



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология технического регулирования»

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению курсовой работы  
по дисциплине

## **«Метрология»**

Автор

Кошлякова И.Г.

Ростов-на-Дону, 2016

## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения по направлению 27.03.01 «Стандартизация и метрология», выполняющих курсовую работу по дисциплине «Метрология». В них рассмотрена структура работы, даны рекомендации по проведению анализа измерительной задачи, составлению методики выполнения измерений, проведению статистической обработки результатов прямых многократных измерений.

## Автор

Доцент кафедры «Технология технического регулирования» Кошлякова И.Г.



## Оглавление

1. Общие положения .....	4
2. Рекомендации по выполнению КР .....	5
Рекомендуемая литература .....	12
Приложения .....	13
Приложение А .....	13
Приложение Б .....	14
Приложение В .....	15
Приложение Г .....	16
Приложение Д .....	16
Приложение Е .....	16
Приложение Ж .....	17

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель курсовой работы (КР) – закрепление теоретических знаний и приобретение навыков в составлении методики измерений и статистической обработке данных.

Задание на КР формируется по материалам производственной практики и включает: описание объекта измерения, измеряемый параметр с указанием норм точности, применяемые средства измерений, данные по результатам многократных измерений.

Пояснительная записка (ПЗ) оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 и включает разделы:

- 1.1. Содержание.
- 1.2. Анализ измерительной задачи.
- 1.3. Методика измерений.
- 1.4. Статистическая обработка данных.
- 1.5. Заключение о годности измеряемого параметра.
- 1.6. Список использованной литературы.

## 2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КР

2.1. Анализ измерительной задачи должен дать априорную измерительную информацию по следующим направлениям: а) наименование измеряемой физической величины; б) единица измерения; в) физическая или математическая модель измеряемого объекта (параметра); г) внешние факторы, влияющие на измеряемый параметр, способы их учета, устранения или компенсации; д) обоснование выбора средства (средств) измерений, исходя из условий точности измерений, контролепригодности параметра, условий производства, экономичности (МИ 1967-89, РД 50-453-84); е) вид измерений (прямые, косвенные, совместные, совокупные); ж) обоснование выражения окончательного результата в форме доверительного интервала.

Следует учитывать, что любое измерение связано с погрешностями. Суммарная погрешность измерения  $\Delta_{\Sigma}$  определяется погрешностями от четырех источников: средства измерений (СИ), метода измерений, условий измерений, оператора:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{СИ} + \Delta_{М} + \Delta_{усл} + \Delta_{О},$$

где  $\Delta_{СИ}$  – погрешность средства измерений;  $\Delta_{М}$  – погрешность метода измерений;  $\Delta_{усл}$  – погрешность от условий измерений;  $\Delta_{О}$  – погрешность от действий оператора.

Из вышеназванных погрешностей основной составляющей погрешности измерений  $\Delta_{\Sigma}$  является  $\Delta_{СИ}$ . Выбор СИ производится в предположении, что  $\Delta_{М} = \Delta_{О} = 0$ . На  $\Delta_{усл}$  отводится 35% погрешности измерений. Тогда  $\Delta_{СИ}$  составляет до 65% от погрешности измерений  $\Delta_{\Sigma}$ . Чтобы погрешность измерений существенно не искажала результаты измерений и контроля, ее значение ограничивают условием, что  $\Delta_{\Sigma} \leq 0,25T$ , где  $T$  – допуск на измеряемый размер. При выборе конкретного СИ необходимо, чтобы ожидаемое значение измеряемой величины входило в диапазон измерений СИ, и предельно допустимая погрешность СИ не превышала расчетного значения  $\Delta_{СИ}$ .

2.2. Методика выполнения измерений (МИ) унифицирует требования к точности, средствам измерений, условиям их проведения, порядку получения и обработки данных, форме представления окончательного результата. МИ составляется в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 и содержит следующие разделы:

а) назначение МИ. В нем указывают область применения (объект измерений, наименова-

## Метрология

мых параметров, область использования–для одного предприятия, отрасли, сети лабораторий и т.п.), наименование измеряемой величины, ее характеристики (диапазон, неинформативные параметры), характеристики объекта измерений, если они могут влиять на погрешность измерений (входное сопротивление, жесткость, состав пробы и т.п.);

б) условия измерений. Задают в виде номинальных значений и (или) границ диапазонов значений влияющих величин. При необратимых изменениях объекта измерений указывается продолжительность измерений;

в) требования к погрешности измерений или приписанные характеристики погрешности измерений. При отсутствии этих данных в документации на объект измерений погрешность должна быть не более 25% от допуска на измеряемый параметр;

г) метод измерений. Содержит описание приемов сравнения измеряемой величины с единицей;

д) средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, растворы. Содержит их перечень с обозначением стандарта или технических условий на них, обозначения типов (моделей) средств измерений, их метрологические характеристики (класс точности, пределы допускаемых погрешностей, пределы измерений и др.);

е) подготовка к выполнению измерений. Содержит описание подготовительных работ непосредственно перед выполнением измерений (сборка схем, определение значений влияющих величин, подготовка и проверка режимов работы средств измерений, установка нуля, выдержка в рабочем состоянии, тестирование, подготовка объекта к измерениям);

ж) выполнение измерений. Содержит перечень и описание последовательных операций, периодичность и число измерений, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр, форма регистрации результатов);

з) обработка результатов измерений. Приводится алгоритм или порядок обработки, содержащий предварительный анализ данных, определения соответствия эмпирического распределения теоретическому нормальному, статистическую обработку, необходимые графики, таблицы промежуточных расчетов и окончательных результатов;

и) требования безопасности, охраны окружающей среды. Содержит требования, выполнение которых обеспечивает при измерениях безопасность труда, нормы производственной сани-

тарии и охрану окружающей среды;

к) требования к квалификации операторов. Вводится в МИ при использовании сложных неавтоматизированных методов измерений и процедур обработки их результатов. Содержит сведения о профессии, образовании, практическом опыте лиц, допускаемых к выполнению измерений.

2.3. Статистическая обработка данных выполняется по следующим рекомендациям:

2.3.1. Выявляют переменную систематическую погрешность графическим методом, построив зависимость изменения результатов отдельных измерений во времени. Для этого:

- на график наносят точки с координатами: по оси ординат – значение результата измерения, по оси абсцисс – момент времени его получения или порядковый номер;

- соединяют точки прямыми линиями и определяют тенденцию изменения результатов измерений. Если тенденция не наблюдается, то считают, что переменная систематическая погрешность несущественна;

- при наличии тенденции (в большинстве случаев линейной) рассчитывают тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс  $\operatorname{tg}\varphi$ ;

- рассчитывают величину систематической погрешности для каждого измерения:  $\Delta_{\Delta i} = \operatorname{tg}\varphi \cdot (i-1)$ ,

где  $i$  - порядковый номер измерения;

- исключают эту погрешность из результатов измерений.

2.3.2. Проверяют наличие грубых ошибок и промахов:

- полученные результаты располагают в вариационный ряд, крайние значения которого необходимо проверить;

- рассчитывают среднее арифметическое значение:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где  $x_i$  - значение  $i$ -го результата измерений;  $n$  - число измерений;

- рассчитывают среднее квадратическое отклонение (СКО):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- выбирают из вариационного ряда крайние значения  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  и определяют отношение:  $t_{r1} = \frac{|x_{\max} - \bar{X}|}{S}$  ;

$$t_{r2} = \frac{|x_{\min} - \bar{X}|}{S} ;$$

- проверяют выполнение неравенства  $t_{r1} < t_r$ , где  $t_r$  определяется по приложению А для заданного уровня значимости  $\alpha = 1 - P$ .  $P$  – доверительная вероятность. Если число результатов измерений превышает 30, то для определения  $t_r$  можно воспользоваться

формулой:  $t_r = t_{P/2} \sqrt{1 - \frac{1}{n}}$ , где  $t_{P/2}$  – квантиль функции Лапласа

для значения функции, равном  $P/2$ . Если неравенство не выполняется, данный результат измерения отбрасывается, как содержащий грубые погрешности;

- рассчитывают исправленные значения  $\bar{X}$  и  $S$  ;

- проверяют другие, вызывающие сомнение результаты.

2.3.3. Проверяют соответствие эмпирического распределения нормальному теоретическому закону, используя критерии согласия.

2.3.3.1. При  $n \geq 50$  применяют критерий Пирсона  $\chi^2$ :

-вариационный ряд результатов измерений разбивают на  $r$  интервалов: при  $n=50 \dots 100$ ,  $r=7 \dots 9$ ; при  $n=100 \dots 500$ ,  $r=8 \dots 12$ ;

- рассчитывают ширину интервала  $h = (x_{\max} - x_{\min})/r$ ;

- устанавливают границы интервалов:  $[x_{\min}; x_{\min}+h]$ ,  $[x_{\min}+h; x_{\min}+2h]$ ,

$[x_{\min}+2h; x_{\min}+3h], \dots, [x_{\min}+(r-1)h; x_{\max}]$ ;

- подсчитывают абсолютную частоту  $m_i$  – число экспериментальных данных, попавших в каждый интервал;

- строят гистограмму – ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников, основанием которых является ширина интервала, а высотой – относительная частота  $m_i/n$ ;

- если в какой-либо интервал попадает менее 5 данных, то уменьшают число интервалов разбиения гистограммы, перерас-



## Метрология

пределая данные, или такой интервал объединяют с соседним;

- вычисляют вероятность  $p_i$  попадания результата измерений в каждый из интервалов гистограммы  $[x_{k-1}; x_k]$  при нормальном законе распределения, используя функцию Лапласа  $\Phi(t)$  (приложение Б):

$$p_i = p_i = \Phi[(x_k - \bar{X})/S] - \Phi[(x_{k-1} - \bar{X})/S],$$

-вычисляют                      показатель                      разности                      частот

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i};$$

- проверяют выполнение неравенства  $\chi^2 < \chi_{\alpha}^2$ , где  $\chi_{\alpha}^2$  - табличное значение  $\chi^2$  для уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $(r-3)$  по приложению В. Если неравенство не выполняется, то гипотезу о нормальности эмпирического распределения отвергают, и, пользуясь критерием Колмогорова-Смирнова, определяют вероятность соответствия эмпирического распределения нормальному закону распределения вероятностей.

Если гипотеза может быть принята, но для несколько большего уровня значимости, то дальнейшие расчеты можно проводить для соответственно меньшей доверительной вероятности  $P$ .

2.3.3.2. При  $n \leq 50$  используется составной критерий.

Критерий 1:

- вычисляют параметр  $d = \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}| / (n \cdot S^*)$ , где

$$d = \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{X}| / (n \cdot S^*) \text{ , где } S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \text{ ;}$$

- проверяют выполнение неравенства

$$d_{1-q_1/2} \leq d < d_{q_1/2}, \text{ где } q_1 - \text{выбранный уровень значимости; } d_{1-q_1/2}, d_{q_1/2} - \text{табличные значения, определяемые по приложению Г.}$$

Критерий 2:

## Метрология

- задаются уровнем значимости  $q_2$ , так что  $\alpha = q_1 + q_2$ ;
- определяют доверительную вероятность  $P$  по приложению Д, исходя из  $n$  и  $q_2$ ;
- определяют значение квантили  $t_{p/2}$  функции Лапласа  $\Phi(t)$  по приложению Б;
- рассчитывают  $(S \cdot t_{p/2})$  и количество разностей  $(x_i - (\bar{X} - \overline{X}))$ , превышающих  $(S \cdot t_{p/2})$ . Если это количество не более 1 для  $10 \leq n \leq 20$  или не более 2 для  $20 \leq n \leq 50$ , то гипотеза по критерию 2 принимается.

В целом гипотеза о нормальности эмпирического распределения принимается, когда выполняются 1-й и 2-й критерии. Если гипотеза о соответствии нормальному распределению отклонена, то переходят к проверке по критерию Колмогорова-Смирнова.

2.3.3.3. В случае, когда вышеназванные критерии не дали однозначного вывода, применяют критерий Колмогорова-Смирнова:

- рассчитывают накопленные частоты для каждого из интервалов эмпирического распределения:  $F_{эj} = \sum_{i=1}^k \frac{m_i}{n}$ , где  $m_i$  -

абсолютные частоты в интервалах с 1-го по  $k$ -й ;

- определяют теоретическую вероятность  $p_i$  попадания результата измерений в каждый из интервалов при нормальном распределении, используя функцию Лапласа (приложение Б) и рассчитывают накопленную частоту теоретического распределения:

$$\text{ния: } F_{тj} = \sum_{i=1}^k p_i$$

- определяют наибольшую из разностей теоретической и эмпирической накопленных частот по интервалам:

$$D = \max | F_{эk} - F_{тk} | ;$$

$$\text{- рассчитывают } \lambda = D \cdot \sqrt{n} ;$$

- определяют вероятность  $P(\lambda)$  по приложению Е. Если эта вероятность мала, то гипотезу отбрасывают.

2.3.4. Порядок обработки экспериментальных данных определяется видом произведенных измерений.

2.3.4.1. При прямых многократных измерениях с равноточными значениями отсчета окончательный результат измерений

## Метрология

должен быть представлен в форме доверительного интервала:  $\bar{X} - t_p \cdot S / \sqrt{n} < X < \bar{X} + t_p \cdot S / \sqrt{n}$ , где  $t_p$  - коэффициент Стьюдента при заданной доверительной вероятности  $P$  (приложение Ж).

Если экспериментальные данные не подчиняются нормальному закону, то точность определения доверительного интервала невысока, и заданная доверительная вероятность не обеспечивается расчетом.

2.4. Заключение о годности контролируемого параметра делается на основании доверительного интервала. Если параметр нормируется полем допуска, то он считается годным, если доверительный интервал находится в пределах поля допуска. При нормировании одним предельным значением соответствующая граница доверительного интервала должна удовлетворять поставленному условию.

2.5. Список литературы составляется по правилам, изложенным в ГОСТ 7.1-2003.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Учебник для вузов -М.: Логос, 2009.
2. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.1. Общая теория измерений.-С.-Пб.:Питер, 2010.
3. Кошлякова И.Г., Ваганов В.А., Атоян Т.В. Практикум по метрологии и стандартизации. Пособие к решению задач.- Ростов н/Д, Изд. центр ДГТУ, 2013.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

Значения  $\alpha$ -процентных точек распределения  $t_{\alpha} = \frac{\max |x_i - \bar{x}|}{\sigma}$

Число наблюдений n	Уровень значимости $\alpha$ , %				
	0,1	0,5	1	5	10
3	1,414	1,414	1,414	1,414	1,412
4	1,732	1,730	1,728	1,710	1,689
5	1,994	1,982	1,972	1,917	1,869
6	2,212	2,183	2,161	2,067	1,996
7	2,395	2,344	2,310	2,182	2,093
8	2,547	2,476	2,431	2,273	2,172
9	2,677	2,586	2,532	2,349	2,238
10	2,788	2,680	2,616	2,414	2,294
11	2,884	2,760	2,689	2,470	2,343
12	2,969	2,830	2,753	2,519	2,387
13	3,044	2,892	2,809	2,563	2,426
14	3,111	2,947	2,859	2,602	2,461
15	3,171	2,997	2,905	2,638	2,494
16	3,225	3,042	2,946	2,670	2,523
17	3,274	3,083	2,983	2,701	2,551
18	3,320	3,120	3,017	2,728	2,577
19	3,361	3,155	3,049	2,754	2,601
20	3,400	3,187	3,079	2,779	2,623
21	3,436	3,217	3,106	2,801	2,644
22	3,469	3,245	3,132	2,823	2,664
23	3,500	3,271	3,156	2,843	2,683
24	3,529	3,295	3,179	2,862	2,701
25	3,556	3,318	3,200	2,880	2,718
26	3,582	3,340	3,220	2,897	2,734
27	3,606	3,360	3,239	2,913	2,749
28	3,629	3,380	3,258	2,929	2,764
29	3,651	3,399	3,275	2,944	2,778
30	3,672	3,416	3,291	2,958	2,792

$$\text{Значения функции } F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4813	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4874	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4986									
3,5	0,4998									
4,0	0,4999									

Значения, удовлетворяющие условию  $P(\chi^2 > \chi_{\alpha}^2) = \alpha$ 

Степени свободы k	Уровень значимости $\alpha$					
	0,200	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	1,64	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	3,22	4,61	5,98	7,38	9,21	10,60
3	4,64	6,25	7,81	9,35	11,30	12,80
4	5,99	7,78	9,49	11,10	13,30	14,90
5	7,29	9,24	11,10	12,80	15,10	16,70
6	8,56	10,60	12,60	14,40	16,80	18,50
7	9,80	12,00	14,10	16,00	18,50	20,30
8	11,00	13,40	15,50	17,50	20,10	22,00
9	12,20	14,70	16,90	19,00	21,70	23,60
10	13,40	16,00	18,30	20,50	23,20	25,20
11	14,60	17,30	19,70	21,90	24,70	26,80
12	15,80	18,50	21,00	23,30	26,20	28,30
13	17,00	19,80	22,40	24,70	27,70	29,80
14	18,20	21,10	23,70	26,10	29,10	31,30
15	19,30	22,30	25,00	27,50	30,60	32,80
16	20,50	23,50	26,30	28,80	32,00	34,30
18	22,80	26,00	28,90	31,50	34,80	37,20
20	25,00	28,40	31,40	34,20	37,60	40,00
22	27,3	30,8	33,9	36,8	40,3	42,8
24	29,6	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6
26	31,8	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3
28	34,0	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0
30	36,3	40,3	43,8	47,0	50,9	53,7
35	41,8	46,1	49,9	53,2	57,3	60,3
40	47,3	51,8	55,8	59,3	63,7	66,8
45	52,7	57,5	61,7	65,4	70,0	73,2
50	58,2	63,2	67,5	71,4	76,2	79,5
55	63,6	68,8	73,3	77,4	82,3	85,7
60	69,0	74,4	79,1	83,3	88,4	92,0
65	74,4	80,0	84,8	89,2	94,4	98,1
70	79,7	85,5	90,5	95,0	100,4	104,2
75	85,1	91,1	96,2	100,8	106,4	110,3
80	90,4	96,6	101,9	106,6	112,3	116,3
85	95,7	102,1	107,5	112,4	118,2	122,3
90	101,1	107,6	112,1	118,1	124,1	128,3
95	106,4	113,0	118,8	123,9	130,0	134,2
100	111,7	118,5	124,3	129,6	135,8	140,2

## Приложение Г

Значения процентных точек  $q$  для распределения  $d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{A}|}{n \cdot S^*}$

Уровень значимости $q, \%$	Число результатов измерений в группе, $n$											
	11	16	21	26	31	36	41	46	51	61	71	
1- $q/2$	99,0	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74
	95,0	0,72	0,72	0,73	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76
	90,0	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77
$q/2$	10,0	0,89	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83
	5,0	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,84	0,84
	1,0	0,94	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85

## Приложение Д

Значения доверительной вероятности  $P$  для составного критерия

$n$	10	11-14	15-20	21,22	23	24-27	28-32	33-35	36-49
$m$	1	1	1	2	2	2	2	2	2
$q/2-100\%$	1,00	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
	2,0	0,98	0,98	0,99	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
	5,0	0,96	0,97	0,98	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98

## Приложение Е

Значения доверительной вероятности  $P(\lambda)$  для критерия Колмогорова-Смирнова

$\lambda$	$P(\lambda)$	$\lambda$	$P(\lambda)$	$\lambda$	$P(\lambda)$
0,0	1,000	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,000	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,000	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,000	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,997	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,964	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001



## Приложение Ж

Коэффициент распределения Стьюдента

Число степеней свободы $f$	При доверительной вероятности $P$				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
1	6,31	12,71	31,82	63,68	636,62
2	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
3	2,35	3,18	4,54	5,84	12,92
4	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
5	2,02	2,57	3,37	4,06	6,87
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
7	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
8	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
$\infty$	1,65	1,96	2,33	2,58	3,29