

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине Метрология, стандартизация и сертификация
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Тема проекта: Обработка экспериментальных данных измерений

Аннотация

В курсовом проекте приводится комплекс контрольных заданий, предназначенных для закрепления знаний, полученных при изучении дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация», определения готовности студентов к решению производственных задач, связанных с теорией и практикой измерений. С этой целью студенты должны уметь использовать априорную и апостериорную информацию при овладении методиками обработки и определения интервалов значений результатов измерений однократных и повторяемых опытов на основе существующих положений законодательных актов Российской Федерации, Государственных образовательных стандартов, с учетом норм и принципов стандартизации. По результатам выполнения заданий курсового проекта решается вопрос о допуске студента к экзамену.

Проект содержит пояснительную записку объемом 22 стр., вкл. 6 табл., 5 прил., библиографический список из 8 наименований.

Abstract

The course project is a complex control tasks, designed to reinforce knowledge received at studying discipline "Metrology, standardization and certification", determine the readiness of students to solve production problems connected with the theory and practice of measurement. To this end, the students should be able to use the a priori and a posteriori information when mastering the methods of processing and determination of intervals of values of the measurement results of single and repeated experiments based on the existing provisions of legislative acts of the Russian Federation, State educational standards, taking into account the norms and principles of standardization. According to the results of performed tasks to the course project addressed the issue of admission of students for the exam.

The project contains an explanatory note with a volume of 22 pages, incl. 6 tables, 5 appendences, 8 references.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

1. Содержание

1.1. Задание 1

1.2. Задание 2

1.3. Задание 3

1.4. Задание 4

1.5. Задание 5

2. Заключение

3. Библиографический список

4. Приложения

Введение

Получение точной измерительной информации обеспечивает практические исследования и достижения всех естественных наук.

Деятельность в области метрологии определяется Законом № 102 РФ «Об обеспечении единства измерений» от 2008г., деятельность по стандартизации и сертификации - Законом № 184 РФ «О техническом регулировании» от 2002г. Положения Федеральных Законов и отраслевые организационно-технические программы обеспечения конкурентоспособности продукции на внешних и внутренних рынках предопределили необходимость повышения качества методов и методик выполнения измерений, оптимальности по параметрам требуемой точности метрологических характеристик средств измерений, соблюдения общепринятых требований и норм, определяемых классами точности, условиями измерений, допускаемыми погрешностями и др.

Задачей изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» является получение студентами теоретических знаний и выполнение практических расчетов по результатам измерительных процедур с учетом необходимых методов и методик метрологии, стандартизации и сертификации. Учебно-методические материалы и методические указания к контрольному заданию построены с учетом предъявляемых условий и требований нормативных положений к актуальности и новизне материалов для чтения лекций и проведения практических занятий с использованием результатов ранее выполненных исследований, направленных на повышение точности и эффективности методов основ теории измерений и средств измерений. Полученные знания позволят им в будущем принимать квалифицированное участие в профессиональной деятельности бакалавра по обеспечению качества и повышению эффективности технологических машин и оборудования.

1.СОДЕРЖАНИЕ

Для выполнения контрольного задания курсового проекта студент применяет полученные теоретические знания и указания к решению избранных задач. Контрольную работу следует выполнять на стандартных сброшюрованных листах формата А4 (размер 297x210 мм), оставляя на страницах поля верхнее, нижнее и правое 25 мм, левое 30 мм. Абзацный отступ (отступ первой строки) должен быть равен 12,5 мм. Титульный лист и лист задания должны быть оформлены по установленным в курсовом проекте формам, остальной материал - в соответствии с требованиями ЕСКД. Работу необходимо датировать и подписать. Исправлять проверенную работу следует так, чтобы рецензент мог сопоставить первоначальный и новый текст. Переработки большого объема следует приводить на отдельных листах.

В процессе изучения дисциплины "Метрология, стандартизация и сертификация" студенты выполняют контрольные задачи. При подготовке к выполнению контрольных задач необходимо ознакомиться с соответствующими разделами рекомендованной литературы. Этапы расчетов сопровождаются необходимыми пояснениями с приведением соответствующих расчетных выражений и результатов вычислений. Расчеты производятся в единицах Международной Системы единиц (СИ).

Выполненные контрольные задачи сдаются на рецензирование. Вариант и значения исходных данных контрольных задач должны соответствовать указаниям по их выбору.

Задание 1

В нормативно–технической документации, указывается предел основной допускаемой погрешности или класс точности для всех приборов данного типа, которые воспроизводят или ориентированы на одинаковую единицу измеряемой величины. Погрешность средства измерений, применяемого в нормальных условиях, называется основной погрешностью. Составляющая погрешности средства измерений, возникающая дополнительно к основной погрешности вследствие её выхода за пределы нормальной области значений называется дополнительной погрешностью.

Основная и дополнительная погрешности для различных групп средств измерений составляют довольно широкий спектр значений их величин. Поэтому по уровню точности средства измерений характеризуются классами точности.

Классом точности называется обобщенная метрологическая характеристика данного типа средств измерений, позволяющая определить предельные допускаемые (основную и дополнительную) погрешности возможных значений измеряемой величины относительно известного номинального значения (показания).

ГОСТ 8. 401 – 80 «Классы точности средств измерений» устанавливает способы нормирования метрологических характеристик, требования к которым зависят от класса точности средств измерений и от конкретного обозначения класса точности. Классы точности устанавливают не только в стандартах, но и в технических условиях, содержащих технические требования к рассматриваемым средствам измерений.

Указатель отсчетного устройства вольтметра класса точности 0,5 с наибольшим диапазоном измерений 200В находится на отметке шкалы 88В. Определить значение измеряемого напряжения?

Решение

Для указанного прибора измеряемое напряжение не может отличаться от того значения, которое показывает указатель (стрелка прибора), больше чем на 1В. Следовательно, измеряемое напряжение равно 88В со стандартной неопределенностью типа В 0,58В.

Задание 2

Указатель отсчетного устройства ампервольтметра с диапазоном измерений 50А класса точности 0,02/0,01 находится на отметке шкалы 22А. Определить значение измеряемого тока?

Решение

Измеряемая сила тока отличается от значения, которое показывает указатель, не больше, чем на соответствующее классу точности число процентов

$$\left[0,02 + 0,01 \left(\left| \frac{50}{22} \right| - 1 \right) \right] = 0,033\%$$

Таким образом, измеряемая сила тока равна 22А со стандартной неопределенностью типа В 0,004 А.

Задание 3

При многократном измерении длины получен массив данных (в метрах). Свои исходные данные студент находит из табл. 3, начиная с цифры, расположенной на пересечении столбца, соответствующего последней цифре шифра, и строки, соответствующей предпоследней цифре шифра, с переходом на следующий столбец.

Объем массива должен составлять n значений в табл. 1.

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,436	3,447	3,439	3,46	3,415	3,417	3,455	3,413	3,449	3,456
1	3,421	3,447	3,451	3,487	3,465	3,414	3,819	3,467	3,461	3,436
2	3,439	3,46	3,416	3,436	3,455	3,414	3,455	3,438	3,465	3,451
3	3,441	3,437	3,465	3,414	3,455	3,467	3,455	3,421	3,829	3,462
4	3,445	3,447	3,456	3,414	3,451	3,476	3,447	3,441	3,466	3,452
5	3,446	3,444	3,436	3,468	3,45	3,451	3,456	3,461	3,451	3,447
6	3,456	3,444	3,451	3,466	3,447	3,439	3,447	3,465	3,452	3,447
7	3,446	3,467	3,452	3,461	3,447	3,466	3,464	3,456	3,447	3,456
8	3,451	3,456	3,447	3,456	3,456	3,456	3,417	3,466	3,447	3,462
9	3,452	3,451	3,447	3,471	3,464	3,461	3,414	3,461	3,449	3,46

Таблица 2

Данные	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	40			50			60			

На основании экспериментальных данных построить гистограмму. По виду гистограммы выдвинуть гипотезу о том, что результат измерений подчиняется одному из типовых законов распределения вероятности.

Указание

Разброс полученных экспериментальных данных (табл.1) свидетельствует о том, что результат измерений длины является случайной величиной. Поэтому более полное представление о результате измерений может дать гистограмма. Для построения гистограммы следует знать материалы лекций и [2]. По виду гистограммы выдвинуть гипотезу о том, что результат измерений подчиняется одному из типовых законов распределения вероятности.

При построении гистограммы учесть следующие рекомендации:

- интервалы, на которые разбивается ось абсцисс, следует выбирать по возможности одинаковыми;
- число интервалов выбирается от 7 до 9;

- масштаб гистограммы выбирается таким, чтобы ее высота относилась к основанию, примерно, как 5 к 8.

Задание 4

Выполнена процедура повторяемых измерений величины напряжения при равноточных значениях отсчета. Получен массив из 50 независимых значений результата измерений. Определить интервал значений результата измерений.

В табл. 3 приведено 100 независимых числовых значений результата измерений напряжения вольтметром с равноточными значениями отсчета.

Экспериментальные данные формируются из пяти серий по десять значений в каждой. Первую серию студент формирует, начиная со строки, соответствующей предпоследней цифре шифра, далее переходя на три последующие строки. Пятая серия формируется из столбца, соответствующего последней цифре шифра.

Например, шифру студента ...45 соответствуют серии, первая из которых приведена в строке 4, три последующие - в строках 5,6, 7. Пятая серия берется из столбца 5. Шифру ...90 - серии в строках 9,0,1,2 и в столбце 0.

Указание

Обработку экспериментальных данных (50 значений) следует осуществлять, начиная с определения среднего арифметического значения результата измерений. Обнаружение и исключение ошибок производится по «правилу трех сигм».

Поскольку число значений результата измерений больше 40, то дальнейшую обработку следует осуществлять для условия, что число измерений $n = 40...50$.

Проверку соответствия нормальному закону распределения вероятности результата измерений выполнить по предложенному примеру расчета.

Таблица 3

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	82	85	82	87	85	83	85	86	81	85
1	81	81	88	83	85	86	83	80	82	84

2	85	83	85	83	83	84	82	81	80	82
3	85	84	86	83	86	83	81	83	81	83
4	82	84	83	83	84	80	84	84	84	83
5	86	82	85	84	80	85	83	81	83	83
6	83	82	84	82	89	83	82	83	84	83
7	79	81	87	85	84	82	80	82	84	84
8	83	85	82	82	84	84	83	85	83	81
9	84	86	81	81	82	82	83	83	79	82

Пример расчета

В первой и второй графе табл. 4 приведены 100 независимых числовых значений результатов измерений напряжения вольтметром. Определить интервал значений результата измерений.

Таблица 4

$U, В$	m	$mU, В$	$U - \hat{U}, В$	$(U - \hat{U})^2, В^2$	$m(U - \hat{U})^2, В^2$
79	2	158	-4.12	16.9744	33.9488
80	5	400	-3.12	9.7344	48.672
81	11	891	-2.12	4.4944	49.4384
82	17	1394	-1.12	1.2544	21.3248
83	26	2158	-0.12	0.0144	0.3744
84	17	1428	0.88	0.7744	13.1648
85	13	1105	1.88	3.5344	45.9472
86	6	516	2.88	8.2944	49.7664
87	2	174	3.88	15.0544	30.1088
88	1	88	4.88	23.8144	23.8144

Решение

1. Определим среднее арифметическое значение результата измерений

$$U = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{100} U_i = 83,12 В.$$

2. Используя вычисления в четвертой, пятой и шестой графах табл. 4, рассчитаем стандартное отклонение отдельного наблюдения

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^{100} (U_i - \bar{U})^2} = 1,7882B.$$

3. Более чем на $3s$ В от среднего арифметического значения не отличается ни одно из числовых значений результата измерения. Следовательно, можно считать, что массив экспериментальных данных промахов не содержит.

4. Строим гистограмму, откладывая по оси абсцисс значение напряжения от U_{min} до U_{max} , разбив его на необходимое количество интервалов, а по оси ординат - отношение $\frac{m_i}{n}$. Вид построенной гистограммы может свидетельствовать о том, что возможной теоретической моделью данного распределения может служить нормальный закон распределения вероятности.

Используют несколько критериев согласия, по которым проверяются гипотезы о соответствии экспериментальных данных тому или иному закону распределения вероятности.

Наиболее распространенным из них является критерий К. Пирсона, определяемый из выражения

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{n}{P_i} \left(\frac{m_i}{n} - P_i \right)^2.$$

В приложении 2 приведены значения χ^2_0 при разной доверительной вероятности и разных значениях числа интервалов k . Задавшись значением доверительной вероятности и числом интервалов, можно проверить, больше или меньше χ^2_0 вычисленное значение χ^2 . Если меньше, то с выбранной вероятностью можно считать χ^2 случайным числом, подчиняющимся χ^2 -распределению К, Пирсона, т. е. признать случайным расхождение между эмпирическим и теоретическим законами распределения вероятности результата измерений. Если же окажется, что $\chi^2 > \chi^2_0$, то с той же вероятностью признают, что χ^2 не подчиняется распределению К. Пирсона и гипотеза о соответствии эмпирического закона распределения вероятности теоретическому закону отвергается.

5. В каждом интервале должно быть не менее пяти независимых значений результата измерений. В соответствии с этим образуем интервалы так, как это представлено во второй графе табл. 5.

Таблица 5

i	Интервалы		m_i	t_i	$L(t_i)$	P_i	$m_i - nP_i$	$\frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i}$
	$(U_{i-1};$	$U_i)$						
1	$(-\infty;$	80)	7	-1,74479	-0,45949	0,04051	4,051	2,1468
2	(80;	81)	11	-1,18557	-0,3821	0,07739	7,739	1,3741
3	(81;	82)	17	-0,62634	-0,23445	0,14765	14,765	0,3383
4	(82;	83)	26	0,06711	-0,0267	0,20775	20,775	1,3141
5	(83;	84)	17	0,492121	0,18868	0,21538	21,538	0,9561
6	(84;	85)	13	1,05135	0,35345	0,16447	16,447	0,7337
7	(85;	$+\infty)$	9	$+\infty$	0,5000	0,25143	25,143	2,1821

6. Определим значения t_i каждого интервала табл. 5.

$$t_i = \frac{U_i - \bar{U}}{S} = \frac{U_i - 83,12}{1,7882}$$

7. По значению параметра t_i можно определить функцию Лапласа $L(t_i)$, представленную в приложении 1. Полученные с учетом интерполирования разрядов значения $L(t_i)$ внесены в пятую графу табл. 5.

8. Теоретическая вероятность P_i попадания в i -й интервал отдельного значения результата измерения, подчиняющегося нормальному закону распределения вероятности определяется из выражения

$$P_i = L(t_i) - L(t_{i-1}).$$

Полученные расчетные значения P_i сведены в шестую графу табл. 5.

9. В седьмой и восьмой графах табл. 5 приведены результаты остальных вспомогательных вычислений, Суммирование чисел в восьмой графе дает $\chi^2 = 9,045$.

10. Из таблицы приложения 2 видно, что рассчитанное значение $\chi^2 < \chi_0^2$ соответствующего, например, вероятности 0,95. Следовательно, можно принять гипотезу о том, что результат измерения подчиняется нормальному закону.

11. Рассчитываем стандартное отклонение среднего арифметического значения результата измерений

$$S_{\bar{U}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = 0,1788B.$$

12. Из таблицы приложения 3 определяем параметр t при выбранной доверительной вероятности 0,95. Рассчитываем половину доверительного интервала, в котором находится результат измерений

$$\varepsilon = tS_{\sigma} = 2,0 \cdot 0,18 = 0,36B.$$

13. Определяем интервал значений результата измерений:

$$U = (82,76 \dots 83,48) B; P=0,95; n=100.$$

Задание 5

Выбрать ряды взаимосвязанных параметров А и В и определить порядковые номера членов этих рядов на основе следующих данных:

а) зависимость, определяющая связь параметров, имеет вид:

$$A = cB^n,$$

где постоянный коэффициент c и показатель степени n определяются по последней цифре шифра студента из табл. 6;

б) параметр А задан рядом, определяемым из табл. 6 по предпоследней цифре шифра студента.

Результаты расчета свести в табл. по форме 1.

Указания. Задание 5 выполняется в следующей последовательности.

1. На основе системы предпочтительных чисел находим ряд параметров А и определяем его знаменатель φ_A .

2. Находим приближенное значение параметра B_1 , соответствующее первому члену A_1 ряда А.

3. Определяем знаменатель ряда В, находя значение φ_B из соотношения

$$\varphi_A = \varphi_B^n.$$

4. Определяем ряд параметра В, его обозначение и порядковые номера членов ряда.

5. Результаты вносим в соответствующие графы формы 1.

Таблица 6

Параметры	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Последняя цифра шифра										
c	1	0,25	1,4	0,25	2	16	0,1	4	2	1
n	1/2	2	1/2	2	1/2	2	1/2	2	1/2	2
Предпоследняя цифра шифра										
	R10/2	R5/3	R40/3	R20/3	R10/3	R5/2	R40/2	R20	R10	R5
	(1,6...25)	↓	(2,8...8)	↓	(2...125)	↓	(1,25...2,5)	↓	(1,6...6,3)	↓
	(2,5...10000)		(1,4...11,2)		(1...250)		(2...4)		(1...16)	

Форма 1

Обозначение параметров	Обозначение ряда	Знаменатель ряда	Значение параметров						
			1	2	3	4	5	6	7
<i>A</i>			Порядковые номера членов ряда						
<i>B</i>			Порядковые номера членов ряда						

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 5

В условии задачи $c = 0,5$; $n = 2$, параметрический ряд A задан рядом $R\ 40/3$ (1,18...3,35). Выбрать члены рядов взаимосвязанных параметров A и B и определить их порядковые номера.

1. Определим в приложении 4 ряд параметров A , его знаменатель и порядковые номера членов $R\ 40/3$ (1,18; 1,4; 1,70; 2; 2,36; 2,8; 3,35);

$$\Phi_A = \frac{1,40}{1,18} = 1,18;$$

$$N_1 = 3; N_2 = 6; N_3 = 9; N_4 = 12; N_5 = 15; N_6 = 18; N_7 = 21.$$

2. Находим приближенное значение параметра B_1 , соответствующее первому члену A_1 , и округляем его в случае необходимости до ближайшего рационального числа:

$$A_1 = 0,5 (B_1)^2; \quad A_1 = 1,18; \quad B_1 = \left(\frac{1,18}{0,5} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,5$$

3. Определим значение знаменателя ряда B :

$$\Phi_A = \Phi_B^2 \quad \Phi_B = \Phi_A^{1/2} = (1,18)^{1/2} = 1,08 \approx 1,06.$$

4. Определяем ряд параметра B , его обозначения и порядковые номера членов:

Ряд B :

$$R_{40/2} (1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,00; 2,12),$$

$$N = N_T + K40; \quad K=0;$$

$$N_1=7; N_2=8; N_3=9; N_4=10; N_5=11; N_6=12; N_7=13.$$

Результаты вносим в таблицу по форме 2.

Форма 2

Обозна- чение парам.	Обозна- чение ряда	Знаме- натель ряда	Значение параметров						
			1	2	3	4	5	6	7
			1,18	1,4	1,70	2	2,36	2,8	3,35
A	R40/3	1,18	Порядковые номера членов ряда						
			3	6	9	12	15	18	21
			1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,12
B	R40	1,06	Порядковые номера членов ряда						
			7	8	9	10	11	12	13

2. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Курсовой проект посвящен закреплению знаний по теории и практике измерений, построению моделей оценок опытов и ознакомлению с метрологическими характеристиками средств измерений и контроля линейных и других величин. Приведенные в задании на курсовой проект модели оценок позволяют выполнить расчет интервалов значений результатов однократных и повторяемых опытов, базирующихся на применении равномерного и нормального законов распределения вероятности отсчетов. Приведенные выражения для определения стандартного отклонения позволяют осуществлять изыскания резервов точности. При этом обеспечивается возможность более углубленного понимания студентами функциональных возможностей и способов практического применения средств измерений в различных областях техники.

На основе использования метода параметрической стандартизации для системы предпочтительных чисел построены модели образования рядов взаимосвязанных параметров. Основные показатели точности средств измерений и контроля в совокупности с методологией анализа их свойств являются основой количественной оценки свойств объектов измерений.

Система знаний о современных методах и средствах измерений и контроля изложена в форме необходимой для использования её при исследовании, проектировании и применении указанных методик. Именно поэтому создание более эффективных методов и средств измерений связано с необходимостью анализа моделей результатов измерений.

Использование приведенных в задании на курсовой проект материалов обеспечивает возможность более плодотворного изучения процедур выполнения и анализа измерений, создания адекватных моделей измерений размеров величин, определения погрешностей измерений и могут оказаться полезными для студентов системы высшего профессионального образования в области машиностроения и приборостроения.

3. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

3.1. Основная литература

1. Федеральный закон от 27.12.2002г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
<http://www.concultantr.ru/popular/techreg/>
2. Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.1. Общая теория измерений: учеб.-метод. комплекс: (учеб. пособие), /И.Ф. Шишкин (3-е изд., перераб. и доп.). – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 189 с.
3. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов/ Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – 3-е изд. - М.: Высш. шк., 2007.-790 с.
4. Ким, К.К. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника/ К.К. Ким [и др.]. – М.: Питер, 2008, - 369 с.
5. Алексеев Г.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие/ Г.А. Алексеев, В.М. Станякин, И.Ф. Шишкин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. -252 с.
6. Алексеев Г.А., Новикова О.В. и др. Метрология, стандартизация и сертификация: учебно-методический комплекс / Г.А. Алексеев, В.М. Новикова О.В. и др. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. – 227 с.
7. Медякова Э.И. Метрология, стандартизация и сертификация: метод. указ. к выполнению лаб. работ /сост. Э.И. Медякова, В.И. Шевцов. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2005. – 65 с.
8. Лисин, С.К. Технические измерения: учеб. пособие/ С.К. Лисин, А.И. Федотов. – СПб.: Изд-во НМСУ «Горный», 2012. – 66 с.

3.2. Дополнительная литература

9. Технические регламенты: Металлургия. Нефть. Газ.

4 ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значения нормированной функции Лапласа

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{y^2}{2}} dy$$

1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,00000	0,00399	0,00798	0,01197	0,01595	0,01994	0,02392	0,02790	0,03188	0,0358
0,1	03983	04380	04776	05172	05567	05962	06356	06749	07142	07535
0,2	07926	08317	08706	09095	09483	09871	10257	10642	11026	11409
0,3	11791	12172	12552	12930	13307	13683	14058	14431	14803	15173
0,4	15542	15910	16276	16640	L7003	17364	17724	18082	18439	18793
0,5	19146	19497	19847	20194	20540	20884	21226	21566	21904	22240
0,6	22575	22907	23237	23565	23891	24215	24537	24857	25175	25490
0,7	25804	26115	26424	26730	27035	27337	27637	27935	28230	28524
0,8	28814	29103	29389	29673	29955	30234	30511	30785	31057	31327
0,9	31594	31859	32121	32381	32639	32894	33147	33398	33646	33891
1,0	34134	34375	34614	34850	35083	35314	35543	35769	35993	36214
1,1	36433	36650	36864	37076	37286	37493	37698	37900	38100	38298
1,2	38493	38686	38877	39065	39251	39435	39617	39796	39973	40147
1,3	40320	40490	40658	40824	40988	41149	41309	41466	41621	41774
1,4	41924	42073	42220	42364	42507	42647	42786	42922	43056	43189
1,5	43319	43448	43574	43699	43822	43943	44062	44179	77295	44408
1,6	44520	44630	44738	44845	44950	45053	45154	45254	45352	45447
1,7	45543	45637	45728	45818	45907	45994	46080	46164	46246	46327
1,8	46407	46485	46562	46638	46712	46784	46856	46926	49995	47062
1,9	47128	47193	47257	47320	47381	47441	47500	47558	47615	47670
2,0	47725	47778	47831	47882	47932	47982	48030	48077	48124	48169
2,1	48214	48257	48300	48341	48382	48422	48461	48500	48537	48574
2,2	48610	48645	48679	48713	48745	48778	48809	48840	48870	48899
2,3	48928	48956	48983	49010	49036	49061	49086	49111	49134	49158
2,4	49180	49202	49224	49245	49266	49286	49305	49324	49343	49361
2,5	49379	49396	49413	49430	49446	49461	49477	49492	49506	49520
2,6	49534	49547	49560	49573	49585	49598	49609	49621	49632	49643
2,7	49653	49664	49674	49683	49693	49702	49711	49720	49728	49736
2,8	49744	49752	49760	49767	49774	49781	49788	49795	49801	49807
2,9	49813	49819	49825	49831	49836	49841	49846	49851	49856	49861

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Число интер- валов	Значения χ_0^2 при доверительной вероятности								
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95	0,97	0,99
5	1,15	1,35	2,12	2,88	3,65	4,62	6,35	6,92	9,23
10	6,35	7,12	8,08	9,62	10,58	12,12	14,23	15,38	18,46
15	11,54	12,88	14,23	15,96	16,92	18,46	20,77	22,69	25,77
20	16,53	18,27	20,01	21,73	23,08	24,81	27,31	29,04	31,54
25	21,92	23,85	25,96	29,81	29,23	30,96	33,65	35,77	39,98
30	26,92	29,23	31,35	33,65	35,02	36,92	40,03	42,31	46,92

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Функция $P=2L(t)$

t	P	t	P	t	P	t	P
0,6	0,45	1,5	0,87	2,4	0,984	3,3	0,9990
0,7	0,51	1,6	0,89	2,5	0,988	3,4	0,9993
0,8	0,57	1,7	0,91	2,6	0,990	3,5	0,9995
0,9	0,63	1,8	0,93	2,7	0,993	3,6	0,9997
1,0	0,68	1,9	0,94	2,8	0,995	3,7	0,9998
1,1	0,73	2,0	0,95	2,9	0,996	3,8	0,99986
1,2	0,77	2,1	0,964	3,0	0,997	3,9	0,99990
1,3	0,80	2,2	0,972	3,1	0,9981	4,0	0,99993
1,4	0,84	2,3	0,978	3,2	0,9986		

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Основные ряды предпочтительных чисел в соответствии с ГОСТ 8032-84.

Основные ряды				Номер предпочтительного числа	Мантиссы логарифмов	Расчетные величины чисел	Разность между числами основного ряда и расчетными величинами, %
R5	R10	R20	R40				
1,00	1,00	1,00	1,00	0	000	1,0000	0
			1,06	1	023	1,0593	+0,07
		1,12	1,12	2	050	1,1220	-0,18
			1,18	3	075	1,1885	-0,71
	1,25	1,25	1,25	4	100	1,2589	-0,71
			1,32	5	125	1,3335	-1,01
		1,40	1,40	6	150	1,4125	-0,88
			1,50	7	175	1,4962	+0,25
1,60	1,60	1,60	1,60	8	200	1,5849	+0,95
			1,70	9	225	1,6788	+1,26
		1,80	1,80	10	250	1,7783	+1,22
			1,90	11	275	1,8836	-0,87
	2,00	2,00	2,00	12	300	1,9953	+0,24
			2,12	13	325	2,1135	+0,31
		2,24	2,24	14	350	2,2387	+0,06
			2,36	15	375	2,3714	-0,48
2,50	2,50	2,50	2,50	16	400	2,5119	-0,47
			2,65	17	425	2,6607	-0,40
		2,80	2,80	18	450	2,8184	-0,65
			3,00	19	475	2,9854	+0,49
	3,15	3,15	3,15	20	500	3,1623	-0,39
			3,35	21	525	3,3497	+0,01
		3,55	3,55	22	550	3,5481	+0,05
			3,75	23	575	3,7584	-0,22
4,00	4,00	4,00	4,00	24	600	3,9811	+0,47
			4,25	25	625	4,2170	+0,78
		4,50	4,50	26	650	4,4668	+0,74
			4,75	27	675	4,7315	+0,39
	5,00	5,00	5,00	28	700	5,0119	-0,24
			5,30	29	725	5,3088	-0,17
		5,60	5,60	30	750	5,6234	-0,42
			6,00	31	775	5,9566	+0,73
6,30	6,30	6,30	6,30	32	800	6,3096	-0,15
			6,70	33	825	6,6834	+0,25
		7,10	7,10	34	850	7,0795	+0,29
			7,50	35	875	7,4989	+0,01
	8,00	8,00	8,00	36	900	7,9433	+0,71
			8,50	37	925	8,4140	+1,02
		9,00	9,00	38	950	9,9125	+0,98
			9,50	39	975	9,4406	+0,63
10,00	10,00	10,00	10,00	40	000	10,000	0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значения d_{min} и d_{max} в зависимости от доверительной вероятности P

n	$P^* = 0,90$		$P^* = 0,95$		$P^* = 0,99$	
	d_{min}	d_{max}	d_{min}	d_{max}	d_{min}	d_{max}
11	0,7409	0,8899	0,7153	0,9073	0,6675	0,9359
16	0,7452	0,8733	0,7236	0,8884	0,6829	0,9137
21	0,7495	0,8631	0,7304	0,8768	0,6950	0,9001
26	0,7530	0,8570	0,7360	0,8686	0,7040	0,8901
31	0,7559	0,8511	0,7404	0,8625	0,7110	0,8827
36	0,7583	0,8468	0,7440	0,8578	0,7167	0,8769
41	0,7604	0,8436	0,7470	0,8540	0,7216	0,8722
46	0,7621	0,8409	0,7496	0,8508	0,7256	0,8682
51	0,7636	0,8385	0,7518	0,8481	0,7291	0,8648