

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

**З. Я. Шабакеева, Е. Н. Ленивко**

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
по дисциплине**

**«Управление качеством, метрология и стандартизация»  
для студентов специальности 1-51 02 02  
«Разработка и эксплуатация нефтяных  
и газовых месторождений»  
дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2009**

УДК 658.56(075.8)  
ББК 30.607я73  
Ш12

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 6 от 28.06.2007 г.)*

Рецензент: декан машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук, доц. *А. Т. Бельский*

**Шабакеева, З. Я.**  
Ш12 Контроль качества продукции. Управление качеством : лаборатор. практикум по дисциплине «Управление качеством, метрология и стандартизация» для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» днев. и заоч. форм обучения / З. Я. Шабакеева, Е. Н. Ленивко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 16 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрена методика и последовательность выполнения контроля качества продукции. Приведены статистические методы контроля и управления качеством продукции. Даны примеры построения контрольных карт и форма контрольного листка для регистрации первичных данных контроля. Содержится методика выполнения работы для определения качества продукции по заданному объему выборки контролируемых параметров с учетом качественных и количественных признаков.

Для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 658.56(075.8)**  
**ББК 30.607я73**

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2009

## ВВЕДЕНИЕ

**Цель работы:** изучить теоретические основы контроля качества продукции и управления качеством, а также освоить практические навыки по контролю качества изделий с использованием статистических методов, отвечающих современному уровню и решению проблем повышения качества продукции.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Управление качеством на предприятии – это такой вид руководящей деятельности, который обеспечивает проектирование, изготовление и реализацию товаров, обладающих достаточно высокой степенью полезности и удовлетворяющей запросы потребителей.

Управление включает функции планирования – осуществления контроля управляющего воздействия. То есть управление качеством, это круговой цикл, который вверен группе предварительного контроля и анализа конструкций.

Для управления качеством продукции и его повышения необходимо уметь правильно и своевременно оценить уровень качества. Оценка уровня качества продукции является основой для выработки необходимых управляющих воздействий в системе управления качеством продукции.

Научной основой современного технического контроля стали математико-статистические методы. Управление качеством продукции может обеспечиваться двумя методами: посредством разбраковки изделий и путём повышения технологической точности. Издавна методы контроля сводились к анализу брака путём сложной проверки изделий на выходе. При массовом производстве сплошной контроль очень дорог. Поэтому, в настоящее время переходят к выборочному контролю с применением статистических методов обработки результатов.

В отечественной и зарубежной системах управления качеством продукции широко используют статистические методы анализа качества.

Статистический анализ – это исследование условий и факторов, влияющих на качество продукции.

Обычно для анализа данных на рабочем участке на предприятиях используют специально подобранные несложные для понимания и применения статистические методы – так называемые «семь инструментов контроля качества»:

1. Контрольный лист.
2. Графики.
3. Диаграмма Парето.
4. Причинно-следственная диаграмма.
5. Гистограмма.
6. Диаграмма разброса.
7. Контрольные карты.

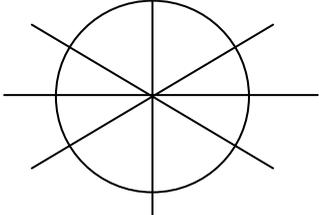
Статистический анализ с использованием контрольных карт.

Одним из базовых принципов управления качеством состоит в принятии решений на основе фактов. Наиболее полно это решается методом моделирования процессов, как производственных, так и управленческих, инструментами математической статистики. Представленные выше 7 методов анализа процессов являются достаточно простыми в использовании, сохраняют связь со статистикой и дают профессионалам возможность проводить глубокий анализ результатов, а при необходимости – совершенствовать их.

Контрольные листки – это инструменты первичной регистрации данных. Контрольные листки могут применяться как при контроле по качественным признакам, так и при контроле по количественным признакам.

Таблица 1

### Пример формы контрольного листка

Наименование документа	Контрольный листок по видам дефектов	
Предприятие: _____ Цех _____	Изделие _____ Операция _____ Контролер _____	Количество деталей _____
		
Тип дефектов	Данные контроля	Итоги
Деформации	////	5
Царапины	////////	8
Трещины	///	3
Раковины	/	1
Прочие	////	6
Всего		

**Контрольная карта  $\bar{X} - R$**  (средних арифметических значений и размахов) осуществляет контроль за изменением среднего арифметического и контрольной карты  $R$ , контролирующей изменение рассеивания значений показателя качества. Эта карта применяется при изменении таких регулируемых показателей, как длина, масса, диаметр, предел прочности при растяжении и т. д.

Применяется на продукцию серийного и массового производства, на технологических процессах с запасом точности при коэффициенте точности  $K_T$ , который находится в пределах  $0,75 \dots 0,85$  и показателях качества, которые распределяются по закону Гаусса или Максвелла.

**Контрольная карта  $P$**  (для доли дефектности изделий) применяется для контроля и регулирования технологического процесса (после проверки небольшой части изделий и разделения их на доброкачественные и дефектные изделия) на основе использования доли дефектных изделий, полученной делением числа обнаруженных дефектных изделий на число проверенных изделий.

**Контрольная карта  $PN$**  применяется для контроля в случаях, когда контролируемым параметром является число дефектных изделий при постоянном объеме выборок  $n$ . Эта контрольная карта соответствует контрольной карте « $P$ » с вариантом постоянного « $n$ » и по существу одинакова с ней.

**Контрольная карта  $\tilde{X} - R$**  применяется для таких же элементов контроля, что и  $\bar{X} - R$ , но менее точных процессов (8 квалитет и ниже).

При контроле по количественному признаку о разладке технологического процесса судят как по среднему значению контролируемого параметра, так и по рассеиванию значений контролируемого параметра относительно этого среднего значения. Смещение среднего значения (в любую сторону) относительно середины поля допуска и увеличения рассеивания приводит к увеличению доли дефектной продукции.

В качестве средних значений при статистическом регулировании используют либо среднее арифметическое значение  $\bar{X}$ , либо меридиану  $\tilde{X}$ , соответственно строят либо  $\bar{X}$  - карту, либо  $\tilde{X}$  - карту.

В качестве характеристики рассеивания при статистическом регулировании используют выборочное среднее квадратическое откло-

нение  $S$ , либо размах  $R$  и соответственно строят либо  $S$  – карту, либо  $R$  – карту.

При статистическом регулировании технологического процесса при контроле по количественному признаку используют двойные контрольные карты, на одной из которых среднее значение ( $\bar{X}$  или  $\tilde{X}$ ), а на другой – характеристику рассеивания ( $S$  или  $R$ ) (рис.6).

*Для построения контрольной карты необходимо предварительно определить границы регулирования:*

- для  $\bar{X}$  - карты и  $\tilde{X}$  - карты две границы регулирования – верхнюю  $ГР_{В}$  и нижнюю  $ГР_{Н}$ ;
- для  $R$  – карты или  $S$  – карты вычисляют по одной границе регулирования – верхнюю  $ГР_{В}$  (так как достаточно следить лишь за увеличением рассеивания).

Для определения границ регулирования необходимо знать параметры нормального распределения  $\mu$  (математическое ожидание) и  $\sigma$  (среднее квадратическое значение).

В результате предварительного исследования состояния технологического процесса решают следующие задачи:

- 1) получают оценки параметров нормального распределения  $\mu$  и  $\sigma$ ;
- 2) определяют вероятную долю дефектной продукции  $P$ ;
- 3) определяют коэффициент точности  $K_T$ .

## **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить методы контроля качеством и управления качеством продукции.

2. Выбрать показатели качества (контролируемые параметры) детали (резьба, диаметр вала), объём контроля, объём выборки контролируемых параметров, средство контроля, точность контролируемого параметра.

3. Провести контроль качества продукции (детали) по качественным и количественным признакам. Выявить наличие дефектов на изделиях контролируемой партии. Заполнить контрольный листок.. По наибольшему количеству встречаемых дефектов провести регулирование процессом используя статистический метод управления качеством.

4. Выбрать допустимые отклонения исследуемых параметров:  $es$  и  $ei$ .

Для простоты вычисления измерительный прибор настроить на размер контролируемого параметра, учитывая допускаемые отклонения. Например:

контролируемый параметр

$$d = 26 \text{ мм}; es = -0,005 \text{ мм}; ei = -0,019 \text{ мм}$$

$$d_{max} = 26 - 0,005 = 25,995 \text{ мм}$$

$$d_{min} = 26 - 0,019 = 25,981 \text{ мм}$$

Измерительный прибор настроен на размер 25,980, поэтому из полученных значений вычитаем по 25,980, получим данные для дальнейших расчетов.:

$$T_B = 25,995 - 25,980 = 15 \text{ мкм}$$

$$T_H = 25,981 - 25,980 = 1 \text{ мкм}$$

1. Получить параметры партий деталей и занести полученные данные в таблицу

Таблица 2

### Результаты контроля

Объём контроля IV - ...		Объём выборки n = ...			Средство контроля – ...		Точность контроля ...	
Дата, время	№ выборки	Результаты контроля					$\bar{X}_i$	$R_i$
7.00	1							
8.00	2							
9.00	3							
...	...							
...	$n_i$							
		$\mu = \dots \quad K_T = \dots \quad \sigma = \dots$						
		$\Sigma$						

Среднеарифметическое значение параметра определяем по формуле:

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

Значение размахов  $R_i$  параметров выборки определяются как разница между максимальными и минимальными значениями контролируемого параметра  $X_i$  в выборке, т.е.

$$R_i = Xi_{max} - Xi_{min}$$

5. Произвести расчёт параметров нормального распределения  $\mu$  (математическое ожидание) и  $\sigma$  (среднее квадратическое значение) по формулам:

$$\mu = \bar{X} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \bar{X}_i \quad (1)$$

где

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ji} \quad \left( \begin{array}{l} i = 1, 2 \dots k \\ j = 1, 2 \dots n \end{array} \right) \quad (2)$$

$K$  – количество выборок;  $n$  – объём выборки;  $X$  – контролируемый параметр.

Для оценки  $\sigma$  можно использовать три метода.

Первый метод:

$$\mu = S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{b=1}^n (X_b - \bar{X})^2}, b = 1, 2 \dots N, \quad (3)$$

где  $N$  – объём контроля

$$N = n k$$

$X_b$  – результаты контроля, полученные на стадии предварительного-исследования;  $\bar{X}$  – среднее арифметическое результатов контроля  $\bar{X}$ .

Второй метод: оценку  $\sigma$  получают как среднее арифметическое  $K$  значений  $S_i$ , умноженное на поправочный коэффициент  $C_2$  (табл.3)

$$\sigma = \bar{S} \cdot C_2, \text{ где } \bar{S} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S_i \quad (4)$$

Таблица 3

Значение поправочного коэффициента  $C_2$

Коэффициент $C_2$	Объём выборки, n							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,89	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97

Третий метод: оценку  $\sigma$  получают как среднее арифметическое  $K$  значений  $R_i$ , делённое на поправочный коэффициент  $d_2$  (табл.4):

$$\sigma = \bar{R} / d_2, \quad (5)$$

где  $R$  – размах

$$R = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K R_i$$

Таблица 4

Значение поправочного коэффициента  $d_2$

Коэффициент $d_2$	Объём выборки, $n$							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	1,69	2,06	2,33	2,83	2,70	2,85	2,97	3,08

2. Определить долю дефектности продукции  $P$ . Вероятную долю дефектной продукции  $P$  вычисляют по формуле

$$P = 1 - \Phi\left(\frac{T_B - \mu}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{T_H - \mu}{\sigma}\right), \quad (6)$$

где  $T_B, T_H$  – верхняя и нижняя граница поля допуска;  $\mu$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра;  $\Phi(x)$  – функция нормального распределения (приложение 1.1);  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра.

Из формулы (6) следует, что доля дефектной продукции будет тем большей, чем больше будет  $\sigma$  и чем больше будет отклонение  $\mu$  от  $\mu_0$ , где  $\mu_0$  – среднее значение контролируемого параметра при налаженном состоянии технологического процесса.

$$\mu_0 = \frac{T_B - T_H}{2}$$

где  $T_B$  и  $T_H$  – верхняя и нижняя границы допуска

Если вероятная доля дефектной продукции не превышает 3 %, то процесс считается удовлетворительным.

6. Оценить данный технологический процесс, используя коэффициент точности:

$$K_T = \frac{6\sigma}{T_B - T_H}$$

Чем меньше значение  $K_T$ , тем больше запас точности и тем больше гарантия бездефектного изготовления продукции.

Если  $K_T$  больше норматива 0,98, то данный процесс признаётся неудовлетворительным и следует попытаться каким-то образом улучшить его, а затем вновь определить  $K_T$ .

3. Выбирать контрольную карту и определить границ регулирования по формулам таблицы 5 используя коэффициенты, приведенные в таблице 6.

Таблица 5

**Формулы для вычисления границ регулирования**

Наименование контрольной карты	Границы регулирования	Условия применения
Карта средних арифметических значений ( $\bar{X}$ – карта)	$ГР_{BH} = \mu_0 \pm A_1\sigma$	Если $\sigma$ известна
	$ГР_{BH} = \mu_0 \pm A_1S$ $ГР_{BH} = \mu_0 \pm A_2C_2\bar{S}$	Если $\sigma$ неизвестна
	$ГР_{BH} = \mu \pm A_3\bar{R} / d_2$	
Карта медиан ( $\tilde{X}$ – карта)	$ГР_{BH} = \mu_0 \pm A_4\bar{R}$	Если $\sigma$ известна
	$ГР_{BH} = \mu_0 \pm A_4\tilde{R}$	Если $\sigma$ неизвестна $\tilde{R}$ – медиана $K$ размахов $R_i$
Карта средних квадратических значений ( $S$ – карта)	$ГР_B = B \cdot \bar{S}$	
Карта размахов ( $R$ – карта)	$ГР_B = D \cdot \bar{R}$	
Коэффициенты	$A_1, A_2, A_3, A_4, B, D$	Представлены в таблице 6

Коэффициенты для вычисления границ регулирования

Коэффициент	Объём выборки, n							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A <sub>1</sub>	1,74	1,5	1,34	1,23	1,13	1,06	1,00	0,95
A <sub>2</sub>	1,49	1,29	1,15	1,05	0,97	0,91	0,86	0,81
A <sub>3</sub>	1,96	1,63	1,43	1,29	1,18	1,1	1,03	0,98
A <sub>4</sub>	1,68	1,4	1,23	1,11	1,02	0,94	0,89	0,84
B	2,57	2,27	2,09	1,96	1,89	1,82	1,77	1,71
Д	2,57	1,28	2,11	2,00	1,92	1,86	1,82	1,78

Например, для определения границ для  $\bar{X} - R$  карты необходимо провести следующие расчеты.

7. Определить границы регулирования для  $\bar{X}$ -карты по таблице 4. Так как оценку  $\sigma$  мы получаем на основе размаха, то

$$ГР_{В} = \mu_0 + A_3 (R/d_2);$$

$$ГР_{Н} = \mu_0 - A_3 (R/d_2),$$

где  $\mu_0$  – середина допуска;  $A_3 = 1,43$  при выборке  $n = 5$  (таблица 6)

$$\sigma = \bar{R} / d_2$$

Определим границу регулирования для  $R$  – карты:  $ГР_{В} = Д \cdot \bar{R}$  (таблица 6)

Значение коэффициента  $Д$  выбираем по таблице 5, при выборке  $n = 5$ ,  $Д = 2,11$

8. Построить по выбранному масштабу контрольную карту.

При построении контрольной карты (рис. 1,2) на ней отмечают значения, полученные по результатам выборочного контроля.

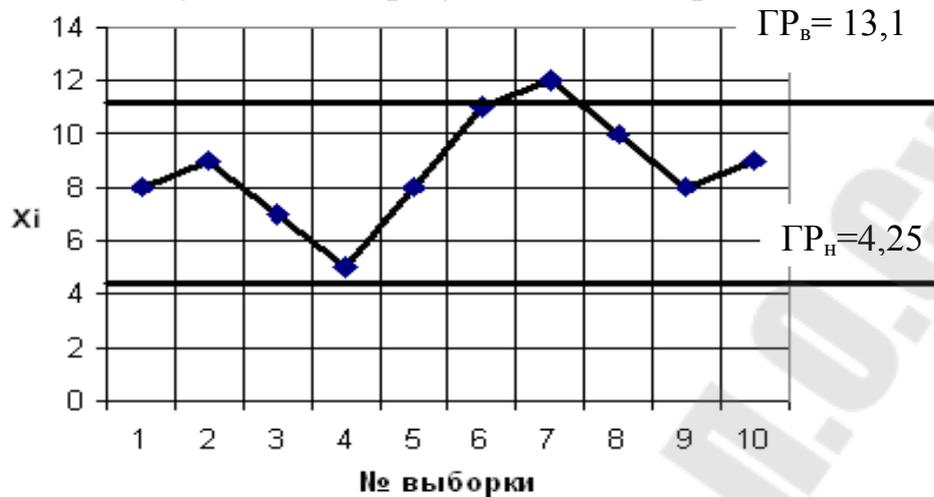


Рис. 1. Контрольная X-карта.

Например, на  $\bar{X}$ -карте отмечают средние арифметические значения, полученные по формуле  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ , а на R-карте отмечают размахи, которые определяются как разница между максимальными и минимальными значениями контролируемого параметра X в выборке, т. е.

$$R_i = X_{i \max} - X_{i \min}$$



Рис. 2. Контрольная R-карта.

9. По полученным данным статистического регулирования осуществить (предложить) управляющие действия для повышения качества изделия.

Для этого необходимо наладить основное и вспомогательное оборудование, убедиться, что идёт годная продукция и через установленное время – 1 ч – отобрать на контроль выборку  $n = 5$  деталей, измерить, определить  $\bar{X}$  и  $R$ , сравнить и отметить на карте. Если точки не выходят за пределы регулирования, процесс продолжается, если выходят – осуществляют дополнительный поиск причин возникновения брака и подналадку оборудования, то есть проводят управляющее воздействие на процесс изготовления.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить методы контроля качества и управления качеством продукции.
2. Выбрать показатели качества контролируемой партии деталей.
3. Провести контроль партии деталей по качественным и количественным признакам.
4. По результатам контроля заполнить контрольный листок.
5. Получить параметры партий деталей и занести полученные данные в таблицу 1.
6. Произвести расчёт параметров  $\mu$  и  $\sigma$  по формулам (1) и (2), (3), (4), (5).
7. Определить долю дефектной продукции по формуле (6).
8. Определить коэффициент точности  $K_T$  по формуле (7).
9. Выбрать контрольную карту.
10. Определить границы регулирования контрольной карты.
11. Построить по выбранному масштабу контрольную карту.
12. По полученным данным статистического регулирования осуществить (предложить) управляющие действия для повышения качества изделия.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Понятие управления качеством продукции.
2. Что называется качеством продукции?
3. Что такое количественные и качественные характеристики качество продукции?
4. Понятие показателя качества продукции.
5. Для чего используются статистические методы оценки качества продукции.
6. Перечислить виды контрольных карт.

## ЛИТЕРАТУРА

1. И.И.Мазур., В.Д.Шапиро. Управление качеством. – М.: Омега – Л., 2007.-400с.
2. В.И.Гиссин. Управление качеством продукции. – Ростов н/Д: Феникс, 2000.-256 с.
3. В.Ю.Огвоздин. Управление качеством. – М.: «Дело и Сервис», 2002.-157 с.
4. Е.М.Купряков. Стандартизация и качество промышленной продукции. – М.: 235 с.

## Приложение

Таблица П 1.1

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

t	Сотые доли t									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0909	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1555	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2045	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2952
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4834	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4865	4868	4871	4870	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974

t	Сотые доли t									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4981	4982	4982	4983	4984	4984	4985	4985	4986	4986
3,0	9865	9869	9874	9878	9882	9886	9889	9893	9896	9900
3,1	9903	9906	9909	9912	9916	9918	9921	9924	9926	9929
3,2	9931	9934	9936	9938	9940	9942	9944	9946	9948	9950
3,3	9952	9954	9955	9957	9958	9960	9961	9962	9964	9965
3,4	9966	9968	9969	9970	9971	9972	9973	9974	9975	9976
3,5	9977	-	-	-	-	9981	-	-	-	-
3,6	9984	-	-	-	-	9987	-	-	-	-
3,7	9989	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,8	99928	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,9	99952	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	999683	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	999966	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	999997									

\* Значение 0 для  $\Phi(t)$  опущено, а для  $t = 3,0$  и выше опущено 0,4 (помещены десятичные значения, начиная со второго знака после запятой). Пример:  $t = 3,25$ ;  $\Phi(t) = 0,49942$ .

**Шабакеева Зинаида Якубовна  
Ленивко Елена Николаевна**

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.  
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

**Лабораторный практикум  
по дисциплине**

**«Управление качеством, метрология и стандартизация»  
для студентов специальности 1-51 02 02  
«Разработка и эксплуатация нефтяных  
и газовых месторождений»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 16.06.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1,0.

Изд. № 148.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.