

Моделирование статической составляющей ветрового воздействия на сооружения рекламного назначения

Г. Н. ШМЕЛЕВ, М. В. КОЗЛОВ

В последнее время стремительно растет количество рекламных сооружений (РС), вместе с тем известны случаи их отказа при действии предельной ветровой нагрузки [7]. Анализ конструктивных форм применяемых РС показывает, что ветровая нагрузка — это определяющий фактор при их расчете, однако схемы приложения ветровой нагрузки, регламентируемых нормативными документами [1, 2], не позволяют полностью учесть специфику конструктивной формы РС.

Вместе с тем в работах [6, 7] показана возможность уточнения с помощью метода дискретных вихрей (МДВ) воздействия ветра на эти сооружения.

Таким образом, для уточнения ветровой нагрузки на РС целесообразно рассмотреть: возможности применения МДВ при моделировании ветровой нагрузки; уточнение распределения ветровой нагрузки по поверхности РС при различных углах направления ветра α . В статье эти вопросы рассмотрены на примере РС в виде плоского щита размером $b \times h$ (b — ширина и h — высота щита с минимальным размером од-

ной из сторон 3 м), консольно установленного на стойке высотой H , закрепленной в фундаменте.

Согласно МДВ, реализованному в ПК «AerEcoPlate», разработанному на кафедре высшей математики ВВИА им. Н. А. Жуковского, поверхность РС аппроксимируется в виде абсолютно жесткой и неперемещаемой пластины, состоящей из бесконечно тонких элементарных ячеек (ЭЯ) размером $d_1 \times d_2$ (рис. 1) с контрольной точкой (КТ) в центре каждой ЭЯ. Ветер, действующий на модель РС, принимается однородным, не изменяющимся по высоте, с заданными параметрами (давление, плотность, скорость). С заданным шагом времени Δt , на протяжении времени моделирования T , в КТ каждой ЭЯ вычисляются: значение ветровой нагрузки q_n , соответствующей скорости ветра, и обезразмеренный коэффициент давления c_n . Значение аэродинамического коэффициента c_e всего РС определяется как среднее значение коэффициента давлений c_n .

При моделировании примера рассматривались РС с соотношением сторон в интер-

вале $10 > b/h > 0,1$. Задача решалась в два этапа. На первом этапе определялись параметры расчетной модели: размер ЭЯ — d_1, d_2 и шаг по времени Δt . Полученные в результате верификационных расчетов параметры использованы на втором этапе — при определении ветровой нагрузки, действующей на поверхность РС при изменяющемся угле направления ветра α (принято направление ветра: для $\alpha = 0^\circ$ — вдоль РС, для $\alpha = 90^\circ$ — поперек РС).

Численный эксперимент позволяет получить распределение ветровой нагрузки по поверхности РС (рис. 2a), которое используется при выполнении прочностных расчетов несущих конструкций. Для анализа смоделированной МДВ ветровой нагрузки и ее графически оформленной схемы воздействия полученные данные аппроксимируются в аналитическую зависимость $f(x)$ для средней по h линии (рис. 2a, A-A) и $f(z)$ для средней по b линии (рис. 2a, B-B) поверхности сооружения в размерностях действующей нагрузки. По принятой зависимости $f(x)$ определяется эквивалентная равнодействующая

$$Q = \int_0^b f(x) dx$$

воздействующая с эксцентризитетом e ее приложения (рис. 2б).

Анализ результатов распределения ветровой нагрузки по зависимо-

Рис. 2. Ветровая нагрузка, действующая на РС при направлении ветра α

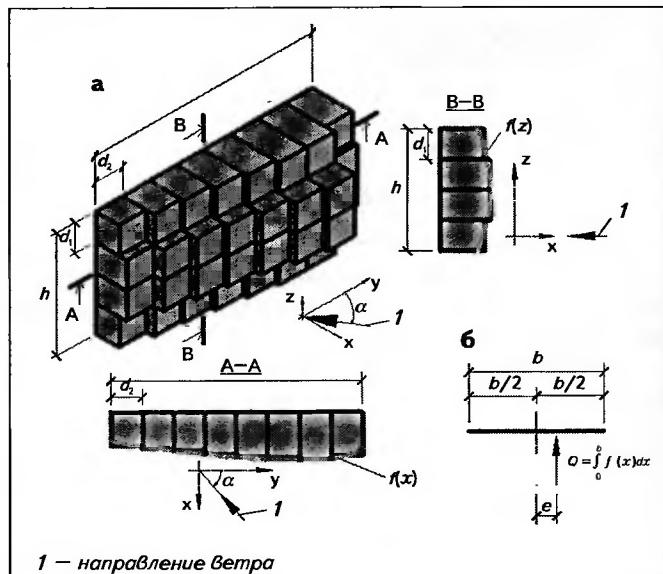
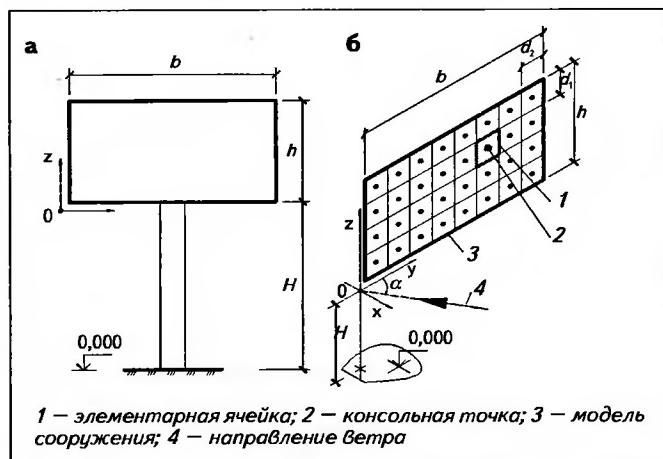


Рис. 1. Внешний вид (а) и расчетная модель (б) рекламного сооружения



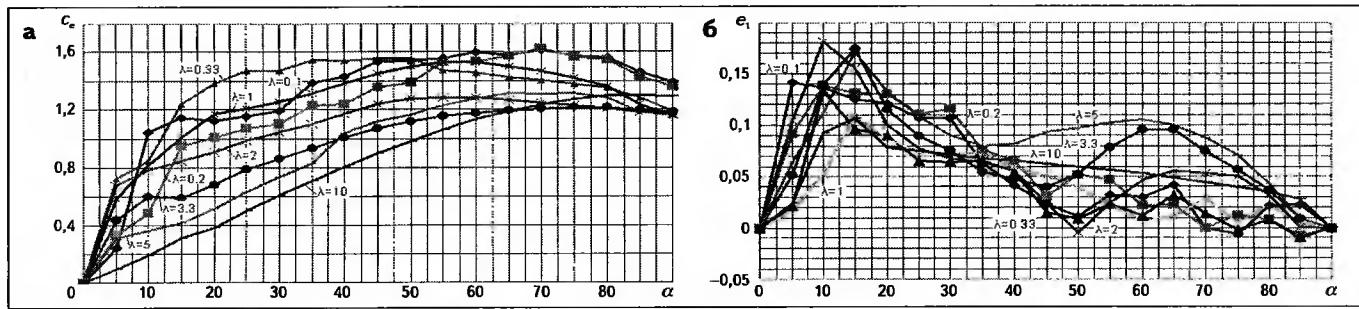


Рис. 3. Изменение c_e (а) и $e_1 = e/b$ (б) в зависимости от α для сооружений с $0,1 \leq \lambda \leq 10$

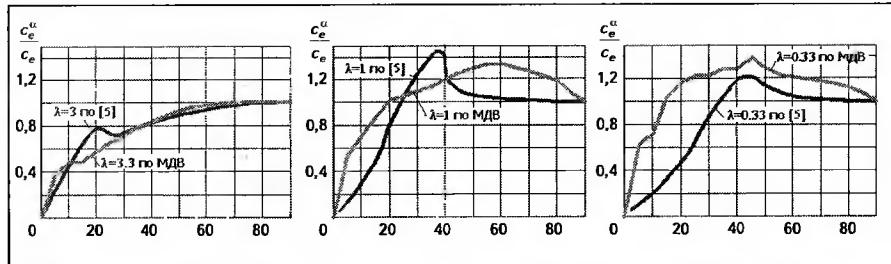


Рис. 4. Результаты сравнения данных по МДВ и экспериментальных [5]

Направление ветра α	По [1]		По [2]		По [3]		По [4]		Сравнение по [4] и МДВ	По МДВ	
	c_e	e	c_e	e	c_e	e	c_e	e		c_e	e
90	1,4	0	1,16	0	1,575	0,25b	1,16	—	+0,5	1,165	<0,01b
85			—	—			1,2	—	-1,77	1,178	<0,01b
80			—	—			1,22	—	-1,03	1,212	0,028b

П р и м е ч а н и е. b — ширина сооружения; — — данные отсутствуют.

стям $f(x)$, $f(z)$ и построенным по ним эпюрам ветровой нагрузки показывает, что при изменении угла направления ветра от $\alpha = 90^\circ$ до $\alpha = 0^\circ$ наблюдается смещение центра тяжести эпюры ветровой нагрузки в сторону угла α .

Для оценки данных МДВ были построены зависимости значения c_e и относительного эксцентрикитета $e_1 = e/b$ от направления ветра α для сооружений с $0,1 \leq \lambda \leq 10$ (рис. 3).

Из анализа графиков (см. рис. 3) можно сделать вывод о том, что при изменении угла направления ветра от $\alpha = 90^\circ$ до $\alpha = 0^\circ$ наблюдается увеличение c_e , причем при $\lambda < 1$ это увеличение происходит более интенсивно. При $\lambda \geq 10$ увеличение c_e при изменении α носит незначительный характер. Кроме того, при изменении α от 90° до 0° наблюдается увеличение относительного экс-

центриситета e_1 , имеющее максимальное значение в интервале $5^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ с максимальным значением $e_1 = 0,18$. Следует заметить, что полученные значения e_1 меньше приведенных в [3].

Для сравнения данных, полученных по МДВ, с экспериментальными данными, приведенными в [5 и 8], построены графики зависимости:

- соотношения c_e^α/c_e от угла направления ветра α (рис. 4), где c_e^α — аэродинамический коэффициент, соответствующий направлению $\alpha = 90^\circ$;
- c_e от λ (рис. 5).

В таблице приведены значения c_e : регламентированные [1–3], сравнение значений полученных экспериментально [4] и по МДВ для сооружения с $\lambda = 2$.

Из сравнения результатов, полученных по МДВ, и эксперименталь-

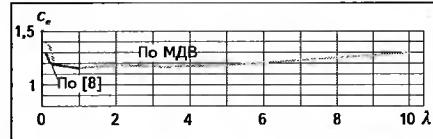


Рис. 5. Результаты сравнения c_e в зависимости от λ по МДВ и данных эксперимента [8]

ных данных [4, 5 и 8] можно сделать вывод, что полученное c_e по характерным углам α находится в пределах 10 %. Таким образом, применение МДВ для моделирования статической составляющей ветровой нагрузки РС целесообразно, так как качественные и количественные результаты удовлетворительно соответствуют экспериментальным данным, а полученные зависимости (см. рис. 3) могут быть использованы при проектировании рассмотренных РС.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. М.: ГУП ЦПП, 2001.
2. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. М.: Стройиздат, 1978.
3. EN 1991-1-4 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions. Brussels: CEN, 2002.
4. Горлин С. М. Экспериментальная аэромеханика. М.: Высш. шк., 1970.
5. Савицкий Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения. М.: Стройиздат, 1972.
6. Аубакиров Т. О. и др. Нелинейная теория крыла и ее приложения. Алматы: Гылым, 1997.
7. Рекомендации по оценке аэрации территории в жилой застройке г. Москвы. М.: МАКС Пресс, 2006.
8. Cook N. J. The designer's guide to wind loading of building structures. Part 2. Static structures. Garston: BRE, 1985.