

Дата поступления рукописи в редакцию: 06.02.2026 г.
Дата принятия рукописи в печать: 10.03.2026 г.

DOI: 10.24412/2076-1503-2026-2-673-679

БОНДАРЕВА Елена Владимировна,
кандидат технических наук,
доцент кафедры информационных технологий и математики,
Сочинский государственный университет,
e-mail: bondareva_05@mail.ru

ПРЕПОДАВАНИЕ КУРСА «ГИДРОЛОГИИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ»: АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ВЕТРА НАД АКВАТОРИЕЙ МОРЯ

Аннотация. В данной статье выстроен четкий алгоритм по расчету скоростей ветра и выяснено влияние исходных данных по повторяемости ветра на значение расчетных скоростей ветра. Как правило, исходные ветровые данные берутся либо из справочника морского регистра, в котором вся акватория Черного моря делится на районы-квадраты, в которых определены характеристики ветра, либо из Справочника. Причем, Справочник составлен по материалам гидрометеорологических наблюдений, производившихся на берегу и в открытом море. Характеристика климатических условий открытого моря даны на основе материалов наблюдений экспедиционных, транспортных и рыболовецких судов. Обработка судовых наблюдений осуществлялась по одноградусным квадратам, а в прибрежных районах — по частям квадратов, ограниченными соответствующими отрезками параллелей и меридианов и береговой чертой. Приведенные в Справочнике средние месячные величины метеорологических элементов по квадратам моря получены в результате осреднения данных судовых наблюдений либо сняты с синоптических карт. Поскольку скорости ветра над акваторией моря необходимы при вычислении параметров ветровых волн, то в соответствии с нормативной документацией, скорости ветра определены заданной повторяемостью.

Ключевые слова: Черное море, скорость ветра, повторяемость ветра, продолжительность ветра.

BONDAREVA Elena Vladimirovna,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Information
Technologies and Mathematics,
Sochi State University

TEACHING THE COURSE “HYDROLOGY IN HIGHER EDUCATION”: ALGORITHM FOR CALCULATING WIND SPEED OVER SEA

Annotation. In this article, a clear algorithm for calculating wind speeds is presented, and the influence of the initial data on wind recurrence on the calculated wind speeds is investigated. As a rule, the initial wind data is taken either from the Maritime Register Handbook, which divides the entire Black Sea into square regions with wind characteristics, or from the Handbook. Moreover, the Handbook is based on hydrometeorological observations conducted on the coast and in the open sea. The characteristics of the open sea climate are based on observations from expedition, transport, and fishing vessels. Ship observations were processed by one-degree squares, and in coastal areas, by parts of squares bounded by the corresponding segments of parallels and meridians and the coastline. The average monthly values of meteorological elements by sea squares in the Handbook were obtained by averaging ship observations.

Key words: Black Sea, wind speed, wind frequency, wind duration.

Данные по скорости ветра используются при определении параметров ветровых волн, которые в свою очередь учитываются при проектировании гидротехнических

сооружений, оказывающих на них воздействие. В зависимости от класса капитальности гидротехнического сооружения определяется повторяемость штормов в заданное число лет.

В данной статье определим пошаговый алгоритм вычисления скоростей ветра по методике, рассмотренной в [1], с выделением исходных данных и выясним влияние исходных данных по ветровому режиму на значения расчетных скоростей ветра. Для этого сначала на основе данных по ветровому режиму из [2] рассмотрим определение характеристик ветра согласно указанной

методике в [1] для города Анапы, расположенном во 2 квадрате Чёрного моря, а затем по [4]. Необходимо отметить, что в статье [1] рассматривалось определение скоростей ветра, повторяемость 1 раз в 25 лет, для 1 квадрата Черного моря.

На рисунке 1 представлена схема расположения исследуемого квадрата Черного моря.

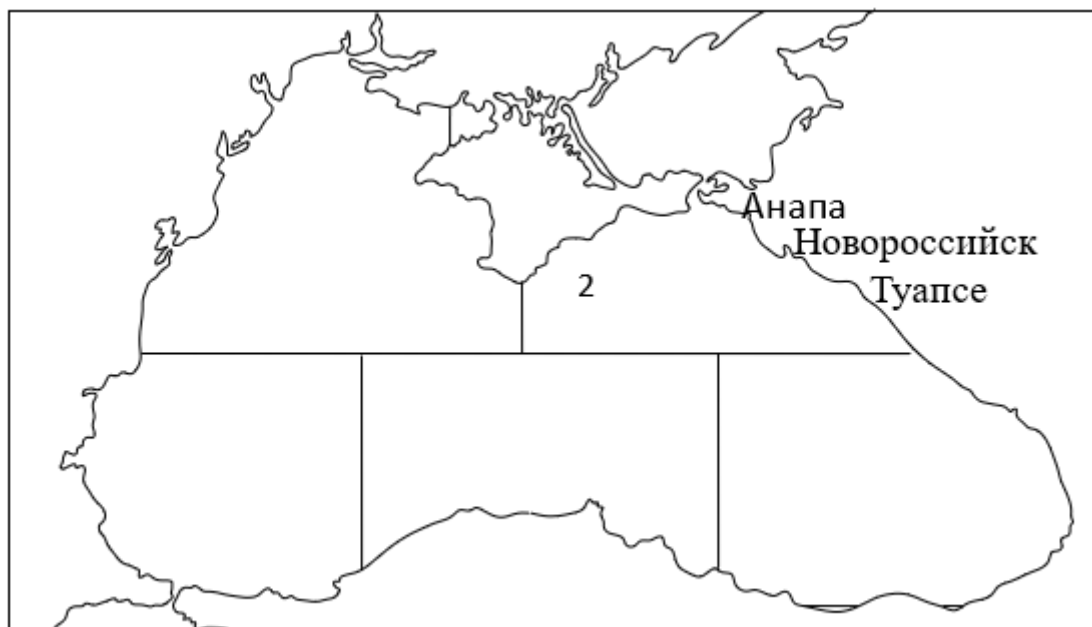


Рисунок 1. Схема расположения исследуемого района Черного моря

В качестве исходных данных для исследуемого участка акватории используются:

- продолжительность штормов, осредненная за год, представленная в таблице 1;
- данные по ветровому режиму за год, приведенные в таблице 2.

- класс проектируемого гидротехнического сооружения (ГС);
- количество дней навигационного периода: для рассматриваемого второго квадрата Черного моря – 365 дней:

Таблица 1. Продолжительность штормов, осредненная за год (часы)

V (м/с)	Продолжительность (сутки)	Продолжительность (часы)
5	1,44	34,6
10	0,65	15,6
15	0,42	10
20	0,30	7,2
25	0,24	5,8

Таблица 2. Повторяемость скоростей ветра за год, %

Градации скорости ветра, м/с	Направление ветра, румбы								
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Сумма
0-4	3,9	4,1	2,7	1,9	2,4	3,3	3,9	3,7	25,9
4-8	5,2	6,3	3,6	2,2	3	4,9	5,8	4,9	35,9
8-12	3,3	5,1	2,3	1	1,8	4	4,2	3,2	24,9
12-16	1,1	2,5	0,8	0,2	0,5	1,9	1,7	1,3	10,0
16-20	0,2	0,8	0,2	0,02	0,1	0,5	0,5	0,3	2,62
20-24	0,02	0,2	0,03	-	0,01	0,09	0,07	0,04	0,46
≥ 24	+	0,02	+	-	+	+	+	+	0,02
Сумма	13,7	19,1	9,6	5,32	7,81	14,69	16,3	13,5	100
Pw – повторяемость волноопасного направления ветра в долях единицы									
Pw	0,137	0,190	0,096	0,053	0,078	0,147	0,162	0,134	

На рисунке 2 представлена роза ветров, построенная на основе таблицы 2.

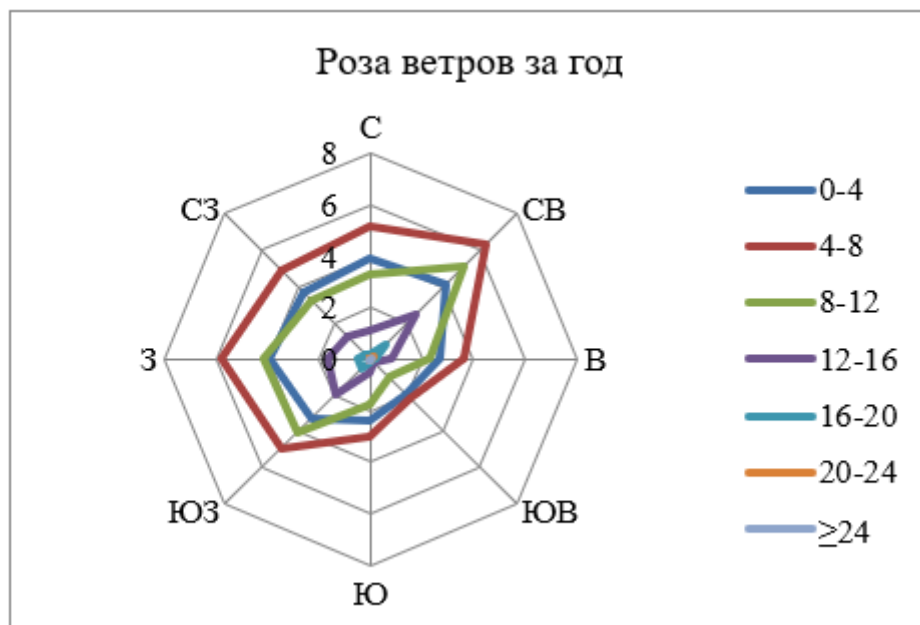


Рисунок 2. Роза ветров за год

Далее, для основных волноопасных направлений:

- по данным таблицы 2, согласно указанной методике в [1] рассчитывается обеспеченность скоростей ветра в исследуемом районе, которая приведена в таблице 3;
- используя данные таблицы 3 вычисляется обеспеченность ветра по градациям скорости каждого направления, приведенная в таблице 4.
- используя данные таблицы 4, строятся режимные функции распределения скоростей ветра по каждому волноопасному направлению, представленные на рисунке 3;
- на основе данных по непрерывной продолжительности штормов, повторяемости вол-

ноопасного направления ветра, и данных по продолжительности навигационного периода, по формуле [1] определяется расчетная обеспеченность ветра, заданной повторяемостью, которая в свою очередь определяется в зависимости от класса ГС. Расчет производился для ГС 3 класса капитальности, которые в соответствии со СП 58.13330.2012 определяются на воздействие волн шторма, повторяемостью один раз в 25 лет [3];

- на основе расчётных обеспеченностей ветра и рисунка 3 определяются расчетные скорости ветра поэтапно, методом последовательных приближений (третье приближение принимается за окончательное).

Таблица 3. Повторяемость (%) скорости ветра по волноопасным направлениям

Градации скорости ветра, м/с	Направление ветра, румбы			
	ЮВ	Ю	ЮЗ	З
0-4	35,714	30,730	22,464	24,119
4-8	41,353	38,412	33,356	35,869
8-12	18,797	23,047	27,229	25,974
12-16	3,759	6,402	12,934	10,513
16-20	0,376	1,280	3,404	3,092
20-24	0,000	0,128	0,613	0,433

Таблица 4. Обеспеченность скоростей ветра (%)

Градации скорости ветра, м/с	Направление ветра, румбы			
	Юго-восточный	Южный	Юго-западный	Западный
0-4	100,000	100,000	100,000	100,000
4-8	64,286	69,270	77,536	75,881
8-12	22,932	30,858	44,180	40,012
12-16	4,135	7,810	16,950	14,038
16-20	0,376	1,408	4,016	3,525
20-24	0,000	0,128	0,613	0,433

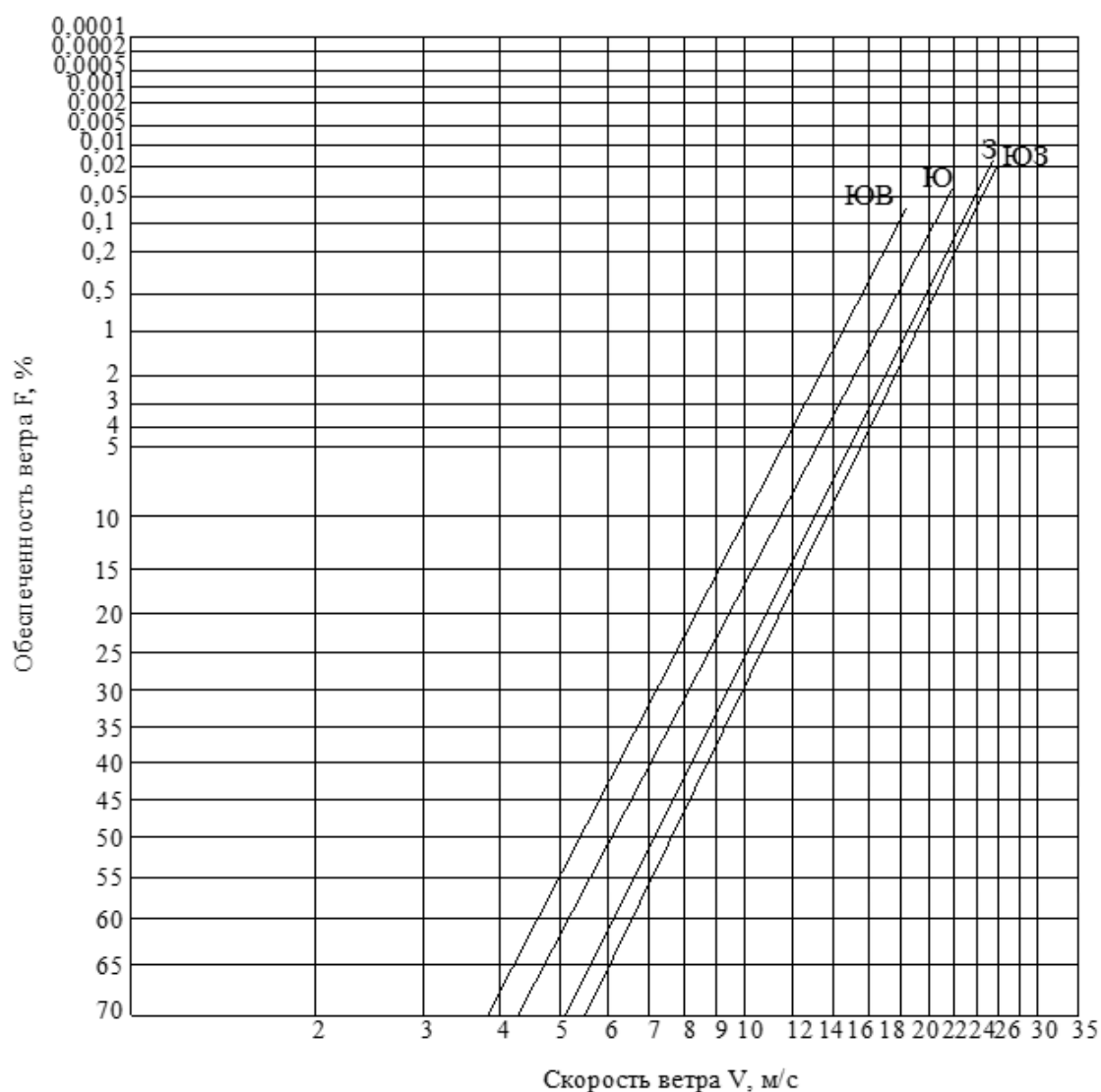


Рисунок 3. Режимные функции распределения скорости ветра

Средняя продолжительность ветра в первом приближении для морей принимается равной 12, а второе и последующие значения определяются из графика зависимости средней продолжитель-

ности штормов от скорости ветра [1], построенного по таблице 1 для данного 2 района.

Расчетные скорости ветра для 2 квадрата Черного моря приведены в таблице 6.

Таблица 5. Расчетные скорости ветра для 2 квадрата Черного моря, протяженностью от Ялты до Сочи

Румбы	t_v , час	P_w	F_n , %	V , м/с
ЮВ	8,2	0,053	0,070	18,4
Ю	6,7	0,078	0,039	21,8
ЮЗ	5,6	0,147	0,017	26,0
З	5,7	0,162	0,016	25,3

Полученный результат с использованием данных из [2] является частным ответом, который необходимо сравнить с результатом на основе многолетних измерений и обобщений, приведенными в справочнике [4]. Причем, в указанном справочнике, натурные измерения проводились с

учетом мелкого дробления моря на секторы, и поэтому сведения о характеристике ветра даны по одноградусным квадратам акватории Черного моря. Схема квадратов Черного моря представлена на рисунке 4.

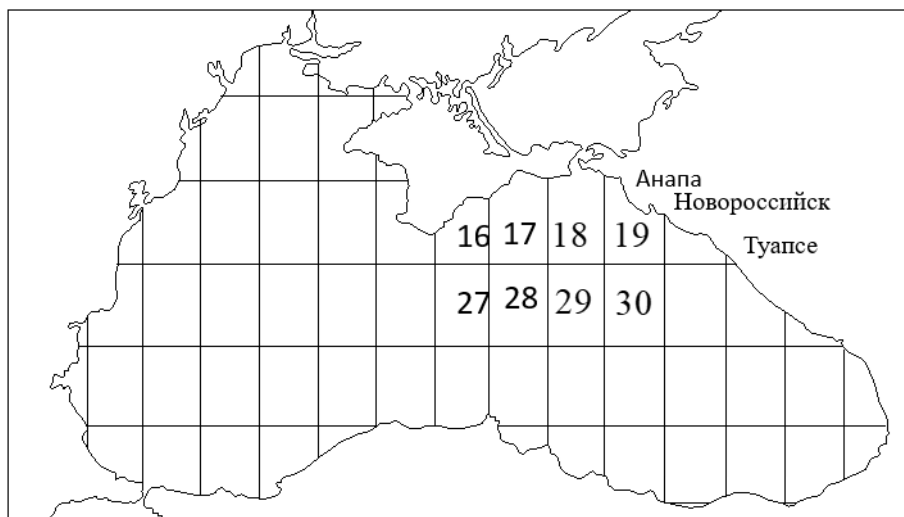


Рисунок 4. Схема квадратов открытого моря

Поскольку исследуемым участком берега является г. Анапа, то в качестве исходных данных из Справочника [4] рассмотрим данные по повторяемости ветра, указанные в нескольких квадратах, прилегающих к рассматриваемому участку берега: 18, 19, 29 и 30.

В таблице 6 приведена осредненная по указанному четырем квадратам открытого моря повторяемость ветра (%) по основным волноопасным направлениям.

Таблица 6. Осредненная по четырем квадратам открытого моря повторяемость ветра (%) по основным волноопасным направлениям

Градации скорости ветра, м/с	Направление ветра, румбы			
	ЮВ	Ю	ЮЗ	З
1-5	6,725	5,278	6,068	5,815
6-9	3,693	2,965	3,063	3,328
10-15	1,575	0,968	1,655	1,313
16-20	0,120	0,093	0,360	0,193
21-25	0,000	0,000	0,028	0,043
Сумма	12,113	9,303	11,173	10,690
Pw– в долях единицы	0,121	0,093	0,112	0,107

Согласно приведенному выше алгоритму и методики [1] по данным таблицы 6 по каждому волноопасному направлению выполнен расчет по грациям повторяемости скорости ветра, вычислена обеспеченность ветра по грациям скорости, построены режимные функции распределения скоростей ветра, вычислены расчетные обеспеченности и скорости ветра в первом приближе-

нии, во втором приближении и в третьем приближении с учетом средней продолжительности ветра в каждом приближении.

В таблице 7 представлены значения по продолжительности ветра, обеспеченность ветра и скорость ветра в третьем приближении, которое принимается за окончательное.

Таблица 7. Расчетные скорости ветра над акваторией моря, повторяемостью 1 раз в 25 лет

Румбы	t, час	Pw	Fn, %	Vn, м/с
ЮВ	6,7	0,121	0,025	21,7
Ю	6,8	0,093	0,034	21,6
ЮЗ	5,5	0,112	0,023	26,4
З	5,6	0,107	0,024	26,1

Таким образом, расчетные скорости ветра, определенные на основе данных из [2] и [4] отличаются, что обусловлено крупностью дробления акватории моря на участки, в которых проводились измерения. В данном случае рассматривался весь второй район Черного моря. Если же стоит задача о определении скорости ветра над акваторией определенного участка берега, то надо использовать исходные данные по повторяемости ветра в квадратах, которые прилегают к рассматриваемому участку берега или использовать усредненные расчетные скорости ветра.

Список литературы:

- [1] Бондарева Е.В. Методика расчета скорости распространения волн на черноморском побережье при преподавании курса «Гидрологии» в высшей школе для строительных специальностей // Вестник ГГУ. 2023. № 1. С. 110-117
- [2] Российский морской регистр судоходства «Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей», С-Пб, 2006. 450с.

- [3] СП 38.13330.2018 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. М., 2019.

- [4] Справочник по климату Черного моря. Гидрометеиздат, М., 1974. 406 с.

References:

- [1] Bondareva E.V. Methodology for calculating the speed of wave propagation on the Black Sea coast when teaching the course "Hydrology" at a higher school for construction specialties//Vestnik GGU. 2023. № 1. S. 110-117
- [2] Russian Maritime Register of Shipping "Reference Data on Wind and Wave Conditions of the Baltic, North, Black, Azov and Mediterranean Seas," S-Pb, 2006. 450s.
- [3] SP 38.13330.2018 "Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from vessels)." Updated revision of SNiP 2.06.04-82 *. M., 2019.
- [4] Black Sea Climate Handbook. Hydrometeoizdat, M., 1974. 406 pp.

