

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.А. Лобанов, И.А. Смирнов, А.Е. Шадурский

ПРАКТИКУМ ПО КЛИМАТОЛОГИИ

(Часть 1)

*Допущено Учебно-методическим объединением по образованию
в области гидрометеорологии в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Метеорология»*



Санкт-Петербург
2011

УДК 551.51

В.А. Лобанов, И.А. Смирнов, А.Е. Шадурский. Практикум по климатологии. Часть I. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 145 с.

ISBN 978-5-86813-300-8

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Менжулин (Санкт-Петербургский государственный университет).

В учебном пособии представлены пять лабораторных работ, посвященные трем основным разделам классической климатологии: методы климатологической обработки, факторы формирования климата и пространственное распределение климатических характеристик. Эти разделы формируют первую часть дисциплины «Климатология». Вторая часть «Теория климата» посвящена динамике климатических процессов. Каждая из лабораторных работ включает краткую теоретическую часть, алгоритм выполнения задания и примеры расчетов. Определяется цель, исходный материал для выполнения работы и форма представления результатов. Вторая цель учебного пособия – научить студентов работать с современными программно-информационными технологиями для получения и обработки метеорологической информации и оформления результатов лабораторных работ, которые включают в себя навыки пользования Интернетом, редакторами Word и Excel и ГИС Map Info.

Практикум предназначен студентам-метеорологам высших учебных заведений, но материал доступен и учащимся техникумов соответствующего профиля.

V.A. Lobanov, I.A. Smirnov, A.Ye Shadursky. Workshop on climatology. Part I. Textbook. – St. Petersburg, RSHU Publishers, 2011. – 145 pp.

Reviewer: Doctor of Technical Sciences, Professor G.V. Menzhulin (St. Petersburg State University).

The manual presents five labs dedicated to the three main sections of classical climatology: methods of climatological data processing, factors of climate formation and the spatial distribution of climatic characteristics. These sections form the first part of the discipline "Climatology". The second part of the "Climate theory" is devoted to the dynamics of climate processes. Each of the laboratory work includes a brief theoretical section, the algorithm is the assignment, and examples of calculations. Target, the source material for the work and the presentation of results are determined. The second objective of the training manual to teach students to work with modern software and information technologies for receiving and processing meteorological data and the results of laboratory work, which include the ability to use the Internet, Word and Excel editors and GIS Map Info.

Workshop is designed for students of meteorology institutions of higher education, but the material available to students of technical schools and the corresponding profile.

ISBN 978-5-86813-300-8

© Лобанов В.А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е., 2011

Российский государственный гидрометеорологический университет
Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2011

БИБЛИОТЕКА

195196, СПб, Малоохтинский пр., 98

Введение

Практикум предназначен для более углубленного изучения климатологии и приобретения практических навыков по основным теоретическим разделам лекционного курса «Климатология», включая обработку климатических данных, определение основных факторов формирования климата и получение пространственных обобщений климатических характеристик для их последующего анализа. Вторая цель данного учебного пособия – научить работать с современными программно-информационными технологиями для получения и обработки метеорологической информации и оформления результатов лабораторных работ, которые включают в себя навыки пользования Интернетом, редакторами Word и Excel и ГИС Map Info.

В соответствии с основными темами курса «Климатологии» практикум включает пять лабораторных работ.

Первые три работы относятся к общей теме: «Климатическая обработка многолетних рядов наблюдений», посвящены анализу и получению статистических характеристик многолетних климатических рядов в отдельных пунктах наблюдений и имеют следующие названия.

– Лабораторная работа № 1 «Оценка однородности эмпирического распределения климатических данных и стационарности параметров их многолетних рядов».

– Лабораторная работа № 2 «Восстановление пропусков наблюдений и приведение непродолжительных рядов к многолетнему периоду».

– Лабораторная работа № 3 «Расчет параметров и квантилей распределений климатических характеристик».

В лабораторных работах приведены формулы и таблицы критических значений статистических критериев и ординат аналитических распределений, позволяющие без привлечения дополнительных источников осуществить выполнение расчетов. Исходным материалом для выполнения работы является архив многолетних рядов среднемесячных температур воздуха и сумм месячных осадков по 455 метеорологическим станциям России и ближнего зарубе-

бежья с началом наблюдений конец XIX в. и с окончанием 2004 г. и позже в формате редактора Excel. Также приводятся сайты Интернета, с которых можно пополнить имеющуюся информацию по последний месяц и год наблюдений включительно.

Лабораторная работа № 4 «Теоретическое распределение солнечной радиации на верхней границе атмосферы» предназначена для закрепления теоретического материала по практическому определению одного из основных факторов формирования климата – приходящей солнечной радиации. На основе приведенных формул и таблиц требуется рассчитать суточную радиацию, приходящую на верхнюю границу атмосферы на заданной широте в течение года, провести ее анализ и определить суммы солнечной радиации за каждый месяц и за калорические полугодия. Значения склонения Солнца, время восхода и заката также предлагается определить с помощью солнечного калькулятора, представленного в Интернете.

Лабораторная работа № 5 «Пространственная изменчивость климатических данных» посвящена вопросам пространственного обобщения статистических характеристик климатических многолетних рядов, полученных в лабораторной работе № 1. С помощью ГИС-функций данные требуется представить на электронной карте и осуществить их интерполяцию с целью получения рассматриваемой климатической характеристики в любой точке географического пространства. Целью работы является также и анализ структуры пространственного поля климатической характеристики в заданном районе. При выполнении задания отрабатываются навыки работы со стандартными геоинформационными слоями электронных карт, а также способы формирования специализированных геоинформационных слоев, таких, как слой координат метеорологических станций.

Каждая из лабораторных работ включает краткую теоретическую часть, алгоритм выполнения задания и примеры расчетов. Определяется цель работы, исходный материал для выполнения работы и форма представления результатов.

Для более глубокого изучения материала приводится дополнительная литература.

Тема 1.

«КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ»

По теме выполняются три лабораторные работы.

Их общая цель:

научиться обрабатывать многолетние ряды наблюдений метеорологических характеристик, включая оценку однородности эмпирических распределений, стационарности средних значений и дисперсий по статистическим критериям, оценку наличия внутрирядной связанности, восстановление пропусков наблюдений и увеличение продолжительности рядов, построение дифференциальных и интегральных эмпирических распределений, расчет их параметров и квантилей на основе выбранных аналитических аппроксимаций.

Исходный материал

Архив многолетних рядов среднемесячных температур воздуха и сумм месячных осадков по 455 метеорологическим станциям России и ближнего зарубежья с началом наблюдений конец XIX в. и с окончанием 2004 г. и позже в формате редактора Excel. Дополнение данными за последние годы может быть выполнено, например, на сайте: <http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone>.

Общая последовательность обработки

Для каждой метеорологической станции и за каждый из 12 месяцев отдельно для рядов среднемесячной температуры воздуха и сумм месячных осадков выполняется следующая последовательность обработки.

1. Расчет основных параметров рядов наблюдений (среднее значение, дисперсия, асимметрия, автокорреляция) и их эмпирических распределений (ранжирование ряда и расчет эмпирической обеспеченности).

2. Оценка случайных погрешностей и статистической значимости параметров распределений.

3. Оценка однородности интегральных эмпирических распределений по статистическим критериям Диксона и Смирнова–Грабса на резко отклоняющиеся экстремумы.

4. Оценка стационарности средних значений и дисперсий двух частей временного ряда (при разбиении ряда на две равные части и при произвольном разбиении ряда) по критериям Стьюдента и Фишера.

5. Восстановление пропусков наблюдений и увеличение продолжительности рядов методами регрессионного анализа (связь одинаковых метеорологических характеристик на разных станциях и разных – на одной станции).

6. Оценка эффективности восстановления пропусков и удлинения рядов (обобщенные показатели и оценка однородности и стационарности полученных восстановленных рядов по критериям Диксона, Стьюдента и Фишера).

7. Построение дифференциального эмпирического распределения и нахождение его основных параметров: среднее значение, мода, медиана, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, коэффициент асимметрии.

8. Построение интегрального эмпирического распределения, расчет его параметров, аппроксимация аналитическим распределением и определение его квантилей разной обеспеченности.

9. Оценка эффективности аппроксимации эмпирических распределений аналитическими кривыми.

Результаты лабораторных работ должны быть представлены в файле Word, включающем таблицы и графики. Для выполнения расчетов и построения графиков рекомендуется использовать редактор Excel.

Лабораторная работа № 1

«Оценка однородности и стационарности»

1.1. Теоретические положения

Наблюдаемые и приведенные к многолетнему периоду ряды метеорологических характеристик являются основой для определения расчетных климатических характеристик в пунктах наблюдений на основе построения эмпирических распределений и их аппроксимации аналитическими кривыми. Прежде чем применять аппарат математической статистики и теории функций распределения, необходимо оценить адекватность временных рядов требуемым предпосылкам этого аппарата. Основные требования состоят:

- в однородности выборки, т.е. требуется, чтобы все случайные величины выборки были из одного и того же распределения «генеральной совокупности»;
- в стационарности во времени основных выборочных параметров: среднего значения и дисперсии.

Только при выполнении этих условий можно применять аппарат математической статистики и эффективно определять расчетные климатические характеристики.

Первым шагом исследования является оценка однородности эмпирических распределений метеорологических характеристик, которая может нарушаться из-за резко отклоняющихся от общей совокупности максимальных и минимальных значений. Оценка однородности рядов наблюдений за метеорологическими характеристиками осуществляется на основе генетического и статистического анализа исходных данных наблюдений. Генетический анализ заключается в выявлении физических причин, обуславливающих неоднородность исходных данных наблюдений. Для оценки статистической значимости однородности применяются критерии резко отклоняющихся экстремальных значений в эмпирическом распределении: критерии Смирнова–Граббса и Диксона. Существуют три основные причины такой неоднородности:

– резко отклоняющиеся метеорологические величины имеют особые условия формирования, например, сформированы тайфунами, ураганами и т.д.;

– экстремальное событие имеет более редкую вероятность появления, чем та, которая определяется по эмпирической формуле для короткого ряда наблюдений при включении экстремума в общую последовательность наблюдений;

– резко отклоняющаяся величина обусловлена значительной погрешностью измерений.

Последовательность оценки однородности состоит в том, что вначале сомнительные резко отклоняющиеся от эмпирического распределения экстремумы проверяются по статистическим критериям, и в случае отклонения гипотезы однородности устанавливается ее причина на основе генетического анализа.

Особенность критериев оценки однородности Смирнова–Граббса и Диксона состоит в том, что они разработаны для условий нормального симметричного закона распределения генеральной совокупности и отсутствия автокорреляции. В то же время эмпирические распределения гидрометеорологических характеристик могут иметь асимметрию, и в ряде случаев во временных рядах может иметь место статистически значимая автокорреляция между смежными членами ряда [$r(1)$]. Для учета таких особенностей гидрометеорологической информации были проведены работы по расширению таблиц статистических критериев, наиболее часто применяемых в гидрометеорологии (критерии Диксона, Смирнова–Граббса, Стьюдента, Фишера).

Статистики критериев Диксона рассчитываются на основании эмпирических данных по следующим формулам:

а) для максимального члена ранжированной в возрастающем порядке выборки (Y_n):

$$D1_n = (Y_n - Y_{n-1}) / (Y_n - Y_1), \quad (1)$$

$$D2_n = (Y_n - Y_{n-1}) / (Y_n - Y_2), \quad (2)$$

$$D3_n = (Y_n - Y_{n-2}) / (Y_n - Y_2), \quad (3)$$

$$D4_n = (Y_n - Y_{n-2}) / (Y_n - Y_3), \quad (4)$$

$$D5_n = (Y_n - Y_{n-2}) / (Y_n - Y_1); \quad (5)$$

б) для минимального члена ранжированной в возрастающем порядке выборки (Y_1):

$$D1_1 = (Y_1 - Y_2) / (Y_1 - Y_n), \quad (6)$$

$$D2_1 = (Y_1 - Y_2) / (Y_1 - Y_{n-1}), \quad (7)$$

$$D3_1 = (Y_1 - Y_3) / (Y_1 - Y_{n-1}), \quad (8)$$

$$D4_1 = (Y_1 - Y_3) / (Y_1 - Y_{n-2}), \quad (9)$$

$$D5_1 = (Y_1 - Y_3) / (Y_1 - Y_n), \quad (10)$$

где $Y_1 < Y_2 < \dots < Y_n$; n – объем выборки.

Статистика критерия Смирнова–Граббса для максимального члена ранжированной последовательности (Y_n) рассчитывается по формуле:

$$G_n = (Y_n - Y_{cp}) / \sigma_Y, \quad (11)$$

и для минимального (Y_1):

$$G_1 = (Y_{cp} - Y_1) / \sigma_Y, \quad (12)$$

где Y_{cp} , σ_Y – среднее значение и среднее квадратическое отклонение анализируемой выборки, определяемые по формулам:

$$Y_{cp} = \sum Y_i / n; \quad (13)$$

$$\sigma^2_Y = \sum (Y_i - Y_{cp})^2 / (n - 1), \quad (14)$$

где σ^2_Y – дисперсия.

Оценка однородности по критериям состоит в сравнении расчетного значения статистики критерия, полученной по эмпирических данным, с ее критическим значением из таблиц при заданном уровне значимости (α), объеме выборки (n), коэффициентах автокорреляции [$r(1)$] и асимметрии (C_s). Уровень значимости обычно задается равным 5 %, что соответствует принятию нулевой гипотезы об однородности с вероятностью 95 %. В результате гипотеза однородности может быть принята в том случае, если расчетное значение статистики меньше соответствующего критического.

Критические значения статистик критерия Диксона приведены в табл. 1–10 Приложения, а Смирнова–Граббса – в табл. 11–12 Приложения.

Коэффициенты асимметрии (C_s) и автокорреляции [$r(1)$] определяются по следующим формулам:

$$C_s = \sum (Y_i - Y_{cp})^2 / n \sigma^2 \quad (15)$$

или
$$\tilde{C}_s = \left[n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2 \right] / \left[\tilde{C}_v^2 (n-1)(n-2) \right] \quad (15')$$

$$r(1) = \sum (Y_i - Y_{cp1})(Y_{i+1} - Y_{cp2}) / n \sigma_1 \sigma_2 \quad (16)$$

или
$$r(1) = \sum (Y_i - Y_{cp1})(Y_{i+1} - Y_{cp2}) / \sqrt{\sum (Y_i - Y_{cp1})^2 \sum (Y_{i+1} - Y_{cp2})^2} \quad (16')$$

где C_v — коэффициент вариации, равный $C_v = \sigma_Y / Y_{cp}$ и $k_i = Y_i / Y_{cp}$;

$$Y_{cp1} = \sum_{i=1}^n Y_i / (n-1), \quad Y_{cp2} = \sum_{i=1}^{n-1} Y_i / (n-1).$$

После вычисления C_s и $r(1)$ необходимо оценить их статистическую значимость. С учетом удвоенной стандартной случайной погрешности (σ_{Par}) значение любого параметра (Par) будет находиться внутри доверительного интервала:

$$Par - 2\sigma_{Par} \leq Par \leq Par + 2\sigma_{Par}. \quad (17)$$

Если этот интервал не включает нулевое значение, то параметр является статистически значимым. Случайные погрешности основных параметров распределения вычисляются по формулам:

$$\sigma_{Y_{cp}} = \sigma / \sqrt{(n-1)}, \quad (17a)$$

$$\sigma_{\sigma} = \sigma / \sqrt{(2n-1)}, \quad (17b)$$

$$\sigma_{C_s} \approx \sqrt{(6/n)}, \quad (17b)$$

$$\sigma_{r(1)} \approx [1 - r(1)^2] / \sqrt{n}. \quad (17r)$$

Для практической оценки статистической значимости коэффициента автокорреляции, который характеризует также и отличие структуры временного ряда от случайной структуры, можно использовать статистику t -распределения:

$$t = r(1) \cdot \sqrt{(n-2)} / \sqrt{[1 - r(1)^2]} \quad (18)$$

с $n - 2$ степенями свободы.

Критические значения статистики $t_{кр}$ приведены в табл. 1. Если $t > t_{кр}$, то нулевая гипотеза об отсутствии внутрирядной связанности отклоняется.

Таблица 1

**Проверка коэффициента автокорреляции на значимость
(относительно нуля)**

Число степеней свободы	Уровень значимости	
	5 %	1 %
10	0,576	0,708
11	0,553	0,684
12	0,532	0,661
13	0,514	0,641
14	0,497	0,623
15	0,482	0,606
16	0,468	0,590
17	0,456	0,575
18	0,444	0,561
19	0,433	0,549
20	0,423	0,537
21	0,413	0,526
22	0,404	0,515
23	0,396	0,505
24	0,388	0,496
25	0,381	0,487
26	0,374	0,478
27	0,367	0,470
28	0,361	0,463
29	0,355	0,456
30	0,349	0,449
35	0,325	0,418
40	0,304	0,393
50	0,273	0,354
60	0,250	0,325
70	0,232	0,302
80	0,217	0,283
90	0,205	0,267
100	0,195	0,254
120	0,178	0,232
150	0,159	0,208
200	0,138	0,181
250	0,124	0,162
300	0,113	0,148

Обобщенные для асимметричного распределения Пирсона III типа с учетом внутрирядной связанности критерии Диксона и Смирнова–Граббса имеют следующие особенности. Значимая асимметрия в анализируемых выборках приводит к увеличению критических значений статистик, определенных для исходного нормального распределения, если проверяется максимальное значение ряда, и к уменьшению критических значений этих статистик при проверке минимального члена ряда. Влияние автокорреляции на статистики критериев не столь существенно, как влияние асимметрии. При этом, чем больше асимметрия, тем в большей степени сказывается влияние автокорреляции. Поэтому, если использовать критерии Диксона и Смирнова–Граббса, основанные на нормальном распределении, можно допустить существенную ошибку. Ошибка состоит в том, что можно принять минимальное отклоняющееся значение принадлежащим к данной совокупности, тогда как в действительности оно является неоднородным и принадлежит к другому распределению и, наоборот, считать аномальным одно или несколько максимальных значений, тогда как они принадлежат тому же асимметричному распределению.

При оценке стационарности средних значений и дисперсий для последовательных частей ряда применяются критерии Стьюдента и Фишера, также обобщенные для особенностей гидрометеорологической информации. Анализ по этим критериям осуществляется после того, как проведена оценка на отсутствие резко отклоняющихся экстремумов, существенно влияющих на значения средних значений и особенно дисперсий. Для оценки стационарности дисперсий и средних значений соответственно по критериям Фишера и Стьюдента временной ряд разбивается на две или несколько подвыборок одинаковой или разной длины, причем границы разбиения желательно связать с датами предполагаемого нарушения стационарности. По каждой подвыборке вычисляются значения средних ($\bar{Y}_{cp\ j}$) и дисперсий (σ_j^2), которые используются для получения расчетных значений статистики Фишера:

$$F = \sigma_j^2 / \sigma_{j+1}^2 \quad (19)$$

при $\sigma_j^2 > \sigma_{j+1}^2$, где σ_j^2 , σ_{j+1}^2 — соответственно дисперсии двух следующих друг за другом подвыборок (j и $j + 1$) объемом n_1 и n_2 .

Гипотеза о стационарности дисперсий принимается при заданном уровне значимости α (%). если расчетное значение статистики критерия меньше критического ($F < F^*$) при заданных степенях свободы, соответствующих объемам выборок (n_1 и n_2).

Критические значения статистики Фишера (F^*) в зависимости от уровня значимости α (%), коэффициентов внутрирядной [$r(1)$] и межрядной корреляции (R) при равных объемах двух выборок ($n_x = n_y$) были получены методом статистических испытаний и приведены в табл. 13 Приложения.

При объемах выборок n_1 и n_2 больше или равных 25 членам ряда можно использовать классическое F -распределение для нормально распределенных независимых случайных величин с новыми степенями свободы, которые зависят от автокорреляции и асимметрии и определяются по формулам:

$$n_{1F} = \frac{n_1 g}{1 + \frac{2r^2}{1-r^2} \left[1 - \frac{1-r^{2n_1}}{n_1(1-r^2)} \right]}, \quad (20)$$

$$n_{2F} = \frac{n_2 g}{1 + \frac{2r^2}{1-r^2} \left[1 - \frac{1-r^{2n_2}}{n_2(1-r^2)} \right]}, \quad (21)$$

где g — коэффициент, учитывающий влияние асимметрии исходной совокупности и определяемый по табл. 2; r — коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда.

Таблица 2

Зависимость коэффициента g от C_s при определении новых степеней свободы для критерия Фишера

C_s	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
g	1,0	0,82	0,62	0,45	0,30	0,24	0,17	0,14	0,10

Критические значения статистик F -распределения для нормально распределенных независимых случайных величин при $\alpha = 5\%$ приведены в табл. 14 Приложения.

Расчетное значение статистики критерия Стьюдента для оценки стационарности двух средних значений последовательных подвыборок определяется по формуле:

$$t = \frac{Y_{cpI} - Y_{cpII}}{\sqrt{n_1 \sigma_I^2 + n_2 \sigma_{II}^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (22)$$

где Y_{cpI} , Y_{cpII} , σ_I^2 , σ_{II}^2 — средние значения и дисперсии двух последовательных выборок; n_1 и n_2 — объемы выборок.

Критические значения статистики Стьюдента определяются при равных объемах выборок из табл.15 Приложения или рассчитываются по уравнению:

$$t'_6 = C_t \cdot t_6, \quad (23)$$

где t'_6 — критическое значение статистики Стьюдента при наличии автокорреляции; t_6 — критическое значение статистики Стьюдента для случайной совокупности (табл. 16 Приложения) при том же числе степеней свободы $k = n_1 + n_2 - 2$; C_t — переходный коэффициент, определяемый в зависимости от коэффициента автокорреляции по табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты C_t в зависимости от коэффициента автокорреляции [$r(1)$], предназначенные для пересчета критических значений статистики Стьюдента

$r(1)$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,00	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07
0,1	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,16	1,17
0,2	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31
0,3	1,33	1,34	1,35	1,37	1,39	1,41	1,42	1,44	1,46	1,49
0,4	1,51	1,52	1,54	1,56	1,59	1,67	1,63	1,65	1,68	1,70
0,5	1,72	1,75	1,78	1,81	1,84	1,88	1,92	1,95	1,99	2,03
0,6	2,06	2,07	2,13	2,17	2,21	2,24	2,28	2,32	2,36	2,40

Оценка стационарности по критерию Стьюдента осуществляется также путем сравнения расчетных и критических значений статистик. Если расчетное значение меньше критического при заданном уровне значимости, гипотеза об однородности (стационарности) не отклоняется.

1.2. Последовательность расчета

1. Многолетний ряд метеорологической характеристики ранжируется в порядке возрастания: $Y_1 < Y_2 < \dots < Y_{n-1} < Y_n$.

2. По формулам (1)–(10) определяются расчетные значения статистик критериев Диксона.

3. Рассчитываются среднее значение ряда и стандартное отклонение по формулам (13) и (14).

4. Рассчитываются статистики параметрического критерия Смирнова–Граббса по формулам (11)–(12).

5. Определяются значения коэффициентов асимметрии и автокорреляции по формулам (15)–(16) и оценивается статистическая значимость коэффициента автокорреляции по формуле (18) и табл. 1.

6. Расчетные значения статистик Диксона и Смирнова–Граббса сравниваются с критическими (таблицы Приложения) при уровне значимости 5 % и вычисленных значениях коэффициентов асимметрии и автокорреляции для принятия нулевой гипотезы об однородности эмпирического распределения или ее отклонения.

7. Ряд наблюдений разбивается вначале на две равные части и для каждой части определяется дисперсия, затем по формуле (19) определяется расчетное значение статистики критерия Фишера, где в числителе находится наибольшая из двух дисперсий.

8. Определяются степени свободы по формулам (20)–(21) и табл. 2, на основе которых находится (по таблицам Приложения) критическое значение статистики Фишера и сравнивается с расчетным для принятия или отклонения нулевой гипотезы о стационарности дисперсий.

9. Оценка стационарности дисперсий по критерию Фишера повторяется для второго случая, когда дата разбиения выборки устанавливается произвольно в месте наибольшего отличия дисперсий.

10. По формуле (22) определяется расчетное значение статистики Стьюдента сначала при разбиении временного ряда на две равные части, а затем при произвольном разбиении ряда в месте предполагаемого изменения среднего значения.

11. По формуле (23), табл. 3 и табл. 16 Приложения определяется критическое значение статистики Стьюдента, которое сравнивается с расчетным для принятия или отклонения нулевой гипотезы о стационарности средних значений.

12. Оценка стационарности средних значений по критерию Стьюдента повторяется для второго случая, когда дата разбиения выборки устанавливается произвольно в месте наибольшего отличия средних.

1.3. Пример расчета и оформления результатов

Рассматривается ряд наблюдений за суммами осадков за ноябрь по метеостанции Новый Порт. Хронологический график ряда наблюдений приведен на рис. 1.

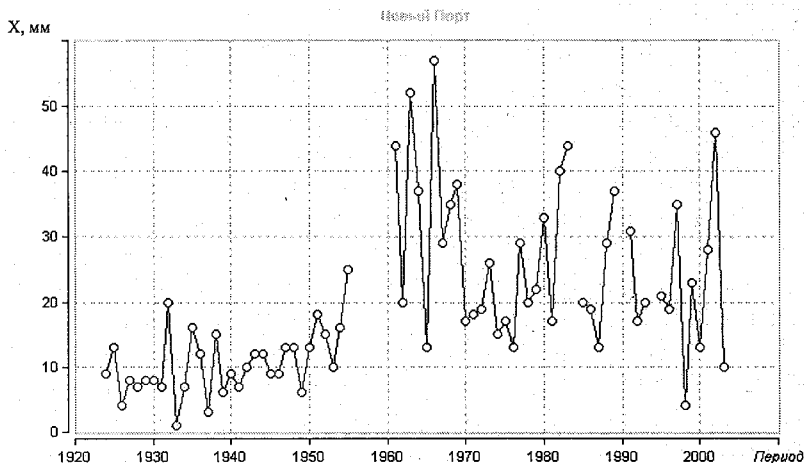


Рис. 1. Хронологический график сумм осадков за ноябрь по метеостанции Новый Порт

Прежде всего был проведен анализ однородности эмпирического распределения осадков по статистическим критериям Диксона и Смирнова-Граббса. Для этой цели ряд наблюдений был ранжирован и полученные значения приведены в табл. 4. Эмпирическая обеспеченность ранжированного ряда ($P\%$) определялась по формуле:

$$P_m = \frac{m}{n+1} 100\% , \quad (24)$$

где m – порядковый номер членов ряда метеорологической характеристики, расположенного в убывающем порядке; n – общее число членов ряда.

Таблица 4

Рассчитанные значения эмпирической обеспеченности и ряд
ранжированных осадков за ноябрь по метеостанции Новый Порт

Обеспеченность, Р %	Значение ранжирован- ных осадков, мм	Год
1	2	3
1,370	57,0	1966
2,740	52,0	1963
4,110	46,0	2002
5,479	44,0	1961
6,849	44,0	1983
8,219	40,0	1982
9,589	38,0	1969
10,959	37,0	1964
12,329	37,0	1989
13,699	35,0	1968
15,068	35,0	1997
16,438	33,0	1980
17,808	31,0	1991
19,178	29,0	1967
20,548	29,0	1977
21,918	29,0	1988
23,288	28,0	2001
24,658	26,0	1973
26,027	25,0	1955
27,397	23,0	1999
28,767	22,0	1979
30,137	21,0	1995
31,507	20,0	1962
32,877	20,0	1978
34,247	20,0	1985
35,616	20,0	1932
36,986	20,0	1993
38,356	19,0	1972
39,726	19,0	1986
41,096	19,0	1996
42,466	18,0	1971
43,836	18,0	1951
45,205	17,0	1970
46,575	17,0	1975

Российский государственный
гидрометеорологический университет

БИБЛИОТЕКА

196189, СПб, Малосохтинский пр., 98

Окончание табл. 4

1	2	3
47,945	17,0	1981
49,315	17,0	1992
50,685	16,0	1954
52,055	16,0	1935
53,425	15,0	1974
54,795	15,0	1938
56,164	15,0	1952
57,534	13,0	1965
58,904	13,0	1976
60,274	13,0	1947
61,644	13,0	1925
63,014	13,0	1948
64,384	13,0	1987
65,753	13,0	1950
67,123	13,0	2000
68,493	12,0	1944
69,863	12,0	1936
71,233	12,0	1943
72,603	10,0	1942
73,973	10,0	1953
75,342	10,0	2003
76,712	9,00	1946
78,082	9,00	1945
79,452	9,00	1924
80,822	9,00	1940
82,192	8,00	1927
83,562	8,00	1930
84,932	8,00	1929
86,301	7,00	1941
87,671	7,00	1931
89,041	7,00	1934
90,411	7,00	1928
91,781	6,00	1939
93,151	6,00	1949
94,521	4,00	1998
95,890	4,00	1926
97,260	3,00	1937
98,630	1,00	1933

Эмпирическое распределение осадков за ноябрь по метеостанции Новый Порт приведено на рис. 2.

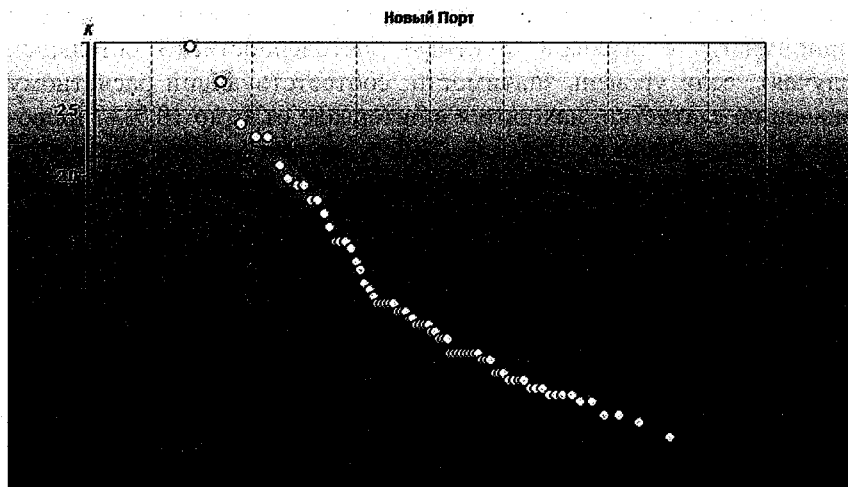


Рис. 2. Эмпирическое распределение осадков за ноябрь по метеостанции Новый Порт

По ряду наблюдений сумм осадков за ноябрь по метеостанции Новый Порт за период 1924–2003 гг. были получены следующие значения параметров: среднее ряда = 19,2 мм, $C_v = 0,6424$, $C_s = 1,0804$, $C_s/C_v = 1,6818$, $r(1) = 0,3667$. При объеме выборки 72 года (для автокорреляции $n = 71$ год) и числе степеней свободы 69 ($n - 2$) автокорреляция, как следует из формулы (18) и табл. 1, является статистически значимой величиной. По формулам (1)–(12) были вычислены расчетные значения статистик Диксона и Смирнова–Граббса, которые приведены в табл. 5. Критические значения были получены из таблиц Приложения при имеющемся объеме ряда наблюдений (72 года), вычисленным значениям коэффициентов асимметрии и автокорреляции и принятом уровне значимости 5 %. Полученные критические значения статистик критериев также приведены в табл. 5.

В табл. 5 приведены названия критериев, расчетные значения статистик, их критические значения и уровень значимости, соответствующий расчетным значениям, который также определяется интерполяцией из таблиц критических значений Приложения.

В данном случае при проверке экстремумов уровень значимости составляет более 10 % и поэтому в таблице приведено значение 11 %, свидетельствующее о том, что гипотеза об однородности принимается с высокой степенью достоверности. В остальных случаях, если уровень значимости, соответствующий расчетному значению статистики, находится в интервале от 1 до 10 % – приводится его численное значение. Это позволяет дифференцировать вывод о принятии или отклонении нулевой гипотезы об однородности. Так, если уровень значимости близок к 5 % (находится в диапазоне от 4 до 5 %), то гипотеза принимается, но с учетом этого обстоятельства и вывод помещается в скобки: (+).

Таблица 5

Результаты оценки однородности эмпирического распределения сумм осадков за ноябрь на метеостанции Новый Порт по критериям Диксона и Смирнова–Граббса

Экстремум	Критерий	Расчетное значение	Критическое значение	Уровень значимости расчетный	Вывод
max	Диксон 1	0,0893	0,3268	11,0000	Однороден
max	Диксон 2	0,0926	0,3340	11,0000	Однороден
max	Диксон 3	0,2037	0,4102	11,0000	Однороден
max	Диксон 4	0,2075	0,4068	11,0000	Однороден
max	Диксон 5	0,1964	0,4041	11,0000	Однороден
min	Диксон 1	0,0357	0,0629	11,0000	Однороден
min	Диксон 2	0,0392	0,0729	11,0000	Однороден
min	Диксон 3	0,0588	0,0913	11,0000	Однороден
min	Диксон 4	0,0667	0,1006	11,0000	Однороден
min	Диксон 5	0,0536	0,0824	11,0000	Однороден
max	Смирнов–Граббс	3,0692	4,3010	11,0000	Однороден
min	Смирнов–Граббс	1,4754	1,8608	11,0000	Однороден

Для оценки стационарности дисперсий и средних значений многолетний ряд наблюдений вначале был разбит на две равные части, или подвыборки: первая – с 1924 по 1964 г., вторая – с 1965 по 2003 г. Для каждой подвыборки были рассчитаны средние значения и дисперсии, которые соответственно равны: $Y_{ср.} = 13,7$ мм, $\sigma^2_{I.} = 115,98$ мм² и $Y_{ср.И.} = 24,6$ мм, $\sigma^2_{И.} = 130,75$ мм². По полученным дисперсиям и средним значениям были определены расчет-

ные значения статистик Фишера и Стьюдента [формулы (19) и (22)], которые приведены в табл.6. На основе вычисленных значений новых степеней свободы [формулы (20) и (21), табл. 2 и 3] и таблиц Приложения были определены критические значения статистик Фишера и Стьюдента, которые также даны в табл. 6. Из результатов табл. 6 следует, что расчетная статистика критерия Фишера меньше критической, поэтому вывод о стационарности дисперсий принимается. Вместе с тем расчетное значение статистики Стьюдента значительно превышает его критическое значение и гипотеза о стационарности средних значений двух частей временного ряда осадков отклоняется с высокой степенью достоверности.

Таблица 6

Оценка стационарности средних значений и дисперсий ряда наблюдений сумм осадков за ноябрь на метеостанции Новый Порт

Критерий	Расчетное значение	Критическое значение	Уровень значимости расчетный	Вывод
Критерий Фишера	1,1274	1,9141	11,0000	Однороден
Критерий Стьюдента	4,1116	2,8580	0,9000	Неоднороден

Вторым способом временной ряд осадков, приведенный на рис. 1, был разделен по дате разрыва данных наблюдений, которые закончились в 1955 г. и были возобновлены в 1961 г. Поэтому ряд наблюдений был разбит на следующие две части: 1924–1955 и 1961–2003 гг. Для каждой подвыборки были рассчитаны средние значения и дисперсии, которые соответственно равны: $Y_{ср.1} = 10,7$ мм, $\sigma^2_{1.} = 25,6$ мм² и $Y_{ср.2.} = 26,0$ мм, $\sigma^2_{2.} = 149,7$ мм². Как следует из сравнения параметров, полученных первым и вторым способами, во втором случае существенно отличаются как средние значения (в 2,6 раза), так и дисперсии (в 5,8 раза). Полученные расчетные и критические значения статистик критериев Фишера и Стьюдента при втором способе разбиения ряда приведены в табл. 7 и свидетельствуют о существенной нестационарности как средних значений, так и дисперсий.

Таблица 7

Оценка стационарности средних значений и дисперсий ряда наблюдений сумм осадков за ноябрь на метеостанции Новый Порт при разбиении ряда по датам производства наблюдений

Критерий	Расчетное значение	Критическое значение	Уровень значимости расчетный	Вывод
Критерий Фишера	5,9457	1,9494	0,9000	Неоднороден
Критерий Стьюдента	7,2174	2,8727	0,9000	Неоднороден

Оценка стационарности осадков была проведена и для остальных месяцев года и результаты анализа, помимо индивидуальных таблиц расчетов для каждого месяца (табл. 5–7), были представлены в виде одной обобщенной табл. 8. В табл. 8 знаком «+» представлен вывод о принятии гипотезы однородности и стационарности, а знаком «–» – об ее отклонении. Если расчетное значение статистики критерия близко к критическому, но превышает его, то в таблице также приводится уровень значимости, соответствующий расчетному значению критерия. В этом случае вывод о принятии или отклонении гипотезы однородности и стационарности является сомнительным и заключается в скобки.

Таблица 8

Результаты оценки стационарности месячных сумм осадков по критериям Диксона (Д), Фишера (Ф) и Стьюдента (Ст) на метеостанции Новый Порт

Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст	Д	Ф	Ст
Январь			Февраль			Март		
+	+	–	+	+	+	+	–	–
Апрель			Май			Июнь		
+	(–)3.0	–	+	–	+	+	+	–
Июль			Август			Сентябрь		
+	+	+	+	+	+	+	–	+
Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
+	+	–	+	+	–	+	(+)4,4	–

Анализ табл. 8 позволяет сделать вывод, что все распределения сумм осадков по месяцам являются однородными. Установлена нестационарность дисперсий и особенно средних в холодные месяцы года. Полученная нестационарность вполне может быть обусловлена сменой приборов для регистрации осадков как раз

в 1960-е годы, причем предшествующий осадкомер не позволял нейтрализовать ветровое выдувание осадков, что особенно характерно для твердых осадков и для станций, находящихся на морском побережье в зоне больших ветров.

1.4. Вопросы для самопроверки

1. Что такое однородность эмпирического распределения?
2. Какие основные причины возможной неоднородности?
3. По каким критериям оценивается однородность и их основные особенности?
4. Что такое обобщенные критерии оценки однородности?
5. Какова последовательность оценки однородности по статистическим критериям?
6. Что такое статистическая значимость параметров распределения и как она оценивается для коэффициентов автокорреляции, асимметрии и других параметров?
7. Что такое оценка стационарности и чем она отличается от оценки однородности?
8. По каким критериям оценивается стационарность средних значений и дисперсий?
9. Что оценивается раньше: стационарность средних или дисперсий и почему?
10. От каких особенностей временных рядов зависят критические значения статистик критериев стационарности средних и дисперсий?
11. Какова последовательность оценки стационарности по статистическим критериям и какие таблицы критических значений могут быть использованы для этого?
12. Какой вывод можно получить, если оценивать однородность асимметричных распределений с помощью статистических критериев, предназначенных для симметричных распределений?

Лабораторная работа № 2

«Восстановление пропусков наблюдений и приведение непродолжительных рядов наблюдений к многолетнему периоду»

2.1. Теоретические положения

Восстановление пропусков наблюдений и приведение рядов к многолетнему периоду основано на построении регрессионных уравнений с одним или несколькими предполагаемыми аналогами, которые имеют как более продолжительный период наблюдений, так и данные наблюдений в те годы, которые были пропущены на рассматриваемой станции. В частном случае такие регрессионные зависимости могут быть построены и между разными метеорологическими характеристиками на одной станции, например между температурой воздуха и осадками.

Последовательность приведения к многолетнему периоду состоит в следующем:

- все уравнения, удовлетворяющие условиям эффективности, располагаются в порядке убывания коэффициентов корреляции;
- восстанавливаются погодичные значения метеорологической характеристики приводимого пункта за период совместных наблюдений в пунктах-аналогах по уравнению с наибольшим значением коэффициента корреляции;
- далее используются уравнения регрессии, коэффициенты корреляции которых меньше предыдущего, но больше всех остальных;
- поэтапное восстановление погодичных значений метеорологической характеристики продолжается до тех пор, пока не будут использованы все уравнения регрессии, отвечающие условиям эффективности.

Уравнение множественной линейной регрессии, по которому осуществляется восстановление, имеет следующий вид:

$$Y = k_0 + k_1 Y_1 + k_2 Y_2 + \dots + k_j Y_j + \dots + k_l Y_l, \quad (25)$$

где Y – значения метеорологической характеристики в приводимом пункте; Y_j – значения метеорологической характеристики в пунктах-аналогах; k_0 – свободный член; k_j – коэффициенты уравнения регрессии при $j = 1, 2, \dots, l$; l – число пунктов-аналогов.

Ранее рекомендовались следующие условия для эффективного уравнения связи рассматриваемого пункта с аналогами (Нормативный документ СП 33-101-2003):

$$n' \geq 6 - 10, R \geq R_{кр}, R/\sigma_R \geq A_{кр}, k/\sigma_k \geq B_{кр}, \quad (26)$$

где n' – число совместных лет наблюдений в приводимом пункте и пунктах-аналогах ($n' \geq 6$ при одном аналоге, $n' \geq 10$ при двух и более аналогах); R – коэффициент парной или множественной корреляции между значениями гидрометеорологической величины в приводимом пункте и их значениями в пунктах-аналогах; $R_{кр}$ – критическое значение коэффициента парной или множественной корреляции (обычно задается $\geq 0,7$); k – коэффициенты уравнения регрессии; σ_k – средняя квадратическая погрешность коэффициента уравнения регрессии; $A_{кр}$, $B_{кр}$ – соответственно критические значения отношений R/σ_R и k/σ_k (обычно задается $\geq 2,0$).

Если хотя бы одно из условий (26) не выполняется и хотя бы один из коэффициентов уравнения регрессии не удовлетворяет четвертому условию ($k/\sigma_k \geq B_{кр}$), то это уравнение не используется для приведения к многолетнему периоду.

Критический анализ условий (26) показал, что условие $R/\sigma_R \geq A_{кр}$ является избыточным и может быть исключено, так как величина доверительного интервала для R функционально зависит от n' и R и при $n' \geq 6,0$ и $R_{кр} \geq 0,7$ коэффициент R всегда будет статистически значим. Также известно, что:

$$\sigma_\varepsilon = \sigma_Y \sqrt{1 - R^2}, \quad (27)$$

где σ_ε – среднее квадратическое отклонение остатков (разностей между фактическими и расчетными значениями); σ_Y – стандартное (среднее квадратическое) отклонение приводимого к многолетнему периоду ряда.

Тогда отношение $\sigma_\varepsilon / \sigma_Y$ характеризует относительную погрешность расчетного значения. При $R = 0,7$ погрешность будет

равна 51 %, что достаточно много. Поэтому следует, по крайней мере, принять $R_{кр} \geq 0,75$, что соответствует погрешности около 44 %. Чтобы исключить ложные корреляции, следует ввести предельное расстояние от приводимой станции – радиус круга ($Rad_{кр}$), внутри которого выбираются аналоги (в км), а также остановиться на условии $n' \geq 10$. Кроме того, чтобы исключить наличие отдельных «выбросов» восстановленных данных, можно ввести предельную относительную погрешность: отношение σ_e к восстановленному значению (Y_p) и (или) к исходной вариации ряда (σ_Y). В данном случае предельная относительная погрешность принята равной 20 %. В результате новый вариант условий (26) будет следующим:

$$Rad \geq Rad_{кр}, n' \geq 10, R \geq 0,75, k/\sigma_k \geq 2, \\ \sigma_e/Y_p \leq \Delta'_{кр} (20-40 \%), \sigma_e/\sigma_Y \leq \Delta_{кр} (20-40 \%). \quad (28)$$

Очевидно, что для некоторых характеристик, у которых восстановленное значение может быть нулевым (например, температура воздуха), потребность в условии $\sigma_e/Y_p \leq \Delta'_{кр}$ отпадает.

Восстановленные данные, полученные по уравнению (25) на основе метода наименьших квадратов (МНК), имеют систематически заниженную дисперсию. Исключение систематической смещенности дисперсии восстановленных данных осуществляется путем введения поправки в восстановленные значения метеорологической характеристики, в результате которой несмещенные восстановленные величины определяются по следующей формуле:

$$Q'_i = (Q_i - \bar{Q}_n) / R + \bar{Q}_n, \quad (29)$$

где Q_i – значения метеорологических характеристик, рассчитанные по уравнению регрессии (25); $\bar{Q}_n$ – среднее значение приводимого ряда за совместный с пунктом-аналогом период.

Получить восстановленное значение важно, но недостаточно. Вторым немаловажным аспектом восстановления является оценка его эффективности. Для оценки эффективности восстановленных по (25) значений был разработан ряд показателей. Стандартная погрешность восстановления определяется по формуле (27),

а в качестве наиболее информативных показателей обобщенных оценок восстановления приняты:

- количество восстановленных лет (абсолютное Δn и относительное $\Delta n'(\%) = (N - n)/n * 100 \%$);

- отношение дисперсии восстановленных значений к дисперсии наблюдаемых значений (критерий Фишера), характеризующее однородность восстановления;

- критерий Стьюдента для оценки однородности среднего восстановленных значений по отношению к среднему наблюдаемых данных.

При этом следует отметить, что два последних показателя оценки однородности средних и дисперсий имеют значение в том случае, если число наблюдаемых и восстановленных данных примерно одинаковое.

2.2. Последовательность расчета

1. Выбираются два многолетних ряда наблюдений, один из которых имеет меньшую продолжительность наблюдений (n), а другой большую – N . Этими рядами могут быть следующие:

- ряды сумм осадков за один и тот же месяц на двух разных станциях;

- ряды среднемесячных температур воздуха за один и тот же месяц на двух разных станциях;

- ряд температур и осадков на одной станции за один и тот же месяц.

2. Определяются коэффициенты уравнения связи между коротким (Y) и продолжительным (X) рядами наблюдений за совместный период:

$$Y = k_0 + k_1 X, \quad (30)$$

где

$$k_1 = [\sum (Y_i - Y_{cp})(X_i - X_{cp})] / (\sum (X_i - X_{cp})^2), \quad (31)$$

$$k_0 = Y_{cp} - k_1 X_{cp}. \quad (32)$$

3. Рассчитываются коэффициенты и параметры, входящие в неравенство (28):

$$R = (\sum (Y_i - Y_{cp})(X_i - X_{cp}) / \sqrt{\sum (Y_i - Y_{cp})^2 \sum (X_i - X_{cp})^2}), \quad (33)$$

$$\sigma_k = \sigma_Y \sqrt{(1 - R^2)} / \sigma_X \sqrt{(n - 1)}. \quad (34)$$

4. Оценивается эффективность уравнения (30) по условиям (28), и если оно эффективно, то на основе этого уравнения восстанавливаются значения ряда Y за период $N - n$.

5. В соответствии с условиями (28) из восстановленных данных исключаются те значения, относительная погрешность которых превосходит предельную заданную.

6. В восстановленные значения вносится поправка на смещение дисперсии по формуле (29).

7. Рассчитываются показатели эффективности восстановления:

- абсолютное количество восстановленных лет Δn ;
- относительное количество восстановленных лет $\Delta n'(\%)$;
- критерий Фишера для оценки однородности дисперсий восстановленных и наблюдаемых данных;
- критерий Стьюдента для оценки однородности средних восстановленных и наблюдаемых данных.

2.3. Общие рекомендации по подготовке и обработке данных в электронных таблицах Microsoft Excel

1. Ввод и редактирование данных.

В электронной таблице одна из ячеек всегда является активной. Активная ячейка – это ячейка, выделенная указателем ячейки. Смена активной ячейки производится с помощью клавиш управления курсором или мыши. Чтобы сделать ячейку активной, достаточно выполнить щелчок мышью на этой ячейке.

Ввод информации в активную ячейку выполняется в строке формул и заканчивается нажатием клавиши [Enter] или кнопки [Ввод], которая находится слева от строки формул. Для отказа от ввода в строке формул предназначена соседняя кнопка [Отмена].

Если длина введенного в ячейку текста превышает текущее значение ширины этой ячейки, то после завершения ввода текст либо будет полностью представлен в таблице, закрывая собой незаполненные ячейки, которые расположены справа, либо будет урезан по правому краю ячейки, если смежная с ней ячейка содержит какую-либо информацию. Весь текст полностью можно уви-

деть в строке формул при помещении указателя ячейки на ячейку с данным текстом.

Если же вследствие недостаточной ширины ячейки числовые значения в ней не могут быть представлены полностью, то на экране будет отображено соответствующее число символов диез (#). Для отображения данных в этом случае следует увеличить ширину столбца методом растягивания границы с именем столбца либо, сделав двойной щелчок на границе названия столбца.

Текст можно также разместить в текущей ячейке, не изменяя ее ширины за счет увеличения ее высоты. Для этого следует выбрать меню **Формат\Ячейки** перейти на вкладку **«Выравнивание»** и поставить флажок **«Переносить по словам»**.

Если в какую-либо ячейку введены неверные данные, то ошибка может быть устранена либо путем повторного ввода в ту же ячейку правильной информации, либо включением режима редактирования.

Для редактирования содержимого ячейки необходимо:

- установить указатель ячейки на данную ячейку;
- дважды щелкнуть мышью или нажать клавишу **[F2]**;
- изменить содержимое ячейки в строке ввода.

Для сохранения сделанных изменений нажать клавишу **[Enter]**. Для удаления содержимого ячейки установить указатель ячейки в эту ячейку и нажать клавишу **[Delete]**.

2. Выделение блока ячеек.

При работе с электронной таблицей одной из наиболее часто используемых операций является выделение блока ячеек. Выделение блока ячеек служит для обозначения ячеек, к которым должна относиться следующая команда или функция. Например, блок выделяется при копировании формул, форматировании таблицы, создании графиков и др.

Для выделения (маркировки) блока ячеек с помощью клавиатуры необходимо разместить указатель ячейки на одной из угловых ячеек маркируемой области, нажать клавишу **[Shift]**, после чего передвинуть указатель ячейки с помощью клавиш управления курсором. После того как блок ячеек будет выделен, отпустить клавишу **[Shift]**.

С помощью мыши выделение интервала выполняется путем нажатия левой кнопки на угловой ячейке и перетаскивания указателя мыши по остальным ячейкам интервала.

Для выделения несмежных диапазонов ячеек необходимо вначале мышью выделить первый блок ячеек, затем нажать клавишу [Ctrl] и, удерживая нажатой клавишу [Ctrl], мышью выделить другие блоки ячеек.

При выделении блока ячеек происходит их подсвечивание. Чтобы отменить выделение блока ячеек, достаточно выполнить щелчок мышью вне выделенного фрагмента таблицы или нажать одну из клавиш управления курсором.

3. Ввод математических формул.

Ввод формулы всегда начинается со знака = (равно) или со знака +. Формула может содержать обычные арифметические операторы, например, + (плюс), - (минус), * (умножить), / (разделить). Например, для получения в ячейке C1 суммы двух чисел, находящихся в ячейках A1 и B1, следует в ячейку C1 ввести формулу: = A1 + B1.

Для задания формулы можно использовать различные технические приемы. Формула может быть задана путем ввода с клавиатуры. Однако существует и другой способ задания формулы: после ввода знака равенства следует выполнить щелчок мышью на ячейке, которая должна быть указана в формуле первой (A1).

Адрес данной ячейке появится в итоговой ячейке (C1). Далее следует ввести оператор сложения, а затем выполнить щелчок на следующей ячейке (B1). Использование этого способа значительно упрощает ввод адресов ячеек.

Кроме того, они могут использовать специально встроенные функции, которые облегчают процесс вычисления. Например, статистические функции выполняют операции по вычислению различных величин или параметров их распределений: стандартного отклонения, дисперсии, медианы и т.п.

В формулах можно указывать не только отдельные ячейки, но и целые блоки ячеек. Блоком называется прямоугольная группа ячеек. Как ячейка определяется своим адресом, так и блок определяется своими координатами. В качестве координат блока указы-

вается адрес левой верхней ячейки и через разделитель (точку или двоеточие) адрес правой нижней ячейки. Например:

=СУММ(A1 :C5) – сумма чисел, расположенных в 15 ячейках.

Если в формуле указываются несмежные ячейки, то их адреса следует разделить точкой с запятой. Например:

=СРЗНАЧ(A1 ;B3;C5) – среднее арифметическое чисел, расположенных в ячейках A1, B3 и C5.

Если Вы знаете название функции, то можете ввести его в ячейку с клавиатуры или с помощью **<Других функций...>** при выборе **<Категории>**, которая может быть **Математической** и т.д. Например:

=СТЕПЕНЬ(число;степень) – число, номер основания, любое действительное число.

Аргументы функции должны быть указаны после ее названия в круглых скобках. Поэтому после ввода открывающейся круглой скобки следует выделить с помощью мыши ячейки, содержимое которых должно использоваться в качестве аргументов. Адрес выделенного блока ячеек будет сразу же представлен в строке ввода. Завершите задание функции вводом закрывающей скобки и нажатием клавиши **[Enter]**.

4. Копирование данных.

Содержимое каждой отдельной ячейки или блока ячеек может быть скопировано. Операция копирования часто используется для многократного ввода в электронную таблицу одинаковых данных или формул. Для копирования содержимого ячейки в интервал ячеек необходимо:

1. Установить указатель ячейки в ту ячейку, которую надо скопировать.

2. Выбрать команду **<Копировать>** из меню **<Правка>** или нажать кнопку **Копировать** на панели инструментов.

3. Выделить интервал ячеек, в который нужно скопировать данные, и нажать клавишу **[Enter]**.

При копировании формул в другое место таблицы необходимо управлять формированием адресов исходных данных. Поэтому в электронной таблице при написании формул используются понятия относительной и абсолютной адресации.

Абсолютный адрес — это не изменяющийся при копировании формулы адрес ячейки, содержащей исходные данные. Для указания абсолютной адресации вводится символ \$. Например, адрес ячейки *B4* при копировании не будет изменяться, если в формулу записать ее адрес в виде: *\$B\$4*. Если указать *B\$4*, то столбцы при копировании могут меняться, а строки нет. И наоборот, если указать *\$B4*, то столбцы меняться не будут, а строки — будут.

Относительный адрес — это изменяющийся при копировании формулы адрес ячейки, содержащий исходные данные. Такой адрес в своем имени не содержит символ \$.

При последовательном нажатии клавиши *F4* форма адреса ячейки изменяется, например, *A4* → *\$A4* → *\$A\$4* → *A\$4* и т.д.

Для дублирования (копирования) формулы в соседние ячейки можно использовать также команду **Заполнения**. Для этого:

1. Выделите ячейку с исходной формулой.
2. Поместите курсор мыши на маркер заполнения (маленький квадратик) в правом нижнем углу копируемой ячейки. При этом курсор должен приобрести вид маленького черного крестика.
3. Перетащите мышью маркер заполнения по ячейкам, которые требуется заполнить.
5. Формирование границ таблицы

Для выделения информации на листе полезно обводить ячейки рамками. Для формирования рамки выполните следующие шаги:

1. Выделите блок ячеек, вдоль границ которых должна быть проведена линия,
2. Выполните команду **<Ячейка...>** из меню **<Формат>**,
3. В диалоговом окне **Формат ячеек** перейдите на вкладку **Граница**,
4. На вкладке **Граница** выберите местоположение, тип и цвет линии, а затем активизируйте кнопку **[OK]**.

Если рамка сформирована не полностью, повторите описанные действия.

Полезным заменителем вкладки **Граница** является кнопка **Граница** на панели инструментов форматирования, работа с которой происходит значительно быстрее.

2.4. Пример расчета и оформления результатов

Выбраны многолетние ряды сумм осадков за июль на двух метеостанциях:

- короткий ряд наблюдений – метеостанция Мыс Каменный (1951 – 1994 гг.) $n=44$ года;
- продолжительный ряд-аналог – метеостанция Новый Порт (1925 – 2004 гг.) $N=80$ лет.

Прежде всего был определен коэффициент парной корреляции R между двумя рядами за совместный период, который был равен 0,75, относительная погрешность восстановления задана $\sigma_e/Y_p \leq 40\%$, условие $k/\sigma_k \geq 2$ также было выполнено и $k/\sigma_k = 3,1$.

Полученное уравнение имеет вид:

$$Y = 0,6382X + 15,7868 \quad (35)$$

при стандартной погрешности расчета $\sigma_e = 19,5$ мм и относительных погрешностей восстановления от 20 до 40 %.

На основе полученного уравнения (35) были восстановлены данные наблюдений за 36 лет, и из восстановленных данных выбраны те, которые удовлетворяли условию $\sigma_e/Y_p \leq 40\%$. Таких восстановленных значений оказалось 16 и они были пересчитаны по формуле (29), чтобы исключить систематическое преуменьшение дисперсии. Результатом восстановления является ряд, включающий измеренные и восстановленные значения, который приведен в табл. 9, а его график – на рис. 3. В этой же таблице для восстановленных данных приведена стандартная погрешность восстановления.

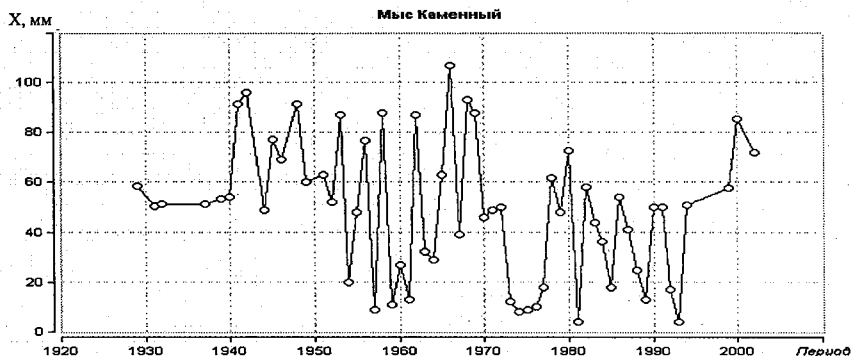


Рис. 3. Восстановленный ряд осадков за июль на метеостанции Мыс Каменный

Таблица 9

**Наблюдаемые и восстановленные значения сумм осадков за июль
на метеостанции Мыс Каменный и их погрешности**

Год	Значение, мм	Погрешность восстановления, мм
1929	58,6	19,5
1931	50,5	19,5
1932	51,4	19,5
1937	51,4	19,5
1939	53,2	19,5
1940	54,1	19,5
1941	91,6	19,5
1942	96,1	19,5
1944	48,8	19,5
1945	77,3	19,5
1946	69,3	19,5
1948	91,6	19,5
1949	60,4	19,5
1951	63,0	0,0
1952	52,0	0,0
1953	87,0	0,0
1954	20,0	0,0
1955	48,0	0,0
1956	77,0	0,0
1957	9,0	0,0
1958	88,0	0,0
1959	11,0	0,0
1960	27,0	0,0
1961	13,0	0,0
1962	87,0	0,0
1963	32,0	0,0
1964	29,0	0,0
1965	63,0	0,0
1966	107,0	0,0
1967	39,0	0,0
1968	93,0	0,0
1969	88,0	0,0
1970	46,0	0,0
1971	49,0	0,0
1972	50,0	0,0
1973	12,0	0,0
1974	8,0	0,0
1975	9,0	0,0
1976	10,0	0,0

Окончание табл. 9

1977	18,0	0,0
1978	62,0	0,0
1979	48,0	0,0
1980	73,0	0,0
1981	4,0	0,0
1982	58,0	0,0
1983	44,0	0,0
1984	36,0	0,0
1985	18,0	0,0
1986	54,0	0,0
1987	41,0	0,0
1988	25,0	0,0
1989	13,0	0,0
1990	50,0	0,0
1991	50,0	0,0
1992	17,0	0,0
1993	4,0	0,0
1994	51,0	0,0
1999	57,7	19,5
2000	85,4	19,5
2002	72,0	19,5

Результаты оценки эффективности наблюдаемых и восстановленных данных приведены в табл. 10, из которой следуют выводы:

- восстановлены осадки июля за 16 лет (с 1929 по 1949 г. и с 1999 по 2002 г.);

- эффект восстановления составляет 36 %;

- стандартная погрешность восстановления составляет 19,5 мм;

- отношение стандартных отклонений наблюдаемых и восстановленных рядов составляет 1,7, что дает статистику критерия Фишера 2,8;

- отношение средних значений наблюдаемых и восстановленных рядов составляет 0,64, что дает статистику критерия Стьюдента 3,19;

- гипотеза об однородности дисперсий и средних наблюдаемых и восстановленных рядов отклоняется, но их отклонение обусловлено небольшим объемом восстановленных данных (16 лет), который не включает полные циклы лет повышенных и пониженных осадков.

Таблица 10
 Результаты оценки эффективности восстановления ряда осадков за июль на метеостанции Мыс Каменный

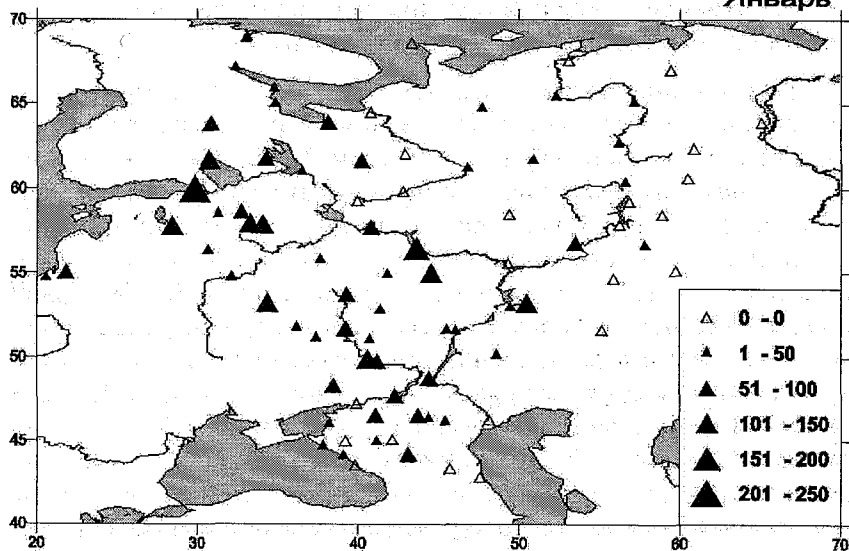
Код	Наименование станции	Кол-во факт. лет	Кол-во восст. лет	Эффект восстановления в %	Средняя порешность восстановления	Стандартное отклонение исходных данных	Стандартное отклонение восстановленных данных	Статистика критерия Фишера	Среднее исходных данных	Среднее восстановленных данных	Статистика критерия Стьюдента
23146	Мыс Камен ный	44	16	36	19,5	27,8	16,7	2,79	42,8	66,8	-3,19

2.5. Практическое приложение по восстановлению многолетних рядов температуры воздуха на ЕТР

На основании приведенной методики было осуществлено восстановление многолетних рядов среднемесячной температуры воздуха на Европейской территории России (ЕТР). Для этой цели из базы данных были выбраны 100 продолжительных рядов наблюдений на этой территории и еще около 270 рядов на прилегающих территориях, которые потенциально могут быть использованы в качестве аналогов, особенно для краевых станций. На первой стадии восстановления был применен метод индивидуальных аналогов и их максимальное количество в уравнениях задавалось трем при построении всех возможных сочетаний уравнений с 1, 2 и 3 аналогами. Предельное расстояние от рассматриваемой станции до аналога задавалось в 400 км. На рис. 4 в качестве примера показано количество восстановленных лет по каждой станции (Δn) для рядов среднемесячных температур воздуха января и июля. Из рис. 4 следует, что по показателю Δn территория наглядно делится по крайней мере на два района: западная часть ЕТР, где продолжительность восстановленных данных в основном более 50 лет (при максимальном

$\Delta n = 214$ лет для метеостанции Кронштадт, где исходный ряд наблюдений составлял 32 года) и восточная часть ЕТР, где количество восстановленных лет значительно меньше. В отдельный район была выделена также южная часть ЕТР, имеющая промежуточные между двумя районами свойства. Основные обобщенные результаты оценки эффективности восстановления на основе индивидуальных аналогов приведены в табл. 11. В ней даны осредненные показатели как в целом для всей ЕТР и для 12 месяцев, так и для каждого из трех выделенных однородных районов за характерные месяцы четырех сезонов года. Из данных таблицы следует, что количество восстановленных лет существенно зависит от сезона года. Так, в холодный период восстановлено большее количество данных: до 40 лет в среднем для ЕТР и до 58 лет для западной части территории. При условии, что исходный объем рядов составлял 80 лет (несколько меньше в южном районе и чуть больше в западном и восточном), за счет процедуры восстановления его удалось увеличить в 1,5 раза. Интересно отметить, что отношение числа

Январь



Июль

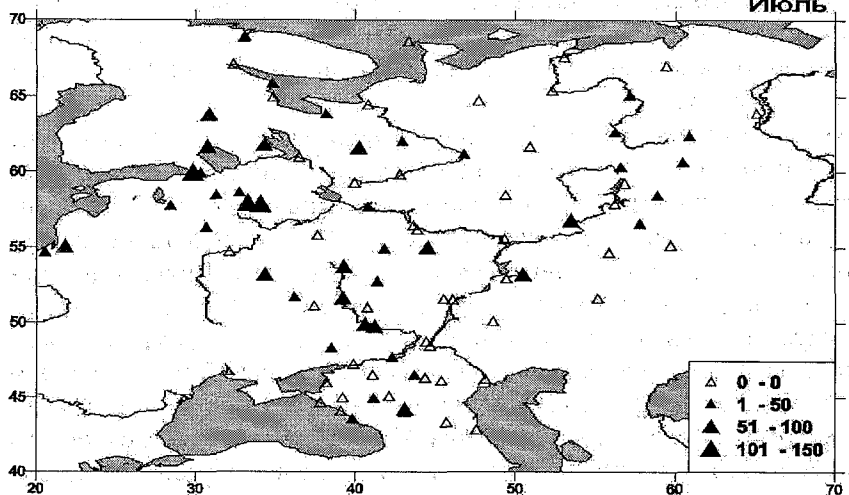


Рис. 4. Количество восстановленных лет на основе метода индивидуальных аналогов для рядов среднемесячных температур воздуха за январь и июль

восстановленных лет в зимние месяцы по отношению к летним составляет в восточном районе 1,5, в западном около 2, а в южном достигает 4. При этом в западном районе среднее количество вос-

становленных лет в 2 раза больше, чем в восточном и в 1,5 раза больше, чем в южном. Относительная погрешность $\Delta\sigma_{\varepsilon}\%$, несколько больше летом, чем зимой, хотя существенного различия не наблюдается. В целом при заданном предельном значении $\Delta_{кр} = 20\%$ полученная средняя относительная погрешность составляет 14–16 %, причем в восточном районе всего на 1–2 % больше. Отношение K_1 является наибольшим в южном районе (в среднем 1,6), несколько меньше – в западном ($K_1 = 1,3$) и наименьшим в восточном районе (около 1). Поэтому, несмотря на то, что погрешности восстановления в восточном районе, определенные на зависимой информации, больше, чем в других частях ЕТР, их откорректированные величины с учетом проверки на независимой информации являются наименьшими из всех, т.е. данные восстанавливаются надежнее. Однако для всех районов и месяцев показатель $K_1(\%)$ практически не превышал 30 %, что свидетельствует об эффективности проведенного восстановления рядов по методу индивидуальных аналогов.

Таблица 11

Оценка эффективности восстановления на основе метода индивидуальных аналогов в целом для всей территории и однородных районов

Месяц	N	Δn	σ_{ε}	$\Delta\sigma_{\varepsilon}, \%$	$\sigma_{\varepsilon H}$	K_1	$K_1, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>ЕТР</i>							
1	80	40	0,53	13,5	0,64	1,09	14,8
2	80	37	0,54	13,7	0,66	1,23	16,2
3	80	31	0,45	15,4	0,6	1,30	19,5
4	80	23	0,36	15,8	0,61	1,50	23,2
5	79	23	0,30	14,7	0,44	1,31	19,5
6	80	24	0,29	15,1	0,41	1,25	18,5
7	79	22	0,28	15,1	0,43	1,28	19,2
8	79	22	0,26	15,3	0,41	1,48	21,7
9	79	27	0,27	15,6	0,38	1,37	20,9
10	79	35	0,31	14,2	0,40	1,26	17,0
11	79	32	0,37	14,4	0,52	1,40	19,7
12	79	37	0,50	13,8	0,68	1,23	16,6
<i>Запад ЕТР</i>							
1	84	58	0,50	12,7	0,59	1,09	14,0
4	84	28	0,35	15,9	0,65	1,46	23,2
7	83	34	0,28	14,8	0,41	1,34	19,8
10	83	44	0,28	13,7	0,35	1,28	16,8

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Восток ЕТР</i>							
1	84	17	0,68	15,6	0,73	0,86	13,8
4	84	18	0,45	16,3	0,52	0,90	15,2
7	84	15	0,33	16,7	0,38	0,85	14,5
10	84	23	0,37	15,6	0,37	1,02	14,8
<i>Юг ЕТР</i>							
1	65	32	0,49	14,0	0,67	1,29	18,1
4	65	21	0,30	15,0	0,61	2,07	30,1
7	65	8	0,21	13,6	0,56	1,68	24,0
10	65	32	0,30	13,7	0,54	1,49	20,2

2.6. Вопросы для самопроверки

1. С помощью какого метода восстанавливаются пропуски наблюдений и увеличивается продолжительность ряда и какие природные закономерности лежат в его основе?
2. Что включают в себя задаваемые условия эффективности уравнения регрессии?
3. Что такое эффект смещенности дисперсии в восстановленных данных и как он исключается?
4. Какие показатели служат для оценки эффективности восстановленных данных?
5. Что такое ряд-аналог?
6. Какова последовательность восстановления данных по аналогу?
7. Как рассчитать коэффициент корреляции уравнения связи с аналогом в редакторе Excel?
8. Как рассчитать стандартную погрешность восстановленных данных через коэффициент корреляции уравнения связи с аналогом?

Лабораторная работа № 3

«Расчет параметров и квантилей распределений»

3.1. Теоретические положения

Определение параметров и квантилей распределения (расчетных климатических характеристик) при наличии данных наблюдений достаточной продолжительности осуществляется путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения – кривых обеспеченностей.

Эмпирическая ежегодная вероятность превышения P_m метеорологических характеристик определяется по формуле:

$$P_m = \frac{m}{n+1} 100\%, \quad (36)$$

где m – порядковый номер членов ряда метеорологической характеристики, расположенных в убывающем порядке; n – общее число членов ряда.

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения строятся на клетчатках вероятностей. Тип клетчатки вероятностей выбирается в соответствии с принятой аналитической функцией распределения вероятностей и полученного отношения коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v . Наиболее распространенной является клетчатка нормального закона распределения.

Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения ежегодных вероятностей превышения, как правило, применяются трехпараметрические распределения: Крицкого – Менкеля (гамма-распределение) при любом отношении C_s/C_v и распределение Пирсона III типа (биномиальная кривая) при $C_s/C_v \geq 2$ и другие распределения, имеющие предел простираения случайной переменной от нуля, или положительного значения, до бесконечности. При надлежащем обосновании допускается применять двухпараметрические распределения, если эмпирическое отношение C_s/C_v и аналитическое отношение C_s/C_v , свойственные данной функции распределения, приблизительно равны. При неоднород-

ности ряда наблюдений применяются усеченные и составные кривые распределения вероятностей превышения.

Оценки параметров аналитических кривых распределения, таких как среднее многолетнее значение $\bar{Q}$, коэффициент вариации C_v и отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_s/C_v , устанавливаются по рядам наблюдений за рассматриваемой метеорологической характеристикой методом приближенно наибольшего правдоподобия, методом моментов и методом наименьших квадратов.

Коэффициент вариации C_v и коэффициент асимметрии C_s для трехпараметрического гамма-распределения следует определять методом приближенно наибольшего правдоподобия в зависимости от статистик λ_2 и λ_3 , вычисляемых по формулам:

$$\lambda_2 = \left(\sum_{i=1}^n \lg k_i \right) / (n-1), \quad (37)$$

$$\lambda_3 = \left(\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i \right) / (n-1), \quad (38)$$

где k — модульный коэффициент рассматриваемой метеорологической характеристики, определяемый по формуле:

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}, \quad (39)$$

здесь Q_i — годовичные значения метеорологических характеристик; $\bar{Q}$ — среднее арифметическое значение, определяемое в зависимости от числа лет наблюдений по формуле:

$$\bar{Q} = \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right) / n. \quad (40)$$

По полученным значениям статистик λ_2 и λ_3 определяют коэффициенты вариации и асимметрии по специальным таблицам, номограммам или на основе вычислительной программы.

Коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s определяются методом моментов по формулам:

$$C_v = (a_1 + a_2/n) + (a_3 + a_4/n)\tilde{C}_v + (a_5 + a_6/n)\tilde{C}_v^2, \quad (41)$$

$$C_s = (b_1 + b_2/n) + (b_3 + b_4/n)\tilde{C}_s + (b_5 + b_6/n)\tilde{C}_s^2, \quad (42)$$

где $a_1, \dots, a_6; b_1, \dots, b_6$ – коэффициенты, определяемые по специальным таблицам; $\tilde{C}_v$ и $\tilde{C}_s$ – соответственно смещенные оценки коэффициентов вариации и асимметрии, определяемые по формулам:

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}, \quad (43)$$

$$\tilde{C}_s = \left[n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3 \right] / [\tilde{C}_v^3 (n-1)(n-2)]. \quad (44)$$

При $C_v < 0,6$ и $C_s < 1,0$ допускается использовать формулы (43) и (44) без учета поправок на смещение.

Случайные средние квадратические погрешности выборочных средних определяются по приближенной зависимости:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \left(\sigma_Q / \sqrt{n} \right) \sqrt{(1+r)/(1-r)}, \quad (45)$$

которая применяется при коэффициенте автокорреляции между смежными членами ряда r , меньшем 0,5. При больших коэффициентах автокорреляции используется формула:

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1 + \frac{2r}{n(1-r)} \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}{1 - \frac{2r}{n(n-1)(1-r)} \left(n - \frac{1-r^n}{1-r} \right)}}. \quad (46)$$

Случайные средние квадратические ошибки коэффициентов вариации при $C_s = 2C_v$ определяются по зависимости:

$$\sigma_{C_v} = \frac{C_v}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2} \left(1 + \frac{3C_v r^2}{1 + r}\right)}. \quad (47)$$

В методе моментов среднее значение и коэффициент вариации определяется методом моментов, а отношение C_v/C_v – подбором при достижении минимума суммы квадратов отклонений между эмпирическим распределением и его аналитической аппроксимацией.

Нормированные ординаты распределения Пирсона III типа приведены в табл. 17 Приложения, а относительные ординаты распределения Крицкого–Менкеля – в табл. 18 Приложения.

3.2. Последовательность расчета

1. Многолетний ряд метеорологической характеристики ранжируется по убыванию (от наибольшего значения к наименьшему).

2. Ранжированный ряд делится на равные интервалы (10–15) и в каждом интервале определяется плотность вероятности по формуле:

$$p(i) = m_i/n, \quad (48)$$

где $p(i)$ – вероятность в i -м интервале; m_i – количество событий в i -м интервале; n – общее количество членов ряда.

3. Строится кривая дифференциального распределения на основе вычисленных плотностей вероятности и средних значений метеорологической характеристики в интервале.

4. Определяются следующие параметры эмпирического распределения: среднее значение, медиана, мода, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии.

5. Строится график эмпирического распределения на клетчатке вероятности нормального закона распределения, имеющей вид:

$$Y_i = f(Z_i), \quad (49)$$

где Y_i – ранжированное значение метеорологической характеристики; Z_i – ордината стандартизированного нормального распределения ($\mu = 0$, $\sigma = 1$), определяемая из табл. 19 Приложения и $Z = f(P)$ при $P < 0,5$; $Z = f(1 - P)$ при $P \geq 0,5$ и $P = m/(n + 1)$.

6. Выбирается аналитическая аппроксимация: распределение Крицкого–Менкеля или распределение Пирсона III типа.

7. Осуществляется вычисление квантилей заданной обеспеченности по таблицам Приложения при определенных параметрах и заданном аналитическом распределении.

8. Дополнительно предлагается установить аналитическую аппроксимацию, для которой среднее значение и коэффициент вариации вычисляются заданным методом, а отношение оценок C_s/C_v подбирается при достижении минимума суммы квадратов отклонений между эмпирическим и аналитическим распределениями («оптимизация»).

3.3. Пример расчета и оформления результатов

Пункт: Ханты-Мансийск (1897–2004 гг.)

Характеристика: суммы осадков за июль

Исходные и ранжированные данные приведены в табл. 12.

Таблица 12

Исходные данные и эмпирическое распределение

№	Год	Значение, мм	Обеспеченность, Р %	Ранжированные значения, мм	Год, соответствующий ранжированной величине
1	2	3	4	5	6
1	1897	98,0	1,075	188	1969
2	1898	46,0	2,151	175	1947
3	1899	146	3,226	168	1995
4	1900	70,0	4,301	149	1959
5	1901	24,0	5,376	148	1985
6	1902	38,0	6,452	146	1973
7	1903	34,0	7,527	146	1899
8	1904	81,0	8,602	142	1975
9	1905	53,0	9,677	140	1956
10	1906	31,0	10,753	134	1986
11	1907	52,0	11,828	130	1978
12	1908	99,0	12,903	122	1944
13	1909	98,0	13,978	122	1951
14	1910	37,0	15,054	120	1941
15	1911	4,00	16,129	119	1967
16	1912	80,0	17,204	118	1968
17	1913	36,0	18,280	115	1965
18	1915	93,0	19,355	110	1943
19	1916	46,0	20,430	104	1996
20	1917	43,0	21,505	99,0	1908
21	1918	53,0	22,581	99,0	1976

Продолжение табл. 12

1	2	3	4	5	6
22	1919	64,0	23,656	98,0	1909
23	1920	90,0	24,731	98,0	1897
24	1930	16,0	25,806	98,0	1977
25	1933	58,0	26,882	96,0	1946
26	1934	70,0	27,957	94,0	1964
27	1936	39,0	29,032	93,0	1915
28	1937	75,0	30,108	92,0	1948
29	1938	31,0	31,183	90,0	1920
30	1939	63,0	32,258	81,0	1904
31	1940	46,0	33,333	80,0	1912
32	1941	120	34,409	79,0	1950
33	1942	36,0	35,484	76,0	1999
34	1943	110	36,559	75,0	1937
35	1944	122	37,634	71,0	1953
36	1945	55,0	38,710	71,0	1980
37	1946	96,0	39,785	70,0	1900
38	1947	175	40,860	70,0	1934
39	1948	92,0	41,935	67,0	1983
40	1949	53,0	43,011	65,0	1958
41	1950	79,0	44,086	64,0	1919
42	1951	122	45,161	64,0	1955
43	1952	50,0	46,237	64,0	1994
44	1953	71,0	47,312	63,0	1939
45	1954	58,0	48,387	63,0	1979
46	1955	64,0	49,462	62,0	1971
47	1956	140	50,538	61,0	1962
48	1957	49,0	51,613	61,0	1991
49	1958	65,0	52,688	60,0	1970
50	1959	149	53,763	60,0	1972
51	1962	61,0	54,839	59,0	1981
52	1963	45,0	55,914	59,0	1987
53	1964	94,0	56,989	58,0	1933
54	1965	115	58,065	58,0	1954
55	1966	27,0	59,140	58,0	1997
56	1967	119	60,215	56,0	1998
57	1968	118	61,290	55,0	1945
58	1969	188	62,366	54,0	1974
59	1970	60,0	63,441	53,0	1949
60	1971	62,0	64,516	53,0	1918
61	1972	60,0	65,591	53,0	1905
62	1973	146	66,667	52,0	1907
63	1974	54,0	67,742	50,0	1952

1	2	3	4	5	6
64	1975	142	68,817	49,0	1957
65	1976	99,0	69,892	49,0	1993
66	1977	98,0	70,968	47,0	2000
67	1978	130	72,043	46,0	1940
68	1979	63,0	73,118	46,0	1898
69	1980	71,0	74,194	46,0	1916
70	1981	59,0	75,269	45,0	1963
71	1982	44,0	76,344	45,0	2004
72	1983	67,0	77,419	44,0	1982
73	1984	32,0	78,495	43,0	1917
74	1985	148	79,570	39,0	1936
75	1986	134	80,645	38,0	1902
76	1987	59,0	81,720	37,0	1910
77	1988	28,0	82,796	36,0	1913
78	1989	14,0	83,871	36,0	1942
79	1990	34,0	84,946	34,0	1990
80	1991	61,0	86,022	34,0	1903
81	1992	24,0	87,097	34,0	2001
82	1993	49,0	88,172	32,0	1984
83	1994	64,0	89,247	31,0	1938
84	1995	168	90,323	31,0	1906
85	1996	104	91,398	28,0	1988
86	1997	58,0	92,473	27,0	1966
87	1998	56,0	93,548	24,0	1992
88	1999	76,0	94,624	24,0	1901
89	2000	47,0	95,699	16,0	1930
90	2001	34,0	96,774	16,0	2003
91	2003	16,0	97,849	14,0	1989
92	2004	45,0	98,925	4,00	1911

Из табл. 12 следует, что июльские осадки за многолетний период изменяются от 4 мм (1911 г.) до 188 мм (1969 г.). На основе этой информации были заданы границы диапазона изменения осадков для построения гистограммы: нижняя граница 0 мм, верхняя граница 200 мм. Весь диапазон был разбит на 10 интервалов и в каждом интервале определена частота или повторяемость осадков по формуле (48). Результаты расчетов представлены в табл. 13.

По данным табл. 13 была построена гистограмма частот, которая при сглаживании представляет собой дифференциальную форму эмпирического распределения. График приведен на рис. 5, из которого следует, что модальное значение равно 50 мм, а ме-

диана равна 61,5 мм, что свидетельствует об асимметричности эмпирического распределения.

Таблица 13

Координаты дифференциального распределения вероятностей сумм июльских осадков на метеостанции Ханты-Мансийск

№ градации	Середина градации, мм	Число случаев	Частота (повторяемость), %
1	10	4	4,35
2	30	15	16,30
3	50	25	27,18
4	70	18	19,56
5	90	11	11,97
6	110	6	6,52
7	130	5	5,43
8	150	5	5,43
9	170	2	2,17
10	190	1	1,09

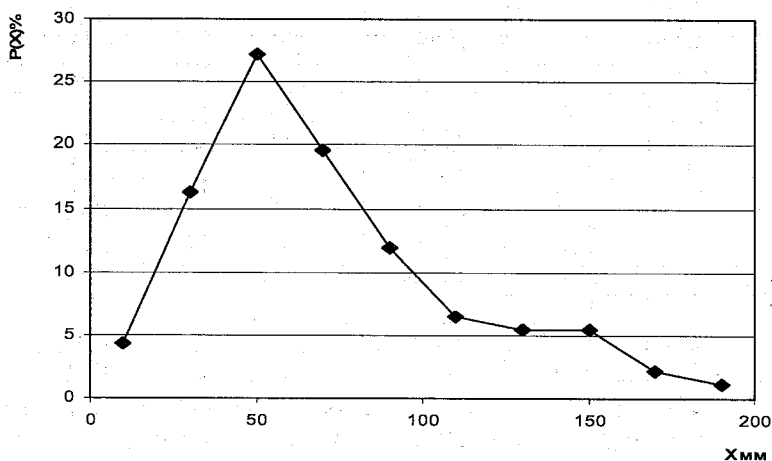


Рис. 5. Частотное распределение сумм июльских осадков на метеостанции Ханты-Мансийск

Параметры аппроксимирующего аналитического распределения вероятностей приведены в табл. 14, а расчетные значения квантилей для 27 стандартных обеспеченностей – в табл. 15. График эмпирического распределения и его аналитическая аппроксимация показаны на рис. 6. Стандартная погрешность аппроксимации (табл. 14) составляет 15,2 %.

Таблица 14

Параметры аналитического распределения вероятности

№	Характеристика	Значение характеристики
1	Тип распределения	Крицкого–Менкеля
2	Метод определения параметров	Подбор отношения C_v/C_v
3	Расчет с учетом поправок C_v и C_v/C_v	Нет
4	Средняя ошибка $E1$	0,152
5	Максимальное отклонение аналитического значения от эмпирического $E2$	0,409
6	Отношение C_v/C_v	2
7	Коэффициент C_v	0,547
8	Коэффициент C_v	1,095
9	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	0,122
10	Среднее	72,75

Таблица 15

Ординаты кривой аналитического распределения

№	Обеспеченность, Р %	Модульный коэффициент	Расчетные значения (квантили), мм
1	0,001	5,196	378
2	0,01	4,392	320
3	0,03	3,995	291
4	0,05	3,812	277
5	0,1	3,554	259
6	0,3	3,152	229
7	0,5	2,958	215
8	1,0	2,690	196
9	3,0	2,253	164
10	5,0	2,039	148
11	10,0	1,732	126
12	20,0	1,408	102
13	25,0	1,294	94,2
14	30,0	1,199	87,3
15	40,0	1,035	75,3
16	50,0	0,903	65,7
17	60,0	0,777	56,5
18	70,0	0,658	47,9
19	75,0	0,597	43,4
20	80,0	0,537	39,1
21	90,0	0,396	28,8
22	95,0	0,301	21,9
23	97,0	0,247	18,0
24	99,0	0,170	12,4
25	99,5	0,134	9,77
26	99,7	0,115	8,34
27	99,9	0,081	5,89

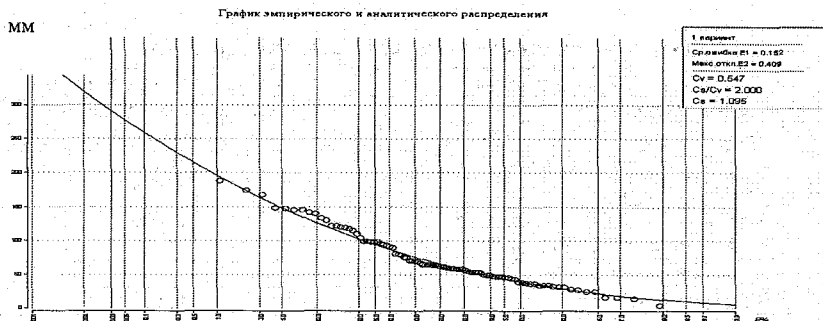


Рис. 6. Эмпирическое распределение сумм осадков за июль на метеостанции Ханты-Мансийск и его аппроксимация аналитическим распределением Крицкого-Менкеля

3.4. Вопросы для самопроверки

1. Что такое эмпирическая ежегодная вероятность превышения и по какой формуле она вычисляется?
2. Какие бывают аналитические распределения и для чего они применяются?
3. Что такое параметры распределения?
4. Какие методы применяются для вычисления параметров распределения?
5. Что такое частотная гистограмма и как она строится?
6. Что такое клетчатка вероятностей и для чего она применяется?
7. Что такое ординаты стандартизированного нормального распределения и как они определяются?
8. Как определяются ординаты аналитических аппроксимаций?
9. Как получить наилучшую аналитическую аппроксимацию?
10. Что такое расчетная климатическая характеристика?

Литература

1. Закс Л. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
3. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
4. Кобышева Н.В., Наровлинский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 295 с.
5. Лобанов В.А., Лемешко Н.А., Жильцова Е.Л., Горлова С.А., Ренева С.А. Восстановление многолетних рядов температуры воздуха на Европейской территории России // Метеорология и гидрология, 2005, № 2, с. 5–14.
6. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГМУ, 2008. – 408 с.
7. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 78 с.
8. <http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?someone>.

Тема 2.

«ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИМАТА»

Лабораторная работа № 4

«Теоретическое распределение солнечной радиации на верхней границе атмосферы»

Цель работы:

научиться рассчитывать суточную солнечную радиацию (инсоляцию), поступающую на верхнюю границу атмосферы.

4.1. Теория расчета солнечной энергии, поступающей на верхнюю границу

Первоисточником энергии для всех процессов, происходящих в атмосфере и гидросфере, является лучистая энергия Солнца, называемая солнечной радиацией. Энергия звездной радиации и тепло, поступающее на поверхность Земли в результате процессов, происходящих в ее глубинных слоях, ничтожно малы по сравнению с солнечной радиацией. Солнце обеспечивает нас в 10 000 раз большим количеством бесплатной энергии, чем фактически используется во всем мире.

Солнце, наиболее близко расположенная к нам звезда, представляет собой раскаленный газовый шар с температурой поверхности около 6000 °С. Температура Солнца возрастает с глубиной, где протекают ядерные реакции. Источником солнечной энергии считается реакция превращения водорода в гелий. Эта энергия распространяется в окружающем пространстве в виде электромагнитной радиации и корпускулярных потоков, состоящих преимущественно из протонов и электронов. Для наших целей Солнце можно рассматривать как абсолютно черное тело с температурой поверхности 6000 К. Оно испускает электромагнитное излучение, вид энергии, перемещающийся в пространстве со скоростью света. Количество энергии, излучаемое единицей поверхности черного тела (E), описывается законом Стефана–Больцмана: $E = \sigma T^4$, где σ – постоянная Стефана–Больцмана, а T – абсолютная температура

поверхности. Путь Солнца среди звезд является большим кругом небесной сферы и называется эклиптической.

Хотя Солнце излучает электромагнитные волны очень широкого спектра – от гамма-излучения с длинами волн 10^{-10} см и короче до сверхдлинных радиоволн порядка десятков и сотен километров, однако, интенсивность излучения Солнца по длинам волн распределяется неравномерно. Эта энергия распределена в широком диапазоне длин волн, как показано на рис. 6. В зависимости от длины волн энергетический спектр удобно разделить на три части:

>0,7 мк – инфракрасное излучение, составляющее около 48 % всей солнечной энергии;

0,4–0,7 мк – видимая часть спектра, составляющая 43 %;

< 0,4 мк – ультрафиолетовое излучение и рентгеновские лучи, составляющие около 9 %.

Приблизительно 99 % солнечной радиации имеют длины волн от 0,15 до 4 мк. Максимум интенсивности солнечного света приходится на длину волны 0,5 мк (зелено-голубой свет). Максимум излучения Солнца приходится на 0,5 мкм (сине-голубой участок спектра).

В метеорологии принято выделять коротковолновую и длинноволновую радиацию. К коротковолновой относят радиацию в диапазоне длин волн от 0,1 до 4 мкм, т. е. она включает, кроме видимого участка спектра, еще и ближайшие к нему по длинам волн участки ультрафиолетового и инфракрасного спектров. Длинноволновая – это радиация с длинами волн от 4 до 100–120 мкм. Такой радиацией обладают земная поверхность и атмосфера.

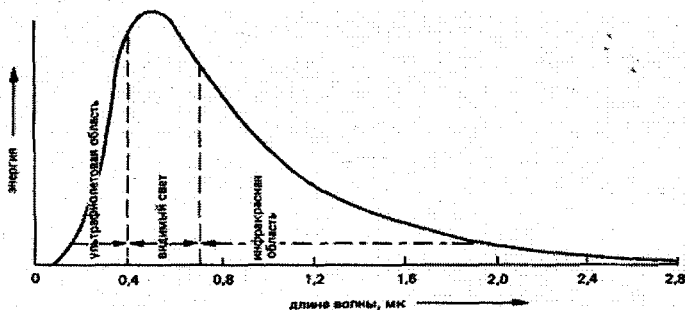


Рис. 6. Распределение интенсивности радиации по длинам волн для черного тела с поверхностной температурой 6000 К (представляющего в данном случае Солнце)

Энергия корпускулярных потоков в среднем в 107 раз меньше, чем энергия электромагнитной радиации Солнца, и она сильно меняется в зависимости от солнечной активности. Под действием корпускулярной радиации происходит ионизация воздуха в верхних слоях атмосферы. Она влияет на магнитное поле Земли, в частности вызывая магнитные бури; ею обусловлены полярные сияния и другие явления в верхних слоях атмосферы. Ниже 90 км корпускулярная радиация почти не проникает.

Почти всю радиационную энергию от Солнца Земля получает на верхней границе атмосферы (90 %). Количество тепла, приносимого солнечной радиацией на 1 см^2 поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, в 1 мин называется интенсивностью солнечной радиации, которая определяется по формуле:

$$I = S_s / 4\pi r^2, \quad (50)$$

где S_s — мощность излучения (энергетическая светимость) Солнца, равная примерно $4 \cdot 10^{20}$ МВт; r — расстояние от Земли до Солнца.

Интенсивность солнечной радиации измеряется специальными приборами — актиометрами и пиргелиометрами и выражается в кал/(см² мин), где 1 кал = 4,1868 Дж. Вычисления, основанные на многочисленных измерениях у земной поверхности, и непосредственно измерения, проведенные с помощью искусственных спутников Земли и геофизических ракет, показали, что при среднем расстоянии Земли от Солнца ($r_0 = 149,600$ млн км) интенсивность солнечной радиации составляет 1,98 кал/(см² мин) или 1,37 кВт/м². Эта величина называется солнечной постоянной. Энергетический спектр солнечной радиации на границе атмосферы близок к спектру абсолютно черного тела с температурой порядка 6000 К.

До недавнего времени солнечную постоянную определяли, измеряя радиацию на уровне поверхности Земли и внося поправки на ее уменьшение при прохождении через атмосферу. Колебания этой величины, измеренные в нашем веке, дают величину ошибки ее измерения ± 5 %. Использование данных космического зондирования дало бы нам возможность определить, существуют ли колебания величины солнечной постоянной, связанные, например, с солнечными пятнами — признаком солнечной активности, которые могут оказывать влияние на изменение климата Земли. Однако про-

блемы калибровки приборов, устанавливаемых на борту спутников Земли, препятствуют получению достаточно надежных данных.

Земля вращается вокруг Солнца по эллиптической орбите и находится от него в среднем на расстоянии 149,6 млн км (1 астрономическая единица). Колебания этой величины в настоящее время составляют около 5 млн км в зависимости от времени года. Так, в январе расстояние до Солнца составляет $r = 147,100$ млн. км, а в июле — $r = 152,100$ млн км. В теории движения Земли по эллиптической орбите устанавливается соотношение:

$$\left(\frac{r_0}{r}\right)^2 dt = \frac{P_0 d\lambda_s}{2\pi\sqrt{1-e^2}}, \quad (51)$$

где r , r_0 — соответственно фактическое и среднее расстояние от Земли до Солнца; P_0 — длина тропического года (время между последовательными вступлениями Солнца в точку весеннего равноденствия); e — эксцентриситет орбиты Земли $e = 0,0167$; λ_s — геоцентрическая долгота Солнца.

Распределение солнечной радиации на верхней границе атмосферы и ее изменение по времени зависят от следующих причин.

1. От степени активности Солнца. В годы наибольшей активности солнечной деятельности солнечная радиация увеличивается. Солнечная постоянная в эти годы на 2 % больше, чем в годы спокойного Солнца. С возрастанием активности солнечной деятельности на Земле увеличивается также интенсивность магнитных и ионосферных возмущений.

2. От расстояния между Землей и Солнцем. Так как орбита Земли представляет собой эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце, то расстояние от Земли до Солнца в течение года не остается постоянным. В день зимнего солнцестояния 22 декабря, когда Земля находится в перигелии, напряженность солнечной радиации примерно на 3,3 % больше, а в день летнего солнцестояния 22 июня — на 3,3 % меньше, чем весной и осенью.

3. От угла падения лучей Солнца на поверхность.

Величина инсоляции (приходящей солнечной радиации) меняется во времени и от места к месту в соответствии с изменением угла, под которым солнечные лучи падают на поверхность Земли:

чем выше Солнце над головой, тем она больше. Изменения этого угла определяются в основном обращением Земли вокруг Солнца и ее вращением вокруг своей оси.

Плоскость орбиты Земли называется плоскостью эклиптики. Обращение Земли вокруг Солнца не имело бы большого значения, если бы земная ось была перпендикулярна плоскости орбиты Земли. В этом случае в любой точке земного шара в одно и то же время суток Солнце поднималось бы на одинаковую высоту над горизонтом и проявлялись бы только небольшие сезонные колебания инсоляции, обусловленные изменением расстояния от Земли до Солнца. Но на самом деле земная ось отклоняется от перпендикуляра к плоскости орбиты на $23^{\circ}30'$, и из-за этого меняется угол падения солнечных лучей в зависимости от положения Земли на орбите и на Земле происходит смена времен года.

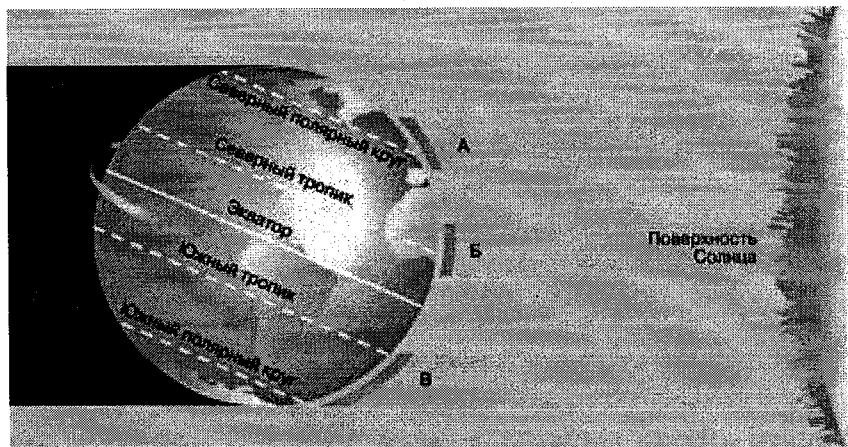


Рис. 7. Потоки приходящей солнечной энергии к верхней границе атмосферы Земли

Равные потоки солнечной энергии представлены полосами А, Б и В (рис. 7). Из-за кривизны земной поверхности энергия потоков А и В распределяется на большие площади, в то время как энергия потока Б концентрируется на меньшей. Таким образом, на территории, на которую приходится поток Б, будет теплее, чем там, куда поступают потоки А и В. На рис. 7 изображено положение Земли 21 июня, когда лучи Солнца на Северном тропике падают отвесно.

Для практических целей удобно считать, что Солнце во время годового цикла (рис. 8) смещается к северу в период с 21 декабря по 21 июня и к югу – с 21 июня по 21 декабря. В местный полдень 21 декабря вдоль всего Южного тропика ($23^{\circ}30'$ ю.ш.) Солнце «стоит» прямо над головой. В это время в Южном полушарии солнечные лучи падают под наибольшим углом. Такой момент в Северном полушарии носит название «зимнего солнцестояния». В ходе кажущегося смещения к северу Солнце пересекает небесный экватор 21 марта (весеннее равноденствие). В этот день оба полушария получают одинаковое количество солнечной радиации. Наиболее северного положения в $23^{\circ}3'$ с.ш. (Северного тропика), Солнце достигает 21 июня. Этот момент, когда в Северном полушарии солнечные лучи падают под наибольшим углом, называется летним солнцестоянием. В осеннее равноденствие, 23 сентября, Солнце вновь пересекает небесный экватор.

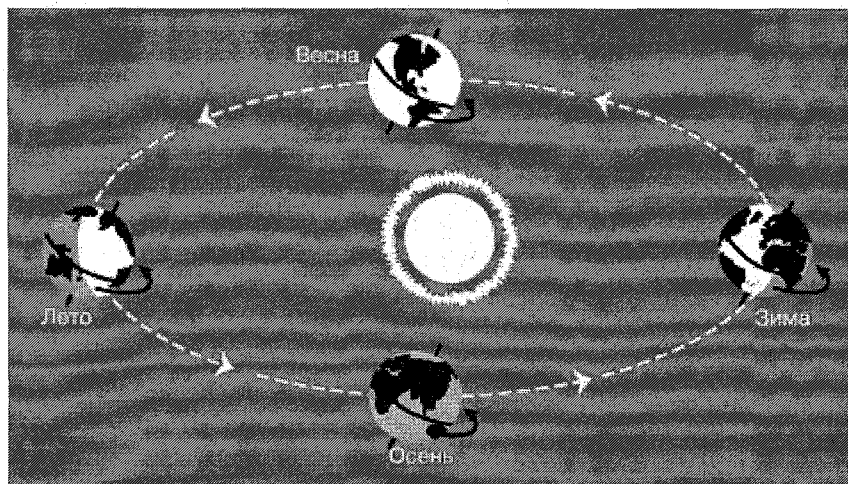


Рис. 8. Обращение Земли вокруг Солнца

Орбита вращения Земли вокруг Солнца представляет собой эллипс, в одном из фокусов которого расположено Солнце. Земная ось наклонена к плоскости орбиты под углом $66^{\circ}33'$. В основном этим наклоном, а не изменением расстояния от Земли до Солнца, обусловлены смены времен года.

Наклоном земной оси к плоскости орбиты Земли обусловлены изменения не только угла падения солнечных лучей на земную поверхность, но и ежесуточной продолжительности солнечного сияния. В равноденствие продолжительность светового дня на всей Земле (за исключением полюсов) равна 12 ч, в период с 21 марта по 23 сентября в Северном полушарии она превышает 12 ч, а с 23 сентября по 21 марта – меньше 12 ч. Севернее $66^{\circ}30'$ с.ш. (Северного полярного круга) с 21 декабря полярная ночь длится круглые сутки, а с 21 июня в течение 24 ч продолжается световой день. На Северном полюсе полярная ночь наблюдается с 23 сентября по 21 марта, а полярный день – с 21 марта по 23 сентября.

Таким образом, причиной двух отчетливо выраженных циклов атмосферных явлений – годового, продолжительностью 365 1/4 суток, и суточного, 24-часового, – является вращение Земли вокруг Солнца и наклон земной оси.

Если обозначить через h_0 (рис. 9) высоту Солнца, то непосредственно на единицу горизонтальной поверхности AC приходится радиации во столько раз меньше, во сколько раз AC больше AB. Обозначив количество солнечной радиации, падающей на 1 см^2 в 1 мин на площадку AB, через I_0 , а на площадку AC – через I_h , получим:

$$I_h = I_0 \sin h_0. \quad (52)$$

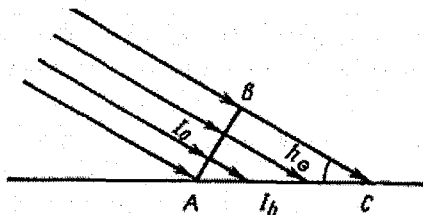


Рис. 9. Поступление солнечной энергии на единицу горизонтальной поверхности.

Из астрономии известно, что

$$\sin h_0 = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \psi, \quad (53)$$

где φ – широта места; δ – склонение Солнца; ψ – местный часовой угол Солнца.

Следовательно, приток тепла от солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, зависит:

– от широты места φ , чем в основном обуславливаются различия климатических поясов земного шара;

– от склонения Солнца δ , которое изменяется в течение года от $\varepsilon = 23,5^\circ\text{N}$ до $\varepsilon = 23,5^\circ\text{S}$, чем обуславливаются времена года;

– от местного часового угла Солнца ψ , которым обуславливается суточный ход интенсивности солнечной радиации.

На рис.10 показано изменение склонения Солнца на экваторе в течение года.



Рис. 10. Изменение экваториальных координат Солнца в течение года

Для четырех дней в году координаты Солнца определяются точно, как показано в табл. 16, где указана также полуденная (в момент верхней кульминации) высота Солнца на эти даты.

Таблица 16

Данные о Солнце в дни равноденствий и солнцестояний

Дата	δ	α	Точка восхода	Точка захода	h_{max}
21 марта	$0^\circ 00'$	0h 00m	Е	W	$90 - \varphi$
22 июня	$23^\circ 26'$	6h 00m	сев.	вост. сев.	$90 - \varphi + \varepsilon$
23 сентября	$0^\circ 00'$	12h 00m	Е	W	$90 - \varphi$
22 декабря	$-23^\circ 26'$	18h 00m	юг	вост. юг.	$90 - \varphi - \varepsilon$

Для того чтобы вычислить высоту Солнца в моменты кульминаций на любой другой день года, нам необходимо знать δ в этот день:

$$h_0 = \delta \pm (90 - \varphi). \quad (54)$$

В первом приближении Солнце движется по эклиптике равномерно: за 365 дней проходит 360° или примерно 1° в сутки, точнее $59',2$. Как будут при этом меняться δ и α ? Точный ответ можно получить только из решения сферических треугольников, что в данном курсе не рассматривается. Важно понять, что даже при строго равномерном движении Солнца по эклиптике (что, вообще говоря, не так из-за эллиптичности земной орбиты: вблизи перигелия Земля, а соответственно и Солнце среди звезд, движется быстрее, чем в афелии), изменение экваториальных координат Солнца происходит неравномерно. Можно пренебречь неравномерностью в изменении прямого восхождения и считать, что суточное изменение $\alpha = 59',2$. Склонение быстрее всего изменяется вблизи равноденствий, примерно $\pm 0,4^\circ$ в сутки в течение 30 дней до и 30 дней после равноденствия. Медленнее всего изменения склонения Солнца происходят вблизи солнцестояний: $\pm 0,1^\circ$ в сутки в течение 30 дней до и 30 дней после солнцестояния. В промежутках скорость изменения склонения Солнца приблизительно $\pm 0,3^\circ$ в сутки. Подробнее скорость изменения склонения в разное время года представлена в табл. 17.

Таблица 17

Скорость изменения склонения Солнца в течение года

Дата	$\Delta \delta/\text{сутки}$
19 февраля – 20 апреля	$+ 0,4^\circ$
21 апреля – 22 мая	$+ 0,3^\circ$
23 мая – 22 июня	$+ 0,1^\circ$
22 июня – 22 июля	$- 0,1^\circ$
23 июля – 21 августа	$- 0,2^\circ$
22 августа – 23 октября	$- 0,4^\circ$
24 октября – 22 ноября	$- 0,3^\circ$
23 ноября – 22 декабря	$- 0,1^\circ$
22 декабря – 21 января	$+ 0,1^\circ$
22 января – 18 февраля	$+ 0,3^\circ$

Таким образом, зная точные значения склонения Солнца на отдельные даты (табл. 16) и скорость изменения склонения (табл. 17), можно определить склонение Солнца на любой день года, затем высоту Солнца и количество солнечной радиации.

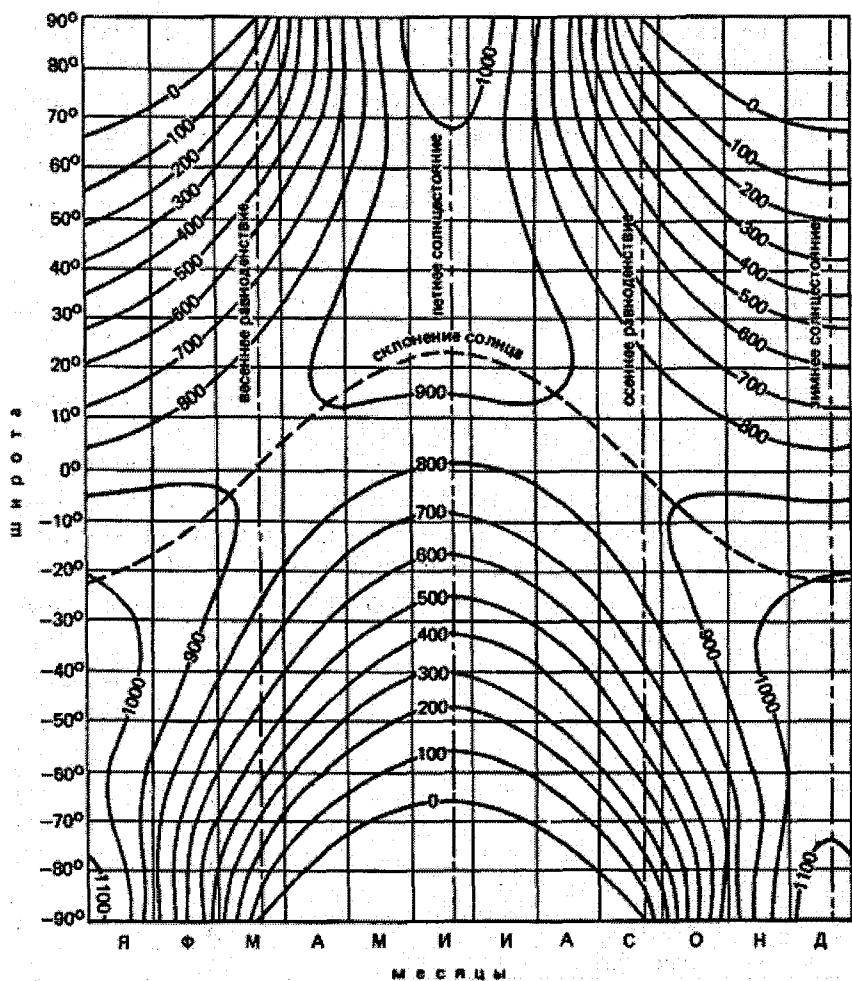


Рис. 11. Суточные суммарные величины интенсивности солнечной радиации (в кал/см²), которую получала бы Земля при отсутствии атмосферы на разных широтах в течение года

На рис. 11 показано количество тепла, приносимого солнечной радиацией, поступающей на единицу горизонтальной поверхности верхней границы атмосферы в различные месяцы. На рисунке видно, как изменяется количество получаемого тепла в результате изменения высоты Солнца от месяца к месяцу в данной широте

те. Эти изменения особенно велики в высоких широтах и малы на экваторе. В некоторые месяцы полярные широты вообще не получают тепла от Солнца, так как оно в это время находится под горизонтом. Отметим, что летом (с 10/V по 3/VIII) в северных полярных широтах на границу атмосферы за сутки поступает больше энергии, чем у экватора. Так, в день летнего солнцестояния полюс получает тепла в 1,365 раза больше, чем экватор. Однако, конечно, за весь год низкие широты получают тепла значительно больше, чем высокие.

Заметим, что летом максимум радиации, которую могла бы получить поверхность Земли при отсутствии атмосферы, увеличивается с увеличением широты. Но так как зимой величина тепла уменьшается быстрее, чем летом, ее среднегодовые значения с увеличением широты уменьшаются. Благодаря тому, что перигелий (ближайшая к Солнцу точка земной орбиты) достигается Землей летом Южного полушария, в это время наша планета получает больше солнечной энергии, чем летом Северного полушария.

Пример расчета поступающей солнечной радиации в Северном полушарии в отдельные сроки приведен в табл. 18.

Таблица 18

Поступление солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы
(Вт/м² в сутки)

Широта, °с.ш.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
21 июня	375	414	443	461	470	467	463	479	501	510
21 декабря	399	346	286	218	151	83	23	0	0	0
Ср. годовое	403	397	380	352	317	273	222	192	175	167

Из табл. 18 следует, что контраст между летним и зимним периодами поразителен. В Северном полушарии 21 июня величина инсоляции примерно одинакова. 21 декабря между низкими и высокими широтами существуют значительные различия, и это основная причина того, что климатическая дифференциация этих широт зимой намного больше, чем летом. Макроциркуляция атмосферы, которая зависит главным образом от различий в прогревании атмосферы, лучше развита зимой. Годовая амплитуда величины потока солнечной радиации на экваторе довольно мала, но резко возрастает по направлению к северу. Поэтому при прочих рав-

ных условиях годовая амплитуда температур определяется главным образом широтой местности.

В табл.19 приведены значения месячных сумм солнечной радиации для разных широт в течение года.

Таблица 19

Широтное распределение месячной солнечной радиации
на верхней границе атмосферы (МДж/м²)

Ши- рота	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
90	0	0	42	577	1099	1325	1212	802	192	0	0	0
80	0	0	134	598	1083	1308	1204	802	284	29	0	0
70	4	92	330	702	1049	1241	1145	836	472	171	17	0
60	109	255	514	815	1083	1212	1145	920	635	351	150	71
50	276	435	677	932	1137	1229	1187	1024	782	527	326	234
40	460	610	819	1028	1174	1237	1204	1091	907	694	493	414
30	639	769	940	1091	1183	1221	1204	1133	1003	848	677	594
20	803	911	1028	1120	1162	1175	1170	1145	1070	961	840	769
10	953	1024	1091	1120	1129	1120	1120	1120	1108	1053	978	928
0	1074	1108	1116	1083	1028	991	1012	1062	1108	1116	1087	1057

4.2. Последовательность расчета

1) Суточные (от восхода до заката) суммы инсоляции определяются по формуле:

$$Q = \frac{I_0 \Pi}{\pi R^2} (\psi_0 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \psi_0) \quad (55)$$

или

$$Q = \frac{2I_0}{R^2} [t_0 \sin \varphi \sin \delta + \frac{\Pi}{2\pi} \cos \varphi \cos \delta \sin(\frac{2\pi}{\Pi} t_0)], \quad (56)$$

где Q – суточная сумма инсоляции, МДж/м²; I_0 – солнечная постоянная, равная 1,37 кВт/м²; $R = r/r_0$, где r , r_0 – соответственно фактическое и среднее расстояние от Земли до Солнца; φ – широта; δ – склонение Солнца; Π – период суточного вращения Земли (равен 86 400 с); t_0 – половина продолжительности светового дня, с; ψ_0 – часовой угол, рад.

2) Значения δ , ψ_0 , t_0 и r рассчитываются по формулам:

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \sin \lambda_s, \quad (57)$$

где $\varepsilon = 23,5^\circ$ – угол наклона земного экватора к эклиптике; λ_s – геоцентрическая долгота Солнца.

$$\cos \psi_0 = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta, \quad (58)$$

$$t_0 = \psi_0 \Pi / 2\pi, \quad (59)$$

$$r = \frac{r_0(1 - e^2)}{1 - e \cos(90 - \lambda_s)}. \quad (60)$$

3) Геоцентрическая долгота Солнца (λ_s) определяется линейной интерполяцией значений из табл. 20.

Таблица 20

Значения геоцентрической долготы Солнца (λ_s) в отдельные даты года

Дата	21.03	13.04	6.05	29.05	22.06	15.07	8.08	31.08
λ_s	0°	22°30'	45°	67°30'	90°	112°30'	135°	157°30'
Дата	23.09	16.10	8.11	30.11	22.12	13.01	14.02	26.02
λ_s	180°	202°30'	225°	247°30'	270°	292°30'	315°	337°30'

4) Для практического расчета склонения Солнца можно использовать табл. 16 и 17. Для этой цели по табл. 16 определяется ближайшая к рассматриваемому сроку дата равноденствия или солнцестояния и находится точное значение δ^* для этой даты. Далее рассчитывается суммарная скорость изменения склонения Солнца от даты равноденствия (солнцестояния) до рассматриваемого срока по табл. 17 – $\Sigma(\Delta\delta)$ и в результате вычисляется значение склонения Солнца в рассматриваемый срок: $\delta = \delta^* + \Sigma(\Delta\delta)$.

5). Численные значения склонения Солнца можно получить также из табл. 21 на основе линейной интерполяции.

Таблица 21

Склонение Солнца (в градусах и минутах)

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-23,02	-17,11	-7,41	4,26	15,00	22,01	23,08	18,05	8,23	-3,05	-14,20	-21,46
5	-22,39	-16,00	-6,09	5,58	16,11	22,31	22,49	17,03	6,55	-4,37	-15,37	-22,20
10	-22,00	-14,26	-4,13	7,51	17,04	23,00	22,16	15,39	5,03	-6,32	-17,04	-22,53
15	-21,20	-12,46	-2,15	9,40	18,48	23,18	21,34	14,08	3,08	-8,25	-18,25	-23,15
20	-19,58	-10,39	0,08	11,46	20,08	23,27	20,32	12,13	0,49	-10,36	-19,51	-23,26
25	-19,02	-9,11	1,42	13,06	20,54	23,24	19,43	10,51	-0,45	-12,00	-20,42	-23,24

6) Значения склонения Солнца, время восхода и заката можно определить также с помощью солнечного калькулятора: <http://www.timezone.ru/suncalc.php>.

7) Фактическое расстояние от Земли до Солнца, выраженное в астрономических единицах (а.е.), определяется линейной интерполяцией по данным табл. 22, где 1 а. е. = 149,6 млн км.

Таблица 22

Расстояния от Земли до Солнца на разные даты от начала года
(в а. е. $R = r/r_0$)

Номер дня	Расстояние	Номер дня	Расстояние	Номер дня	Расстояние	Номер дня	Расстояние	Номер дня	Расстояние
1	0,98331	74	0,99446	152	1,01403	227	1,01281	305	0,99253
15	0,98365	91	0,99926	166	1,01577	242	1,00969	319	0,98916
32	0,98536	106	1,00353	182	1,01667	258	1,00566	335	0,98608
46	0,98774	121	1,00756	196	1,01646	274	1,00119	349	0,98426
60	0,99084	135	1,01087	213	1,01497	288	0,99718	365	0,98333

4.3. Пример расчета

Определение суточной суммы инсоляции на широте г. Санкт-Петербурга на 23 сентября и 1 ноября 2009 г.

Исходные данные $\varphi = 60,0^\circ$.

1) На 23 сентября в день осеннего равноденствия по табл. 16 получаем склонение Солнца $\delta = 0^\circ$, отсюда $\sin \delta = 0$ и $\cos \delta = 1$.

2) По формуле (58) определяем $\cos \psi_0 = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta = 0$, $\sin \psi_0 = 1$ и $\psi_0 = \pi/2$.

3) Вычисляем $\sin \varphi = 0,8660$ и $\cos \varphi = 0,5$.

4) По табл. 22 интерполяцией определяем на 23 сентября (265-й день от начала 2009 г.) $R = r/r_0 = 1,00$.

5) Подставим вычисленные значения в формулу (55):

$Q = 1,37 \cdot 86400 / (\pi \cdot 1,000) (0 + 0,5 \cdot 1 \cdot 1) = 18848 \text{ кДж/м}^2$ или $18,848 \text{ МДж/м}^2$.

На 21 сентября для широты 60° $Q = 18,741 \text{ МДж/м}^2$, отличие с расчетным составляет 0,6 %.

6) На 1 ноября по табл. 21 определяем склонение Солнца $\delta = -14^\circ 20' = -14,33^\circ$, отсюда $\sin \delta = -0,2475$ и $\cos \delta = 0,9689$.

7) По формуле (58) определяем $\cos \psi_0 = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta = -1,7320^* - 0,2554 = 0,4424$, $\sin \psi_0 = 0,8969$ и $\psi_0 = 63,75^\circ = 0,354\pi$.

8) По табл. 22 интерполяцией определяем на 1 ноября (305-й день от начала 2009 г.) $R = r/r_0 = 0,9928$.

9) Подставим вычисленные значения в формулу (55) и получаем:

$$Q = 1,37 \cdot 86400 / (\pi \cdot 0,9928) \times \\ \times (0,354\pi - 0,8660 \cdot -0,2475 + 0,5 \cdot 0,9689 - 0,8969) = \\ = 37970,2(-0,2382 + 0,4345) = 7453,55 \text{ кДж/м}^2, \text{ или } 7,454 \text{ МДж/м}^2.$$

На 1 ноября для широты 60° получаем линейной интерполяцией $Q = 7,736 \text{ МДж/м}^2$, отличие с расчетным составляет 3,6 %.

4.4. Задания

Задание 1

Рассчитать суточную инсоляцию на 1, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 число каждого месяца, построить график годового хода инсоляции для данной широты (широта пункта наблюдений) и провести его анализ.

Задание 2

Определить суточную инсоляцию за каждый день года (интерполяцией во времени с графика годового хода за те дни, в которые расчеты не выполнялись) и составить таблицу ежедневных значений суточной инсоляции за 365 дней года. Определить суммы солнечной радиации за каждый месяц и за календарические полугодия.

Исходный материал:

таблицы астрономических факторов и физических постоянных.

Результаты лабораторной работы должны быть представлены в файле Word, включающем таблицы и графики. Для выполнения расчетов и построения графиков рекомендуется использовать редактор Excel.

4.5. Вопросы для самопроверки

1. Почему солнечная энергия является основным источником тепла на Земле?
2. Какие процессы являются источником энергии на Солнце и что происходит с температурой Солнца: растет или падает?
3. Что такое эклиптика?
4. Из чего состоит энергетический спектр приходящей радиации?
5. Что такое солнечная постоянная и чему она равна?

6. Почему на Земле происходит смена времен года?
7. Что такое солнцестояние и равноденствие и на какие даты они приходятся?
8. Как изменяется продолжительность светового дня в течение года?
9. От каких факторов зависит приток тепла от солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность?
10. Как определить склонение Солнца на любой день года?
11. Каковы основные закономерности распределения суточных сумм приходящей радиации при отсутствии атмосферы на разных широтах в течение года?
12. Чем отличаются две формулы расчета суточной инсоляции?
13. Что такое «Солнечный калькулятор» в Интернете и что по нему можно определить?
14. На сколько изменяется расстояние от Земли до Солнца в течение года?

Литература

1. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 299 с.
2. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
3. Кароль И.И. Введение в динамику климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1988 – 216 с.
4. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 296 с.
5. Хромов С.П., Петросяну М.П. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.

Тема 3.

«ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК»

Лабораторная работа № 5

«Пространственное моделирование климатических данных»

Цель работы:

научиться представлять результаты расчетов климатических характеристик на электронной карте и осуществлять их пространственную интерполяцию.

5.1. Теоретические положения

Закономерности пространственного распределения климатических характеристик полностью обусловлены закономерностями распределения климатообразующих процессов и факторов. Поля климатических характеристик позволяют выявить наиболее характерные особенности климата, помогают понять физический смысл отдельных климатообразующих процессов и их вклад в формирование климата, дают возможность оценить климатические ресурсы отдельных материков, стран и регионов.

При анализе пространственного поля любой климатической характеристики ($Y_1, Y_2, \dots, Y_m$, где m – число точек поля) возможны следующие основные ситуации.

А) Пространственное изменение характеристики соизмеримо с погрешностью ее определения, что дает основание для осреднения:

$$Y_{cp} = f_1(Y_1, Y_2, \dots, Y_m), \quad (61)$$

где f_1 – функция обычного или весового осреднения, а условие соизмеримости погрешности и пространственной изменчивости характеристики можно выразить в виде критерия Фишера:

$$F_p = \sigma_{пр}^2 / \sigma_{пог}^2 \leq F_{кр, \alpha}, \quad (62)$$

где F_p – расчетное значение статистики критерия Фишера; $F_{кр,\alpha}$ – критическое значение статистики Фишера при уровне значимости α ; $\sigma_{пр}^2$ – дисперсия пространственной изменчивости рассматриваемой характеристики; $\sigma_{пог}^2$ – дисперсия погрешности определения климатической характеристики.

При уровне значимости $\alpha = 5\%$ и при средних для климатологии объемах рядов, коэффициентах асимметрии и автокорреляции $F_{кр}$ близко к 2. Это обстоятельство свидетельствует о том, что осреднение может быть реализовано, если пространственная изменчивость отличается от погрешности характеристики не более чем в 2 раза;

Б) В случае, когда пространственная изменчивость климатических характеристик превышает их погрешности и существуют закономерности изменений характеристик по территории, то пространственной моделью является зависимость от координат местности:

$$Y_i = f_2(\varphi_i, \lambda_i), \quad (63)$$

где φ_i, λ_i – соответственно широта и долгота точки пространства, к которой относится рассматриваемая климатическая характеристика.

В) Третья ситуация связана с тем, что пространственная изменчивость климатических характеристик превышает их погрешности, однако закономерности колебаний по территории отсутствуют. В этом случае необходим поиск зависимостей от региональных факторов (факторов подстилающей поверхности и других климатических факторов):

$$Y_i = f_3(X_1, X_2, X_3, \dots), \quad (64)$$

где $X_1, X_2, X_3, \dots$ – региональные факторы.

Модели (63) и (64) характеризуют два разные пространственные свойства: непрерывность и дискретность. В общем случае в природе каждая из этих ситуаций в отдельности практически не реализуется. Поэтому наиболее реалистичной является модель, включающая как зональные (норма осадков, температуры и т.д.), так и аazonальные (высота, лесистость, заболоченность и т.д.) факторы, определяемые свойствами только данной территории. Такое общее уравнение, объединяющее непрерывность и дискретность, имеет вид:

$$Y_i = f_1(\varphi_i, \lambda_i) + f_2(X_1, X_2, X_3, \dots) \pm E, \quad (65)$$

где Y_i – рассматриваемая климатическая характеристика; $f_1(\varphi_i, \lambda_i)$ – составляющая географической зональности, представляющая собой зависимость от координат; $f_2(X_1, X_2, X_3, \dots)$ – региональная (азональная) составляющая, представляющая собой зависимость от основных факторов в данном однородном районе; E – неучтенные и индивидуальные факторы.

Соотношение между этими двумя составляющими и определяет эффективность применения методов интерполяции или регионализации. Так, например, для средней многолетней температуры воздуха и для достаточно большой территории вклад зональной составляющей будет определяющим и применение методов пространственной интерполяции вполне правомерно. Если же в качестве характеристики рассматривать суточные осадки повторяемость 1 раз в 100 лет или осадки 1 %-ной обеспеченности для небольшой территории, то вклад зональной составляющей будет небольшим и для расчетов необходимо использовать только региональные зависимости.

В общем случае наличие зональной составляющей можно определить на основе статистической значимости уравнения (63), в которое в горных районах необходимо также включить еще и высоту станции (H):

$$Y_i = b_1 \varphi_i H + b_2 \lambda_i H + b_0, \quad (66)$$

где b_1, b_2, b_0 – коэффициенты уравнения.

Если хотя бы один из коэффициентов уравнений (63) или (64) является статистически значимым, то географическую составляющую необходимо учитывать.

Наиболее распространенными в климатологии являются методы пространственной интерполяции или построения изолиний. В общем случае задача интерполяции сводится к определению значения климатической характеристики в любой m -й точке пространства на основе обобщения информации в других точках рассматриваемой территории. Как правило, это обобщение реализуется в виде весового осреднения:

$$Y_m(\varphi_m, \lambda_m) = K_1 Y_1(\varphi_1, \lambda_1) + K_2 Y_2(\varphi_2, \lambda_2) + \dots + K_n Y_n(\varphi_n, \lambda_n), \quad (67)$$

где Y_m — значение климатической характеристики в неизученной точке пространства с координатами φ_m и λ_m ; $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ — значения климатической характеристики в пунктах наблюдений с координатами: $\varphi_1, \lambda_1; \varphi_2, \lambda_2; \dots, \varphi_n, \lambda_n$; $K_1, K_2, \dots, K_n$ — весовые коэффициенты.

Наиболее простым способом является задание весовых коэффициентов обратно пропорциональными расстояниям или квадратам расстояний до изученного пункта m :

$$K_1 = (1/l_1)/(1/l_1 + 1/l_2 + \dots + 1/l_n), \quad K_2 = (1/l_2)/(1/l_1 + 1/l_2 + \dots + 1/l_n), \quad (68)$$

где $l_1, l_2, \dots, l_n$ — расстояния между неизученным и изученными пунктами.

Другим вариантом является использование весовых коэффициентов обратно пропорциональными длине перпендикуляров до линейно проинтерполированных значений между каждой парой климатических характеристик в пространстве. В данном случае перпендикуляр к проинтерполированному значению представляет собой часть изолинии и, чем ближе эта изолиния проходит к рассматриваемой точке, тем больше ее вес. Выражение для получения интерполированного значения в неизученном пункте имеет вид:

$$\mu_{cp} = \frac{1/h_1 \cdot \mu_1 + 1/h_2 \cdot \mu_2 + \dots}{\sum (1/h_1 + 1/h_2 + \dots)}, \quad (69)$$

где μ_{cp} — проинтерполированное значение климатической характеристики в заданной точке пространства; $\mu_1, \mu_2, \dots$ — значения климатической характеристики, полученные на основе линейной интерполяции между каждой парой точек с информацией; $h_1, h_2, \dots$ — расстояния от рассматриваемой точки по перпендикуляру до линии, соединяющей каждую пару пунктов наблюдений.

Каждое значение h вычисляется при этом следующим образом:

$$h = 2[\sqrt{p(p-a) + (p-b) + (p-c)}]/a, \quad (70)$$

где $p = (a + b + c)/2$; $a = \sqrt{(\varphi_j - \varphi_i)^2 (\lambda_j - \lambda_i)^2}$;

$$b = \sqrt{(\varphi_z - \varphi_i)^2 (\lambda_z - \lambda_i)^2}; \quad c = \sqrt{(\varphi_z - \varphi_j)^2 (\lambda_z - \lambda_j)^2},$$

$\lambda_i, \varphi_i, \lambda_j, \varphi_j, \lambda_z, \varphi_z$, — координаты (долгота и широта) каждой пары пунктов (i и j) и пункта, в который осуществляется интерполяция (z).

Каждое проинтерполированное значение (μ) определяется по формуле:

$$\mu = Y_i + a_1/a \cdot \Delta, \quad (71)$$

где $a_1 = \sqrt{(b^2 - h^2)}$; $\Delta = Y_j - Y_i$ при $a_1 < a$; Y_i, Y_j — значения климатических характеристик в точках i и j .

В целом же можно отметить, что существуют три подхода к интерполяции. Первый — формирование регулярной сетки с заданным шагом, которая содержит все возможные проинтерполированные значения, и неизученной точке просто присваивается одно из них. Второй подход — построение изолиний и определение значения в неизученной точке на основе линейной интерполяции между изолиниями. Третий подход — индивидуальные расчеты по (67) или (68) для каждого неизученного пункта. При этом преимущество третьего подхода состоит в том, что не надо хранить большой объем сеточной информации, и каждый раз можно варьировать набором пунктов для интерполяции.

Задачей пространственной интерполяции является построение на основе сети исходных точек сплошной поверхности с заданным размером шага сетки. В зависимости от требуемой пространственной точности выбирается разный шаг. Например, участок размером 10×10 км может быть интерполирован с шагом 100 м (100×100 узлов сетки) или с шагом 10 м (1000×1000 узлов). На основании числовых значений точек данных рассчитывается значение для каждого узла сети, интерполяцией. Обычно процедура интерполяции выполняется для области прямоугольной формы — раstra.

В англоязычной научной литературе процедура построения регулярной прямоугольной сетки числовых значений на основе сети нерегулярных точек получила устоявшееся наименование gridding, массив интерполированных по регулярной сетке данных — grid, отдельный узел интерполированной сетки — node. На основе регулярного массива данных x, y, z возможно проведение большого количества аналитических процедур, а также построение

различных видов графических отображений поверхностей: изолинейных изображений, блок-диаграмм, полутоновых или градиентных изображений.

Существующие методы интерполяции можно разделить на две большие группы – глобальные и локальные. Локальные методы интерполяции, в свою очередь, делятся на локальные детерминированные и локальные стохастические.

Глобальные методы интерполяции одновременно используют все имеющиеся данные для выполнения прогноза для всей данной территории, тогда как локальные методы оперируют в пределах небольших зон вокруг надлежащих интерполяции узлов для того, чтобы обеспечить выполнение оценки только по данным, размещенным в непосредственной близости от точек прогноза или оценки. Глобальные интерполяции, как правило, используются не для непосредственной интерполяции, а для исследования и возможного удаления эффекта глобальных вариаций (тренда), обусловленных внешними факторами. После того как глобальные эффекты будут удалены, отклонения от глобальных вариаций могут интерполировать с использованием локальных методов.

5.2. Исходный материал для выполнения работы

Для выполнения данной лабораторной работы используются результаты расчетов, полученные в Лабораторной работе № 3 и дополненные расчетами по другим ближайшим станциям, так чтобы количество точек для обобщения по пространству было не менее 10–12.

Для выполнения работы используются следующие средства и материалы:

- ГИС MapInfo;
- файлы с геоинформационными слоями электронной карты России масштаба 1: 1 000 000 (геоинформационный слой федеральных округов и геоинформационный слой населенных пунктов);
- файл с кодами, названиями и координатами метеостанций на территории России и ближнего зарубежья в формате Excel (455 метеостанций);
- файл с расчетными климатическими характеристиками по станциям в заданном районе (формируется студентом).

5.3. Последовательность выполнения работы

1. Установить ГИС MapInfo на компьютере пользователя (если она там отсутствует). Для этой цели запустить файл setup.exe дистрибутива и далее осуществить установку в заданную директорию, отвечая на соответствующие вопросы установщика программ. После установки запустить файл mapinfo.exe.

2. Открыть файл с первым геоинформационным слоем федеральных округов, имеющий имя PPAA_FED, расширение .tab и находящийся в директории RUSSIA. Для этой цели войти в функцию "FILE" основного меню MapInfo, затем вызвать функцию "OPEN" и далее найти файл с именем PPAA_FED при задании в окне «Тип файлов» расширения *.tab. После нажатия клавиши «Открыть» на экране появится следующее изображение геоинформационного слоя (рис. 12).

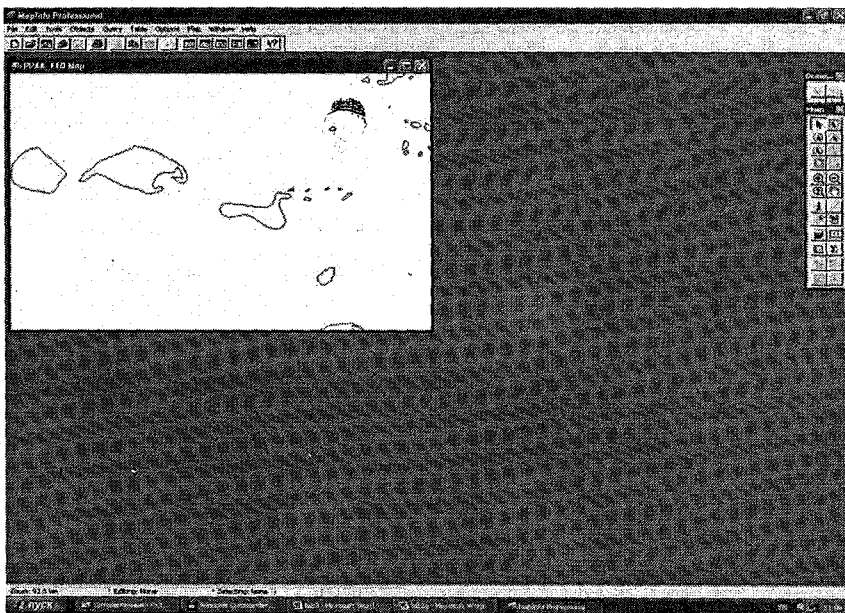


Рис. 12. Загрузка геоинформационного слоя федеральных округов

Далее следует развернуть изображение и уменьшить его с помощью функции «лупа» так, чтобы на экране была отображена вся территория страны, как показано на рис. 13.



Рис. 13. Развернутое изображение геоинформационного слоя федеральных округов

3. Осуществить оформление геоинформационного слоя федеральных округов. Для этой цели использовать функцию «Контроль слоя» (Layer Control). В меню слоев выбрать слой PPAА_FED и далее войти в последовательное меню функции оформления (Display), где следует идентифицировать слой и далее выбрать для него цветовой фон заливки и внешней границы площадного объекта (рис. 14).

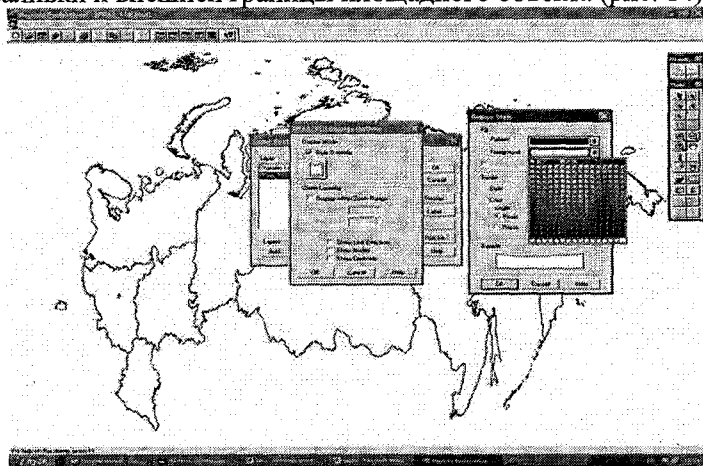


Рис. 14. Функции оформления геоинформационного слоя федеральных округов

В результате оформленный слой федеральных округов показан на рис. 15.

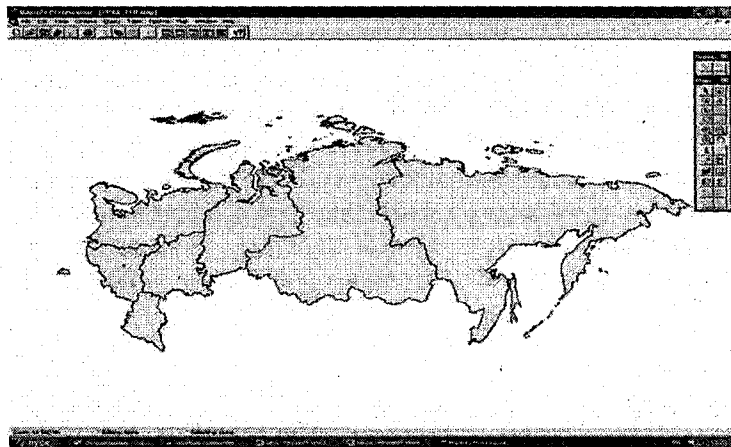


Рис. 15. Слой федеральных округов после оформления

4. Аналогичным образом открыть и оформить геоинформационный слой населенных пунктов, также находящийся в директории RUSSIA и имеющий имя PPBP.tab. (рис. 16).

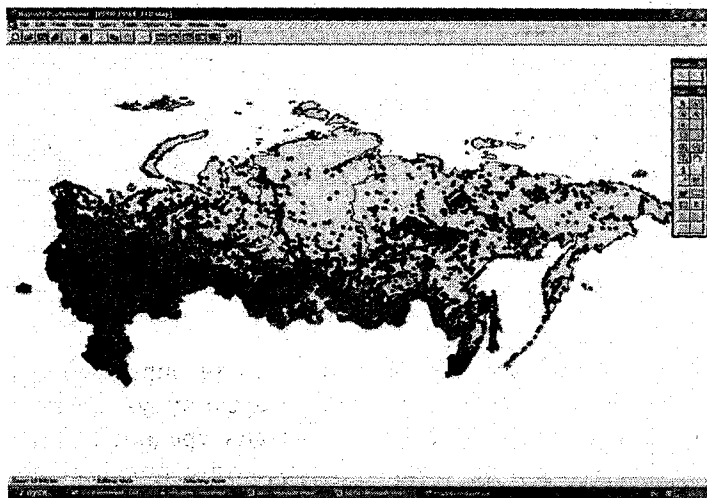


Рис. 16. Слой федеральных округов и слой населенных пунктов после оформления

В результате должны быть получены оформленные изображения двух геоинформационных слоев электронной карты России. Здесь следует отметить, что в ГИС имеются три типа объектов: площадные (полигоны), линейные (полилинии) и точечные. В данном случае слой федеральных округов содержит площадные объекты, а слой населенных пунктов – точечные объекты.

5. Из списка всех 455 метеостанций (файл list.xls) выбрать метеостанции в заданном районе, для которых будут определены расчетные климатические характеристики, и сформировать новый файл в редакторе Excel с именем region.xls. В качестве примера выбраны 12 метеостанций на территории севера Западной Сибири (рис. 17).



	A	B	C	D	E	F
1	20674	Dixon island	73.5	80.3		
2	23146	MYS KAMENNYJ	68.5	73.6		
3	23242	Novy-Port	67.7	73		
4	23256	Tazovskoe	67.5	78.7		
5	23330	Salekhard	66.5	66.5		
6	23365	Sidorovsk	66.6	82.3		
7	23552	Tarko-sale	64.9	77.8		
8	23631	Berezovo, AMSG	63.9	65.1		
9	23662	Toljka	64	82.1		
10	23724	Nyaksimvol'	62.4	60.9		
11	23734	Oktyabr'skoye	62.5	66.1		
12	23849	Surgut	61.3	73.5		

Рис. 17. Метеостанции и их координаты
в выбранном районе
севера Западной Сибири

6. Для каждой выбранной метеостанции определить расчетные климатические характеристики, которые будут представлены на карте. В данном случае были рассчитаны средние многолетние температуры воздуха за январь. В результате полученный файл имеет следующий вид (рис. 18), где в последнем поле таблицы показаны рассчитанные средние многолетние температуры января.

F16						
	A	B	C	D	E	F
1	20674	Dixon island	73.5	80.3	-25.6	
2	23146	MYS KAMENNYJ	68.5	73.6	-25.1	
3	23242	Novy-Port	67.7	73	-25.2	
4	23256	Tazovskoe	67.5	78.7	-26.6	
5	23330	Salekhard	66.5	66.5	-23.8	
6	23365	Sidorovsk	66.6	82.3	-26.9	
7	23552	Tarko-sale	64.9	77.8	-24.9	
8	23631	Berezovo, AMSG	63.9	65.1	-22	
9	23662	Toljka	64	82.1	-24.8	
10	23724	Nyaksimvol'	62.4	60.9	-20	
11	23734	Oktyabr'skoye	62.5	66.1	-21.2	
12	23849	Surgut	61.3	73.5	-21.7	

Рис. 18. Рассчитанные средние многолетние температуры января в районе севера Западной Сибири

7. Импортировать файл region.xls в ГИС MapInfo. Для этой цели необходимо войти в функцию "FILE" основного меню MapInfo, затем вызвать функцию "OPEN" и далее найти файл с именем region при задании в окне «Тип файлов» расширения *.xls. При открытии файла region.xls и переводе его в формат .tab ГИС MapInfo следует задать тип и название каждого поля, так, например, как показано на рис. 19.

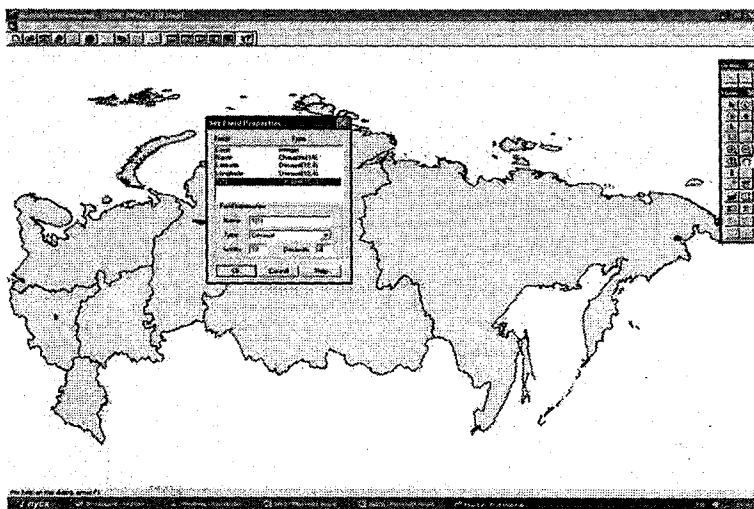


Рис. 19. Задание названий и типов полей импортируемой таблицы

После импорта файла и перевода его в формат MapInfo, атрибутивная таблица слоя выбранных метеостанций и расчетных климатических характеристик будет иметь следующий вид (рис. 20).

	Code	Name	Latitude	Longitude	TSR
☐	20 674	Dixon Island	73.5000	80.3000	-25.60
☐	23 146	MYS KAMENNYJ	88.5000	73.6000	-25.10
☐	23 242	Novy-Port	67.7000	73.0000	-25.20
☐	23 256	Tazovskoe	67.5000	78.7000	-26.60
☐	23 330	Salekhard	66.5000	66.5000	-23.80
☐	23 365	Sidorovsk	66.6000	82.3000	-26.90
☐	23 552	Tarko-sale	64.9000	77.8000	-24.90
☐	23 631	Berezovo, AMSG	63.9000	65.1000	-22.00
☐	23 662	Toljka	64.0000	82.1000	-24.80
☐	23 724	Nyaksimvol'	62.4000	60.9000	-20.00
☐	23 734	Oktjabr'skoye	62.5000	66.1000	-21.20
☐	23 849	Surgut	61.3000	73.5000	-21.70

Рис. 20. Результат импорта таблицы Excel в ГИС и преобразования ее в атрибутивную таблицу MapInfo

8. Осуществить географическую привязку координат метеостанций. Для этой цели в главном меню выбрать функцию «Таблица» (Table), далее функцию «Создать точки» (Create Points) и далее выбрать название таблицы и название полей, соответствующих географическим координатам X (долгота или longitude) и Y (широта или latitude), как показано на рис. 21.

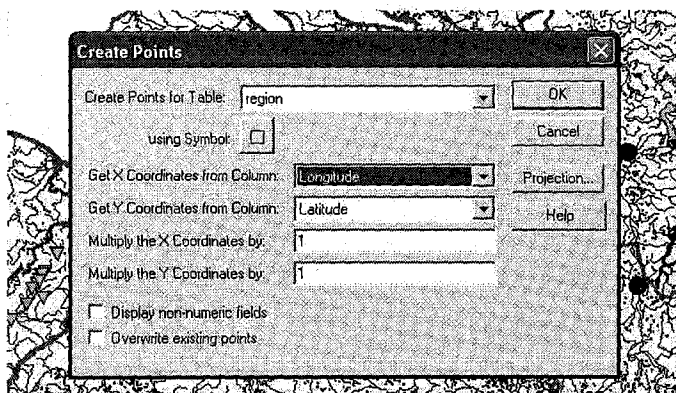


Рис. 21. Географическая привязка таблицы в MapInfo

9. Визуализировать сформированный слой метеостанций в регионе. Для этой цели использовать функцию «Контроль слоя» (Layer Control) и далее функцию «Добавить» (Add) для нового слоя "region" (рис. 22).

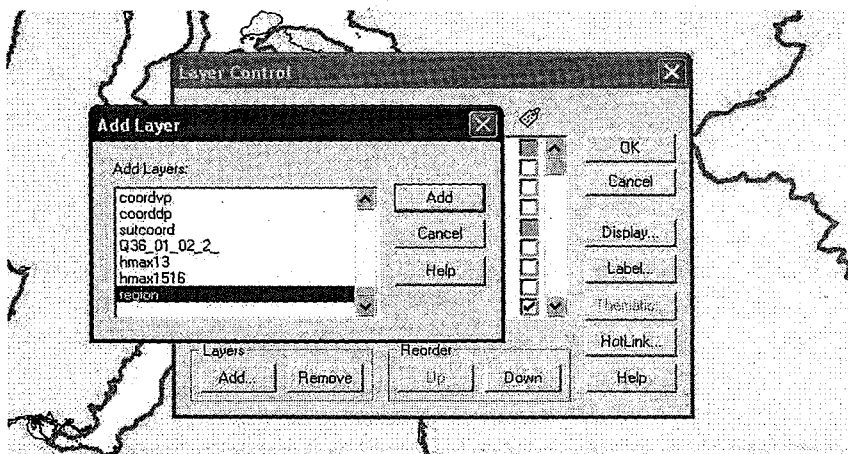


Рис. 22. Добавление нового слоя в MapInfo

После перевода в основное меню слоев, для слоя region следует осуществить оформление, после чего он может быть визуализирован на географическом пространстве следующим образом, как показано на рис. 23, где точки – метеорологические станции на территории севера Западной Сибири.

10. Вывести на карту рассчитанные климатические характеристики (в данном примере – средние многолетние температуры воздуха января). Для этой цели войти в функцию «Контроль слоя» (Layer Control), включить функцию «Автометка» (Auto Label) и в функции «Метка» (Label) задать то поле таблицы, которое будет представлено на карте (в данном случае поле TSR). Также можно задать расположение надписи (функция Position) и ее шрифты [функция «Стили» (Styles)]. Пример используемых функций для представления на карте значений средних многолетних температур воздуха показан на рис. 23.

В результате средние многолетние температуры января могут быть приведены на географическом пространстве следующим образом (рис. 24).

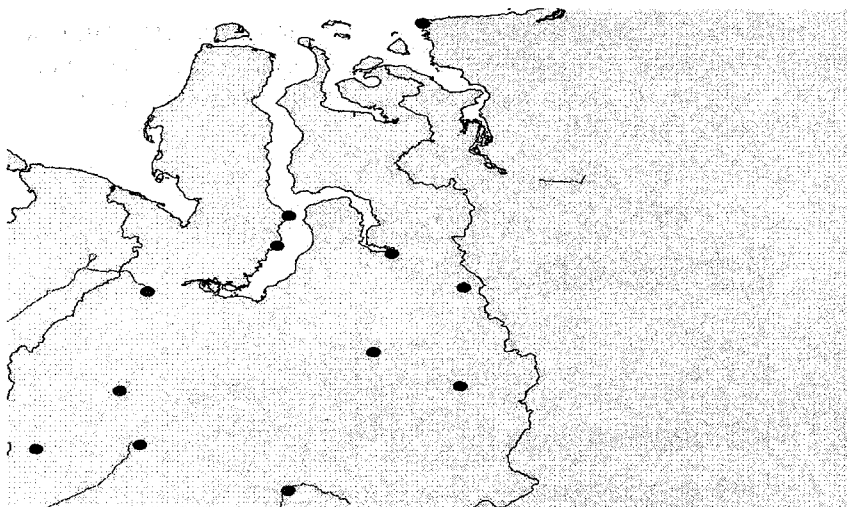


Рис. 23. Визуализация слоя координат метеостанций
в выбранном районе Западной Сибири

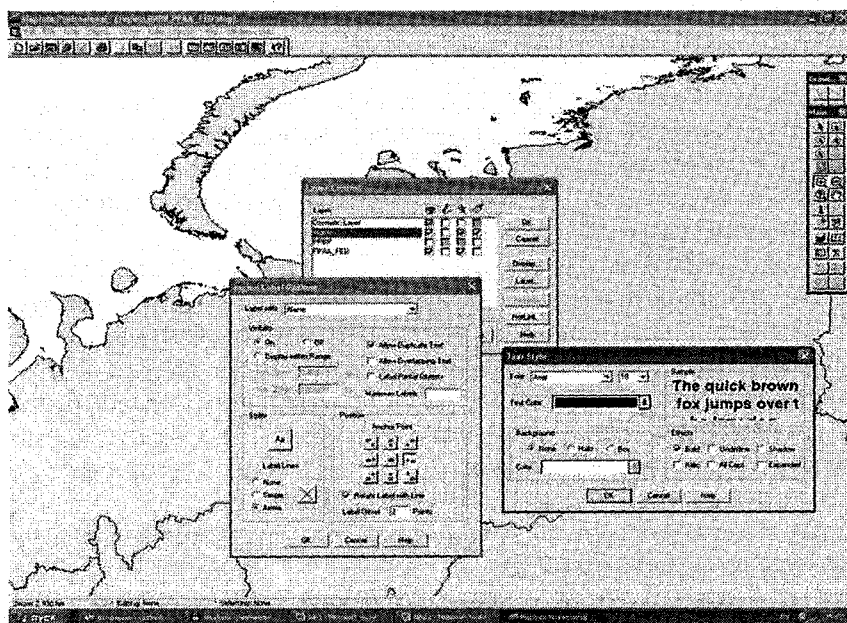


Рис. 23. Формирование автометок для объектов геоинформационного слоя

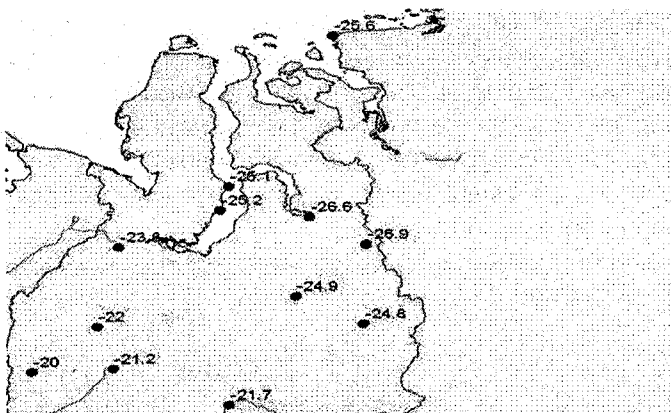


Рис. 24. Представление средних многолетних температур января на карте.

11. Построить поле пространственной изменчивости средних многолетних температур января с помощью интерполятора ГИС MapInfo. Для этой цели в основном меню следует войти в функцию «Карта» (Map), далее – в функцию «Создать тематическую карту» (Create Thematic Map) и затем выбрать метод интерполяции Grid TIN Default, как показано на рис. 25.

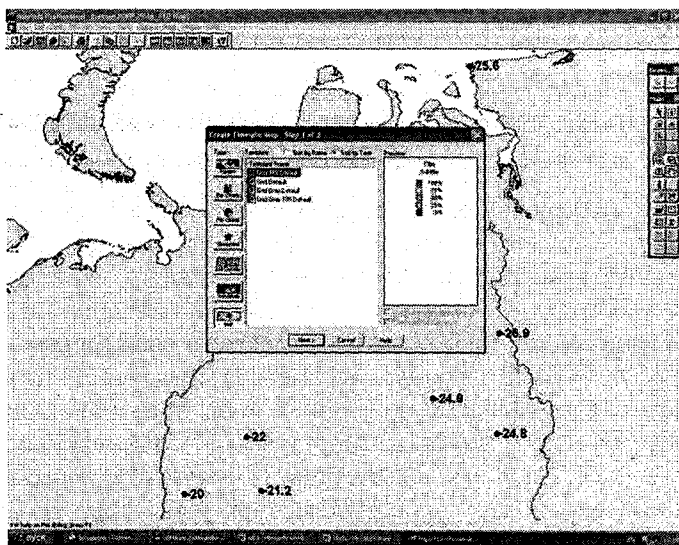


Рис. 25. Выбор метода пространственной интерполяции в ГИС MapInfo

TIN-метод (Triangular Interpolation Network) представляет собой детерминированный метод интерполяции в узлы треугольной нерегулярной сетки. Для эффективного применения этого метода требуется число точек интерполяции не менее 10 при их достаточно равномерном распределении по пространству.

Далее для выбранного метода следует задать таблицу и поле, как показано на рис. 26.

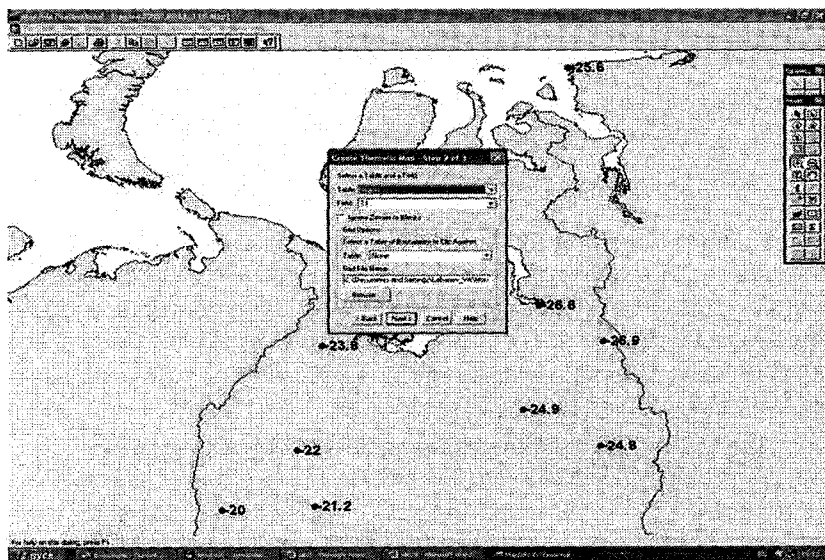


Рис. 26. Выбор таблицы и задание поля таблицы для интерполяции

Затем устанавливаются параметры в функциях «Установки» (Setting) и «Стили» (Styles). При этом в «Установках» задается наименьший размер пространственной ячейки (в данном случае 2 км), а в «Стилях» – количество цветовых интервалов (градаций) и интенсивность прозрачности тематического слоя (обычно достаточно 50 %). Пример заданных параметров представлен на рис. 27. В данном случае задано 7 градаций температуры (функция Equal Value Ranges) и прозрачность изображения (Translucency) 50 %.

На основе заданных параметров TIN-методом интерполяции была построена модель пространственной изменчивости средних многолетних температур воздуха января для севера Западной Сибири, приведенная на рис. 28 в виде цветового поля.

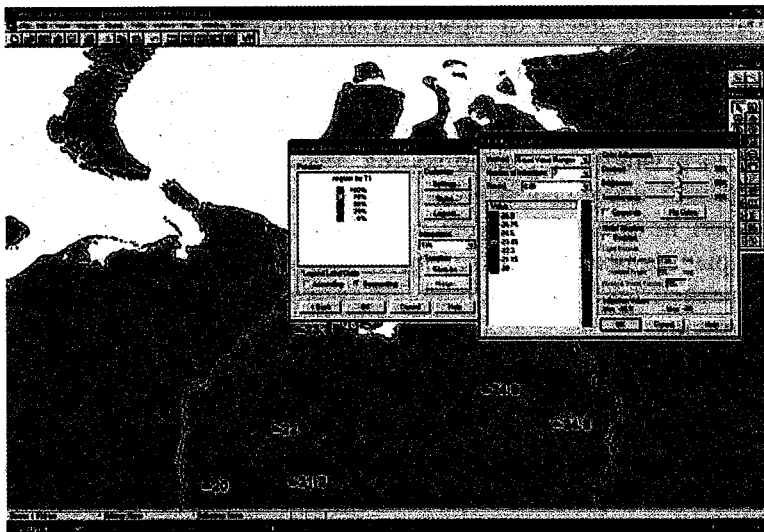


Рис. 27. Задание параметров интерполяции

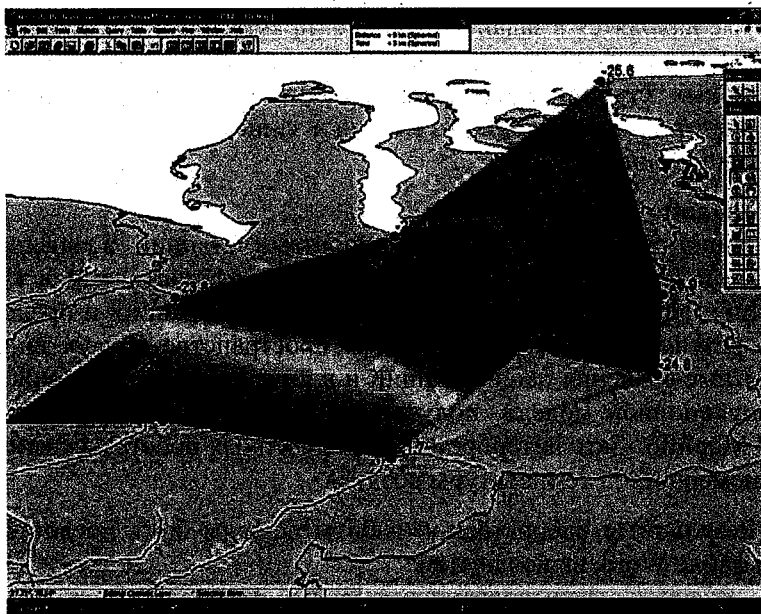


Рис. 28. Пространственная модель средней многолетней температуры января для территории севера Западной Сибири

Изменение цвета от красного до фиолетового характеризует уменьшение температуры от $-20,0^{\circ}\text{C}$ на западе района до $-26,9^{\circ}\text{C}$ на востоке. Из полученной модели пространственной изменчивости температуры января следует, что уменьшение температуры идет с юго-запада на северо-восток, так как наименьшие температуры зимой наблюдаются над континентом. Полученная модель позволяет не только установить общие закономерности поля температуры воздуха в январе, но и определить значение средней многолетней температуры в любой точке, где данные наблюдений отсутствуют.

5.4. Задания для выполнения

Задание 1.

Сформировать электронную карту России из двух геоинформационных слоев: федеральные округа и населенные пункты.

Задание 2.

Выбрать из списка 455 метеостанций только те метеостанции, которые находятся в заданном районе (прямоугольник с координатами углов) и сформировать файл в формате редактора Excel. Для выбранных станций рассчитать средние многолетние значения температур воздуха заданного месяца и записать их в файл с координатами станций.

Задание 3.

Импортировать файл с координатами станций в заданном районе и расчетными климатическими характеристиками в ГИС MapInfo, осуществить координатную привязку станций и представить результаты на географическом пространстве в двух видах: расчетные значения около станций и в виде пространственной интерполяционной модели, полученной с помощью интерполятора ГИС MapInfo. Дать интерпретацию полученных пространственных закономерностей температуры воздуха.

Результаты лабораторной работы должны быть представлены в файле Word, включающем:

– рисунок с сформированными слоями федеральных округов и населенных пунктов в заданном районе;

- таблицу с кодами, названиями, координатами и расчетными климатическими характеристиками в заданном районе;
- рисунок с метеорологическими станциями и рассчитанными климатическими характеристиками из ГИС MapInfo;
- рисунок с результатами моделирования пространственной климатической изменчивости TIN-методом ГИС MapInfo.

5.5. Вопросы для самопроверки

1. При каких условиях пространственная модель представима в виде среднего значения климатической характеристики в регионе?
2. В каких случаях имеет место пространственная модель в виде изолиний?
3. Что такое модель с азональными факторами и когда она имеет место?
4. Каким образом объединяются в пространственной модели два разных свойства климатических характеристик: непрерывность (изолинии) и дискретность (районирование, классификация)?
5. Какие два способа линейной интерполяции или весового задания коэффициентов пространственного осреднения существуют?
6. Что такое геоинформационные слои и как их можно открыть в ГИС?
7. Каким образом можно сформировать геоинформационный слой координат метеостанций и осуществить его географическую привязку?
8. Каким образом можно представить рассчитанные значения климатических характеристик на географическом пространстве в ГИС?
9. В какой последовательности осуществляется построение пространственной модели в ГИС MapInfo?

Литература

1. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 299 с.
2. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
3. Хромов С.П., Петросянц М.П. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
4. MapInfo Professional. Руководство пользователя (полное). – MapInfo Corporation, Troy, New York, 2003. – 726 с.

Таблицы статистик критериев

Таблица 1

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{1N})

α , %	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,70	0,53	0,39	0,34	0,31	0,28	0,25
	0,5	0,70	0,52	0,38	0,32	0,28	0,26	0,23
	0,9	0,66	0,47	0,32	0,27	0,22	0,20	0,17
5	0	0,56	0,41	0,30	0,26	0,22	0,20	0,18
	0,5	0,56	0,40	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17
	0,9	0,54	0,38	0,24	0,20	0,16	0,14	0,12
10	0	0,48	0,35	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15
	0,5	0,48	0,34	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14
	0,9	0,46	0,32	0,19	0,16	0,13	0,12	0,10
$C_S = 0,5$								
1	0	0,74	0,58	0,48	0,43	0,39	0,37	0,33
	0,5	0,74	0,57	0,44	0,39	0,36	0,34	0,31
	0,9	0,68	0,54	0,36	0,30	0,26	0,24	0,21
5	0	0,63	0,48	0,38	0,33	0,29	0,26	0,25
	0,5	0,62	0,47	0,36	0,31	0,27	0,26	0,23
	0,9	0,56	0,41	0,28	0,24	0,19	0,18	0,16
10	0	0,55	0,42	0,32	0,28	0,24	0,23	0,21
	0,5	0,54	0,39	0,30	0,26	0,22	0,21	0,19
	0,9	0,48	0,35	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13
$C_S = 1,0$								
1	0	0,79	0,65	0,55	0,50	0,47	0,45	0,41
	0,5	0,78	0,63	0,52	0,47	0,43	0,41	0,38
	0,9	0,73	0,58	0,42	0,36	0,32	0,30	0,27
5	0	0,68	0,55	0,45	0,40	0,36	0,34	0,31
	0,5	0,67	0,53	0,43	0,38	0,33	0,31	0,28
	0,9	0,59	0,45	0,31	0,37	0,23	0,22	0,19
10	0	0,60	0,48	0,39	0,34	0,30	0,28	0,26
	0,5	0,59	0,45	0,36	0,31	0,27	0,26	0,24
	0,9	0,51	0,38	0,26	0,23	0,19	0,18	0,16

$C_S = 1,5$								
1	0	0,84	0,71	0,62	0,57	0,54	0,51	0,47
	0,5	0,82	0,69	0,58	0,53	0,50	0,48	0,45
	0,9	0,75	0,62	0,46	0,41	0,37	0,35	0,31
5	0	0,73	0,60	0,51	0,46	0,42	0,40	0,37
	0,5	0,72	0,58	0,49	0,44	0,39	0,38	0,34
	0,9	0,62	0,49	0,37	0,32	0,28	0,26	0,24
10	0	0,67	0,54	0,45	0,40	0,36	0,34	0,31
	0,5	0,64	0,51	0,42	0,38	0,33	0,32	0,29
	0,9	0,53	0,42	0,31	0,27	0,23	0,22	0,18
$C_S = 2,0$								
1	0	0,88	0,77	0,68	0,64	0,61	0,58	0,53
	0,5	0,88	0,76	0,65	0,61	0,57	0,54	0,50
	0,9	0,79	0,61	0,52	0,46	0,41	0,39	0,36
5	0	0,79	0,67	0,58	0,52	0,48	0,45	0,42
	0,5	0,77	0,65	0,55	0,49	0,44	0,42	0,39
	0,9	0,67	0,56	0,41	0,36	0,32	0,30	0,27
10	0	0,72	0,60	0,51	0,46	0,41	0,39	0,36
	0,5	0,69	0,57	0,49	0,44	0,38	0,36	0,33
	0,9	0,57	0,46	0,34	0,30	0,26	0,25	0,23
$C_S = 3,0$								
1	0	0,96	0,87	0,78	0,74	0,70	0,67	0,62
	0,5	0,96	0,86	0,76	0,71	0,67	0,63	0,58
	0,9	0,91	0,83	0,69	0,61	0,55	0,53	0,49
5	0	0,88	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,50
	0,5	0,88	0,78	0,67	0,61	0,55	0,52	0,47
	0,9	0,79	0,69	0,54	0,48	0,42	0,39	0,36
10	0	0,83	0,72	0,62	0,56	0,50	0,47	0,44
	0,5	0,81	0,70	0,60	0,54	0,48	0,45	0,42
	0,9	0,69	0,59	0,46	0,40	0,35	0,33	0,30

Таблица 2

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{11})

α , %	Коэффициент автокорреля- ции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,70	0,53	0,39	0,34	0,28	0,24	0,21
	0,5	0,69	0,51	0,38	0,29	0,26	0,22	0,19
	0,9	0,69	0,49	0,35	0,25	0,20	0,19	0,17
5	0	0,56	0,41	0,30	0,26	0,21	0,19	0,16
	0,5	0,56	0,40	0,29	0,25	0,20	0,17	0,15
	0,9	0,56	0,36	0,24	0,19	0,15	0,13	0,12
10	0	0,48	0,35	0,25	0,21	0,17	0,15	0,13
	0,5	0,48	0,34	0,24	0,18	0,16	0,14	0,12
	0,9	0,47	0,30	0,20	0,15	0,12	0,11	0,09
$C_S = 0,5$								
1	0	0,65	0,45	0,31	0,25	0,19	0,16	0,14
	0,5	0,65	0,45	0,31	0,25	0,19	0,16	0,14
	0,9	0,65	0,45	0,29	0,22	0,16	0,15	0,13
5	0	0,51	0,34	0,22	0,18	0,14	0,12	0,10
	0,5	0,51	0,34	0,22	0,18	0,14	0,12	0,10
	0,9	0,51	0,33	0,21	0,16	0,12	0,10	0,09
10	0	0,44	0,29	0,18	0,14	0,11	0,10	0,09
	0,5	0,44	0,29	0,18	0,14	0,11	0,10	0,09
	0,9	0,44	0,28	0,17	0,12	0,10	0,08	0,07
$C_S = 1,0$								
1	0	0,58	0,38	0,22	0,17	0,12	0,09	0,08
	0,5	0,62	0,38	0,22	0,17	0,12	0,09	0,08
	0,9	0,66	0,43	0,26	0,18	0,12	0,09	0,08
5	0	0,44	0,27	0,16	0,12	0,08	0,07	0,06
	0,5	0,46	0,27	0,16	0,12	0,08	0,07	0,06
	0,9	0,52	0,30	0,17	0,13	0,09	0,07	0,06
10	0	0,37	0,23	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05
	0,5	0,39	0,24	0,13	0,09	0,07	0,06	0,05
	0,9	0,42	0,25	0,14	0,10	0,07	0,06	0,05
$C_S = 1,5$								
1	0	0,51	0,30	0,14	0,10	0,06	0,04	0,03
	0,5	0,57	0,32	0,17	0,11	0,07	0,05	0,04
	0,9	0,63	0,39	0,22	0,14	0,09	0,06	0,05
5	0	0,38	0,20	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02
	0,5	0,41	0,22	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02
	0,9	0,48	0,27	0,14	0,10	0,06	0,04	0,03
10	0	0,31	0,17	0,08	0,05	0,03	0,025	0,02
	0,5	0,34	0,18	0,09	0,06	0,04	0,025	0,02
	0,9	0,39	0,22	0,11	0,07	0,045	0,03	0,02

$C_s = 2,0$								
1	0	0,45	0,22	0,09	0,05	0,025	0,015	0,01
	0,5	0,52	0,25	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
	0,9	0,60	0,35	0,18	0,11	0,06	0,04	0,03
5	0	0,31	0,14	0,06	0,03	0,015	0,01	0,007
	0,5	0,36	0,17	0,08	0,04	0,02	0,01	0,007
	0,9	0,45	0,24	0,11	0,07	0,04	0,02	0,015
10	0	0,24	0,11	0,04	0,02	0,01	0,008	0,005
	0,5	0,29	0,13	0,05	0,03	0,01	0,008	0,005
	0,9	0,36	0,19	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01
$C_s = 3,0$								
1	0	0,32	0,11	0,02	0,008	0,002	0,001	0,000
	0,5	0,43	0,15	0,04	0,01	0,004	0,002	0,001
	0,9	0,56	0,29	0,12	0,07	0,03	0,015	0,007
5	0	0,20	0,06	0,009	0,003	0,001	0,000	0,000
	0,5	0,27	0,09	0,02	0,006	0,002	0,001	0,000
	0,9	0,39	0,18	0,07	0,03	0,01	0,005	0,002
10	0	0,14	0,04	0,006	0,002	0,001	0,000	0,000
	0,5	0,18	0,06	0,01	0,003	0,001	0,000	0,000
	0,9	0,30	0,13	0,05	0,02	0,006	0,003	0,001

Таблица 3

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{2N})

α , %	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,81	0,60	0,43	0,37	0,33	0,30	0,26
	0,5	0,81	0,60	0,40	0,35	0,30	0,27	0,24
	0,9	0,81	0,56	0,34	0,28	0,22	0,21	0,18
5	0	0,69	0,48	0,33	0,28	0,24	0,22	0,19
	0,5	0,69	0,47	0,32	0,27	0,23	0,21	0,18
	0,9	0,68	0,44	0,27	0,21	0,16	0,15	0,12
10	0	0,61	0,41	0,28	0,24	0,20	0,19	0,16
	0,5	0,61	0,40	0,27	0,23	0,18	0,17	0,15
	0,9	0,57	0,37	0,22	0,17	0,13	0,12	0,10
$C_S = 0,5$								
1	0	0,84	0,64	0,52	0,45	0,41	0,38	0,34
	0,5	0,83	0,62	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31
	0,9	0,82	0,59	0,38	0,32	0,27	0,25	0,22
5	0	0,75	0,57	0,41	0,35	0,31	0,29	0,26
	0,5	0,73	0,54	0,38	0,33	0,29	0,27	0,25
	0,9	0,69	0,47	0,3	0,25	0,2	0,18	0,16
10	0	0,66	0,47	0,35	0,3	0,26	0,24	0,22
	0,5	0,64	0,45	0,33	0,28	0,23	0,22	0,2
	0,9	0,59	0,4	0,24	0,2	0,17	0,15	0,13
$C_S = 1,0$								
1	0	0,87	0,69	0,59	0,52	0,49	0,46	0,42
	0,5	0,87	0,69	0,54	0,49	0,44	0,42	0,39
	0,9	0,84	0,61	0,44	0,38	0,34	0,32	0,28
5	0	0,77	0,59	0,47	0,41	0,37	0,35	0,32
	0,5	0,76	0,57	0,44	0,39	0,34	0,32	0,29
	0,9	0,7	0,5	0,33	0,28	0,24	0,22	0,2
10	0	0,7	0,52	0,4	0,36	0,32	0,3	0,27
	0,5	0,67	0,49	0,38	0,33	0,29	0,27	0,24
	0,9	0,61	0,42	0,27	0,23	0,2	0,19	0,16
$C_S = 1,5$								
1	0	0,89	0,75	0,65	0,58	0,55	0,52	0,48
	0,5	0,89	0,73	0,61	0,57	0,51	0,48	0,45
	0,9	0,85	0,64	0,49	0,44	0,39	0,36	0,32
5	0	0,81	0,65	0,53	0,47	0,43	0,4	0,37
	0,5	0,79	0,62	0,51	0,45	0,39	0,37	0,34
	0,9	0,72	0,53	0,37	0,32	0,28	0,26	0,24
10	0	0,74	0,57	0,46	0,41	0,37	0,35	0,32
	0,5	0,71	0,55	0,44	0,39	0,34	0,32	0,29
	0,9	0,64	0,46	0,31	0,27	0,22	0,21	0,19

Окончание табл. 3

$C_S = 2,0$								
1	0	0,91	0,79	0,7	0,64	0,61	0,58	0,53
	0,5	0,91	0,78	0,67	0,61	0,56	0,54	0,5
	0,9	0,88	0,68	0,53	0,48	0,42	0,4	0,37
5	0	0,84	0,7	0,58	0,52	0,48	0,46	0,42
	0,5	0,83	0,68	0,56	0,5	0,45	0,43	0,39
	0,9	0,75	0,59	0,42	0,37	0,32	0,31	0,28
10	0	0,77	0,62	0,52	0,46	0,41	0,39	0,36
	0,5	0,76	0,6	0,5	0,44	0,39	0,37	0,33
	0,9	0,67	0,49	0,36	0,31	0,27	0,26	0,23
$C_S = 3,0$								
1	0	0,97	0,88	0,8	0,75	0,71	0,68	0,63
	0,5	0,97	0,88	0,76	0,72	0,66	0,64	0,6
	0,9	0,94	0,84	0,69	0,63	0,56	0,53	0,49
5	0	0,91	0,79	0,69	0,62	0,58	0,55	0,5
	0,5	0,91	0,78	0,67	0,6	0,55	0,52	0,47
	0,9	0,84	0,7	0,54	0,48	0,42	0,39	0,36
10	0	0,85	0,72	0,62	0,56	0,5	0,47	0,44
	0,5	0,84	0,71	0,6	0,54	0,47	0,45	0,42
	0,9	0,76	0,6	0,46	0,4	0,36	0,33	0,3

Таблица 4

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{21})

α , %	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,81	0,6	0,43	0,37	0,29	0,25	0,22
	0,5	0,81	0,6	0,41	0,35	0,28	0,34	0,21
	0,9	0,84	0,57	0,36	0,28	0,22	0,2	0,18
5	0	0,69	0,48	0,33	0,28	0,22	0,19	0,17
	0,5	0,69	0,47	0,31	0,26	0,21	0,18	0,16
	0,9	0,68	0,41	0,26	0,2	0,16	0,14	0,12
10	0	0,61	0,41	0,28	0,24	0,18	0,16	0,14
	0,5	0,61	0,4	0,27	0,23	0,17	0,15	0,13
	0,9	0,58	0,35	0,22	0,17	0,13	0,11	0,1
$C_S = 0,5$								
1	0	0,79	0,54	0,35	0,28	0,21	0,18	0,15
	0,5	0,79	0,54	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15
	0,9	0,79	0,54	0,33	0,24	0,17	0,15	0,14
5	0	0,65	0,43	0,26	0,2	0,19	0,14	0,12
	0,5	0,65	0,41	0,25	0,19	0,15	0,13	0,11
	0,9	0,65	0,38	0,23	0,17	0,13	0,11	0,09

Окончание табл. 4

10	0	0,57	0,36	0,22	0,17	0,13	0,11	0,1
	0,5	0,57	0,35	0,21	0,16	0,13	0,11	0,1
	0,9	0,56	0,33	0,19	0,14	0,1	0,08	0,07
$C_s = 1,0$								
1	0	0,76	0,47	0,27	0,19	0,14	0,11	0,09
	0,5	0,78	0,49	0,27	0,19	0,14	0,11	0,09
	0,9	0,32	0,51	0,29	0,19	0,14	0,11	0,09
5	0	0,6	0,36	0,19	0,14	0,1	0,08	0,07
	0,5	0,62	0,36	0,19	0,14	0,1	0,08	0,07
	0,9	0,64	0,37	0,2	0,14	0,1	0,08	0,07
10	0	0,52	0,3	0,15	0,11	0,08	0,07	0,06
	0,5	0,53	0,3	0,15	0,11	0,08	0,07	0,06
	0,9	0,54	0,3	0,16	0,11	0,08	0,07	0,06
$C_s = 1,5$								
1	0	0,73	0,39	0,2	0,12	0,07	0,05	0,04
	0,5	0,76	0,42	0,21	0,13	0,08	0,06	0,04
	0,9	0,8	0,47	0,25	0,16	0,1	0,07	0,05
5	0	0,55	0,28	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
	0,5	0,57	0,29	0,14	0,08	0,05	0,04	0,03
	0,9	0,62	0,33	0,16	0,11	0,06	0,05	0,04
10	0	0,46	0,23	0,1	0,07	0,04	0,08	0,02
	0,5	0,48	0,24	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02
	0,9	0,52	0,27	0,13	0,08	0,05	0,04	0,03
$C_s = 2,0$								
1	0	0,68	0,32	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01
	0,5	0,73	0,35	0,14	0,07	0,04	0,02	0,015
	0,9	0,78	0,44	0,2	0,13	0,07	0,04	0,03
5	0	0,49	0,21	0,08	0,04	0,02	0,01	0,008
	0,5	0,52	0,23	0,08	0,04	0,02	0,01	0,52
	0,9	0,6	0,29	0,13	0,08	0,04	0,03	0,02
10	0	0,39	0,16	0,05	0,03	0,015	0,01	0,006
	0,5	0,43	0,19	0,06	0,03	0,015	0,01	0,006
	0,9	0,49	0,24	0,1	0,06	0,03	0,02	0,01
$C_s = 3,0$								
1	0	0,57	0,18	0,03	0,01	0,003	0,001	0,001
	0,5	0,66	0,23	0,06	0,02	0,005	0,002	0,001
	0,9	0,79	0,39	0,13	0,08	0,03	0,015	0,009
5	0	0,37	0,1	0,01	0,005	0,001	0,001	0
	0,5	0,42	0,13	0,02	0,008	0,002	0,001	0
	0,9	0,55	0,23	0,09	0,04	0,01	0,006	0,003
10	0	0,23	0,06	0,008	0,003	0,001	0	0
	0,5	0,32	0,09	0,015	0,005	0,001	0	0
	0,9	0,44	0,17	0,06	0,025	0,007	0,003	0,001

Таблица 5

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{3N})

α , %	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,95	0,73	0,51	0,43	0,36	0,34	0,3
	0,5	0,94	0,72	0,49	0,4	0,34	0,31	0,28
	0,9	0,94	0,71	0,45	0,37	0,3	0,26	0,22
5	0	0,88	0,61	0,42	0,36	0,3	0,27	0,24
	0,5	0,88	0,61	0,41	0,35	0,28	0,25	0,22
	0,9	0,87	0,59	0,35	0,28	0,22	0,2	0,17
10	0	0,82	0,55	0,37	0,31	0,26	0,24	0,21
	0,5	0,82	0,54	0,36	0,3	0,25	0,23	0,2
	0,9	0,81	0,53	0,3	0,24	0,19	0,17	0,14
$C_S = 0,5$								
1	0	0,95	0,76	0,58	0,52	0,45	0,43	0,38
	0,5	0,95	0,76	0,56	0,49	0,42	0,4	0,36
	0,9	0,94	0,75	0,49	0,39	0,33	0,31	0,27
5	0	0,89	0,66	0,5	0,43	0,38	0,34	0,31
	0,5	0,89	0,65	0,47	0,41	0,35	0,34	0,29
	0,9	0,87	0,62	0,38	0,32	0,26	0,24	0,21
10	0	0,85	0,61	0,45	0,39	0,33	0,3	0,28
	0,5	0,84	0,59	0,43	0,37	0,31	0,28	0,26
	0,9	0,82	0,55	0,34	0,28	0,22	0,21	0,18
$C_S = 1,0$								
1	0	0,96	0,8	0,64	0,6	0,53	0,5	0,46
	0,5	0,96	0,8	0,62	0,57	0,5	0,47	0,44
	0,9	0,95	0,77	0,53	0,46	0,38	0,36	0,33
5	0	0,91	0,71	0,56	0,5	0,45	0,41	0,38
	0,5	0,9	0,7	0,54	0,49	0,43	0,4	0,36
	0,9	0,88	0,64	0,43	0,37	0,31	0,29	0,26
10	0	0,87	0,66	0,51	0,46	0,4	0,36	0,34
	0,5	0,86	0,64	0,49	0,43	0,37	0,33	0,31
	0,9	0,84	0,58	0,38	0,32	0,27	0,25	0,22
$C_S = 1,5$								
1	0	0,96	0,84	0,7	0,66	0,6	0,58	0,54
	0,5	0,96	0,84	0,68	0,63	0,56	0,53	0,5
	0,9	0,96	0,8	0,6	0,54	0,46	0,43	0,39
5	0	0,93	0,76	0,63	0,57	0,51	0,48	0,44
	0,5	0,92	0,74	0,61	0,55	0,49	0,46	0,42
	0,9	0,89	0,67	0,74	0,41	0,36	0,33	0,3
10	0	0,89	0,71	0,58	0,82	0,46	0,42	0,4
	0,5	0,88	0,69	0,54	0,49	0,43	0,39	0,37
	0,9	0,85	0,62	0,42	0,36	0,3	0,3	0,27

Окончание табл. 5

$C_s = 2,0$								
1	0	0,97	0,88	0,76	0,71	0,66	0,63	0,59
	0,5	0,97	0,87	0,74	0,68	0,63	0,6	0,56
	0,9	0,96	0,85	0,66	0,59	0,52	0,49	0,45
5	0	0,94	0,8	0,68	0,63	0,57	0,54	0,5
	0,5	0,94	0,79	0,66	0,61	0,54	0,51	0,47
	0,9	0,91	0,72	0,53	0,46	0,41	0,38	0,35
10	0	0,92	0,77	0,63	0,58	0,52	0,48	0,46
	0,5	0,91	0,74	0,6	0,55	0,49	0,45	0,42
	0,9	0,87	0,66	0,48	0,41	0,36	0,33	0,3
$C_s = 3,0$								
1	0	0,99	0,95	0,86	0,82	0,76	0,73	0,68
	0,5	0,99	0,95	0,86	0,82	0,74	0,7	0,65
	0,9	0,99	0,94	0,83	0,75	0,64	0,61	0,57
5	0	0,98	0,89	0,79	0,73	0,67	0,63	0,59
	0,5	0,98	0,89	0,77	0,72	0,65	0,61	0,56
	0,9	0,96	0,85	0,69	0,6	0,52	0,5	0,46
10	0	0,96	0,85	0,75	0,69	0,62	0,58	0,54
	0,5	0,96	0,84	0,72	0,66	0,59	0,55	0,51
	0,9	0,92	0,78	0,61	0,53	0,46	0,44	0,41

Таблица 6

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{31})

α , %	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,95	0,73	0,51	0,43	0,32	0,3	0,26
	0,5	0,95	0,72	0,49	0,4	0,3	0,28	0,25
	0,9	0,95	0,7	0,45	0,37	0,28	0,25	0,24
5	0	0,87	0,61	0,42	0,36	0,28	0,24	0,22
	0,5	0,87	0,61	0,41	0,35	0,27	0,23	0,2
	0,9	0,87	0,59	0,37	0,29	0,22	0,2	0,17
10	0	0,82	0,55	0,37	0,31	0,25	0,21	0,19
	0,5	0,82	0,55	0,36	0,3	0,24	0,2	0,18
	0,9	0,82	0,52	0,32	0,24	0,19	0,16	0,14
$C_S = 0,5$								
1	0	0,92	0,67	0,42	0,33	0,24	0,22	0,19
	0,5	0,92	0,67	0,41	0,32	0,23	0,21	0,18
	0,9	0,95	0,67	0,41	0,32	0,23	0,21	0,18
5	0	0,87	0,56	0,34	0,27	0,2	0,17	0,15
	0,5	0,87	0,56	0,34	0,25	0,2	0,17	0,15
	0,9	0,87	0,56	0,33	0,24	0,17	0,15	0,13

10	0	0,8	0,51	0,3	0,23	0,18	0,15	0,13
	0,5	0,8	0,51	0,29	0,22	0,18	0,15	0,13
	0,9	0,8	0,49	0,28	0,2	0,15	0,13	0,1
$C_s = 1,0$								
1	0	0,91	0,61	0,33	0,24	0,16	0,14	0,1
	0,5	0,92	0,62	0,34	0,25	0,17	0,14	0,1
	0,9	0,95	0,64	0,37	0,23	0,18	0,15	0,12
5	0	0,83	0,49	0,26	0,19	0,13	0,1	0,09
	0,5	0,84	0,52	0,27	0,19	0,13	0,1	0,09
	0,9	0,87	0,53	0,28	0,2	0,14	0,11	0,09
10	0	0,77	0,44	0,23	0,16	0,11	0,09	0,08
	0,5	0,78	0,44	0,23	0,16	0,11	0,09	0,08
	0,9	0,8	0,46	0,24	0,16	0,11	0,09	0,08
$C_s = 1,5$								
1	0	0,9	0,53	0,23	0,16	0,1	0,07	0,05
	0,5	0,9	0,57	0,26	0,17	0,11	0,08	0,06
	0,9	0,95	0,62	0,34	0,23	0,13	0,1	0,08
5	0	0,8	0,42	0,18	0,11	0,07	0,05	0,04
	0,5	0,82	0,46	0,2	0,12	0,08	0,05	0,04
	0,9	0,85	0,49	0,24	0,16	0,1	0,07	0,06
10	0	0,74	0,37	0,16	0,1	0,06	0,04	0,03
	0,5	0,75	0,38	0,16	0,1	0,06	0,04	0,03
	0,9	0,78	0,43	0,2	0,13	0,08	0,06	0,04
$C_s = 2,0$								
1	0	0,88	0,47	0,17	0,09	0,045	0,03	0,02
	0,5	0,89	0,52	0,2	0,1	0,05	0,03	0,02
	0,9	0,94	0,59	0,3	0,19	0,1	0,07	0,055
5	0	0,78	0,35	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
	0,5	0,79	0,33	0,14	0,07	0,03	0,02	0,01
	0,9	0,84	0,47	0,2	0,12	0,065	0,04	0,03
10	0	0,69	0,29	0,1	0,05	0,025	0,015	0,01
	0,5	0,72	0,32	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
	0,9	0,77	0,39	0,16	0,1	0,05	0,03	0,02
$C_s = 3,0$								
1	0	0,84	0,33	0,06	0,02	0,006	0,002	0,001
	0,5	0,87	0,42	0,1	0,03	0,008	0,004	0,002
	0,9	0,94	0,52	0,23	0,12	0,05	0,025	0,015
5	0	0,7	0,21	0,03	0,01	0,003	0,001	0,001
	0,5	0,73	0,27	0,05	0,015	0,004	0,002	0,001
	0,9	0,81	0,4	0,14	0,07	0,02	0,01	0,006
10	0	0,59	0,15	0,02	0,008	0,002	0,001	0
	0,5	0,63	0,2	0,03	0,01	0,003	0,001	0
	0,9	0,73	0,31	0,1	0,05	0,015	0,007	0,003

Таблица 7

 α %-ные критические значения статистики Диксона (D_{4N})

$\alpha, \%$	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,997	0,79	0,54	0,46	0,39	0,36	0,31
	0,5	0,996	0,79	0,52	0,44	0,36	0,32	0,28
	0,9	0,995	0,77	0,48	0,4	0,3	0,26	0,23
5	0	0,98	0,68	0,45	0,38	0,32	0,28	0,25
	0,5	0,98	0,68	0,44	0,37	0,3	0,26	0,23
	0,9	0,97	0,65	0,38	0,29	0,22	0,21	0,18
10	0	0,96	0,62	0,4	0,33	0,28	0,25	0,22
	0,5	0,96	0,61	0,39	0,32	0,26	0,23	0,2
	0,9	0,95	0,58	0,33	0,26	0,2	0,18	0,15
$C_S = 0,5$								
1	0	0,997	0,82	0,6	0,54	0,47	0,44	0,39
	0,5	0,997	0,82	0,58	0,52	0,44	0,41	0,37
	0,9	0,995	0,79	0,51	0,44	0,35	0,32	0,27
5	0	0,98	0,72	0,53	0,45	0,39	0,35	0,32
	0,5	0,98	0,71	0,5	0,43	0,37	0,33	0,3
	0,9	0,97	0,67	0,41	0,33	0,27	0,25	0,22
10	0	0,96	0,67	0,46	0,4	0,34	0,31	0,28
	0,5	0,96	0,65	0,44	0,38	0,32	0,29	0,26
	0,9	0,95	0,6	0,36	0,29	0,23	0,21	0,19
$C_S = 1,0$								
1	0	0,998	0,85	0,67	0,6	0,54	0,51	0,47
	0,5	0,997	0,84	0,64	0,58	0,5	0,48	0,44
	0,9	0,995	0,81	0,55	0,48	0,4	0,37	0,33
5	0	0,98	0,76	0,59	0,52	0,46	0,42	0,39
	0,5	0,98	0,75	0,56	0,49	0,43	0,39	0,36
	0,9	0,98	0,7	0,46	0,39	0,33	0,3	0,27
10	0	0,97	0,71	0,53	0,47	0,41	0,37	0,35
	0,5	0,96	0,69	0,5	0,44	0,38	0,34	0,32
	0,9	0,95	0,63	0,39	0,33	0,28	0,26	0,23
$C_S = 1,5$								
1	0	0,998	0,87	0,72	0,66	0,61	0,58	0,54
	0,5	0,998	0,86	0,7	0,63	0,57	0,54	0,5
	0,9	0,996	0,83	0,6	0,53	0,46	0,43	0,38
5	0	0,98	0,79	0,65	0,58	0,52	0,48	0,45
	0,5	0,98	0,78	0,61	0,55	0,49	0,46	0,42
	0,9	0,98	0,72	0,5	0,43	0,37	0,35	0,31
10	0	0,97	0,75	0,58	0,52	0,46	0,43	0,4
	0,5	0,97	0,73	0,56	0,5	0,44	0,41	0,37
	0,9	0,96	0,65	0,44	0,38	0,33	0,3	0,27

$C_s = 2,0$								
1	0	0,998	0,9	0,76	0,71	0,66	0,63	0,59
	0,5	0,998	0,89	0,75	0,69	0,63	0,6	0,56
	0,9	0,997	0,88	0,67	0,6	0,51	0,49	0,45
5	0	0,988	0,83	0,7	0,63	0,57	0,54	0,5
	0,5	0,988	0,82	0,67	0,6	0,54	0,51	0,47
	0,9	0,98	0,76	0,54	0,47	0,41	0,38	0,35
10	0	0,98	0,79	0,64	0,58	0,52	0,49	0,46
	0,5	0,98	0,77	0,61	0,55	0,49	0,45	0,42
	0,9	0,96	0,7	0,48	0,42	0,36	0,33	0,31
$C_s = 3,0$								
1	0	0,999	0,94	0,85	0,81	0,76	0,73	0,68
	0,5	0,999	0,94	0,85	0,81	0,74	0,7	0,65
	0,9	0,999	0,94	0,83	0,77	0,67	0,62	0,57
5	0	0,994	0,9	0,8	0,73	0,67	0,63	0,59
	0,5	0,994	0,9	0,78	0,71	0,65	0,61	0,57
	0,9	0,988	0,87	0,7	0,6	0,52	0,5	0,46
10	0	0,986	0,86	0,75	0,69	0,62	0,58	0,54
	0,5	0,986	0,85	0,72	0,66	0,6	0,56	0,52
	0,9	0,98	0,8	0,61	0,53	0,47	0,44	0,41

Таблица 8

$\alpha\%$ -ные критические значения статистики Диксона (D_{41})

$\alpha, \%$	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,997	0,79	0,54	0,46	0,35	0,31	0,27
	0,5	0,996	0,78	0,52	0,44	0,34	0,3	0,26
	0,9	0,994	0,74	0,47	0,39	0,29	0,27	0,24
5	0	0,98	0,68	0,45	0,38	0,3	0,26	0,23
	0,5	0,98	0,68	0,44	0,35	0,28	0,24	0,21
	0,9	0,98	0,64	0,4	0,3	0,22	0,2	0,18
10	0	0,96	0,62	0,4	0,33	0,26	0,22	0,2
	0,5	0,96	0,62	0,39	0,31	0,25	0,21	0,19
	0,9	0,96	0,53	0,34	0,25	0,2	0,17	0,15
$C_S = 0,5$								
1	0	0,996	0,75	0,47	0,35	0,27	0,23	0,19
	0,5	0,996	0,75	0,46	0,35	0,27	0,23	0,19
	0,9	0,993	0,72	0,44	0,34	0,24	0,21	0,18
5	0	0,98	0,64	0,38	0,3	0,22	0,18	0,16
	0,5	0,98	0,64	0,38	0,28	0,21	0,17	0,15
	0,9	0,97	0,62	0,36	0,26	0,18	0,16	0,14

Окончание табл. 8

10	0	0,95	0,58	0,34	0,25	0,2	0,16	0,14
	0,5	0,95	0,58	0,32	0,24	0,19	0,15	0,13
	0,9	0,95	0,55	0,3	0,22	0,16	0,13	0,11
$C_S = 1,0$								
1	0	0,996	0,7	0,38	0,26	0,18	0,15	0,11
	0,5	0,996	0,7	0,38	0,26	0,18	0,15	0,11
	0,9	0,998	0,7	0,4	0,3	0,2	0,17	0,14
5	0	0,97	0,6	0,3	0,2	0,14	0,11	0,09
	0,5	0,97	0,6	0,3	0,2	0,14	0,11	0,09
	0,9	0,97	0,6	0,32	0,22	0,14	0,11	0,09
10	0	0,95	0,52	0,26	0,18	0,13	0,1	0,08
	0,5	0,95	0,52	0,26	0,18	0,13	0,1	0,08
	0,9	0,95	0,52	0,27	0,18	0,13	0,1	0,08
$C_S = 1,5$								
1	0	0,996	0,65	0,29	0,18	0,1	0,08	0,05
	0,5	0,996	0,68	0,3	0,19	0,11	0,09	0,06
	0,9	0,992	0,69	0,37	0,25	0,14	0,11	0,08
5	0	0,97	0,53	0,21	0,14	0,09	0,06	0,04
	0,5	0,97	0,54	0,23	0,15	0,1	0,06	0,04
	0,9	0,97	0,56	0,27	0,17	0,11	0,08	0,06
10	0	0,94	0,44	0,18	0,12	0,08	0,05	0,08
	0,5	0,94	0,46	0,19	0,13	0,09	0,06	0,04
	0,9	0,95	0,49	0,23	0,14	0,1	0,07	0,05
$C_S = 2,0$								
1	0	0,995	0,59	0,21	0,11	0,05	0,03	0,02
	0,5	0,995	0,64	0,22	0,12	0,06	0,04	0,02
	0,9	0,992	0,64	0,32	0,2	0,11	0,08	0,06
5	0	0,96	0,45	0,14	0,075	0,035	0,02	0,015
	0,5	0,96	0,48	0,16	0,08	0,04	0,025	0,015
	0,9	0,97	0,53	0,23	0,13	0,07	0,045	0,03
10	0	0,93	0,37	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
	0,5	0,93	0,4	0,13	0,065	0,03	0,02	0,01
	0,9	0,94	0,46	0,18	0,11	0,055	0,035	0,02
$C_S = 3,0$								
1	0	0,993	0,48	0,09	0,025	0,008	0,03	0,001
	0,5	0,994	0,55	0,11	0,035	0,01	0,005	0,002
	0,9	0,997	0,58	0,22	0,12	0,055	0,03	0,02
5	0	0,94	0,3	0,04	0,015	0,004	0,001	0,001
	0,5	0,95	0,36	0,06	0,02	0,006	0,002	0,001
	0,9	0,97	0,47	0,16	0,08	0,03	0,015	0,006
10	0	0,9	0,23	0,03	0,01	0,002	0,001	0
	0,5	0,91	0,28	0,04	0,01	0,004	0,001	0,001
	0,9	0,93	0,39	0,12	0,055	0,02	0,008	0,003

Таблица 9

 α -ные критические значения статистики Диксона (D_{5N})

α, %	Коэффициент автокорреляции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,84	0,63	0,46	0,4	0,35	0,32	0,28
	0,5	0,84	0,63	0,46	0,4	0,32	0,3	0,26
	0,9	0,84	0,63	0,42	0,35	0,26	0,24	0,21
5	0	0,74	0,53	0,38	0,32	0,28	0,25	0,23
	0,5	0,74	0,53	0,37	0,31	0,27	0,24	0,22
	0,9	0,73	0,52	0,32	0,26	0,21	0,19	0,16
10	0	0,67	0,47	0,33	0,28	0,24	0,22	0,2
	0,5	0,66	0,46	0,32	0,27	0,23	0,21	0,18
	0,9	0,66	0,45	0,28	0,23	0,18	0,16	0,14
$C_S = 0,5$								
1	0	0,88	0,69	0,54	0,49	0,44	0,41	0,37
	0,5	0,88	0,69	0,53	0,47	0,41	0,38	0,34
	0,9	0,85	0,67	0,46	0,39	0,32	0,3	0,26
5	0	0,79	0,59	0,45	0,41	0,36	0,33	0,3
	0,5	0,78	0,58	0,44	0,4	0,35	0,32	0,29
	0,9	0,75	0,56	0,36	0,3	0,25	0,23	0,21
10	0	0,7	0,54	0,52	0,37	0,32	0,29	0,27
	0,5	0,69	0,52	0,39	0,35	0,3	0,27	0,25
	0,9	0,68	0,49	0,32	0,26	0,22	0,2	0,17
$C_S = 1,0$								
1	0	0,9	0,75	0,62	0,58	0,53	0,5	0,45
	0,5	0,89	0,74	0,6	0,55	0,49	0,46	0,42
	0,9	0,86	0,72	0,52	0,45	0,38	0,36	0,31
5	0	0,82	0,65	0,54	0,49	0,44	0,41	0,38
	0,5	0,81	0,64	0,52	0,47	0,41	0,39	0,35
	0,9	0,77	0,59	0,41	0,35	0,3	0,28	0,26
10	0	0,77	0,61	0,49	0,44	0,39	0,36	0,34
	0,5	0,75	0,58	0,46	0,41	0,36	0,33	0,31
	0,9	0,71	0,53	0,36	0,31	0,26	0,25	0,22
$C_S = 1,5$								
1	0	0,93	0,8	0,69	0,64	0,6	0,57	0,52
	0,5	0,92	0,79	0,67	0,6	0,56	0,53	0,49
	0,9	0,89	0,78	0,58	0,52	0,46	0,42	0,38
5	0	0,86	0,72	0,61	0,56	0,51	0,48	0,44
	0,5	0,85	0,7	0,58	0,54	0,48	0,46	0,42
	0,9	0,8	0,64	0,46	0,41	0,36	0,34	0,31
10	0	0,82	0,67	0,56	0,51	0,45	0,42	0,4
	0,5	0,8	0,65	0,53	0,48	0,43	0,4	0,37
	0,9	0,74	0,57	0,4	0,35	0,31	0,29	0,26

Окончание табл. 9

$C_S = 2,0$								
1	0	0,96	0,86	0,75	0,71	0,66	0,63	0,58
	0,5	0,95	0,85	0,74	0,69	0,63	0,6	0,55
	0,9	0,91	0,83	0,66	0,59	0,51	0,48	0,44
5	0	0,9	0,78	0,68	0,62	0,57	0,54	0,5
	0,5	0,89	0,77	0,66	0,6	0,55	0,52	0,47
	0,9	0,84	0,7	0,53	0,48	0,42	0,4	0,36
10	0	0,86	0,74	0,63	0,57	0,51	0,48	0,45
	0,5	0,85	0,71	0,6	0,55	0,49	0,46	0,42
	0,9	0,78	0,63	0,47	0,41	0,36	0,33	0,31
$C_S = 3,0$								
1	0	0,99	0,93	0,85	0,81	0,76	0,73	0,68
	0,5	0,99	0,93	0,85	0,81	0,74	0,7	0,65
	0,9	0,98	0,92	0,83	0,77	0,68	0,62	0,56
5	0	0,97	0,88	0,79	0,73	0,67	0,63	0,59
	0,5	0,96	0,87	0,77	0,71	0,65	0,61	0,57
	0,9	0,93	0,84	0,69	0,6	0,52	0,5	0,46
10	0	0,94	0,85	0,74	0,69	0,62	0,58	0,54
	0,5	0,93	0,84	0,72	0,67	0,6	0,56	0,52
	0,9	0,87	0,77	0,6	0,52	0,46	0,44	0,41

Таблица 10

 α %-ные критические значения статистики Диксона (DS_1)

α , %	Коэффициент автокорреля- ции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	0,84	0,63	0,46	0,1	0,32	0,28	0,24
	0,5	0,84	0,63	0,45	0,38	0,31	0,27	0,24
	0,9	0,84	0,63	0,43	0,35	0,28	0,24	0,23
5	0	0,74	0,53	0,37	0,32	0,26	0,23	0,2
	0,5	0,74	0,53	0,37	0,3	0,25	0,22	0,19
	0,9	0,74	0,51	0,34	0,26	0,2	0,18	0,16
10	0	0,67	0,47	0,33	0,28	0,23	0,2	0,18
	0,5	0,67	0,47	0,32	0,27	0,22	0,19	0,17
	0,9	0,67	0,45	0,29	0,23	0,18	0,16	0,14
$C_S = 0,5$								
1	0	0,89	0,55	0,38	0,31	0,22	0,19	0,17
	0,5	0,83	0,58	0,38	0,31	0,22	0,19	0,17
	0,9	0,83	0,6	0,39	0,31	0,22	0,19	0,17
5	0	0,68	0,45	0,3	0,23	0,13	0,16	0,14
	0,5	0,72	0,45	0,3	0,23	0,18	0,16	0,14
	0,9	0,73	0,45	0,29	0,22	0,16	0,14	0,12

10	0	0,62	0,4	0,26	0,21	0,16	0,14	0,12
	0,5	0,64	0,4	0,25	0,2	0,15	0,13	0,11
	0,9	0,66	0,4	0,25	0,18	0,14	0,12	0,1
$C_S = 1,0$								
1	0	0,76	0,49	0,28	0,22	0,14	0,11	0,1
	0,5	0,82	0,52	0,29	0,23	0,15	0,12	0,1
	0,9	0,82	0,57	0,35	0,25	0,17	0,15	0,12
5	0	0,64	0,39	0,22	0,16	0,12	0,09	0,08
	0,5	0,68	0,41	0,23	0,16	0,12	0,09	0,08
	0,9	0,71	0,45	0,26	0,18	0,13	0,1	0,08
10	0	0,57	0,33	0,19	0,14	0,1	0,08	0,07
	0,5	0,6	0,35	0,19	0,14	0,1	0,08	0,07
	0,9	0,64	0,38	0,22	0,15	0,1	0,08	0,07
$C_S = 1,5$								
1	0	0,72	0,43	0,2	0,14	0,08	0,06	0,04
	0,5	0,8	0,46	0,22	0,15	0,09	0,07	0,05
	0,9	0,8	0,55	0,31	0,2	0,12	0,1	0,03
5	0	0,59	0,31	0,14	0,1	0,06	0,04	0,03
	0,5	0,64	0,35	0,16	0,11	0,06	0,05	0,03
	0,9	0,69	0,42	0,21	0,14	0,08	0,06	0,05
10	0	0,5	0,26	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03
	0,5	0,55	0,29	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03
	0,9	0,62	0,35	0,18	0,11	0,07	0,05	0,04
$C_S = 2,0$								
1	0	0,68	0,36	0,13	0,07	0,04	0,02	0,015
	0,5	0,76	0,4	0,15	0,09	0,04	0,03	0,03
	0,9	0,79	0,51	0,27	0,17	0,08	0,06	0,05
5	0	0,54	0,24	0,09	0,05	0,025	0,015	0,01
	0,5	0,54	0,29	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01
	0,9	0,66	0,33	0,17	0,1	0,06	0,04	0,03
10	0	0,44	0,19	0,07	0,04	0,02	0,01	0,008
	0,5	0,44	0,23	0,08	0,045	0,02	0,015	0,009
	0,9	0,58	0,31	0,14	0,085	0,045	0,03	0,02
$C_S = 3,0$								
1	0	0,58	0,22	0,04	0,01	0,004	0,002	0,001
	0,5	0,69	0,29	0,07	0,025	0,006	0,004	0,001
	0,9	0,75	0,44	0,2	0,1	0,045	0,02	0,015
5	0	0,41	0,12	0,02	0,008	0,002	0,001	0
	0,5	0,48	0,18	0,035	0,01	0,004	0,001	0,001
	0,9	0,6	0,31	0,11	0,055	0,02	0,01	0,005
10	0	0,32	0,09	0,015	0,005	0,001	0,001	0
	0,5	0,4	0,13	0,025	0,007	0,002	0,001	0
	0,9	0,52	0,23	0,09	0,04	0,01	0,006	0,003

Таблица 11

 α %-ные критические значения статистики Смирнова-Грabbса (G_N)

α , %	Коэффициент автокорреля- ции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	1,95	2,43	2,94	3,17	3,38	3,52	3,54
	0,5	1,94	2,39	2,84	3,11	3,35	3,50	3,51
	0,9	1,92	2,30	2,67	2,86	3,08	3,10	3,18
5	0	1,84	2,17	2,60	2,79	3,00	3,10	3,21
	0,5	1,83	2,15	2,52	2,74	2,93	3,02	3,15
	0,9	1,80	2,10	2,37	2,51	2,67	2,79	2,90
10	0	1,75	2,04	2,44	2,60	2,851	2,91	3,02
	0,5	1,73	2,03	2,36	2,54	2,78	2,88	2,97
	0,9	1,70	1,99	2,22	2,34	2,52	2,62	2,72
$C_S = 0,5$								
1	0	1,98	2,54	3,26	3,60	3,97	4,26	4,33
	0,5	1,98	2,50	3,17	3,52	3,90	4,21	4,30
	0,9	1,93	2,47	2,88	3,12	3,44	3,67	3,71
5	0	1,89	2,32	2,89	3,18	3,52	3,69	3,85
	0,5	1,88	2,29	2,80	3,10	3,43	3,61	3,74
	0,9	1,82	2,22	2,53	2,71	2,97	3,12	3,32
10	0	1,81	2,19	2,70	2,99	3,28	3,46	3,62
	0,5	1,79	2,16	2,64	2,88	3,20	3,39	3,52
	0,9	1,73	2,06	2,35	2,54	2,78	2,94	3,09
$C_S = 1,0$								
1	0	2,00	2,64	3,53	3,96	4,59	4,96	5,16
	0,5	2,00	2,59	3,42	3,87	4,42	4,83	5,04
	0,9	1,96	2,52	3,06	3,36	3,72	4,10	4,18
5	0	1,93	2,46	3,18	3,54	4,00	4,24	4,47
	0,5	1,92	2,43	3,05	3,45	3,93	4,19	4,36
	0,9	1,85	2,29	2,68	2,92	3,25	3,50	3,74
10	0	1,87	2,34	2,98	3,34	3,74	3,98	4,22
	0,5	1,85	2,29	2,88	3,20	3,61	3,84	4,08
	0,9	1,77	2,13	2,49	2,74	3,05	3,26	3,47
$C_S = 1,5$								
1	0	2,02	2,71	3,73	4,29	5,06	5,54	5,86
	0,5	2,02	2,68	3,58	4,19	4,90	5,40	5,76
	0,9	1,98	2,57	3,25	3,70	4,18	4,54	4,70
5	0	1,97	2,57	3,42	3,87	4,43	4,81	5,06
	0,5	1,96	2,53	3,30	3,74	4,28	4,70	4,94
	0,9	1,89	2,38	2,86	3,15	3,57	3,92	4,17
10	0	1,92	2,47	3,23	3,66	4,14	4,46	4,77
	0,5	1,90	2,40	3,11	3,52	4,00	4,32	4,60
	0,9	1,80	2,22	2,66	2,96	3,35	3,59	3,87

$C_S = 2,0$								
1	0	2,03	2,76	3,91	4,57	5,49	6,08	6,51
	0,5	2,03	2,75	3,85	4,48	5,31	5,97	6,39
	0,9	1,99	2,65	3,44	4,04	4,62	5,01	5,24
5	0	2,00	2,65	3,62	4,14	4,86	5,30	5,62
	0,5	1,99	2,62	3,51	4,04	4,67	5,14	5,50
	0,9	1,92	2,48	3,06	3,42	3,92	4,30	4,58
10	0	1,96	2,57	3,44	3,92	4,49	4,91	5,28
	0,5	1,95	2,52	3,33	3,79	4,35	4,79	5,08
	0,9	1,85	2,33	2,85	3,17	3,66	3,94	4,26
$C_S = 3,0$								
1	0	2,04	2,82	4,10	4,93	6,06	6,88	7,63
	0,5	2,04	2,82	4,04	4,87	5,94	6,68	7,47
	0,9	2,03	2,80	3,94	4,51	5,23	5,95	6,37
5	0	2,03	2,77	3,91	4,59	5,51	6,11	6,63
	0,5	2,03	2,75	3,84	4,51	5,34	6,00	6,41
	0,9	2,00	2,67	3,56	4,00	4,61	5,10	5,50
10	0	2,01	2,72	3,76	4,38	5,15	5,67	6,23
	0,5	2,01	2,68	3,68	4,28	5,02	5,56	5,95
	0,9	1,94	2,54	3,30	3,69	4,25	4,70	5,12

Таблица 12

 α %-ные критические значения статистики Смирнова-Грассбса (G_1)

α, %	Коэффициент автокорреля- ции $r(1)$	Объем выборки (n)						
		6	10	20	30	50	70	100
$C_S = 0$								
1	0	1,95	2,43	2,94	3,17	3,38	3,52	3,54
	0,5	1,94	2,39	2,84	3,11	3,35	3,50	3,51
	0,9	1,92	2,30	2,67	2,86	3,08	3,10	3,18
5	0	1,84	2,17	2,60	2,79	3,00	3,10	3,21
	0,5	1,83	2,15	2,52	2,74	2,93	3,02	3,15
	0,9	1,80	2,10	2,37	2,51	2,67	2,79	2,90
10	0	1,75	2,04	2,44	2,60	2,851	2,91	3,02
	0,5	1,73	2,03	2,36	2,54	2,78	2,88	2,97
	0,9	1,70	1,99	2,22	2,34	2,52	2,62	2,72
$C_S = 0,5$								
1	0	1,88	2,27	2,50	2,51	2,53	2,55	2,57
	0,5	1,90	2,28	2,53	2,60	2,63	2,64	2,65
	0,9	1,93	2,29	2,56	2,64	2,72	2,74	2,86
5	0	1,74	2,00	2,22	2,28	2,36	2,39	2,42
	0,5	1,76	2,02	2,24	2,30	2,38	2,41	2,44
	0,9	1,78	2,04	2,26	2,32	2,40	2,44	2,48

Окончание табл. 12

10	0	1,66	1,88	2,09	2,17	2,27	2,29	2,32
	0,5	1,65	1,87	2,07	2,16	2,26	2,28	2,31
	0,9	1,64	1,86	2,06	2,15	2,25	2,27	2,30
$C_s = 1,0$								
1	0	1,83	2,09	2,12	2,12	2,05	2,03	2,01
	0,5	1,87	2,10	2,17	2,13	2,11	2,11	2,04
	0,9	1,92	2,22	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
5	0	1,66	1,80	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
	0,5	1,70	1,86	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
	0,9	1,74	1,94	2,09	2,09	2,10	2,10	2,13
10	0	1,56	1,70	1,78	1,80	1,83	1,83	1,83
	0,5	1,60	1,72	1,82	1,83	1,85	1,85	1,85
	0,9	1,65	1,81	1,95	1,95	1,96	1,98	1,99
$C_s = 1,5$								
1	0	1,78	1,91	1,82	1,73	1,66	1,60	1,56
	0,5	1,83	1,93	1,87	1,81	1,70	1,66	1,61
	0,9	1,89	2,11	2,26	2,22	2,10	2,01	2,00
5	0	1,56	1,61	1,60	1,57	1,53	1,50	1,48
	0,5	1,62	1,69	1,68	1,62	1,58	1,54	1,51
	0,9	1,71	1,86	1,94	1,87	1,84	1,81	1,79
10	0	1,45	1,51	1,50	1,48	1,46	1,44	1,44
	0,5	1,52	1,57	1,56	1,53	1,51	1,48	1,47
	0,9	1,60	1,72	1,79	1,75	1,71	1,70	1,69
$C_s = 2,0$								
1	0	1,70	1,71	1,53	1,44	1,35	1,28	1,24
	0,5	1,78	1,77	1,62	1,53	1,43	1,35	1,31
	0,9	1,88	2,04	2,10	1,97	1,84	1,73	1,71
5	0	1,46	1,46	1,35	1,30	1,25	1,20	1,17
	0,5	1,54	1,54	1,44	1,36	1,29	1,25	1,22
	0,9	1,66	1,79	1,78	1,69	1,61	1,56	1,52
10	0	1,34	1,34	1,27	1,23	1,18	1,15	1,15
	0,5	1,43	1,43	1,35	1,29	1,23	1,20	1,17
	0,9	1,55	1,63	1,63	1,59	1,50	1,46	1,43
$C_s = 3,0$								
1	0	1,53	1,38	1,12	1,04	0,97	0,92	0,87
	0,5	1,65	1,52	1,28	1,15	1,04	0,96	0,92
	0,9	1,83	1,87	1,84	1,64	1,46	1,35	1,31
5	0	1,26	1,17	1,02	0,94	0,89	0,85	0,82
	0,5	1,38	1,28	1,10	1,03	0,94	0,89	0,85
	0,9	1,76	1,63	1,52	1,41	1,28	1,21	1,12
10	0	1,15	1,08	0,95	0,89	0,84	0,81	0,80
	0,5	1,25	1,18	1,02	0,95	0,88	0,85	0,82
	0,9	1,50	1,46	1,38	1,30	1,17	1,10	1,04

Таблица 13

Критические значения статистики Фишера (F^*) в зависимости от уровня значимости $\alpha(\%)$, коэффициентов внутрирядной $[r(1)]$ и межрядной корреляции (R) при равных объемах двух выборок ($n_x = n_y$)

R	r(1)	$\alpha, \%$													
		0,1	0,5	1	2,5	5	10	15	25	35	40	45	47,5	50	
$n_x = n_y = 10$															
0,0	0,7	18,6	11,0	8,11	6,19	4,58	3,22	2,59	1,83	1,41	1,26	1,12	1,06	1,00	
	0,6	14,4	9,51	7,54	5,63	4,20	2,98	2,42	1,77	1,38	1,25	1,12	1,06	1,00	
	0,5	12,6	8,58	6,97	5,16	3,89	2,79	2,29	1,71	1,36	1,24	1,11	1,06	1,00	
	0,4	11,7	7,92	6,42	4,79	3,68	2,66	2,20	1,67	1,34	1,23	1,10	1,06	1,00	
	0,3	11,1	7,42	6,08	4,52	3,51	2,57	2,15	1,63	1,33	1,22	1,10	1,05	1,00	
	0,2	10,5	7,07	5,77	4,32	3,34	2,51	2,08	1,60	1,31	1,21	1,10	1,04	1,00	
	0,1	10,2	6,78	5,51	4,16	3,24	2,46	2,04	1,58	1,30	1,20	1,10	1,04	1,00	
	0,0	10,1	6,54	5,35	4,03	3,18	2,44	2,02	1,57	1,30	1,19	1,10	1,03	1,00	
0,95	0,0	2,47	2,01	1,84	1,63	1,48	1,33	1,25	1,15	1,09	1,03	1,00	1,00	1,00	
0,9		3,47	2,67	2,32	1,98	1,70	1,48	1,37	1,22	1,13	1,07	1,02	1,00	1,00	
0,8		4,89	3,60	3,11	2,49	2,10	1,73	1,56	1,32	1,18	1,12	1,05	1,00	1,00	
0,7		6,21	4,41	3,76	2,93	2,42	1,92	1,69	1,39	1,22	1,15	1,08	1,00	1,00	
0,6		7,28	5,08	4,32	3,30	2,69	2,07	1,79	1,45	1,25	1,17	1,08	1,01	1,00	
0,5		8,20	5,62	4,73	3,58	2,88	2,20	1,86	1,49	1,27	1,18	1,09	1,01	1,00	
0,4		8,97	6,06	5,03	3,80	3,02	2,28	1,93	1,52	1,28	1,18	1,09	1,02	1,00	
0,3		9,51	8,32	5,24	3,94	3,12	2,37	1,99	1,55	1,29	1,18	1,10	1,02	1,00	
0,2	10,0	6,54	5,35	4,03	3,18	2,44	2,02	1,57	1,30	1,19	1,10	1,03	1,00		
$n_x = n_y = 25$															
0,0	0,7	7,17	5,18	4,39	3,44	2,86	2,22	1,92	1,70	1,88	1,20	1,06	1,02	1,00	
	0,6	5,82	4,42	3,80	3,00	2,53	2,04	1,79	1,52	1,24	1,18	1,06	1,02	1,00	
	0,5	4,99	3,85	3,39	2,73	2,31	1,90	1,69	1,42	1,22	1,16	1,05	1,02	1,00	
	0,4	4,55	3,54	3,11	2,53	2,16	1,80	1,60	1,36	1,19	1,14	1,05	1,02	1,00	
	0,3	4,24	3,28	2,90	2,40	2,08	1,75	1,55	1,34	1,17	1,12	1,05	1,02	1,00	
	0,2	4,04	3,12	2,76	2,34	2,03	1,72	1,54	1,33	1,17	1,12	1,05	1,02	1,00	
	0,1	3,88	3,02	2,68	2,29	2,00	1,71	1,53	1,32	1,17	1,11	1,05	1,02	1,00	
	0,0	3,74	2,97	2,66	2,27	1,98	1,70	1,53	1,32	1,17	1,11	1,05	1,02	1,00	
0,2	0,0	3,42	2,84	2,60	2,22	1,95	1,67	1,52	1,32	1,17	1,10	1,05	1,02	1,00	
0,3		3,33	2,78	2,54	2,18	1,92	1,64	1,50	1,30	1,16	1,10	1,05	1,02	1,00	
0,4		3,22	2,70	2,46	2,12	1,87	1,61	1,47	1,28	1,15	1,10	1,05	1,02	1,00	
0,5		3,07	2,58	2,34	2,04	1,80	1,57	1,43	1,26	1,14	1,09	1,04	1,02	1,00	
0,6		2,87	2,44	2,21	1,93	1,72	1,51	1,39	1,24	1,13	1,08	1,04	1,02	1,00	
0,7		2,61	2,23	2,03	1,80	1,63	1,44	1,33	1,22	1,11	1,06	1,03	1,02	1,00	
0,8		2,28	1,95	1,82	1,63	1,49	1,36	1,27	1,17	1,09	1,05	1,03	1,02	1,00	
0,9		1,83	1,61	1,55	1,42	1,33	1,25	1,18	1,12	1,06	1,03	1,02	1,01	1,00	
0,95	1,54	1,41	1,37	1,29	1,22	1,18	1,13	1,09	1,05	1,02	1,01	1,00	1,00		

$n_x = n_y = 50$														
0,0	0,7	4,07	3,31	2,98	2,49	2,16	1,82	1,64	1,40	1,22	1,15	1,07	1,02	1,00
	0,6	2,52	2,90	2,65	2,26	1,97	1,69	1,55	1,34	1,18	1,13	1,06	1,02	1,00
	0,5	3,15	2,62	2,40	2,08	1,82	1,58	1,48	1,30	1,15	1,11	1,05	1,01	1,00
	0,4	2,88	2,42	2,23	1,94	1,72	1,51	1,42	1,25	1,13	1,10	1,04	1,01	1,00
	0,3	2,68	2,27	2,10	1,83	1,65	1,48	1,38	1,22	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
	0,2	2,58	2,19	2,02	1,79	1,63	1,47	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
	0,1	2,52	2,15	1,99	1,79	1,62	1,47	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
	0,0	2,51	2,15	1,99	1,79	1,62	1,47	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
0,2	0,0	2,51	2,15	1,99	1,79	1,62	1,47	1,37	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
0,3		2,46	2,10	1,94	1,76	1,60	1,46	1,36	1,21	1,12	1,09	1,04	1,01	1,00
0,4		2,39	2,05	1,88	1,72	1,57	1,44	1,34	1,20	1,11	1,09	1,04	1,01	1,00
0,5		2,3	1,96	1,81	1,67	1,53	1,41	1,32	1,19	1,11	1,09	1,04	1,01	1,00
0,6		2,17	1,85	1,73	1,60	1,48	1,36	1,30	1,18	1,10	1,08	1,04	1,00	1,00
0,7		2,01	1,72	1,63	1,52	1,42	1,32	1,26	1,16	1,08	1,06	1,02	1,00	1,00
0,8		1,80	1,58	1,52	1,42	1,33	1,25	1,2	1,13	1,06	1,04	1,01	1,00	1,00
0,9		1,54	1,39	1,35	1,28	1,23	1,18	1,14	1,09	1,05	1,03	1,00	1,00	1,00
0,95		1,32	1,27	1,24	1,20	1,16	1,13	1,10	1,07	1,04	1,03	1,00	1,00	1,00
$n_x = n_y = 100$														
0,0	0,7	3,02	2,49	2,28	1,93	1,72	1,52	1,40	1,24	1,13	1,10	1,03	1,00	1,00
	0,6	2,66	2,20	2,03	1,76	1,59	1,44	1,36	1,23	1,12	1,09	1,02	1,00	1,00
	0,5	2,40	2,00	1,85	1,64	1,51	1,39	1,31	1,21	1,11	1,09	1,02	1,00	1,00
	0,4	2,20	1,87	1,76	1,56	1,46	1,36	1,28	1,19	1,10	1,08	1,02	1,00	1,00
	0,3	2,06	1,80	1,70	1,53	1,42	1,34	1,26	1,18	1,10	1,07	1,02	1,00	1,00
	0,2	1,98	1,76	1,67	1,52	1,41	1,33	1,25	1,17	1,10	1,06	1,02	1,00	1,00
	0,1	1,94	1,74	1,65	1,52	1,41	1,32	1,24	1,16	1,09	1,06	1,02	1,00	1,00
	0,0	1,91	1,73	1,64	1,51	1,41	1,31	1,22	1,16	1,08	1,05	1,02	1,00	1,00
0,2	0,0	1,81	1,70	1,61	1,50	1,40	1,30	1,21	1,15	1,07	1,04	1,02	1,00	1,00
0,3		1,76	1,67	1,59	1,47	1,38	1,30	1,20	1,15	1,06	1,04	1,02	1,00	1,00
0,4		1,72	1,63	1,56	1,45	1,36	1,28	1,19	1,14	1,06	1,03	1,02	1,00	1,00
0,5		1,66	1,58	1,52	1,42	1,34	1,26	1,18	1,12	1,05	1,03	1,02	1,00	1,00
0,6		1,60	1,52	1,47	1,38	1,32	1,24	1,17	1,11	1,05	1,02	1,02	1,00	1,00
0,7		1,53	1,46	1,40	1,32	1,27	1,22	1,15	1,10	1,04	1,02	1,01	1,00	1,00
0,8		1,43	1,37	1,32	1,26	1,21	1,17	1,13	1,08	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00
0,9		1,29	1,24	1,22	1,17	1,14	1,11	1,09	1,05	1,02	1,02	1,01	1,00	1,00
0,95		1,20	1,18	1,17	1,12	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00

Таблица 14

Критические значения статистик F -распределения для нормально
распределенных независимых случайных величин при $\alpha = 5\%$

$(n_2 - 1)$	Число степеней свободы числителя $(n_1 - 1)$									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,09	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
1000	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Таблица 15

Критические значения статистики Стьюдента (t^*) в зависимости от уровня значимости $\alpha(\%)$, коэффициентов внутрирядной $[r(1)]$ и межрядной корреляции (R) при равных объемах двух выборок ($n_x = n_y$)

R	r(1)	$\alpha, \%$															
		0,1	0,2	1	2	5	10	20	30	40	70	80	90	95	99		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
$n_x = n_y = 10; k = n_x + n_y - 2 = 18$																	
0,0	0,7	10,0	9,14	7,19	6,35	5,18	4,21	3,22	2,63	1,66	0,93	0,62	0,81	0,13	0,03		
	0,6	8,25	7,57	5,74	5,25	4,31	3,51	2,73	2,18	1,38	0,79	0,52	0,26	0,12	0,02		
	0,5	6,80	6,24	4,91	4,34	3,56	2,93	2,24	1,82	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10	0,00		
	0,4	5,93	5,43	4,24	3,79	3,10	2,58	1,95	1,59	1,02	0,58	0,39	0,19	0,09	0,00		
	0,3	5,18	4,78	3,77	3,33	2,75	2,27	1,72	1,40	0,91	0,51	0,35	0,18	0,08	0,00		
	0,2	4,65	4,33	3,38	3,02	2,47	2,07	1,56	1,26	0,82	0,47	0,32	0,16	0,05	0,00		
	0,1	4,23	3,94	3,07	2,76	2,26	1,90	1,43	1,16	0,75	0,43	0,29	0,14	0,03	0,00		
	0,0	3,92	3,61	2,88	2,55	2,10	1,73	1,33	1,07	0,69	0,39	0,26	0,12	0,02	0,00		
0,1	0,0	3,63	3,34	2,68	2,37	1,94	1,60	1,22	0,99	0,63	0,36	0,23	0,11	0,01	0,00		
0,2		3,35	3,09	2,48	2,19	1,80	1,48	1,12	0,91	0,58	0,33	0,21	0,10	0,00	0,00		
0,3		3,11	2,84	2,29	2,04	1,68	1,38	1,05	0,85	0,54	0,30	0,20	0,09	0,00	0,00		
0,4		2,87	2,60	2,11	1,88	1,55	1,29	0,97	0,79	0,50	0,28	0,19	0,09	0,00	0,00		
0,5		2,64	2,38	1,91	1,72	1,42	1,20	0,89	0,72	0,46	0,25	0,18	0,08	0,00	0,00		
0,6		2,40	2,16	1,72	1,56	1,28	1,10	0,81	0,65	0,43	0,22	0,16	0,08	0,00	0,00		
0,7		2,13	1,96	1,53	1,36	1,12	0,97	0,72	0,56	0,38	0,19	0,14	0,07	0,00	0,00		
0,8		1,86	1,70	1,31	1,14	0,92	0,82	0,58	0,45	0,30	0,15	0,11	0,06	0,00	0,00		
0,9		1,34	1,26	0,98	0,82	0,66	0,59	0,41	0,31	0,20	0,10	0,08	0,04	0,00	0,00		
0,95		1,02	0,93	0,69	0,58	0,48	0,39	0,29	0,22	0,14	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00		
$n_x = n_y = 25; k = n_x + n_y - 2 = 48$																	
0,0	0,7	9,08	8,40	6,71	6,00	4,96	4,12	3,12	2,53	1,60	0,93	0,62	0,31	0,13	0,03		
	0,6	7,48	6,90	5,55	4,90	4,15	3,38	2,64	2,06	1,37	0,79	0,52	0,26	0,11	0,02		
	0,5	6,21	5,84	4,66	4,18	3,47	2,88	2,20	1,78	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10	0,00		
	0,4	5,46	5,08	4,10	3,70	3,01	2,53	1,91	1,53	1,01	0,58	0,39	0,19	0,09	0,00		
	0,3	4,80	4,48	3,67	3,28	2,68	2,23	1,69	1,40	0,91	0,51	0,35	0,17	0,08	0,00		
	0,2	4,28	4,01	3,27	2,89	2,42	2,03	1,53	1,27	0,81	0,47	0,31	0,15	0,06	0,00		
	0,1	3,89	3,61	2,96	2,63	2,20	1,84	1,40	1,16	0,74	0,44	0,28	0,13	0,04	0,00		
	0,0	3,51	3,27	2,68	2,41	2,01	1,68	1,30	1,06	0,68	0,40	0,25	0,12	0,03	0,00		
0,1	0,0	3,30	3,08	2,54	2,25	1,94	1,58	1,22	0,98	0,64	0,37	0,23	0,11	0,02	0,00		
0,2		3,09	2,88	2,38	2,11	1,80	1,49	1,13	0,92	0,59	0,34	0,22	0,10	0,01	0,00		
0,3		2,87	2,70	2,22	1,97	1,67	1,39	1,06	0,86	0,59	0,32	0,20	0,09	0,00	0,00		
0,4		2,66	2,49	2,06	1,83	1,53	1,29	0,98	0,80	0,52	0,29	0,19	0,09	0,00	0,00		
0,5		2,43	2,27	1,87	1,68	1,42	1,18	0,91	0,74	0,49	0,28	0,18	0,08	0,00	0,00		
0,6		2,18	2,04	1,68	1,52	1,28	1,06	0,83	0,67	0,44	0,25	0,17	0,07	0,00	0,00		
0,7		1,92	1,80	1,47	1,33	1,12	0,92	0,72	0,58	0,38	0,22	0,15	0,06	0,00	0,00		
0,8		1,64	1,52	1,22	1,10	0,91	0,74	0,59	0,47	0,31	0,18	0,12	0,05	0,00	0,00		
0,9		1,24	1,14	0,88	0,77	0,64	0,52	0,42	0,32	0,21	0,12	0,08	0,03	0,00	0,00		
0,95		0,88	0,80	0,62	0,55	0,44	0,37	0,29	0,23	0,15	0,08	0,05	0,02	0,00	0,00		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$n_x = n_y = 50; k = n_x + n_y - 2 = 98$															
0,0	0,7	7,96	7,48	6,22	5,68	4,78	4,01	3,11	2,53	1,60	0,93	0,62	0,31	0,13	0,03
	0,6	6,88	6,40	5,27	4,78	4,00	3,31	2,62	2,06	1,37	0,78	0,52	0,26	0,11	0,01
	0,5	5,90	5,51	4,52	4,07	3,36	2,82	2,19	1,78	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10	0,00
	0,4	5,17	4,84	3,98	3,55	2,92	2,46	1,91	1,53	1,01	0,59	0,38	0,18	0,09	0,00
	0,3	4,60	4,35	3,50	3,10	2,59	2,18	1,69	1,39	0,91	0,51	0,34	0,16	0,08	0,00
	0,2	4,10	3,86	3,17	2,79	2,36	1,98	1,53	1,24	0,81	0,48	0,31	0,15	0,06	0,00
	0,1	3,72	3,48	2,88	2,55	2,16	1,81	1,40	1,13	0,74	0,44	0,29	0,14	0,05	0,00
	0,0	3,39	3,18	2,63	2,37	1,99	1,66	1,29	1,04	0,68	0,40	0,26	0,13	0,04	0,00
0,1	0,0	3,06	2,86	2,39	2,21	2,21	1,84	1,57	0,96	0,63	0,38	0,24	0,12	0,02	0,00
0,2		2,80	2,62	2,20	2,08	1,72	1,46	1,12	0,90	0,59	0,35	0,23	0,11	0,01	0,00
0,3		2,60	2,45	2,07	1,94	1,60	1,37	1,05	0,85	0,56	0,32	0,22	0,10	0,00	0,00
0,4		2,44	2,29	1,92	1,81	1,49	1,28	0,98	0,79	0,52	0,30	0,21	0,09	0,00	0,00
0,5		2,24	2,13	1,78	1,65	1,36	1,19	0,90	0,74	0,48	0,29	0,20	0,08	0,00	0,00
0,6		2,05	1,95	1,62	1,47	1,23	1,03	0,81	0,66	0,44	0,27	0,18	0,07	0,00	0,00
0,7		1,83	1,74	1,42	1,27	1,07	0,89	0,69	0,56	0,38	0,23	0,15	0,06	0,00	0,00
0,8		1,58	1,49	1,19	1,04	0,88	0,72	0,56	0,45	0,30	0,18	0,12	0,05	0,00	0,00
0,9		1,17	1,09	0,84	0,74	0,64	0,53	0,40	0,30	0,26	0,13	0,08	0,03	0,00	0,00
0,95		0,81	0,77	0,59	0,52	0,44	0,37	0,29	0,22	0,14	0,08	0,05	0,02	0,00	0,00
$n_x = n_y = 100; k = n_x + n_y - 2 = 198$															
0,0	0,7	7,84	7,35	6,10	5,52	4,65	3,93	3,07	2,52	1,60	0,93	0,62	0,31	0,10	0,03
	0,6	6,74	6,27	5,21	4,71	3,99	3,26	2,60	2,05	1,37	0,79	0,53	0,25	0,10	0,02
	0,5	5,80	5,47	4,52	4,07	3,36	2,82	2,19	1,78	1,17	0,68	0,45	0,21	0,10	0,00
	0,4	5,08	4,76	3,98	3,55	2,92	2,46	1,91	1,51	1,01	0,58	0,39	0,19	0,08	0,00
	0,3	4,52	4,23	3,50	3,10	2,59	2,18	1,69	1,38	0,91	0,51	0,34	0,16	0,07	0,00
	0,2	4,02	3,79	3,17	2,79	2,36	1,98	1,53	1,27	0,81	0,46	0,31	0,15	0,05	0,00
	0,1	3,64	3,42	2,88	2,55	2,16	1,81	1,40	1,16	0,74	0,42	0,29	0,14	0,03	0,00
	0,0	3,34	3,13	2,60	2,35	1,98	1,65	1,29	1,06	0,68	0,38	0,27	0,12	0,01	0,00
0,1	0,0	3,19	2,96	2,45	2,18	1,85	1,56	1,22	0,99	0,64	0,36	0,26	0,12	0,01	0,00
0,2		3,02	2,79	2,29	2,03	1,72	1,45	1,13	0,94	0,60	0,33	0,25	0,11	0,00	0,00
0,3		2,85	2,56	2,08	1,96	1,57	1,34	1,06	0,86	0,56	0,31	0,24	0,11	0,00	0,00
0,4		2,63	2,33	1,97	1,68	1,42	1,22	0,97	0,79	0,50	0,29	0,22	0,10	0,00	0,00
0,5		2,40	2,09	1,70	1,53	1,26	1,10	0,89	0,72	0,46	0,27	0,20	0,09	0,00	0,00
0,6		2,12	1,85	1,52	1,33	1,09	0,96	0,79	0,64	0,40	0,25	0,18	0,09	0,00	0,00
0,7		1,84	1,58	1,31	1,15	0,92	0,83	0,68	0,55	0,35	0,22	0,16	0,08	0,00	0,00
0,8		1,55	1,36	1,09	0,98	0,74	0,67	0,57	0,45	0,29	0,18	0,12	0,06	0,00	0,00
0,9		1,09	0,97	0,78	0,70	0,54	0,48	0,39	0,31	0,20	0,12	0,08	0,03	0,00	0,00

Таблица 16

Распределение Стьюдента для случайных величин при числе степеней свободы $k = n_x + n_y - 2$ и уровне значимости $\alpha(\%)$

k	$\alpha(\%)$		
	1	5	10
15	2,947	2,131	1,753
16	2,921	2,120	1,746
17	2,898	2,110	1,740
18	2,878	2,101	1,734
19	2,861	2,093	1,729
20	2,845	2,086	1,725
21	2,831	2,080	1,721
22	2,819	2,074	1,717
23	2,807	2,069	1,714
24	2,797	2,064	1,711
25	2,787	2,060	1,708
26	2,779	2,056	1,706
27	2,771	2,052	1,703
28	2,763	2,048	1,701
29	2,756	2,045	1,699
30	2,750	2,042	1,697
35	2,724	2,030	1,690
40	2,704	2,021	1,684
45	2,690	2,014	1,679
50	2,678	2,009	1,676
60	2,660	2,000	1,671
70	2,648	1,994	1,667
80	2,639	1,990	1,664
90	2,632	1,987	1,662
100	2,626	1,984	1,660
120	2,617	1,980	1,658
200	2,601	1,972	1,653
500	2,586	1,965	1,648

Нормированные отклонения от среднего значения ординат распределения Пирсона III $[\Phi(P, C_S) = (Y_p - Y_{cp})/\sigma]$

C_s	$p\%$											
	0,01	0,1	1	3	5	10	20	25	30	40	50	60
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,49	0,49	0,46	0,41	0,31
-3,8	0,527	0,527	0,526	0,526	0,526	0,526	0,52	0,52	0,51	0,48	0,42	0,3
-3,6	0,556	0,556	0,556	0,556	0,556	0,555	0,55	0,54	0,54	0,49	0,42	0,28
-3,4	0,588	0,588	0,588	0,588	0,587	0,586	0,58	0,57	0,55	0,5	0,41	0,27
-3,2	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,621	0,61	0,59	0,57	0,51	0,41	0,25
-3	0,667	0,667	0,666	0,666	0,665	0,661	0,64	0,62	0,59	0,51	0,4	0,22
-2,8	0,715	0,715	0,715	0,714	0,711	0,703	0,67	0,64	0,6	0,51	0,39	0,2
-2,6	0,77	0,77	0,77	0,766	0,764	0,746	0,7	0,66	0,61	0,51	0,37	0,17
-2,4	0,835	0,833	0,83	0,826	0,82	0,792	0,72	0,67	0,62	0,51	0,35	0,17
-2,2	0,914	0,91	0,905	0,895	0,882	0,842	0,75	0,69	0,64	0,5	0,33	0,12
-2	1,01	1	0,99	0,97	0,95	0,9	0,78	0,71	0,64	0,49	0,31	0,09
-1,8	1,11	1,11	1,09	1,06	1,02	0,94	0,8	0,72	0,64	0,48	0,28	0,05
-1,6	1,26	1,24	1,2	1,14	1,1	0,99	0,81	0,73	0,64	0,46	0,25	0,02
-1,4	1,41	1,39	1,32	1,23	1,17	1,04	0,83	0,73	0,64	0,44	0,22	-0,2
-1,2	1,68	1,58	1,45	1,33	1,24	1,08	0,84	0,74	0,63	0,42	0,19	-0,05
-1	1,92	1,79	1,59	1,42	1,32	1,13	0,85	0,73	0,62	0,39	0,16	-0,09
-0,8	2,23	2,02	1,74	1,52	1,38	1,17	0,86	0,73	0,6	0,37	0,13	-0,12
-0,6	2,57	2,27	1,88	1,61	1,45	1,2	0,85	0,72	0,59	0,34	0,1	-0,16
-0,4	2,98	2,54	2,03	1,7	1,52	1,23	0,85	0,71	0,57	0,31	0,07	-0,19
-0,2	3,37	2,81	2,18	1,79	1,58	1,26	0,85	0,69	0,55	0,28	0,03	-0,22
0	3,72	3,09	2,33	1,88	1,64	1,28	0,84	0,67	0,52	0,25	0	-0,25
0,2	4,16	3,38	2,47	1,96	1,7	1,3	0,83	0,65	0,5	0,22	-0,03	-0,28
0,4	4,61	3,66	2,61	2,04	1,75	1,32	0,82	0,63	0,47	0,19	-0,07	-0,31
0,6	5,05	3,96	2,75	2,12	1,8	1,33	0,8	0,61	0,44	0,16	-0,1	-0,34

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,8	5,5	4,24	2,89	2,18	1,84	1,34	0,78	0,58	0,41	0,12	-0,13	-0,37
1	5,96	4,53	3,02	2,25	1,88	1,34	0,76	0,55	0,38	0,09	-0,16	-0,39
1,2	6,41	4,81	3,15	2,31	1,92	1,34	0,73	0,52	0,35	0,05	-0,19	-0,42
1,4	6,87	5,09	3,27	2,37	1,95	1,34	0,71	0,49	0,31	0,02	-0,22	-0,44
1,6	7,31	5,37	3,39	2,42	1,97	1,33	0,68	0,46	0,28	-0,02	-0,25	-0,46
1,8	7,76	5,64	3,5	2,46	1,99	1,32	0,64	0,42	0,24	-0,05	-0,28	-0,48
2	8,21	5,91	3,6	2,51	2	1,3	0,61	0,39	0,2	-0,08	-0,31	-0,49
2,2	8,63	6,14	3,68	2,54	2,02	1,27	0,57	0,35	0,16	-0,12	-0,33	-0,5
2,4	9	6,37	3,78	2,6	2	1,25	0,52	0,29	0,12	-0,14	-0,35	-0,51
2,6	9,39	6,54	3,86	2,63	2	1,21	0,48	0,25	0,085	-0,17	-0,37	-0,51
2,8	9,77	6,86	3,96	2,65	2	1,18	0,44	0,22	0,057	-0,2	-0,39	-0,51
3	10,16	7,1	4,05	2,66	1,97	1,13	0,39	0,19	0,027	-0,22	-0,4	-0,51
3,2	10,55	7,35	4,11	2,66	1,96	1,09	0,35	0,15	-0,006	-0,25	-0,41	-0,51
3,4	10,9	7,54	4,18	2,66	1,94	1,06	0,31	0,11	-0,036	-0,27	-0,41	-0,5
3,6	11,3	7,72	4,24	2,66	1,93	1,03	0,28	0,064	-0,072	-0,28	-0,42	-0,49
3,8	11,67	7,97	4,29	2,65	1,9	1	0,24	0,032	-0,095	-0,3	-0,42	-0,48
4	12,02	8,17	4,34	2,65	1,9	0,96	0,21	0,01	-0,12	-0,31	-0,41	-0,46
4,2	12,4	8,38	4,39	2,64	1,88	0,93	0,19	-0,01	-0,13	-0,31	-0,41	-0,45
4,4	12,76	8,6	4,42	2,63	1,86	0,91	0,15	-0,032	-0,15	-0,32	-0,4	-0,44
4,6	13,12	8,79	4,46	2,62	1,84	0,87	0,13	-0,052	-0,17	-0,32	-0,4	-0,42
4,8	13,51	8,96	4,5	2,6	1,81	0,82	0,1	-0,075	-0,19	-0,32	-0,39	-0,41
5	13,87	9,12	4,54	2,6	1,78	0,78	0,068	-0,099	-0,2	-0,33	-0,38	-0,4
5,2	14,25	9,27	4,59	2,6	1,74	0,73	0,035	-0,12	-0,21	-0,3	-0,37	-0,38
5,4	14,6	9,42	4,62	2,6	1,7	0,67	0,02	-0,1	-0,21	-0,3	-0,37	-0,37
5,6	14,95	9,59	4,65	2,6	1,67	0,62	0	-0,12	-0,21	-0,3	-0,36	-0,36
5,8	15,32	9,7	4,7	2,6	1,64	0,57	-0,02	-0,14	-0,21	-0,3	-0,35	-0,35
6	15,67	9,84	4,7	2,6	1,6	0,51	-0,05	-0,15	-0,21	-0,3	-0,34	-0,34
6,2	16,04	9,95	4,71	2,6	1,56	0,47	-0,05	-0,15	-0,21	-0,3	-0,34	-0,34
6,4	16,4	10,05	4,71	2,6	1,52	0,42	-0,05	-0,15	-0,21	-0,3	-0,33	-0,39

Таблица 17 (продолжение)

C_s	$p\%$								
	70	75	80	90	95	97	99	99,9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-4	-0,12	-0,01	-0,21	-0,96	-1,9	-2,65	-4,34	-8,17	
-3,8	-0,095	-0,032	-0,24	-1	-1,9	-2,65	-4,29	-7,97	
-3,6	-0,072	-0,064	-0,28	-1,03	-1,93	-2,66	-4,24	-7,72	
-3,4	-0,036	-0,11	-0,31	-1,06	-1,94	-2,66	-4,18	-7,54	
-3,2	-0,006	-0,15	-0,35	-1,09	-1,96	-2,66	-4,11	-7,35	
-3	-0,027	-0,19	-0,39	-1,13	-1,97	-2,66	-4,05	-7,1	
-2,8	-0,057	-0,22	-0,44	-1,18	-2	-2,65	-3,86	-6,86	
-2,6	-0,085	-0,25	-0,48	-1,21	-2	-2,63	-3,86	-6,54	
-2,4	-0,12	-0,29	-0,52	-1,25	-2	-2,6	-3,78	-6,37	
-2,2	-0,16	-0,35	-0,57	-1,27	-2,02	-2,54	-3,68	-6,14	
-2	-0,2	-0,39	-0,61	-1,3	-2	-2,51	-3,6	-5,91	
-1,8	-0,24	-0,42	-0,64	-1,32	-1,99	-2,46	-3,5	-5,64	
-1,6	-0,28	-0,46	-0,68	-1,33	-1,97	-2,42	-3,39	-5,37	
-1,4	-0,31	-0,49	-0,71	-1,34	-1,95	-2,37	-3,27	-5,09	
-1,2	-0,35	-0,52	-0,73	-1,34	1,92	-2,31	-3,15	-4,81	
-1	-0,38	-0,55	-0,76	-1,34	-1,88	-2,25	-3,02	-4,53	
-0,8	-0,41	-0,58	-0,79	-1,34	-1,84	-2,18	-2,89	-4,24	
-0,6	-0,44	-0,61	-0,8	-1,33	-1,8	-2,12	-2,75	-3,96	
-0,4	-0,47	-0,63	-0,82	-1,32	-1,75	-2,04	-2,61	-3,66	
-0,2	-0,5	-0,65	-0,83	-1,3	-1,7	-1,96	-2,47	-3,38	
0	-0,52	-0,67	-0,84	-1,28	-1,64	-1,88	-2,33	-3,09	
0,2	-0,55	-0,69	-0,85	-1,26	-1,58	-1,79	-2,18	-2,81	
0,4	-0,57	-0,71	-0,85	-1,23	-1,52	-1,7	-2,03	-2,54	
0,6	-0,59	-0,72	-0,85	-1,2	-1,45	-1,61	-1,88	-2,27	
0,8	-0,6	-0,73	-0,86	-1,17	-1,38	-1,52	-1,74	-2,02	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-0,62	-0,73	-0,85	-1,13	-1,32	-1,42	-1,59	-1,79
1,2	-0,63	-0,74	-0,84	-1,08	-1,24	-1,33	-1,45	-1,58
1,4	-0,64	-0,73	-0,83	-1,04	-1,17	-1,23	-1,32	-1,39
1,6	-0,64	-0,73	-0,81	-0,99	-1,1	-1,14	-1,2	-1,24
1,8	-0,64	-0,72	-0,8	-0,94	-1,02	-1,06	-1,09	-1,11
2	-0,64	-0,71	-0,78	-0,9	-0,95	-0,97	-0,99	-1
2,2	-0,64	-0,69	-0,75	-0,842	-0,882	-0,895	-0,905	-0,91
2,4	-0,62	-0,67	-0,72	-0,792	-0,82	-0,826	-0,83	-0,833
2,6	-0,61	-0,66	-0,7	-0,746	-0,764	-0,766	-0,77	-0,77
2,8	-0,6	-0,64	-0,67	-0,703	-0,711	-0,714	-0,715	-0,715
3	-0,59	-0,62	-0,64	-0,661	-0,665	-0,666	-0,666	-0,667
3,2	-0,57	-0,59	-0,61	-0,621	-0,625	-0,625	-0,625	-0,625
3,4	-0,55	-0,57	-0,58	-0,586	-0,587	-0,588	-0,588	-0,588
3,6	-0,54	-0,54	-0,55	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556	-0,556
3,8	-0,51	-0,52	-0,52	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526	-0,527
4	-0,49	-0,49	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
4,2	-0,47	-0,473	-0,475	-0,476	-0,476	-0,476	-0,477	-0,477
4,4	-0,451	-0,454	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455
4,6	-0,432	-0,434	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435
4,8	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,416	-0,417	-0,417
5	-0,399	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
5,2	-0,384	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385	-0,385
5,4	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37
5,6	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36
5,8	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35
6	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34
6,2	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34
6,4	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33

Ординаты распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля $[\Phi(P, C_y, C_y/C_p) = Y_p/Y_{cp}]$

Ординаты распределения С.п. в логарифмическом масштабе																			
P%	C _y					P%	C _y					P%	C _y						
	C _s = 0						C _s = 0,5 C _y						C _s = 0,5 C _y						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5		
0,001	1,41	1,81	2,15	2,38	2,42	0,001	1,42	1,87	2,29	2,66	2,94	3,08	1,42	1,87	2,29	2,66	2,94	3,08	3
0,01	1,37	1,72	2,03	2,25	2,33	0,01	1,38	1,76	2,13	2,47	2,74	2,91	1,38	1,76	2,13	2,47	2,74	2,91	2,89
0,03	1,34	1,67	1,96	2,18	2,27	0,03	1,35	1,71	2,05	2,37	2,64	2,81	1,35	1,71	2,05	2,37	2,64	2,81	2,83
0,05	1,33	1,64	1,93	2,15	2,24	0,05	1,34	1,68	2,01	2,32	2,58	2,76	1,34	1,68	2,01	2,32	2,58	2,76	2,79
0,1	1,31	1,6	1,88	2,09	2,2	0,1	1,31	1,63	1,95	2,25	2,5	2,69	1,31	1,63	1,95	2,25	2,5	2,69	2,74
0,3	1,27	1,54	1,79	2	2,12	0,3	1,28	1,56	1,85	2,12	2,36	2,55	1,28	1,56	1,85	2,12	2,36	2,55	2,64
0,5	1,26	1,51	1,74	1,95	2,08	0,5	1,26	1,53	1,79	2,05	2,28	2,48	1,26	1,53	1,79	2,05	2,28	2,48	2,59
1	1,23	1,46	1,68	1,87	2,01	1	1,24	1,48	1,72	1,95	2,17	2,37	1,24	1,48	1,72	1,95	2,17	2,37	2,5
3	1,19	1,37	1,56	1,73	1,88	3	1,19	1,38	1,58	1,78	1,97	2,16	1,19	1,38	1,58	1,78	1,97	2,16	2,33
5	1,16	1,33	1,49	1,65	1,8	5	1,17	1,33	1,51	1,68	1,86	2,03	1,17	1,33	1,51	1,68	1,86	2,03	2,22
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,66	10	1,13	1,26	1,39	1,53	1,67	1,83	1,13	1,26	1,39	1,53	1,67	1,83	2,01
20	1,08	1,17	1,26	1,36	1,47	20	1,08	1,17	1,25	1,35	1,44	1,56	1,08	1,17	1,25	1,35	1,44	1,56	1,7
25	1,07	1,14	1,21	1,29	1,39	25	1,07	1,13	1,2	1,27	1,35	1,45	1,07	1,13	1,2	1,27	1,35	1,45	1,56
30	1,05	1,11	1,16	1,23	1,31	30	1,05	1,1	1,16	1,21	1,27	1,34	1,05	1,1	1,16	1,21	1,27	1,34	1,42
40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,16	40	1,02	1,05	1,07	1,1	1,12	1,15	1,02	1,05	1,07	1,1	1,12	1,15	1,16
50	1	1	1	1,01	1,01	50	0,999	0,997	0,993	0,988	0,98	0,962	0,999	0,997	0,993	0,988	0,98	0,962	0,92
60	0,975	0,949	0,923	0,895	0,855	60	0,974	0,946	0,915	0,881	0,839	0,78	0,974	0,946	0,915	0,881	0,839	0,78	0,69
70	0,947	0,894	0,838	0,775	0,69	70	0,947	0,882	0,834	0,769	0,693	0,596	0,947	0,882	0,834	0,769	0,693	0,596	0,476
75	0,932	0,864	0,792	0,709	0,603	75	0,932	0,862	0,789	0,709	0,615	0,503	0,932	0,862	0,789	0,709	0,615	0,503	0,376
80	0,916	0,83	0,74	0,637	0,511	80	0,915	0,829	0,74	0,643	0,533	0,409	0,915	0,829	0,74	0,643	0,533	0,409	0,282
90	0,872	0,742	0,606	0,459	0,305	90	0,872	0,744	0,615	0,48	0,343	0,215	0,872	0,744	0,615	0,48	0,343	0,215	0,115
95	0,835	0,67	0,501	0,331	0,182	95	0,837	0,676	0,517	0,362	0,221	0,113	0,837	0,676	0,517	0,362	0,221	0,113	0,047
97	0,812	0,624	0,436	0,261	0,125	97	0,814	0,633	0,458	0,295	0,16	0,07	0,814	0,633	0,458	0,295	0,16	0,07	0,024
99	0,768	0,54	0,326	0,156	0,055	99	0,772	0,554	0,354	0,189	0,08	0,025	0,772	0,554	0,354	0,189	0,08	0,025	0,006
99,5	0,743	0,494	0,271	0,112	0,033	99,5	0,748	0,511	0,302	0,144	0,051	0,013	0,748	0,511	0,302	0,144	0,051	0,013	0,002
99,7	0,726	0,464	0,237	0,088	0,023	99,7	0,732	0,482	0,269	0,117	0,037	0,008	0,732	0,482	0,269	0,117	0,037	0,008	0,001
99,9	0,693	0,405	0,178	0,053	0,01	99,9	0,7	0,428	0,21	0,076	0,019	0,003	0,7	0,428	0,21	0,076	0,019	0,003	0

Таблица 18 (продолжение)

P %	C_v											
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
					$C_s = C_v$							
0,001	1	1,46	1,94	2,46	2,97	3,47	3,94	4,36	4,73	5,06	5,35	
0,01	1	1,38	1,81	2,26	2,7	3,15	3,57	3,95	4,31	4,64	4,92	
0,03	1	1,35	1,74	2,15	2,56	2,97	3,37	3,74	4,09	4,41	4,69	
0,05	1	1,34	1,71	2,1	2,49	2,89	3,27	3,64	3,98	4,29	4,58	
0,1	1	1,32	1,67	2,03	2,4	2,77	3,13	3,48	3,82	4,13	4,42	
0,3	1	1,28	1,59	1,91	2,23	2,56	2,89	3,21	3,53	3,84	4,14	
0,5	1	1,27	1,55	1,84	2,15	2,46	2,77	3,08	3,38	3,69	3,99	
1	1	1,24	1,49	1,76	2,03	2,3	2,59	2,88	3,16	3,46	3,75	
3	1	1,19	1,39	1,6	1,82	2,04	2,27	2,5	2,75	3,01	3,29	
5	1	1,17	1,34	1,52	1,7	1,9	2,1	2,3	2,53	2,76	3,02	
10	1	1,13	1,26	1,4	1,54	1,68	1,83	1,99	2,16	2,35	2,55	
20	1	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,6	1,7	1,8	1,9	
25	1	1,07	1,13	1,2	1,26	1,33	1,39	1,46	1,52	1,59	1,64	
30	1	1,05	1,1	1,15	1,2	1,24	1,29	1,33	1,37	1,39	1,4	
40	1	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,1	1,1	1,08	1,05	0,995	
50	1	0,998	0,993	0,985	0,972	0,954	0,928	0,891	0,836	0,76	0,665	
60	1	0,973	0,943	0,909	0,87	0,824	0,768	0,698	0,613	0,512	0,406	
70	1	0,946	0,89	0,83	0,764	0,692	0,609	0,515	0,413	0,309	0,215	
75	1	0,932	0,861	0,787	0,708	0,622	0,528	0,426	0,321	0,224	0,144	
80	1	0,915	0,829	0,74	0,648	0,549	0,445	0,338	0,237	0,151	0,088	
90	1	0,873	0,748	0,623	0,5	0,378	0,264	0,165	0,092	0,045	0,019	
95	1	0,838	0,683	0,533	0,392	0,263	0,157	0,081	0,036	0,013	0,004	
97	1	0,816	0,642	0,478	0,329	0,202	0,107	0,048	0,018	0,005	0,001	
99	1	0,775	0,568	0,383	0,229	0,115	0,047	0,015	0,004	0,001	0,1	
99,5	1	0,752	0,528	0,335	0,182	0,081	0,028	0,008	0,002	0,2	0,3	
99,7	1	0,737	0,502	0,303	0,154	0,062	0,019	0,004	0,001	0,9	0,1	
99,9	1	0,707	0,451	0,247	0,108	0,036	0,008	0,001	$2 \cdot 10^{-3}$	0,1	0,2	

Таблица 18 (продолжение)

Р %	C _v										1,9	2
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2		
	C _s = C _v											
0,001	5,58	5,76	5,9	6,02	6,12	6,2	6,26	6,32	6,36	6,4		
0,01	5,16	5,34	5,46	5,58	5,68	5,76	5,82	5,88	5,92	5,96		
0,03	4,94	5,16	5,29	5,42	5,51	5,58	5,65	5,7	5,74	5,78		
0,05	4,83	5,06	5,2	5,32	5,42	5,49	5,56	5,62	5,67	5,72		
0,1	4,69	4,92	5,06	5,18	5,29	5,37	5,44	5,49	5,54	5,58		
0,3	4,44	4,74	4,92	5,06	5,16	5,24	5,31	5,36	5,42	5,46		
0,5	4,29	4,58	4,75	4,91	5,02	5,11	5,18	5,24	5,28	5,32		
1	4,06	4,36	4,55	4,72	4,84	4,94	5	5,07	5,12	5,16		
3	3,59	3,92	4,14	4,33	4,46	4,58	4,68	4,76	4,84	4,92		
5	3,31	3,63	3,84	4,02	4,16	4,28	4,4	4,5	4,6	4,69		
10	2,78	3,03	3,26	3,46	3,64	2,56	3,94	4,05	4,15	4,25		
20	2	2,1	2,2	2,32	2,44	1,66	2,67	2,8	2,92	3,03		
25	1,68	1,69	1,7	1,7	1,68	0,96	1,61	1,56	1,51	1,46		
30	1,39	1,34	1,26	1,17	1,07	0,38	0,84	0,72	0,6	0,45		
40	0,916	0,808	0,72	0,6	0,5	0,15	0,28	0,2	0,11	0,04		
50	0,559	0,446	0,34	0,26	0,2	0,075	0,105	0,07	0,04	0,01		
60	0,306	0,216	0,19	0,13	0,1	0,025	0,055	0,035	0,015	0		
70	0,141	0,085	0,06	0,045	0,035	0,005	0,015	0,01	0	0		
75	0,086	0,046	0,025	0,02	0,01	0	0	0	0	0		
80	0,047	0,023	0,015	0,005	0	0	0	0	0	0		
90	0,007	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0		
95	0,001	3·10 ⁻⁴	0	0	0	0	0	0	0	0		
97	0,0003	6·10 ⁻⁵	0	0	0	0	0	0	0	0		
99	2·10 ⁻⁵	5·10 ⁻⁶	0	0	0	0	0	0	0	0		
99,5	5·10 ⁻⁶	6·10 ⁻⁷	0	0	0	0	0	0	0	0		
99,7	2·10 ⁻⁶	2·10 ⁻⁷	0	0	0	0	0	0	0	0		
99,9	1·10 ⁻⁷	7·10 ⁻⁹	0	0	0	0	0	0	0	0		

Таблица 18 (продолжение)

P %	C_v						
	0,1	0,2	0,3	$C_S = 1,5 C_v$	0,4	0,5	0,6
0,01	1,47	2,01	2,63	3,3	4,03	4,81	5,64
0,01	1,4	1,86	2,38	2,94	3,55	4,19	4,88
0,03	1,37	1,79	2,26	2,76	3,3	3,88	4,5
0,05	1,32	1,75	2,2	2,68	3,18	3,73	4,31
0,1	1,33	1,7	2,11	2,54	3,02	3,52	4,06
0,3	1,29	1,61	1,97	2,34	2,74	3,17	3,62
0,5	1,27	1,57	1,9	2,24	2,61	3	3,41
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,42	2,76	3,11
3	1,19	1,4	1,62	1,85	2,09	2,34	2,6
5	1,17	1,35	1,53	1,72	1,92	2,13	2,34
10	1,13	1,26	1,4	1,54	1,68	1,82	1,97
20	1,08	1,16	1,25	1,32	1,4	1,47	1,54
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,3	1,35	1,39
30	1,05	1,1	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27
40	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,06	1,05
50	0,998	0,99	0,977	0,958	0,934	0,902	0,862
60	0,972	0,94	0,903	0,86	0,812	0,757	0,695
70	0,946	0,888	0,826	0,76	0,69	0,616	0,538
75	0,931	0,86	0,785	0,708	0,63	0,545	0,46
80	0,915	0,829	0,741	0,652	0,562	0,472	0,384
90	0,874	0,751	0,632	0,518	0,409	0,31	0,222
95	0,84	0,689	0,548	0,419	0,305	0,207	0,13
97	0,819	0,651	0,498	0,363	0,247	0,155	0,088
99	0,78	0,581	0,41	0,268	0,16	0,084	0,038
99,5	0,758	0,545	0,366	0,223	0,122	0,057	0,023
99,7	0,744	0,52	0,337	0,205	0,108	0,043	0,016
99,9	0,714	0,474	0,284	0,152	0,066	0,024	0,007

Таблица 18 (продолжение)

Р %	C _γ									
	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	C _δ = 1,5 C _γ	
	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5		
0,01	6,5	7,41	8,39	9,41	10,4	11,5	12,7	13,9		
0,01	5,61	6,38	7,19	8,03	8,92	9,83	10,8	11,8		
0,03	5,14	5,82	6,56	7,33	8,13	8,96	9,8	10,7		
0,05	4,93	5,58	6,26	6,95	7,67	8,43	9,22	10,1		
0,1	4,62	5,22	5,84	6,5	7,18	7,88	8,61	9,38		
0,3	4,1	4,61	5,14	5,72	6,32	6,95	7,6	8,25		
0,5	3,85	4,31	4,8	5,32	5,87	6,44	7,04	7,66		
1	3,49	3,89	4,3	4,74	5,21	5,7	6,24	6,78		
3	2,88	3,16	3,46	3,78	4,12	4,48	4,86	5,27		
5	2,57	2,8	3,03	3,28	3,55	3,83	4,12	4,44		
10	2,11	2,26	2,41	2,56	2,71	2,86	3	3,13		
20	1,61	1,67	1,72	1,76	1,8	1,82	1,83	1,83		
25	1,43	1,46	1,48	1,49	1,49	1,48	1,46	1,43		
30	1,28	1,28	1,28	1,26	1,24	1,2	1,16	1,1		
40	1,03	0,994	0,952	0,901	0,84	0,766	0,692	0,622		
50	0,814	0,756	0,69	0,618	0,541	0,463	0,388	0,32		
60	0,627	0,553	0,475	0,398	0,324	0,253	0,193	0,142		
70	0,457	0,376	0,298	0,228	0,168	0,118	0,079	0,051		
75	0,377	0,297	0,223	0,161	0,111	0,072	0,045	0,027		
80	0,299	0,223	0,156	0,15	0,067	0,039	0,22	0,012		
90	0,148	0,092	0,053	0,028	0,014	0,006	0,003	0,001		
95	0,074	0,038	0,018	0,008	0,003	0,001	0,3 · 10 ⁻⁴	0,2 · 10 ⁻³		
97	0,045	0,02	0,008	0,003	0,001	0,3 · 10 ⁻³	0,8 · 10 ⁻³	0,3 · 10 ⁻⁴		
99	0,015	0,005	0,001	0,4 · 10 ⁻³	0,1 · 10 ⁻³	0,4 · 10 ⁻⁴	0,8 · 10 ⁻⁵	0,2 · 10 ⁻⁵		
99,5	0,008	0,002	0,5 · 10 ⁻³	0,1 · 10 ⁻³	0,1 · 10 ⁻⁴	0,9 · 10 ⁻⁵	0,6 · 10 ⁻⁶	0,2 · 10 ⁻⁶		
99,7	0,005	0,001	0,2 · 10 ⁻³	0,5 · 10 ⁻⁴	0,4 · 10 ⁻⁴	0,1 · 10 ⁻⁵	0,4 · 10 ⁻⁶	0,8 · 10 ⁻⁷		
99,9	0,001	0,3 · 10 ⁻³	0,4 · 10 ⁻⁴	0,6 · 10 ⁻⁵	0,1 · 10 ⁻⁵	0,2 · 10 ⁻⁶	0,3 · 10 ⁻⁷	0,2 · 10 ⁻⁸		

Таблица 18 (продолжение)

P %	C_v										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_S = 2 C_v$										
0,001	1	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,4	9,89	11,5
0,01	1	1,42	1,92	2,52	3,2	3,98	4,85	5,81	6,85	7,98	9,21
0,03	1	1,38	1,83	2,36	2,96	3,64	4,39	5,22	6,11	7,08	8,11
0,05	1	1,36	1,79	2,29	2,85	3,48	4,18	4,95	5,77	6,66	7,6
0,1	1	1,34	1,73	2,19	2,7	3,27	3,87	4,56	5,3	6,08	6,91
0,3	1	1,3	1,64	2,02	2,45	2,91	3,42	3,96	4,55	5,16	5,81
0,5	1	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,2	3,68	4,19	4,74	5,3
1	1	1,25	1,52	1,82	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,6
3	1	1,2	1,41	1,64	1,87	2,13	2,39	2,66	2,94	3,21	3,51
5	1	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3
10	1	1,13	1,26	1,4	1,54	1,67	1,8	1,94	2,06	2,19	2,3
20	1	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,5	1,54	1,58	1,61
25	1	1,06	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39
30	1	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,2
40	1	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,984	0,955	0,916
50	1	0,997	0,986	0,97	0,948	0,918	0,886	0,846	0,8	0,748	0,693
60	1	0,972	0,938	0,898	0,852	0,803	0,748	0,692	0,632	0,568	0,511
70	1	0,945	0,886	0,823	0,76	0,691	0,622	0,552	0,488	0,424	0,357
75	1	0,931	0,858	0,784	0,708	0,634	0,556	0,489	0,416	0,352	0,288
80	1	0,915	0,83	0,745	0,656	0,574	0,496	0,419	0,352	0,28	0,223
90	1	0,873	0,754	0,64	0,532	0,436	0,352	0,272	0,208	0,154	0,15
95	1	0,842	0,696	0,565	0,448	0,342	0,256	0,181	0,12	0,082	0,051
97	1	0,821	0,66	0,517	0,392	0,288	0,202	0,139	0,088	0,046	0,03
99	1	0,782	0,594	0,436	0,304	0,206	0,13	0,076	0,04	0,019	0,01
99,5	1	0,761	0,56	0,394	0,269	0,166	0,099	0,054	0,027	0,012	0,005
99,7	1	0,748	0,537	0,374	0,24	0,144	0,082	0,042	0,019	0,008	0,003
99,9	1	0,719	0,492	0,319	0,192	0,107	0,052	0,027	0,008	0,004	0,001

Таблица 18 (продолжение)

P %	C_v									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$C_S = 2C_v$										
0,001	13,2	15,1	17,2	19,3	21,6	23,9	26,2	28,6	31,3	34,4
0,01	10,5	11,8	13,2	14,7	16,4	18,2	20,2	22,2	24,4	26,6
0,03	9,2	10,3	11,6	12,9	14,3	15,6	17	18,5	20	21,4
0,05	8,61	9,65	10,8	11,9	13,1	14,2	15,5	16,7	18	19,4
0,1	7,75	8,65	9,6	10,6	11,6	12,5	13,5	14,6	15,8	17
0,3	6,47	7,1	7,98	8,7	9,5	10,5	11	11,9	12,7	13,6
0,5	5,9	6,5	7,13	7,8	8,42	9	9,5	10,1	10,8	11,4
1	5,05	5,53	6,02	6,55	7,08	7,5	8	8,6	9,2	9,8
3	3,8	4,12	4,42	4,71	4,98	5,2	5,5	5,8	6,2	6,5
5	3,22	3,4	3,6	3,8	3,96	4	4,3	4,5	4,7	5
10	2,4	2,5	2,57	2,64	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6
20	1,62	1,63	1,62	1,61	1,59	1,6	1,6	1,56	1,5	2,5
25	1,39	1,35	1,33	1,31	1,28	1,26	1,24	1,22	1,2	1,18
30	1,18	1,14	1,11	1,08	1,04	1,015	0,98	0,95	0,92	0,89
40	0,87	0,83	0,77	0,725	0,67	0,625	0,58	0,53	0,48	0,44
50	0,64	0,58	0,52	0,46	0,405	0,355	0,31	0,265	0,23	0,2
60	0,45	0,39	0,334	0,283	0,234	0,19	0,16	0,13	0,105	0,085
70	0,3	0,25	0,203	0,155	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05	0,045
75	0,241	0,193	0,146	0,106	0,077	0,06	0,05	0,04	0,03	0,025
80	0,175	0,13	0,094	0,065	0,046	0,035	0,027	0,02	0,015	0,01
90	0,074	0,049	0,03	0,016	0,009	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001
95	0,03	0,016	0,009	0,004	0,002	0,001	0,0002	8 10^{-5}	5 10^{-5}	2 10^{-5}
97	0,016	0,008	0,004	0,002	0,001	2 10^{-4}	8 10^{-5}	5 10^{-5}	2 10^{-5}	5 10^{-6}
99	0,005	0,002	0,001	2 10^{-4}	8 10^{-5}	5 10^{-5}	2 10^{-5}	1 10^{-5}	5 10^{-6}	1 10^{-6}
99,5	0,002	0,001	2 10^{-4}	5 10^{-5}	2 10^{-5}	5 10^{-6}	1 10^{-6}	0	0	0
99,7	0,001	3 10^{-4}	8 10^{-5}	2 10^{-5}	1 10^{-5}	1 10^{-6}	0	0	0	0
99,9	2 10^{-4}	4 10^{-5}	1 10^{-5}	5 10^{-6}	1 10^{-6}	0	0	0	0	0

Таблица 18 (продолжение)

P %	C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$C_S = 2,5 C_v$									
0,001	1,52	2,18	3,05	4,13	5,41	6,9	8,61	10,5	12,6	14,8
0,01	1,44	1,98	2,67	3,49	4,45	5,54	6,76	8,1	9,55	11,1
0,03	1,4	1,88	2,48	3,18	4	4,91	5,93	7,02	8,2	9,46
0,05	1,38	1,83	2,39	3,04	3,79	4,62	5,54	6,53	7,59	8,72
0,1	1,35	1,77	2,27	2,85	3,51	4,24	5,04	5,9	6,8	7,76
0,3	1,3	1,66	2,08	2,55	3,07	3,64	4,26	4,91	5,58	6,28
0,5	1,28	1,61	1,99	2,41	2,87	3,36	3,9	4,46	5,03	5,63
1	1,25	1,54	1,86	2,21	2,59	3	3,42	3,87	4,32	4,78
3	1,2	1,42	1,65	1,9	2,15	2,42	2,69	2,96	3,23	3,5
5	1,17	1,35	1,55	1,74	1,95	2,15	2,35	2,55	2,75	2,94
10	1,13	1,26	1,4	1,53	1,66	1,78	1,9	2,01	2,12	2,22
20	1,08	1,16	1,23	1,3	1,36	1,44	1,45	1,49	1,52	1,54
25	1,07	1,12	1,18	1,22	1,26	1,28	1,31	1,32	1,33	1,33
30	1,05	1,09	1,13	1,15	1,17	1,18	1,18	1,18	1,17	1,16
40	1,02	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01	0,989	0,962	0,93	0,895
50	0,997	0,984	0,964	0,938	0,906	0,87	0,83	0,787	0,742	0,695
60	0,972	0,935	0,893	0,847	0,797	0,745	0,692	0,639	0,586	0,533
70	0,945	0,885	0,822	0,758	0,693	0,629	0,567	0,506	0,449	0,395
75	0,931	0,858	0,785	0,712	0,64	0,571	0,505	0,443	0,385	0,332
80	0,915	0,83	0,745	0,663	0,585	0,512	0,444	0,381	0,324	0,272
90	0,875	0,757	0,648	0,549	0,459	0,381	0,31	0,25	0,198	0,155
95	0,843	0,702	0,576	0,467	0,373	0,293	0,227	0,172	0,128	0,093
97	0,823	0,667	0,533	0,42	0,325	0,247	0,184	0,134	0,095	0,065
99	0,784	0,606	0,459	0,341	0,248	0,175	0,12	0,08	0,052	0,032
99,5	0,765	0,574	0,422	0,303	0,212	0,143	0,094	0,059	0,036	0,02
99,7	0,752	0,558	0,398	0,278	0,189	0,123	0,078	0,047	0,028	0,015
99,9	0,727	0,513	0,353	0,235	0,151	0,093	0,055	0,03	0,016	0,008

Таблица 18 (продолжение)

Р%	C _{вып}					
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
C _г = 2,5 C _г						
0,001	17,2	19,9	22,6	25,6	28,7	32,1
0,01	12,8	14,6	16,4	18,4	20,4	22,5
0,03	10,8	12,2	13,7	15,2	16,8	18,5
0,05	9,92	11,2	12,5	13,8	15,2	16,7
0,1	8,76	9,81	10,9	12	13,2	14,4
0,3	7,02	7,78	8,56	9,36	10,2	11,1
0,5	6,25	6,89	7,54	8,2	8,88	9,56
1	5,26	5,73	6,22	6,71	7,2	7,7
3	3,77	4,04	4,3	4,56	4,81	5,06
5	3,13	3,31	3,48	3,65	3,81	3,96
10	2,31	2,39	2,46	2,53	2,59	2,64
20	1,55	1,56	1,56	1,55	1,54	1,52
25	1,32	1,31	1,29	1,27	1,24	1,21
30	1,14	1,11	1,08	1,05	1,01	0,972
40	0,857	0,816	0,773	0,729	0,684	0,638
50	0,648	0,6	0,552	0,505	0,459	0,415
60	0,482	0,432	0,385	0,34	0,298	0,259
70	0,344	0,297	0,254	0,215	0,18	0,149
75	0,283	0,238	0,199	0,164	0,133	0,107
80	0,226	0,185	0,149	0,119	0,094	0,072
90	0,118	0,089	0,066	0,047	0,033	0,023
95	0,066	0,046	0,03	0,02	0,012	0,008
97	0,044	0,028	0,018	0,011	0,006	0,003
99	0,019	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001
99,5	0,011	0,006	0,003	0,001	0,5 10 ⁻³	0,2 10 ⁻³
99,7	0,008	0,004	0,002	0,7 10 ⁻³	0,3 10 ⁻³	0,1 10 ⁻³
99,9	0,004	0,001	0,001	0,2 10 ⁻³	0,6 10 ⁻⁴	0,2 10 ⁻⁴

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _v			
	1,7	1,8	1,9	2
	C _s = 2,5 C _v			
0,001	35,8	39,7	43,9	48,4
0,01	24,7	27	29,3	31,9
0,03	20,2	22,1	24	26
0,05	18,2	19,8	21,5	23,2
0,1	15,7	17	18,4	19,8
0,3	12	13	14,1	15,2
0,5	10,3	11	11,8	12,6
1	8,2	8,71	9,22	9,74
3	5,3	5,54	5,78	6,01
5	4,1	4,26	4,39	4,52
10	2,69	2,73	2,76	2,79
20	1,5	1,47	1,44	1,41
25	1,17	1,14	1,1	1,05
30	0,931	0,888	0,843	0,797
40	0,592	0,545	0,497	0,447
50	0,373	0,332	0,295	0,259
60	0,224	0,191	0,162	0,136
70	0,122	0,099	0,079	0,062
75	0,085	0,066	0,051	0,039
80	0,055	0,041	0,03	0,022
90	0,015	0,01	0,006	0,004
95	0,004	0,002	0,001	0,001
97	0,002	0,001	4 10 ⁻⁴	2 10 ⁻⁴
99	3 10 ⁻⁴	1 10 ⁻⁴	4 10 ⁻⁵	2 10 ⁻⁵
99,5	0,8 10 ⁻⁴	0,3 10 ⁻⁴	0,1 10 ⁻⁴	0,3 10 ⁻⁵
99,7	0,4 10 ⁻⁵	0,1 10 ⁻⁴	0,3 10 ⁻⁵	0,1 10 ⁻⁵
99,9	0,6 10 ⁻⁵	0,1 10 ⁻⁵	0,4 10 ⁻⁶	0,9 10 ⁻⁷

Таблица 18 (продолжение)

P %	C_p										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$C_s = 3 C_p$											
0,001	1	1,54	2,29	3,32	4,63	6,24	8,14	10,3	12,7	15,4	18,2
0,01	1	1,46	2,05	2,83	3,8	4,94	6,26	7,7	9,3	11	12,8
0,03	1	1,41	1,93	2,59	3,42	4,35	5,39	6,58	7,85	9,19	10,6
0,05	1	1,39	1,88	2,49	3,24	4,09	5,04	6,08	7,21	8,4	9,65
0,1	1	1,36	1,81	2,35	3,01	3,74	4,56	5,44	6,38	7,37	8,41
0,3	1	1,31	1,69	2,12	2,65	3,21	3,82	4,48	5,17	5,88	6,61
0,5	1	1,28	1,63	2,03	2,48	2,97	3,5	4,06	4,64	5,24	5,84
1	1	1,25	1,55	1,9	2,26	2,66	3,07	3,5	3,96	4,41	4,87
3	1	1,2	1,42	1,66	1,91	2,17	2,43	2,69	2,95	3,21	3,47
5	1	1,17	1,36	1,55	1,75	1,95	2,14	2,34	2,52	2,7	2,88
10	1	1,13	1,26	1,4	1,52	1,65	1,76	1,87	1,97	2,06	2,15
20	1	1,08	1,16	1,23	1,29	1,34	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49
25	1	1,07	1,12	1,17	1,21	1,24	1,26	1,28	1,28	1,29	1,29
30	1	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,16	1,16	1,15	1,14	1,13
40	1	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	0,995	0,972	0,946	0,915	0,883
50	1	0,997	0,981	0,959	0,93	0,898	0,862	0,823	0,783	0,741	0,699
60	1	0,972	0,993	0,89	0,843	0,794	0,745	0,695	0,646	0,597	0,549
70	1	0,945	0,884	0,822	0,758	0,696	0,636	0,578	0,523	0,471	0,422
75	1	0,931	0,858	0,786	0,715	0,647	0,583	0,522	0,465	0,412	0,363
80	1	0,915	0,83	0,748	0,669	0,596	0,528	0,465	0,407	0,354	0,306
90	1	0,876	0,761	0,656	0,563	0,479	0,406	0,341	0,284	0,235	0,193
95	1	0,844	0,708	0,588	0,487	0,4	0,326	0,263	0,21	0,166	0,129
97	1	0,825	0,675	0,548	0,443	0,355	0,282	0,221	0,171	0,131	0,099
99	1	0,486	0,618	0,484	0,369	0,283	0,213	0,158	0,116	0,083	0,058
99,5	1	0,769	0,588	0,446	0,334	0,249	0,182	0,131	0,092	0,064	0,043
99,7	1	0,756	0,568	0,422	0,312	0,228	0,163	0,114	0,079	0,053	0,034
99,9	1	0,732	0,531	0,381	0,273	0,192	0,131	0,088	0,057	0,036	0,022

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _v									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	C _s =3,0C _v									
0,001	21,3	24,5	27,9	31,5	35,3	39,3	43,4	47,8	52,5	57,4
0,01	14,8	16,8	19	21,2	23,5	25,9	28,4	31	33,7	36,5
0,03	12,1	13,7	15,3	17	18,8	20,6	22,4	24,3	26,3	28,4
0,05	11	12,4	13,8	15,2	16,8	18,3	19,9	21,5	23,3	25,1
0,1	9,49	10,6	11,8	13	14,2	15,4	16,7	18	19,4	20,8
0,3	7,37	8,15	8,94	9,75	10,6	11,4	12,3	13,1	14	14,8
0,5	6,47	7,1	7,75	8,41	9,07	9,74	10,4	11,1	11,8	12,4
1	5,33	5,79	6,26	6,74	7,21	7,68	8,14	8,61	9,07	9,53
3	3,73	3,98	4,2	4,44	4,67	4,89	5,1	5,31	5,51	5,7
5	3,05	3,22	3,37	3,52	3,66	3,8	3,92	4,04	4,15	4,26
10	2,23	2,3	2,36	2,42	2,47	2,51	2,55	2,58	2,6	2,62
20	1,5	1,5	1,5	1,49	1,48	1,46	1,45	1,42	1,4	1,37
25	1,28	1,27	1,25	1,23	1,2	1,18	1,15	1,12	1,08	1,05
30	1,11	1,08	1,06	1,03	0,997	0,964	0,929	0,892	0,855	0,818
40	0,848	0,812	0,775	0,736	0,697	0,659	0,62	0,581	0,544	0,507
50	0,656	0,614	0,572	0,531	0,491	0,452	0,415	0,379	0,345	0,313
60	0,503	0,459	0,417	0,377	0,339	0,304	0,271	0,24	0,212	0,186
70	0,375	0,333	0,293	0,257	0,224	0,194	0,166	0,142	0,121	0,102
75	0,318	0,277	0,239	0,206	0,176	0,149	0,125	0,105	0,087	0,071
80	0,263	0,224	0,19	0,16	0,133	0,11	0,09	0,073	0,059	0,047
90	0,156	0,126	0,1	0,078	0,061	0,047	0,035	0,026	0,019	0,014
95	0,1	0,076	0,057	0,042	0,03	0,022	0,015	0,01	0,007	0,004
97	0,073	0,054	0,038	0,027	0,018	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002
99	0,04	0,027	0,017	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	0,001	4 10 ⁻⁴
99,5	0,028	0,018	0,011	0,006	0,004	0,002	0,001	6 10 ⁻⁴	3 10 ⁻⁴	1 10 ⁻⁴
99,7	0,022	0,014	0,008	0,004	0,002	0,001	6 10 ⁻⁴	3 10 ⁻⁴	1 10 ⁻⁴	6 10 ⁻⁵
99,9	0,013	0,007	0,004	0,002	0,001	4 10 ⁻⁴	2 10 ⁻⁴	8 10 ⁻⁵	3 10 ⁻⁵	1 10 ⁻⁵

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	C _s =3,5 C _v									
0,001	1,56	2,39	3,59	5,23	7,26	9,65	12,3	15,2	18,2	21,6
0,01	1,48	2,12	2,99	4,12	5,46	6,94	8,6	10,4	12,3	14,4
0,03	1,43	1,98	2,71	3,63	4,64	5,85	7,17	8,56	10	11,6
0,05	1,4	1,93	2,58	3,41	4,33	5,38	6,54	7,77	9,04	10,4
0,1	1,37	1,84	2,43	3,14	3,93	4,79	5,75	6,77	7,82	8,9
0,3	1,31	1,71	2,16	2,75	3,36	4	4,67	5,36	6,08	6,83
0,5	1,29	1,65	2,07	2,55	3,06	3,62	4,18	4,76	5,35	5,97
1	1,25	1,57	1,93	2,31	2,71	3,13	3,56	4	4,45	4,9
3	1,2	1,43	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,94	3,19	3,43
5	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,13	2,31	2,49	2,66	2,83
10	1,13	1,26	1,39	1,52	1,63	1,74	1,84	1,93	2,02	2,1
20	1,08	1,16	1,22	1,28	1,32	1,36	1,39	1,42	1,44	1,45
25	1,07	1,12	1,16	1,2	1,22	1,24	1,25	1,26	1,26	1,26
30	1,05	1,08	1,11	1,13	1,14	1,14	1,14	1,13	1,12	1,11
40	1,02	1,03	1,03	1,02	1	0,984	0,96	0,935	0,907	0,877
50	0,997	0,978	0,954	0,925	0,892	0,856	0,819	0,781	0,742	0,703
60	0,972	0,931	0,887	0,841	0,793	0,745	0,698	0,652	0,606	0,562
70	0,945	0,883	0,821	0,76	0,7	0,643	0,588	0,537	0,488	0,442
75	0,931	0,858	0,787	0,719	0,654	0,593	0,536	0,482	0,432	0,386
80	0,915	0,831	0,751	0,676	0,606	0,541	0,482	0,427	0,377	0,332
90	0,877	0,764	0,664	0,576	0,496	0,427	0,366	0,311	0,263	0,221
95	0,84	0,713	0,6	0,504	0,422	0,351	0,29	0,239	0,195	0,158
97	0,827	0,683	0,563	0,463	0,38	0,309	0,249	0,201	0,16	0,126
99	0,788	0,629	0,499	0,396	0,312	0,244	0,186	0,145	0,11	0,082
99,5	0,773	0,601	0,467	0,362	0,28	0,214	0,16	0,121	0,089	0,064
99,7	0,759	0,582	0,446	0,341	0,26	0,196	0,146	0,106	0,077	0,054
99,9	0,737	0,548	0,408	0,303	0,224	0,165	0,118	0,083	0,057	0,039

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _p									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
C ₈ =3,5 C _p										
0,001	25,1	28,9	32,8	36,9	41,2	45,7	50,3	55,1	60,1	65,4
0,01	16,5	18,8	21,1	23,5	26	28,6	31,3	34	36,8	39,9
0,03	13,2	14,8	16,6	18,4	20,2	22,1	24,1	26,1	28,1	30,2
0,05	11,8	13,2	14,7	16,3	17,8	19,4	21,1	22,8	24,5	26,2
0,1	10	11,2	12,4	13,6	14,9	16,1	17,4	18,8	20,1	21,4
0,3	7,59	8,37	9,17	9,97	10,8	11,6	12,4	13,3	14,1	15
0,5	6,59	7,22	7,86	8,5	9,14	9,79	10,4	11,1	11,8	12,4
1	5,36	5,8	6,26	6,71	7,16	7,61	8,05	8,49	8,92	9,36
3	3,67	3,9	4,12	4,34	4,55	4,75	4,95	5,14	5,32	5,5
5	2,98	3,14	3,28	3,42	3,55	3,67	3,78	3,89	3,99	4,08
10	2,17	2,23	2,29	2,34	2,38	2,42	2,46	2,48	2,51	2,52
20	1,46	1,46	1,46	1,45	1,44	1,43	1,41	1,39	1,37	1,35
25	1,25	1,24	1,22	1,21	1,18	1,16	1,14	1,11	1,08	1,05
30	1,09	1,07	1,04	1,02	0,989	0,96	0,929	0,897	0,864	0,831
40	0,845	0,812	0,777	0,743	0,708	0,673	0,638	0,604	0,57	0,537
50	0,664	0,625	0,587	0,549	0,513	0,477	0,443	0,41	0,379	0,35
60	0,52	0,479	0,44	0,403	0,368	0,335	0,303	0,274	0,247	0,222
70	0,398	0,358	0,321	0,286	0,254	0,225	0,199	0,175	0,153	0,134
75	0,343	0,304	0,268	0,236	0,206	0,18	0,156	0,135	0,116	0,099
80	0,29	0,253	0,219	0,189	0,163	0,139	0,118	0,1	0,084	0,07
90	0,185	0,154	0,127	0,104	0,085	0,069	0,055	0,044	0,035	0,027
95	0,127	0,101	0,08	0,062	0,048	0,037	0,028	0,021	0,016	0,011
97	0,098	0,076	0,058	0,044	0,033	0,024	0,018	0,013	0,009	0,006
99	0,061	0,044	0,032	0,022	0,016	0,011	0,007	0,005	0,003	0,002
99,5	0,046	0,032	0,022	0,015	0,01	0,006	0,004	0,003	0,002	0,001
99,7	0,038	0,026	0,017	0,011	0,007	0,004	0,003	0,002	0,001	0,5 10 ⁻³
99,9	0,026	0,016	0,01	0,006	0,004	0,002	0,001	0,001	0,3 10 ⁻³	0,2 10 ⁻³

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _y										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
C _S = 4C _y											
0,001	0	1,59	2,49	3,9	5,8	8,5	10,9	13,9	17,2	20,8	24,6
0,01	0	1,5	2,18	3,17	4,43	5,91	7,58	9,41	11,4	13,4	15,5
0,03	0	1,44	2,04	2,86	3,86	5,02	6,3	7,67	9,14	10,7	12,3
0,05	0	1,41	1,97	2,72	3,61	4,63	5,76	6,96	8,22	9,56	11
0,1	0	1,38	1,88	2,53	3,29	4,15	5,07	6,05	7,08	8,15	9,26
0,3	0	1,32	1,74	2,24	2,82	3,44	4,09	4,79	5,5	6,22	6,96
0,5	0	1,29	1,67	2,12	2,61	3,13	3,68	4,26	4,85	5,43	6,03
1	0	1,25	1,58	1,94	2,31	2,75	3,17	3,59	4,03	4,47	4,91
3	0	1,2	1,44	1,68	1,93	2,18	2,43	2,68	2,92	3,16	3,39
5	0	1,17	1,36	1,56	1,75	1,94	2,12	2,29	2,46	2,62	2,78
10	0	1,13	1,26	1,39	1,51	1,62	1,72	1,81	1,9	1,98	2,05
20	0	1,08	1,15	1,22	1,27	1,31	1,34	1,37	1,4	1,41	1,42
25	0	1,07	1,12	1,16	1,19	1,21	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24
30	0	1,05	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11	1,1
40	0	1,02	1,02	1,02	1,01	0,996	0,976	0,954	0,929	0,902	0,873
50	0	0,997	0,976	0,95	0,92	0,888	0,853	0,818	0,781	0,744	0,707
60	0	0,972	0,929	0,885	0,839	0,793	0,747	0,702	0,658	0,614	0,572
70	0	0,945	0,883	0,821	0,761	0,704	0,649	0,597	0,548	0,501	0,457
75	0	0,931	0,858	0,788	0,722	0,66	0,601	0,546	0,495	0,448	0,403
80	0	0,915	0,832	0,754	0,681	0,614	0,553	0,496	0,443	0,395	0,351
90	0	0,877	0,767	0,671	0,586	0,511	0,444	0,384	0,331	0,284	0,243
95	0	0,846	0,719	0,611	0,519	0,44	0,372	0,312	0,261	0,217	0,18
97	0	0,829	0,69	0,576	0,481	0,4	0,332	0,274	0,224	0,182	0,147
99	0	0,79	0,638	0,516	0,417	0,336	0,269	0,214	0,168	0,132	0,102
99,5	0	0,776	0,612	0,485	0,386	0,035	0,239	0,186	0,144	0,11	0,083
99,7	0	0,762	0,594	0,466	0,366	0,286	0,221	0,17	0,129	0,097	0,072
99,9	0	0,742	0,561	0,43	0,331	0,252	0,189	0,141	0,104	0,075	0,054

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _p									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	C _p = 4 C _p									
0,001	28,6	32,8	37,2	41,8	46,6	51,5	56,6	61,8	67,2	72,8
0,01	17,9	20,3	22,8	25,4	28	30,8	33,6	36,5	39,4	42,4
0,03	14	15,8	17,6	19,4	21,3	23,3	25,3	27,3	29,4	31,5
0,05	12,4	13,9	15,4	17	18,6	20,3	21,9	23,7	25,4	27,2
0,1	10,4	11,6	12,8	14	15,3	16,6	17,9	19,2	20,6	21,9
0,3	7,73	8,53	9,31	10,1	10,9	11,7	12,5	13,3	14,2	15
0,5	6,65	7,29	7,91	8,53	9,16	9,79	10,4	11	11,7	12,3
1	5,34	5,79	6,22	6,66	7,09	7,52	7,95	8,37	8,78	9,19
3	3,62	3,83	4,04	4,25	4,45	4,64	4,83	5,01	5,18	5,34
5	2,93	3,07	3,21	3,34	3,46	3,57	3,68	3,78	3,87	3,96
10	2,12	2,18	2,24	2,28	2,32	2,36	2,39	2,42	2,44	2,45
20	1,43	1,44	1,43	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,36	1,33
25	1,23	1,22	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,1	1,08	1,05
30	1,08	1,06	1,04	1,01	0,985	0,958	0,929	0,9	0,871	0,841
40	0,843	0,812	0,781	0,748	0,716	0,684	0,652	0,62	0,588	0,558
50	0,67	0,634	0,598	0,562	0,529	0,495	0,464	0,433	0,403	0,375
60	0,532	0,494	0,457	0,421	0,388	0,356	0,327	0,299	0,273	0,249
70	0,416	0,377	0,341	0,308	0,277	0,248	0,223	0,199	0,177	0,157
75	0,362	0,325	0,29	0,258	0,23	0,203	0,179	0,158	0,139	0,121
80	0,311	0,274	0,242	0,212	0,185	0,162	0,14	0,122	0,105	0,09
90	0,207	0,176	0,148	0,125	0,104	0,087	0,072	0,06	0,049	0,04
95	0,148	0,121	0,098	0,08	0,064	0,051	0,041	0,032	0,025	0,019
97	0,119	0,095	0,075	0,059	0,046	0,036	0,028	0,021	0,016	0,012
99	0,078	0,06	0,045	0,034	0,025	0,018	0,013	0,009	0,006	0,004
99,5	0,062	0,046	0,034	0,024	0,017	0,012	0,008	0,006	0,004	0,003
99,7	0,053	0,038	0,027	0,019	0,013	0,009	0,006	0,004	0,003	0,002
99,9	0,038	0,026	0,018	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
C _s = 4,5 C _v										
0,01	1,48	2,26	3,53	4,74	6,36	8,15	10,1	12,2	14,4	16,7
0,03	1,44	2,09	2,98	4,07	5,3	6,65	8,09	9,62	11,2	12,9
0,05	1,41	2,02	2,82	3,78	4,86	6,03	7,27	8,58	9,95	11,4
0,1	1,38	1,92	2,61	3,41	4,3	5,25	6,26	7,31	8,4	9,53
0,3	1,33	1,76	2,29	2,88	3,52	4,18	4,87	5,58	6,31	7,06
0,5	1,3	1,69	2,15	2,66	3,19	3,74	4,31	4,89	5,48	6,08
1	1,27	1,59	1,97	2,36	2,77	3,19	3,61	4,04	4,47	4,9
3	1,21	1,44	1,69	1,93	2,18	2,42	2,66	2,9	3,12	3,35
5	1,18	1,37	1,56	1,75	1,93	2,1	2,27	2,44	2,59	2,74
10	1,13	1,26	1,39	1,5	1,6	1,7	1,79	1,88	1,95	2,02
20	1,08	1,15	1,21	1,26	1,3	1,33	1,36	1,38	1,4	1,41
25	1,06	1,11	1,15	1,18	1,2	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23
30	1,05	1,08	1,1	1,11	1,12	1,12	1,12	1,11	1,1	1,09
40	1,02	1,02	1,02	1,01	0,989	0,97	0,949	0,925	0,899	0,871
50	0,993	0,974	0,947	0,917	0,885	0,851	0,817	0,782	0,746	0,711
60	0,968	0,928	0,883	0,838	0,793	0,749	0,705	0,663	0,621	0,581
70	0,943	0,882	0,822	0,763	0,708	0,655	0,605	0,557	0,512	0,469
75	0,93	0,858	0,79	0,726	0,666	0,609	0,556	0,506	0,46	0,417
80	0,915	0,833	0,757	0,687	0,622	0,562	0,507	0,456	0,409	0,366
90	0,878	0,771	0,677	0,596	0,523	0,458	0,399	0,347	0,301	0,26
95	0,848	0,724	0,62	0,532	0,455	0,388	0,33	0,279	0,235	0,197
97	0,831	0,696	0,587	0,495	0,417	0,35	0,292	0,242	0,2	0,165
99	0,798	0,648	0,53	0,435	0,355	0,289	0,233	0,187	0,149	0,118
99,5	0,781	0,622	0,502	0,405	0,326	0,26	0,206	0,162	0,127	0,098
99,7	0,769	0,606	0,483	0,386	0,307	0,242	0,19	0,147	0,113	0,086
99,9	0,746	0,575	0,449	0,352	0,274	0,211	0,161	0,122	0,091	0,067

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _y									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
C _S = 4,5 C _y										
0,01	19,1	21,8	24,3	26,9	29,6	32,5	35,4	38,4	41,4	44,5
0,03	14,6	16,5	18,4	20,3	22,2	24,2	26,2	28,3	30,4	32,6
0,05	12,8	14,4	16	17,6	19,2	20,9	22,5	24,3	26	27,8
0,1	10,7	11,9	13,1	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8	22,2
0,3	7,82	8,6	9,31	10,2	10,9	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9
0,5	6,68	7,3	7,88	8,53	9,14	9,76	10,4	11	11,6	12,2
1	5,33	5,75	6,17	6,61	7,03	7,44	7,85	8,26	8,66	9,05
3	3,57	3,77	3,98	4,18	4,37	4,55	4,73	4,9	5,06	5,22
5	2,89	3,01	3,15	3,27	3,39	3,5	3,6	3,69	3,78	3,86
10	2,09	2,14	2,19	2,24	2,28	2,31	2,34	2,37	2,39	2,4
20	1,41	1,14	1,41	1,41	1,4	1,39	1,38	1,36	1,34	1,32
25	1,22	1,21	1,2	1,18	1,16	1,14	1,12	1,1	1,07	1,05
30	1,07	1,05	1,03	1,01	0,982	0,957	0,93	0,903	0,876	0,848
40	0,843	0,814	0,783	0,753	0,722	0,692	0,662	0,632	0,602	0,573
50	0,676	0,642	0,607	0,573	0,541	0,509	0,479	0,449	0,421	0,394
60	0,542	0,507	0,47	0,436	0,404	0,373	0,345	0,318	0,292	0,269
70	0,429	0,394	0,357	0,324	0,294	0,267	0,241	0,218	0,196	0,176
75	0,377	0,343	0,306	0,275	0,247	0,221	0,197	0,176	0,156	0,139
80	0,327	0,294	0,258	0,229	0,203	0,179	0,158	0,138	0,121	0,106
90	0,224	0,195	0,165	0,141	0,12	0,102	0,086	0,073	0,061	0,051
95	0,165	0,14	0,114	0,094	0,077	0,063	0,052	0,042	0,034	0,027
97	0,135	0,113	0,089	0,072	0,058	0,046	0,037	0,029	0,023	0,018
99	0,093	0,075	0,056	0,043	0,033	0,025	0,019	0,014	0,011	0,008
99,5	0,075	0,06	0,044	0,033	0,024	0,018	0,013	0,01	0,007	0,005
99,7	0,065	0,051	0,036	0,027	0,02	0,014	0,01	0,007	0,005	0,003
99,9	0,049	0,038	0,025	0,018	0,013	0,009	0,006	0,004	0,003	0,002

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
C _s = 5 C _v										
0,001	1,67	2,75	4,38	6,87	9,9	13,35	17,05	21,15	25,3	
0,01	1,54	2,34	3,43	4,91	6,65	8,7	10,7	12,71	15,05	17,5
0,03	1,47	2,15	3,07	4,23	5,5	6,95	8,43	9,96	11,6	13,4
0,05	1,43	2,06	2,87	3,9	5,05	6,24	7,51	8,82	10,25	11,7
0,1	1,4	1,95	2,66	3,51	4,44	5,4	6,43	7,54	8,64	9,73
0,3	1,34	1,78	2,31	2,92	3,52	4,22	4,91	5,69	6,41	7,12
0,5	1,31	1,7	2,16	2,69	3,21	3,77	4,34	4,93	5,52	6,1
1	1,27	1,61	1,98	2,38	2,79	3,21	3,65	4,06	4,5	4,89
3	1,2	1,44	1,67	1,93	2,17	2,42	2,62	2,88	3,1	3,32
5	1,17	1,36	1,55	1,74	1,9	2,08	2,22	2,41	2,54	2,71
10	1,13	1,26	1,37	1,49	1,6	1,7	1,79	1,86	1,94	2
20	1,08	1,15	1,21	1,25	1,3	1,32	1,34	1,36	1,36	1,39
25	1,06	1,11	1,15	1,17	1,2	1,2	1,2	1,22	1,22	1,12
30	1,05	1,08	1,09	1,1	1,1	1,11	1,1	1,1	1,09	1,08
40	1,02	1,02	1,01	1	0,98	0,97	0,94	0,92	0,9	0,87
50	0,99	0,97	0,94	0,92	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	0,714
60	0,97	0,93	0,88	0,84	0,79	0,75	0,71	0,67	0,63	0,588
70	0,94	0,88	0,82	0,77	0,71	0,66	0,61	0,56	0,52	0,479
75	0,93	0,86	0,79	0,73	0,67	0,62	0,56	0,51	0,47	0,428
80	0,91	0,83	0,75	0,69	0,63	0,57	0,52	0,47	0,42	0,378
90	0,88	0,77	0,68	0,61	0,53	0,47	0,41	0,36	0,32	0,274
95	0,84	0,73	0,63	0,55	0,47	0,4	0,34	0,29	0,25	0,211
97	0,82	0,7	0,6	0,51	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,178
99	0,78	0,66	0,55	0,45	0,37	0,31	0,25	0,2	0,16	0,131
99,5	0,76	0,63	0,52	0,42	0,34	0,28	0,23	0,18	0,14	0,11
99,7	0,75	0,62	0,51	0,41	0,32	0,26	0,21	0,16	0,12	0,098
99,9	0,73	0,59	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14	0,1	0,078

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _y									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	C _s = 5 C _y									
0,001	20	22,6	25,4	28,3	31,2	34,1	37,1	40,1	43,2	46,3
0,01	15,1	17	18,8	20,9	22,8	24,8	26,9	29	31,1	33,3
0,03	13,2	14,7	16,3	18	19,6	21,3	23	24,7	26,5	28,3
0,05	10,9	12,1	13,3	14,6	15,8	17,1	18,4	19,7	21	22,4
0,1	7,87	8,63	9,4	10,2	11	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9
0,3	6,7	7,3	7,9	8,5	9,12	9,71	10,3	10,9	11,6	12,1
0,5	5,31	5,73	6,14	6,54	6,97	7,37	7,77	8,16	8,54	8,92
1	3,53	3,73	3,93	4,1	4,3	4,48	4,65	4,81	4,97	5,12
3	2,85	2,98	3,1	3,21	3,33	3,44	3,53	3,62	3,71	3,79
5	2,06	2,11	2,16	2,2	2,24	2,28	2,31	2,33	2,35	2,36
10	1,4	1,4	1,4	1,39	1,39	1,38	1,37	1,35	1,33	1,32
20	1,21	1,2	1,19	1,17	1,16	1,14	1,12	1,1	1,07	1,05
25	1,06	1,04	1,03	1	0,981	0,957	0,932	0,906	0,88	0,854
30	0,843	0,815	0,786	0,758	0,728	0,699	0,67	0,641	0,613	0,586
40	0,68	0,647	0,614	0,584	0,551	0,52	0,491	0,463	0,435	0,409
50	0,55	0,514	0,48	0,45	0,416	0,387	0,359	0,323	0,308	0,284
60	0,44	0,403	0,369	0,341	0,303	0,281	0,256	0,232	0,211	0,191
70	0,389	0,353	0,319	0,292	0,261	0,235	0,212	0,19	0,171	0,153
75	0,339	0,304	0,272	0,246	0,217	0,193	0,171	0,152	0,135	0,119
80	0,238	0,206	0,178	0,157	0,133	0,114	0,098	0,084	0,071	0,061
90	0,178	0,15	0,126	0,109	0,088	0,073	0,061	0,05	0,042	0,034
95	0,148	0,122	0,101	0,085	0,068	0,055	0,045	0,036	0,029	0,023
97	0,105	0,083	0,066	0,054	0,041	0,032	0,025	0,019	0,015	0,011
99	0,087	0,067	0,052	0,042	0,031	0,023	0,018	0,013	0,01	0,007
99,5	0,076	0,058	0,044	0,035	0,025	0,019	0,014	0,01	0,008	0,006
99,7	0,059	0,044	0,032	0,025	0,017	0,012	0,009	0,006	0,004	0,003
99,9										

Таблица 18 (продолжение)

Р %	C _γ									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
C _δ = 5,5 C _γ										
0,01	1,52	2,41	3,7	5,3	7,12	9,1	11,2	13,4	15,8	18,2
0,03	1,46	2,2	3,22	4,43	5,77	7,21	8,72	10,3	12	13,7
0,05	1,43	2,11	3,01	4,07	5,22	6,45	7,74	9,1	10,5	12
0,1	1,4	1,99	2,75	3,62	4,55	5,54	6,56	7,63	8,73	9,87
0,3	1,34	1,81	2,37	2,99	3,64	4,31	4,99	5,7	6,42	7,15
0,5	1,31	1,73	2,21	2,73	3,26	3,81	4,37	4,94	5,52	6,11
1	1,27	1,62	2	2,4	2,81	3,21	3,63	4,04	4,46	4,87
3	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17	2,4	2,63	2,86	3,08	3,29
5	1,18	1,37	1,56	1,74	1,91	2,08	2,24	2,39	2,54	2,68
10	1,13	1,26	1,38	1,48	1,58	1,68	1,76	1,84	1,91	1,98
20	1,08	1,15	1,2	1,24	1,28	1,31	1,33	1,36	1,37	1,38
25	1,06	1,11	1,14	1,16	1,18	1,2	1,21	1,21	1,21	1,21
30	1,04	1,07	1,09	1,1	1,1	1,11	1,1	1,1	1,09	1,07
40	1,02	1,02	1,01	0,997	0,981	0,963	0,942	0,92	0,896	0,87
50	0,991	0,97	0,942	0,912	0,881	0,85	0,817	0,784	0,751	0,717
60	0,967	0,925	0,882	0,838	0,795	0,753	0,711	0,671	0,632	0,594
70	0,943	0,882	0,823	0,768	0,715	0,664	0,616	0,57	0,527	0,486
75	0,929	0,859	0,794	0,732	0,675	0,621	0,57	0,522	0,478	0,436
80	0,915	0,835	0,762	0,696	0,634	0,577	0,523	0,474	0,429	0,387
90	0,88	0,777	0,689	0,612	0,542	0,479	0,422	0,37	0,325	0,284
95	0,852	0,734	0,637	0,553	0,479	0,413	0,355	0,304	0,26	0,222
97	0,835	0,708	0,606	0,52	0,444	0,377	0,319	0,269	0,226	0,19
99	0,804	0,664	0,555	0,464	0,386	0,319	0,262	0,214	0,175	0,142
99,5	0,788	0,641	0,529	0,437	0,358	0,291	0,236	0,189	0,152	0,121
99,7	0,777	0,626	0,513	0,419	0,34	0,274	0,219	0,174	0,138	0,108
99,9	0,757	0,599	0,482	0,388	0,309	0,244	0,191	0,148	0,114	0,088

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _r									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	C ₃ = 5,5 C _r									
0,01	20,8	23,4	26,1	29	31,9	34,9	38	41,2	44,4	47,6
0,03	15,5	17,4	19,3	21,2	23,2	25,2	27,3	29,4	31,6	33,8
0,05	13,5	15	16,6	18,2	19,9	21,6	23,3	25	26,8	28,6
0,1	11	12,2	13,4	14,7	16	17,3	18,6	19,9	21,2	22,5
0,3	7,9	8,66	9,42	10,2	11	11,7	12,5	13,3	14	14,8
0,5	6,7	7,29	7,89	8,48	9,07	9,65	10,2	10,8	11,4	12
1	5,28	5,7	6,1	6,51	6,91	7,31	7,68	8,07	8,44	8,81
3	3,49	3,69	3,88	4,07	4,25	4,44	4,58	4,74	4,89	5,04
5	2,82	2,95	3,07	3,18	3,29	3,4	3,48	3,57	3,65	3,73
10	2,04	2,09	2,14	2,18	2,22	2,26	2,28	2,3	2,32	2,33
20	1,39	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	1,31
25	1,2	1,19	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05
30	1,06	1,04	1,02	1	0,98	0,957	0,933	0,909	0,884	0,859
40	0,844	0,816	0,789	0,761	0,732	0,703	0,677	0,649	0,622	0,596
50	0,684	0,652	0,62	0,589	0,558	0,526	0,501	0,473	0,447	0,422
60	0,557	0,522	0,488	0,456	0,426	0,394	0,37	0,344	0,32	0,297
70	0,448	0,412	0,379	0,348	0,319	0,289	0,267	0,244	0,223	0,204
75	0,398	0,362	0,33	0,3	0,272	0,243	0,223	0,202	0,183	0,165
80	0,349	0,314	0,283	0,254	0,228	0,2	0,183	0,163	0,146	0,13
90	0,249	0,217	0,189	0,164	0,143	0,121	0,107	0,093	0,08	0,069
95	0,189	0,161	0,136	0,115	0,097	0,079	0,069	0,058	0,049	0,041
97	0,159	0,132	0,11	0,092	0,076	0,06	0,052	0,043	0,035	0,029
99	0,115	0,092	0,074	0,06	0,047	0,036	0,03	0,024	0,019	0,015
99,5	0,096	0,076	0,06	0,047	0,036	0,027	0,022	0,017	0,013	0,01
99,7	0,085	0,066	0,051	0,04	0,03	0,022	0,018	0,014	0,01	0,008
99,9	0,067	0,051	0,038	0,029	0,021	0,015	0,012	0,009	0,006	0,004

Таблица 18 (продолжение)

P %	C _v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
C _S = 6 C _v										
0,001	1,8	3,02	5,2	8,1	11,5	15,3	19,3	23,8	28	
0,01	1,6	2,48	3,75	5,48	7,3	9,39	11,5	13,8	16,4	18,8
0,03	1,52	2,25	3,25	4,54	5,9	7,37	8,9	10,53	12,3	14
0,05	1,47	2,15	3,05	4,15	5,25	6,57	7,85	9,26	10,7	12,2
0,1	1,41	2,02	2,8	3,68	4,58	5,54	6,57	7,63	8,79	9,97
0,3	1,35	1,83	2,38	2,98	3,64	4,31	5	5,66	6,38	7,18
0,5	1,32	1,74	2,22	2,73	3,26	3,82	4,38	4,93	5,51	6,11
1	1,29	1,63	2,01	2,4	2,81	3,22	3,63	4,03	4,44	4,85
3	1,21	1,45	1,68	1,92	2,14	2,38	2,6	2,82	3,04	3,26
5	1,18	1,37	1,55	1,73	1,89	2,05	2,2	2,36	2,51	2,66
10	1,14	1,26	1,37	1,47	1,56	1,66	1,73	1,82	1,9	1,96
20	1,08	1,14	1,19	1,23	1,27	1,3	1,32	1,34	1,36	1,37
25	1,07	1,1	1,13	1,16	1,18	1,19	1,2	1,21	1,2	1,2
30	1,04	1,07	1,08	1,1	1,1	1,1	1,1	1,09	1,08	1,07
40	1,02	1,02	1,01	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,87
50	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,75	0,72
60	0,96	0,92	0,88	0,84	0,8	0,76	0,72	0,68	0,64	0,598
70	0,94	0,88	0,83	0,77	0,72	0,67	0,63	0,58	0,54	0,493
75	0,93	0,86	0,8	0,74	0,68	0,63	0,58	0,53	0,49	0,443
80	0,91	0,84	0,77	0,7	0,64	0,58	0,53	0,48	0,44	0,395
90	0,88	0,78	0,7	0,62	0,55	0,49	0,43	0,38	0,33	0,293
95	0,85	0,74	0,65	0,56	0,49	0,43	0,37	0,32	0,27	0,231
97	0,83	0,72	0,62	0,53	0,46	0,39	0,33	0,28	0,24	0,199
99	0,8	0,67	0,57	0,48	0,4	0,33	0,28	0,23	0,19	0,151
99,5	0,78	0,65	0,55	0,45	0,37	0,31	0,25	0,2	0,17	0,129
99,7	0,76	0,64	0,53	0,43	0,36	0,29	0,24	0,19	0,15	0,117
99,9	0,75	0,61	0,5	0,4	0,33	0,26	0,21	0,16	0,12	0,096

Таблица 18 (окончание)

P %	C _v									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
C ₃ = 6 C _v										
0,001										
0,01	21,4	24	26,8	29,6	32,6	35,7	39,1	41,9	45,1	48,4
0,03	15,8	17,7	19,6	21,6	23,6	25,6	27,8	29,8	32	34,2
0,05	13,7	15,2	16,8	18,4	20,1	21,8	23,6	25,2	27	28,8
0,1	11,1	12,3	13,6	14,8	16	17,3	18,6	19,9	21,2	22,5
0,3	7,92	8,67	9,42	10,2	10,9	11,7	12,5	13	14	14,7
0,5	6,69	7,28	7,86	8,45	9,04	9,61	10,2	10,7	11,3	11,9
1	5,26	5,67	6,07	6,46	6,85	7,24	7,59	7,96	8,35	8,71
3	3,46	3,66	3,85	4,03	4,2	4,37	4,51	4,68	4,83	4,97
5	2,79	2,92	3,04	3,15	3,25	3,35	3,43	3,53	3,6	3,68
10	2,02	2,07	2,12	2,16	2,2	2,23	2,25	2,28	2,29	2,31
20	1,38	1,38	1,38	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,32	1,31
25	1,2	1,19	1,18	1,16	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05
30	1,06	1,04	1,02	1	0,973	0,957	0,935	0,91	0,887	0,863
40	0,844	0,818	0,791	0,764	0,736	0,703	0,684	0,655	0,63	0,604
50	0,688	0,656	0,625	0,594	0,565	0,536	0,511	0,481	0,456	0,432
60	0,562	0,528	0,495	0,464	0,434	0,406	0,382	0,353	0,33	0,308
70	0,455	0,42	0,387	0,357	0,328	0,302	0,28	0,253	0,233	0,214
75	0,406	0,371	0,338	0,309	0,281	0,256	0,236	0,211	0,192	0,175
80	0,357	0,323	0,291	0,263	0,237	0,213	0,195	0,172	0,155	0,139
90	0,257	0,226	0,198	0,173	0,152	0,132	0,118	0,1	0,088	0,076
95	0,198	0,169	0,145	0,123	0,105	0,089	0,078	0,064	0,055	0,046
97	0,167	0,141	0,118	0,099	0,083	0,069	0,06	0,048	0,04	0,033
99	0,123	0,1	0,081	0,066	0,053	0,043	0,036	0,027	0,022	0,018
99,5	0,104	0,083	0,066	0,053	0,042	0,033	0,027	0,02	0,016	0,012
99,7	0,092	0,073	0,057	0,045	0,035	0,027	0,022	0,016	0,013	0,01
99,9	0,074	0,057	0,044	0,033	0,025	0,019	0,015	0,011	0,008	0,006

Площадь под кривой стандартного нормального распределения (накопленная вероятность P),
 где z – ордината стандартизованного нормального распределения ($\mu = 0, \sigma = 1$),
 $-z = f(P)$ при $P < 0,5$ и $z = f(1 - P)$ при $P \geq 0,5$ и $P = m/(n + 1)$

z	z									
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143

Окончание табл. 19										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010

Оглавление

Введение	3
Тема 1. «Климатическая обработка многолетних рядов наблюдений»	5
Лабораторная работа № 1 «Оценка однородности и стационарности»	7
1.1. Теоретические положения	7
1.2. Последовательность расчета	14
1.3. Пример расчета и оформления результатов	16
1.4. Вопросы для самопроверки	23
Лабораторная работа № 2 «Восстановление пропусков наблюдений и приведение непродолжительных рядов наблюдений к многолетнему периоду»	24
2.1. Теоретические положения	24
2.2. Последовательность расчета	27
2.3. Общие рекомендации по подготовке и обработке данных в электронных Таблицах Microsoft Excel	28
2.4. Пример расчета и оформления результатов	33
2.5. Практическое приложение по восстановлению многолетних рядов температуры воздуха на ЕТР	37
2.6. Вопросы для самопроверки	40
Лабораторная работа № 3 «Расчет параметров и квантилей распределений»	41
3.1. Теоретические положения	41
3.2. Последовательность расчета	44
3.3. Пример расчета и оформления результатов	45
3.4. Вопросы для самопроверки	50
Литература	50
Тема 2. «Факторы формирования климата»	51
Лабораторная работа № 4 «Теоретическое распределение солнечной радиации на верхней границе атмосферы»	51
4.1. Теория расчета солнечной энергии, поступающей на верхнюю границу	51
4.2. Последовательность расчета	62
4.3. Пример расчета	64
4.4. Задания	65
4.5. Вопросы для самопроверки	65
Литература	66
Тема 3. «Пространственные распределения климатических характеристик»	67
Лабораторная работа № 5 «Пространственное моделирование климатических данных»	67
5.1. Теоретические положения	67
5.2. Исходный материал для выполнения работы	72
5.3. Последовательность выполнения работы	73
5.4. Задания для выполнения	84
5.5. Вопросы для самопроверки	85
Литература	85

Приложения. Таблицы статистик критериев	86
Таблица 1. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D1_N$)	86
Таблица 2. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D1_1$)	88
Таблица 3. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D2_N$)	90
Таблица 4. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D2_1$)	91
Таблица 5. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D3_N$)	93
Таблица 6. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D3_1$)	94
Таблица 7. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D4_N$)	96
Таблица 8. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D4_1$)	97
Таблица 9. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D5_N$)	99
Таблица 10. α %-ные критические значения статистики Диксона ($D5_1$)	100
Таблица 11. α %-ные критические значения статистики Смирнова–Граббса (G_N)	102
Таблица 12. α %-ные критические значения статистики Смирнова–Граббса (G_1)	103
Таблица 13. Критические значения статистики Фишера (F^*) в зависимости от уровня значимости $\alpha(\%)$, коэффициентов внутрирядной [$r(1)$] и межрядной корреляции (R) при равных объемах двух выборок ($n_x = n_y$) .	105
Таблица 14. Критические значения статистик F-распределения для нормально распределенных независимых случайных величин при $\alpha = 5\%$	107
Таблица 15. Критические значения статистики Стьюдента (t^*) в зависимости от уровня значимости $\alpha(\%)$, коэффициентов внутрирядной [$r(1)$] и межрядной корреляции (R) при равных объемах двух выборок ($n_x = n_y$)	108
Таблица 16. Распределение Стьюдента для случайных величин при числе степеней свободы $k = n_x + n_y - 2$ и уровне значимости $\alpha(\%)$	110
Таблица 17. Нормированные отклонения от среднего значения ординат распределения Пирсона III [$\Phi(P, Cs) = (Y_p - Y_{cp})/\sigma$]	111
Таблица 18. Ординаты распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [$\Phi(P, C_v, C_s/C_v) = Y_p/Y_{cp}$]	115
Таблица 19. Площадь под кривой стандартного нормального распределения (накопленная вероятность P), где z – ордината стандартизованного нормального распределения ($\mu = 0, \sigma = 1$), $-z = f(P)$ при $P < 0,5$ и $z = f(1 - P)$ при $P \geq 0,5$ и $P = m/(n + 1)$	139

Content

Introduction	3
Topic 1. "Climatic treatment of long-term series of observations"	5
Lab work № 1, "Evaluation of homogeneity and stationarity"	7
1.1. Theoretical positions	7
1.2. Sequence of calculations	14
1.3. Example of calculation and presentation of results	16
1.4. Self-check questions	23
Lab work 2. "Restoration of gaps in observation data and reduction of short observational series to a long-term period"	24
2.1. Theoretical positions	24
2.2. Sequence of calculations	27
2.3 General guidelines for data preparation and processing in Microsoft Excel spreadsheets	28
2.4. Example of calculation and presentation of results	33
2.5. Practical application to restoration of long-term series of air tem- perature for the Russia's European Region	37
2.6. Self-check questions	40
Lab work 3, "Calculation of the parameters and quantiles of distributions"	41
3.1. Theoretical positions	41
3.2. Sequence of calculations	44
3.3. Example of calculation and presentation of results	45
3.4. Self-check questions	50
References	50
Topic 2. "Factors governing climate formation"	51
Lab work 4. "The theoretical distribution of solar radiation at the upper limit of the atmosphere"	51
4.1. The theory of calculation of solar energy reaching the upper limit. .	51
4.2. Sequence of calculations.	62
4.3. Example of calculation.	64
4.4. Problems.	65
4.5. Self-check questions.	65
References.	66
Topic 3. "The spatial distribution of climatic characteristics"	67
Lab work 5. "Spatial modeling of climate data"	67
5.1. Theoretical positions	67
5.2. Source materials for the lab work	72
5.3. Sequence of carrying out the lab work	73
5.4. Problems to solve	84
5.5. Self-check questions	85
References	85
Appendixes. Tables of test statistics	86
Table 1. α (%) critical values in the statistics of Dixon (D_{1N})	86

Table 2. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D1_1$)	88
Table 3. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D2_N$)	90
Table 4. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D2_1$)	91
Table 5. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D3_N$)	93
Table 6. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D3_1$)	94
Table 7. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D4_N$)	96
Table 8. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D4_1$)	97
Table 9. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D5_N$)	99
Table 10. α (%) critical values in the statistics of Dixon ($D5_1$)	100
Table 11. α (%) critical values in Smirnov-Grubbs statistics (G_N)	102
Table 12. α (%) critical values in Smirnov-Grubbs statistics (G_1)	103
Table 13. The critical values in Fisher statistics (F^*) depending on the level of α (%) significance level (%), coefficients of intraclass correlation [$r(1)$] and interclass correlation (R), with the volumes of the two samples being equal ($n_x = n_y$)	105
Table 14. Critical values in F -distribution statistics for normally distributed independent random variables with $\alpha = 5\%$	107
Table 15. Critical values in Student's statistics (t^*) depending on the significance level of α (%), coefficients of intraclass correlation [$r(1)$] and interclass correlation (R), with the volumes of the two samples being equal ($n_x = n_y$)	108
Table 16. Student's distribution for random variables with freedom degrees $k = n_x + n_y - 2$ and α (%)	110
Table 17. Normalized deviations from the mean ordinates of the Pearson III distribution [$\Phi(P, Cs) = (Y_p - Y_{cp})/\sigma$]	111
Table 18. The ordinates of the distribution of S.N. Kritsky and M.F. Menkel [$\Phi(P, C_v, Cs/C_v) = Y_p/Y_{cp}$]	115
Table 19. The area under the curve of the standard normal distribution (the cumulative probability P), where z is the ordinate the standardized normal distribution ($\mu = 0, \sigma = 1$), $-z = f(P)$ with $P < 0,5$ and $z = f(1 - P)$ with $P \geq 0,5$ and $P = m/(n + 1)$	139

Учебное издание

Лобанов Владимир Алексеевич
Смирнов Игорь Александрович
Шадурский Антон Евгеньевич

ПРАКТИКУМ
ПО КЛИМАТОЛОГИИ
(Часть 1)

*Редакторы Л.В. Ковель, И.Г. Максимова
Компьютерная верстка Н.И. Афанасьевой*

ЛР № 020309 от 30.19.96.

Подписано в печать 22.08.11. Формат 60×90 $\frac{1}{16}$. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 9.5. Тираж 350 экз. Заказ № 17/11
РГТМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «НПП «Система», 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1.

115-00