

## РАСЧЕТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

**Цель упражнения** – освоить методы получения расчетных величин климатических характеристик различной обеспеченности.

### **Основные задачи.**

1. Изучить сущность и методы построения кривых обеспеченности климатических характеристик.

2. Построить графики эмпирических кривых обеспеченности климатических показателей температуры воздуха и атмосферных осадков.

3. Выполнить расчеты статистических параметров климатических характеристик и по их значениям подобрать и построить теоретические кривые обеспеченности.

**Исходные данные.** Многолетние данные метеорологических наблюдений, ранжированные ряды показателей температуры воздуха и атмосферных осадков, литература [1,3, 4,10].

### **Теоретическая часть.**

Климатология как наука базируется на данных многолетних метеорологических наблюдений и после их математико-статистической обработки оперирует средними значениями, а также величинами заданной повторяемости (обеспеченности).

*Повторяемость* есть отношение числа случаев со значениями метеорологического элемента, входящими в данную градацию (интервал), к общему числу членов ряда (в долях единицы или в процентах). Повторяемость, полученную на основании длинного ряда наблюдений, называют вероятностью.

*Накопленная повторяемость* характеризует частоту появления значений метеорологического элемента, превышающих (или не превышающих) заранее заданное значение. Суммарную повторяемость, полученную на основании длинного ряда наблюдений, называют интегральной вероятностью или *обеспеченностью*. Обеспеченность (Р) может выражаться в долях единицы или в процентах.

Расчет эмпирической (по результатам наблюдений) обеспеченности с использованием ранжированного метеорологического ряда согласно СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология» [4] производится по формуле

$$D = \frac{m - 0,3}{n + 0,4}, \quad (4.1)$$

где  $m$  – порядковый номер члена метеорологического ряда;

$n$  – общее число членов (длина) ряда.

Следует иметь в виду, что в зависимости от схемы расчетов по формуле (9.1) понятие «обеспеченность» может иметь два противоположных физических смысла. Если исходный метеорологический ряд ранжирован в порядке *убывания* его членов, то обеспеченность означает вероятность превышения данного члена ряда. Если же исходный ряд ранжирован в порядке *возрастания* его членов, то обеспеченность означает вероятность не превышения данного члена ряда.

Кроме того, в отдельных литературных источниках, например в [3], для расчета обеспеченности может использоваться «симметричная» формуле (9.1) зависимость

$$D = 1 - \frac{m - 0,3}{n + 0,4}. \quad (4.2)$$

В этом случае указанные выше понятия обеспеченности меняются на противоположные.

Для получения климатических характеристик любой заданной обеспеченности на основании расчетов по приведенным выше формулам строятся графики кривых обеспеченности. В виду ограниченной длины используемых при климатологической обработке метеорологических рядов графики их эмпирической обеспеченности имеют не вполне закономерный характер в виде ломаной кривой.

Для получения более устойчивых расчетных значений климатических характеристик эмпирические кривые сглаживаются *теоретическими кривыми обеспеченности*, которые подбираются по специальным таблицам (соответствующим тем или иным теоретическим законам распределения вероятностей) согласно статистическим параметрам изменчивости и асимметрии эмпирических рядов. В ряде случаев при большой кривизне получаемых графиков их строят не в обычных (линейных) координатах, а на специальной *клетчатке вероятностей* с логарифмической шкалой. Тип клетчатки (умеренная, значительная) выбирается по степени асимметрии эмпирического ряда.

Таким образом, при выборе теоретической кривой обеспеченности используются статистические показатели среднего арифметического, изменчивости и асимметрии.

*Показатели изменчивости* – расчетные характеристики, с помощью которых оценивается степень рассеивания значений исследуемого элемента по отношению к его среднеарифметическому значению.

К показателям изменчивости относятся:

### 1. Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{\bar{n}\delta})^2}{n}}, \quad (4.3)$$

где  $n$  – число наблюдений;  
 $X_i$  – значение при  $i$ -м наблюдении;  
 $X_{\text{ср}}$  – средняя арифметическая величина.

## 2. Коэффициент вариации

$$C_V = \frac{\sigma}{X_{\text{н\ddot{o}}}} \quad (4.4)$$

## 3. Дисперсия

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{н\ddot{o}}})^2}{n} \quad (4.5)$$

*Показатели асимметрии* – величины, характеризующие закономерности распределения случайных величин, отличающихся от нормального распределения. К ним относится коэффициент асимметрии и эксцесса.

Коэффициент асимметрии определяется по формуле

$$C_S = \frac{1}{n\sigma^3} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{н\ddot{o}}})^3 \quad (4.6)$$

При  $C_S = 0$  распределение симметричное.

При  $C_S > 0$  распределение асимметричное правостороннее.

При  $C_S < 0$  распределение асимметричное левостороннее.

Асимметрия считается малой при  $|C_S| \leq 0,25$ , умеренной при  $0,25 < |C_S| \leq 0,5$  и большой при  $|C_S| > 0,5$ .

## Выполнение работы.

Рекомендуется следующий порядок расчетов, пример которых приведен в табл. 9.1.

Т а б л и ц а 4.1. Пример расчета статистических параметров для построения эмпирической и теоретической кривых обеспеченности температуры воздуха

№ пп	$X_i$	P, %	$X_i - X_{\text{ср}}$	$\left(\frac{X_i - X_{\text{ср}}}{X_{\text{ср}}}\right)^2$	$\left(\frac{X_i - X_{\text{ср}}}{X_{\text{ср}}}\right)^3$
1	2	3	4	5	6
1	25,7	2,3	6,6	43,56	287,50
2	23,8	5,6	4,7	22,09	103,82
3	23,2	8,9	4,1	16,81	68,92
4	22,2	12,2	3,1	9,61	29,79
5	21,7	15,5	2,6	6,76	17,58
6	21,4	18,8	2,3	5,29	12,17
7	21,1	22,0	2,0	4,00	8,00
8	20,9	25,3	1,8	3,24	5,83
9	20,7	28,6	1,6	2,56	4,10
10	20,5	31,9	1,4	1,96	2,74
11	20,3	35,2	1,2	1,44	1,73

12	20,0	38,5	0,9	0,81	0,73
13	19,7	41,8	0,6	0,36	0,22
14	19,4	45,1	0,3	0,09	0,03
15	19,3	48,4	0,2	0,04	0,01
16	19,2	51,6	0,1	0,01	0,00
17	19,2	54,9	0,1	0,01	0,00
18	18,9	58,2	-0,2	0,04	-0,01
19	18,4	61,5	-0,7	0,49	-0,34
20	17,8	64,8	-1,3	1,69	-2,20
21	17,3	68,1	-1,8	3,24	-5,83
22	16,8	71,4	-2,3	5,29	-12,17
23	16,6	74,7	-2,5	6,25	-15,63
24	16,3	78,0	-2,8	7,84	-21,95
25	16,2	81,3	-2,9	8,41	-24,39
26	16,1	84,5	-3,0	9,00	-27,00
27	15,8	87,8	-3,3	10,89	-35,94
28	15,7	91,1	-3,4	11,56	-39,30
29	14,4	94,4	-4,7	22,09	-103,82
30	14,1	97,7	-5,0	25,00	-125,00
$\Sigma$	572,7	–	-0,3	230,4	129,58

1. Занести в расчетную таблицу 4.1 исходный ранжированный ряд метеорологических данных  $X_i$  по заданному варианту. Исходные данные приведены в приложении 9.

2. Рассчитать по формуле (9.1) эмпирическую обеспеченность ( $P, \%$ ) каждого члена ряда  $X_i$  и построить на миллиметровой бумаге ее график  $X_i = f(P)$ , соединяя соседние значения (точки) прямыми отрезками. Для выражения обеспеченности в процентах, полученные по формуле (4.1) значения  $P$  необходимо умножать на 100.

На рис. 4.1 пример графика эмпирической кривой обеспеченности показан в виде ломаной линии 1.

3. Рассчитать по формулам (4.4) и (4.6) коэффициенты вариации  $C_V$  и асимметрии  $C_S$ , используя промежуточные расчетные колонки 4–6 табл. 4.1.

4. В зависимости от полученных значений  $C_V$ ,  $C_S$  и их соотношения ( $C_S/C_V$ ) подобрать соответствующую таблицу имеющихся теоретических распределений и выписать из нее ординаты теоретической кривой для значений обеспеченности 1, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 и 99%.

Таблицы теоретических кривых обеспеченности трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля приведены в приложениях 10, 11. Поскольку таблицы теоретических распределений представлены в безразмерном виде, выписанные из них ординаты необходимо умножить на среднее значение исследуемой климатической характеристики  $X_{ср}$ .

5. По полученным координатам построить плавные теоретические кривые на графиках эмпирических кривых. При правильном подборе теоретическая кривая должна осреднять без больших односторонних отклонений эмпирическую кривую на всем диапазоне обеспеченности от 0 до 1 (или от 0 до 100%).

Пример графиков эмпирической и теоретической кривых обеспеченности температуры воздуха теплого периода приведен на рис. 4.1.

### Пример выполнения упражнения.

По данным колонок 2 и 3 табл. 4.1 строим график эмпирической кривой обеспеченности. Используя итоговые данные табл. 4.1 выполняем расчеты параметров  $X_{cp}$ ,  $\sigma$ ,  $C_V$  и  $C_S$ :

– среднее арифметическое  $X_{cp} = 572,7 / 30 = 19,1$ ;

– среднеквадратическое отклонение  $\sigma = \sqrt{\frac{230,4}{30}} = 2,77$ ;

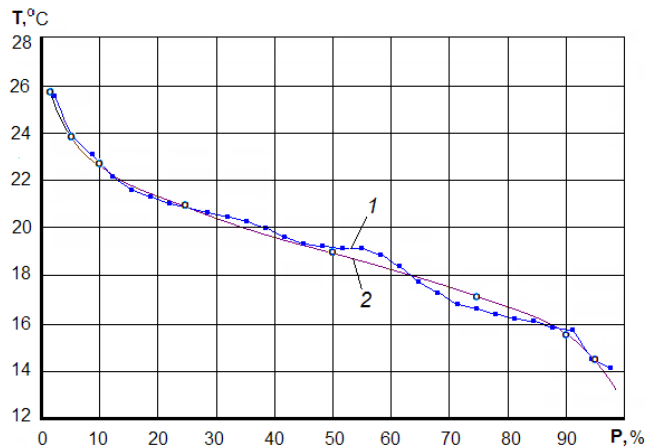


Рис. 4.1. Графики эмпирической (1) и теоретической (2) кривых обеспеченности температуры воздуха для теплого периода (пример)

– коэффициент вариации  $C_V = \frac{2,77}{19,1} = 0,145$ ;

– коэффициент асимметрии  $C_S = \frac{1}{30 \cdot 2,77} 129,58 = 0,203$ .

Соотношение  $C_V / C_S = 0,203 / 0,145 = 0,71$ . Из приложения 14 при ближайшем значении  $C_V / C_S = 0,5$  выписываем ординаты теоретической кривой для двух ближайших значений  $C_V$ , равных 0,14 и 0,16. Расчетные ординаты получаем путем интерполирования выписанных и умножая их на среднее значение 19,1 наносим на график 9.1.

Полученная кривая позволяет получить значение климатической характеристики любой требуемой обеспеченности.

### Контрольные вопросы

1. Что такое обеспеченность климатической характеристики ?
2. Что отражает значение коэффициента вариации климатической характеристики?
3. Какой ряд исходных данных используется для построения эмпирической кривой обеспеченности ?
4. С какой целью после построения эмпирической кривой строится теоретическая кривая обеспеченности ?