
160	-0.57	-0.51	-0.51	-0.54	-0.39	-0.40	-0.41	-0.41	-0.19	-0.38	-0.57	-0.57	-0.58	-0.57
165	-0.50	-0.47	-0.49	-0.53	-0.38	-0.38	-0.39	-0.37	0.35	0.43	-0.84	-0.66	-0.57	-0.50
170	-0.43	-0.45	-0.49	-0.52	-0.43	-0.42	-0.42	-0.39	0.42	0.86	-1.80	-0.64	-0.65	-0.53
175	-0.48	-0.50	-0.55	-0.60	-0.48	-0.47	-0.47	-0.44	0.45	0.85	-1.42	-0.48	-0.57	-0.49
180	-0.49	-0.51	-0.56	-0.62	-0.53	-0.52	-0.51	-0.48	0.46	0.84	-1.21	-0.37	-0.49	-0.47
185	-0.52	-0.53	-0.56	-0.63	-0.56	-0.55	-0.54	-0.51	0.49	0.85	-1.15	-0.31	-0.46	-0.46
190	-0.49	-0.50	-0.52	-0.60	-0.54	-0.53	-0.52	-0.50	0.54	0.87	-1.11	-0.28	-0.41	-0.43
195	-0.48	-0.49	-0.51	-0.59	-0.54	-0.52	-0.51	-0.49	0.62	0.90	-1.16	-0.35	-0.39	-0.43
200	-0.51	-0.52	-0.54	-0.64	-0.59	-0.57	-0.56	-0.54	0.67	0.94	-1.22	-0.42	-0.38	-0.44
205	-0.54	-0.54	-0.55	-0.73	-0.67	-0.63	-0.61	-0.59	0.71	0.95	-1.24	-0.51	-0.35	-0.44

210	-0.58	-0.59	-0.59	-0.78	-0.72	-0.68	-0.66	-0.64	0.71	0.89	-1.10	-0.48	-0.24	-0.39
215	-0.75	-0.75	-0.76	-1.01	-0.92	-0.90	-0.88	-0.87	0.71	0.89	-0.89	-0.29	-0.08	-0.29
220	-0.76	-0.76	-0.78	-1.09	-0.98	-0.99	-0.96	-0.96	0.74	0.89	-0.86	-0.28	0.00	-0.22
225	-0.74	-0.76	-0.80	-1.09	-1.09	-1.19	-1.16	-1.14	0.78	0.91	-0.93	-0.40	0.05	-0.18
230	-0.72	-0.75	-0.81	-0.98	-1.11	-1.28	-1.30	-1.27	0.84	0.94	-1.03	-0.59	0.06	-0.18
235	-0.65	-0.68	-0.73	-0.78	-0.97	-1.32	-1.46	-1.42	0.90	0.95	-1.23	-1.08	-0.05	-0.20
240	-0.63	-0.63	-0.64	-0.63	-0.46	-0.90	-1.50	-1.41	0.92	0.92	-1.31	-1.30	-0.16	-0.18
245	-0.63	-0.63	-0.63	-0.61	-0.25	-0.22	-1.29	-1.30	0.95	0.90	-1.28	-1.37	-0.46	-0.17
250	-0.63	-0.63	-0.62	-0.60	-0.16	-0.03	-0.20	-0.89	0.95	0.83	-1.17	-1.30	-0.87	-0.31
255	-0.65	-0.63	-0.61	-0.58	-0.04	0.11	0.24	-0.39	0.96	0.77	-0.99	-1.01	-1.03	-0.77
260	-0.72	-0.61	-0.58	-0.54	0.08	0.24	0.39	0.09	0.89	0.67	-0.88	-0.88	-0.92	-0.86
265	-0.80	-0.56	-0.54	-0.51	0.18	0.38	0.55	0.58	0.85	0.59	-0.82	-0.83	-0.85	-0.82
270	-0.78	-0.54	-0.54	-0.52	0.30	0.51	0.69	0.96	0.74	0.48	-0.79	-0.83	-0.86	-0.79
275	-0.78	-0.53	-0.53	-0.51	0.40	0.64	0.82	0.90	0.63	0.37	-0.81	-0.84	-0.86	-0.79
280	-0.68	-0.53	-0.45	-0.41	0.54	0.77	0.96	0.41	0.48	0.24	-0.77	-0.79	-0.80	-0.73
285	-0.65	-0.59	-0.42	-0.38	0.66	0.89	1.06	-0.22	0.31	0.12	-0.68	-0.71	-0.74	-0.60
290	-0.61	-0.62	-0.56	-0.55	0.75	1.00	1.14	-0.63	-0.04	0.14	-0.18	-0.56	-0.44	0.24
295	-0.60	-0.59	-0.58	-0.59	0.87	1.11	1.19	-0.93	-0.77	-0.01	-0.01	-0.48	-0.10	0.23
300	-0.56	-0.55	-0.55	-0.56	0.97	1.17	1.17	-1.09	-1.05	-0.64	-0.16	-0.49	-0.08	0.23
305	-0.65	-0.63	-0.64	-0.64	1.02	1.15	1.08	-0.80	-0.80	-0.84	-0.66	-0.36	0.16	0.07
310	-0.77	-0.71	-0.72	-0.69	1.03	1.12	1.02	-0.67	-0.68	-0.71	-0.70	-0.28	0.10	-0.05
315	-0.88	-0.87	-0.84	-0.83	1.01	1.07	0.96	-0.48	-0.48	-0.47	-0.53	-0.19	-0.21	-0.53
320	-0.91	-1.08	-1.07	-1.07	1.09	1.13	1.00	-0.32	-0.32	-0.33	-0.44	-0.51	-0.62	-0.67
325	-0.55	-0.88	-1.27	-1.27	1.10	1.09	0.91	-0.41	-0.41	-0.43	-0.60	-0.58	-0.57	-0.54
330	-0.56	-0.03	-0.90	-1.08	1.09	1.03	0.81	-0.47	-0.47	-0.49	-0.71	-0.64	-0.60	-0.58
335	-0.67	0.09	-0.15	-0.76	1.08	0.96	0.72	-0.54	-0.55	-0.56	-0.85	-0.76	-0.72	-0.69
340	-0.73	0.16	0.30	-0.42	1.04	0.89	0.62	-0.58	-0.59	-0.59	-0.92	-0.82	-0.80	-0.77
345	-0.82	0.27	0.47	0.11	0.98	0.79	0.50	-0.63	-0.65	-0.64	-0.99	-0.89	-0.90	-0.86
350	-0.88	0.39	0.62	0.70	0.88	0.67	0.38	-0.65	-0.66	-0.65	-1.04	-0.95	-0.99	-0.93
355	-0.91	0.49	0.74	1.03	0.78	0.57	0.28	-0.64	-0.65	-0.65	-1.07	-0.99	-1.02	-0.96

Таблица Б13. Значения $C_m = f(\beta, j, z)$ на фасадах корпуса К4

β , град.	Номера контрольных точек j на отметке $z_i = 104$ м													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	-1.21	0.20	0.63	0.96	0.62	0.36	0.15	-0.72	-0.68	-0.76	-0.85	-0.92	-1.04	-1.16
5	-1.27	0.29	0.75	0.34	0.43	0.21	0.03	-0.68	-0.66	-0.74	-0.81	-0.95	-1.07	-1.20
10	-1.32	0.39	0.87	-0.15	0.29	0.09	-0.06	-0.64	-0.61	-0.69	-0.76	-0.90	-1.07	-1.23
15	-1.24	0.51	0.97	-0.60	0.11	-0.03	-0.14	-0.59	-0.57	-0.65	-0.70	-0.87	-1.02	-1.18
20	-1.07	0.63	1.03	-1.01	-0.52	-0.10	-0.20	-0.52	-0.50	-0.57	-0.63	-0.82	-0.94	-1.07
25	-0.97	0.72	1.07	-1.30	-1.31	-0.30	-0.23	-0.51	-0.48	-0.55	-0.64	-0.81	-0.89	-0.97
30	-0.96	0.77	1.06	-1.47	-1.57	-0.92	-0.41	-0.49	-0.46	-0.52	-0.60	-0.75	-0.85	-0.96
35	-0.97	0.81	1.05	-1.10	-1.19	-1.11	-0.83	-0.63	-0.48	-0.54	-0.57	-0.59	-0.79	-0.98
40	-1.11	0.82	1.02	-0.93	-0.97	-1.03	-0.94	-0.90	-0.61	-0.69	-0.68	-0.50	-0.81	-1.13
45	-1.31	0.86	0.99	-0.88	-0.91	-0.96	-0.96	-1.01	-0.76	-0.78	-0.75	-0.35	-0.78	-1.21
50	-1.78	0.87	0.95	-0.84	-0.87	-0.91	-0.93	-1.00	-0.80	-0.80	-0.75	-0.26	-0.54	-0.82
55	-1.93	0.89	0.89	-0.79	-0.81	-0.85	-0.87	-0.93	-0.83	-0.82	-0.78	-0.24	-0.34	-0.43
60	-1.54	0.88	0.83	-0.72	-0.74	-0.78	-0.80	-0.89	-0.81	-0.80	-0.76	-0.19	-0.25	-0.32
65	-1.15	0.84	0.75	-0.61	-0.63	-0.67	-0.68	-0.79	-0.71	-0.71	-0.68	-0.19	-0.26	-0.32
70	-1.01	0.81	0.70	-0.52	-0.53	-0.56	-0.57	-0.69	-0.62	-0.62	-0.60	-0.21	-0.28	-0.36
75	-0.91	0.76	0.62	-0.43	-0.45	-0.47	-0.48	-0.62	-0.55	-0.55	-0.55	-0.26	-0.33	-0.40
80	-1.00	0.72	0.55	-0.39	-0.40	-0.42	-0.42	-0.56	-0.51	-0.52	-0.53	-0.26	-0.35	-0.45
85	-1.27	0.69	0.48	-0.35	-0.37	-0.38	-0.40	-0.51	-0.47	-0.50	-0.55	-0.26	-0.38	-0.49
90	-1.11	0.62	0.42	-0.39	-0.40	-0.42	-0.42	-0.47	-0.47	-0.51	-0.66	-0.40	-0.44	-0.48
95	-0.42	0.30	0.43	-0.34	-0.34	-0.35	-0.36	-0.40	-0.41	-0.45	-0.65	-0.42	-0.42	-0.43
100	-0.43	-0.09	0.30	-0.33	-0.33	-0.34	-0.34	-0.37	-0.38	-0.43	-0.65	-0.40	-0.43	-0.47
105	-0.43	-0.35	-0.01	-0.30	-0.30	-0.31	-0.30	-0.33	-0.34	-0.39	-0.59	-0.26	-0.36	-0.46
110	-0.45	-0.41	-0.24	-0.29	-0.28	-0.29	-0.28	-0.31	-0.32	-0.36	-0.54	-0.15	-0.29	-0.44
115	-0.45	-0.41	-0.30	-0.27	-0.25	-0.25	-0.25	-0.27	-0.29	-0.33	-0.53	-0.18	-0.34	-0.50
120	-0.44	-0.38	-0.33	-0.26	-0.24	-0.24	-0.24	-0.29	-0.27	-0.28	-0.33	-0.23	-0.34	-0.45
125	-0.50	-0.44	-0.39	-0.35	-0.34	-0.35	-0.36	-0.45	-0.42	-0.43	-0.46	-0.39	-0.41	-0.42
130	-0.52	-0.46	-0.41	-0.37	-0.36	-0.37	-0.38	-0.47	-0.44	-0.45	-0.46	-0.38	-0.39	-0.39
135	-0.61	-0.50	-0.44	-0.41	-0.37	-0.36	-0.37	-0.57	-0.50	-0.51	-0.54	-0.54	-0.55	-0.55
140	-0.62	-0.52	-0.44	-0.41	-0.33	-0.32	-0.34	-0.52	-0.45	-0.50	-0.55	-0.55	-0.55	-0.56
145	-0.62	-0.52	-0.46	-0.47	-0.36	-0.36	-0.38	-0.45	-0.41	-0.51	-0.60	-0.57	-0.57	-0.58
150	-0.60	-0.51	-0.49	-0.49	-0.39	-0.39	-0.38	-0.40	-0.35	-0.47	-0.62	-0.57	-0.57	-0.57
155	-0.56	-0.51	-0.51	-0.51	-0.41	-0.40	-0.38	-0.39	-0.33	-0.43	-0.58	-0.55	-0.55	-0.54
160	-0.55	-0.49	-0.51	-0.52	-0.42	-0.39	-0.39	-0.39	-0.22	-0.39	-0.58	-0.55	-0.55	-0.55
165	-0.50	-0.44	-0.44	-0.45	-0.37	-0.36	-0.35	-0.34	0.35	0.39	-0.88	-0.49	-0.53	-0.58
170	-0.36	-0.36	-0.40	-0.41	-0.39	-0.37	-0.35	-0.34	0.44	0.82	-0.16	-0.18	-0.22	-0.25
175	-0.39	-0.41	-0.47	-0.48	-0.45	-0.42	-0.40	-0.38	0.50	0.84	0.00	-0.07	-0.10	-0.13
180	-0.39	-0.41	-0.48	-0.52	-0.50	-0.47	-0.45	-0.44	0.55	0.85	-0.17	-0.09	-0.14	-0.19
185	-0.43	-0.45	-0.52	-0.55	-0.53	-0.50	-0.49	-0.48	0.60	0.89	-0.37	-0.13	-0.20	-0.28
190	-0.44	-0.45	-0.51	-0.56	-0.53	-0.51	-0.49	-0.48	0.68	0.94	-0.63	-0.16	-0.24	-0.33
195	-0.45	-0.45	-0.50	-0.56	-0.53	-0.51	-0.50	-0.49	0.76	1.00	-0.95	-0.25	-0.32	-0.38
200	-0.48	-0.48	-0.54	-0.61	-0.58	-0.56	-0.55	-0.54	0.80	1.01	-1.11	-0.44	-0.43	-0.43
205	-0.53	-0.51	-0.58	-0.67	-0.65	-0.63	-0.61	-0.60	0.85	1.03	-1.18	-0.67	-0.56	-0.46

210	-0.58	-0.56	-0.62	-0.72	-0.70	-0.67	-0.66	-0.66	0.86	1.00	-1.10	-0.80	-0.63	-0.46
215	-0.77	-0.75	-0.81	-0.96	-0.91	-0.91	-0.89	-0.88	0.89	1.00	-1.05	-0.81	-0.61	-0.40
220	-0.82	-0.81	-0.86	-1.02	-1.00	-1.02	-0.99	-0.97	0.93	1.02	-1.05	-0.92	-0.63	-0.35
225	-0.87	-0.86	-0.88	-0.96	-1.12	-1.24	-1.21	-1.16	0.99	1.03	-1.06	-1.05	-0.67	-0.29
230	-0.89	-0.87	-0.91	-0.84	-1.05	-1.34	-1.40	-1.33	1.03	1.03	-1.07	-1.09	-0.69	-0.28
235	-0.86	-0.82	-0.84	-0.81	-0.61	-1.16	-1.72	-1.72	1.06	1.01	-1.13	-1.12	-0.78	-0.44
240	-0.80	-0.76	-0.78	-0.78	-0.32	-0.34	-1.45	-1.78	1.10	0.98	-1.07	-1.05	-0.86	-0.66
245	-0.75	-0.71	-0.72	-0.70	-0.25	-0.15	-0.61	-1.35	1.08	0.92	-1.03	-0.99	-0.89	-0.79
250	-0.72	-0.69	-0.68	-0.64	-0.12	-0.02	0.11	-0.79	1.04	0.84	-0.95	-0.94	-0.88	-0.83
255	-0.69	-0.69	-0.63	-0.61	0.02	0.19	0.34	-0.12	0.95	0.72	-0.91	-0.91	-0.85	-0.78
260	-0.72	-0.70	-0.62	-0.62	0.13	0.33	0.50	0.54	0.85	0.61	-0.92	-0.90	-0.83	-0.76
265	-0.79	-0.72	-0.64	-0.65	0.26	0.47	0.67	1.08	0.73	0.50	-0.96	-0.91	-0.83	-0.74
270	-0.86	-0.80	-0.71	-0.71	0.39	0.62	0.84	1.14	0.58	0.36	-0.96	-0.93	-0.86	-0.79
275	-0.90	-0.83	-0.73	-0.73	0.51	0.74	0.97	0.61	0.43	0.24	-0.98	-0.94	-0.93	-0.91
280	-0.86	-0.82	-0.69	-0.68	0.64	0.86	1.07	-0.02	0.28	0.12	-0.92	-0.88	-0.87	-0.87
285	-0.82	-0.81	-0.66	-0.63	0.76	0.97	1.15	-0.46	0.14	0.02	-0.87	-0.83	-0.83	-0.83
290	-0.69	-0.65	-0.61	-0.62	0.85	1.05	1.18	-0.69	-0.14	0.04	-0.55	-0.72	-0.57	-0.41
295	-0.67	-0.64	-0.61	-0.62	0.94	1.11	1.19	-0.95	-0.78	-0.07	-0.44	-0.67	-0.54	-0.40
300	-0.65	-0.61	-0.59	-0.55	1.02	1.15	1.18	-1.11	-1.13	-0.52	-0.41	-0.63	-0.50	-0.37
305	-0.65	-0.62	-0.63	-0.56	1.05	1.15	1.15	-0.78	-0.83	-0.79	-0.46	-0.50	-0.45	-0.41
310	-0.72	-0.70	-0.70	-0.59	1.09	1.18	1.15	-0.63	-0.67	-0.71	-0.64	-0.49	-0.50	-0.51
315	-0.86	-0.82	-0.82	-0.63	1.16	1.19	1.11	-0.49	-0.49	-0.52	-0.56	-0.34	-0.51	-0.68
320	-0.85	-1.03	-1.07	-0.74	1.20	1.17	1.05	-0.39	-0.41	-0.49	-0.58	-0.60	-0.65	-0.69
325	-0.58	-0.86	-1.32	-0.83	1.18	1.10	0.94	-0.46	-0.46	-0.53	-0.62	-0.60	-0.58	-0.56
330	-0.58	-0.22	-1.04	-0.61	1.17	1.02	0.83	-0.53	-0.52	-0.57	-0.67	-0.63	-0.61	-0.60
335	-0.74	-0.17	-0.38	-0.26	1.14	0.94	0.73	-0.62	-0.61	-0.68	-0.76	-0.74	-0.75	-0.77
340	-0.87	-0.15	0.03	0.12	1.10	0.86	0.63	-0.69	-0.67	-0.75	-0.84	-0.82	-0.86	-0.90
345	-1.02	-0.09	0.18	0.56	1.00	0.73	0.48	-0.76	-0.73	-0.80	-0.91	-0.91	-0.98	-1.04
350	-1.12	0.00	0.33	0.95	0.89	0.61	0.36	-0.77	-0.75	-0.83	-0.92	-0.92	-1.03	-1.14
355	-1.17	0.09	0.47	1.15	0.76	0.49	0.25	-0.77	-0.74	-0.82	-0.91	-0.94	-1.05	-1.17

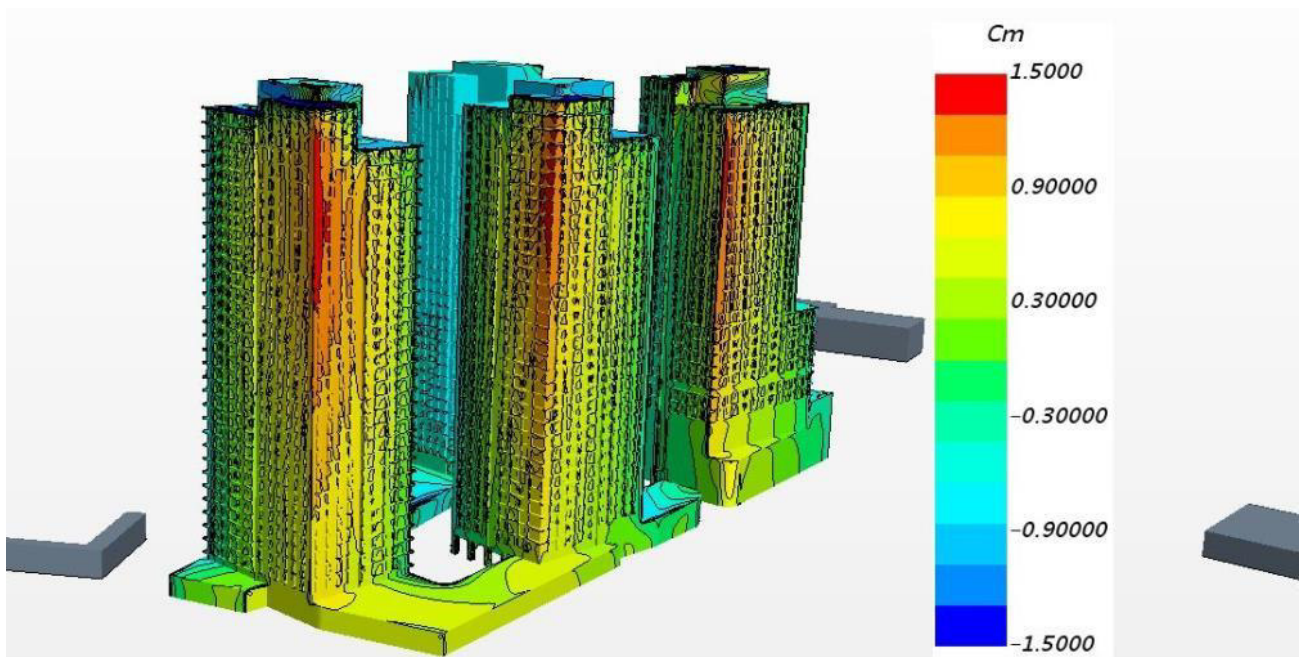
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Трехмерная визуализация распределений C_m

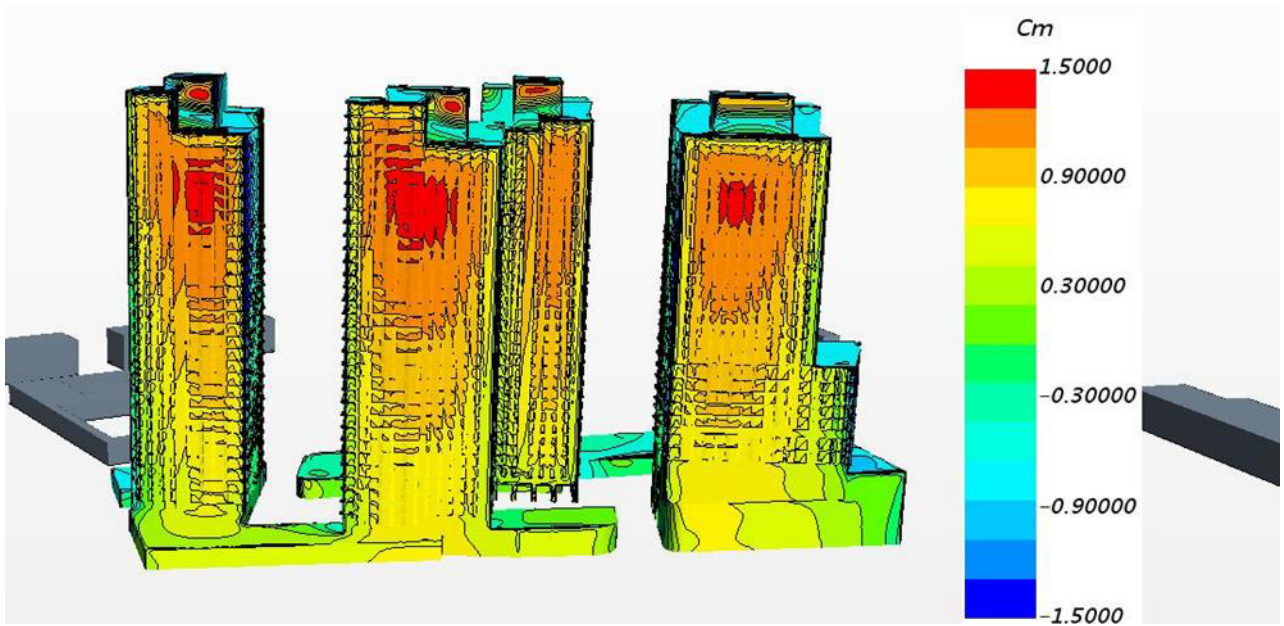
Представлена визуализация трехмерных распределений стационарной составляющей ветровой нагрузки $w_m/w_0 = C_m$ на фасадах корпусов комплекса при последовательном изменении направлений настиляющего ветра. На всех изображениях показан вид со стороны настиляющего ветра (по результатам CFD-моделирования).

Используется полу фиксированная цветовая шкала, при которой – все области со значениями $C_m < -1.5$ отнесены к зонам с синей заливкой.

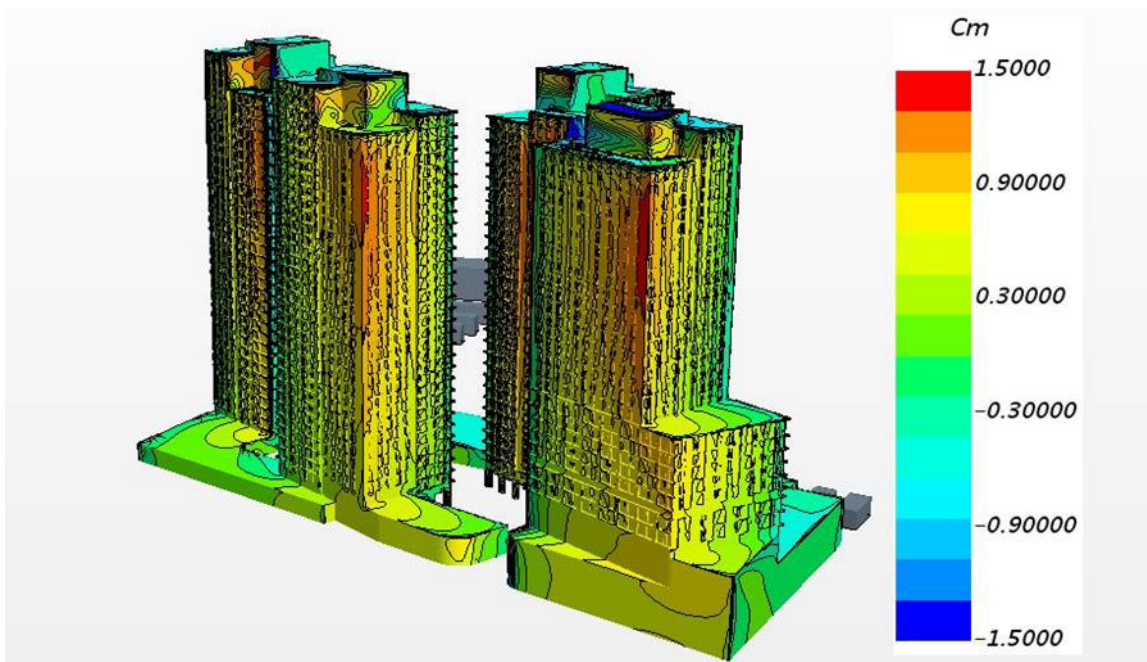
В случаях, когда соседняя высотная застройка существенно закрывает обзор объекта, применено полупрозрачное изображение загромождений.



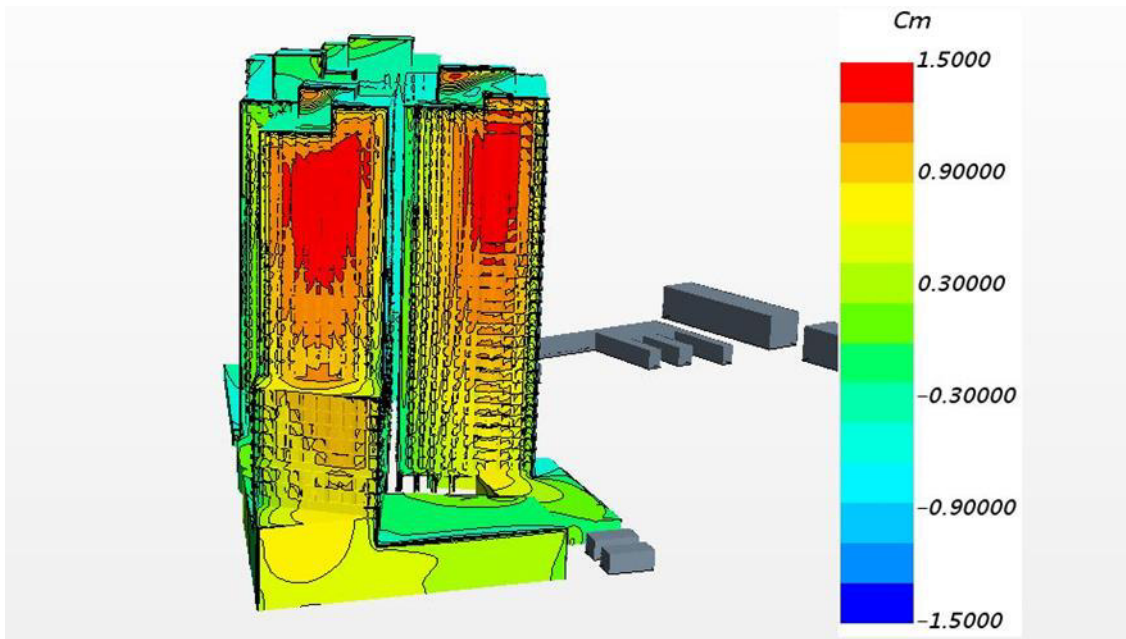
а
 $\beta = 0^\circ$



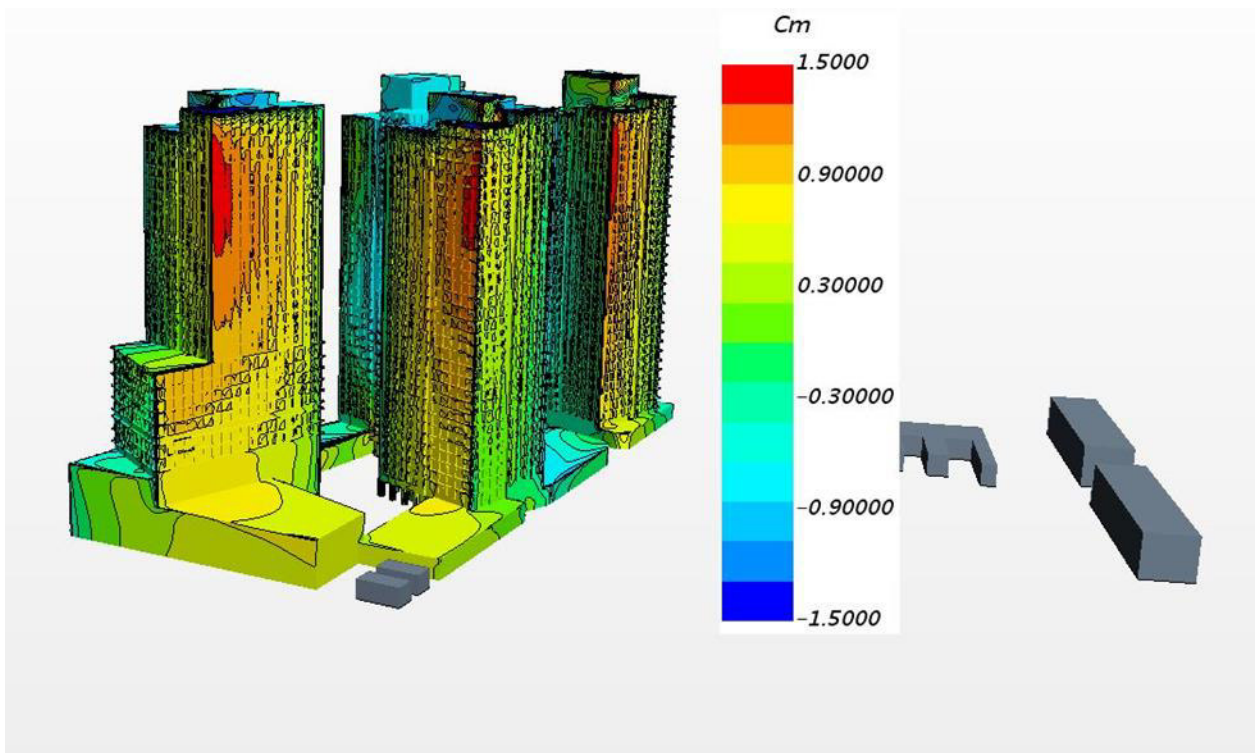
6
 $\beta = 45^\circ$



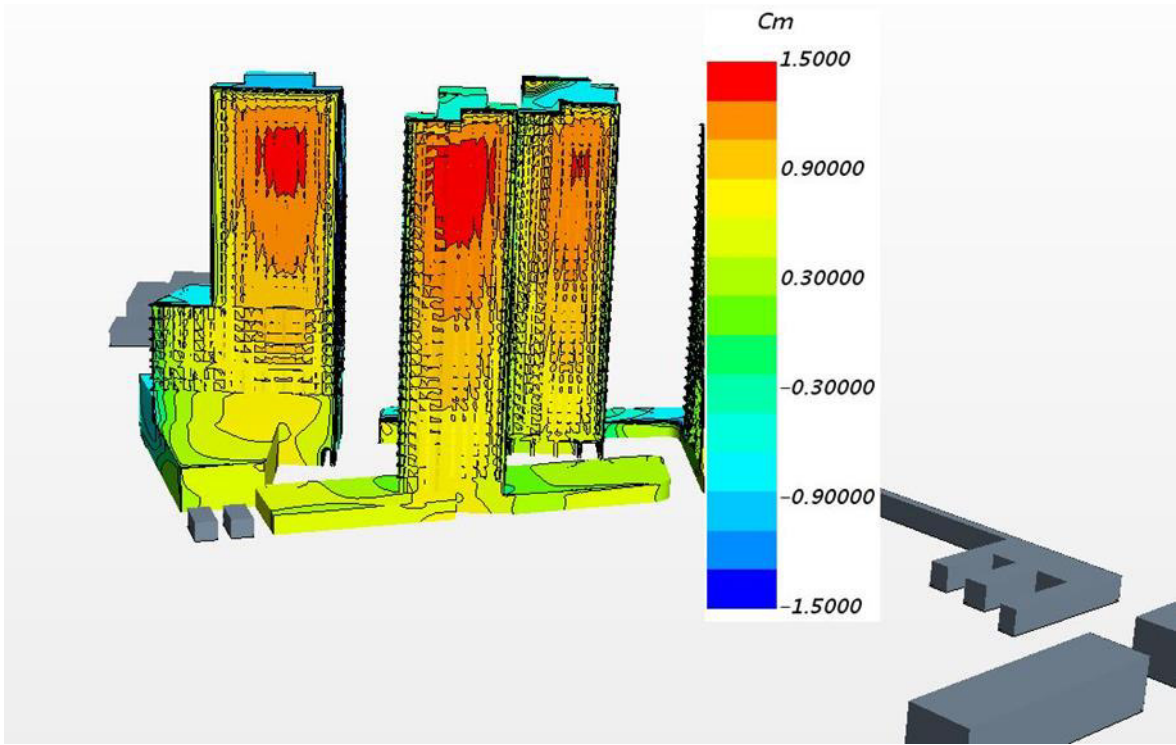
B
 $\beta = 90^\circ$



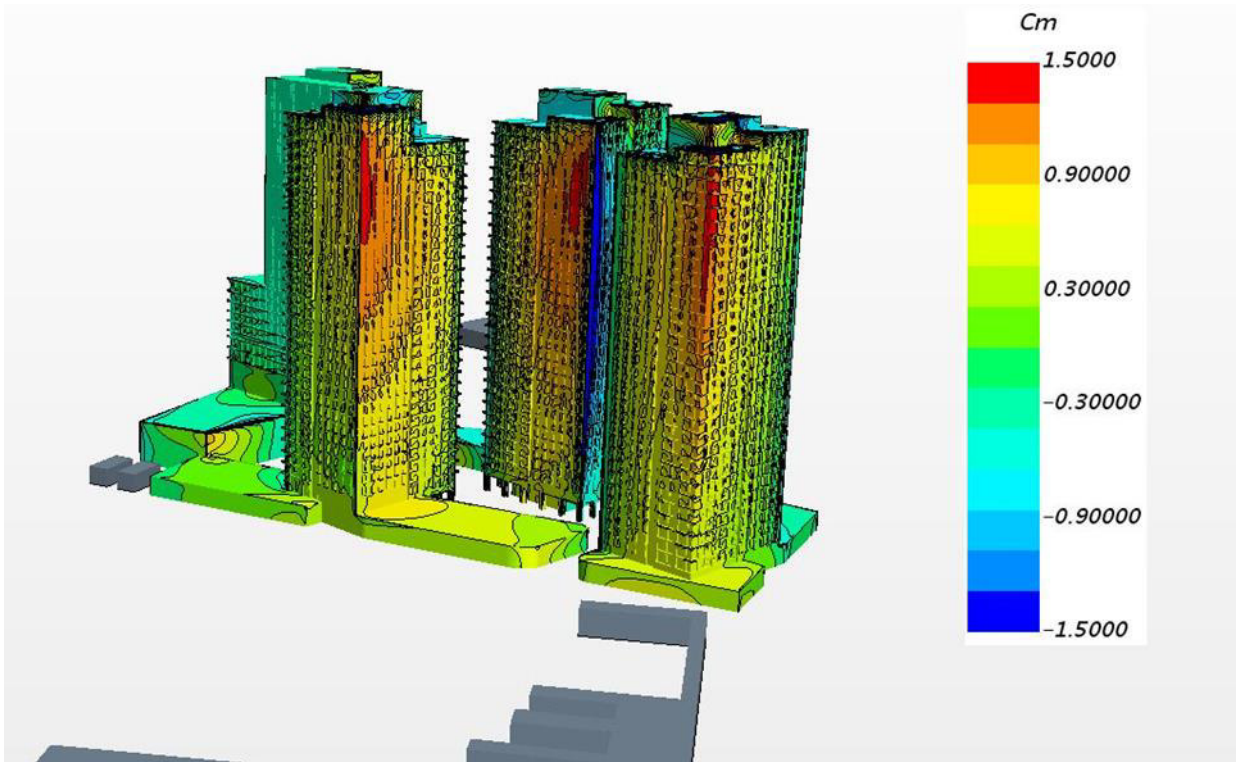
Г
 $\beta = 135^\circ$



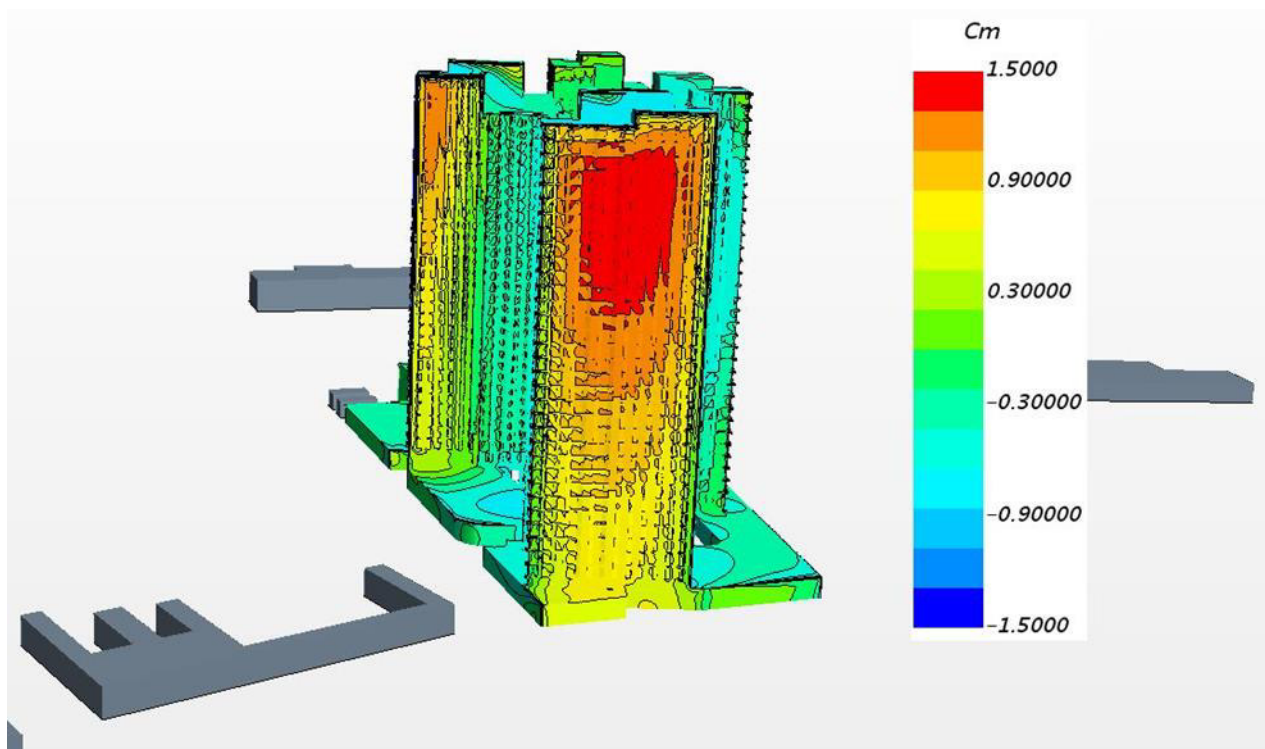
Д
 $\beta = 180^\circ$



e
 $\beta = 225^\circ$



ж
 $\beta = 270^\circ$



3
 $\beta = 315^\circ$

Рис. В1 Визуализация 3D распределений C_m при различных азимутах настиляющего ветра

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Оценки ветровой устойчивости

Несмотря на значительную высоту ($h = 119.4$ м), все корпуса имеют небольшое отношение высоты h к минимальному поперечному размеру d равное 3.9. На основании СП 20.13330.2016, для зданий с таким малым отношением h/d проведение проверок на резонансное вихревое возбуждение не обязательно. Тем не менее, такие оценки были выполнены.

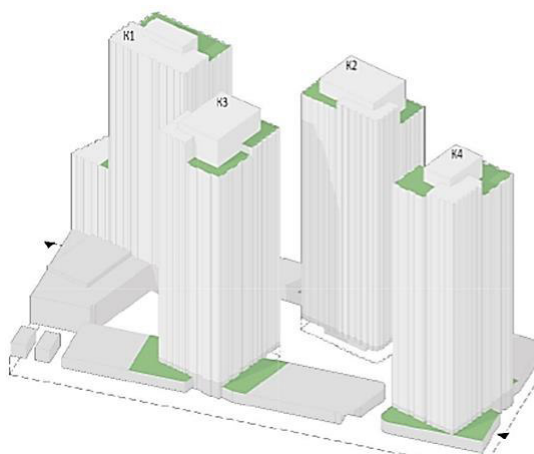


Рис. Г1

Резонансное вихревое возбуждение не возникает, если при нормативном ветре (см. п. 1.2) дискретные частоты f_v (Гц) схода вихрей, вызывающих синхронизированную поперечную ветровую нагрузку на фасады натурального здания, меньше, чем значение низшей собственной частоты изгибных колебаний здания f_1 , т.е.

$$f_v < f_1 \quad (\Gamma 1)$$

Рассмотрим два способа оценок гидродинамической частоты f_v для проверки условия (Г1) об отсутствии резонансного вихревого возбуждения башни К2.

Способ 1. Характерные параметры, используемые для оценки согласно СП 20.13330, имеют следующие значения:

$h = 119.4$ м – высота корпуса;

$z_{\text{эк}} = 0.8 h = 95.52$ м эквивалентная высота¹⁶;

$d = 30.35$ м – минимальный поперечный размер корпуса;

$$V_{\text{max}}(z_{\text{эк}}) = 1.5 \sqrt{w_0 k(z_{\text{эк}})} = 1.5 \sqrt{w_0 (z_{\text{эк}} / z_0)^{2\alpha}} = 28.6 \text{ м/с} \quad (\Gamma 2)$$

$z_0 = 30.5$ м – для типа ветра «В» [2].

¹⁶ Согласно п.11.3.3 СП 20.13330.2016

Критерий отсутствия резонансного вихревого возбуждения (согласно СП [1]) имеет вид

$$V_{cr,i} > V_{\max}(z_{эк}) \quad (\Gamma 3)$$

где критическая скорость ветра $V_{cr,1}$ определяется как

$$V_{cr,1} = f_1 d / St, \quad (\Gamma 4)$$

Здесь St – число Струхала поперечного сечения конфигурации башни на эквивалентной высоте $z_{эк}$. Поперечные сечения высотных корпусов комплекса имеют близкую к прямоугольной форму и подпадают под определение [1] «сечение с острыми кромками», для которого в стандарте [1] рекомендовано принимать $St = 0.11$ (п. 11.3.2 СП [1]). Отсюда, с учетом (Г4), получаем

$$V_{cr,1} = 276(\text{м}) f_1$$

и из (Г1)-(Г3) следует

$$f_1 > 0.1.04 \text{ Гц} \quad (\Gamma 5)$$

Это означает, что проектная жесткость высотных корпусов комплекса должна обеспечивать собственную частоту упругих колебаний не менее 0.105 Гц. В этом случае резонансное вихревое возбуждение не наступит.

Способ 2. Проверку условия (Г1) можно осуществить непосредственно по экспериментальным данным, минуя промежуточные теоретические предположения. Для этого не требуется моделировать упругие свойства реальной конструкции, а достаточно проанализировать фактические спектры измеренных в эксперименте колебаний ветровой нагрузки на жестко закрепленных корпусах объекта. Пересчет частоты колебаний давления с трубных на натурные условия для нормативного ветра осуществляется в соответствии с правилами теории подобия и размерностей по формуле:

$$f = \frac{f_T}{N} \left(\frac{w_0}{q_{0T}} \right)^{0.5}, \quad (\Gamma 6)$$

где q_{0T} – значение скоростного напора $q(z_{0T})$, измеренное в неравномерном потоке в аэродинамической трубе на высоте z_{0T} , соответствующей отметке $z = z_0$ для нормативного ветра в натуральных условиях; N – масштаб корпуса по отношению к натурному зданию (в данном случае $N = 250$).

На рис. Г2 приведен пример экспериментального спектра колебаний ветровой нагрузки в пересчете на *натурные* условия по формуле (Г6). Из этого графика непосредственно видно, что наблюдаемая в эксперименте дискретная составляющая спектра $f = f_v$ не превышает 0.07 Гц, что обеспечивает выполнение критерия (Г1), если

низшая собственная частота упругих колебаний конструкции корпуса удовлетворяет условию

$$f_1 > 0.0.7\text{Гц} \quad (\Gamma 7)$$

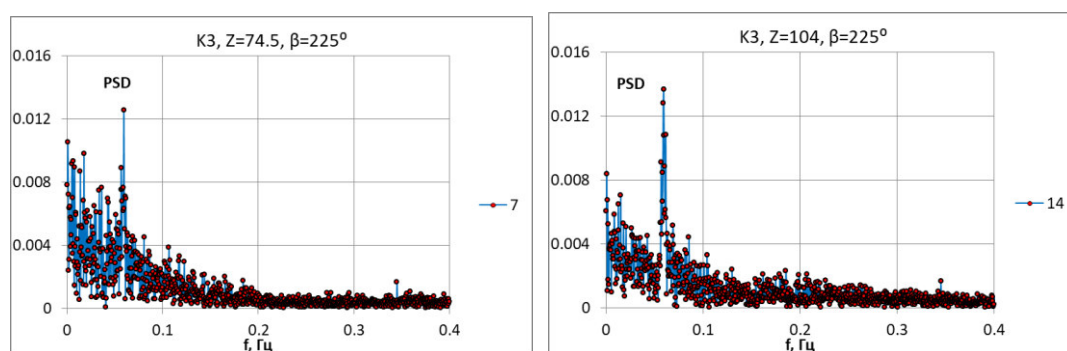


Рис. Г2 Примеры спектров в пересчете измеренных частот f_t на натурные условия по формуле (Г6) при $j = 7$ (а) и $j = 14$ (б), для корпуса К3

Оценка (Г5) основана на непосредственном применении приближенной методики СП 20.13330.2011/2016, не учитывающей трехмерный характер обтекания корпусов и взаимную аэродинамическую интерференцию между близко расположенными соседними корпусами.

Оценка (Г7) получена на основании экспериментальных данных, т.е. – автоматически с учетом трехмерности обтекания и аэродинамической интерференции, влияющих на условия срыва вихрей при обтекании корпусов в составе комплекса.

Вывод. Оба способа расчета показали, что для исключения возможности возникновения резонансного вихревого возбуждения будет достаточной проектная жесткость высотных башен комплекса, обеспечивающая низшую собственную частоту изгибных колебаний здания f_1 не менее 0.105 Гц.



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В. ЛОМОНОСОВА

НИИ МЕХАНИКИ МГУ

«18» ноября 2021 г.

Москва

№ 181-21/200-03

119192, Москва, Мичуринский проспект д. 1, тел. (495) 939-31-21, факс (495) 939-01-65, E-mail common@imec.msu.ru

О членстве в СРО НИИ механики МГУ

НИИ механики МГУ является структурным подразделением Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова не является членом какой-либо саморегулируемой организации (СРО) по ряду причин.

Согласно 372-ФЗ от 03.07.2016 г. в СРО вступать не нужно:

....

- Коммерческим организациям в уставных капиталах которых доля государственных и муниципальных унитарных предприятий, государственных и муниципальных автономных учреждений составляет более пятидесяти процентов.
- Юридическим лицам, созданным публично-правовыми образованиями.

....

- Лицам, заключающим договоры с застройщиками и техническими заказчиками, если сумма по каждому из таких договоров не превышает трех миллионов рублей.

При этом все заключаемые НИИ механики МГУ договора по направлению промышленная аэродинамика имеют статус **«выполнение научно-технической работы»**, т.е. они не являются договорами на проектирование объектов и изделий. Результатом этих работ являются научно-обоснованные данные о параметрах ветровых воздействий. Эти данные Заказчик далее использует при проведении своих проектных работ, которые и должны покрываться соответствующим членством в СРО Заказчика и/или его контрагентов, которые занимаются проектированием.

Специалисты НИИ механики МГУ являются авторами первого в РФ нормативного документа, устанавливающего комплексную методику сочетания физического эксперимента и компьютерного моделирования исследований аэродинамики зданий – ГОСТ Р 56728-2015 «Здания и сооружения. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции».

И.о.директора
НИИ механики МГУ



Д.В. Георгиевский