

Определение ветровой нагрузки на открытую этажерку

О.Г. Присс

Невинномысский Государственный гуманитарно-технический институт

Аннотация: В статье произведено определение ветровой нагрузки на открытую железобетонную этажерку, расположенную на отдельно стоящих фундаментах. Ветровая нагрузка на открытую этажерку определяется для двух направлений ветра: перпендикулярного направления оси этажерки и совпадающего с ее продольной осью. Определена зависимость между неблагоприятными колебаниями, возникающими при горизонтальных колебаниях сооружений и интенсивностью, спектрального состава пульсаций скоростного напора, и масс, сосредоточенных в уровне каждого перекрытия.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, открытая этажерка, горизонтальные колебания сооружения, состав пульсаций скоростного напора ветра.

1. Первая часть

При конструировании железобетонной этажерки требуется определение ветровой нагрузки на открытую этажерку [1-3].

Железобетонная этажерка выполнена из бетона марки 300. Оборудование расположено на отметки 12 м. Начальный модуль упругости бетона - $3,15 \cdot 10^6 \text{т/м}^2$. Модуль упругости вертикальных связей по колоннам - $2,1 \cdot 10^7 \text{т/м}^2$. Место установки этажерки – IV район по скоростному напору ветра. Ветровая нагрузка с периодом свободных колебаний 0,25 сек определяется с учетом динамического воздействия пульсаций скоростного напора [4]. Динамическая добавка к статической ветровой нагрузке определяется инерционными силами, возникающими при горизонтальных колебаниях сооружений, и зависит от интенсивности и спектрального состава пульсаций скоростного напора и от периодов и форм свободных колебаний сооружения [5].

Ветровая нагрузка на открытую этажерку определяется для двух направлений ветра: перпендикулярного направления оси этажерки и совпадающего с ее продольной осью [6]. При определении ветровой нагрузки на этажерку косое направление ветра не рассматривается. Ветровая нагрузка определяется для наиболее неблагоприятного направления ветра [7,8].

Этажерка представляет собой каркасную конструкцию. Поперечные рамы каркасов образуются из железобетонных сборных колонн и ригелей, все узлы рамы - жесткие. Продольный каркас – шарнирно-связевой. Продольная жесткость каркаса обеспечивается установкой вертикальных стальных связей по колоннам. Направление ветра перпендикулярно продольной оси этажерки [9].

2. Вторая часть

В качестве расчетной схемы этажерки принимаем плоскую раму, жестко заделанную на уровне обреза фундамента [10]. В таблице №1 приведены веса элементов перекрытия и оборудования на отметке 12 м.

Таблица №1

Вес элементов перекрытия и оборудования на отметке 12 м

Наименование элементов конструкций и оборудования	Вес, т	Количество элементов	Общий вес, т
Колонна $0,4 \times 0,4$, $l=3$ м	1,2	26	31,2
Колонна $0,4 \times 0,6$, $l=3$ м	1,8	16	28,8
Ригель $0,3 \times 0,8$, $l=5,5$ м	3,2	18	57,6
Доборный элемент $0,3 \times 0,8$, $l=0,4$ м	0,24	16	3,8
Главная балка $0,35 \times 0,80$, $l=6$ м	3,3	14	46,2
Второстепенная балка $0,2 \times 0,4$, $l=2,5$ м	0,5	18	9
Второстепенная балка $0,2 \times 0,4$, $l=4$ м	0,8	2	1,6
Плита перекрытия $1,5 \times 0,4$, $l=6$ м	2,4	49	117,6
Плита перекрытия $0,75 \times 0,4$, $l=2,5$ м	0,68	18	12,2
Плита перекрытия $0,75 \times 0,4$, $l=4$ м	1,08	1	1,1
Пол	0,22	540,8	119
Монолитные участки и заливка швов			27,9
Аппарат $d=1,5$ $h=4,8$	16	6	96
Аппарат $d=1$ $h=4,5$	18	6	108
Аппарат $d=3,8$ $h=12$	63	1	63
Аппарат $d=2,3$ $h=9$	7	6	42
Всего			765

Определение периода и формы свободных колебаний.

Вычисление периода и относительных ординат формы свободных колебаний этажерки приведены в таблице № 2.

Таблица №2

Вычисление периода и относительных ординат формы свободных колебаний этажерки

№ перекрытий	$Y_f^2 \cdot 10^{-4}$	Q_{fT}	$Q_f \cdot Y_{fT} \cdot M$	$Q_f \cdot Y_{fT} \cdot 10^{-2}$	$\frac{y_f}{y_{max}}$	$\sum \frac{Q_f y_f^2}{Q_f y_f}$	T, сек
5	3042,9	271	82,5	2520,3	1		
4	2712,8	271	73,5	2005,4	0,892	20,91	0,92
3	2057,2	230	47,3	966	0,676		
2	1125,5	765	85,9	994,5	0,369		
130 42,9	520,3	560	29,1	168	0,171		

$\Sigma = 318,3 \quad 6654,2$

Массы, сосредоточенные в уровне каждого перекрытия:

$$M_1 = \frac{560}{9,81} = 57 \text{ м сек}^2 / \text{м}$$

$$M_2 = \frac{765}{9,81} = 78 \text{ м сек}^2 / \text{м}$$

$$M_3 = \frac{230}{9,81} = 23,4 \text{ м сек}^2 / \text{м}$$

$$M_{4,5} = \frac{271}{9,81} = 27,7 \text{ м сек}^2 / \text{м}$$

Нормативный скоростной напор ветра для IV района $g_0 = 48 \text{ кг/м}^2$.

Расчетный скоростной напор ветра $g_{0n} = 0,048 \cdot 1,2 = 0,0576 \text{ т/м}^2$.

Коэффициент возрастания K_I и пульсации m_j скоростного напора ветра этажерки на расчетной схеме рис.1.

		(0,4×0,4)8
		(0,4×0,4)8
		(0,4×0,4)8
(0,3×0,8)5	(0,3×0,8)5	
(0,4×0,4)5	(0,4×0,5)8	
0,4×0,4	0,4×0,6	

Рис. 1 - Расчетная схема определения коэффициент возрастания K_I и пульсации m_j скоростного напора ветра этажерки

Эти коэффициенты отнесены к отметке верха перекрытия, к которому крепятся аппараты. Значения периода $T = 0,92$ сек соответствует коэффициент динамичности $g=1,45$.

Коэффициенты η_1, η_2, η_3 для элементов конструкций и оборудования:
 последующие ребра плит

$$\frac{a}{h} = \frac{1,8}{0,35} = 3,7 \quad \eta_1 = 0,43$$



плита у монтажного проема

$$\frac{a}{h} = \frac{4,5}{0,6} = 7,5 \quad \eta_1 = 0,72$$

последующие главные балки

$$\frac{a}{h} = \frac{2,3}{0,8} = 2,9 \quad \eta_1 = 0,43$$

$$\frac{a}{h} = \frac{3}{0,4} = 7,5 \quad \eta_1 = 0,72$$

$$\frac{a}{h} = \frac{3,8}{0,8} = 4,8 \quad \eta_1 = 0,46$$

аппараты 11,12,13,14,15,16

$$\frac{a}{d_{\text{ср}}} = \frac{2,5}{1,5} = 1,7 \quad \eta_3 = 1,13$$

аппараты 21,22,23,24

$$\frac{a}{h} = \frac{1,5}{1} = 1,5 \quad \eta_1 = 0,43$$

аппарат 31

$$\frac{a}{d_{\text{ср}}} = \frac{6,06}{0,5(2,3+3,8)} = 2 \quad \eta_3 = 1,1$$

аппараты 45,46

$$\frac{a}{d_{\text{ср}}} = \frac{6}{2,3} = 2,6 \quad \eta_3 = 1,06$$

аппараты 41,43,44

$$\frac{a}{d_{\text{ср}}} = \frac{6}{2,3} = 2,6 \quad \eta_3 = 0,78$$

$$H_1 = 1,06$$

аппарат 42

$$\frac{a}{d_{\text{ср}}} = \frac{6}{2,3} = 2,6 \quad \eta_3 = 0,78$$

$$\frac{a}{d_{\text{ср}}} = \frac{6,06}{0,5(2,3+3,8)} = 2 \quad \eta_3 = 1,1$$

Приведенный коэффициент заполнения

$$\varphi_L = \frac{\sum SL}{h f d f} = \frac{503}{642} = 0,78$$

Приведенный аэродинамический коэффициент

$$C_{fh} = \frac{\sum S1 Cab}{\sum sl} = \frac{397.52}{503} = 0,79$$

Расчетная ветровая нагрузка в поперечном направлении показана в таблице № 3.

Таблица № 3

Расчетная ветровая нагрузка в поперечном направлении

Статистическое действие расчетного скоростного напора ветра	$m_j n_I(a_j)^{p_f}$	$M_{js^2}(x_j)$	A	n_j	Динамическое воздействие порывов ветра	Расчетная ветровая нагрузка на блок этажерки
9,165	3,144	27,7	0,249	0,249	10,001	19,166
21,253	6,446	22,043		0,222	8,917	30,17
16,173	3,827	10,693		0,168	5,7	21,873
28,118	3,631	10,621		0,092	10,405	38,523
18,158	1,087	1,667		0,043	3,554	21,712
	$\Sigma=18,135$	72,724				

Вычисление периода в относительных ординатах формы свободных колебаний этажерки приведены в таблице № 4.

Таблица №4

Вычисление периода в относительных ординатах формы свободных колебаний этажерки

№ этажерки	Y_f	Q_f	$Q_f Y_f$	$Q_f X_i^2$	$a_i(x_j)$	$\frac{\sum Q_f X_i^2}{Q_f Y_f}$	$T, сек$
5	4475,7	271	121,3	5420	1	28,91	1,08
4	3667,5	271	99,4	3658,5	0,819		
3	2488	230	57,2	1426	0,556		
2	1665,4	765	127,4	2142	0,372		
1	781,2	560	43,7	336	0,175		
			$\Sigma=449$	12982,5			

Из расчета ветровой нагрузки в поперечном направлении следует вывод, что наиболее неблагоприятные колебания, возникающие при горизонтальных колебаниях сооружений, зависят как от интенсивности и спектрального состава пульсаций скоростного напора, так и от масс, сосредоточенных в уровне каждого перекрытия.

Литература

1. Присс О.Г. Основные требования к конструктивным сейсмостойким решениям зданий и сооружений // Научный вестник НГГТИ №1, 2017. С. 27-33.
2. Присс О.Г. Проблемы при проектировании и строительстве сооружений повышенной этажности // Научный вестник НГГТИ №4, 2017. С. 19-23.
3. Присс О.Г. Масштабы применения предварительно напряженного железобетона в сейсмостойком строительстве // Научный вестник НГГТИ №1, 2019. С. 11-18.
4. Починок В.П., Тамов М. М., Аксенов А.Г. Тренд-анализ максимальных годовых осредненных скоростей ветра в Краснодарском крае. Инженерный вестник Дона, 2019, № 5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5955.
5. Beckman, J.E. and T.J. Mahoney, 1998. The Maunder minimum and climate change: Have historical records aided current research? ASP Conference Series. 153. pp. 212-217.
6. Popova, E., Zharkova V. and Zharkov S. Probing latitudinal variations of the solar magnetic field in cycles 21-23 by Parker's Two-Layer Dynamo Model with meridional circulation. *Annales Geophysicae*. 2013.31 (11). pp. 2023-2038.
7. Починок В.П., Тамов М.М., Аксенов А.Г. О надежности расчетов на ветровые нагрузки по территориальным строительным нормам



Краснодарского края. Инженерный вестник Дона, 2019, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/6025.

8. Ишков, В.Н. Периоды пониженной и повышенной солнечной активности: наблюдательные особенности и ключевые факторы. Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца. Труды «Солнечная и солнечно-земная физика– 2013». СПб.: РАН, 2013. С. 111-114.

9. Шумейко В.И., Кудинов О.А. Об особенностях проектирования уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2164.

10. Сыроежкина И.А., Воронкова Г.В. Статистический анализ ветровой нагрузки города Волгограда за период с 2003 по 2012 годы // Инженерный вестник Дона, 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4383.

References

1. Priss O.G. Nauchnyj vestnik NGGTI. Nevinnomyssk: NGGTI, 2017, № 1. pp. 27-33.

2. Priss O.G. Nauchnyj vestnik NGGTI. Nevinnomyssk: NGGTI, 2017, № 4. pp. 19-23.

3. Priss O.G. Nauchnyj vestnik NGGTI []. Nevinnomyssk: NGGTI, 2019, № 1. pp. 11-18.

4. Pochinok.P., Tamov M. M. Aksenov A. G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/ archive/N5y2019/5955.

5. Beckman, J.E. and T.J. Mahoney, 1998. The Maunder minimum and climate change: Have historical records aided current research? ASP Conference Series. 153. pp. 212-217.

6. Popova, E., Zharkova V. and Zharkov S. Annales Geophysicae. 2013.31 (11). pp. 2023-2038.



7. Pochinok.P., Tamov M. M. Aksenov A. G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/6025.

8. Ishkov, V. N. Vserossiyskaya ezhegodnaya konferenciya po fizike Solnca. Trudy «Solnechnaya i solnechno-zemnaya fizika– 2013». SPb.: RAN, 2013. pp. 111-114.

9. Shumejko V.I., Kudinov O.A Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2164.

10. Syroezhkina I. A., Voronkova G. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_6_Syroezhkina_Voronkova.pdf_3ebdb4ded1.pdf.