

## Статистический анализ ветровой нагрузки города Волгограда за период с 2003 по 2012 годы

*И.А.Сыроежкина, Г.В. Воронкова*

*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград*

**Аннотация:** статья посвящена исследованию нормирования ветровой нагрузки по данным метеостанций на примере города Волгограда за период с 2003 по 2012 годы. Получены основные статистические характеристики, коэффициент надежности по ветровой нагрузке, построены розы ветров.

**Ключевые слова:** вероятностное проектирование, надежность, ветровая нагрузка.

Для обеспечения заданного уровня надежности возводимых зданий необходимо владеть полной информацией о ветровом режиме местности и работе сооружения под воздействием этих нагрузок [1-3]. В данной работе проводилось исследование величины ветровой нагрузки за период 10 лет в городе Волгограде.

Данные по ветровой нагрузке были получены из Волгоградского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» при помощи доплеровского метеорологического радиолокатора.

По показаниям скорости ветра зафиксированных 6 раз в день (в 04:00, 07:00, 10:00, 16:00, 19:00, 22:00 часов) было найдено среднее значение за каждый день и определено направление ветра. В итоге было посчитано общее количество определенных направлений ветра за месяц и впоследствии построены розы ветров.

Для построения статистического ряда распределения скорости ветра случайная выборка значений ветровой нагрузки обрабатывалась в соответствии с правилами математической статистики [4,5,6] по формулам:

определение вероятности наступлений события на интервале значений

---

$$p_i = \frac{m_i}{n};$$

математическое ожидание события

$$M_x = \sum (\text{сред. } p_i);$$

дисперсия случайных величин

$$D(x) = M(x^2) - (M(x))^2;$$

и среднеквадратическое отклонение

$$\sigma(x) = \sqrt{D(x)}.$$

Такие подсчеты велись по нескольким направлениям: выборки по каждому месяцу за 10 лет событием являлась величина ветровой нагрузки (рис.1); выборки по каждому месяцу за 10 лет событием являлось направление ветровой нагрузки; выборки по каждому году для определения преобладающего направлений ветра.

		3.67							
		3.5							
	2.71	3.5		7.25					
	3.25	4.5	5.75	6.12					
	2.57	4.37	5.87	7					
	3.14	4.12	4.86	6.5					
	2.57	4.5	5.62	7.25					
	2.86	4.25	6	6.12					
	3.37	3.5	5.25	7					
	2.71	3.71	5.86	6.37	7.75				
	2.87	3.86	6	6.5	7.62				
	2.71	4.57	4.75	6.28	8		10.5		
	2.71	3.87	5.86	7.25	8.5	8.75	10.75		
	3.25	4	5.37	7	9.25	9.43	9.62		
	3	4.12	4.75	6.75	7.87	8.75	9.87		
	2.5	4.5	5	7.12	7.87	10.12	9.75		
	1.75	3.12	4	5.5	6.12	7.43	8.75	10.28	
	0.87	3	4.62	5.86	6.43	7.37	9.43	10.14	11.28
	0.87	2.154	3.438	4.722	6.006	7.29	8.574	9.858	11.142
	2.154	3.438	4.722	6.006	7.29	8.574	9.858	11.142	12.426
	13.71								
	2	16	18	15	16	9	6	7	1
	1	1							
	2.62	46.34	73.16	82.3	107.06	71.66	55.23	70.91	11.28
	13.71								
	1.31	2.89625	4.06444	5.48667	6.69125	7.96222	9.205	10.13	11.28
	13.71								
	0.0220	0.1758	0.1978	0.1648	0.1758	0.0989	0.0659	0.0769	0.0110
	0.0110								

Рис.1. Нахождение основных статистических характеристик

Результаты таких расчетов сведены в табличные формы и розы ветров (часть из них представлена рис.2).

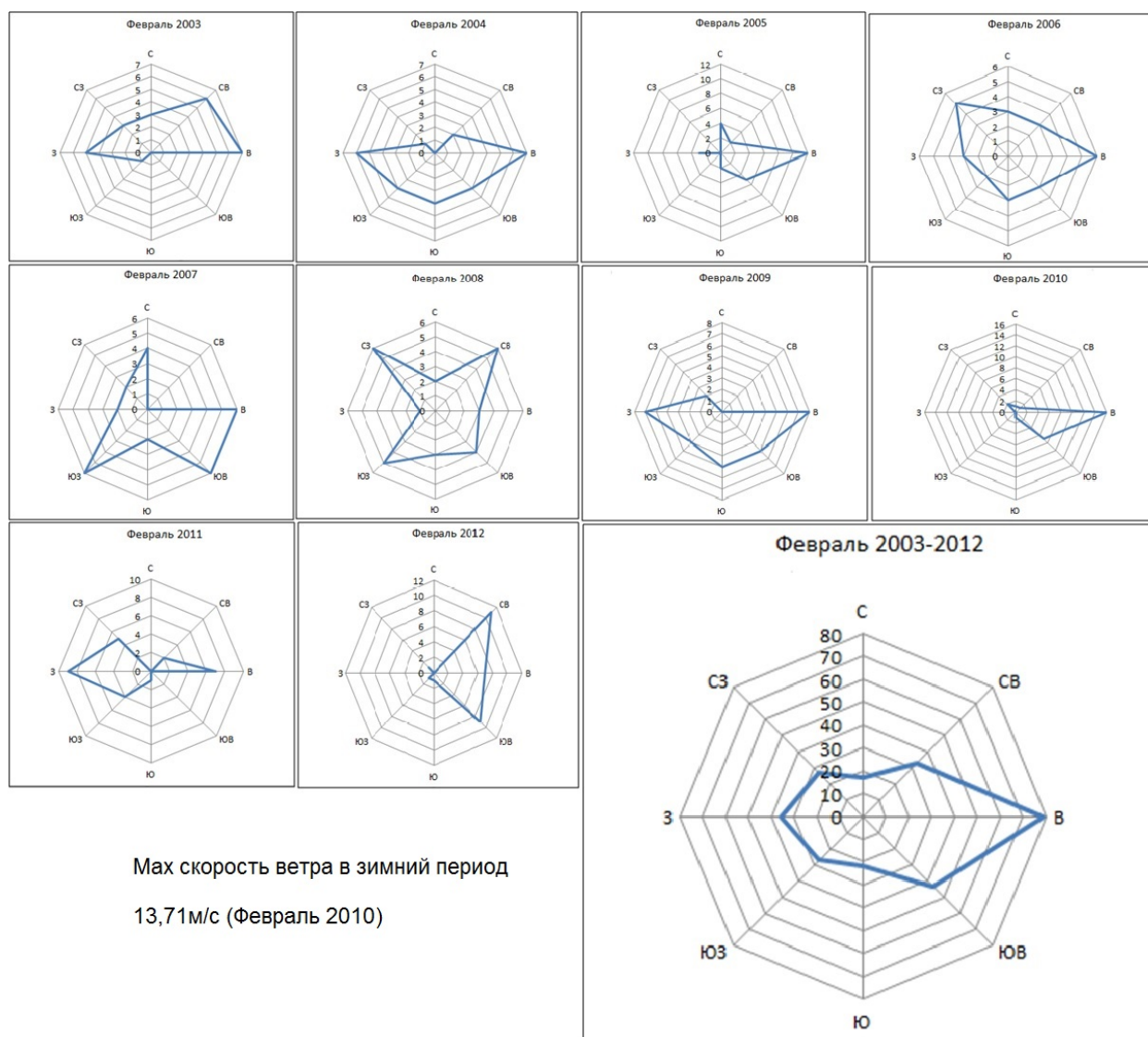


Рис.2. Роза ветров для февраля месяца за десятилетний период

Для моделирования скорости ветра  $v$  в метеорологии чаще всего используется распределение Вейбулла [7].

Для нормативного значения ветрового давления  $w_0$  с периодом повторяемости  $T_n$  и расчетного значения ветрового давления  $w$  с периодом повторяемости  $T_p$  коэффициент надежности определяется по формуле [8]:

$$\gamma_f = \frac{w}{w_0} = \frac{0,43 \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \ln \left( \frac{T_p}{\tau} \right)}{0,43 \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \ln \left( \frac{T_n}{\tau} \right)} = \left[ \frac{\ln \left( \frac{T_p}{\tau} \right)}{\ln \left( \frac{T_n}{\tau} \right)} \right]^{\frac{2}{b}}.$$

Нормативное ветровое давление для нашего случая вычисляется исходя из периода повторяемости 10 лет. Коэффициент надежности для ветровой нагрузки, согласно действующим нормам,  $\gamma_f = 1,4$ . Зона корреляции для скорости ветра в первом приближении может быть принята равной одним суткам:  $\tau = 1$  сут. Подставив эти значения в формулу запишем:

$$1,4 = \left( \frac{\ln T_p - \ln 1}{\ln T_n - \ln 1} \right)^{\frac{2}{b}} = \left( \frac{\ln T_p}{\ln 3650} \right)^{\frac{2}{b}} = \left( \log_{3650} T_p \right)^{\frac{2}{b}}.$$

Решая это уравнение, получим выражение для коэффициента надежности

$$T_p = 3650^{1,4 \frac{b}{2}},$$

где  $b$  – коэффициент, определяемый для каждой метеостанции отдельно. Полученные результаты применялись при оценке надежности и определении оптимальных параметров строительных конструкций [9,10].

### Литература

1. Николас П.И. Определение влияния ветровых нагрузок на антенное сооружение // Инженерный вестник Дона, 2008, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/67.
2. Редькин А.В., Обыденов В.А., Козлов О.В. Компьютерное моделирование ветровой нагрузки с помощью метода конечных элементов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2009. № 2-1. с. 127-132.

3. Подобед Н.Е. Численное моделирование допустимых ветровых нагрузок для рабочего состояния механизмов передвижения портального крана типа ГАНЦ // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2010. т. 13. № 4-2. с. 957-962.

4. Демченко Д.Б., Касьянов В.Е. Оптимизационный метод статического расчета строительных конструкций с применением вероятностных законов с ограничениями // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1659.

5. Raizer V.D. Theory of Reliability in Structural Desing. – Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. – Vol.57. – Nol. – pp. 1-21.

6. Raizer V.D. Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company. – New York, USA, 2009. – 146 p.

7. Вейбулл В. Усталостные испытания и анализ их результатов: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1964. – 275 с.

8. Пшеничкина В.А., Белоусов А.С. Оценка надежности зданий повышенной этажности при сейсмических воздействиях на основе критерия допустимого риска // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2008. № 4. с. 142-147.

9. Рекунов С.С. Об оценке надёжности и восстановлении эксплуатационных качеств мостовых сооружений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2016, Том 3, №2. URL: t-s.today/07TS216.html

10. Катерина С.Ю. Организация интеграции современных расчетно-информационных комплексов при реализации модели расчета оптимальных параметров строительных конструкций // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2016. № 1-2 (41). с. 6.



## References

1. Nikolas P.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2008, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/67](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/67).
2. Red'kin A.V., Obydenov V.A., Kozlov O.V. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehniceskie nauki. 2009. № 2-1. pp. 127-132.
3. Podobed N.E. Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2010. t. 13. № 4-2. pp. 957-962.
4. Demchenko D.B., Kas'janov V.E. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1659](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1659).
5. Raizer V.D. Theory of Reliability in Structural Desing. Journal of Applied Mechanics Reviews, USA, 2004. Vol.57. Nol. pp. 1-21.
6. Raizer V.D. Reliability of Structures. Analysis and Applications, Backbone Publishing Company. New York, USA, 2009. 146 p.
7. Wejbull W. Uсталостnye ispytaniya i analiz ih rezul'tatov [Fatigue testing and analysis of results]: Per. s angl. M.: Mashinostroenie, 1964. 275 p.
8. Pshenichkina V.A., Belousov A.S. Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 4: Estestvenno-matematicheskie i tehničeskie nauki. 2008. № 4. pp. 142-147.
9. Rekunov S.S. Internet-zhurnal «Transportnye sooruzhenija». 2016, Tom 3, №2. URL: [t-s.today/07TS216.html](http://t-s.today/07TS216.html).
10. Katerinina S.Ju. Internet-Vestnik VolgGASU. 2016. № 1-2 (41). p. 6.