МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТНОГО НАПОРА ВЕТРА НАД АКВАТОРИЯМИ ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОК НА ПОРТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

РД 31.33.04 – 84

МОСКВА

МИНИСТЕРСТВО МОРСКОГО ФЛОТА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТНОГО НАПОРА ВЕТРА НАД АКВАТОРИЯМИ ДЛЯ РАСЧЕТА НАГРУЗОК НА ПОРТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

РД 31.33.04 – 84

МОСКВА

РАЗРАБОТАН	Государственным проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта "Союзморниипроект". Зам.директора Союзморниипроекта, д.т.н. Костюков В.Д. Руководитель работы, зав.сектором, к.ф.-м.н. Стрекалов С.С. Исполнители: с.н.с. Кривицкий С.В., м.н.с. Вольпян Г.В.
УТВЕРЖДЕН	Главным инженером Союзморниипроекта Ю.А.Ильницким

Определение скоростного напора ветра над акваториями для расчета нагрузок на портовые сооружения. Методические указания.	РД 31.33.04 - 84 Вводится впервые

Срок введения в действие установлен с 01.07.84

Настоящие методические указания устанавливают методику и порядок расчета скоростного напора и характеристик ветра над портовыми акваториями.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Характеристики ветра и скоростного напора служат для расчета ветровых нагрузок на портовые сооружения в соответствии с требованиями главы СНиП II-6-74 "Нагрузки и воздействия".

Характеристики ветра допускается использовать при расчете элементов ветровых волн и высоты штормового нагона.

1.2. Расчет характеристик ветра в районе порта необходимо выполнять с учетом деления ветра по направлению на морские и береговые.

1.3. Расчетные характеристики морских ветров определяют по синоптическим картам.

1.4. Расчетные характеристики береговых ветров для портовой акватории следует определять по данным береговых метеостанций.

2. ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ СКОРОСТИ ВЕТРА И СКОРОСТНОГО НАПОРА

2.1. При расчете характеристик ветра в районе порта

морскими считаются ветры в секторе, открытом со стороны моря, в котором отсутствуют острова и мысы; ветры остальных направлений со стороны суши (мыса, острова) считаются береговыми.

2.2. Для расчета характеристик ветра над портовой акваторией используют синоптические карты или данные метеостанций.

2.3. В качестве исходных для расчета скорости ветра и скоростного напора принимают значения скорости ветра на высоте 10 м. Продолжительность используемого многолетнего ряда наблюдений необходимо определять при волновых расчетах в соответствии с требованиями главы СНиП 2.06.04-82, а при расчетах ветровых нагрузок - по рекомендациям главы СНиП II-6-74.

Скорости ветра, измеренные по флюгеру, необходимо корректировать в соответствии с требованиями главы СНиП II-6-74.

2.4. Ветровые нагрузки на береговые здания и сооружения необходимо принимать в соответствии с требованиями главы СНиП II-6-74 по определяемым в настоящем РД значениям скоростного напора для портовых акваторий.

Примечание. В расчетах ветровых нагрузок на береговые здания и сооружения допускается, при надлежащем обосновании по натурным данным, принимать в качестве расчетных ветры морских направлений.

2.5. Расчетный скоростной напор q_{zs}, Па, при морских или береговых ветрах следует определять по формуле

$$q_{zs} = q_{os} k_{zs}, \qquad (1)$$

где q_{os} - расчетный скоростной напор ветра на стандартной высоте 10 м;

k_{zs} - коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте.

2.6. Расчетный скоростной напор q_{0S}, Па, необходимо определять по формуле

$$q_{0S} = 0,613\left(a\, v_{10}\right)^2, \qquad (2)$$

где a – коэффициент, принимаемый в соответствии с требованиями главы СНиП II-6-74;

v_{10} – расчетная скорость ветра, м/с, на высоте 10 м, определяемая по рекомендациям настоящего руководства.

2.7. Коэффициент k_{zS} для любой высоты z, м, следует определять по формуле

$$k_{zS} = \left(\frac{v_z}{v_{10}}\right)^2, \qquad (3)$$

где v_z – скорость ветра на высоте z,

3. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРА НАД ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

3.1. Водная поверхность представляет собой тип подстилающей поверхности, для которой, в отличие от суши, размеры шероховатостей в виде поверхностных волн зависят от скорости ветра.

3.2. К расчетным характеристикам ветра над водной поверхностью относятся:

– расчетная скорость ветра v_{10} на высоте 10 м над спокойным уровнем водной поверхности;

– профиль средней горизонтальной скорости ветра v_z, отсчитываемый от спокойного уровня водной поверхности до высоты приводного слоя атмосферы;

– динамическая скорость v_* – характеристика масштаба турбулентных скоростей;

– параметр шероховатости z_0 – высота над спокойной водной поверхностью, на которой средняя скорость ветра обращается в нуль;

– разгон ветра X – расстояние от подветренного берега до расчетной точки, измеряемое по направлению ветра;

– коэффициент сопротивления C_z – характеристика сопротивления шероховатой водной поверхности обтекающему воздушному потоку;

– тангенциальное трение τ_0 – напряжение, приложенное к поверхности воды, связанное с действием сил молекулярной и турбулентной вязкости.

3.3. Расчет характеристик ветра над водной поверхностью при береговом ветре необходимо производить с учетом деления водоема на зоны шероховатости вдоль направления ветра:

– входная зона – участок воздушного потока над водной поверхностью, прилегающий к берегу, где характеристики ветра формируются в условиях гладкого обтекания;

– промежуточная зона – участок воздушного потока, в котором характеристики ветра формируются под действием развивающихся ветровых волн и зависят как от глубины, так и от разгона;

– предельная зона – участок воздушного потока, в котором характеристики ветра сформированы под действием ветровых волн и не зависят от разгона.

3.4. Расчет характеристик ветра над водной поверхностью при морском ветре необходимо производить для предельной зоны шероховатости, в которой характеристики ветра сформированы под действием ветровых волн на глубокой воде и не зависят от разгона.

3.5. Параметр шероховатости водной поверхности выбирается

с учетом деления водоема на зоны в зависимости от характерной глубины акватории и разгона:

- входная зона отвечает участку гладкого обтекания;
- промежуточная зона отвечает участку развивающейся шероховатости;
- предельная глубоководная зона отвечает участку полностью развитой шероховатости.

4. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО ПОТОКА

4.1. Расчетную скорость ветра v_{10} необходимо определять на стандартной высоте z = 10 м над уровнем моря. При этом допускается использовать как данные синоптических карт, так и фактически измеренные значения скорости ветра.

4.2. Тангенциальное трение на поверхности водоема τ_0, Па, необходимо определять по формуле

$$\tau_0 = \rho_a v_*^2, \qquad (4)$$

где ρ_a – плотность воздуха, кг/м^3;

v_* – динамическая скорость.

4.3. Динамическую скорость v_*, м/с, над водной поверхностью следует определять по формуле

$$v_* = C_{10} v_{10}^2, \qquad (5)$$

где C_{10} – коэффициент сопротивления.

4.4. Коэффициент сопротивления для водной поверхности C_{10} на высоте 10 м следует рассчитывать по соотношению

$$C_{10} = \left(2{,}5 \ln \frac{10}{z_0}\right), \qquad (6)$$

где z_0 – параметр шероховатости.

4.5. Параметр шероховатости z_0, м, для водной поверхности следует рассчитывать по формуле

$$z_0 = 10 \exp\left(-\frac{0{,}4 v_{10}}{v_*}\right). \qquad (7)$$

4.6. Профиль скорости ветра v_z, м/с, необходимо определять по формуле

$$\frac{v_z}{v_*} = 2{,}5 \ln \frac{z}{z_0}. \qquad (8)$$

5. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКИХ ВЕТРОВ В РАЙОНЕ ПОРТА

5.I. Расчетную скорость ветра v_{10} необходимо определять по данным синоптических карт, используя величину градиента давления α, град.мерид., и радиуса R циклонической кривизны изобар, град.мерид., в соответствии с графиком рис.I для заданной географической широты φ.

Для определения расчетной скорости при температуре воды, меньшей или равной температуре воздуха на высоте z = I0 м, пользуются левой вертикальной шкалой v_{10}; при температуре воды большей, чем температура воздуха, пользуются правой вертикальной шкалой v_{10}^{U}.

Направление ветра необходимо отклонять от касательной к изобаре в расчетной точке на величину угла I5^0 в сторону низкого давления.

5.2. Определение расчетной скорости морского ветра v_{10} допускается производить по известной скорости ветра v_z^c, измеренной на береговой (портовой) метеостанции на любой высоте,

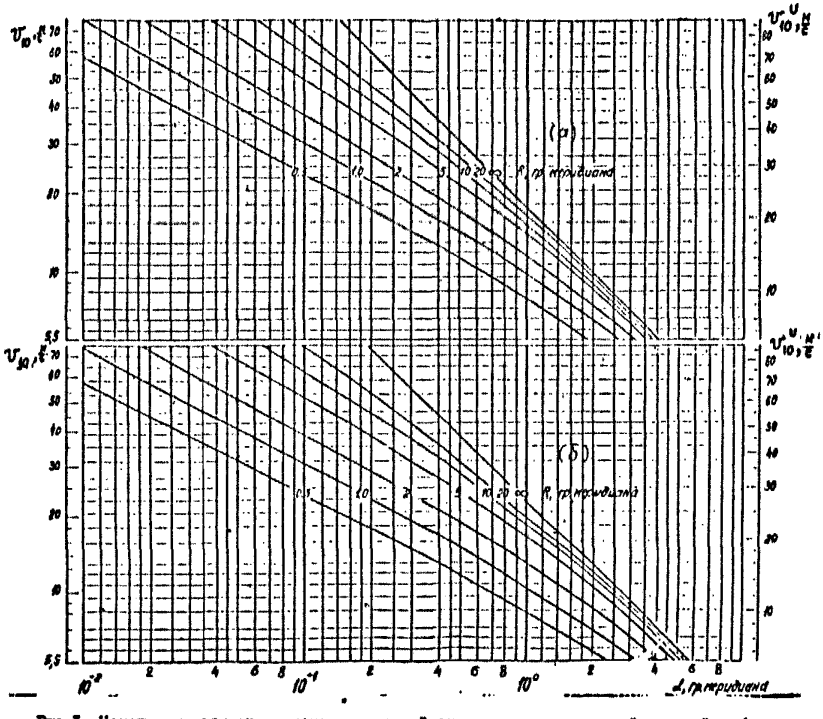


Рис.1. Номограмма для определения расчетной скорости ветра при нейтральной v_{10} и неустойчивой v_{10}^{U} стратификации по величине градиента давления α и радиуса кривизны изобар R для географической широты $\varphi \geqslant 50^{0}$(а) и 35–49^{0}(б).

по формуле

$$v_{10} = k_z v_z^c , \qquad (9)$$

где k_z – коэффициент "приведения" скорости ветра к стандартной высоте при морских ветрах.

При этом данные о характеристиках ветра на берегу должны быть достаточно обоснованы статистически.

Коэффициент k_z для нейтральной стратификации следует принимать по табл.I.

Таблица I

Высота над уровнем моря z, м	Значения k_z при скорости ветра v_z^c, м/с				
	10	20	30	40	50
2	I,I8	I,23	I,27	I,32	I,36
4	I,I0	I,I2	I,I4	I,I6	I,I8
6	I,05	I,06	I,07	I,08	I,09
8	I,02	I,03	I,03	I,03	I,04
I0	I,00	I,00	I,00	I,00	I,00
I2	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97
I4	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95
I6	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93
I8	0,95	0,94	0,93	0,92	0,9I
20	0,94	0,93	0,92	0,9I	0,90
30	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85
40	0,88	0,86	0,84	0,83	0,80
50	0,87	0,84	0,82	0,80	0,79
I00	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72

Примечание. Для промежуточных скоростей ветра и высот значение коэффициента k_z допускается определять линейной интерполяцией.

5.3. Динамическую скорость v_* и параметр шероховатости z_0 при ветрах с моря следует определять по скорости v_{10}, используя рис.2. Расчет скорости v_z над водной поверхностью

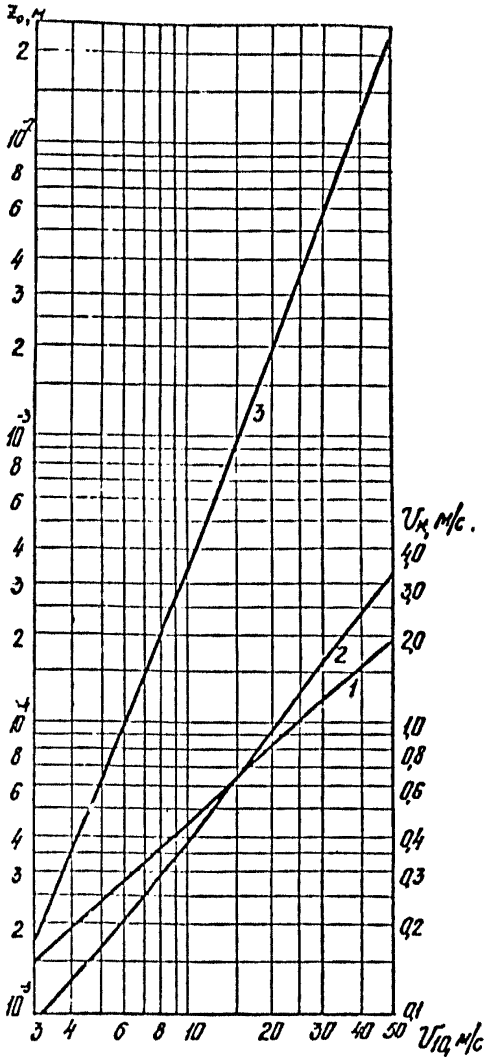


Рис.2. График для определения динамической скорости v_* (линия I) при береговых ветрах, а также динамической скорости v_* и параметра шероховатости z_0 (линии 2 и 3) при морских ветрах по расчетной скорости ветра v_{10}.

на высоте z следует выполнять по формуле (9) при условии $v_z = v_z^c$.

Примечание. Построение эпюры скорости морского ветра допускается выполнять по данным таблицы, помещенной в Приложении 2.

6. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК БЕРЕГОВЫХ ВЕТРОВ В РАЙОНЕ ПОРТА

6.I. При расчетах характеристик береговых ветров необходимо учитывать характер местности, на которой расположена метеостанция. Местность по характеру подстилающей поверхности подразделяют на четыре типа: A_I, A_2, Б, В.

К типам A_I и A_2 относят открытую местность: пустыни, степи и побережья морей и океанов.

К типу A_I относят песчаную поверхность и луга, покрытые травой высотой до I0-50 см.

К типу A_2 относят местность, покрытую кустарником.

К типу Б относят лесистую, сельскую местность, районы городов с малоэтажной застройкой и окраины городов со зданиями высотой до 20 м.

К типу В относят районы крупных городов со зданиями повышенной этажности (более 20 м высотой).

Средние значения параметра шероховатости z_0' и коэффициента сопротивления c_{10}' на высоте z = I0 м для данных типов местности следует принимать по табл.2.

Таблица 2

Тип местности	Параметр шероховатости z_0', м	Коэффициент сопротивления c_{10}'
A_I	0,0034	0,0025
A_2	0,035	0,005
Б	0,38	0,015
В	I,0	0,03

Примечание. Типы местности A_2, Б, В соответствуют типам местности А, Б, и В главы СНиП II-6-74 и дополнений к ней.

6.2. Построение эпюры скорости ветра в приземном слое следует выполнять с учетом типа местности и скорости ветра v_{10}^{c}, измеренной на метеостанции. Расчет скорости ветра v_z^c на высоте z следует выполнять по формуле (9) при известных значениях скорости ветра v_{10}^{c} и коэффициента k_z', учитывающего изменение скорости берегового ветра по высоте.

Коэффициент k_z' для берегового ветра принимают по данным табл.3 с учетом типа местности.

Таблица 3

Высота z, м	Тип местности			
	A_I	A_2	Б	В
2	I,25	I,29	I,42	I,70
4	I,I3	I,I6	I,22	I,35
6	I,07	I,08	I,I2	I,I8
8	I,03	I,04	I,05	I,08
I0	I,00	I,00	I,00	I,00
I2	0,98	0,97	0,96	0,94
I4	0,96	0,95	0,93	0,89
I6	0;94	0,93	0,90	0,86
I8	0,93	0,9I	0,88	0,83
20	0,92	0,90	0,86	0,80
30	0,88	0,84	0,78	0,70
40	0,85	0,80	0,74	0,63
50	0,83	0,77	0,70	0,59
I00	0,78	0,69	0,60	0,47

6.3. Динамическую скорость ветрового потока v_*' для типов местности A_I, A_2, Б и В следует определять в зависимости от скорости v_{10}^{c} по формуле

$$v_*' = \sqrt{c_{10}'}\, v_{10}^{c} . \qquad (I0)$$

Коэффициент сопротивления C'_{10} необходимо принимать по данным табл.2.

6.4. При расчетах характеристик ветра над сушей в районе порта, отличающегося по типу местности от исходного в районе расположения метеостанции, допускается данные наблюдений метеостанции корректировать с учетом типа местности. Тип местности выделяют в том случае, если ее протяженность по направлению ветра составляет не менее I км. Расчет динамической скорости v'_{*2} при переходе воздушного потока с одного типа местности на другой следует производить по формуле

$$v'_{*2} = k_п v'_{*1} , \qquad (II)$$

где v'_{*} – динамическая скорость для исходного типа местности, м/с;

$k_п$ – коэффициент, учитывающий изменение скорости при чередовании различных типов местности.

Коэффициент перехода $k_п$ принимается по табл.4.

Таблица 4

Тип перехода	$k_п$	Тип перехода	$k_п$	Тип перехода	$k_п$
$A_I \to A_2$	I,29	Б → A_2	0,70	A_2 → В	I,73
$A_2 \to$ Б	I,43	$A_2 \to A_I$	0,77	В → A_2	0,58
Б → В	I,2I	A_I → Б	I,85	В → A_I	0,45
В → Б	0,83	A_I → В	2,23	Б → A_I	0.54

Скорость ветра v^{P}_{10} для типов местности, отличающихся от исходного типа, следует определять по формуле (I0) по найденному значению v'_{*2} и соответствующему данному типу местности коэффициенту C'_{10}. При этом эпюру скорости ветра определяют в соответствии с требованиями п.6.2.

6.5. Морские акватории малой протяженности (I–5 км), в т.ч. акватории портов, относят к типу подстилающей поверхности М.

6.6. Расчеты характеристик берегового ветра над водной поверхностью (тип М) следует выполнять с учетом типа местности, непосредственно прилегающей к акватории .

Расчетную скорость ветра v_{10} над поверхностью акватории порта следует определять по измеряемой на берегу скорости ветра v_{10}^{c} (или определяемой расчетным путем v_{10}^{p}) по формуле

$$v_{10} = k_c \, v_{10}^{c,p} \qquad (12)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий изменение скорости ветра при переходе с берега на водную поверхность.

Коэффициент k_c зависит от типа прилегающей к акватории местности и принимается равным:

1,03 – для типа местности A_1;

1,08 – –"– A_2;

1,21 – –"– Б;

1,34 – –"– В.

Динамическую скорость v_* для типа местности М необходимо определять по рис.2 (линия I).

Эпюру скорости ветра v_z над акваторией порта определяют в соответствии с требованиями п.6.2. При этом коэффициент k'_z для местности типа М принимают из табл.5.

Таблица 5

Высота над уровнем моря z, м	2	4	6	8	10	12	14
k'_z	1,20	1,10	1,05	1,02	1,00	0,98	0,9
Высота над уровнем моря z, м	16	18	20	30	40	50	100
k'_z	0,95	0,94	0,93	0,90	0,88	0,86	0,8

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТНОГО НАПОРА И ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НАД ПОРТОВЫМИ АКВАТОРИЯМИ

7.I. При расчете скоростного напора и характеристик воздушного потока над портовыми акваториями необходимо учитывать направление ветра: береговые или морские ветры. Расчетная скорость ветра v_{10} указанных направлений определяется в соответствии с рекомендациями разделов 5 и 6, а расчетный скоростной напор q_{0s} на высоте z = I0 м – в соответствии с рекомендациями п.2.6.

7.2. При расчете скоростного напора коэффициент k_{zs} ; учитывающий изменение скоростного напора по высоте, как для береговых, так и для морских ветров, следует определять по формуле

$$k_{zs} = \left(1 + 2{,}5\sqrt{C_{10}}\,\ln\frac{z}{10}\right)^2, \qquad (I3)$$

где C_{10} –коэффициент сопротивления для водной поверхности на стандартной высоте z = I0 м.

7.3. При ветрах с моря параметр шероховатости z_0 и коэффициент сопротивления C_{10} для акватории порта необходимо определять по формулам

$$z_0 = 2{,}1\cdot 10^{-2}\,\frac{v_*^2}{g}\,; \qquad (I4)$$

$$C_{10} = \left(2{,}5\,\ln\frac{gz}{v_*^2} + 9{,}6\right)^{-2}_{z=10\,м}. \qquad (I5)$$

Примечание. Коэффициент сопротивления C_{10} , динамическую скорость v_* , тангенциальное напряжение τ_0 и расчетный скоростной напор q_{0s} на высоте I0 м на акватории порта при морских ветрах допускается определять по номограмме (см.Приложение 3) по известной расчетной скорости v_{10} , где против заданного значения v_{10} определяется значение искомой характеристики.

7.4. Коэффициент k_{zs} при морских ветрах следует определять по табл.6.

Таблица 6

Скорость ветра v_{10}, м/с	Высота z над уровнем моря, м: 20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	1,14	1,23	1,29	1,34	1,38	1,41	1,44	1,47	1,50
20	1,17	1,27	1,35	1,41	1,46	1,51	1,54	1,58	1,62
30	1,20	1,32	1,41	1,48	1,54	1,60	1,64	1,68	1,72
40	1,22	1,36	1,46	1,54	1,61	1,67	1,72	1,77	1,81
50	1,24	1,40	1,51	1,60	1,68	1,75	1,81	1,86	1,91

Примечание. Для промежуточных высот и скоростей ветра значения коэффициента k_{zs} допускается определять линейной интерполяцией.

7.5. При расчетах характеристик ветра на портовых акваториях протяженностью 1–5 км (при береговых ветрах) необходимо учитывать характерную глубину акватории H и разгон X от берега до расчетной точки.

7.6. При отношении X/H < 250 параметр шероховатости z_0 и коэффициент сопротивления c_{10} для акватории портов при береговых ветрах следует определять по формулам

$$z_0 = 43 \frac{\nu_a}{v_*} \; ; \qquad (16)$$

$$c_{10} = \left(2{,}5 \ln \frac{v_* z}{\nu_a} - 9{,}4\right)^{-2}_{z=10\,м} . \qquad (17)$$

7.7 Коэффициент k_{zs} для портовых акваторий при береговых ветрах необходимо принимать по табл.7.

Таблица 7

Значения коэффициента k_{zs} для акватории порта при береговых ветрах

Скорость ветра v_{10}, м/с	Высота z над уровнем моря, м: 20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1,16	1,26	1,34	1,40	1,44	1,49	1,52	1,56	1,59
20	1,15	1,24	1,31	1,37	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54

Продолжение табл.7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
30	I,I4	I,23	I,30	I,35	I,40	I,43	I,46	I,50	I,52
40	I,I4	I,23	I,29	I,34	I,39	I,42	I,45	I,48	I,5I
50	I,I4	I,22	I,29	I,34	I,38	I,4I	I,44	I,47	I,50

7.8. При отношении $X/H \geqslant 250$ параметр шероховатости z_0 и коэффициент сопротивления C_{10} при береговых ветрах необходимо рассчитывать с учетом глубины акватории и разгона по соотношениям:

$$z_0 = 8{,}5 \cdot 10^{-5} \frac{v_*^2}{g} \left(\frac{X}{H}\right); \qquad (I8)$$

$$C_{10} = \left(2{,}5 \ln \frac{gz}{v_*^2} + 2{,}5 \ln \frac{H}{X} + 23{,}4\right)_{z=10м} \qquad (I9)$$

7.9. Значения коэффициента k_{zs} для портовых акваторий при береговых ветрах следует принимать по табл.8.

Таблица 8

Значения коэффициента k_{zs} для акватории порта с учетом глубины места и разгона

Скорость ветра v_0, м/с	Разгон X, км	Высота z над уровнем моря, м: 20	30	40	50	60	70	80	90	I00
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
		Глубина H = 5 м								
I5	2	I,I7	I,27	I,34	I,40	I,45	I,50	I,53	I,57	I,60
	3	I,I8	I,29	I,37	I,43	I,49	I,53	I,57	I,6I	I,64
	5	I,I9	I,3I	I,40	I,48	I,54	I,59	I,63	I,67	I,7I
20	2	I,I9	I,30	I,39	I,45	I,5I	I,57	I,60	I,64	I,67
	3	I,I9	I,32	I,4I	I,48	I,54	I,59	I,64	I,68	I,72
	5	I,22	I,36	I,46	I,54	I,6I	I,67	I,72	I,77	I,8I
30	2	I,2I	I,35	I,45	I,53	I,59	I,65	I,70	I,74	I,78
	3	I,24	I,38	I,50	I,58	I,66	I,72	I,78	I,83	I,87
	5	I,26	I,43	I,56	I,66	I,75	I,82	I,89	I,95	2,00

Продолжение табл.8

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
	2	I,25	I,40	I,52	I,6I	I,69	I,76	I,82	I,87	I,92
40	3	I,28	I,45	I,58	I,69	I,78	I,86	I,93	I,99	2,04
	5	I,33	I,54	I,7I	I,84	I,95	2,04	2,I3	2,2I	2,28
50	2	I,28	I,46	I,59	I,70	I,79	I,87	I,94	2,00	2,05
	3	I,32	I,53	I,69	I,82	I,92	2,02	2,I0	2,I8	2,24
				Глубина H = I0 м						
I5	3	I,I6	I,25	I,33	I,38	I,43	I,47	I,5I	I,54	I,57
	5	I,I7	I,28	I,36	I,42	I,47	I,52	I,56	I,59	I,62
20	3	I,I7	I,28	I,36	I,42	I,48	I,52	I,56	I,60	I,63
	5	I,I9	I,3I	I,39	I,46	I,52	I,57	I,62	I,66	I,69
30	3	I,20	I,33	I,42	I,50	I,56	I,6I	I,66	I,70	I,74
	5	I,22	I,37	I,47	I,55	I,63	I,69	I,74	I,79	I,83
40	3	I,23	I,37	I,48	I,56	I,64	I,70	I,75	I,80	I,84
	5	I,26	I,43	I,55	I,65	I,73	I,8I	I,87	I,93	I,98
50	3	I,25	I,42	I,54	I,64	I,72	I,79	I,85	I,9I	I,96
	5	I,30	I,49	I,64	I,76	I,85	I,94	2,02	2,08	2,I5
				Глубина H = I5 м						
I5	5	I,I6	I,26	I,33	I,39	I,44	I,48	I,52	I,55	I,58
20	5	I,I8	I,29	I,37	I,43	I,48	I,53	I,57	I,6I	I,64
30	5	I,20	I,33	I,43	I,50	I,57	I,62	I,67	I,7I	I,75
40	5	I,24	I,39	I,50	I,59	I,66	I,73	I,78	I,84	I,88
50	5	I,26	I,43	I,55	I,66	I,74	I,8I	I,88	I,94	I,99
				Глубина H = 20 м						
I5	5	I,I5	I,25	I,32	I,37	I,42	I,46	I,50	I,53	I,55
20	5	I,I7	I,27	I,35	I,4I	I,46	I,5I	I,55	I,58	I,6I
30	5	I,I9	I,3I	I,40	I,48	I,54	I,59	I,63	I,67	I,7I
40	5	I,22	I,35	I,46	I,54	I,6I	I,67	I,72	I,76	I,80
50	5	I,24	I,40	I,5I	I,60	I,68	I,75	I,8I	I,86	I,9I

Примечание. Для промежуточных высот, скоростей ветра, разгонов и глубин значения k_{zs} допускается определять линейной интерполяцией.

Приложение I

Обозначения

v_{10} – расчетная скорость ветра на высоте z = I0 м над водной поверхностью, м/с;

v_{10}^{c} – скорость берегового ветра, измеренная метеостанцией на высоте z = I0 м, м/с;

v_{10}^{p} – скорость берегового ветра, определяемая расчетным путем,м/с;

v_{z}^{c} – профиль горизонтальной скорости ветра для суши на высоте z м/с;

v_{*} – динамическая скорость над водной поверхностью, м/с;

v_{*}' – динамическая скорость над сушей, м/с;

z_0 – параметр шероховатости водной поверхности,м;

z_0' – параметр шероховатости суши, м;

X – разгон ветра, м;

H – характерная глубина акватории, м;

C_z – коэффициент сопротивления на высоте z над водной поверхностью;

C_{10} – коэффициент сопротивления на высоте z = I0 м над водной поверхностью;

C_{10}' – коэффициент сопротивления на высоте z = I0 м над сушей;

τ_0 – тангенциальное трение , Па;

q_{0s} – расчетный скоростной напор ветра на высоте z = I0 м,Па;

q_{zs} – расчетный скоростной напор ветра на высоте z , Па;

k_{zs} – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте;

ρ_a – плотность воздуха, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

ν_a = I,5 x I0^{-5} – кинематическая (молекулярная) вязкость воздуха, м^2/с;

k_z – коэффициент, учитывающий изменение скорости морского ветра по высоте;

k_z' – коэффициент, учитывающий изменение скорости берегового ветра для различных типов местности;

k_c – коэффициент, учитывающий изменение скорости при переходе с твердой на водную поверхность;

$k_п$ – коэффициент, учитывающий изменение скорости при чередовании различных типов местности.

Приложение 2
(справочное)

Изменение скорости морского ветра v_z, м/с, с высотой.

Высота z, м	v_{10}, м/с	4	5	6	7	8	9	10	12
	v_*, м/с	0,128	0,167	0,208	0,25	0,295	0,34	0,388	0,487
0,1		2,54	3,09	3,62	4,12	4,62	5,08	5,54	6,40
0,2		2,76	3,38	3,98	4,55	5,13	5,67	6,21	7,24
0,5		3,05	3,76	4,45	5,12	5,80	6,45	7,10	8,36
1,0		4,01	4,05	4,81	5,56	6,31	7,03	7,78	9,20
2		3,49	4,34	5,17	5,99	6,82	7,62	8,44	10,04
3		3,62	4,51	5,38	6,24	7,12	7,97	8,34	10,54
4		3,72	4,63	5,53	6,42	7,33	8,21	9,11	10,89
5		3,79	4,72	5,65	6,56	7,50	8,41	9,33	11,16
6		3,85	4,79	5,74	6,67	7,63	8,56	9,51	11,38
7		3,89	4,86	5,82	6,77	7,75	8,69	9,66	11,57
8		3,94	4,91	5,89	6,85	7,84	8,80	9,79	11,73
9		3,97	4,96	5,95	6,93	7,93	8,90	9,90	11,87
10		4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	12,00
12		4,07	5,08	6,10	7,11	8,14	9,14	10,18	12,22
14		4,12	5,15	6,18	7,20	8,26	9,27	10,33	12,41
16		4,16	5,20	6,25	7,29	8,35	9,39	10,46	12,57
18		4,20	5,25	6,31	7,36	8,44	9,49	10,57	12,72
20		4,23	5,30	6,37	7,43	8,52	9,58	10,67	12,84
25		4,30	5,39	6,48	7,57	8,68	9,77	10,89	13,16
30		4,36	5,47	6,58	7,68	8,82	9,92	11,07	13,34
35		4,41	5,53	6,66	7,78	8,93	10,05	11,22	13,53
40		4,45	5,59	6,73	7,86	9,03	10,17	11,35	13,69
45		4,49	5,64	6,79	7,93	9,12	10,27	11,46	13,83
50		4,52	5,68	6,85	8,00	9,19	10,36	11,56	13,96
60		4,58	5,76	6,94	8,11	9,33	10,51	11,74	14,18
70		4,63	5,82	7,02	8,21	9,44	10,64	11,89	14,73
80		4,67	5,86	7,09	8,29	9,54	10,75	12,02	14,53
90		4,71	5,92	7,15	8,36	9,63	10,85	12,13	14,67
100		4,74	5,97	7,21	8,43	9,70	10,94	12,23	14,80

Приложение 2
(продолжение)

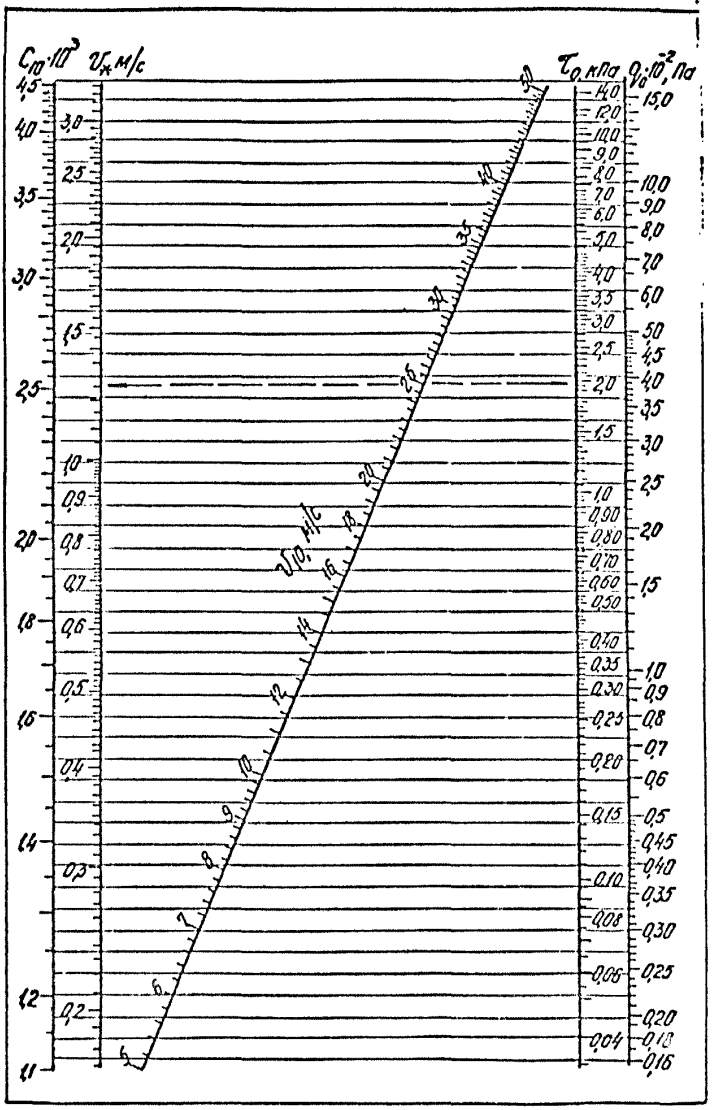
Высота z, м \ v_{10}, м/с	14	16	18	20	22	24	26	28	30
v_*, м/с	0,59	0,70	0,815	0,935	1,06	1,19	1,32	1,46	1,61
0,1	7,19	7,93	8,62	9,24	9,82	10,33	10,78	11,19	11,55
0,2	8,21	9,14	10,03	10,86	11,65	12,39	13,06	13,71	14,34
0,5	9,56	10,75	11,89	13,00	14,08	13,60	16,08	17,05	18,02
1,0	10,58	11,96	13,30	14,62	15,91	17,18	18,37	19,58	20,80
2	11,60	13,17	14,71	16,24	17,75	19,23	20,65	22,11	23,59
3	12,20	13,88	15,54	17,19	18,82	20,44	21,99	23,59	25,22
4	12,62	14,38	16,12	17,86	19,58	21,29	22,94	24,64	26,38
5	12,95	14,77	16,58	18,36	20,17	21,96	23,67	25,45	27,28
6	13,22	15,09	16,95	18,70	20,65	22,50	24,27	26,11	28,01
7	13,45	15,36	17,26	19,16	21,06	22,96	24,78	26,68	28,63
8	13,65	15,59	17,54	19,48	21,42	23,35	25,22	27,16	29,18
9	13,82	15,80	17,78	19,75	21,73	23,70	25,61	27,59	29,64
10	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00
12	14,24	16,30	18,36	20,42	22,49	24,56	26,56	28,64	30,80
14	14,47	16,57	18,67	20,78	22,90	25,02	27,07	29,20	31,42
16	14,67	16,80	18,95	21,09	23,25	25,41	27,51	29,69	31,95
18	14,84	17,01	19,19	21,37	23,56	25,76	27,90	30,12	32,43
20	15,00	17,19	19,40	21,62	23,84	26,08	28,24	30,52	32,85
25	15,32	17,58	19,85	22,14	24,43	26,74	28,98	31,32	33,75
30	16,00	17,90	20,23	22,56	24,91	27,28	29,58	31,98	34,48
35	15,82	18,17	20,54	22,92	25,32	27,74	30,09	32;54	35,10
40	16,02	18,41	20,81	23,23	25,68	28,14	30,53	33,03	35,64
45	16,19	18,61	21,05	23,51	25,99	28,49	30,92	33,46	36,11
50	16,37	18,80	21,27	23,76	26,27	28,80	31,26	33,84	36,54
60	16,61	19,11	21,64	24,18	26,75	29,34	31,86	34,51	37,27
70	16,84	19,38	21,95	24,54	27,18	29,80	32,37	35,07	37,88
80	17,04	19,62	22,22	24,85	27,51	30,20	32,81	35,56	38,42
90	17,21	19,82	22,46	25,13	27,82	30,55	33,20	35,98	38,90
100	17,37	20,01	22,68	25,37	28,10	30,86	33,55	36,37	39,32

Приложение 2
(продолжение)

Высота z, м \ v_{10}, м/с	32	34	36	38	40	42	44	46	48
v_*, м/с	1,75	1,91	2,07	2,23	2,40	2,57	2,75	2,93	3,12
0,1	11,82	12,07	12,25	12,37	12,43	12,43	12,37	12,26	12,07
0,2	14,85	15,38	15,83	16,23	16,58	16,88	17,13	17,33	17,47
0,5	18,86	19,75	20,57	21,33	22,08	22,76	23,43	24,03	24,61
1,0	21,89	23,05	24,15	25,19	26,23	27,21	28,19	29,10	30,01
2	24,92	26,36	27,74	29,05	30,38	31,66	32,95	34,18	35,41
3	26,68	28,29	29,83	31,31	32,81	34,26	35,73	37,14	38,57
4	27,95	29,67	31,32	32,91	34,54	36,11	37,71	39,25	40,81
5	28,92	30,73	32,47	34,15	35,88	37,54	39,24	40,88	42,55
6	29,72	31,60	33,42	35,17	36,97	38,71	40,49	42,21	43,97
7	30,39	32,33	34,21	36,03	37,88	39,70	41,55	43,34	45,17
8	30,97	32,97	34,90	36,77	38,69	40,56	42,47	44,32	46,21
9	31,49	33,53	35,51	37,43	39,40	41,31	43,28	45,18	47,13
10	32,00	34,00	36,00	38,00	40,00	42,00	44,00	46,00	48,00
12	32,75	34,91	37,00	39,03	41,12	43,16	45,25	47,28	49,37
14	33,42	35,64	37,78	39,89	42,05	44,15	46,31	48,41	50,57
16	34,00	36,28	38,49	40,63	42,85	45,00	47,23	49,39	51,61
18	34,50	36,84	39,09	41,29	43,55	45,76	48,04	50,25	52,53
20	34,98	37,34	39,64	41,87	44,18	46,43	48,76	51,02	53,35
25	35,95	38,41	40,79	43,12	45,52	47,87	50,29	52,66	55,09
30	36,75	39,28	41,73	44,13	46,62	49,04	51,54	53,99	56,51
35	36,42	40,01	42,53	44,99	47,54	50,03	52,60	55,18	57,71
40	38,00	40,65	43,22	45,73	48,34	50,88	53,52	56,09	58,75
45	38,52	41,21	43,83	46,39	49,04	51,64	54,33	56,96	59,67
50	38,98	41,71	44,37	46,98	49,68	52,32	55,05	57,73	60,49
60	39,78	42,58	45,32	48,00	50,77	53,49	56,30	59,06	61,91
70	40,45	43,32	46,11	48,85	51,69	54,48	57,36	60,19	63,11
80	41,04	43,85	46,80	49,59	52,49	55,33	58,28	61,17	64,15
90	41,55	44,52	47,41	50,25	53,20	56,09	59,09	62,03	65,07
100	42,01	45,02	47,96	50,84	53,83	56,77	59,81	62,80	65,89

Высота z, м	v_{10}, м/с	50	55	60	65	70	75	80
	v_{*1}, м/с	3,32	3,84	4,39	4,99	5,64	6,34	7,II
0,I		II,82	I0,88	9,50	7,60	5,I5	2,08	–
0,2		I7,56	I7,52	I7,I0	I6,24	I4,9I	I3,05	I0,57
0,5		25,I6	26,3I	27,I4	27,66	27,8I	27,56	26,84
I,0		30,9I	32,95	34,74	36,30	37,58	38,53	39,I4
2		36,65	39,60	42,34	44,93	47,34	49,5I	5I,45
3		40,0I	43,49	46,78	49,99	53,05	55,93	58,65
4		42,40	46,25	49,94	53,57	57,I0	60,48	63,76
5		42,25	48,38	52,38	56,35	60,24	64,02	67,72
6		45,76	50,I4	54,38	58,62	62,8I	66,90	70,96
7		47,04	5I,62	56,07	60;54	64,98	69,34	73,69
8		48,I4	52,90	57,54	62,2I	66,86	7I,46	76,06
9		49,I2	54,02	58,83	63,68	68,52	73,32	78,I6
I0		50,00	55,00	60,00	64,98	70,00	74,99	80,03
I2		5I,5I	56,78	6I,99	67,26	72,57	77,88	83,26
I4		52,78	58,26	63,67	69,I8	74,74	80,32	86,00
I6		53,89	59,54	65,I4	70,85	76,62	82,43	88,37
I8		54,87	60,67	66,43	72,3I	78,28	84,30	90,46
20		55,74	6I,62	67,58	73,63	79,77	85,96	92,33
25		57,59	63,82	70,03	76,4I	82,9I	89;50	96,30
30		59,I0	65,57	72,03	78,66	85,48	92,39	99,53
35		60,38	67,05	73,72	80,60	87,65	94,82	I02,27
40		6I,52	68,33	75,I8	82,26	89,53	96,94	I04,64
45		62,47	69,46	76,47	83,73	9I,I9	98,80	I06,73
50		63,34	70,47	77,63	85,04	92,67	I00,47	I08,60
60		64,85	72,22	79,63	87,32	95,24	I03,36	III,84
70		66,I3	73,69	8I,32	89,24	97,4I	I05,80	II4,58
80		67,24	74,98	82,78	90,90	99,29	I07,9I	II6,95
90		68,2I	76,I0	84,07	92,37	I00,95	I09,78	II9,04
I00		69,09	77,I2	85,23	93,68	I02,44	III,44	I20,9I

Приложение 3 (рекомендуемое)



Номограмма для определения характеристик ветрового потока по заданной расчетной скорости морского ветра

Приложение 4
(рекомендуемое)

Примеры расчета

I. Определение характеристик морского ветра

Требуется найти следующие характеристики морского ветра: расчетную скорость ветра v_{10}, динамическую скорость v_* и параметр шероховатости z_0 для широты $\varphi = 40^0$ при циклонической кривизне изобар R = I0 град.мерид.; температура воды равна температуре воздуха (нейтральная стратификация). Расстояние между изобарами в окрестности расчетной точки α = I,5 град.мерид.

Решение:

Используя график на рис.I для широты $\varphi = 40^0$ (кривые б) по расстоянию между изобарами α = I,5 град.мерид. и кривизне изобар R = I0 град.мерид., находим по левой шкале (для нейтральной стратификации) значение расчетной скорости ветра v_{10} =I4 м/с. Далее по графику на рис.2 определяем значение динамической скорости (линия 2) v_* = 0,6 м/с и параметра шероховатости (линия 3) z_0 = 8,0 x 10^{-4} м для скорости v_{10} = I4 м/с.

2. Определение характеристик берегового ветра

Требуется определить характеристики берегового ветра на маяке оградительного мола высотой 50 м, когда скорость ветра v_{100}^{c} = 40 м/с была измерена на высоте I00 м в черте города, застроенного многоэтажными зданиями. Вдоль направления ветра находится парк и далее акватория порта. Определить скорость ветра на маяке высотой 50 м.

Решение:

Определяем скорость ветра для местности В на высоте I0 м,

используя формулу (10) и принимая значение коэффициента $k'_z = 0,47$ из табл. 3: $v_{10}^{c}(В) = 0,47 \cdot 40 = 18,8$ м/с. Динамическую скорость для типа местности В определяем по формуле (10), принимая значение коэффициента c'_{10} из табл. 2: $v'_*(В) = \sqrt{0,03} \cdot 18,8 = 3,26$ м/с. При переходе от местности типа В к местности типа Б (парк) используем для определения динамической скорости $v'_*(Б)$ формулу (11), в которой значение коэффициента $k_п$ выбираем из таблицы 4 (тип перехода В → Б): $v'_*(Б) = 0,83 \cdot 3,26 = 2,7$ м/с.

Расчет скорости ветра над портовой акваторией выполняется по известному значению скорости ветра $v_{10}^{р}$ для типа местности, прилегающей к акватории (в данном случае тип местности Б). Для типа Б скорость ветра на высоте 10 м вычисляется по формуле (10); при этом коэффициент c'_{10} принимается из табл. 2 для типа Б: $v_{10}^{р}(Б) = 2,7 : \sqrt{0,015} = 22$ м/с. Далее согласно формуле (12) определяется скорость ветра v_{10} над поверхностью акватории; коэффициент k_c при этом выбирается для типа Б: $v_{10} = 1,4 \cdot 22 = 31$ м/с. По рекомендациям п. 6.6 и табл. 5 находим, что скорость ветра на маяке на высоте 50 м $v_{50} = 31 : 0,86 = 36$ м/с.

3. Определение скоростного напора на акватории порта при морском ветре.

Требуется определить характеристики ветра v_*, c_{10} и скоростной напор q_{z5} на маяке оградительного мола на высоте 40 м. Расчетная скорость морского ветра $v_{10} = 40$ м/с.

Решение:

По номограмме (Приложение 3) находим по расчетной скорости

v_{10} = 40 м/с значения динамической скорости v_* = 2,4 м/с и коэффициента сопротивления C_{10} = 3,6 x 10^{-3}.

По рекомендациям п.7.4 (табл.6) находим при v_{10} = 40 м/с и z = 40 м коэффициент k_{zs} = 1,46. Расчетный скоростной напор q_{0s} согласно рекомендациям п.2.6: q_{0s} = 980 Па. Из формулы (1) (п.2.5) определяем скоростной напор на высоте 40 м: q_{zs} = 980 x 1,46 = 1432 Па.

4. Определение скоростного напора на акватории порта при береговых ветрах

Требуется определить скоростной напор на высоте 50 м на маяке оградительного мола. Расчетная скорость берегового ветра на маяке 30 м/с. Глубина акватории порта H = 10 м. Расстояние от берега X до маяка при береговых ветрах: 2 и 5 км.

Решение:

а) разгон X = 2 км.

Расчетный скоростной напор при v_{10} = 30 м/с (см.п.2.6) q_{0s} = 552 Па. Для расчета коэффициента k_{zs} оценивается отношение X/H = 200. Согласно рекомендациям в этом случае (см.п.7.7) на высоте 50 м k_{zs} = 1,35. Скоростной напор при этом q_{zs} = = 552 x 1,35 = 745 Па.

б) Разгон X = 5 км.

Расчетный скоростной напор q_{0s} = 552 Па.

Отношение X/H = 500, следовательно, используем для определения коэффициента k_{zs} рекомендации п.7.9; при z = 50 м, X = 5 км и v_{10} = 30 м/с значение k_{zs} = 1,66.

Скоростной напор q_{zs} = 552 x 1,66 = 916 Па.

5. Расчет ветровой нагрузки на береговые здания

Требуется определить статическую нагрузку (лобовую) на элемент здания на высоте 40 м. Здание квадратное в плане со стороной a = I0 м имеет высоту 50 м, находится на окраине города (тип местности Б). Максимальная скорость ветра в районе порта наблюдается при ветрах морских направлений. Расчетная скорость морского ветра над акваторией порта (I раз в 5 лет) определена по синоптическим картам и равна 25 м/с. Коэффициент перегрузки $n_п$ = I,2, коэффициент лобового сопротивления c_x = I,4.

Решение:

Определяем по известному значению v_{10} = 25 м/с скорость ветра v_{10}^c для типа местности Б по формуле (I2):

v_{10}^c = 25 : I,4 = I8 м/с.

Согласно рекомендациям главы СНиП II-6-74, статическая нормативная ветровая нагрузка, Па, определяется по формуле

$$q_н^c = q_0 k_z c_x .$$

Расчетный скоростной напор q_0, Па, для типа местности Б при значении v_{10}^c= I8 м/с определяется из соотношения:

q_0 = 0,6I3 x (v_{10}^c)^2 = 0,6I3 x 324 = I99 Па.

Статическая составляющая ветровой нагрузки на элемент здания определяется по формуле: $Q_н^s = S n_п q_н^c$ [кН].

Результаты расчета $Q_н^s$ сведены в таблицу.

Высота элемента здания	I0 м
Площадь наветренного элемента S	I00 м^2
Коэффициент k_z	I,2
Коэффициент лобового сопротивления c_x	I,4

Таблица (продолжение)

Коэффициент перегрузки $n_п$	I,2
Скоростной напор q_0	I99 Па
Статическая нормативная ветровая нагрузка, $q_н^с$	334,3 Па
Статическая составляющая ветровой нагрузки на элемент здания $Q_н^s$	40,I кН

Приложение 5
(рекомендуемое)

Программы для ЭВМ "Искра-125"

1. Расчет коэффициента сопротивления C_{10} для мелководных акваторий

НА01 НА02 НА03 НА05 МО1 А05 ↑ x А02 ÷ А03 X $8{,}7_{10}{}^{3Н}6$ ÷ 10
⇒ $\ln$ ÷ А01 x 0,4 ⇒ А06 – А05 ⇒ ( ) А07 А06
⇒ А05 А07 > 0001 ► МО1 А06 ÷ А01 ⇒ ↑ S_1.

2. Расчет коэффициента изменения скоростного напора с высотой k_{zs} для мелководных акваторий

НА01 НА 02 НА03 НА05 НА09 МО1 А05 ↑ x А02 ÷ А03 x
x $8{,}7_{10}{}^{3Н}6$ ÷ 10 ⇒ $\ln$ ÷ А01 x 0,4 ⇒ А06 – А05
⇒ ( ) А07 А06 ⇒ А05 А07 > 0001 ► МО1 А06 ÷
÷ А01 x 2,5 ⇒ А08 А09 ÷ 10 ⇒ $\ln$ x А08 ⇒ + 1 ⇒ ↑ S_2.

Ввод данных		Вывод на дисплей	
А01	– v_{10}	S_1	– C_{10}
А02	– X	S_2	– k_{zs}
А03	– H		
А05	– v_k		
А09	– z		

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3

2. ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ СКОРОСТИ ВЕТРА И СКОРОСТНОГО НАПОРА 3

3. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРА НАД ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ 5

4. ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО ПОТОКА 7

5. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКИХ ВЕТРОВ В РАЙОНЕ ПОРТА. . 8

6. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК БЕРЕГОВЫХ ВЕТРОВ В РАЙОНЕ ПОРТА 12

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТНОГО НАПОРА И ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НАД ПОРТОВЫМИ АКВАТОРИЯМИ 16

ПРИЛОЖЕНИЕ I. ОБОЗНАЧЕНИЯ 21

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ МОРСКОГО ВЕТРА С ВЫСОТОЙ 23

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО ПОТОКА 27

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА 28

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ "ИСКРА-135" 33

Подписано к печати 11 мая 1984 года

Формат 60 x 84 1/16 Объём 2 печ. л.

Заказ 207 Ротатор Тираж 74

Союзморниипроект

125319 Москва, Б.Коптевский пр., д. 6