

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**"МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ"**

Кафедра аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов

М.С. Кубланов

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ
СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

ПОСОБИЕ

по выполнению контрольного задания

*для студентов III курса
направления 162300
заочного обучения*

Москва - 2013

ББК 518
К88

Научный редактор и рецензент д-р техн. наук, проф. В.Г. Ципенко

Кубланов М.С.

К88 Методы и алгоритмы обработки статистических данных: Пособие по выполнению контрольного задания для студентов III курса направления 162300 заочного обучения. – М.: МГТУ ГА, 2013. – 12 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины Б.2.9. "Методы и алгоритмы обработки статистических данных" по учебному плану подготовки бакалавров направления 162300 "Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей" для студентов III курса заочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры АКПЛА 29.08.12 г. и методического совета по направлению 162300 11.09.12 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	3
2. МЕТОДИКА ВЫБОРА ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ.....	4
3. ПЛАНОВАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	4
4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	4
5. ЗАДАЧА № 1.....	5
6. ЗАДАЧА № 2.....	6
7. ЗАДАЧА № 3.....	8
8. ТАБЛИЦА ФУНКЦИИ ЛАПЛАСА	10

1. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При выполнении контрольной работы следует строго придерживаться указанных правил. Работы, выполненные с нарушениями этих правил, не зачитываются и возвращаются студенту для переработки.

1. Контрольную работу надо выполнять в тетради чернилами или шариковой ручкой любого цвета, **кроме красного, оставляя поля** для замечаний рецензента. Допустимо оформление контрольной работы производить на компьютере, **оставляя поля** для замечаний рецензента.

2. На обложке тетради должны быть четко написаны фамилия и инициалы студента, **учебный номер зачетки (шифр)**, название контрольной работы, название дисциплины; здесь же следует указать дату отсылки работы в университет и адрес студента. В конце работы следует проставить дату ее выполнения и **расписаться**.

3. В работу включаются **все** задачи контрольного задания **строго по положенному варианту**. Контрольные работы, содержащие не все задачи задания, а также содержащие задачи не своего варианта, не рецензируются и не зачитываются.

4. Решения задач следует располагать в порядке номеров, указанных в заданиях, сохраняя номера задач.

5. Перед решением каждой задачи надо выписать полностью ее условие, вставив числовые данные своего варианта.

6. Решения задач излагаются подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя ход решения.

7. После получения прорецензированной работы, как зачтенной, так и незачтенной, студент должен исправить все отмеченные ошибки и недочеты и выполнить все рекомендации.

Если рецензент предлагает внести в решения задач те или иные исправления или дополнения и прислать их для повторной проверки, то это необходимо

сделать в кратчайший срок.

В случае незачета работы и отсутствия прямого указания рецензента на то, что студент может ограничиться представлением исправленных решений отдельных задач, **вся работа** должна быть выполнена заново.

При высылаемых исправлениях должна обязательно находиться про-рецензированная работа с рецензией на нее. В связи с этим рекомендуется при выполнении контрольной работы оставлять в конце тетради несколько чистых листов для всех дополнений и исправлений в соответствии с указаниями рецензента. **Вносить исправления в сам текст работы после рецензирования запрещается!**

2. МЕТОДИКА ВЫБОРА ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Номер выполняемого студентом ВАРИАНТА определяется по правилам, указанным в УСЛОВИЯХ ЗАДАЧ контрольной работы.

3. ПЛАНОВАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Плановая трудоемкость контрольной работы составляет 7 часов без учета подготовки к собеседованию. При наличии предварительной подготовки студента (посещение всех лекций, знакомство с учебным пособием) общая трудоемкость составляет не более 5 часов.

4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

№ п/п	А в т о р	Н а и м е н о в а н и е, и з д а т е л ь с т в о, г о д и з д а н и я	Шифр библ. МГТУ ГА
1.	Кубланов М.С.	Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов // Моделирование систем и процессов: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ ГА, 2004. – Часть I. – 108 с.	517.8 К88
2.	Кубланов М.С.	Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов // Планирование экспериментов и обработка результатов измерений: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ ГА, 2004. – Часть II. – 124 с.	517.8 К88

5. ЗАДАЧА № 1

Раздел 1. Прикладные возможности первичной обработки информации
Тема 8*Типовая задача.*

Требуется разработать контрольную карту средних значений контролируемого параметра \bar{x} , определяемых по данным $N = 5$ замеров, для текущего контроля качества технологического процесса. Нижнюю и верхнюю контрольные границы определить по значениям соответствующих уровней значимости (вероятностей ошибок I рода в нижнюю и верхнюю стороны): $\alpha^- = 0,11$ и $\alpha^+ = 0,105$. Номинальное значение контролируемого параметра составляет: $a = 0,0450$, а среднее квадратическое отклонение: $\sigma = 0,02$.

Указание: проработать теоретический материал [2, § 5.8]

Решение.

В основе разработки контрольных карт [2, § 5.8] для \bar{x} лежат доверительные интервалы с опорной точкой в a и определяемые заданной доверительной вероятностью γ

$$P\{a - \delta^- < \bar{x} < a + \delta^+\} = \gamma.$$

Преобразуем это выражение, вычтя из всех трех частей неравенства величину a и поделив полученное на σ/\sqrt{N}

$$P\left\{-\frac{\delta^-}{\sigma}\sqrt{N} < \frac{\bar{x}-a}{\sigma}\sqrt{N} < \frac{\delta^+}{\sigma}\sqrt{N}\right\} = \gamma.$$

В нашем несимметричном случае, когда заданы вероятности ошибок в каждую сторону, следует строить доверительный интервал из двух неравных частей

$$P\left\{-\frac{\delta^-}{\sigma}\sqrt{N} < \frac{\bar{x}-a}{\sigma}\sqrt{N} < 0\right\} = \gamma^- \text{ и } P\left\{0 < \frac{\bar{x}-a}{\sigma}\sqrt{N} < \frac{\delta^+}{\sigma}\sqrt{N}\right\} = \gamma^+,$$

где $\gamma^- + \gamma^+ = \gamma$. Вероятность ошибки I рода в нижнюю сторону представляет собой вероятность **непопадания** в левый доверительный полуинтервал $\alpha^- = 0,5 - \gamma^-$, откуда $\gamma^- = 0,5 - \alpha^- = 0,39$. Аналогично $\gamma^+ = 0,5 - \alpha^+ = 0,395$.

Как известно [2, § 5.4], выборочная функция $\frac{\bar{x}-a}{\sigma}\sqrt{N}$ распределена по нормированному нормальному закону, что позволяет для вычисления вышеуказанных вероятностей попадания в интервал использовать функцию Лапласа, таблица которой приведена в разделе 8. С помощью этой таблицы по известным значениям функции (вероятностям $\gamma^- = 0,39$ и $\gamma^+ = 0,395$) найдем значения аргумента

$$u_{\gamma^-} = -u_{0,5-\alpha^-} = u_{0,39} = -\frac{\delta^-}{\sigma} \sqrt{N} = -1,23 \text{ и } u_{\gamma^+} = -u_{0,5-\alpha^+} = u_{0,395} = \frac{\delta^+}{\sigma} \sqrt{N} = 1,25 .$$

Отсюда, вычисляя δ^- и δ^+ , определяем контрольные границы

$$a - \delta^- = a - 1,23 \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 0,0450 - 0,0110 = 0,0340 ;$$

$$a + \delta^+ = a + 1,25 \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 0,0450 + 0,0112 = 0,0562 .$$

Таким образом, средняя величина 5 замеров контролируемого параметра должна удовлетворять условию

$$0,0340 < \bar{x} < 0,0562 .$$

Условие задачи контрольной работы

Требуется разработать контрольную карту средних значений контролируемого параметра \bar{x} , определяемых по данным $N = 4$ замеров, для текущего контроля качества технологического процесса. Нижнюю и верхнюю контрольные границы определить по значениям соответствующих уровней значимости (вероятностей ошибок I рода в нижнюю и верхнюю стороны): α^- и α^+ . Номинальное значение контролируемого параметра составляет a , а дисперсия σ .

Индивидуальные данные варианта составлять следующим образом:

$a = 0$, последние 3 цифры № зачетки;

$\sigma = 0,0$ последняя 1 значащая цифра № зачетки;

$\alpha^- = 0,0$ последние 2 цифры № зачетки (00 заменять на 10);

$\alpha^+ = 0,000$ последние 2 цифры № зачетки (00 заменять на 10).

6. ЗАДАЧА № 2

Раздел 3. Планирование эксперимента

Тема 15

Типовая задача.

Требуется определить необходимый объем летных испытаний для решения вопроса о возможности эксплуатации самолета на аэродроме с располагаемой посадочной дистанцией $L_{a/d}$. Допускается погрешность до $\delta = 50$ м и вероятности: ошибочного отвергания возможности эксплуатации до $\alpha = 0,1$ % и ошибочного принятия – до $\beta = 0,01$ %. В качестве значения среднеквадратического отклонения величины единичной посадочной дистанции принять $\sigma = 50$ м.

Указание: проработать теоретический материал [2, § 7.3].

Решение.

I способ – с помощью одностороннего доверительного интервала [2, § 7.3]. Так как отклонения значений посадочной дистанции в меньшую сторону для целей нашей практической задачи незначительны, то достаточно построить **односторонний** доверительный интервал: от $-\infty$ до $L_{a/d}$. Не входящая в него часть числовой оси правее $L_{a/d}$ представляет собой область риска принять неверное решение. Т.е. вероятность попадания истинного значения посадочной дистанции в эту область не должна превышать $\alpha = 0,1 \%$. В предположении, что центр распределения находится левее $L_{a/d}$ на величину допускаемой погрешности 50 м: $a_0 = L_{\text{пос}} = L_{a/d} - \delta$, среднее арифметическое значение \bar{L} посадочных дистанций при N посадках должно удовлетворять условию

$$P \left\{ \bar{L} > a_0 + \delta = L_{a/d} \right\} \alpha = 0,001.$$

После простых преобразований дополнительная к этой вероятность

$$\begin{aligned} P \left\{ \frac{\bar{L} - a_0}{\sigma} \sqrt{N} < \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{N} \right\} &= 1 - \alpha = 0,999 = \\ &= P \left\{ \frac{\bar{L} - a_0}{\sigma} \sqrt{N} < 0 \right\} + P \left\{ 0 < \frac{\bar{L} - a_0}{\sigma} \sqrt{N} < \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{N} \right\} = 0,5 + 0,5 - \alpha = 0,5 + 0,499 \end{aligned}$$

с помощью таблицы функции Лапласа (раздел 8) по значению функции $0,5 - \alpha = 0,499$ дает значение аргумента

$$u_{0,5-\alpha} = u_{0,499} = \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{N} > 3,09, \text{ т.е. } N > \frac{3,09^2 50^2}{50^2} = 9,55.$$

Таким образом, при этом способе оценки объема эксперимента необходимо произвести 10 посадок.

II способ – с помощью альтернативной гипотезы вида $H_1: a = a_1$.

Проанализируем требование точности. Заданная погрешность $\delta = 50$ м может интерпретироваться как величина уверенного (с некоторой вероятностью) **различения** двух значений $L_{\text{пос}}$. Тогда в качестве a_1 и a_0 следует рассматривать значения, различающиеся на эту величину: $a_1 = a_0 + \delta$.

Погрешность $\delta = 50$ м, рассматриваемая как расстояние между центрами двух однотипных распределений, выразится суммой расстояний по оси абсцисс до границы критической области x^* от центров a_1 и a_0 , т.е. суммой величин

$$u_{0,5-\alpha} = \frac{x^* - a_0}{\sigma / \sqrt{N}} \text{ и } u_{0,5-\beta} = \frac{a_1 - x^*}{\sigma / \sqrt{N}}.$$

Тогда, исключая x^* , можно получить выражения для необходимого объема эксперимента N и вычислить его с помощью Функции Лапласа (раздел 8)

$$N > (u_{0,5-\beta} + u_{0,5-\alpha})^2 \times \frac{\sigma^2}{(a_1 - a_0)^2} = (3,72 + 3,09) \times \frac{50^2}{50^2} = 46,38.$$

Т.е. на практике следовало бы по результатам 47 посадок вычислить среднюю величину посадочной дистанции \bar{L} и принять ее в качестве a_0 , выдвинув тем самым гипотезу $H_0: a = a_0$. Если вычисленная после этого граница критической области x^* окажется правее полученной величины \bar{L} и левее $L_{a/d}$, то не будет оснований отвергать гипотезу H_0 , т.е. можно разрешить эксплуатацию нового типа самолета на данном аэродроме.

Условие задачи контрольной работы

Требуется **двумя способами** (с помощью одностороннего доверительного интервала и альтернативной гипотезы вида: $H_1: a = a_1$) определить необходимый объем летных испытаний для решения вопроса о возможности эксплуатации самолета на аэродроме с располагаемой посадочной дистанцией $L_{a/d}$. Допускаются погрешность δ и вероятности: ошибочного отвергания возможности эксплуатации до α и ошибочного принятия – до β . В качестве значения среднеквадратического отклонения величины единичной посадочной дистанции принять σ .

Индивидуальные данные варианта выбирать следующим образом:

δ = последняя 1 значащая цифра № зачетки и **0** (десятки м);

σ = **пред**последняя 1 значащая цифра № зачетки и **0** (десятки м);

$\alpha = 0$, последние 2 цифры № зачетки (в %) (00 заменять на 10);

$\beta = 0,0$ последние 2 цифры № зачетки (в %, в 10 раз меньше α) (00 заменять на 10).

7. ЗАДАЧА № 3

Раздел 3. Планирование эксперимента

Тема 18

Типовая задача.

Требуется построить дробный план 2^{4-1} четырехфакторного двухуровневого эксперимента.

Указание: проработать теоретический материал [2, § 7.7].

Решение.

Для построения дробного плана 2^{f-k} f-факторного эксперимента можно взять полный план (f-k)-факторного эксперимента и добавить k столбцов любых взаимодействий (парных, тройных и т.д.). Такая конструкция обеспечивает ортогональность [2, § 7.6], т.е. возможность определения всех коэффициентов линейной регрессии.

Полный план можно составлять, руководствуясь следующим правилом, обеспечивающим полный перебор всевозможных комбинаций двух уровней

основных факторов (кроме фиктивного x_0 , который присутствует во всех опытах). В первом столбце знаки меняют через один. Во втором знаки встречаются парами, т.е. чередуются через 2. В третьем – четверками, чередуясь через 4. Далее, если необходимо – через следующие степени 2. Построенный по этому правилу полный план всегда обладает свойствами симметричности и ортогональности, что проверяется непосредственно.

В табл. 1 показан составленный по этому правилу полный план 2^3 трехфакторного двухуровневого эксперимента.

Для построения дробного плана 2^{4-1} четырехфакторного эксперимента достаточно добавить к этому плану один столбец взаимодействия, например, $x_4 = x_1x_2$, составив его из произведений соответствующих уровней факторов x_1 и x_2 . Итоговый дробный план 2^{4-1} четырехфакторного двухуровневого эксперимента приведен в табл. 2.

Таблица 1

№ опыта	Факторы			
	x_0	x_1	x_2	x_3
1	+1	+1	+1	+1
2	+1	-1	+1	+1
3	+1	+1	-1	+1
4	+1	-1	-1	+1
5	+1	+1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1
7	+1	+1	-1	-1
8	+1	-1	-1	-1
		 план		

Таблица 2

№ опыта	Факторы				
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4
1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	-1	+1	+1	-1
3	+1	+1	-1	+1	-1
4	+1	-1	-1	+1	+1
5	+1	+1	+1	-1	+1
6	+1	-1	+1	-1	-1
7	+1	+1	-1	-1	-1
8	+1	-1	-1	-1	+1

Условие задачи контрольной работы

Требуется построить дробный план 2^{f-k} f -факторного двухуровневого эксперимента.

Индивидуальные данные варианта выбирать по таблице:

последняя цифра № зачетки	f	k	последняя цифра № зачетки	f	k
0	10	6	5	5	1
1	11	7	6	6	2
2	5	2	7	7	3
3	6	3	8	8	4
4	7	4	9	9	5

8. ТАБЛИЦА ФУНКЦИИ ЛАПЛАСА

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{t^2}{2}} dt - 0,5$$

u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)
0.00	0.0000000	0.40	0.1554217	0.80	0.2881445	1.20	0.3849302
0.01	0.0039894	0.41	0.1590970	0.81	0.2910298	1.21	0.3868604
0.02	0.0079783	0.42	0.1627572	0.82	0.2938918	1.22	0.3887674
0.03	0.0119665	0.43	0.1664021	0.83	0.2967305	1.23	0.3906513
0.04	0.0159534	0.44	0.1700314	0.84	0.2995457	1.24	0.3925122
0.05	0.0199388	0.45	0.1736447	0.85	0.3023373	1.25	0.3943501
0.06	0.0239222	0.46	0.1772418	0.86	0.3051053	1.26	0.3961652
0.07	0.0279032	0.47	0.1808224	0.87	0.3078497	1.27	0.3979575
0.08	0.0318814	0.48	0.1843862	0.88	0.3105702	1.28	0.3997273
0.09	0.0358564	0.49	0.1879330	0.89	0.3132669	1.29	0.4014745
0.10	0.0398278	0.50	0.1914624	0.90	0.3159397	1.30	0.4031994
0.11	0.0437953	0.51	0.1949742	0.91	0.3185886	1.31	0.4049019
0.12	0.0477584	0.52	0.1984681	0.92	0.3212135	1.32	0.4065823
0.13	0.0517168	0.53	0.2019440	0.93	0.3238143	1.33	0.4082407
0.14	0.0556700	0.54	0.2054014	0.94	0.3263911	1.34	0.4098772
0.15	0.0596177	0.55	0.2088402	0.95	0.3289437	1.35	0.4114919
0.16	0.0635595	0.56	0.2122602	0.96	0.3314722	1.36	0.4130849
0.17	0.0674949	0.57	0.2156611	0.97	0.3339766	1.37	0.4146564
0.18	0.0714237	0.58	0.2190426	0.98	0.3364568	1.38	0.4162065
0.19	0.0753454	0.59	0.2224046	0.99	0.3389128	1.39	0.4177354
0.20	0.0792597	0.60	0.2257468	1.00	0.3413446	1.40	0.4192432
0.21	0.0831662	0.61	0.2290690	1.01	0.3437522	1.41	0.4207300
0.22	0.0870644	0.62	0.2323710	1.02	0.3461356	1.42	0.4221960
0.23	0.0909541	0.63	0.2356526	1.03	0.3484949	1.43	0.4236413
0.24	0.0948349	0.64	0.2389136	1.04	0.3508299	1.44	0.4250662
0.25	0.0987063	0.65	0.2421538	1.05	0.3531408	1.45	0.4264706
0.26	0.1025681	0.66	0.2453730	1.06	0.3554276	1.46	0.4278548
0.27	0.1064199	0.67	0.2485710	1.07	0.3576902	1.47	0.4292190
0.28	0.1102612	0.68	0.2517477	1.08	0.3599288	1.48	0.4305632
0.29	0.1140919	0.69	0.2549028	1.09	0.3621433	1.49	0.4318877
0.30	0.1179114	0.70	0.2580362	1.10	0.3643338	1.50	0.4331927
0.31	0.1217195	0.71	0.2611478	1.11	0.3665003	1.51	0.4344781
0.32	0.1255158	0.72	0.2642374	1.12	0.3686430	1.52	0.4357444
0.33	0.1293000	0.73	0.2673048	1.13	0.3707617	1.53	0.4369915
0.34	0.1330717	0.74	0.2703499	1.14	0.3728567	1.54	0.4382197
0.35	0.1368306	0.75	0.2733725	1.15	0.3749279	1.55	0.4394291
0.36	0.1405764	0.76	0.2763726	1.16	0.3769754	1.56	0.4406199
0.37	0.1443087	0.77	0.2793499	1.17	0.3789994	1.57	0.4417923
0.38	0.1480273	0.78	0.2823044	1.18	0.3809997	1.58	0.4429464
0.39	0.1517317	0.79	0.2852360	1.19	0.3829767	1.59	0.4440825

u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$
1.60	0.4452006	2.05	0.4798177	2.50	0.4937903	2.95	0.4984111
1.61	0.4463009	2.06	0.4803007	2.51	0.4939634	2.96	0.4984618
1.62	0.4473837	2.07	0.4807738	2.52	0.4941322	2.97	0.4985110
1.63	0.4484491	2.08	0.4812372	2.53	0.4942968	2.98	0.4985587
1.64	0.4494973	2.09	0.4816910	2.54	0.4944573	2.99	0.4986051
1.65	0.4505284	2.10	0.4821355	2.55	0.4946138	3.00	0.4986501
1.66	0.4515427	2.11	0.4825708	2.56	0.4947664	3.01	0.4986938
1.67	0.4525402	2.12	0.4829969	2.57	0.4949150	3.02	0.4987361
1.68	0.4535212	2.13	0.4834141	2.58	0.4950600	3.03	0.4987772
1.69	0.4544859	2.14	0.4838226	2.59	0.4952012	3.04	0.4988171
1.70	0.4554344	2.15	0.4842223	2.60	0.4953388	3.05	0.4988558
1.71	0.4563669	2.16	0.4846136	2.61	0.4954729	3.06	0.4988933
1.72	0.4572837	2.17	0.4849965	2.62	0.4956035	3.07	0.4989297
1.73	0.4581847	2.18	0.4853712	2.63	0.4957307	3.08	0.4989650
1.74	0.4590704	2.19	0.4857378	2.64	0.4958547	3.09	0.4989992
1.75	0.4599407	2.20	0.4860965	2.65	0.4959754	3.10	0.4990324
1.76	0.4607960	2.21	0.4864474	2.66	0.4960929	3.11	0.4990646
1.77	0.4616363	2.22	0.4867906	2.67	0.4962074	3.12	0.4990957
1.78	0.4624619	2.23	0.4871262	2.68	0.4963189	3.13	0.4991260
1.79	0.4632729	2.24	0.4874545	2.69	0.4964274	3.14	0.4991553
1.80	0.4640696	2.25	0.4877755	2.70	0.4965330	3.15	0.4991836
1.81	0.4648520	2.26	0.4880893	2.71	0.4966358	3.16	0.4992111
1.82	0.4656204	2.27	0.4883962	2.72	0.4967359	3.17	0.4992378
1.83	0.4663749	2.28	0.4886961	2.73	0.4968333	3.18	0.4992636
1.84	0.4671158	2.29	0.4889893	2.74	0.4969280	3.19	0.4992886
1.85	0.4678431	2.30	0.4892758	2.75	0.4970202	3.20	0.4993129
1.86	0.4685571	2.31	0.4895559	2.76	0.4971099	3.21	0.4993363
1.87	0.4692580	2.32	0.4898295	2.77	0.4971972	3.22	0.4993590
1.88	0.4699459	2.33	0.4900969	2.78	0.4972820	3.23	0.4993810
1.89	0.4706209	2.34	0.4903581	2.79	0.4973646	3.24	0.4994023
1.90	0.4712833	2.35	0.4906132	2.80	0.4974449	3.25	0.4994230
1.91	0.4719333	2.36	0.4908625	2.81	0.4975229	3.26	0.4994429
1.92	0.4725710	2.37	0.4911059	2.82	0.4975988	3.27	0.4994623
1.93	0.4731965	2.38	0.4913436	2.83	0.4976726	3.28	0.4994810
1.94	0.4738101	2.39	0.4915758	2.84	0.4977443	3.29	0.4994991
1.95	0.4744119	2.40	0.4918024	2.85	0.4978140	3.30	0.4995166
1.96	0.4750020	2.41	0.4920237	2.86	0.4978818	3.31	0.4995335
1.97	0.4755807	2.42	0.4922397	2.87	0.4979476	3.32	0.4995499
1.98	0.4761482	2.43	0.4924506	2.88	0.4980116	3.33	0.4995658
1.99	0.4767044	2.44	0.4926563	2.89	0.4980738	3.34	0.4995811
2.00	0.4772498	2.45	0.4928572	2.90	0.4981342	3.35	0.4995959
2.01	0.4777843	2.46	0.4930531	2.91	0.4981928	3.36	0.4996103
2.02	0.4783082	2.47	0.4932443	2.92	0.4982498	3.37	0.4996242
2.03	0.4788217	2.48	0.4934308	2.93	0.4983052	3.38	0.4996376
2.04	0.4793248	2.49	0.4936128	2.94	0.4983589	3.39	0.4996505

Окончание таблицы функции Лапласа

u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$	u	$\Phi(u)$
3.40	0.4996631	3.85	0.4999409	4.30	0.4999915	4.75	0.4999990
3.41	0.4996752	3.86	0.4999433	4.31	0.4999918	4.76	0.4999990
3.42	0.4996869	3.87	0.4999456	4.32	0.4999922	4.77	0.4999991
3.43	0.4996982	3.88	0.4999478	4.33	0.4999925	4.78	0.4999991
3.44	0.4997091	3.89	0.4999499	4.34	0.4999929	4.79	0.4999992
3.45	0.4997197	3.90	0.4999519	4.35	0.4999932	4.80	0.4999992
3.46	0.4997299	3.91	0.4999539	4.36	0.4999935	4.81	0.4999992
3.47	0.4997398	3.92	0.4999557	4.37	0.4999938	4.82	0.4999993
3.48	0.4997493	3.93	0.4999575	4.38	0.4999941	4.83	0.4999993
3.49	0.4997585	3.94	0.4999593	4.39	0.4999943	4.84	0.4999994
3.50	0.4997674	3.95	0.4999609	4.40	0.4999946	4.85	0.4999994
3.51	0.4997759	3.96	0.4999625	4.41	0.4999948	4.86	0.4999994
3.52	0.4997842	3.97	0.4999641	4.42	0.4999951	4.87	0.4999994
3.53	0.4997922	3.98	0.4999655	4.43	0.4999953	4.88	0.4999995
3.54	0.4997999	3.99	0.4999670	4.44	0.4999955	4.89	0.4999995
3.55	0.4998074	4.00	0.4999683	4.45	0.4999957	4.90	0.4999995
3.56	0.4998146	4.01	0.4999696	4.46	0.4999959	4.91	0.4999995
3.57	0.4998215	4.02	0.4999709	4.47	0.4999961	4.92	0.4999996
3.58	0.4998282	4.03	0.4999721	4.48	0.4999963	4.93	0.4999996
3.59	0.4998347	4.04	0.4999733	4.49	0.4999964	4.94	0.4999996
3.60	0.4998409	4.05	0.4999744	4.50	0.4999966	4.95	0.4999996
3.61	0.4998469	4.06	0.4999755	4.51	0.4999968	4.96	0.4999996
3.62	0.4998527	4.07	0.4999765	4.52	0.4999969	4.97	0.4999997
3.63	0.4998583	4.08	0.4999775	4.53	0.4999971	4.98	0.4999997
3.64	0.4998637	4.09	0.4999784	4.54	0.4999972	4.99	0.4999997
3.65	0.4998689	4.10	0.4999793	4.55	0.4999973	5.00	0.4999997
3.66	0.4998739	4.11	0.4999802	4.56	0.4999974		
3.67	0.4998787	4.12	0.4999811	4.57	0.4999976		
3.68	0.4998834	4.13	0.4999819	4.58	0.4999977		
3.69	0.4998879	4.14	0.4999826	4.59	0.4999978		
3.70	0.4998922	4.15	0.4999834	4.60	0.4999979		
3.71	0.4998964	4.16	0.4999841	4.61	0.4999980		
3.72	0.4999004	4.17	0.4999848	4.62	0.4999981		
3.73	0.4999043	4.18	0.4999854	4.63	0.4999982		
3.74	0.4999080	4.19	0.4999861	4.64	0.4999983		
3.75	0.4999116	4.20	0.4999867	4.65	0.4999983		
3.76	0.4999150	4.21	0.4999872	4.66	0.4999984		
3.77	0.4999184	4.22	0.4999878	4.67	0.4999985		
3.78	0.4999216	4.23	0.4999883	4.68	0.4999986		
3.79	0.4999247	4.24	0.4999888	4.69	0.4999986		
3.80	0.4999277	4.25	0.4999893	4.70	0.4999987		
3.81	0.4999305	4.26	0.4999898	4.71	0.4999988		
3.82	0.4999333	4.27	0.4999902	4.72	0.4999988		
3.83	0.4999359	4.28	0.4999907	4.73	0.4999989		
3.84	0.4999385	4.29	0.4999911	4.74	0.4999989		