

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚҰЖАТ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**БАҚЫЛАУДЫҢ ЕСЕПТІК КЕЗЕҢІН ӨНДЕУ МЕН ҚР ҚН ЕН 1991-2007/2011
«КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРҒА ӘСЕР ЕТУ» КЛИМАТТЫҚ
ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ КАРТАСЫН ДАЙЫНДАУ ЖӨНІНДЕГІ
ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУЛАР**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ЗА РАСЧЕТНЫЙ ПЕРИОД НАБЛЮДЕНИЯ И
СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ К СН РК ЕН
1991-2007/2011 "ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ"**

Ресмибасылым
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс,
тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару
комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и
управления земельными ресурсами
Министерства национальной экономики Республики Казахстан

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 **ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҒЗСТҚСИ» РМК
- 2 **ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3
- 4 **ҚАБЫЛДАНҒАН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 5 **ОРНЫНА:** Алғаш рет іске қосылған

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 **РАЗРАБОТАН:** РГП «КазНИИССА»
- 2 **ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 **ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4 **ВЗАМЕН:** Введен впервые

Осы мемлекеттік нормативті ҚР сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі Уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды.

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства РК.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	IV
2.	СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ	1
	Положения действующих норм, СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»	1
	Положения Еврокода EN 1991-2007	1
	Термины и определения	1
	Классификация воздействий и расчетные ситуации. Классификация воздействий	2
	Расчетные ситуации. Общие положения	2
	Нормальные условия	2
	Чрезвычайные условия	3
	Снеговая нагрузка на грунт. Характеристические значения	3
	Сравнение снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07- 85 и по Еврокоду -1	6
2.1.	Методика расчета параметров снеговых нагрузок для территории РК с учетом требований Еврокода EN 1991-2007	7
	Примеры определения характеристических снеговых нагрузок для метеостанций Аршалы, Узынагаш, БАО	7
	Методика обработки данных. Распределение экстремумов Гумбеля	8
	Алгоритм и результаты вычислений	10
2.2.	Влияние высоты расположения площадки	16
2.3.	Коэффициент перехода к чрезвычайным снеговым нагрузкам на грунт	17
3.	ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ	20
	Положения действующих норм, СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»	20
	Положения Еврокода EN 1991-2007	22
	Скорость ветра и скоростной напор Основы расчета. Моделирование ветровых воздействий	22
3.1.	Оценка применимости гипотез распределения климатических параметров	24
	Определение вероятностных свойств выборки	25
	Проверка гипотезы о законе распределения	25
	Распределения для расчета скоростей ветра	26
	Проверка гипотезы о законе распределения максимальных скоростей ветра на примере данных метеостанции Узынагаш	28
3.2.	Примеры определения скоростей ветра с учетом требований Еврокода EN 1991-2007	29
	Вычисление характеристических значений базовой скорости ветра для метеостанций Аршалы (северный район РК), Узынагаш (60 км от Алматы) и БАО (Большое Алматинское озеро)	29
4.	ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ	40
	Положения СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»	40
	Положения СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология»	40
4.1.	Методика расчета температурных параметров для территории РК с учетом требований Еврокода EN 1991-2007	41
	Максимальные и минимальные температуры наружного воздуха	41
	Результаты обработки данных наблюдений для метеостанций Аршалы, Узынагаш, БАО	42
5.	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
	Приложение А	50
	Приложение В	51
	Литература	65

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий нормативно-технический документ определяет методику обработки замеренных климатических характеристик (климатических параметров) за расчетный период наблюдений на территории Республики Казахстан, необходимых для составления карт климатических параметров к СН РК EN 1991-2007/2011 «Воздействия на несущие конструкции»

Положения настоящего нормативно-технического документа основаны на методах теории вероятности и математической статистики, обеспечивающих эксплуатационную и расчетную надежность проектируемых зданий и сооружений при действии внешних нагрузок. При этом, учитывается отечественный и зарубежный опыт нормирования нагрузок и воздействий, а также требования по обеспечению безопасности объектов проектирования и строительства, применяющиеся в нормах технически развитых стран, конкретно в странах-членах ЕС (Еврокоды) и в ссылочных стандартах EN и ICC.

Настоящий нормативно-технический документ содержит единые правила и алгоритмы обработки климатических параметров различных регионов Республики Казахстан (включая малоизученные и горные районы) для составления карт климатических параметров, основанных на обеспеченности расчетных характеристик согласно требованиям Еврокода 1:

- максимальных снеговых нагрузок,
- чрезвычайных снеговых нагрузок
- изменения снеговых нагрузок с учетом высотных отметок метеостанций,
- базовых скоростей ветра,
- изотерм максимальных температур,
- изотерм минимальных температур,

Количество метеостанций, материалы которых подлежат обработке, определяется периодом наблюдений (не менее 30 лет) и составляет по данным РГП «Казгидромет» - 215 станций и метеопостов (СНиП РК 2.04-01-2010, приложение Г).

Настоящие Методические указания составлены на примерах обработки климатических параметров (годовых максимумов), полученных службами РГП «Казгидромет» за период наблюдений 1971-2008 гг. для трех метеостанций – Аршалы (Акмолинская область), Узынагаш и Большое Алматинское озеро (Алматинская область).

Климатические параметры по указанным станциям (выборки замеров) получены на основе договора № 24/БНЗ-75 от 29.07.2011 года между РГП «КазНИИССА» и РГП «Казгидромет».

2. СНЕГОВЫЕ НАГРУЗКИ

Положения действующих норм, СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»

(5.1*). Полное расчетное значение снеговой нагрузки S на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

$$S = S_g \cdot \mu \quad (5)$$

где S_g — расчетное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности

земли, принимаемое в соответствии с п. 5.2;

μ — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с п.п. 5.3 — 5.6.

(5.2*). Расчетное значение веса снегового покрова S_g на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли

следует принимать в зависимости от снегового района Российской Федерации по данным табл. 4*.

Таблица 4*

Снеговые районы Российской Федерации (принимаются по карте 1 обязательного Приложения 5)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_g , кПа (кгс/м ²)	0,8(80)	1,2(120)	1,8(180)	2,4(240)	3,2(320)	4,0(400)	4,8(480)	5,6(560)
ПРИМЕЧАНИЕ В горных и малоизученных районах, обозначенных на карте 1 обязательного приложения 5, а также в пунктах с высотой над уровнем моря более 1500 м, в местах со сложным рельефом, а также при существенном отличии местных данных от приводимых в таблице 4* расчетные значения веса снегового покрова следует устанавливать на основе данных Росгидромета. При этом в качестве расчетного значения S_g следует принимать превышаемый в среднем один раз в 25 лет ежегодный максимум веса снегового покрова, определяемый на основе данных маршрутных снегосъемок о запасах воды на защищенных от прямого воздействия ветра участках (в лесу под кронами деревьев или на лесных полянах) за период не менее 20 лет								

(5.3). Схемы распределения снеговой нагрузки и значения коэффициента μ следует принимать в соответствии с обязательным приложением 3, при этом промежуточные значения коэффициента μ необходимо определять линейной интерполяцией.

(5.7*). Нормативное значение снеговой нагрузки s_0 следует определять умножением расчетного значения на коэффициент 0,7.

Положения Еврокода EN 1991-2007

Термины и определения

В EN 1991-2007/2011 (часть 1-3. Снеговые нагрузки) применены термины и определения, установленные в 1.5 EN 1990:2002, совместно со следующими:

(1.6.1) характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (characteristic value of snow load on the ground): Снеговая нагрузка на грунт, определяемая с

годовой вероятностью превышения 0,02, за исключением чрезвычайных снеговых нагрузок.

(1.6.2) высотное положение площадки (altitudeofthesite): Высота над средним уровнем моря площадки (местности), на которой предполагается разместить проектируемую конструкцию или размещается существующая конструкция.

(1.6.3) чрезвычайная снеговая нагрузка на грунт (exceptionalsnowloadonground): Нагрузка от снежного покрова на грунт в результате снегопада с исключительно низкой вероятностью.

Классификация воздействий и расчетные ситуации. Классификация воздействий

(1)Р Снеговые нагрузки следует классифицировать как переменные, стационарные воздействия (см. также 5.2), если в настоящих нормах не установлено иное, см. также 4.1.1(1)и 4.1.1(4) EN 1990:2002.

(2) Снеговые нагрузки, рассматриваемые в настоящих нормах, следует классифицировать как статические воздействия, см. 4.1.1(4) EN 1990:2002.

(3) В соответствии с 4.1.1(2) EN 1990:2002, для специфических условий, определенных в 1.6.3, чрезвычайные снеговые нагрузки могут рассматриваться как особые воздействия в зависимости от географического положения местности.

ПРИМЕЧАНИЕУсловия применения настоящего пункта (включая местные географические условия) допускается устанавливать в национальном приложении.

(4) В соответствии с 4.1.1(2) EN 1990:2002, для специфических условий, определенных в 1.6.10, нагрузки, вызванные чрезвычайными снеговыми наносами, могут рассматриваться как особые воздействия в зависимости от географического положения местности.

ПРИМЕЧАНИЕУсловия применения настоящего пункта допускается устанавливать в национальном приложении.

Расчетные ситуации. Общие положения

(1)Р Соответствующие значения снеговых нагрузок следует определять для каждой расчетной ситуации, установленной в соответствии с 3.5 EN 1990:2002.

(2) Для локальных эффектов, описанных в разделе 6, применяют, как правило, постоянную/переходную расчетную ситуацию.

Нормальные условия

(1) Для районов, где проявление чрезвычайных снегопадов (см. 2(3)) и чрезвычайных снеговых наносов (см. 2(4)) является маловероятным, постоянная/переходная расчетная ситуация должна использоваться для схем приложения снеговой нагрузки, назначенных как без учета, так и с учетом наносов в результате перемещения снега, например, ветром, согласно 5.2(3)Р и 5.3.

ПРИМЕЧАНИЕ См. приложение А, случай А.

Чрезвычайные условия

(1) Для районов, где могут проявляться чрезвычайные снегопады (см. 2(3)), но не чрезвычайные снеговые наносы (см. 2(4)), применимо следующее:

а) постоянная/переходная расчетная ситуация должна использоваться для схем приложения снеговой нагрузки, назначенных как без учета, так и с учетом наносов в результате перемещения снега, например, ветром, определенных согласно 5.2(3)Р и 5.3;

б) особая расчетная ситуация должна использоваться для схем приложения снеговой нагрузки, назначенных как без учета, так и с учетом наносов в результате перемещения снега, например, ветром, определенных согласно 4.3, 5.2(3)Р(б) и 5.3.

ПРИМЕЧАНИЕ1 См. Приложение В, случай В.1.

ПРИМЕЧАНИЕ2 Национальное приложение может определять расчетную ситуацию для конкретных локальных эффектов, описанных в разделе 6.

(2) Для районов, где появление чрезвычайных снегопадов (см. 2(3)) маловероятно, но могут появляться чрезвычайные снеговые наносы (см. 2(4)), применимо следующее:

а) постоянная/переходная расчетная ситуация должна применяться для схем приложения (распределения) снеговой нагрузки, назначенных как без учета, так и с учетом наносов в результате перемещения снега, определяемых согласно 5.2(3)Р(а) и 5.3;

б) особая расчетная ситуация должна использоваться для случаев снеговой нагрузки, определенных согласно 5.2(3)Р(с) и приложения В.

ПРИМЕЧАНИЕСм. Приложение А, случай В.2

(3) Для районов, где могут появляться как чрезвычайные снегопады (см. 2(3)), так и чрезвычайные снеговые наносы (см. 2(4)), применимо следующее:

а) постоянная/переходная расчетная ситуация должна применяться для схем приложения снеговой нагрузки, назначенных как без учета, так и с учетом наносов в результате перемещения снега, определенных согласно 5.2(3)Р(а) и 5.3;

б) особая расчетная ситуация должна применяться для схем приложения снеговой нагрузки, с использованием 4.3, 5.2(3)Р(б) и 5.3;

с) особая расчетная ситуация должна применяться для случаев снеговой нагрузки, определенных с использованием 5.2(3)Р(с) и приложения В.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 См. приложение А, случай В.3.

ПРИМЕЧАНИЕ 2В Национальном приложении допускается устанавливать, какие расчетные ситуации распространяются на локальные местные условия согласно разделу 6.

Снеговая нагрузка на грунт. Характеристические значения

(1) Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт s_k должно быть установлено в соответствии с EN 1990:2002, 4.1.2.2(7)Р. Определение характеристического значения снеговой нагрузки на грунт дано в 1.6.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Применяемые характеристические значения снеговой нагрузки устанавливаются в национальном приложении. Для учета особых специфических местных условий национальное приложение может допускать, по согласованию между заказчиками и соответствующими ведомствами, применение для отдельных проектов характеристических значений, отличающихся от приведенных в стандарте.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В приложении С содержится европейская карта снеговой нагрузки на грунт, составленная по результатам исследований, выполненных DGIII/D-3. Для исключения

или уменьшения несоответствий на границах стран-членов ЕС в национальном приложении допускается ссылка на эту карту.

(2) В специальных случаях, когда требуются более точные данные, характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт s_k допускается уточнять посредством соответствующей статистической обработки результатов записей наблюдений за продолжительный период времени, полученных на хорошо закрытой от ветра площадке, расположенной вблизи строительной площадки.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В Национальном приложении допускается давать дополнительные указания.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Из-за существенных различий в количестве зарегистрированных зимних максимальных значений, записи результатов за период наблюдений менее 20 лет не приемлемы.

(3) Если в конкретных районах (участках местности) данные о снеговой нагрузке содержат индивидуальные чрезвычайные значения, не поддающиеся обработке обычными статистическими методами, то характеристические значения следует определять без учета этих чрезвычайных значений. Чрезвычайные значения допускается учитывать без применения обычных статистических методов в соответствии с 4.3.

Европейские карты снеговых нагрузок на грунт

(1) Настоящее приложение содержит европейские снеговые карты, составленные на основании научных исследований, выполненных по поручению DGIII/D-3 Европейской комиссии.

(2) Цель настоящего приложения установлена в 1.1(5) и заключается:

— в оказании помощи национальным государственным органам при переработке национальных карт их стран;

— в установлении гармонизированных процедур составления карт.

Это должно исключить или уменьшить различия в значениях снеговой нагрузки между странами-членами ЕС и особенно на их границах.

(3) Европейская карта снеговых нагрузок, разработанная исследовательской группой, подразделена на девять различных однородных климатических регионов, как это показано на рисунках С.1 – С.10.

(4) Для каждой климатической зоны дана расчетная зависимость между высотным положением местности и снеговой нагрузкой согласно таблице С.1.

Для каждого климатического региона установлены различные зоны. Каждая зона имеет свой номер z , который применяется в расчетной зависимости, связывающей высотные отметки местности и снеговые нагрузки.

Указанные характеристические значения снеговых нагрузок на грунт относятся к среднему периоду повторяемости (MRI), равному 50 лет.

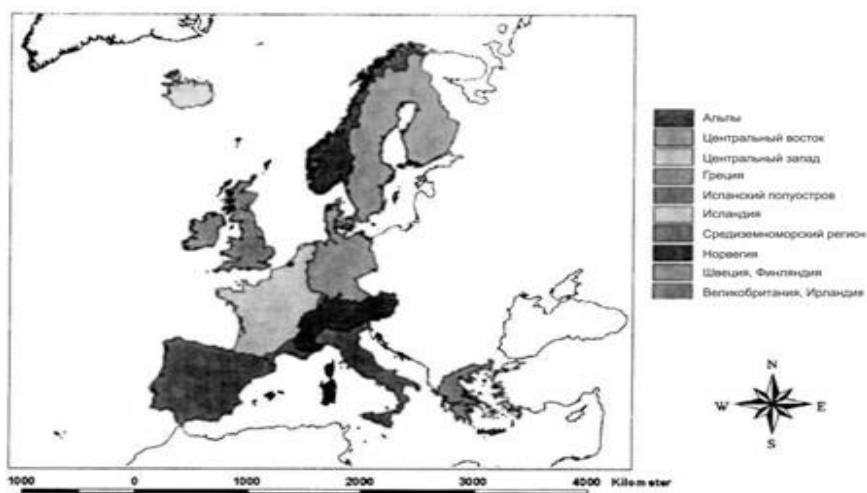


Рисунок С.1 — Европейские климатические регионы

Таблица С.1 — Зависимость между высотным положением местности и снеговыми нагрузками

Климатический регион	Расчетное требование
Альпийский регион	$s_k = (0,642Z + 0,009) \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$
Центральный восток	$s_k = (0,264Z - 0,002) \left[1 + \left(\frac{A}{256} \right)^2 \right]$
Греция	$s_k = (0,420Z - 0,030) \left[1 + \left(\frac{A}{2917} \right)^2 \right]$
Испанский полуостров	$s_k = (0,190Z - 0,095) \left[1 + (524)^2 \right]$
Средиземноморский регион	$s_k = (0,498Z - 0,209) \left[1 + \left(\frac{A}{452} \right)^2 \right]$
Центральный запад	$s_k = 0,164Z - 0,082 + \frac{A}{966}$
Швеция/ Финляндия	$s_k = 0,790Z - 0,375 + \frac{A}{336}$
Великобритания, Ирландия	$s_k = 0,140Z - 0,1 + \frac{A}{501}$

s_k — характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт, кН/м²;
 A — высота местности над уровнем моря;
 Z — номер зоны, указанный на карте.

Корректировка снеговой нагрузки на грунт в соответствии с периодом повторяемости

(1) Снеговые нагрузки на грунт для любого среднего периода повторяемости, отличающегося от принятого при назначении характеристической снеговой нагрузки S_k (по определению базирующейся на годовой вероятности превышения 0,02) допускается корректировать по зависимостям D(2) – D(4). Уравнение (D.1) не следует применять к годовой вероятности превышения более 0,2 (т. е. к периоду повторяемости менее 5 лет).

(2) Если имеющиеся данные показывают, что для годовых максимумов снеговой нагрузки можно принять распределение Гумбеля, то зависимость между характеристическим значением снеговой нагрузки на грунт и значением снеговой нагрузки на грунт для среднего периода повторяемости в n лет выражается следующим образом:

$$s_n = s_k \left\{ \frac{1 - V \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln(-\ln(1 - P_n)) + 0,57722]}{1 + 2,5923V} \right\}, \quad (D.1)$$

где s_k — характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт (с периодом повторяемости 50 лет, согласно EN 1990:2002);

s_n — снеговая нагрузка на грунт с периодом повторяемости n лет;

P_n — годовая вероятность превышения (соответствует приблизительно $1/n$, где n — соответствующий период повторяемости (годы));

V — коэффициент вариации годовых максимумов снеговой нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ Информация о коэффициенте вариации может предоставляться соответствующими государственными органами.

(3) Уравнение (D.1) графически показано на рисунке D.1.

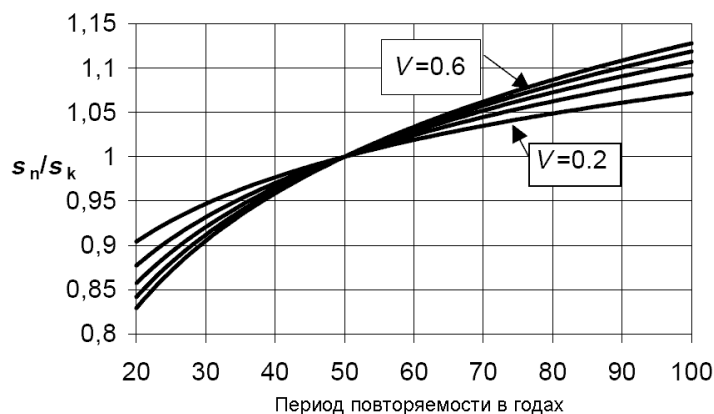


Рисунок D.1 — Корректировка снеговой нагрузки на грунт в соответствии с периодом повторяемости

(4) При необходимости, уравнение (D.1) можно также скорректировать для расчета снеговой нагрузки на грунт для других вероятностей превышения, например, для:

- сооружений, для которых можно допустить высокий риск превышения;
- сооружений, для которых требуется более высокая безопасность.

Сравнение снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07-85 и по Еврокоду -1

Обобщенные в [13] результаты многочисленных исследований показали, что нормирование снеговой нагрузки в СНиП 2.01.07-85 [29] имеет ряд недостатков, среди которых отметим наиболее важные:

- несовершенство методики определения расчетных значений, которое обуславливает их превышение в районах с неустойчивым и изменчивым снежным покровом каждые 7-10 лет;
- недостаточно детальное территориальное районирование, которое вызывает значительные огрубления при определении нормативных и расчетных значений;
 - указанная выше некорректность в нормировании длительных составляющих;
 - невозможность учета сроков эксплуатации конструкции, что приводит к их

проектированию на неопределенный срок службы.

Европейские нормы Еврокод-1 построены, в основном, на той же методологической основе, но имеют ряд существенных отличий:

- вместо нормативного значения снеговой нагрузки используется характеристическое значение, которое отвечает среднему периоду повторяемости 50 лет;
- дополнительно введены понятия комбинационного, частого и квазипостоянного (практически постоянного) значений, которые определяются через характеристическое значение снеговой нагрузки;
- эффект возможного сдувания снега с поверхности покрытия учитывается отдельным топографическим коэффициентом;
- с целью нормирования снеговой нагрузки на тепловыделяющие (застекленные) покрытия предусмотрен отдельный тепловой коэффициент, конкретные значения которого должны устанавливаться национальными нормами;
- рассмотрено меньшее количество профилей кровли, чем в СНиП [4], но для них приведены более детальные указания относительно определения коэффициента перехода от снеговой нагрузки на поверхности земли к нагрузке на кровлю;
- рассмотрены локальные эффекты в виде снегозадерживающих препятствий на кровле, зависание снега над карнизом и сползание с крыши;
- хорошо проработано районирование снеговых нагрузок в горных местностях путем введения зависимостей от высоты над уровнем моря.

Особо следует отметить использование характеристических значений снеговой нагрузки со средним периодом повторяемости 50 лет. Принципиальное значение такого подхода заключается в том, что в качестве базовой величины используется не весьма часто превышаемый средний годичный максимум, как в СНиП 2.01.07-85, а достаточно редко реализуемое характеристическое значение с периодом повторяемости 50 лет, близким к обычным срокам службы зданий и сооружений.

Такой подход не только полнее учитывает реальную метеорологическую информацию о снеговом покрове, но и существенно снижает возможные погрешности при переходе к расчетным значениям снеговой нагрузки.

2.1. Методика расчета параметров снеговых нагрузок для территории РК с учетом требований Еврокода EN 1991-2007.

Примеры определения характеристических снеговых нагрузок для метеостанций Аршалы, Узынагаш, БАО

Вычисления характеристических значений снеговой нагрузки для метеостанций Аршалы (северный район РК), Узынагаш (60 км от Алматы) и БАО (Большое Алматинское озеро). Наибольшие запасы воды в снеговом покрове по данным РГП «Казгидромет» для выборки наблюдений от 33 до 37 лет (1971-2008 гг.) приведены в таблице 2.1.1

Таблица 2.1.1

Станция, годы	Аршалы, отм. 426 м	Узынагаш, отм. 814м	ОзероУлькен Алматы (БАО), отм. 2516 м
1971-1972	-	38	126
1972-1973	-	38	138
1973-1974	-	30	76
1974-1975	-	72	154
1975-1976	42	50	144
1976-1977	80	62	120
1977-1978	13	77	108
1978-1979	106	31	149
1979-1980	29	29	139
1980-1981	53	15	183
1981-1982	32	23	116
1982-1983	65	17	117
1983-1984	42	30	161
1984-1985	83	39	238
1985-1986	63	26	172
1986-1987	74	23	317
1987-1988	73	67	267
1988-1989	58	59	170
1989-1990	180	50	197
1990-1991	75	65	137
1991-1992	106	20	136
1992-1993	49	36	249
1993-1994	49	109	215
1994-1995	60	46	86
1995-1996	106	-	104
1996-1997	61	-	141
1997-1998	57	68	154
1998-1999	91	35	235
1999-2000	102	29	175
2000-2001	86	45	159
2001-2002	27	98	195
2002-2003	72	31	203
2003-2004	59	55	215
2004-2005	45	49	250
2005-2006	59	46	138
2006-2007	34	50	51
2007-2008	34	27	166

Методика обработки данных. РаспределениеэкстремумовГумбеля

В практике расчетов экстремальных (максимальных и минимальных) значений гидрометеорологических характеристик различной вероятности превышения широкое распространение за рубежом получили кривые обеспеченности, основанные на

законах распределения крайних членов выборки. В частности для расчета максимального стока стали использоваться кривые обеспеченности Гумбеля.

Уравнение кривой распределения вероятностей превышения выражается так называемым двойным показательным законом и записывается:

— для совокупности наибольших величин:

$$P(x > x_i) = 1 - e^{-e^{-y}} (\infty < y < -\infty) \quad (2.32)$$

— для совокупности наименьших величин:

$$P(x < x_i) = e^{-e^{-y}} \quad (2.33)$$

Здесь вспомогательная переменная величина y , называемая нормированным отклонением от моды, связана с исходной случайной величиной x зависимостью

$$y = \alpha(x - q) \quad (2.34)$$

где q – параметр, представляющий собой моду распределения вспомогательной переменной y и связанной с величиной x следующим соотношением:

$$q = \bar{X} - 0,45 \sigma_x, \quad (2.35)$$

где α – параметр, зависящий от X ,

$$\alpha = \frac{1,28}{\sigma_x} \quad (2.36)$$

С учетом (2.35) и (2.36) равенство (2.34) можно представить в форме

$$y = \frac{1,28(X - \bar{X})}{\sigma_x} + 0,58 \quad (2.37)$$

$$\text{При } X=I, y = \frac{1,28(K-1)}{c_y} + 0,58 \quad (2.38)$$

Практическое применение кривой распределения (2.32) сводится к вычислению величин x_p в зависимости от вспомогательной величины y_p по уравнению:

$$x_p = q + \frac{1}{\alpha} y_p, \quad (2.39)$$

которое непосредственно вытекает из равенства (2.34)

Величины y_p могут быть определены в результате двукратного логарифмирования выражения

$$e^{-e^{-y}} = 1 - p = \frac{100 - p(\%)}{100} \quad (2.40)$$

вытекающего из (2.34),

$$y_p = -2,30 \lg [2 - \lg(100 - p)] - 0,834 \quad (2.41)$$

Значения y_p вычисленные по уравнению (2.41) приведены в табл.2.1.2

Таблица 2.1.2 - Значения нормированных отклонений от моды (y_p)

p,%	0,1	0,5	1,0	3,0	5,0	10	20	30
y_p	6,90	5,30	4,60	3,49	2,97	2,25	1,50	1,03

продолжение табл.2.1.2.

p,%	40	50	60	70	80	90	95	99	99,9
y_p	0,673	0,367	0,067	-0,186	-0,476	-0,834	-1,10	-1,53	-1,93

Формулы (2.35) и (2.36) выражают связь между параметрами q , α и значениями X и σ_x в предельном случае, когда $n \rightarrow \infty$.

В случае использования реально имеющихся при расчете сравнительно коротких рядов наблюдений Гумбель предложил оценивать параметры α и q по формулам:

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{\sigma_x(n)}{\sigma_y(n)}, \quad (2.42)$$

$$q = \bar{x}(n) - \bar{y}(n) \frac{1}{\alpha} \quad (2.43)$$

где $\bar{y}(n)$ и $\sigma_y(n)$ определяются по таблице 2.1.3 в зависимости от числа членов n в имеющемся статистическом ряду, а величины $\bar{x}(n)$ и $\sigma_x(n)$ вычисляются по обычным формулам выборочной оценки этих параметров.

Таблица 2.1.3 Средние значения параметров $\bar{y}(n)$ и $\sigma_y(n)$ при разном числе членов ряда n (по Гумбелю)

n	$\bar{y}(n)$	$\sigma_y(n)$	n	$\bar{y}(n)$	$\sigma_y(n)$	n	$\bar{y}(n)$	(n)
20	0,524	1,063	40	0,544	1,141	60	0,552	1,175
22	0,527	1,076	42	0,545	1,146	65	0,554	1,180
24	0,530	1,086	44	0,546	1,150	70	0,555	1,185
26	0,532	1,096	46	0,547	1,154	75	0,556	1,190
28	0,534	1,105	48	0,548	1,157	80	0,557	1,194
30	0,536	1,112	50	0,548	1,161	85	0,558	1,197
32	0,538	1,119	52	0,549	1,164	90	0,559	1,201
34	0,540	1,126	54	0,550	1,167	95	0,559	1,204
36	0,541	1,131	56	0,551	1,170	100	0,560	1,206
38	0,542	1,136	58	0,552	1,172	∞	0,567	1,282

В последней строке таблицы приведены теоретические значения $y=0,567$ и $\sigma_y=1,282$, соответствующие бесконечной длине ряда при $n \rightarrow \infty$.

Теоретически установлено, что $C_{sy} = C_{sx} = 1,14$

Алгоритм и результаты вычислений

Алгоритм расчета для определения характеристического значения снеговой нагрузки по метеостанции Аршалы приведен в табличной форме (см. таблицу 2.1.4)

Таблица. 2.1.4 Порядок расчета снеговых нагрузок по распределению Гумбеля, метеостанция Аршалы

№ пп	Рассчитываемая величина	Результат
1.	Среднее (X), среднеквадратическое отклонение(σ), коэффициенты вариации (Cv) и асимметрии (Cs)	$X= 65,6$ $\sigma = 31,33$ $Cv=0,8;Cs= 1,36$
2.	$Y(n)$ и $\sigma_y(n)$ (по таблице 2.3)	$Y(n)= 0,539$ $\sigma_y(n)=1.123$
3.	Параметры $1/\alpha$ и q (по формулам 2.42 и 2.43)	$1/\alpha =27,9$ $q = 50,55$
4.	Y_p (по формуле 2.41)	Для обеспеченности $Y_{p0,02}$ $= 3,90$
5.	X_p (по формуле 2.39)	$X_{0,02} = 159,3$ $X_{0,01} = 178,7$

Вычисления по метеостанции Аршалы приведены в таблице 2.1.6, аналогичные расчеты выполнены для метеостанций БАО (Большое Алматинское озеро) и Узынагаш.

Результаты вычислений сведены в таблицу 2.1.5, где показаны характеристические значения снеговых нагрузок, ($\text{кг}/\text{м}^2$), с вероятностью превышения 1 раз в 50 лет, а также значения снеговых нагрузок с вероятностью превышения 1 раз в 100 лет.

Таблица 2.1.5

М/станция	$1/\alpha$	β	Период повторяемости 1 раз в 50 лет
Аршалы	27,90	50,6	159,3
БАО	49,10	138,2	329,5
Узынагаш	19,10	35,0	109,5

М/станция	$1/\alpha^a$	β	Период повторяемости 1 раз в 100 лет
Аршалы	27,90	50,6	178,7
БАО	49,10	138,2	363,7
Узынагаш	19,10	35,0	122,8

Сравнение со значениями расчетных снеговых нагрузок для климатических регионов, в которых расположены метеостанции Узынагаш (II снеговой район по карте 1, приложение 5, СНиП 2.01.07-85*), $S_g=120 \text{ кг}/\text{м}^2$ и Аршалы (III снеговой район по той же карте), $S_g=180 \text{ кг}/\text{м}^2$ указывает на удовлетворительную сходимость результатов, однако, несколько отличается от ожидаемых значений, поскольку расчетные значения снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07-85* соответствуют вероятности 0,04.

Можно полагать, что здесь сказывается влияние унификации снеговых нагрузок по климатическим регионам, неизбежной при составлении карт, тогда как рассматриваемые результаты получены по отдельным станциям, корректировка которых возможна при обобщении материалов обработки данных нескольких метеостанций соответствующего региона.

Распределение Гумбеля. Графический метод

На практике часто используется графический способ представления результатов обработки климатических параметров по методике Гумбеля. С этой целью для данного закона распределения построена клетчатка вероятностей, на которой кривая распределения спрямляется. Экстраполируя спрямленную кривую, можно получить значения нагрузок редкой повторяемости.

На оси ординат данной клетчатки откладываются значения нагрузок. Данная ось равномерная, поэтому на ней можно откладывать любые кратные значения нагрузок.

На оси абсцисс отложены вероятности (в %). Кроме того на ней жирными линиями выделены обеспеченности, соответствующие различным периодам повторяемости (для годовых максимумов). Данная шкала билогарифмическая.

Расчеты производятся в следующем порядке:

Эмпирический ряд годовых или месячных максимумов ранжируются в убывающем порядке. Каждый член ранжированного ряда нумеруется (для первого члена ряда $m=1$, для последнего $m=n$), здесь m – номер члена ряда, n – общее число членов ряда.

Для каждого члена ряда рассчитывается обеспеченность P по формуле:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$$

Величина нагрузки и соответствующее ей значение P_m наносятся на клетчатку.

По данным точкам проводится прямая, так, чтобы количество точек справа и слева от прямой было примерно одинаково.

Связь между обеспеченностью и периодом повторяемости имеет следующий вид:

$$P(x) = 1 - \frac{1}{1 - NT}$$

Для годовых максимумов $N = 1$, для месячных максимумов $N = 12$.

С данной прямой в соответствии с обеспеченностью (периодом повторяемости) снимается величина нагрузки. Графический метод носит до некоторой степени субъективный характер. Однако он позволяет подкорректировать интегральную прямую. Поскольку, как правило, несколько первых точек (малой обеспеченности) на сетчатке плохо ложатся на нее, их обычно не учитывают.

Строго говоря, применение распределения типа I правомерно только при фиксированном значении коэффициента асимметрии исходного ряда, а именно при $C_s = 1,14$. При значениях коэффициента асимметрии, отличных от значения 1,14, расчетные значения нагрузки редкой повторяемости будут либо занижаться (при $C_s > 1,14$), либо завышаться (при $C_s < 1,14$).

На рисунке 2.1.1 приведена клетчатка вероятности для кривых с умеренной асимметричностью и на ней нанесены эмпирические данные по снеговым нагрузкам метеостанции Узынагаш и расчетная кривая распределения Гумбеля. Как видно из рисунка, распределение Гумбеля хорошо согласуется с эмпирическими данными. Экстраполируя кривую можно получить значения снеговых нагрузок, с периодом повторяемости 1 раз в 50 лет и один раз в 100 лет.

Таблица 2.1.6. Определение характеристического значения снеговой нагрузки по метеостанции Аршалы

Снеговая нагрузка

Расчет м/станция Аршалы

Всего N =33 года

1. Определяется $X_{ср}$ и СКО

2. Определяются $1/\alpha$ и q
Определение $Y(n)$ и СКО(n)

$$1/\alpha = 27,89979$$

$$q = 50,55292$$

3. Расчет U_p по формуле 2.41

4. Расчет X_p по формуле 2.39

Годы	Исходные данные	Расчет СКО	Расчет C_s
1	42	556,53	-13129
2	80	207,62	2992
3	13	2744,81	-143803
4	106	1600,73	64044
5	29	1353,57	-49799
6	53	171,37	-2243
7	32	1128,35	-37902
8	65	0,63	0
9	42	556,53	-13129
10	83	310,08	5460
11	63	6,71	-17
12	74	70,71	595
13	73	54,89	407
14	58	57,62	-437
15	180	13089,44	1497551
16	75	88,53	833
17	106	1632,89	65984
18	49	275,26	-4567
19	49	275,26	-4567
20	60	31,26	-175
21	106	1632,89	65984

P (вероятность)	Расчет U_p по формуле 2.41	Расчет X_p по формуле (2.39)
0,1	6,90	243
0,5	5,29	198,1
1	4,59	178,7
2	3,90	159,3
3	3,49	147,8
5	2,97	133,3
10	2,25	113,2
20	1,50	92,3
30	1,03	79,3
40	0,67	69,2
50	0,37	60,7
60	0,09	53,0

$\bar{y}(n)$	СКО(n)
0,539	1,123

Взято из табл. 2.3

← Значение снеговой нагрузки 1 раз в 100 лет

← Значение снеговой нагрузки 1 раз в 50 лет

Узынагаш, снеговая нагрузка, N=35 лет

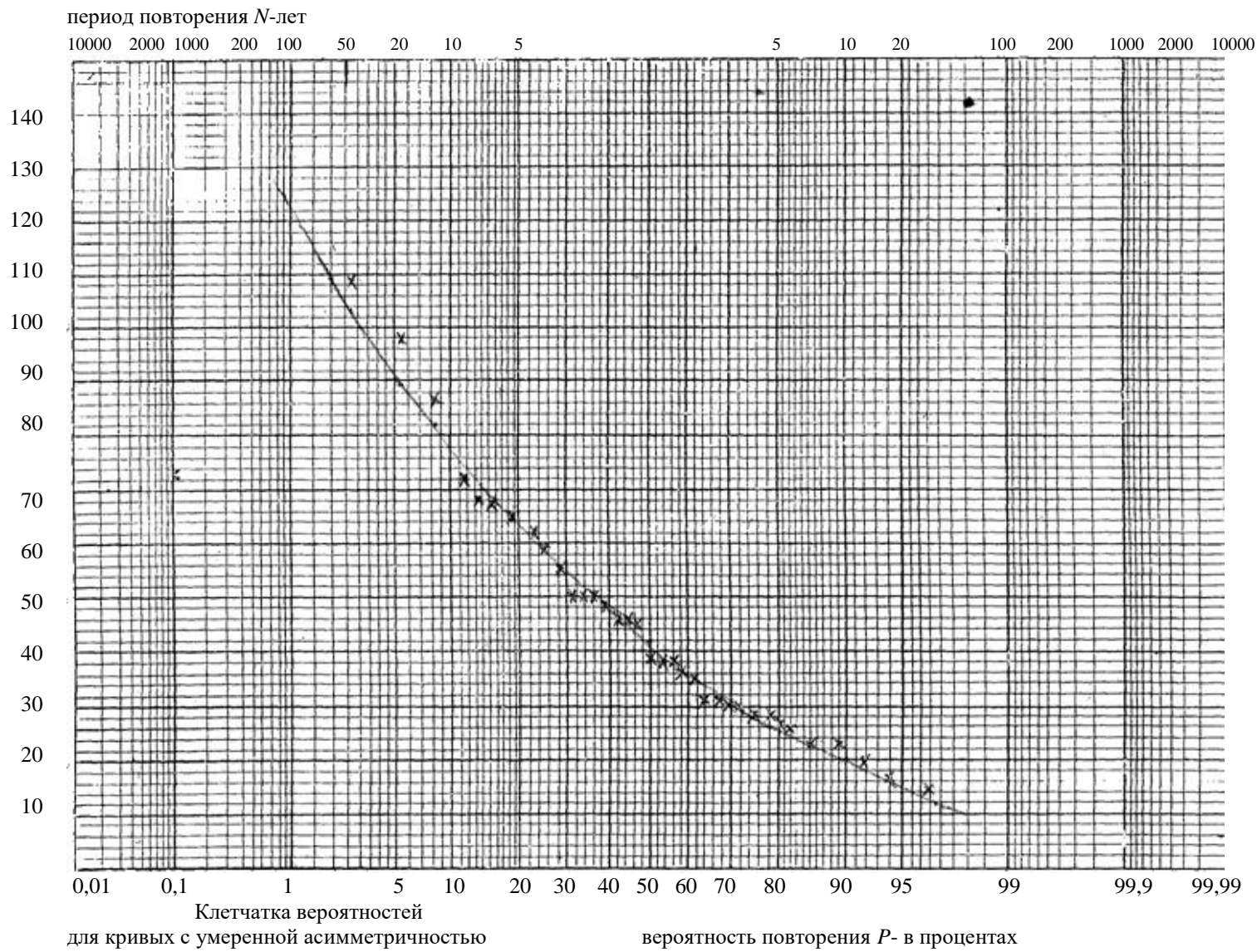


Рисунок 2.1.1. Распределение Гумбеля для снеговой нагрузки по метеостанции Узынагаш, 1971-2008 гг.

2.2. Влияние высоты расположения площадки

В соответствии с положениями СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» в горных и малоизученных районах, обозначенных на карте 1 обязательного приложения 5, а также в пунктах с высотой над уровнем моря более 1500 м, в местах со сложным рельефом, а также при существенном отличии местных данных от приводимых в таблице 4*, расчетные значения веса снегового покрова следует устанавливать на основе данных Росгидромета (соответственно, для территории Республики Казахстан – Казгидромета).

Требования Еврокода 1-1-3 также не распространяются на проектирование зданий и сооружений для площадок, расположенных выше 1500 м над уровнем моря.

Рекомендации по назначению снеговых нагрузок для таких площадок могут быть приведены в национальном приложении (пункт 1.1 (2), примечание 1).

Приложение С (справочное) EN 1991-1-1-3 содержит европейские снеговые карты, выполненные на основе научных исследований, проведенных по поручению Европейской комиссии. Цель указанного приложения состоит в установлении гармонизированных процедур составления карт и в исключении или уменьшении различий в снеговых нагрузках на границах стран-членов ЕС.

При этом, для каждого климатического региона установлены зоны, обозначенные собственным номером Z , в которых применяются расчетные зависимости, связывающие высотные отметки местности и снеговые нагрузки (в том числе и для отметок не превышающих 1500 м).

Зависимости между высотным положением местности и снеговыми нагрузками для климатических регионов Европы приведены в таблице С.1 (см. стр.9).

Для территории Республики Казахстан такие зависимости могут быть получены исходя из сопоставления годовых максимумов снеговых нагрузок для соседних метеостанций, расположенных соответственно в предгорном и в горном районе одного климатического региона.

В качестве примера рассмотрены данные метеостанции Узынагаш (отметка над уровнем моря $A=814$ м) и метеостанции Озеро Улькен Алматы (отметка над уровнем моря $A=2516$ м).

Графики максимальных снеговых нагрузок за период 1971-2008 гг. для указанных метеостанций приведены на рисунке 2.2.2, отношение весов снегового покрова показаны на рисунке 2.2.3.

За исключением двух выбросов (1980-1981 и 1986-1987 гг.) огибающая линия (прямая), определяющая соотношение снеговых нагрузок для метеостанции Озеро Улькен Алматы и метеостанции Узынагаш соответствует коэффициенту 6,08.

По результатам обработки климатических данных характеристические значения снеговых нагрузок для рассматриваемых метеостанций составляют соответственно $S_k=330$ кг/м² (3,3 кН/м²) и $S_k=110$ кг/м² (1,1 кН/м²), а их отношение равно 3.

С учетом номера снегового района (зоны) $Z=2$, определяющего характеристическое значение снеговой нагрузки для равнинной части климатического региона (м/станция Узынагаш), зависимость снеговой нагрузки от высоты местности принята прямолинейного типа (по аналогии с картами, Великобритании, Швеции см. табл. С1 Еврокода 1)

$$S_k = 0,130 \cdot Z - 0,10 + \frac{A}{815};$$

где S_k — характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт, кН/м²;

A — высота местности над уровнем моря;

Z—номер района (зоны), указанный на карте характеристических снеговых нагрузок, здесь Z=2.

$$\text{Проверка: м/с Узынагаш, } S_k = 0,13 \cdot 2 - 0,10 + \frac{814}{815} = 1,16 \text{ кН/м}^2,$$

$$\text{м/с Большое Алматинское озеро, } S_k = 0,13 \cdot 2 - 0,10 + \frac{2516}{815} = 3,25 \text{ кН/м}^2$$

Аналогичные формулы могут быть получены для других климатических регионов Республики Казахстан (горные районы Восточно-Казахстанской, Алматинской, Джамбулской и Южно-Казахстанской областей).

2.3. Коэффициент перехода к чрезвычайным снеговым нагрузкам на грунт

Из приведенных на рисунке 2.3 отношений веса снегового покрова для метеостанций БАО и Узунагаш за период наблюдений 1971-2008 гг. составлена выборка экстремальных значений (n=7) и проведен статистический анализ полученных данных с использованием нормального закона распределения

По результатам расчетов, приведенных в таблице 2.3.1, статистическое значение отношения $S_{BAO}/S_{Узун}$, соответствующее 95% обеспеченности составляет 6,08.

$$k = \bar{X} (1 - 1,64v) = 6,576 \left(1 - 1,64 \frac{0,303}{6,576} \right) = 6,08$$

Таблица 2.3.1. Выборка экстремальных значений отношений снеговых нагрузок

для м/с БАО и Узынагаш

Номер	Годы наблюдений	$S_{BAO}/S_{Узун}$
1	1982-1983	6,88
2	1985- 1986	6,60
3	1991-1992	6,80
4	1992-1993	6,92
5	1999-2000	6,13
6	2002-2003	6,55
7	2007-2008	5,15

$$\bar{X}=6,5757; \sigma=0,303; v= 0,046$$

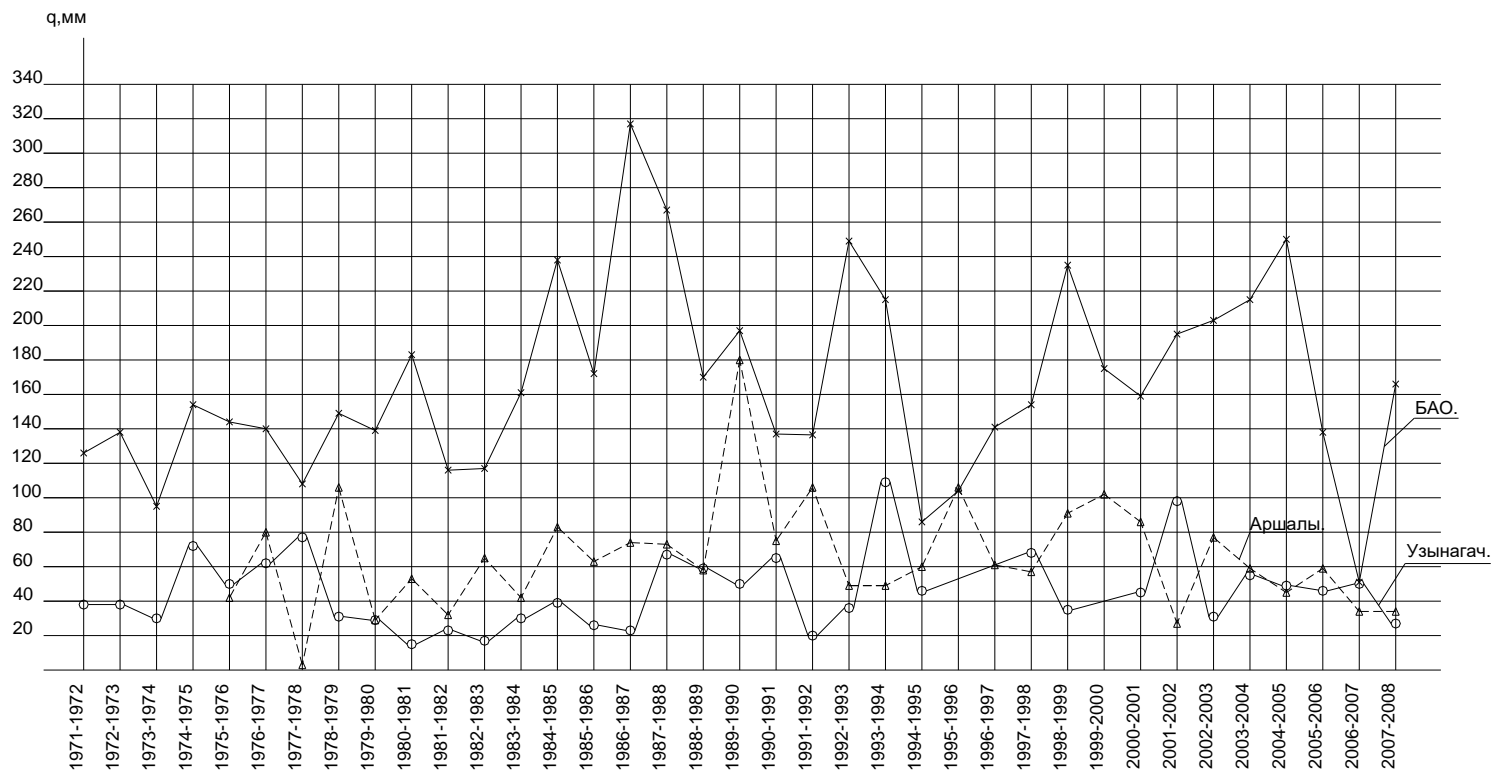


Рисунок 2.2.2. Запас воды в снеговом покрове (мм) по данным метеостанций Аршалы, БАО (Большое Алматинское озеро) и Узынагаш

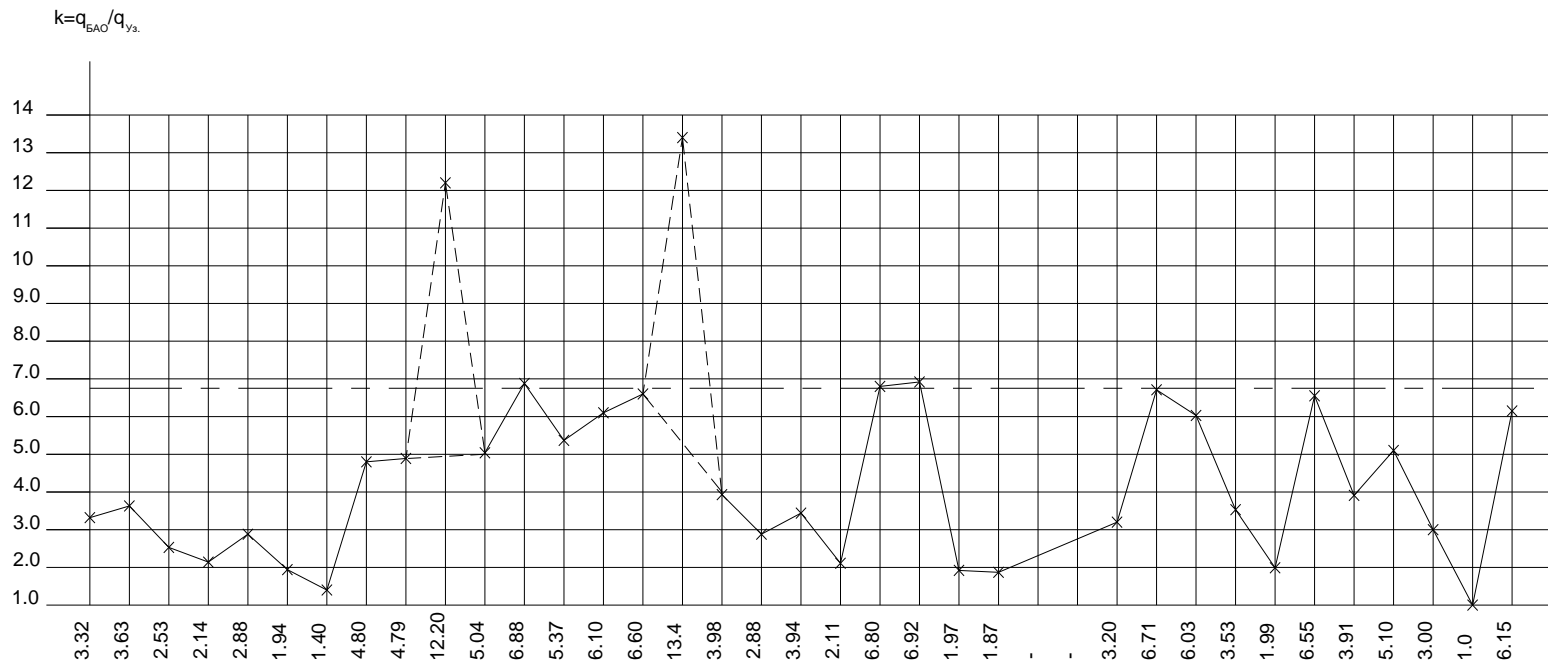


Рисунок 2.2.3. Отношение веса снегового покрова для метеостанций БАО и Узынагаш за период наблюдений 1971-2008 гг

По результатам обработки климатических данных за период наблюдений с 1971 по 2008 гг. характеристические значения снеговых нагрузок для метеостанций БАО (Большое Алматинское озеро) и Узынагашсоставляют соответственно $S_k = 330 \text{ кг/м}^2$ и $S_k = 110 \text{ кг/м}^2$, а их отношение равно 3.

Таким образом, для рассматриваемого региона подтверждается значение коэффициента перехода к чрезвычайным снеговым нагрузкам C_{est} (в результате снегопадов с исключительно низкой вероятностью), величина которого по рекомендациям Еврокода 1 принята для территорий Республики Казахстан (на переходный период до 2015 года) равной $C_{est} = 2$ (п.4.3 Еврокода 1).

При составлении общих карт климатических параметров территории Республики Казахстан полученные результаты должны быть сопоставлены с данными по другим климатическим регионам (горные районы Восточно-Казахстанской, Алматинской, Джамбулской и Южно-Казахстанской областей).

3. ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ

Положения действующих норм, СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»

(6.1). Ветровую нагрузку на сооружение следует рассматривать как совокупность:

а) нормального давления w_e , приложенного к внешней поверхности сооружения или элемента;

б) сил трения w_f , направленных по касательной к внешней поверхности и отнесенных к площади ее горизонтальной (для шедовых или волнистых, покрытий, покрытий с фонарями) или вертикальной проекции (для стен с лоджиями и подобных конструкций);

в) нормального давления w_i , приложенного к внутренним поверхностям зданий с проницаемыми ограждениями, с открывающимися или постоянно открытыми проемами; либо как нормальное давление w_x , w_y , обусловленное общим сопротивлением сооружения в направлении осей x и y и условно приложенное к проекции сооружения на плоскость, перпендикулярную соответствующей оси.

При проектировании высоких сооружений, относительные размеры которых удовлетворяют условию $h/d > 10$, необходимо дополнительно производить поверочный расчет на вихревое возбуждение (ветровой резонанс); здесь h — высота сооружения, d — минимальный размер поперечного сечения, расположенного на уровне $2/3h$.

(6.2). Ветровую нагрузку следует определять как сумму средней и пульсационной составляющих.

При определении внутреннего давления w_i а также при расчете многоэтажных зданий высотой до 40 м и одноэтажных производственных зданий высотой до 36 м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типов А и В (см. п. 6.5), пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать.

(6.3). Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m на высоте z над поверхностью земли следует определять по формуле

$$w_m = w_0 k c,$$

где w_0 — нормативное значение ветрового давления (см. п. 6.4);

k — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (см. п. 6.5);

c — аэродинамический коэффициент (см. п. 6.6).

(6.4). Нормативное значение ветрового давления w_0 следует принимать в зависимости от ветрового района СССР по данным табл. 5.

Для горных и малоизученных районов, обозначенных на карте 3, нормативное значение ветрового давления w_0 допускается устанавливать на основе данных метеостанций Росгидро-

мета, а также результатов обследования районов строительства с учетом опыта эксплуатации сооружений. При этом нормативное значение ветрового давления w_0 , Па, следует определять по формуле

$$w_0 = 0,61v_0^2, \quad (7),$$

где v_0 — численно равно скорости ветра, м/с, на уровне 10 м над поверхностью земли для местности, соответствующей 10-минутному интервалу осреднения и превышаемой в среднем раз в 5 лет (если техническими условиями, утвержденными в установленном порядке, не регламентированы другие периоды повторяемости скоростей ветра).

(6.5). Коэффициент k учитывающий изменение ветрового давления по высоте z , определяется по табл. 6 в зависимости от типа местности. Принимаются следующие типы местности:

A — открытые побережья озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

B — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

C — городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

Т а б л и ц а 3 . 1

Ветровые районы СССР (принимаются по карте 3 обязательного приложения 5)	I a	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 , кПа (кгс/м ²)	0,17(17)	0,23(23)	0,30(30)	0,38(38)	0,48(48)	0,60(60)	0,73(73)	0,85(85)

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ — при высоте сооружения h до 60 м и 2 км — при большей высоте.

Т а б л и ц а 3 . 2

Высота z , м	Коэффициент k для типов местности		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
≥480	2,75	2,75	2,75

ПРИМЕЧАНИЕ. При определении ветровой нагрузки типы местности могут быть различными для разных расчетных направлений ветра.

Положения Еврокода EN 1991-2007 Термины и определения

В тексте Еврокода применены основные термины и определения, установленные в ISO 2394, ISO 3898 и ISO 8930, а также термины и определения по стандарту 1.5 EN 1990.

(1.6.1) основное значение базовой скорости ветра (fundamental basic wind velocity): Скорость ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с учетом высоты над уровнем моря (если требуется), соответствующая 10-минутному интервалу осреднения независимо от направления ветра, с вероятностью превышения 0,02.

(1.6.2) базовое значение скорости ветра (basic wind velocity): Приведенное основное значение базовой скорости ветра с учетом направления ветра и сезонности (если требуется).

(1.6.3) средняя скорость ветра (mean wind velocity): Базовое значение скорости ветра, приведенное с учетом показателей шероховатости местности и орографии.

ПРИМЕЧАНИЕ Упрощенные правила определения аэроупругих реакций приведены в приложении E.

Скорость ветра и скоростной напор Основы расчета. Моделирование ветровых воздействий

Общие положения

(1) Ветровые воздействия переменны во времени. Они действуют в форме давления на внешние поверхности наружного ограждения зданий, а вследствие его проницаемости — также и на внутренние поверхности. Возможны также прямые воздействия ветра на внутренние поверхности открытых зданий. Давление ветра действует по нормали к поверхности. В случае обтекания ветром больших поверхностей, следует учитывать силы трения, действующие параллельно расчетным поверхностям.

Представление ветровых воздействий

(1) Ветровое воздействие представляют упрощенной схемой распределения давлений или усилий, эффекты которых эквивалентны экстремальным воздействиям ветра с учетом турбулентности.

Классификация воздействий ветра

(1) Если отсутствуют другие указания, то ветровые воздействия следует классифицировать как переменные стационарные, см. 4.1.1 EN 1990.

Характеристические значения

(1) Ветровые воздействия, вычисляемые с использованием EN, являются характеристическими значениями (см. 4.1.2 EN 1990). Они определяются базовым значением скорости ветра или соответствующим скоростным напором. В соответствии с 4.1.2(7)P EN 1990 базовые значения — это характеристические значения с годовой вероятностью превышения 0,02, что соответствует среднему периоду повторяемости 50 лет.

ПРИМЕЧАНИЕ Все коэффициенты или модели для получения ветровых воздействий из базовых значений следует выбирать таким образом, чтобы вероятность рассчитанного ветрового воздействия не превышала вероятность базовых значений.

Модели

(1) Реакция сооружения на ветровые воздействия зависит от размера, формы и динамических свойств сооружения.

Настоящие нормы также учитывают увеличение динамической нагрузки на сооружение вследствие резонансных явлений при совпадении направления турбулентной составляющей ветра и плоскости основной формы изгибных колебаний сооружения.

Реакция сооружения рассчитывается по разделу 5 с применением пикового значения скоростного напора q_p на базовой высоте с учетом аэродинамических коэффициентов усилия или давления, а также конструкционного коэффициента $c_s c_d$ (см. раздел 6).

Значение q_p зависит от климатического режима ветра, шероховатости местности и орографии, а также от базовой высоты. Значение q_p представляет собой сумму среднего скоростного напора и кратковременной (пульсационной) составляющей давления.

(2) Аэроупругие реакции учитываются, как правило, для гибких конструкций, таких как канаты, мачты, дымовые трубы и мосты.

(3) Скорость ветра и соответствующий ей скоростной напор содержат среднюю составляющую и переменную (пульсационную) составляющую.

Среднюю скорость ветра v_m следует определять из базового значения скорости ветра v_b , зависящего от климатического режима ветра (см. 4.2) и от профиля скорости ветра по высоте. Профиль скорости ветра по высоте зависит от шероховатости местности и орографии (см. 4.3). Пиковое значение скоростного напора определяется в 4.5.

Переменная составляющая ветра представлена интенсивностью турбулентности в соответствии с 4.4.

ПРИМЕЧАНИЕ В национальном приложении может содержаться информация о национальном климате, посредством которой можно определять среднюю скорость ветра v_m , пиковое значение скоростного напора q_p и дополнительные значения для основных типов местности.

Базовое значение скорости ветра

(1)Р Основное значение базовой скорости ветра $v_{b,0}$ является характеристическим значением средней скорости ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с низкой растительностью (например, такой как трава) и изолированными отдельно стоящими преградами, расстояние между которыми составляет как минимум 20-кратное значение их высот, соответствующее 10-минутному интервалу осреднения независимо от времени года и направления ветра.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Данная местность соответствует типу II по таблице 4.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Основные значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$ могут быть указаны в национальном приложении.

(2)Р Базовое значение скорости ветра равно

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}, \quad (4.1)$$

где v_b — базовая скорость ветра, определяемая как функция направления ветра и времени года, на высоте 10 м над уровнем земли для типа местности II;

$v_{b,0}$ — основное значение базовой скорости ветра, см. (1)Р;

c_{dir} — коэффициент, учитывающий направление ветра, см. примечание 2;

c_{season} — сезонный коэффициент, см. примечание 3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В случае, если влияние высоты над уровнем моря на базовую скорость ветра v_b в указанном базовом значении не учтено, метод учета влияния высоты над уровнем моря может быть указан в национальном приложении.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Значение коэффициента, учитывающего направление ветра c_{dir} для различных направлений, может быть указано в национальном приложении. Рекомендуемое значение составляет 1,0.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Сезонный коэффициент c_{season} может указываться в национальном приложении. Рекомендуемое значение составляет 1,0.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Средняя скорость ветра, соответствующая 10-минутному интервалу осреднения, может определяться для годовой вероятности превышения p умножением базового значения скорости ветра v_b по 4.2(2)Р на вероятностный коэффициент c_{prob} по формуле (4.2) (см. также EN 1991-1-6).

$$c_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n, \quad (4.2)$$

где K — параметр формы, зависящий от коэффициента вариации распределения экстремальных значений;

n — экспонента.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 Значения, применяемые для K и n , могут указываться в национальном приложении. Рекомендуемые значения составляют 0,2 для K и 0,5 для n .

(3) Для временных и всех строящихся сооружений допускается применять сезонный коэффициент c_{season} . Для мобильных сооружений, которые могут использоваться в любое время года, для c_{season} принимают значение 1,0.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 См. также EN 1991-1-6.

Значение среднего (базового) скоростного напора определяется по формуле (4.10)

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2. \quad (4.10)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Применяемые на национальном уровне значения ρ могут указываться в национальном приложении. Рекомендуемое значение равно 1,25 кг/м³.

3.1. Оценка применимости гипотез распределения климатических параметров

Методические указания определяют методику обработки замеренных на метеостанциях климатических параметров (в рассматриваемом случае, скоростей ветра) для построения карты районирования территории республики Казахстан по основному значению базовой скорости ветра.

Основное значение базовой скорости ветра $v_{b,0}$ является характеристическим значением средней скорости ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с низкой растительностью (например, такой как трава) и изолированными отдельно стоящими преградами, расстояние между которыми составляет как минимум 20-кратное значение их высот, соответствующее 10-минутному интервалу осреднения независимо от времени года и направления ветра [1].

Полной характеристикой скорости ветра как случайного процесса является плотность распределения вероятностей случайной величины или закон распределения. Точные оценки случайной величины (скорости ветра) могут быть получены по метеорологическим данным за неограниченный период времени – *генеральной совокупности*.

Ограниченность исходного материала делает анализ генеральной совокупности невозможным, поэтому анализируется эмпирический аналог генеральной совокупности-выборки из генеральной совокупности с конечным объемом случайных величин, так называемые *представительные* или *репрезентативные* совокупности. Полученные

статистические характеристики называются *выборочными оценками* а число элементов выборки называется ее *объемом*.

Длина рядов в годах для получения достоверных выборочных оценок зависит от физико-географического расположения станций и изменчивости метеорологических величин. Очевидно, что существует максимально достижимая оптимальная точность климатических показателей.

Варшавской конференцией Международной метеорологической организации в 1935 г. для расчета климатических норм был рекомендован 30-летний период. Вашингтонская конференция ВМО(1957 г.) и Женевская Первая Всемирная конференция по климату (1979 г.) в качестве стандартного периода осреднения также рекомендовали период в 30 лет [3].

Кроме длины выборки, не менее важным является вопрос о выборе начала базового периода. Для оценки изменения хода метеорологических величин, происходящих за исследуемый период, их сравнивают с климатическими нормами, рассчитанными за единый период наблюдений на станциях Земного шара. *Климатическая норма*-характеристика климата, статистически полученная из многолетнего ряда наблюдений в данном пункте

Определение вероятностных свойств выборки

На первом шаге необходимо упорядочить данные:

- определить *абсолютную частоту* значений n_i выборки:

$$0 \leq n_i \leq n, \sum n_i = n.$$

- группировкой данных по величине определить *абсолютную частоту группы*:

$$P_i = n_i / n, \quad 0 \leq P_i \leq 1, \quad \sum P_i = 1.$$

- отношение абсолютной частоты группы к объему выборки дает *относительную частоту* или вероятность метеорологической величины.
- отношение относительной частоты к ширине группы дает нормированную относительную частоту группы или *плотность распределения вероятностей*.

Результаты могут быть представлены как в табличном, так и в графическом виде. Графики плотности распределения вероятностей называются *гистограммами*.

Для аппроксимации эмпирических гистограмм годовых максимумов скорости ветра используются гипотезы о том, что эмпирические распределения близки к точным теоретическим. На практике, в основном, используются распределения Вейбулла, Гумбеля, Фишера-Типпета и Дженкинсона [2], при этом наиболее часто используется распределение Вейбулла. В связи с этим, большое значение приобретает вопрос о правомерности применения того или иного закона, иными словами, правомерность гипотезы о законе распределения.

Проверка гипотезы о законе распределения

В качестве критерия выборки гипотезы о том, что данная величина X подчинена закону распределения $P(x)$ примем критерий χ^2 (К.Пирсона) [4]. Если $P(x)$ определена полностью, например, все необходимые параметры определены графически, гипотеза называется *простой*.

Пусть область изменения случайной величины X разбита на L интервалов Δ_i ($i=1,2,\dots,L$), p_i - вероятность X при данном распределении $P(x)$, m_i – число значений X в интервале Δ_i . При этом

$$\sum p_i = 1, \quad \sum m_i = n.$$

Если проверяемая гипотеза верна, то m_i представляет частоту появления события, имеющего в каждом из n величин вероятность p_i . В этом случае m_i можно рассматривать как случайную величину, подчиняющуюся биномиальному закону распределения с центром в точке np_i и среднеквадратическим

$$\sigma = \sqrt{np_i(1 - p_i)}$$

Когда n велико, в соответствии с теоремой Лапласа, величина m_i распределена асимптотически нормально с теми же параметрами. При правильности гипотезы асимптотически нормально распределены величины:

$$\xi_i = \frac{m_i - np_i}{\sqrt{np_i}} \quad (i=1,2,\dots,L)$$

Эти величины связаны соотношениями:

$$\sum \xi_i \sqrt{p_i} = \sum ((m_i - np_i) / \sqrt{n}) = 0, \quad (i=1,2,\dots,L) \quad (1)$$

В качестве меры расхождения данных выборки m_i с теоретическими данными np_i рассматривается величина

$$\chi^2 = \sum \xi_i^2 = \sum \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} \quad (i = 1, 2, \dots, L) \quad (2)$$

или

$$\chi^2 = \sum \frac{m_i^2}{np_i} - n \quad (3)$$

Согласно (2) χ^2 представляет сумму квадратов асимптотически нормальных величин, связанных линейной зависимостью (1). Наличие этой зависимости приводит к тому, что результирующее распределение следует закону χ^2 с уменьшенным на единицу числом степеней свободы.

Это соответствует следующей теореме:

Если проверяемая простая гипотеза верна, то критерий χ^2 имеет распределение, стремящееся при $n \rightarrow \infty$ к распределению χ^2 с $L-1$ степенями свободы.

Для проверки гипотезы о распределении следует выбрать уровень значимости $q\%$ для критерия, при этом χ^2_q – $q\%$ -ный предел для χ^2 с $(L-1)$ степенями свободы. χ^2_q определяется по таблице 1 Приложения, χ^2 вычисляется по формуле (2). Если гипотеза верна, то при достаточно большом n будем иметь:

$$P(\chi^2 > \chi^2_q) = \frac{q}{100} \quad (4)$$

Возможны два варианта:

1. $\chi^2 > \chi^2_q$ - критерий попадает в критическую область. Гипотеза отвергается.
2. $\chi^2 \leq \chi^2_q$ - расхождение не существенно. Гипотеза принимается за исключением $q\%$ случаев.

Применимость критерия χ^2 в значительной степени зависит от способа разбиения на группы Δ_i и от выбора критической области, задаваемой уровнем значимости q . Но так как мы рассматриваем конкретную физическую задачу - распределение ежегодных максимальных скоростей ветра, то произвол выбора этих параметров в некоторой степени исключен.

Наряду с критерием χ^2 могут рассматриваться и другие критерии соответствия.

Распределения для расчета скоростей ветра

Распределение Вейбулла

- Плотность распределения вероятности:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)^\alpha \quad (5)$$

где α – коэффициент формы;
 β – коэффициент масштаба.

- Функция распределения :

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right]. \quad (6)$$

- Математическое ожидание:

$$MX = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (7)$$

- Дисперсия:

$$DX = \beta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right]. \quad (8)$$

Определение параметров α и β производится графическим методом с использованием клетчатки Вейбулла.

Подстановкой

$$u = \ln x; \quad v = \ln(-\ln F)$$

уравнение (6) приводится к уравнению прямой:

$$v = \alpha u - \alpha \ln \beta \quad (9)$$

На логарифмической оси ординат откладываются значения скорости ветра, а на билогарифмической оси абсцисс соответствующие значения функции вероятности. Параметр α определяется как котангенс угла наклона прямой (9) к оси абсцисс, а параметр β из уравнения (6) при $x=\beta$, ($F(x=\beta) = 0,368$). На оси ординат значение скорости при $F=0,368$ численно равно безразмерному параметру β .

Распределение Гумбеля

- Плотность распределения вероятности:

$$f(x) = \beta \exp[-\beta(x-\alpha) - e^{-\beta(x-\alpha)}]. \quad (10)$$

- Функция распределения:

$$F(x) = \exp[-e^{-\beta(x-\alpha)}].$$

Параметры распределения Гумбеля также определяются графическим методом с помощью клетчатки Гумбеля.

Подстановкой

$$v = -\ln(-\ln F)$$

уравнение (10) приводится к виду:

$$x = \frac{1}{\beta} v + \alpha \quad (11)$$

На оси ординат откладываются значения скорости ветра, а на билогарифмической оси абсцисс соответствующие значения функции распределения. Параметр β определяется как котангенс угла наклона прямой (11), а параметр α численно равен x при $F(x=\alpha)=2,718$.

Распределение Фишера-Типпета (второе предельное)

- Функция распределения:

$$F(x) = \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{-\beta}\right]. \quad (12)$$

Распределение Дженкинсона

- Функция распределения:

$$F(x) = \exp\left[-\exp[-a_p(x-b)]\right] \quad (13)$$

Параметры:

$$a_p = \frac{\sqrt{2\ln(p)}}{\sigma}; \quad b_p = \left[\sqrt{2\ln(p)} - \frac{\ln(\ln(p)) + \ln(4p)}{2\sqrt{2\ln(p)}} \right] \sigma + m.$$

Проверка гипотезы о законе распределения максимальных скоростей ветра на примере данных метеостанции Узынагаш

При обработке данных РГП «Казгидромет» принята гипотеза о том, что распределение ежегодных максимальных скоростей ветра, замеренных на метеостанции Узунагаш в период 1971 - 2010 гг. подчиняется закону Вейбулла. С учетом этой гипотезы были получены графическим методом параметры распределения Вейбулла:

$$\alpha = 4,5; \quad \beta = 12,5.$$

В этом случае, функция распределения имеет вид:

$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{12,5} \right)^{4,5} \right]$$

Вычислим в табличной форме значение критерия χ^2 (см. табл. 3.1.1)

χ^2_q находим по таблице А.1 (Приложение А). При $q=5\%$, $\chi^2_q=26,3 < 43,274$.

Таким образом, параметры распределения Вейбулла $\alpha = 4,5$; $\beta = 12,5$ определены неточно.

Таблица 3.1.1

Интервалы i	Максимальные скорости м/с	m_i	p_i	np_i	$m_i - np_i$	$\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$
1	7,00	1	0,070	2,590	-1,90	0,976
2	8.00	4	0.056	2.072	1.928	1.794
3	8.80	1	0.060	2.220	-1.220	0.670
4	9.00	4	0.018	0.666	3.334	16.69
5	9.68	4	0.067	2.479	1.521	0.933
6	10.00	4	0.035	1.295	2.700	5.629
7	10.56	1	0.064	2.368	-1.368	0.790
8	11.44	1	0.120	4.440	-3.440	2.665
9	12.00	5	0.075	2.775	2.225	1.784
10	12.32	2	0.043	1.591	0.409	0.105
11	13.20	4	0.113	4.181	-0.181	0.007
12	14.00	1	0.089	3.293	-2.293	1.597
13	15.00	1	0.086	3.182	-2.182	1.496
14	16.72	1	0.079	2.923	-1.923	1.265
15	17.00	1	0.006	0.222	0.778	2.725
16	18.00	1	0.013	0.481	0.519	0.559
17	20.00	1	0.005	0.185	0.815	3.589
		37		37		$\chi^2 = 43.274$

3.2.Примеры определения скоростей ветра с учетом требований ЕврокодаEN 1991-2007

Вычисление характеристических значений базовой скорости ветра для метеостанций Аршалы (северный район РК), Узынагаш (60 км от Алматы) и БАО (Большое Алматинское озеро)

В 50-х годах и в начале 6-х годов, большинство метеостанций проводит наблюдения по флюгеру с тяжелой доской, на высоте 10 м, с измерением скорости ветра с интервалом осреднения 2 мин.

С 1965 года на метеостанциях устанавливаются анеморумбометры М-63 и различные его модификации, измеряющие скорость ветра с интервалом осреднения 10 мин.

Данные наблюдения скоростей ветра по метеостанциям приводятся к одному виду путем корректировки данных замеренных по флюгеру: для скоростей ветра 10 м/с и более скорость ветра по анеморумбометру принимается $V_a=0,88V_\phi$, при величине скорости ветра по флюгеру менее 10 м/с поправка не вводится.

Результаты обработки данных наблюдений по указанным станциям приведены в таблице 3.2.1, где показаны характеристические значения базовых скоростей ветра (с вероятностью превышения 1 раз в 50 лет), а также значения скоростей ветра по действующим нормам, СНиП 2.01.07-85* (с вероятностью превышения 1 раз в 5 лет).

Сравнение данных обработки скоростей ветра со значениями расчетных ветровых нагрузок (скоростей ветра) для климатических регионов, в которых расположены метеостанции Узунагаш (II ветровой район по карте 3, приложение 5, СНиП 2.01.07-85*, $v_0=22,2$ м/с), и Аршалы (III ветровой район по карте 3, $v_0=25,0$ м/с), указывает на существенные расхождения в полученных результатах, в том числе, с учетом различий нормируемых вероятностей превышения.

Таблица 3.2.1

Ветровые районы РК (по карте 3 обязательного приложения 5)	II	III	IV
w_0 , кПа (кгс/м ²)	0,30(30)	0,38(38)	0,48(48)
Базовая скорость ветра, м/с (вероятность превышения 0,20)	22,2	25,0	28,0

Результаты обработки (вероятность превышения 0,02)	Узынагаш, Пветр. р-но по карте 3	Аршалы, III ветр. р-но по карте 3
	21,0	21,0

Можно полагать, что при составлении карты климатических параметров для территории Республики Казахстан и обобщении результатов обработки данных нескольких метеостанций соответствующего региона, полученные данные будут скорректированы, в том числе, с учетом рассмотренных в настоящих «Методических указаниях...» критериев оценки применимости принятых законов распределения.

Примеры обработки данных для определения скоростей ветра

Исходные данные – метеостанция Узунагаш, период наблюдений 37 лет

Максимальная скорость ветра (м/с)
по флюгеру (ф) и анеморумбометру (а)

Таблица 3.2.2

	Станция	Узунагаш	Приведение к анемометру $V_a=0,88 \cdot V_\phi$	m	Ранжирование по возрастанию	$P=m/n+1$	Ранжирование по убыванию
	Годы						
V_ϕ	1971			1	7	2,63	20
	1972	11	9,68	2	8	5,26	18
	1973	8	8	3	8	7,89	17
	1974	9	9	4	8	10,53	16,72
	1975	15	13,2	5	8	13,16	15
	1976	12	10,56	6	8,8	15,79	14
	1977	11	9,68	7	9	18,42	13,2
	1978	15	13,2	8	9	21,05	13,2
	1979	10	8,8	9	9	23,68	13,2
	1980	11	9,68	10	9	26,32	13,2
	1981	8	8	11	9,68	28,95	12,32
	1982	15	13,2	12	9,68	31,58	12,32
	1983	13	11,44	13	9,68	34,21	12
	1984	8	8	14	9,68	36,84	12
	1985	14	12,32	15	10	39,47	12
	1986	19	16,72	16	10	42,11	12
	1987	14	12,32	18	10	47,37	11,44
1988	14	12,32	18	10	47,37	11,44	
1989	15	13,2	19	10,56	50,00	10,56	
V_A	1990			20	11,44	52,63	10
	1991	10	10	21	12	55,26	10
	1992	10	10	22	12	57,89	10
	1993	12	12	23	12	60,53	10
	1994	12	12	24	12	63,16	9,68
	1995	9	9	25	12	65,79	9,68
	1996	9	9	26	12,32	68,42	9,68
	1997	8	8	27	12,32	71,05	9,68
	1998	10	10	28	13,2	73,68	9
	1999	12	12	29	13,2	76,32	9
	2000			30	13,2	78,95	9
	2001	10	10	31	13,2	81,58	9
	2002	12	12	32	14	84,21	8,8
	2003	18	18	33	15	86,84	8
	2004	15	15	34	16,72	89,47	8
	2005	14	14	35	17	92,11	8
	2006	12	12	36	18	94,74	8
	2007	20	20	37	20	97,37	7
2008	17	17					
2009	9	9					
2010	7	7					

Метеостанция Узынагаш

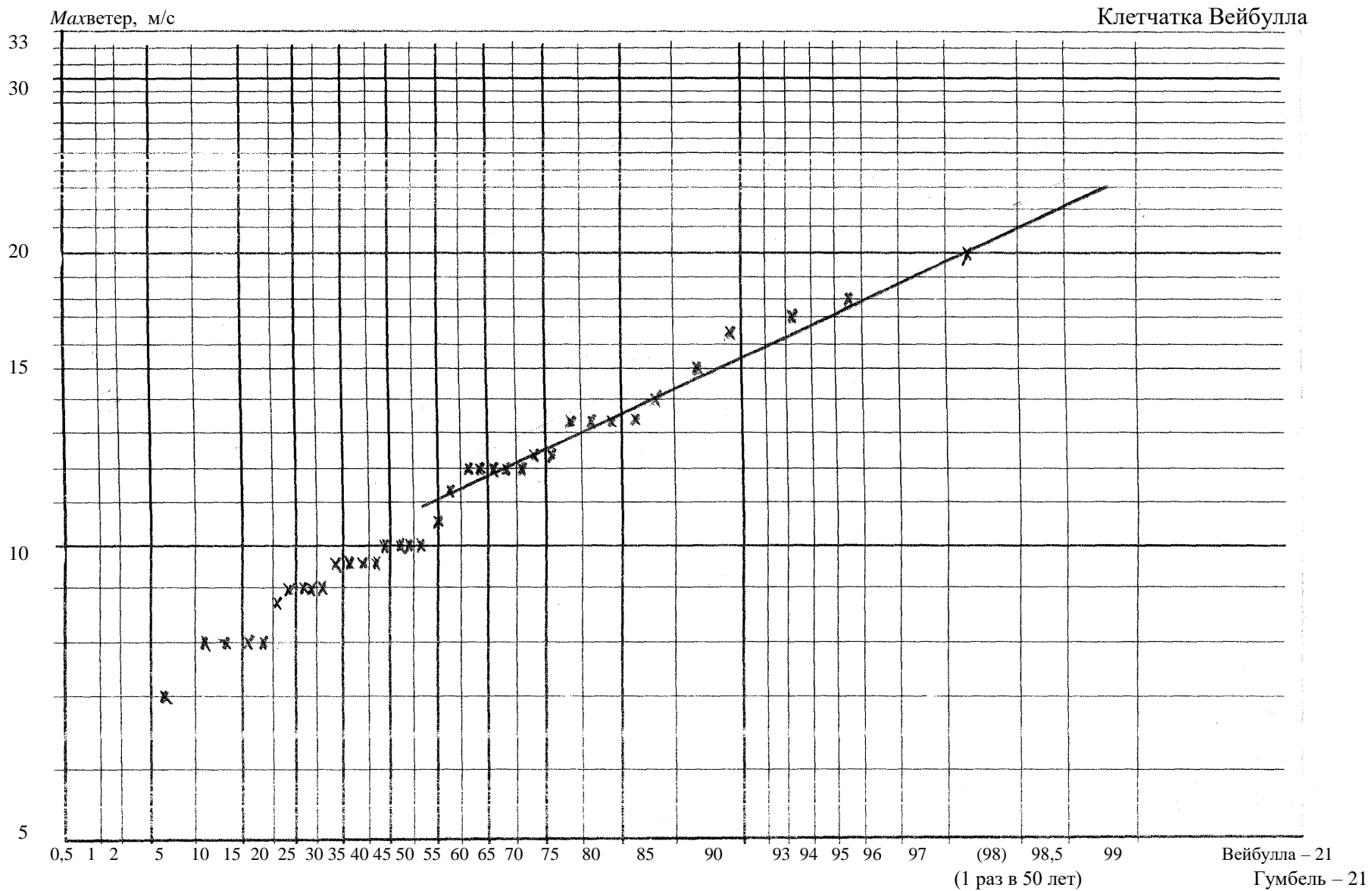


Рис. 3.2.1. Распределение Вейбулла для скорости ветра по метеостанции Узынагаш, 1971-2008 г.г.

Таблица 3.2.3. Определение скорости ветра метеостанции Аршалы

Исходные данные м/станция Аршалы N=40 лет

Максимальная скорость ветра (м/с)
по флюгеру(ф) и анеморумбометру(а)

	Станция	Аршалы	Приведение к анемометру
	Годы		
Ф	1971	20	17,6
	1972	20	17,6
	1973	18	15,84
	1974	16	14,08
	1975	18	15,84
	1976	18	15,84
	1977	18	15,84
	1978	16	14,08
	1979	16	14,08
	1980	17	14,96
	1981	16	14,08
	1982	16	14,08
	1983	20	17,6
	1984	18	15,84
	1985	16	14,08
	1986	18	15,84
	1987	16	14,08
	1988	18	15,84
	1989	18	15,84

m	Ранжирование по возрастанию	P=m/n+1	Ранжирование по убыванию
1	12,32	2,44	21,12
2	12,32	4,88	17,6
3	12,32	7,32	17,6
4	13,2	9,76	17,6
5	13,2	12,20	17,6
6	13,2	14,63	17,6
7	13,2	17,07	15,84
8	13,2	19,51	15,84
9	13,2	21,95	15,84
10	14,08	24,39	15,84
11	14,08	26,83	15,84
12	14,08	29,27	15,84
13	14,08	31,71	15,84
14	14,08	34,15	15,84
15	14,08	36,59	15,84
16	14,08	39,02	15,84
17	14,08	41,46	15,84
18	14,08	43,90	15,84
19	14,08	46,34	15,84

Продолжение табл.3.2.3

A	1990	24	21,12
	1991	14	12,32
	1992	15	13,2
	1993	16	14,08
	1994	15	13,2
	1995	16	14,08
	1996	15	13,2
	1997	14	12,32
	1998	14	12,32
	1999	18	15,84
	2000	18	15,84
	2001	18	15,84
	2002	18	15,84
	2003	16	14,08
	2004	20	17,6
	2005	20	17,6
	2006	15	13,2
	2007	18	15,84
	2008	18	15,84
	2009	15	13,2
2010	15	13,2	

20	14,96	48,78	15,84
21	15,84	51,22	14,96
22	15,84	53,66	14,08
23	15,84	56,10	14,08
24	15,84	58,54	14,08
25	15,84	60,98	14,08
26	15,84	63,41	14,08
27	15,84	65,85	14,08
28	15,84	68,29	14,08
29	15,84	70,73	14,08
30	15,84	73,17	14,08
31	15,84	75,61	14,08
32	15,84	78,05	13,2
33	15,84	80,49	13,2
34	15,84	82,93	13,2
35	17,6	85,37	13,2
36	17,6	87,80	13,2
37	17,6	90,24	13,2
38	17,6	92,68	12,32
39	17,6	95,12	12,32
40	21,12	97,56	12,32

Расчет параметров Вейбулла

	данные	СКО		$P=m/(n+1)$
1	17,6	6,40	16,19	2,44
2	17,6	6,40	16,19	4,88
3	15,84	0,59	0,46	7,32
4	14,08	0,98	-0,97	9,76
5	15,84	0,59	0,46	12,20
6	15,84	0,59	0,46	14,63
7	15,84	0,59	0,46	17,07
8	14,08	0,98	-0,97	19,51
9	14,08	0,98	-0,97	21,95
10	14,96	0,01	0,00	24,39
11	14,08	0,98	-0,97	26,83
12	14,08	0,98	-0,97	29,27
13	17,6	6,40	16,19	31,71
14	15,84	0,59	0,46	34,15
15	14,08	0,98	-0,97	36,59
16	15,84	0,59	0,46	39,02
17	14,08	0,98	-0,97	41,46
18	15,84	0,59	0,46	43,90
19	15,84	0,59	0,46	46,34
20	21,12	36,60	221,45	48,78
21	12,32	7,56	-20,80	51,22
22	13,2	3,50	-6,54	53,66
23	14,08	0,98	-0,97	56,10
24	13,2	3,50	-6,54	58,54
25	14,08	0,98	-0,97	60,98
26	13,2	3,50	-6,54	63,41
27	12,32	7,56	-20,80	65,85
28	12,32	7,56	-20,80	68,29
29	15,84	0,59	0,46	70,73
30	15,84	0,59	0,46	73,17
31	15,84	0,59	0,46	75,61
32	15,84	0,59	0,46	78,05

5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
41
42
43

Распред.(дифф)	Распред (интегр)	%
1,95613E-05	1,96E-05	0,001956
0,000100927	0,00012	0,012049
0,000404047	0,000525	0,052454
0,001342813	0,001867	0,186735
0,003866683	0,005734	0,573403
0,009915691	0,01565	1,564972
0,023010437	0,03866	3,866016
0,048570415	0,087231	8,723057
0,092512163	0,179743	17,97427
0,154884711	0,334627	33,46274
0,216107437	0,550735	55,07349
0,228823436	0,779558	77,95583
0,157696048	0,937254	93,72544
0,055601621	0,992856	99,2856
0,006960486	0,999816	99,98165
0,000180249	0,999997	99,99967
4,42016E-07	0,999997	99,99972
3,38664E-11	0,999997	99,99972
1,72596E-17	0,999997	99,99972
6,9848E-27	0,999997	99,99972
1,26004E-40	0,999997	99,99972
2,14938E-60	0,999997	99,99972
2,12307E-88	0,999997	99,99972
1,5456E-127	0,999997	99,99972
1,4731E-181	0,999997	99,99972
2,823E-255	0,999997	99,99972
0	0,999997	99,99972
0	0,999997	99,99972
0	0,999997	99,99972
0	0,999997	
0	0,999997	
0	0,999997	

33	14,08	0,98	-0,97	80,49
34	17,6	6,40	16,19	82,93
35	17,6	6,40	16,19	85,37
36	13,2	3,50	-6,54	87,80
37	15,84	0,59	0,46	90,24
38	15,84	0,59	0,46	92,68
39	13,2	3,50	-6,54	95,12
40	13,2	3,50	-6,54	97,56
		130	197	

Средн **15,07**
СКО **1,81**
Cv= **0,12**
Cs= **0,84**

$\alpha = 10,0$
 $\beta = 15,8$

44
45
46
47
48
49
50
51

	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	
	0	0,999997	

$a =$

10,0

Метеостанция Аршалы

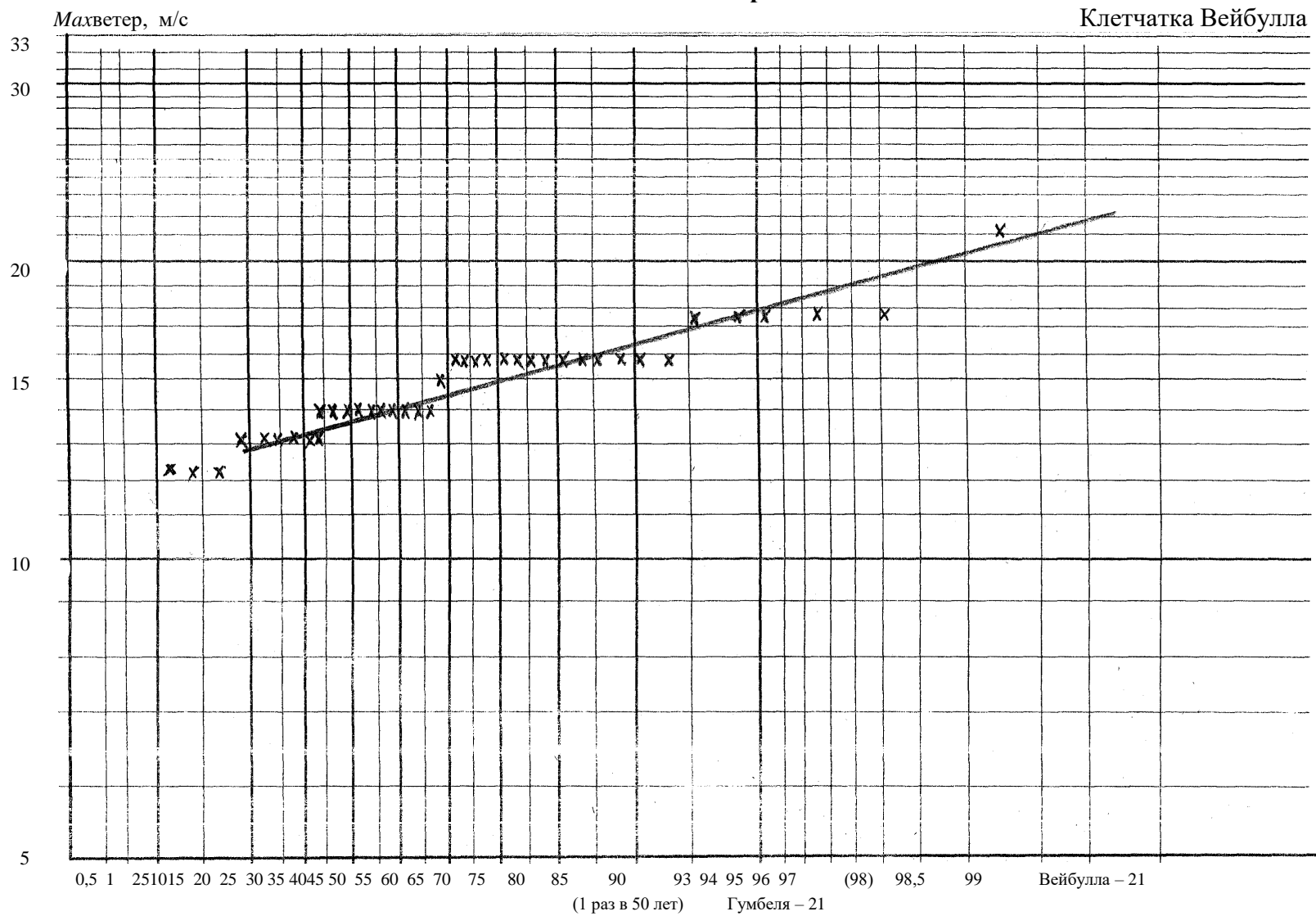


Таблица 3.2.4. Определение скорости ветра по метеостанции БАО

Исходные данные м/станция БАО 37 лет

Максимальная скорость ветра (м/с)
по флюгеру(ф) и анеморумбометру(а)

Обработка

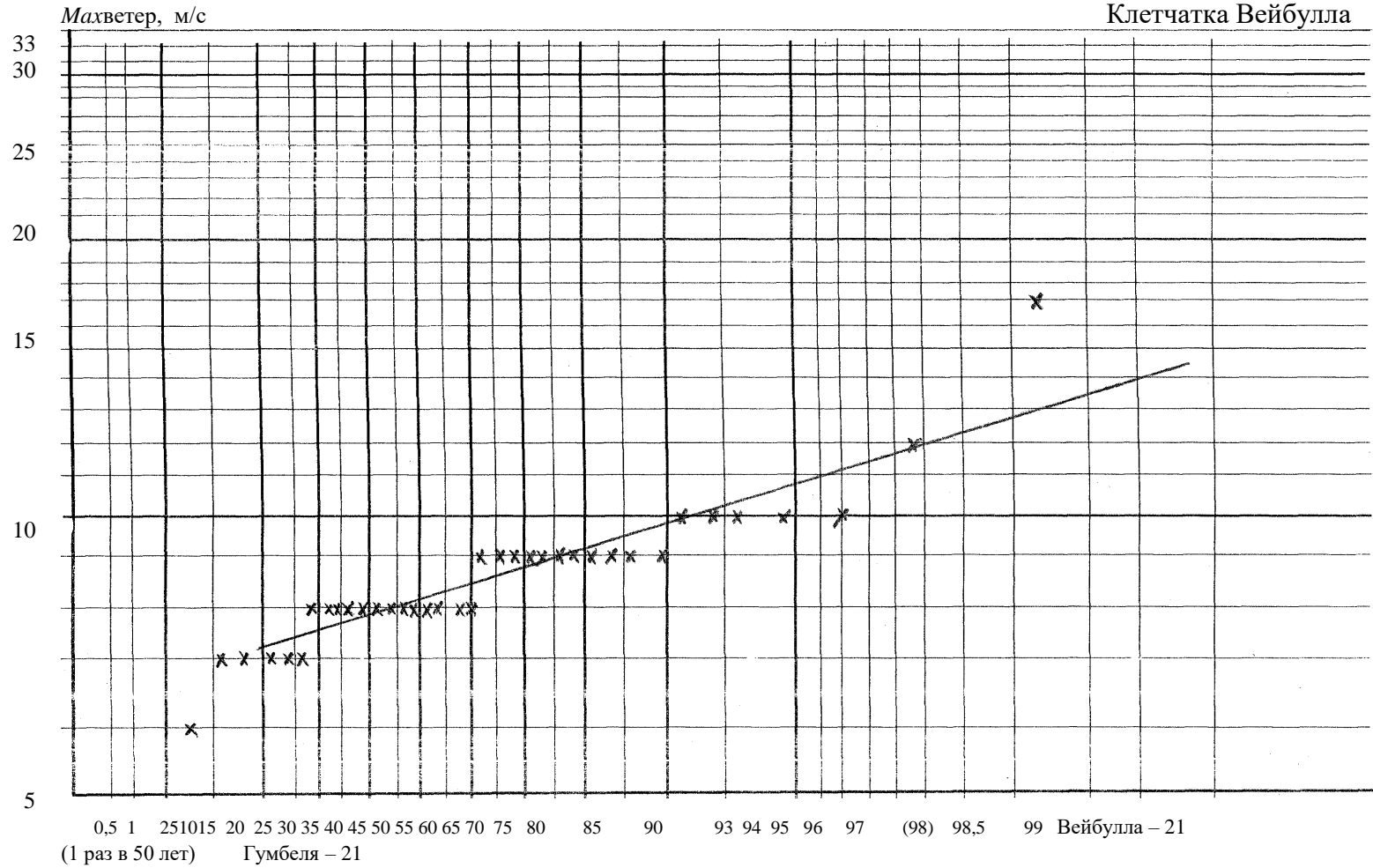
	Станция	Озеро Улькен Алматы (БАО)	Приведение к анемометру
	Годы		
Ф	1971	9	9
	1972	8	8
	1973	8	8
	1974	9	9
	1975	9	9
	1976	8	8
	1977	9	9
	1978	8	8
	1979	10	10
	А	1980	9
1981		9	9
1982		9	9
1983		8	8
1984		9	9
1985		8	8
1986		7	7
1987		10	10
1988		7	7
1989		8	8
1990			
1991		9	9
1992		8	8

m	Распределение по возрастанию	$P=m/n+1$	Распределение по убыванию
1	6	2,63	17
2	7	5,26	12
3	7	7,89	10
4	7	10,53	10
5	7	13,16	10
6	7	15,79	10
7	8	18,42	10
8	8	21,05	9
9	8	23,68	9
10	8	26,32	9
11	8	28,95	9
12	8	31,58	9
13	8	34,21	9
14	8	36,84	9
15	8	39,47	9
16	8	42,11	9
17	8	44,74	9
18	8	47,37	9
19	8	50,00	8
20	9	52,63	8
21	9	55,26	8
22	9	57,89	8

1993	8	8
1994	8	8
1995		
1996	9	9
1997		
1998	8	8
1999	7	7
2000	17	17
2001	10	10
2002	7	7
2003	12	12
2004	8	8
2005	8	8
2006	7	7
2007	6	6
2008	10	10
2009	9	9
2010	10	10

23	9	60,53	8
24	9	63,16	8
25	9	65,79	8
26	9	68,42	8
27	9	71,05	8
28	9	73,68	8
29	9	76,32	8
30	9	78,95	8
31	10	81,58	8
32	10	84,21	7
33	10	86,84	7
34	10	89,47	7
35	10	92,11	7
36	12	94,74	7
37	17	97,37	6

метеостанция Большое Алматинское озеро



4. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Положения СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»

(8.1). В случаях, предусмотренных нормами проектирования конструкций, следует учитывать изменение во времени Δt и перепад температуры ϑ по сечению элемента.

(8.3). Нормативные значения средних температур t_{wit} и перепадов температур по сечению элементов в теплое ϑ_w и холодное ϑ_c время года для однослойных конструкций следует определять по табл. 15.

(8.4). Средние суточные температуры наружного воздуха в теплое и холодное время года следует определять по формулам :

$$t_{ew} = t_{VII} + \Delta_{VII} \quad (17)$$

$$t_{ec} = t_I - \Delta_I \quad (18)$$

где t_I, t_{VII} - многолетние средние месячные температуры воздуха в январе и июле, принимаемые соответственно по картам 5 и 6 обязательного приложения 5;

Δ_I, Δ_{VII} - отклонения средних суточных температур от средних месячных (Δ_I - принимается по карте 7 обязательного приложения 5, $\Delta_{VII} = 6^{\circ}\text{C}$).

В соответствии с примечанием 2 (п.8.4, СНиП) для горных и малоизученных районов обозначенных на картах 5-7 обязательного приложения 5, значения t_{ew} и t_{ec} определяются по средним из абсолютных значений минимальной температуры воздуха в январе и максимальной – в июле, принимаемых по данным Росгидромета (Казгидромета).

Положения СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология»

В СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология» применяются термины по СН РК 2.04-21* «Энергопотребление и тепловая защита гражданских зданий», а также следующие термины и определения:

Абсолютная максимальная температура теплого периода: Наивысшая температура за весь период наблюдений в теплый период.

Абсолютная минимальная температура холодного периода: Наинизшая температура за весь период наблюдений в холодный период.

Климатический район для строительства: Территории, на которых устанавливаются одинаковые типологические требования к жилым зданиям, обусловленные климатическими характеристиками территорий (типы домов, объемно-планировочные решения квартир, ориентация здания и т.п.). Предусматривается классификация районов строительства по 4 климатическим районам (16 подрайонам).

Обеспеченность: Интегральная повторяемость значений климатического параметра ниже или выше его определенных пределов.

Средняя максимальная температура наиболее теплого месяца: Характеризует дневную наиболее теплую часть суток, рассчитывается как среднемесячное значение ежедневных максимальных значений температуры за период наблюдений.

Средняя суточная амплитуда температуры: Разность между средней максимальной и средней минимальной температурой

Средняя температура воздуха за год: Температура, характеризующая температурный режим всего года с обеспеченностью в среднем 0,5.

Средняя температура воздуха по месяцам: Температура, характеризующая температурный режим отдельных месяцев с обеспеченностью в среднем 0,5.

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки: Температура, рассчитываемая в соответствии с В.2 Приложения В.

Температура воздуха наиболее холодных суток: Температура, рассчитываемая в соответствии с В.2 Приложения В.

4.1. Методика расчета температурных параметров для территории РК с учетом требований Еврокода EN 1991-2007.

Положения Еврокода EN 1991-2007 (СН РК EN 1991-1-5)

В СН РК EN 1991-1-5 применены термины и определения, установленные в EN 1990, ISO 2394, ISO 3898 и ISO 8930.

(1.5.1) температурные воздействия (thermal actions): Воздействия на конструкцию или конструктивный элемент, которые появляются вследствие изменений температурных полей в течение определенного периода времени.

(1.5.3) максимальная температура воздуха в тени T_{max} (maximum shade air temperature): Значение максимальной температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет).

(1.5.4) минимальная температура воздуха в тени T_{min} (minimum shade air temperature): Значение минимальной температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет).

(1.5.5) начальная температура T_0 (initial temperature): Температура, соответствующая замыканию конструкции или ее части в законченную систему.

(1.5.6) наружные ограждающие конструкции (cladding): Элементы здания, образующие устойчивую к климатическим воздействиям оболочку. В общем случае, наружные ограждающие конструкции воспринимают только собственный вес и/или ветровую нагрузку.

(1.5.7) составляющая равномерно распределенной температуры (uniform temperature component): Температура, равномерно распределенная по всему поперечному сечению, которая вызывает удлинение или укорочение конструктивного элемента или самой конструкции (для мостов ее нередко определяют как «эффективная температура», но в настоящую часть Еврокода введен термин «равномерно распределенная»).

(1.5.8) составляющая температурного перепада (temperature difference component): Часть распределенной в конструктивном элементе температуры, которая представляет разность температур между внешней поверхностью элемента конструкции и любой точкой, расположенной внутри элемента.

Максимальные и минимальные температуры наружного воздуха

Как следует из приведенного сопоставления терминов и определений, в применяемых и внедряемых нормативных документах существуют определенные различия в системе температурных параметров, требуемых для оценки климатических воздействий на несущие конструкции зданий и сооружений.

Исходя из положений EN 1991-1-5 «Общие воздействия. Температурные воздействия», необходимыми климатическими параметрами являются максимальная T_{max} (минимальная T_{min}) температура наружного воздуха в тени с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет).

В действующем нормативном документе, СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия, (обязательное приложение 5), представлены карты районирования территорий б. СССР по:

- средней месячной температуре воздуха, $^{\circ}\text{C}$ в январе (карта 5),
- средней месячной температуре воздуха, $^{\circ}\text{C}$ в июле (карта 6),
- отклонению средней температуры воздуха наиболее холодных суток от средней месячной температуры, $^{\circ}\text{C}$ в январе (карта 7).

Таким образом, для применения положений СН РК EN 1991-1-5 необходима разработка карт изотерм максимальных и минимальных температур для регионов Республики Казахстан с годовой вероятностью превышения 0,02 (соответствует периоду повторяемости 50 лет).

Результаты обработки данных наблюдений для метеостанций Аршалы, Узынагаш, БАО

Максимальные (минимальные) температуры наружного воздуха с годовой вероятностью превышения 0,02 определены (для примера) по метеостанциям Аршалы, Узынагаш и БАО (Большое Алматинское озеро) по выборкам наблюдений с 1971 по 2008 год (таблицы 4.1 и 4.2).

Для определения характеристических значений температур использовано распределение Гумбеля. Алгоритм расчета аналогичен вычислениям, проведенным в разделе 2.1. Снеговые нагрузки

Пример расчета для метеостанции Аршалы (максимальные температуры) приведен в таблице 4.3. Результаты расчетов по определению максимальных и минимальных значений температуры наружного воздуха с вероятностью 0,02 приведены в таблицах 4.4 и 4.5.

Сравнение с температурными параметрами по СН РК 2.04-01-2010:

- температура воздуха наиболее теплого месяца, с обеспеченностью 0,98
 - Астана (Аршалы) $29,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум 39°C ,
 - Характеристическое значение T_{\max} (по распределению Гумбеля) 42°C ,
 - Алматы (Узынагаш) $31,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум 43°C
 - Характеристическое значение T_{\max} (по распределению Гумбеля) $45,3^{\circ}\text{C}$
- температура воздуха наиболее холодных суток, с обеспеченностью 0,98
 - Астана (Аршалы) -41°C , абсолютный минимум -52°C ,
 - Характеристическое значение T_{\min} (по распределению Гумбеля) -41°C ,
 - Алматы (Узынагаш) -30°C , абсолютный минимум – данные отсутствуют,
 - Характеристическое значение T_{\min} (по распределению Гумбеля) -36°C .

Приведенная методика обработки результатов наблюдений рекомендуется для использования при составлении карт изотерм максимальных и минимальных температур наружного воздуха для территории Республики Казахстан с годовой вероятностью превышения 0,02.

Таблица 4.1. Максимальные температуры наружного воздуха, t°С

Станция	Аршалы	Узынагаш	Озеро Улькен Алматы (БАО)
Годы	t, °С		
1971			23
1972		36	21
1973		41	24
1974		37	22
1975		40	26
1976	38	40	24
1977	37	39	23
1978	36	38	23
1979	34	40	28
1980	37	39	23
1981	34	38	23
1982	36	38	22
1983	36	43	28
1984	38	40	24
1985	36	37	23
1986	36	38	23
1987	37	37	23
1988	39	38	24
1989	37	38	23
1990	38	39	24
1991	36	43	21
1992	39	37	23
1993	33	36	22
1994	36	38	24
1995	36	39	21
1996	37	38	25
1997	38	44	25
1998	39	38	23
1999	39	37	23
2000	37	39	23
2001	36	39	24
2002	40	41	24
2003	35	38	23
2004	36	38	23
2005	41	42	23
2006	38	39	23
2007	38	42	24
2008	40	44	25
2009	36	37	21
2010	37	39	22

Таблица 4.2. Минимальные температуры наружного воздуха, t°С

Станция	Аршалы	Узынагаш	Озеро Улькен Алматы (БАО)
Годы	t, °С		
1971			-21
1972		-30	-23
1973		-32	-24
1974		-36	-29
1975		-34	-27
1976	-46	-35	-24
1977	-39	-33	-24
1978	-37	-33	-26
1979	-38	-31	-22
1980	-38	-28	-21
1981	-33	-31	-23
1982	-35	-24	-26
1983	-31	-22	-20
1984	-34	-33	-25
1985	-32	-26	-20
1986	-35	-24	-20
1987	-38	-31	-28
1988	-33	-35	-25
1989	-33	-31	-25
1990	-33	-27	-24
1991	-38	-35	-27
1992	-31	-22	-18
1993	-35	-27	-23
1994	-36	-31	-23
1995	-34	-30	-23
1996	-39	-31	-28
1997	-38	-34	
1998	-38	-27	-18
1999	-38	-28	-23
2000	-38	-25	-23
2001	-33	-36	-28
2002	-36	-30	-23
2003	-32	-25	-20
2004	-32	-23	-22
2005	-32	-28	-21
2006	-42	-30	-24
2007	-34	-33	-25
2008	-34	-28	-24
2009	-35	-26	-19
2010	-38	-30	-24

**Определение характеристических значений максимальной температуры воздуха, T_{max} ,
Таблица 4.3. Характеристические значения максимальных температур наружного воздуха по метеостанции Аршалы**

Максимальная температура м/станция Аршалы

Всего- N=35 лет

1. Определяется $X_{ср}$ и СКО

2. Определяются $1/\alpha$ и q
Определяются $Y(n)$ и СКО(n)

$1/\alpha = 1,536719$ $q = 35,99327$

3. Расчет U_p по формуле(2.41)

4. Расчет X_p по формуле(2.39)

Годы	Исходные данные	Расчет СКО	Расчет Cs		Расчет U_p по ф-ле (2.41)	Расчет X_p по ф-ле (2.39)
1	38	1,62	2			
2	37	0,03	0			
3	36	1,27	-1			
4	34	11,06	-37			
5	37	0,11	0			
6	34	10,41	-34			
7	36	1,76	-2			
8	36	0,28	0			
9	38	1,89	3	P		
10	36	1,60	2	0,1	6,90	47
11	36	0,68	-1	0,5	5,29	44,1
12	37	0,05	0	1	4,59	43,1
13	39	2,80	5	2	3,90	42,0
14	37	0,11	0	3	3,49	41,4
15	38	0,45	0	5	2,97	40,6
16	36	0,18	0	10	2,25	39,5
17	39	5,64	13	20	1,50	38,3
18	33	18,71	-71	30	1,03	37,6
19	36	0,18	0	40	0,67	37,0
20	36	0,68	-1	50	0,37	36,6

$Y_{ср}(n)$	СКО(n)
0,541	1,129

из табл

← Значение температуры 1 раз в 50 лет

21	37	0,00	0	60	0,09	36,1
24	39	2,80	5	90	-0,83	34,7
25	37	0,11	0	95	-1,10	34,3
26	36	1,76	-2	99	-1,53	33,6
27	40	7,15	19	99,9	-1,93	33,0
28	35	2,33	-4			
29	36	1,76	-2			
30	41	13,50	0			
31	38	1,15	1			
32	38	1,15	1			
33	40	7,15	19			
34	36	1,50	-2			
35	37	0,33	0			

РЕЗУЛТАТ:
1 раз в 50 42,0

n	Уср(n)	СКО(n)
31	0,537	1,116
32	0,538	1,119
33	0,539	1,123
34	0,540	1,126
35	0,541	1,129
36	0,541	1,131
37	0,542	1,134
38	0,542	1,136
39	0,543	1,139
40	0,544	1,141

Средн 36,83 -40
СКО 1,74
Сv= 0,05
Сs= -0,22

Результаты обработки данных наблюдений за 1971- 2008 гг.

Таблица 4.4 – Максимальная температура наружного воздуха,

Метеостанция	$1/\alpha$	β	Характеристическое значение (период повторяемости 1 раз в 50 лет)
Аршалы	1,54	36,0	42,0
БАО	1,28	22,7	27,7
Узынагаш	1,86	38,0	45,3

Минимальная температура наружного воздуха

Метеостанция	$1/\alpha$	β	Характеристическое значение (период повторяемости 1 раз в 50 лет)
Аршалы	2,81	-37,2	-41,0
БАО	2,38	-24,6	-27,8
Узынагаш	3,38	-31,4	-36,0

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5.1. Нормативно-технический документ «Методические указания...» содержит единые правила и алгоритмы обработки климатических параметров различных регионов Республики Казахстан (включая малоизученные и горные районы) для составления карт климатических параметров, основанных на обеспеченности расчетных характеристик согласно требованиям Еврокода 1.

5.2. Методические указания составлены на примерах обработки климатических параметров (годовых максимумов), полученных службами РГП «Казгидромет» за период наблюдений 1971-2008 (2010) гг. для трех метеостанций: Аршалы (Акмолинская область), Узынагаш и Большое Алматинское озеро (Алматинская область).

5.3. Принципиальное значение определения климатических параметров по Еврокоду 1 состоит в том, что в качестве базовой величины используется не весьма часто превышаемый средний годичный максимум, как в СНиП 2.01.07-85*, а достаточно редко реализуемое характеристическое значение с периодом повторяемости 50 лет, близким к обычным срокам службы зданий и сооружений.

Такой подход не только полнее учитывает реальную метеорологическую информацию, но и существенно снижает возможные погрешности при переходе к расчетным значениям климатических воздействий.

5.4. По результатам обработки климатических параметров (годовых максимумов) получены характеристические значения снеговой нагрузки для трех метеостанций с использованием распределения Гумбеля: Аршалы $s_k = 159,3 \text{ кг/м}^2$, Узынагаш $s_k = 109,5 \text{ кг/м}^2$, БАО $s_k = 329,5 \text{ кг/м}^2$.

Сравнение со значениями расчетных снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07-85* для климатических регионов, в которых расположены метеостанции Узынагаш (II снеговой район по карте 1, приложения 5), $S_g = 120 \text{ кг/м}^2$ и Аршалы (III снеговой район по той же

карте), $S_g = 180 \text{ кг/м}^2$ указывает на удовлетворительную сходимость результатов, однако, несколько отличается от ожидаемых значений, поскольку расчетные значения снеговых нагрузок по СНиП 2.01.07-85* соответствуют вероятности 0,04.

Можно предположить, что здесь сказались влияние унификации снеговых нагрузок по климатическим регионам, неизбежной при составлении карт, а также результаты полученные по отдельным станциям, корректировка которых возможна при обобщении результатов обработки данных нескольких станций соответствующего региона.

5.5. Зависимости между высотным положением местности и снеговыми нагрузками для территории Республики Казахстан, по аналогии с картами стран-членов ЕС, приведенными в таблице С.1 Еврокода EN 1991, получены исходя из сопоставления годовых максимумов снеговых нагрузок для соседних метеостанций, расположенных соответственно в предгорном и в горном районах одного климатического региона.

В качестве примера рассмотрены данные метеостанции Узынагаш (отметка над уровнем моря $A=814 \text{ м}$) и метеостанции Озеро Улькен Алматы (отметка над уровнем моря $A=2516 \text{ м}$).

5.6. С учетом номера снегового района (зона) $Z=2$, определяющего характеристическое значение снеговой нагрузки для равнинной части климатического региона (метеостанция Узынагаш), зависимость снеговой нагрузки от высоты местности принята прямолинейного типа (по аналогии с картами Великобритании, Швеции, см. табл. С1 Еврокода 1)

$$S_k = 0,130 \cdot Z - 0,10 + \frac{A}{815};$$

где S_k — характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт, кН/м^2 ;

A — высота местности над уровнем моря;

Z — номер района (зоны), указанный на карте характеристических снеговых нагрузок, здесь $Z=2$.

При составлении общих карт климатических параметров территории Республики Казахстан полученные результаты должны быть сопоставлены с данными по другим климатическим регионам (горные районы Восточно-Казахстанской, Алматинской, Джамбулской и Южно-Казахстанской областей).

5.7. Из сравнения графиков максимальных снеговых нагрузок за период 1971-2008 гг для метеостанций БАО (Большое Алматинское озеро) и Узынагаш, получена огибающая линия, соответствующая соотношению снеговых нагрузок для указанных метеостанций $n=6,08$.

По результатам обработки климатических данных за период наблюдений с 1971 по 2008 гг. характеристические значения снеговых нагрузок для метеостанций БАО (Большое Алматинское озеро) и Узынагаш составляют соответственно $S_k = 330 \text{ кг/м}^2$ и $S_k = 110 \text{ кг/м}^2$, а их отношение равно 3.

Таким образом, для рассматриваемого региона подтверждается значение коэффициента перехода к чрезвычайным снеговым нагрузкам C_{est} (в результате снегопадов с исключительно низкой вероятностью), величина которого (на переходный период до 2015 года) принята для территорий Республики Казахстан равной $C_{est} = 2$ (п. 4.3 Еврокода 1).

5.8. Характеристические значения базовых скоростей ветра для трех метеостанций, с вероятностью превышения 1 раз в 50 лет, получены по результатам обработки данных наблюдений за период 1971-2010 гг, с использованием распределения Вейбулла (графический метод).

Характеристические значения базовых скоростей ветра составляют по метеостанциям Узынагаш и Аршалы (II ветровой район), $v_b = 21,0$ м/сек.

5.9. Сравнение данных обработки скоростей ветра со значениями расчетных ветровых нагрузок (скоростей ветра) по действующим нормам, СНиП 2.01.07-85*, с вероятностью превышения 1 раз в 5 лет, для климатических регионов, в которых расположены метеостанции Узунагаш ($v_0 = 22,2$ м/с) и Аршалы ($v_0 = 25,0$ м/с) указывает на существенные расхождения в полученных результатах, в том числе, с учетом различий в нормируемых вероятностях превышения.

Можно полагать, что при составлении карты климатических параметров для территории Республики Казахстан и обобщении результатов обработки данных нескольких метеостанций соответствующего региона, полученные данные будут скорректированы, с учетом рассмотренных в настоящих «Методических указаниях...» критериев оценки применимости принятых законов распределения.

5.10. Характеристические значения максимальных T_{\max} и минимальных T_{\min} температур наружного воздуха с вероятностью превышения 1 раз в 50 лет определены по метеостанциям Аршалы, Узынагаш и БАО (Большое Алматинское озеро) по выборкам наблюдений с 1971 по 2010 годы, с использованием распределения Гумбеля.

5.11. Сравнение с температурными параметрами по СН РК 2.04-01-2010:

- температура воздуха наиболее теплого месяца, с обеспеченностью 0,98 Астана (Аршалы) $29,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум 39°C ,

Характеристическое значение T_{\max} (по распределению Гумбеля) 42°C ; Алматы (Узынагаш) $31,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум 43°C

Характеристическое значение T_{\max} (по распределению Гумбеля) $45,3^{\circ}\text{C}$

- температура воздуха наиболее холодных суток, с обеспеченностью 0,98 Астана (Аршалы) - 41°C , абсолютный минимум - 52°C ,

Характеристическое значение T_{\min} (по распределению Гумбеля) -41°C ,

Алматы (Узынагаш) -30°C , абсолютный минимум – данные отсутствуют,

Характеристическое значение T_{\min} (по распределению Гумбеля) -36°C .

5.12. Приведенная методика обработки результатов наблюдений рекомендуется для использования при составлении карт изотерм максимальных и минимальных температур наружного воздуха для территории Республики Казахстан с годовой вероятностью превышения 0,02.

Приложение А

Значения верхнего $q\%$ предела χ_q^2 в зависимости от вероятности

$$P(\chi^2 > \chi_q^2) = \frac{1}{\Gamma(\frac{n}{2})2^{\frac{n}{2}}} \int_{\chi_q^2}^{\infty} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} dx \text{ и числа } K \text{ степеней свободы } \chi^2 \text{ - распределения}$$

Таблица А.1.

Число степеней свободы K	Вероятность $P(\chi^2 > \chi_q^2)$							
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30
1	0,00016	0,0006	0,0039	0,016	0,064	0,148	0,455	1,07
2	0,020	0,040	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,41
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,66
4	0,30	0,43	0,71	1,06	1,65	2,19	3,36	4,9
5	0,55	0,75	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,1
6	0,87	1,13	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,2
7	1,24	1,56	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,4
8	1,65	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,5
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8
11	3,1	3,6	4,6	5,6	7,0	8,1	10,3	12,9
12	3,6	4,2	5,2	6,3	7,8	9,0	11,3	14
13	4,1	4,8	5,9	7,0	8,6	9,9	12,3	15,1
14	4,7	5,4	6,6	7,8	9,5	10,8	13,3	16,2
15	5,2	6,0	7,3	8,5	10,3	11,7	14,3	17,3
16	5,8	6,6	8,0	9,3	11,2	12,6	15,3	18,4
17	6,4	7,3	8,7	10,1	12,0	13,5	16,3	19,5
18	7,0	7,9	9,4	10,9	12,9	14,4	17,3	20,6
19	7,6	8,6	10,1	11,7	13,7	15,4	18,3	21,7
20	8,3	9,2	10,9	12,4	14,6	16,3	19,3	22,8
21	8,9	9,9	11,6	13,2	15,4	17,2	20,3	23,9
22	9,5	10,6	12,3	14,0	16,3	18,1	21,3	24,9
23	10,2	11,3	13,1	14,8	17,2	19,0	22,3	26,0
24	10,9	12,0	13,8	15,7	18,1	19,9	23,3	27,1
25	11,5	12,7	14,6	16,5	18,9	20,9	24,3	28,1
26	12,2	13,4	15,4	17,3	19,8	21,8	25,3	29,3
27	12,9	14,1	16,2	18,1	20,7	22,7	26,3	30,3
28	13,6	14,8	16,9	18,9	21,6	23,6	27,3	31,4
29	14,3	15,6	17,7	19,8	22,5	24,6	28,3	32,5
30	15,0	16,3	18,5	20,6	23,4	25,5	29,3	33,5

Приложение В

Методика обработки результатов наблюдений климатических параметров. Снеговая нагрузка [13]

Снежный покров состоит из твердых осадков, выпадающих в зимний период, а также ледяной корки и воды, образующихся во время оттепелей. В зависимости от климатических условий снежный покров может иметь разную толщину и плотность. Произведение толщины и плотности дает массу снега на единице площади, т.е. снеговую нагрузку на поверхность земли. С учетом того, что плотность воды равна единице, эта величина численно равняется эквивалентной толщине слоя талой воды. В метеорологии принято выражать ее в миллиметрах и называть запасом воды в снежном покрове. По-видимому, происхождение этого термина объясняется изначально агрономической и гидрологической ориентацией метеорологических наблюдений за снежным покровом: накопленный к концу зимы запас воды в снежном покрове определяет влажность и плодородность почвы, а также величину весенних паводков рек.

Систематические наблюдения за снежным покровом начаты в конце XIX ст., в частности на территории России - с 1892 года. На первых порах фиксировались степень покрытости опытного участка снегом и высота снежного покрова с помощью стационарно установленной рейки. Несколько позже начали проводиться измерения плотности снега. Ежедневные наблюдения с помощью постоянной рейки дают достаточно объемные массивы статистических данных по высоте снежного покрова и некоторые сведения о его плотности, но эти данные относятся лишь к одной точке земной поверхности.

С 30-х годов XX ст. метеорологические станции перешли на более совершенный и достоверный метод наблюдений за снежным покровом: снегомерные съемки. Сущность этого метода состоит в том, что на достаточно большой площадке, условия которой являются характерными для данной территории, выполняется 100 измерений высоты снежного покрова и отбирается 10 проб для определения плотности снега. Как правило, снегомерные съемки должны проводиться в поле (местность, открытая действию ветра), на лесной поляне или в лесу под кронами деревьев (местность, защищенная от действия ветра). Некоторые метеостанции ведут снегомерные съемки в оврагах, а также маршрутные снегомерные съемки в горной местности. При этом, количество измерений высоты снежного покрова обычно уменьшается до 50, а количество проб плотности - до пяти. Отдельные метеостанции проводят одновременные измерения на двух или трех разных площадках.

В местностях со стабильно отрицательными зимними температурами воздуха и устойчивым снежным покровом снегомерные съемки проводятся ежедекадно, а в южных районах с неустойчивым снежным покровом каждые 5 суток. Съемка выполняется при степени покрытости опытного участка или маршрута снегом не менее 50%. Пробы плотности отбираются плотномером, представляющим собой металлический цилиндр, которым прорезают снежный покров насквозь и таким образом формируют керн, включающий в себя все слои снежного покрова. По количеству воды, образовавшейся после таяния пробы, определяется средняя в данной точке плотность снежного покрова и осреднение по всем слоям, фактически имеющим разную плотность. При высоте снежного покрова менее 5 см пробы плотности не отбираются, поэтому результатом такой снегомерной съемки является лишь средняя высота снежного покрова.

Окончательными результатами каждой снегомерной съемки являются: степень покрытости участка снегом, средняя высота снежного покрова (из 100 или 50 измерений), средняя плотность снега (из 10 или 5 измерений), наличие ледяной корки и воды в снежном покрове, запас воды в снеге (произведение средней высоты и средней плотности), а также общий запас воды (с учетом ледяной корки).

Результаты снегомерных съемок публиковались в метеорологических ежегодниках и ежемесячниках, а также накапливаются на электронных носителях информации. Достаточно объемные обобщенные результаты наблюдений за снежным покровом опубликованы также в Справочнике по климату СССР.

В разные годы учеными-климатологами выполнялись многочисленные исследования характеристик снежного покрова.. По данным, заимствованным из книги М.Е. Завариной[12] наибольшая высота снежного покрова, которая может реализоваться один раз в 10 лет, изменяется от 20 см к югу от 45 параллели (юг Украины, прикаспийские и приаральские равнины) до 60-80 см на Европейской территории России, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, 100-120 см в некоторых районах Сибири, на Сахалине и на севере Дальнего Востока и даже до 140-180 см в отдельных районах Камчатки. Средняя плотность снежного покрова достаточно хаотично изменяется от $0,16 \text{ г/см}^3$ в отдельных районах Восточной Сибири до $0,32 \text{ г/см}^3$ на Камчатке. Наиболее характерными для большей части территории СССР являются значения порядка $0,20...0,24 \text{ г/см}^3$

Сравнительно небольшую изменчивость средней плотности можно объяснить влиянием следующих причин. В северных географических районах с устойчиво низкими зимними температурами снег накапливается практически в течение всей зимы; при этом он остается сухим, но слеживается и уплотняется. В южных районах с частыми оттепелями снег более влажный, а весной может быть просто насыщен водой, что тоже способствует повышению средней плотности. Кроме того, в этих районах нередко образуется ледяная корка, существенно увеличивающая общий запас воды в снежном покрове.

Весьма важным представляется сопоставление результатов параллельных наблюдений за снежным покровом на различных площадках. Обзор опубликованных исследований и собственный опыт авторов показывают, что годовые максимумы запаса воды в снежном покрове на поляне в лесу и под кронами деревьев практически равны, поскольку эти типы площадок защищены от действия ветра

Максимум запаса воды в снежном покрове под кронами деревьев реализуется в течение зимы несколько позже, чем на лесной поляне, что можно объяснить задержкой снега на ветвях (особенно хвойных пород) и последующим падением на поверхность земли. Вследствие сдувания ветром средний запас воды в снежном покрове на полевых площадках меньше, чем на поляне в лесу. Обычно эта разница составляет 10... 15%, хотя иногда может достигать 20...25%. Снеговые отложения в оврагах могут принципиально отличаться от окружающей местности, что не позволяет использовать такие данные в качестве общей характеристики снежного покрова в определенном районе.

Характеристика снеговой нагрузки на поверхности земли

Результаты систематических снегомерных съемок на имеющейся сети пунктов наблюдения позволяют проанализировать изменения величины снеговой нагрузки на поверхности земли во времени и пространстве. Построенные по результатам снегомерных съемок характерные реализации изменения веса снежного покрова на протяжении нескольких лет изображены на рисунке В.1. На метеостанции Кострома, расположенной в многоснежном районе с устойчивым снежным покровом, снег постепенно накапливается в течение зимы и достаточно быстро тает весной. Зимние реализации случайного процесса изменения веса снежного покрова имеют вид несимметричных выпуклых кривых, весьма близких одна к другой. Для метеостанции Полтава, расположенной в малоснежном районе с неустойчивым снежным покровом, характерен иной вид зимних реализаций того же процесса. Из рисунка видно, что снег может выпадать и таять несколько раз в течение зимы, вследствие чего межгодовая изменчивость намного больше, чем на метеостанции Кострома. Тем не менее,

изображенный жирными линиями характер изменения среднегодового значения оказывается достаточно близким для обеих рассмотренных метеостанций.

а)

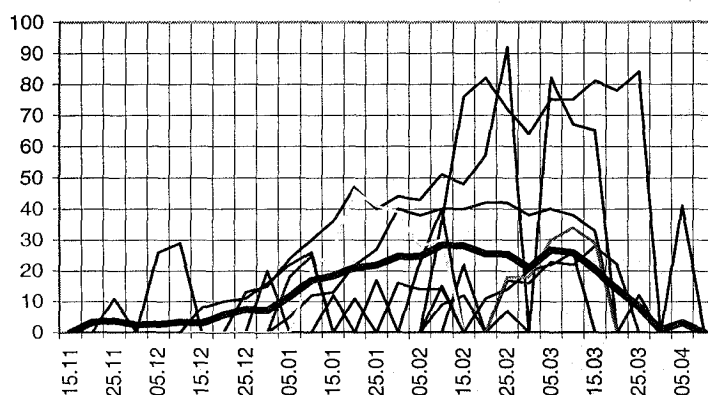
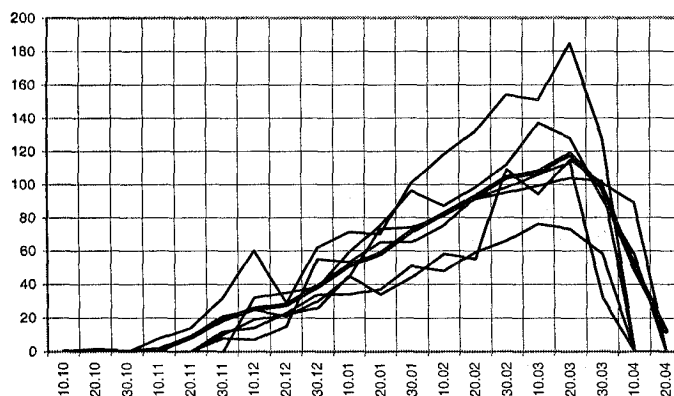


Рис. В.1. Зимние реализации случайного процесса изменения веса снежного покрова на поверхности земли: *а* — метеостанция Кострома, *б* — метеостанция Полтава

Из рис. В.1 видно, что вес снегового покрова на поверхности земли (запас воды в снежном покрове) случайным образом изменяется во времени как в течение зимы, так и от зимы к зиме, что обусловлено воздействием сложнейшего комплекса климатических факторов. Поэтому естественной формой описания снеговой нагрузки в определенной географической точке является вероятностная модель случайного процесса.

Для вероятностного представления снеговой нагрузки разными авторами использовались марковские процессы рождения и гибели, последовательности прямоугольных импульсов со случайными параметрами, а также ряд составных моделей, например произведение стационарного дифференцируемого случайного процесса и функции математического ожидания сумма единичного стационарного гауссовского процесса пятисуточных максимумов с многолетним средним, заданным прямоугольной импульсной функцией. Применение нормального распределения обусловлено тем, что исследования выполнялись на базе метеостанций из многоснежных районов СССР. В ряде работ показано, что в малоснежных районах с неустойчивым снежным покровом, распределения снеговой нагрузки имеют гораздо более сложный характер и требуют использования законов распределения, принципиально отличающихся от нормального.

Сравнительно простой, но достаточно точной и популярной является вероятностная модель последовательности годовых максимумов снеговой нагрузки. Для ее разработки из результатов снегосъемок за каждый год (или за зиму) выбираются максимальные значения и таким образом формируется последовательность максимумов, которую приближенно можно считать выборкой независимых данных.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о возможности описания таких последовательностей двойным экспоненциальным законом распределения Гумбеля с плотностью

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \exp \left[\frac{\alpha - x}{\beta} - \exp \left(\frac{\alpha - x}{\beta} \right) \right] \quad (6.2)$$

и интегральной функцией распределения

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left(\frac{\alpha - x}{\beta} \right) \right], \quad (6.3)$$

где α и β - параметры, которые определяются через математическое ожидание M и стандарт S выборки максимумов.

Такая методика вероятностного описания снеговой нагрузки не требует обработки большого количества опытных данных и позволяет существенно упростить расчеты, перейдя от операций со случайными процессами к операциям со случайными величинами. Благодаря равномерности деления на годовые интервалы, последовательность максимумов несет информацию о частотной структуре процесса нагружения и тем самым обеспечивает учет фактора времени в расчетах с использованием вероятностной модели последовательности годовых максимумов.

Параметры распределения Гумбеля (6.2), (6.3) определяются с учетом математического ожидания M и стандарта S обработанной выборки максимумов по формулам:

$$a = M - k_\alpha S; \quad \beta = k_\beta S. \quad (6.4)$$

Переходные коэффициенты k_α и k_β зависят от:

- вида исходного распределения, из которого выбирались максимумы;
- объема экстремальной выборки (количества независимых данных, из которых выбирается один максимум);
- объема обработанной выборки максимумов N ,

В предельном случае, при достаточно большом объеме экстремальной выборки, переходные коэффициенты можно приближенно принимать равными $k_\alpha = 0,45$ и $k_\beta = 0,78$. Более точно переходные коэффициенты рекомендуется определять с учетом объема выборки максимумов N по таблице Э. Гумбеля [3], которая в [20] аппроксимирована формулами:

$$k_\alpha = 0,45 + 0,34N^{-0,69}; k_\beta = 0,78 + 1,54N^{-0,75}; \quad (6.5)$$

В предельном случае $N \rightarrow \infty$ вычисленные по формулам (6.5) переходные коэффициенты принимают указанные выше значения $k_\alpha = 0,45$ и $k_\beta = 0,78$.

Методика расчета климатических параметров. Снеговая нагрузка [14]

Климатическим параметром в формуле для определения величины снеговой нагрузки на покрытие, формула (5), СНиП 2.01.07-85* является величина s_0 , которая определяется запасом воды в снежном покрове. Этот запас, выраженный в миллиметрах водяного столба, эквивалентен массе снежного покрова, выраженной в $\text{кг}/\text{м}^2$.

Исходными данными для расчета вероятностных значений снеговой нагрузки являются сезонные максимумы (за каждый зимний сезон) запаса воды в снеге по данным снегомерных съемок. Эти данные помещены в «Метеорологических ежемесячниках». Снегомерные съемки дают более полное представление о снегозалегании на окружающей местности, чем данные по постоянной рейке. Они

производятся на участке наиболее характерном для данного района - «поле», «лес», «поляна в лесу» - один раз в декаду в течение всей зимы.

Для районов с мягкой зимой, неустойчивым снежным покровом и оттепелями вид участка наблюдений не имеет существенного значения. В районах с многоснежной и продолжительной зимой наиболее показательными являются участки лиственного леса и поляна в лесу. Запасы воды в снеге в хвойных лесах меньше, чем в лиственных за счет задержания снега кронами хвойных деревьев.

При снегомерной съемке определяется высота снежного покрова и его плотность, а по ним рассчитывается запас воды (в мм).

Для районов с устойчивым снежным покровом достаточно располагать климатическими рядами сезонных максимумов длительностью 15-20 лет. В зонах с неустойчивым снежным покровом и активной циклонической деятельностью требуются ряды длительностью 30 - 35 лет.

Предварительно сезонные данные по запасу воды в снежном покрове проверяются на неоднородность, которая может быть обусловлена тремя причинами:

- сменой участка снегосъемок,
- изменением методики измерений,
- ошибками при расчетах.

Неоднородность, вызванная первыми двумя причинами, выявляется при коррелировании данных по максимальным за зиму запасам воды на двух соседних станциях. Если зависимость между этими данными изобразить в форме корреляционного графика, то неоднородность ряда наблюдений одной из сравниваемых станций хорошо будет видна на графике в виде излома. На графики наносятся максимальные запасы воды за каждую зиму. Возможно, также, использование параметрического критерия Стьюдента или непараметрического критерия Вилкоксона. Ошибки при подсчете выявляются при коррелировании максимального запаса воды в снеге и высоты снежного покрова, приходящихся на одну и ту же декаду. Если имеются ряды максимумов по данным снегосъемок, например, в лесу и в поле, то они обрабатываются отдельно.

Для определения величины снеговой нагрузки различной обеспеченности (периода повторения) сезонные максимумы запаса воды в снежном покрове аппроксимируются определенными законами распределения: Гумбеля, Дженкинсона или используется метод Чегодаева - Алексева.

Расчитать величину снеговой нагрузки очень редкой повторяемости методом Чегодаева-Алексева невозможно, т. к. экстраполяция кривой, а не прямой, как, например, в методике Гумбеля, в область редкой повторяемости носит весьма субъективный характер.

Для расчета нагрузок очень редкой повторяемости лучше подходят распределения Гумбеля (аналитический и графический варианты) и Дженкинсона, которые позволяют аппроксимировать эмпирический ряд в область редкой повторяемости.

Сравнение результатов, полученных тремя методами: Гумбеля, Дженкинсона, Чегодаева - Алексева показывает, что расхождения между значениями максимального влагосодержания снежного покрова, полученными этими методами, наибольшие при подсчете 2% обеспеченности. Как правило, значения запаса воды в снежном покрове редкой повторяемости, полученные методом Гумбеля, превышают соответствующие значения, вычисленные методом Чегодаева - Алексева. Данные, полученные по методу Дженкинсона, имеют в основном промежуточные значения.

Расчеты снеговых нагрузок по распределениям Гумбеля и Дженкинсона аналогичны расчетам ветровых нагрузок (см. раздел «Ветровые нагрузки»).

Очень часто используется графический способ методики Гумбеля. С этой целью для данного закона распределения построена клетчатка вероятностей, на которой

кривая распределения спрямляется. Экстраполируя прямую, можно получить значения нагрузок редкой повторяемости.

Методика расчета климатических параметров. Ветровая нагрузка [13]

Ветровая нагрузка в соответствии со СНиП 2.01.07-85* относится к кратковременным нагрузкам, не имеющим пониженного нормативного значения. Для некоторых типов сооружений (например, зданий АЭС) для ветровой нагрузки рассматривается экстремальное (особое) значение.

Проблема исследования ветровой нагрузки и расчета сооружений на ветровые воздействия распадается на три крупные подзадачи:

- изучение ветрового режима местности, основанное на использовании результатов метеорологических и климатологических исследований;
- оценка сил, вызываемых воздействием ветра на сооружение, которые изучаются на основе решений задач теоретической аэродинамики и данных экспериментальных исследований;
- определение реакции сооружения на ветровую нагрузку, основанное, как правило, на решении задач статики и динамики сооружений.

В этом разделе рассматриваются все упомянутые задачи с той степенью детализации, которая необходима инженеру-проектировщику для понимания результатов, получаемых внутри указанных достаточно разнородных научных дисциплин. Что касается методики получения таких результатов, то, как правило, она не приводится и заменяется только библиографическими ссылками на соответствующую научную и техническую литературу.

Ветер как природное явление

Ветер вызывается разностью давления в атмосфере. Все перепады давления между различными точками земной поверхности прямо или косвенно связаны с перепадами температуры. Если в каком-то районе температура выше, воздух в нем нагревается и поднимается вверх, образуя внизу зону низкого давления, в которую начинает стекаться холодный воздух соседних районов. Чем больше разность давлений в двух областях, тем быстрее между ними движется воздух.

Таким образом, изменение скорости и направления ветра объясняется, главным образом, изменением температуры. Поэтому естественно ожидать периодических трендов, соответствующих годовому циклу, метеорологическому циклу (длительностью около 4 суток) и суточному циклу инсоляции.

И действительно, распределение мощности ветрового потока по частотам, полученное Ван дер Ховеном [14], имеет три пика, соответствующие этим трем циклам (рис. 7.1). Но она содержит еще один пик в области гораздо меньших периодов. Этот четвертый пик, называемый часто микрометеорологическим в противоположность первым трем макрометеорологическим пикам, объясняется турбулентностью, возникающей в потоке воздуха при его трении о поверхность земли.

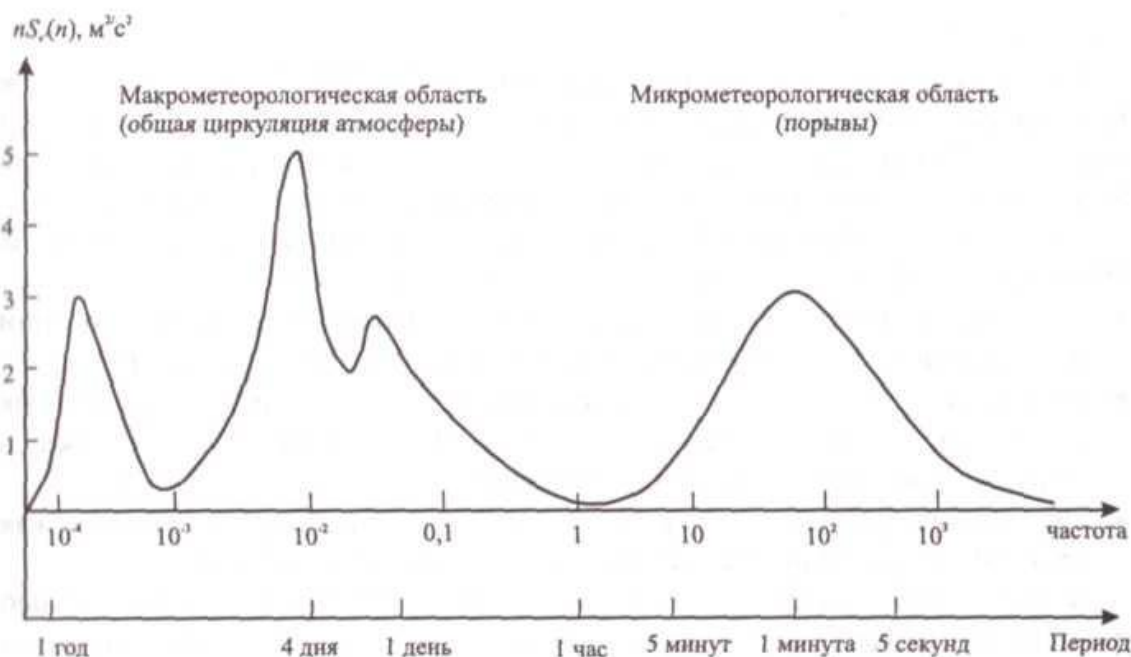


Рис. 7.1. Энергетический спектр Ван дер Ховена

Между микро- и макрометеорологическими пиками при значениях периодов от 5 ч до 10 мин имеется характерная область для очень малых ординат (спектральный "провал"). Справа от этого провала спектр соответствует порывам, вызываемым турбулентностью потока воздуха, и, следовательно, в большой степени зависит от местной шероховатости земной поверхности

Движение атмосферного воздуха можно представить, как сумму взаимодействующих потоков, характеризуемых масштабами от 1 мм до тысяч километров. В метеорологии обычно устанавливают три основные группы атмосферных движений:

- микромасштабные — движения с характерными размерами менее 20 км и масштабом времени порядка 1 ч;
- мезомасштабные — движения с характерными размерами от 20 до 500 км и масштабом времени от 1 до 48 ч;
- синоптические — движения с характерными размерами, превышающими 500 км, и масштабом времени порядка 2 суток и более.

Поскольку основной причиной турбулентности воздушного потока является шероховатость местности, окружающей рассматриваемую площадку застройки, то средняя скорость ветра изменяется в зависимости от высоты над уровнем земли. Характерные профили скорости ветра в слое, подверженном турбулентности от взаимодействия потока воздуха с поверхностью земли, приведены на *рис. 7.2*. Из рисунка видно, что на некотором уровне трение потока воздуха о поверхность земли перестает влиять на его скорость. Этот уровень, обычно называемый градиентным уровнем, тем выше, чем больше шероховатость поверхности. Кроме того, высота этого уровня зависит от скорости ветра.

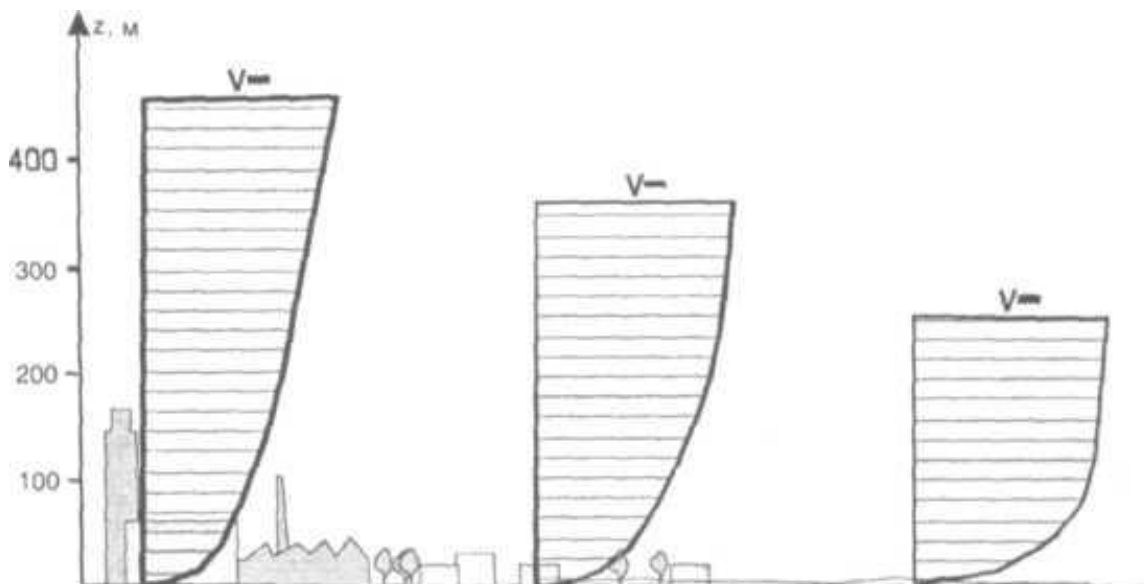


Рис. 7.2. Изменение скорости ветра в зависимости от высоты над поверхностью земли

В СНиП 2.01.07-85* используется следующая классификация поверхностей:

А — открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой до 10 м;

С — городские районы с застройкой зданиями высотой свыше 25 метров.

Для этих поверхностей градиентный уровень принят равным 300, 350 и 480 м соответственно.

Ниже градиентного уровня скорость ветра, усредненная на некотором принятом интервале времени, может определяться логарифмическим законом:

$$V(z) = V_{fl} \frac{\ln(z/z_{fl})}{\ln(z_{fl}/z_0)} \quad (7.1)$$

или степенным законом

$$V(z) = V_{fl} \left(\frac{z}{z_{fl}} \right)^\alpha \quad (7.2)$$

В формулах (7.1) и (7.2) через $V(z)$ V_{fl} обозначены скорость ветра на уровне z и на стандартной высоте установки измерительного прибора (обычно 10 м); z_0 — параметр шероховатости подстилающей поверхности. Отечественные нормы используют зависимость (7.2) с показателем степени для указанных выше типов местности равным: $\alpha_A = 0,16$; $\alpha_B = 0,22$ и $\alpha_C = 0,33$. Эта зависимость лежит в основе табулированных значений коэффициента k , учитывающего изменение ветрового давления по высоте, учитывающего изменение ветрового давления по высоте.

Выражения (7.1) или (7.2) относятся к случаю ровного рельефа. Для холмистой местности в них вносятся поправки (рис. 7.3), которые корректируют значение

скорости ветра V_{mf} на высоте z , соответствующее равнинной местности, до величины V_m .

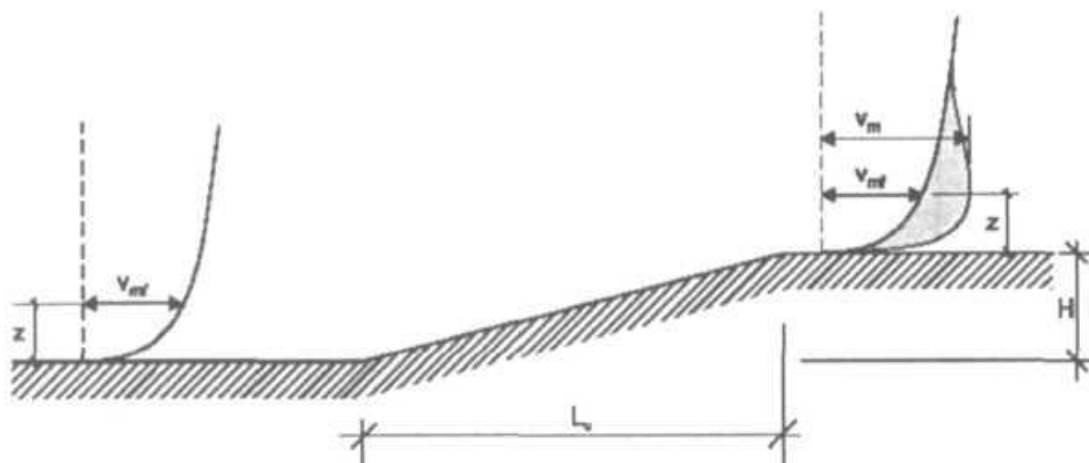


Рис. 7.3. Поправка к скорости ветра для холмистой местности

Основными характеристиками ветрового потока являются его скорость и направление. Изначально оценка скорости («силы ветра») ветра давалась по ощущению, по степени воздействия ветра на суше и море. Мореплаватели ввели в обращение следующие оценки силы ветра: штиль; тихая погода; слабый ветер; небольшой бриз; малый ветер; свежий ветер; сильный ветер; крепкий ветер; сильный шквал; свирепый ветер; шторм; ураган. Эти названия использовал английский адмирал Бофорт в своей двенадцатибалльной шкале, которая была предложена в 1806 году. С некоторыми коррективами она используется до сих пор (см. табл. 7.1).

В настоящее время характеристики ветрового потока измеряются разнообразными приборами (чаще всего анеморумбометрами), и график записи скорости ветра, измеренной таким прибором, будет иметь вид, изображенный на рис. 7.4,а.

Пики и впадины на этой кривой появляются за счет движения вихрей вокруг точки, в которой измерялась скорость ветра. Наиболее удобно представить истинную скорость турбулентного потока в данный момент времени как сумму средней скорости \bar{V} и пульсационной скорости V' :

$$V = \bar{V} + V', \text{ где}$$

$$\bar{V} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-\Delta t/2}^{t+\Delta t/2} V dt \quad (7.4)$$

В настоящее время интервал осреднения Δt чаще всего принимается равным 10 минутам, хотя используются и другие значения, как это видно из табл. 7.2, где представлены данные СНиП, Еврокода (prENV 1991), норм США (ASCE 795) Великобритании (BS 6399).

Т а б л и ц а 7 . 1

Баллы	Характеристика ветра	Скорость, м/с	Описание действия
0	Штиль	0... 0,5	Полное отсутствие ветра. Дым из труб поднимается отвесно
1	Тихий	0,6 ... 1,7	Дым из труб поднимается не совсем отвесно
2	Легкий	1,8... 3,3	Ощущается лицом как легкое дуновение. Слегка колеблет вымпел; листья шелестят
3	Слабый	3,4 ... 5,2	Колеблются листья и мелкие сучья. Развеваются легкие флаги
4	Умеренный	5,3 ... 7,4	Колеблются тонкие ветки деревьев. Ветер поднимает пыль и клочки бумаги
5	Свежий	7,5 ... 9,8	Колеблются большие сучья. На воде появляются волны
6	Сильный	9,9 ... 12,4	Колеблются большие ветки. Гудят телефонные провода
7	Крепкий	12,5 ... 15,2	Качаются небольшие стволы деревьев. На море поднимаются пенящиеся волны
8	Очень крепкий	15,3... 18,2	Ломаются ветки деревьев. Трудно идти против ветра
9	Шторм	18,3 ... 21,5	Небольшие разрушения. Срываются дымовые трубы и черепица
10	Сильный шторм	21,6 ... 25,1	Значительные разрушения. Деревья вырываются с корнем
11	Жестокий шторм	25,2 ... 29,0	Большие разрушения
12	Ураган	Свыше 29,0	Производит опустошительные действия

Т а б л и ц а 7 . 2

Нормы	Закон $V(z)$	Время осреднения
СНиП 2.01.07-85*	Степенной	10 мин
prENV1991	Логарифмический	10 мин
ASCE 795	Степенной	3 с
BS 6399	Логарифмический	1 ч

Изменение времени осреднения, естественно, меняет значение средней скорости ветра— чем больше время осреднения, тем меньше его средняя скорость. В частности, переходом от двухминутного к десятиминутному времени осреднения объясняется уменьшением нормативного значения ветрового напора при замене ранее действовавших норм на современные [4].

Пульсационная составляющая обычно характеризуется *коэффициентом пульсаций*

$$V = \bar{V} + V', \quad (7.5)$$

или *интенсивностью турбулентности*

Более тонкие характеристики пульсационной составляющей скорости ветра определяются ее энергетическим спектром (см. п. 7.6)

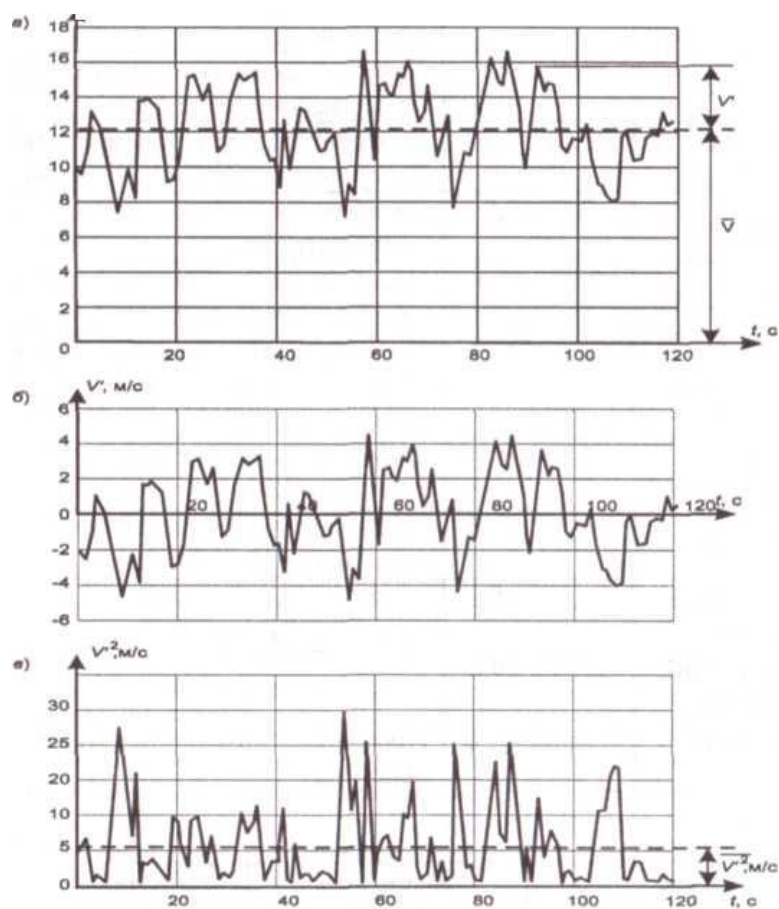


Рис. 7.4. Структура скорости ветра: а — запись скорости, б — пульсационная составляющая; в — мощность пульсаций

Статическая ветровая нагрузка

В соответствии с описанием структуры ветрового потока по формуле (7.3) ветровую нагрузку рассматривают как сумму средней и пульсационной составляющих. При этом считается, что статическая ветровая нагрузка есть *совокупность*:

а) нормального давления w_e , приложенного к внешней поверхности сооружения или элемента;

б) сил трения w_f , направленных по касательной к внешней поверхности и отнесенных к площади ее горизонтальной (для шедовых или волнистых покрытий, покрытий с фонарями)

или вертикальной проекции (для стен сложными и подобных конструкций);

в) нормального давления, приложенного к внутренним поверхностям зданий с проницаемыми ограждениями, с открывающимися или постоянно открытыми проемами.

Иногда эта нагрузка представляется как нормальное давление w_x, w_y , обусловленное общим сопротивлением сооружения в направлении осей x и y , и условно приложенное к проекции сооружения на плоскость, перпендикулярную соответствующей оси.

По СНиП 2.01.07-85* значение статической составляющей ветровой нагрузки w_m на высоте z над поверхностью земли определяют по формуле

$$w_m = w_0 k C, (7.10)$$

где w_0 — значение ветрового давления (скоростного напора), определяемое для скорости ветра на уровне 10 м над поверхностью земли, соответствующей 10-минутному интервалу осреднения и превышаемой в среднем раз в 5 лет;

k — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;

C — аэродинамический коэффициент.

Значение ветрового давления w_0 принимают в зависимости от ветрового района, для горных и малоизученных районов значение ветрового давления w_0 допускается устанавливать на основе данных метеостанций Госкомгидромета, а также результатов обследования районов строительства с учетом опыта эксплуатации сооружений.

Для определения компонентов ветровой нагрузки w_e, w_f, w_x, w_y используют соответствующие значения аэродинамических коэффициентов: внешнего давления C_e трения C_f внутреннего давления C_i и лобового сопротивления C_x или C_y , принимаемых по обязательному приложению 4 к СНиП 2.01.07-85*. Знак «плюс» у коэффициентов C_e или C_i , соответствует направлению давления ветра на соответствующую поверхность, знак «минус» — от поверхности.

Принципиально такой подход регламентируют нормативные документы всех стран, однако многие детали при этом оказываются существенно различными. Могут различаться:

- интервал осреднения At (см. формулу (7.4));

- закон изменения скорости ветра по высоте;

- набор учитываемых факторов — иногда в формулу типа (7.10) включаются дополнительные коэффициенты, учитывающие рельеф местности, направление ветра и др.

Ветровая нагрузка [13].

Ветровая нагрузка определяется как сумма средней статической и пульсационной составляющих. Статическая ветровая нагрузка учитывается при проектировании зданий высотой более 40 м, а для таких сооружений, как телевизионные и радиомачты, башни, опоры линий электропередачи (ЛЭП), дымовые трубы, ветровая нагрузка является основной. Так, увеличение расчетной скорости ветра от 25 до 32 м/с приводит к увеличению расхода арматуры колонн сооружений на 25 %. Стоимость опор ЛЭП для ветров с максимальной скоростью не выше 30 м/с снижается в среднем на 44 % по сравнению со стоимостью ЛЭП для максимально возможных скоростей более 40 м/с.

Статическая ветровая нагрузка Q_m , нормальная к поверхности сооружения или его элементу, определяется по формуле:

$$Q_m = kC_x q \quad (\text{В.4.85})$$

где C_x — аэродинамический коэффициент (коэффициент лобового сопротивления сооружения), зависящий от типа сооружения (определяется по приложению 4, СНиП 2. 01- 07 - 85*);

q — скоростной напор ветра (давление ветра на единицу поверхности), кг/м

k — коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте (определяется по табл. 4.9)

Климатическим показателем является скоростной напор ветра q . Динамическая составляющая ветровой нагрузки обусловлена порывистостью ветра. Она является кратковременной, однако по значению часто превосходит статическую составляющую. Динамическая составляющая в значительно большей степени, чем статическая, зависит от динамических свойств сооружения. Вопросы учета динамическое составляющей ветровой нагрузки на сооружения разработаны недостаточно полно и выходят за пределы области строительной климатологии.

Нормативное значение давления ветра q находится по формуле:

$$q = V^2 / 16 \quad (\text{В.4.86})$$

где V — скорость ветра 10-минутного осреднения на высоте 10 м над поверхностью земли.

Таким образом, основным климатическим параметром ветровой нагрузки можно считать нормативную скорость ветра V .

В таблице В.4.19 наряду с коэффициентом k , приведен также коэффициент $k_v(z) = \sqrt{k}$, который учитывает изменение нормативной скорости ветра по высоте

Таблица В.4.19 – Коэффициенты k и k_v , учитывающие соответственно изменение давления ветра (числитель) и его скорости (знаменатель) по высоте

Высота над поверхностью земли, м	Тип местности		
	А	В	С
<5	0,75/0,87	0,5/0,71	0,40/0,63
10	1,00/1,00	0,65/0,81	0,40/0,63
20	1,25/1,12	0,85/0,92	0,55/0,74
40	1,50/1,23	1,10/1,05	0,80/0,90
60	1,70/1,30	1,30/1,14	1,00/1,00
80	1,85/1,36	1,45/1,21	1,15/1,07
100	2,00/1,42	1,60/1,27	1,25/1,12
150	2,25/1,50	1,90/1,38	1,55/1,25
200	2,45/1,57	2,10/1,45	1,80/1,34
250	2,65/1,63	2,30/1,52	2,00/1,42
300	2,75/1,66	2,50/1,58	2,20/1,48
350	2,75/1,66	2,75/1,66	2,35/1,53
>480	2,75/1,66	2,75/1,66	2,75/1,66

Примечание. Тип местности: А — открытое побережье морей, озер и водохранилищ, пустыня, степь, лесостепь, тундра; В — городская территория, лесной массив и другая местность, равномерно покрытая препятствиями высотой более 10 м; С — городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м. Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если ее характер сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30z$ при его высоте до 60 м и на расстоянии 2 км при большей высоте сооружения.

Из формулы (В.4.86) видно, что скорость ветра является переменной, которая должна определяться как можно точнее, поскольку в формулу она входит в квадрате. В результате занижения расчетных ветровых нагрузок по сравнению с действительными возникают аварии (иногда происходит полное разрушение сооружения). При завышении ветровых нагрузок обеспечивается большой запас прочности проектируемого сооружения, но стоимость сооружения может увеличиться настолько, что превзойдет возможные убытки от аварий. В зависимости от типа сооружения, от предполагаемой продолжительности его эксплуатации может быть задана обеспеченность, с которой наблюдается большая скорость ветра и определен предел скорости, который может быть достигнут или превзойден в заданное число лет. Интегральные повторяемости рассчитываются либо по всей совокупности наблюдений за скоростью ветра, либо по ряду выборок, состоящих из годовых или месячных максимумов скорости ветра.

Определение расчетных скоростей ветра по неоднородным рядам наблюдений

В тех случаях, когда для расчета ветрового давления используются скорости ветра, определенные по разным приборам, следует иметь в виду, что они различаются между собой. Объясняется это тем, что, во-первых, периодосреднения у флюгера (двух минутное осреднение) и анемометра (десятиминутное осреднение) неодинаковы; во-вторых, скорость ветра при больших скоростях флюгером систематически завышается.

В этом случае ряды флюгерных и анемометрических наблюдений обрабатываются отдельно. Расчетные скорости ветра определяются отдельно для флюгерной и анемометрической частей ряда. Затем производится приведение расчетной скорости ветра, определенной по данным наблюдений по флюгеру $V_p(\text{фл})$ к данным по анемометру ($k V_p(\text{ан})$) по формуле:

$$V_p(\text{ан}) = 0,72V_p(\text{фл}) + 2$$

После пересчета производится объединение скоростей за разные периоды (по разным приборам) по формуле:

$$V_p = \frac{V_p^n(\text{ан})n_1 + V_p(\text{ан})n_2}{n_1 + n_2}$$

где n_1 и n_2 — длина периодов, в которые велись наблюдения соответственно по флюгеру и анемометру; $V_p^n(\text{ан})$ — расчетная скорость, определенная по данным наблюдений по флюгеру и приведенная к данным анемометра; $V_p(\text{ан})$ — расчетная скорость ветра по данным за период, когда измерения велись анемометром.

Если ряд наблюдений неоднородный (вначале флюгер с легкой доской, затем анемометр), причем наблюдения по анемометру продолжались не менее 15 лет, а в период наблюдений по флюгеру с легкой доской отмечались скорости ветра свыше 20 м/с, то часть ряда, когда наблюдения велись по флюгеру с легкой доской, исключается из обработки как недостаточно надежная.

Годовые и месячные максимумы скорости ветра

Если ряды наблюдений достаточно длинные (>20 лет), флюгерная часть наблюдений проводилась по флюгеру с тяжелой доской и при этом не наблюдались скорости ветра > 40 м/с, то в этом случае исходными рядами для расчетов нормативных скоростей ветра могут служить выборки их годовых или месячных максимумов. Для аппроксимации эмпирических рядов годовых или месячных максимумов скорости ветра используются распределения Гумбеля, второе предельное распределение (Фишера-Типпета) и распределение Дженкинсона. К настоящему времени накопились достаточно длинные ряды, поэтому целесообразнее при расчетах использовать годовые максимумы скорости ветра, что облегчает расчеты.

Ряд годовых и месячных максимумов скорости ветра можно скорректировать на непрерывность наблюдений введением повышающего коэффициента k_n по таблице В.4.20.

Таблица В.4.20 – Значения k_n по градациям скоростей ветра, измеренных анеморумбометром М-63М.

Число сроков наблюдений	Скорость ветра, м/с					
	4-7	8-11	12-15	16-19	20-27	>28
4	1.40	1.25	1.15	1.10	1.10	1.05
8	1.30	1.20	1.10	1.10	1.05	1.05

Однако эти коэффициенты невелики и обычно их не вводят в ряды годовых или месячных максимумов.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1986.
2. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. – М.: Изд-во АСВ, 1998
3. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978.
4. СНиП 2.01.07 – 85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. СНиП II-23-81*.
5. Аугусти Г., Баратта А., Кашиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании. – М.Ж Стройиздат, 1988. .бБарштейн М.Ф. Ветровая нагрузка на здания и сооружения. – Строит. Механика и расчет сооружений. – 1974, №4
6. Барштейн М.Ф. Ветровая нагрузка на здания и сооружения. – Строит. Механика и расчет сооружений. – 1974, №4
7. Айзен А.М., Ротштейн Д.М. К вероятностной оценке снеговой нагрузки// Строительная механика и расчет сооружений, .1981, №5
8. Пашинский В.А. Представление атмосферных нагрузок в виде дифференцируемых случайных процессов //Строительная механика и расчет сооружений, 1992, № 1.
9. Перельмутер А.В. Работоспособность конструкций, запроектированных по ранее действовавшим нормам снеговых нагрузок //Строительная механика и расчет сооружений, 1986, № 3.
10. Федоров Е.И. К вопросу надежности конструкций, находящихся под действием снеговой и ветровой нагрузок. // Научные труды ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Вып.38, -М., 1975
11. Бельшев И.А. О выборе исходных температур воздуха для статических расчетов конструкций // Развитие методики расчета по предельным состояниям. – М.: Стройиздат. 1971.
12. Заварина М.В. Строительная климатология. Л, Гидрометеиздат, 1976,
13. В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А.Пашинский и др. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. Из-во ИАСВ.–М., 2006
14. Руководство по специализированному климатическому обслуживанию экономики (под ред. проф. Н.В Кобышевой). С.-П., 2008
15. Н.А. Дашко. Математическая статистика в синоптической метеорологии.
16. Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. Курс теории вероятностей и математической статистики. М., Физматгиз, 1969
17. Г. Хан, С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. Перевод с английского под ред. В.В. Налимова. Из-во Мир.–М., 2006
18. Давлетгалиев С.К. Кривые распределения стока (учебное пособие). КазГУ им. Аль-Фараби. Алматы, 1992.
19. EN 1991-1-1. Eurocode 1: Action on Structures. – Part 1-1: General actions. Densities, self-weight, imposed loads for buildings. – Brussels: CEN, 1998.
20. ANSI /ASCE 795/ Minimum Design Load for Buildings and Other Structures. – American Society of Civil Engineers. 1996.
21. EN 1991-1-4 Eurocode 1, Action for Structures. –Part 1-4. General actions –Wind actions. – Brussels: CEN. 2002.
22. ISO 4354: 1997. Wind actions on structures. – Switzerland: International Organization for Standardization. 1997.
23. EN 1991-1-3 Eurocode 1, Action for Structures. –Part 1-3. General actions –Snow Loads. July, 2003.