

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГАСУ»)

Кафедра строительных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению курсового проекта по дисциплине «Управление и контроль  
качества дорожно-строительных материалов»

Для магистров направления 08.04.01 Строительство  
Направленность (профиль) «Проектирование, строительство и эксплуатация  
автомобильных дорог»

Казань 2017

Составитель: Д.С. Смирнов, И.Ю. Майстренко, Э.Н. Азаревич

УДК 691:620

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Управление и контроль качества дорожно-строительных материалов» КГАСУ; Сост.: Д.С. Смирнов, И.Ю. Майстренко, Э.Н. Азаревич. Казань, 2017. – 17 с.

Настоящие методические указания содержат материалы, необходимые для выполнения студентами курсового проекта по дисциплине «Управление и контроль качества дорожно-строительных материалов».

Составлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом по направлению 08.04.01 Строительство.

© Казанский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2017 г.

## Содержание

Введение.....	
Элементы организации контроля качества работ .....	4
Пример статистического регулирования качества уплотнения асфальтобетонного покрытия .....	7
Пример статистического приемочного контроля качества уплотнения асфальтобетонного покрытия .....	8
Обработка результатов многократных равноточных измерений.....	8
Задание на проектирование.....	14
Список использованных источников.....	17

# ЭЛЕМЕНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАБОТ

## Введение

Входной контроль заключается в оценке рабочей документации, свойств компонентов асфальтобетонной смеси и направлен на применение материалов, пригодных для объекта строительства.

Операционный контроль осуществляется при выполнении технологических операций и направлен на своевременное выявление причин возникновения технологических дефектов с последующим внесением корректив в технологию работ. Операционному контролю должна предшествовать настройка технологического процесса на эталонном участке, в результате которой необходимо получить технологические параметры операций, обеспечивающие заданное качество покрытия. Например, пробная укатка.

Основными документами при операционном контроле являются схемы операционного контроля качества, входящие в состав технологических карт.

Приемочный контроль производится для оценки достигнутого уровня качества асфальтобетонного покрытия.

Технологический процесс строительства асфальтобетонных покрытий характеризуется взаимным сочетанием и влиянием ряда случайных факторов, связанных с неоднородностью применяемых материалов, разнообразием выполняемых операций, производимых в изменчивых погодных условиях. Поэтому величины показателей качества варьируют в различных диапазонах.

Высокая однородность асфальтобетонных покрытий является обязательным условием обеспечения их качества. Практически единственным направлением совершенствования контроля качества асфальтобетонных покрытий является переход на статистические методы. Сущность статистических методов контроля качества заключается в управлении технологическим процессом на основе выполнения выборочных испытаний материалов и конечной продукции.

На уровень качества асфальтобетонных покрытий непосредственное влияние оказывают точность и стабильность технологических операций.

**Точность** - свойство технологической операции обеспечивать соответствие поля рассеяния значений показателя изготовления заданному полю допуска и его расположению.

**Стабильность** - свойство технологической операции сохранять показатели качества в заданных пределах в течение определенного времени.

Обеспечение точности и стабильности технологической операции достигается ее настройкой с последующим статистическим регулированием, которое заключается в корректировке параметров операции посредством выборочного контроля разовых проб малого объема из потока продукции.

Количество разовых проб за смену должно быть не менее трех-пяти в зависимости от категории строящейся дороги, а достаточное количество точек измерения в разовой пробе - пять.

По результатам контроля для каждой разовой пробы вычисляется текущий оценочный коэффициент качества

$$K_m = (\bar{X} - [X]) / (X_{\max} - X_{\min}),$$

где:  $\bar{X}$  - среднее значение измеряемого показателя;

$[X]$  - допустимая граница показателя;

$X_{\max}$ ,  $X_{\min}$  - максимальное и минимальное значения контролируемого показателя в разовой пробе.

Численная оценка уровня качества связана с определением дефектности - процента выхода измеряемого показателя за допустимую границу параметра. Максимальное значение приемочного уровня дефектности, принятое для современного состояния дорожного строительства в России, равно 10 %.

Оценка уровня качества работ при 10 %-м приемочном уровне дефектности определяется в зависимости от пределов изменения текущего оценочного коэффициента качества  $K_m$ : менее 0,27 - неудовлетворительно; 0,27...0,50 - удовлетворительно; 0,51...0,58 - хорошо; более 0,58 - отлично.

Для наглядности процесса статистического регулирования рационально применять контрольные карты, по оси абсцисс которых отложены номера проб, а по оси ординат - значение текущего оценочного коэффициента качества  $K_m$ . Границы регулирования при 10%-м приемочном уровне дефектности соответствуют следующим значениям коэффициента  $K_n$ : нижняя  $K_m^n$  - 0,27; предупреждающая  $K_m^p$  - 0,50; заданная  $K_m^z$  - 0,58.

По вычисленным и нанесенным на контрольную карту значениям текущего оценочного коэффициента качества  $K_m$  технологическую операцию следует признать разлаженной, если одна точка вышла за пределы нижней границы регулирования  $K_m^n$  или подряд три точки находятся ниже предупреждающей границы  $K_m^p$ . Если точки группируются около предупреждающей границы, то операция стабильна, но выполняется неточно. В тех случаях, когда линия текущего оценочного коэффициента качества

пересекает предупреждающую и заданную границы регулирования, операция нестабильна. Если нанесенные на контрольную карту точки расположены выше заданной границы регулирования  $K_m^3$ , то качество выполняемых работ выше, чем предусмотрено.

На базе полученной по контрольной карте информации оперативно принимаются соответствующие решения по корректировке параметров операции.

### Пример 1

#### ПРИМЕР СТАТИСТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Реконструируется автомобильная дорога II технической категории. Минимальный требуемый коэффициент уплотнения для плотной смеси  $K = 0,98$ , а плотность стандартных образцов  $\rho_{ст} = 2,24 \text{ г/см}^3$ . Допустимая нижняя граница плотности составляет  $\rho_n = \rho_{ст} \cdot K_y = 2,34 \cdot 0,98 = 2,29 \text{ г/см}^3$ . Приемочный уровень дефектности 10 %; объем разовой пробы - пять точек измерения, а количество разовых проб за смену - шесть. Результаты контроля плотности приведены в таблице.

Порядковый номер разовой пробы	Порядковый номер точки измерения в разовой пробе					Расчетные показатели			
	1	2	3	4	5	$\bar{p}$	$\rho_{min}$	$\rho_{mn}$	$K_m$
1	2,33	2,31	2,29	2,31	2,30	2,308	2,33	2,29	0,45
2	2,31	2,32	2,32	2,28	2,29	2,304	2,32	2,28	0,35
3	2,32	2,35	2,32	2,30	2,28	2,316	2,35	2,29	0,43
4	2,30	2,31	2,30	2,29	2,32	2,304	2,32	2,29	0,47
5	2,31	2,28	2,31	2,32	2,30	2,304	2,32	2,28	0,35
6	2,32	2,29	2,31	2,30	2,29	2,302	2,32	2,29	0,40

Как следует из этой таблицы, текущий оценочный коэффициент качества  $K_T$  изменяется от 0,35 до 0,47, что соответствует удовлетворительному уровню качества. Поскольку значения  $K_m = 0,35 \dots 0,47$  группируются между нижней  $K_n = 0,27$  и предупреждающей  $K_m^n = 0,50$

границами, то это означает, что технологическая операция уплотнения асфальтобетонной смеси стабильна, но недостаточно точна. Причиной этого, в частности, может быть начальная температурная неоднородность смеси при уплотнении.

Статистический приемочный контроль заключается в определении показателей качества в случайно выбранных точках покрытия с последующим вычислением приемочного оценочного коэффициента качества

$$K = [\bar{x} - [x](1 - [C_v][k_n])\sigma_x^{-1},$$

в котором:  $\bar{x}$  ,  $[x]$ ,  $\sigma_x$  - среднее арифметическое, допустимое и среднее квадратическое отклонения контролируемого показателя;

$[k_n]$  - допустимое значение приемочного оценочного коэффициента качества (табл. 1);

$[C]$  - допустимое значение коэффициента вариации показателя качества, соответствующее современному состоянию дорожного строительства в России (табл. 2)

Пример статистического приемочного контроля качества уплотнения асфальтобетонного покрытия приведен в примере 2.

Таблица 1

Площадь участка, м <sup>2</sup>	Длина участка при ширине 7 м, м	Количество точек испытаний	Допустимое значение приемочного оценочного коэффициента $[k_n]$
Менее 200	Менее 30	5	0,675
200...325	30...50	7	0,755
326...800	51...120	10	0,828
801...2000	121...300	15	0,886
2001...5500	301...800	20	0,917
Более 5500	Более 800	25	0,936

Таблица 2

Контролируемый показатель	Коэффициент вариации [ $C_v$ ]
Температура смеси при укладке	0,10
Предел прочности при сжатии при температуре 50°C	В соответствии с табл. 9 ГОСТ 9128
Ширина покрытия	0,02
Толщина покрытия	0,20
Плотность асфальтобетона	0,02
Модуль упругости на покрытие	0,20
Коэффициент сцепления покрытия	0,12
Просвет под трехметровой рейкой	0,80

Таблица 9 ГОСТа 9128-2013

Наименование показателя	Максимальный коэффициент вариации для смесей марки		
	I	II	III
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С	0,16	0,18	0,20
Водонасыщение	0,15	0,15	-

По данным табл. 3 оценивается уровень качества принимаемых работ.

Таблица 3

Оценка качества работ	Пределы изменения коэффициента качества К в зависимости от количества испытаний					
	5	7	10	15	20	25
Неудовлетворительно	<0,65	<0,76	<0,83	<0,89	<0,93	<0,94
Удовлетворительно	0,66...1,2 2	0,77...1,3 4	0,84...1,2 5	0,90...1,2 5	0,93...1,2 5	0,95...1,2 6
Хорошо	1,23...1,4 3	1,25...1,5 1	1,26...1,5 5	1,26...1,5 8	1,26...1,5 9	1,27...1,6 0
Отлично	>1,44	>1,52	>1,56	>1,59	>1,60	>1,61



## Пример 2

### ПРИМЕР СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Оценивается качество уплотнения 1 км покрытия шириной 7 м, построенного из плотной смеси. Минимальный требуемый коэффициент уплотнения  $K = 0,98$ , а средняя плотность переформованных образцов  $\rho_{пф} = 2,34 \text{ г/см}^3$ .

По длине участка количество точек испытаний должно составить 25, а допустимое значение приемочного оценочного коэффициента  $[k_n]=0,936$  (см. табл. 1). Допустимое значение плотности асфальтобетонного покрытия  $[\rho] = K \rho_{пф} = 0,98 \cdot 2,34 = 2,293 \text{ г/см}^3$ .

Определив плотность в 25 точках покрытия и обработав полученные данные, имеем: среднее арифметическое  $\bar{p} = 2,326$ , а среднеквадратическое отклонение  $\sigma_p = 0,058 \text{ г/см}^3$ . Положив согласно табл. 2 требуемое значение коэффициента вариации плотности покрытия  $[C_v] = 0,02$ , рассчитываем оценочный коэффициент:

$$K = [2,326 - 2,293(1 - 0,02 \cdot 0,936)] / 0,058 = 1,31$$

По табл. 3 при количестве испытаний 25 и  $K = 1,31$  качество работ по уплотнению покрытия соответствует оценке «хорошо».

## Обработка результатов многократных равноточных измерений

### Цель работы

Приобретение студентом навыков в использовании приемов обработки результатов многократных равноточных измерений.

### Последовательность обработки результатов измерений

Последовательность обработки результатов измерений рассмотрим на примере: требуется оценить результаты многократных равноточных измерений прочности бетона основания дорожного покрытия.

Таблица 2.1

$R_i$	Результаты измерений, МПа									
	12.2	12.3	12.0	11.7	13.5	12.9	12.7	15.2	11.0	12.4
	11.1	11.5	12.1	12.2	10.5	12.4	12.4	12.2	12.3	12.0

Решение:

Вычисляем среднеарифметическое значение  $B$  по формуле:

$$R = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_i = 12,230 \text{ МПа} \quad (2.2)$$

где:  $n = 20$  – число измерений.

Выполняем оценку рассеяния отдельных результатов  $R_i$  измерения относительно среднего  $R$ , определяем опытное среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{t_w}$  по формуле:

$$\sigma_{t_w} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^2}{m \cdot (n-1)}} \quad (2.3)$$

где:  $m$  – число многократных измерений в одном характерном сечении или месте, в случаях, когда требуется повышенная точность измерений; в нашем случае  $m = 1$ .

Исключаем промахи. Для оценки промахов (учитывая число измерений  $n = 20$ , т.е.  $n \geq 20, \dots, 50$ ) будем использовать критерий  $3\sigma$ . В этом случае считается, что результат, возникающий с вероятностью  $P \leq 0,003$ , мало реален и его можно квалифицировать промахом, то есть сомнительный результат  $R_i$  отбрасывается, если:

$$|R - R_i| > [3 \cdot \sigma_{t_w} = 2.914]. \quad (2.4)$$

Результаты вычислений значений для левой части неравенства сведены в табл. 2.2, а выборочные данные, удовлетворяющие критерию  $3\sigma$  - в табл. 2.3.

Таблица 2.2

Результаты вычислений значений $ R - R_i $ , МПа									
0,030	0,070	0,230	0,530	1,270	0,670	0,470	2,970	1,230	0,170
1,130	0,730	0,130	0,030	1,730	0,170	0,170	0,030	0,070	0,230

Таблица 2.3

$t_{w,j}$	Результаты вычислений значений, МПа									
	12,2	12,3	12,0	11,7	13,5	12,9	12,7	_____	11,0	12,4
11,1	11,5	12,1	12,2	10,5	12,4	12,4	12,2	12,3	12,0	

Для скорректированной выработки (табл. 2.3) находим среднее арифметическое значение  $R_k$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{t_w,k}$  (примечание: исключено значение измерений 15,2 МПа, как промах):

$$R_k = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k R_j = 12,074 \text{ МПа}, \quad (2.5)$$

$$\sigma_{t_w,k} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (R_j - R_k)^2}{m \cdot (k - 1)}} = 0,693 \text{ МПа}. \quad (2.6)$$

Оценка точности измерений (ошибка самого среднего квадратического отклонения) характеризуется условием:

$$\sigma_\sigma = \frac{\sigma_{t_w,k}}{\sqrt{2k}} = \frac{0,693}{\sqrt{2 \cdot 19}} = 0,112 < 0,25 \cdot \sigma_{t_w,k} = 0,173, \quad (2.7)$$

где:  $k = 19$  – объем скорректированной выборки.

В случае если объем выборки  $n < 20$ , целесообразно применять критерий Романовского. При этом вычисляют отношение:

$$\beta = \left| \frac{R - R_i}{\sigma_{t_w}} \right|, \quad (2.8)$$

и полученное значение  $\beta$  сравнивают с теоретическим  $\beta_t$  – при выбранном уровне значимости  $P$  по табл. 2.4. Обычно выбирают  $P = 0,01 \dots 0,05$ , и если  $\beta \geq \beta_t$ , то результат отбрасывают.

Таблица 2.4

Критерий  $\beta_t = f(n)$

Вероятность $P$	Число измерений, $n$						
	4	6	8	10	12	15	20
<b>0,01</b>	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
<b>0,02</b>	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
<b>0,05</b>	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
<b>0,10</b>	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Если число измерений невелико (до 10), то можно использовать критерий Шовине. В этом случае промахом считается результат  $t_{w,i}$ , если разность  $|R - R_i|$  превышает значения  $\sigma_{t_w}$ , приведенные ниже в зависимости от числа измерений:

$$|R - R_i| > \begin{cases} 1,6 \cdot \sigma_{t_w} & \text{при } n = 3 \\ 1,7 \cdot \sigma_{t_w} & \text{при } n = 6 \\ 1,9 \cdot \sigma_{t_w} & \text{при } n = 8 \\ 2,0 \cdot \sigma_{t_w} & \text{при } n = 10 \end{cases} \quad (2.9)$$

Определяем закон распределения случайной величины.

Часто для предварительной оценки закона распределения параметра используют относительную величину среднего квадратического отклонения – коэффициент вариации:

$$\vartheta_{t_w,k} = \frac{\sigma_{t_w,k}}{R_k} = \frac{0,693}{12,074} = 0,057 \quad (2.10)$$

Например, при,  $\vartheta_{t_w,k} \leq 0,33 \dots 0,35$  можно считать, что распределение случайной величины подчиняется нормальному закону.

Учитывая, что при оценке геометрических параметров в строительстве часто используют нормальный закон распределения случайной величины, для нашего примера значение коэффициента вариации не является достаточно информативным. В таком случае следует выполнить оценку закона распределения обстоятельно.

Отображаем выборочные данные в виде вариационного ряда (см. табл. 2.5).

Таблица 2.5

$k_i$	$R_k$ , МПа	$k_i$	$R_k$ , МПа	$k_i$	$R_k$ , МПа	$k_i$	$R_k$ , МПа
1	10,5	6	12,0	11	12,2	16	12,4
2	11,0	7	12,0	12	12,3	17	12,7
3	11,1	8	12,1	13	12,3	18	12,9
4	11,5	9	12,2	14	12,4	19	13,5
5	11,7	10	12,2	15	12,4		

Вариационный ряд разбиваем на некоторое число интервалов (число интервалов в большинстве случаев принимают в пределах 8...12, однако их может быть и больше). Ориентировочную величину интервала  $R_k$ , можно определить по формуле:

$$l_{t_{w,k}} = \frac{R_{k,max} - R_{k,min}}{1 + 3.2 \cdot \lg k} = \frac{13.5 - 10.5}{1 + 3.2 \cdot \lg 19} = 0.589 \rightarrow 0.6 \text{ МПа}, \quad (2.11)$$

где:  $R_{k,max}$  и  $R_{k,min}$  – соответственно максимальное и минимальное значение скорректированной выборки;  $k$  – объем скорректированной выборки. Таким образом, достаточно разбить рассматриваемую выборку на пять интервалов:

10,5...11,1; 11,1...11,7; 11,7...12,3; 12,3...12,9; 12,9...13,5

Подсчитываем число значений выборки  $m_i$ , попадающих в каждый  $i$ -тый интервал, и определяем частоты, соответствующие каждому интервалу:

$$\omega_i = \frac{m_i}{k} \quad (2.12)$$

Если при группировке значений выборки по интервалам имеются значения, находящиеся точно на границе двух интервалов, то их считают принадлежащим обоим интервалам и прибавляют к числу значений  $m_i$  смежных интервалов по 1/2.

Результаты группировки значений выборки по интервалам и определения частот, соответствующих каждому интервалу, сведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Интервал, МПа	$l_{R_k, мм}$	$m_i$	$k$	$\omega_i = \frac{m_i}{k}$	$f(R_k) = \frac{\omega_i}{l_{R_w, k}}$
10,5...11,1	0,6	2,5	19	0,132	0,220
11,1...11,7	0,6	2	19	0,105	0,175
11,7...12,3	0,6	7,5	19	0,395	0,658
12,3...12,9	0,6	5,5	19	0,290	0,483
12,9...13,5	0,6	1,5	19	0,079	0,132

Полученный статистический ряд оформляем графически в виде гистограммы (рис. 2.1). Для этого по оси абсцисс откладывают интервалы и на каждом из них, как на основании, строят прямоугольник, площадь которого равна частоте данного интервала ( $\omega_i$ ). Высоту прямоугольника получают, разделив его площадь на длину интервала

$(l_{t_{w,k}})$ . Полученная высота представляет собой статистическую плотность распределения:

$$f(R_k) = \frac{\omega_i}{l_{R_k}} \quad (2.13)$$

Сравнивая внешний вид гистограммы с формой теоретических кривых плотности распределения, можно высказать гипотезу о соответствии статистического распределения тому или иному теоретическому.

Построим несколько теоретических кривых плотности распределения (см. рис. 2.1): по нормальному закону  $f_N(R_k)$ , по закону Вейбулла  $f_V(R_k)$ , по закону Гумбеля  $f_G(R_k)$ . Формулы для вычисления плотности распределения ЭТИХ ЗАКОНОВ имеют вид:

$$f_N(R_k) = \frac{1}{\sigma_{t_{w,k}} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2 \cdot \sigma^2} \cdot (R_k - R_j)^2 \right] \quad (2.14)$$

$$f_V(R_k) = \frac{b}{a} \cdot \left( \frac{R_k}{a} \right)^{-b+1} \cdot \exp \left[ -\left( \frac{R_k}{a} \right)^{-b} \right] \quad (2.15)$$

$$f_G(R_k) = \frac{1}{\beta} \cdot \exp \left[ \frac{a - R_k}{\beta} - \exp \left( \frac{a - R_k}{\beta} \right) \right], \quad -\infty < R_k < \infty, \quad -\infty < \alpha < \infty, \beta > 0, \quad (2.16)$$

где:  $b$  и  $a$  – соответственно параметр формы и параметр масштаба для функции плотности распределения по закону Вейбулла [8];  $\alpha$  и  $\beta$  – параметры для функции плотности распределения по закону Гумбеля.

Параметры  $\alpha$  и  $\beta$  связаны с математическим ожиданием  $t_{w,k}$ , и дисперсией  $\sigma_{t_{w,k}}^2$  следующим образом:

$$\begin{cases} R_k = \alpha + 0,5776 \cdot \beta \\ \sigma_{t_{w,k}}^2 = 1,645 \cdot \beta^2 \end{cases} \quad (2.17)$$

Применительно к нашему примеру, по формулам (2.14)...(2.17) получены следующие теоретические функции плотности распределения случайной величины  $R_k$ :

$$f_N(R_k) = \frac{1}{0,693 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2 \cdot 0,693^2} \cdot (R_k - 12,074)^2 \right] \quad (2.18)$$

$$f_V(R_k) = \frac{15,361}{12,074} \cdot \left(\frac{R_k}{12,074}\right)^{-15,361+1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{R_k}{12,074}\right)^{-15,361}\right] \quad (2.19)$$

$$f_G(R_k) = \frac{1}{0,540} \cdot \exp\left[\frac{11,762 - R_k}{0,540} - \exp\left(\frac{11,762 - R_k}{0,540}\right)\right] \quad (2.20)$$

Степень соответствия между выбранной теоретической кривой (гипотезой) и статистическим распределением устанавливается с помощью критериев согласия. Наиболее употребляемыми критериями согласия являются: критерий Колмогорова, критерий  $\chi^2$  (хи-квадрат), критерий Пирсона и критерий  $\omega_n^2$  (омега-квадрат) Мизеса [5, 8]. Если ставится задача по результатам эксперимента проверить согласованность теоретического и опытного распределения, то рекомендуется использовать критерий Колмогорова.

Критерий согласия Колмогорова отличается своей простотой. Вычислив по экспериментальным данным величину:

$$z = D_k \cdot \sqrt{k} \quad (2.21)$$

где:  $D_k = \max|f(R_k) - f_i(R_k)|$  по графику (см. рис. 2.2) определяют вероятность. Если  $K(z) > 0,3 \dots 0,4$ , то аппроксимирующую функцию считают согласующуюся с экспериментальными данными; если  $K(z) < 0,1 \dots 0,05$ , то гипотезу отвергают.

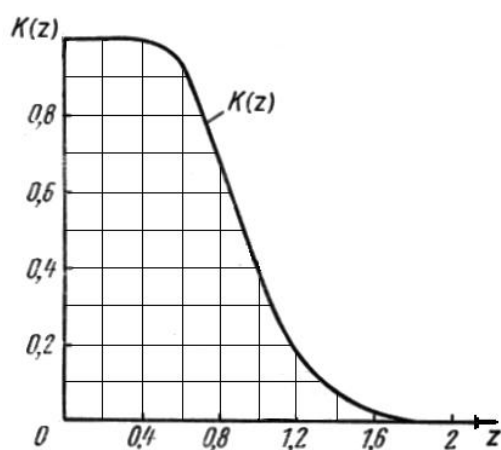


Рис. 2.2. График функции  $K(z)$  критерия согласия Колмогорова

Полученные результаты (см. табл. 2.7, 2.8), свидетельствуют о возможности применения для описания выборочных данных: нормального закона и закона Вейбулла.

Окончательно с вероятностью 0,67 будем полагать, что неизвестное распределение  $f(R_k)$  мало отличается от функции нормального закона распределения  $f_N(R_k)$ , которое можно использовать в дальнейшем практическом расчете.

Таблица 2.7

Интервал, мм	$f(t_{w,k})$	$f_N(t_{w,k})$	$f_V(t_{w,k})$	$f_G(t_{w,k})$
10,5...11,1	0,220	0,106	0,025	0,029
11,1...11,7	0,175	0,359	0,259	0,512
11,7...12,3	0,658	0,572	0,463	0,626
12,3...12,9	0,483	0,432	0,410	0,317
12,9...13,5	0,132	0,154	0,274	0,121

Продолжение таблицы 2.7

Интервал, мм	$ f(t_{w,k}) - f_N(t_{w,k}) $	$ f(t_{w,k}) - f_V(t_{w,k}) $	$ f(t_{w,k}) - f_G(t_{w,k}) $
10,5...11,1	0,114	0,195	0,191
11,1...11,7	0,184	0,084	0,337
11,7...12,3	0,086	0,195	0,032
12,3...12,9	0,051	0,073	0,166
12,9...13,5	0,022	0,142	0,011

Таблица 2.8

Закон распределения случайной величины	$D_k = \max  f(t_{w,k}) - f_i(t_{w,k}) $	$K(z)$
Нормальный	0,184	0,67
Вейбулла	0,195	0,48
Гумбеля	0,337	0,08



## Задание на проектирование

### Задание на проектирование № 1

Провести статистическое регулирование качества уплотнения асфальтобетонного покрытия

Реконструируется автомобильная дорога II технической категории. Минимальный требуемый коэффициент уплотнения для плотной смеси  $K = \underline{\hspace{2cm}}$ , а плотность стандартных образцов  $\rho_{ст} = \underline{\hspace{2cm}}$  г/см<sup>3</sup>. Допустимая нижняя граница плотности составляет:  $\rho_n = \rho_{ст} \cdot K_y$

Приемочный уровень дефектности 10 %; объем разовой пробы - пять точек измерения, а количество разовых проб за смену - шесть. Результаты контроля плотности приведены в таблице.

Порядковый номер разовой пробы (первые шесть цифр зачетной книжки)	Порядковый номер точки измерения в разовой пробе (последние пять цифр зачетной книжки)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,18	2,41	2,42	2,31	2,23
2	2,31	2,32	2,32	2,28	2,29	2,31	2,29	2,27	2,22	2,25
3	2,32	2,34	2,29	2,29	2,28	2,36	2,32	2,33	2,21	2,27
4	2,30	2,31	2,30	2,29	2,32	2,18	2,30	2,29	2,30	2,29
5	2,31	2,30	2,31	2,32	2,30	2,22	2,32	2,32	2,32	2,31
6	2,32	2,33	2,31	2,30	2,31	2,27	2,34	2,29	2,34	2,30
7	2,30	2,31	2,30	2,29	2,32	2,18	2,30	2,29	2,30	2,29
8	2,31	2,30	2,31	2,32	2,30	2,22	2,32	2,32	2,32	2,31
9	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,18	2,41	2,42	2,31	2,23
0	2,32	2,34	2,29	2,29	2,28	2,36	2,32	2,33	2,21	2,27

Построить контрольную карту. Дать оценку качества работ.

### Задание на проектирование № 2

Провести статистический приемочный контроль качества выполнения работ при строительстве (реконструкции) автомобильной дороги \_\_\_\_\_ технической категории на участке протяженностью \_\_\_\_\_ км.

Оценить температуру асфальтобетонной смеси. Минимально допустимая температура смеси 120°C, максимально допустимая 160°C.

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	110	112	155	140	125	140	125	140	130	138	156	140	130	138	156	140	130	138	156	140	130	138	156	140	130
2	112	155	140	125	140	112	130	138	156	140	130	130	121	132	133	140	156	140	130	138	156	142	141	152	150
3	125	140	140	130	138	156	140	130	137	136	154	140	138	139	141	145	147	144	148	130	138	156	140	130	149
4	130	138	156	140	130	130	125	140	140	130	138	130	138	156	140	130	138	130	138	156	140	130	130	125	140
5	137	130	138	156	140	130	130	156	140	130	138	130	138	156	102	141	122	127	150	130	138	156	140	130	130
6	120	151	140	141	137	130	138	156	140	130	130	138	156	140	130	130	103	156	140	130	138	130	138	156	140
7	119	105	155	140	145	130	138	156	140	130	130	125	140	140	130	138	156	130	130	121	132	133	140	153	147
8	130	138	156	140	130	130	125	140	138	156	140	130	130	121	132	121	128	130	138	156	140	130	130	105	147
9	130	138	156	140	145	137	138	139	131	130	138	156	140	130	130	130	138	120	137	121	125	127	128	127	103
0	121	124	120	125	140	140	130	138	156	143	137	130	138	156	140	130	154	155	145	143	141	120	132	133	137

Оценить качество уплотнения покрытия. Минимальный требуемый коэффициент уплотнения  $K = 0,98$ , а средняя плотность переработанных образцов  $\rho_{пф} = \underline{\hspace{2cm}}$  г/см<sup>3</sup>.

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,29	2,31	2,30	2,30	2,29	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30
2	2,22	2,11	2,31	2,24	2,35	2,22	2,14	2,16	1,97	2,21	2,25	2,24	2,25	2,26	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,27	2,26
3	2,18	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,34	2,34	2,13	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,11	2,15	2,14	2,22
4	2,11	2,24	2,24	2,27	2,23	2,22	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,22	2,11	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33
5	1,91	2,25	2,26	2,24	2,25	2,87	2,88	2,84	2,5	2,22	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,31	2,31	2,25	2,28	2,27	2,28
6	2,25	2,24	2,31	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,28	2,24	2,26	2,23	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30
7	2,25	2,24	2,23	2,25	2,26	2,27	2,25	2,29	2,31	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,14	2,15	2,17	2,18	2,19	2,21	2,22	2,22
8	2,88	2,84	2,5	2,22	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,88	2,84	2,5	2,22	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,88	2,84	2,5	2,22	2,33
9	1,98	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,88	2,84	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,88	2,84	2,5	2,22	2,33
0	2,25	2,26	2,24	2,21	2,23	2,25	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,33	2,30	2,29	2,31	2,30	2,33	2,30	2,29	2,31	2,25	2,27

Оценить соответствие показателя предела прочности при сжатии при температуре 50°C ГОСТ 9128-1014. Материал покрытия \_\_\_\_\_.

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	0.99	1.1	1.03	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1
2	1.21	1.25	1.11	1.17	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	0.99	1.1	1.13	1.19	1.18	1.21
3	1.22	1.23	1.14	1.12	0.98	1.11	1.15	1.19	1.15	1.12	1.12	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02
4	1.18	1.17	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	0.99	1.1	0.98	1.2	0.63	1.18	1.14	1.12
5	1.14	1.12	1.12	0.57	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	0.99	1.1	0.98	1.2	1.24	1.17
6	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2
7	1.14	1.12	1.21	1.22	1.18	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.14	1.16	1.19	0.59	1.14	1.15
8	1.15	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1
9	1.14	1.12	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	1.12	1.13	1.21	1.39	1.12	1.15	1.13	1.15
0	1.15	1.35	1.12	1.15	1.17	1.18	1.1	0.98	1.2	1.24	0.9	1.1	0.9	0.99	1.1	1.2	1.1	0.99	1.1	1.02	1.1	0.99	1.1	0.98	1.2

Оценить качество геометрических параметров дороги (ширина покрытия). Допуск по СП 78.13330.2012.

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,98	6,94	6,98	6,98	6,95	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98	6,98
2	7,03	6,98	7,03	6,98	7,03	6,98	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,85	6,78	6,82	6,87	6,91	6,82
3	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98
4	6,47	6,78	6,77	6,89	6,94	6,95	6,87	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,95	6,85	6,84	6,81	6,78	6,74
5	6,97	6,94	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,95	6,84	6,93	6,94	6,84	6,84	6,97	7,03	7,08	7,01
6	6,84	6,84	6,94	7,03	6,98	7,03	6,98	7,03	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,84	6,84
7	6,94	6,82	6,95	6,84	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,73	6,88	6,95	6,98	6,93	6,98	6,93	6,98
8	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,98	6,94	6,91	6,98	6,93	6,97	6,94	6,97	6,95	6,97	7,03	7,08
9	6,97	6,97	6,98	6,94	6,97	6,94	6,98	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,98	6,99	7,00	7,01	7,01	7,04
0	6,99	6,98	6,98	6,97	6,98	6,99	6,98	6,98	7,03	6,98	6,98	6,97	6,98	6,78	6,93	7,01	7,02	6,98	6,94	6,97	6,94	7,01	7,02	7,01	7,03

Оценить качество геометрических параметров дороги (толщина покрытия). Допуск по СП 78.13330.2012.

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	5,0	5,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,0	5,0	5,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2	5,1	4,4	4,3	4,2	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,3	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	
3	5,2	4,3	4,1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	4,1	4,2	4,2	4,4	4,5	4,3	4,5	
4	4,4	5,1	5,5	5,3	5,4	5,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	4,2	4,2	4,4	4,4	4,3	4,2	
5	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,5	4,1	4,8	4,4	4,3	4,7	
6	4,7	4,5	4,5	4,5	4,3	4,2	4,8	4,3	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	4,1	4,3	1,5	
7	4,2	5,2	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	4,3	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,3	4,2	4,3	
8	4,3	4,2	4,4	4,2	4,5	4,5	4,4	4,6	4,7	4,8	3,5	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,9	4,9	
9	4,5	4,4	4,7	4,8	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,5	4,8	4,6	4,6	4,5	4,5	4,8	4,7	
0	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,8	4,7	4,7	4,9	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,4	4,8	4,3	4,3	

Оценить качество геометрических параметров дороги (просвет под трехметровой рейкой) Допуск по СП 78.13330.2012. Значения указаны в мм.

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	2,6	3,0	2,8	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7	2,7	3,0	2,8	2,6	2,7	3,0	3,0	
2	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7	3,0	3,1	3,1	3,5	3,2	3,2	
3	3,3	3,1	2,8	2,7	2,0	2,4	2,5	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7
4	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7	3,0	3,0	2,8	2,5	2,8	2,7	2,9	
5	2,8	2,7	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7	3,0	3,0	2,8	2,8	2,9	
6	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	2,9	2,7	2,8	2,6	2,8	2,7	2,6	2,8	2,7	2,5	
7	3,2	2,5	2,7	2,8	2,9	2,1	3,1	3,2	2,8	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	
8	2,5	2,6	2,8	2,8	2,7	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7	2,8	2,7	
9	3,1	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	2,7	3,0	3,0	2,5	2,6	2,6	2,8	
0	2,6	2,8	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,7	3,0	2,9	3,0	3,0	3,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	3,1	3,3	3,0	

Дать оценку коэффициенту сцепления покрытия. Участок дороги – затрудненный, минимально допустимая величина коэффициента сцепления – 0,5. Температура воздуха при испытании +25°C

Последний номер в зачетной книжке	Порядковый номер точки измерения																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48	0,58	0,57	0,58	0,6	0,57	0,6	0,49	0,54	0,53	0,58	0,6	0,59	0,6
2	0,54	0,55	0,57	0,58	0,56	0,54	0,55	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48	0,58	0,57	0,58	0,52	0,55	0,57
3	0,41	0,55	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48	0,58	0,57	0,58	0,52	0,57	0,55	0,56	0,54	0,57	0,58	0,56
4	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48	0,58	0,57	0,58	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,55	0,57	0,58	0,59	0,41
5	0,46	0,55	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,53	0,57	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6
6	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,61	0,55	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48
7	0,53	0,54	0,54	0,56	0,58	0,57	0,59	0,54	0,51	0,52	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,58	0,59	0,54	0,51
8	0,56	0,78	0,55	0,54	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48	0,55	0,53	0,55	0,57	0,58	0,54	0,53	0,52	0,51
9	0,55	0,55	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,57	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6
0	0,57	0,56	0,58	0,58	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52	0,51	0,55	0,6	0,54	0,6	0,48	0,58	0,57	0,58	0,52	0,61	0,55	0,6	0,49	0,52

### Задание на проектирование № 3

Оценить результаты многократных равноточных измерений измеряемого показателя принятого по таблице.

Последний номер в зачетной книжке	Оцениваемый показатель
1	сцепления покрытия для 3 варианта
2	прочности при сжатии при температуре 50°C для 3 варианта
3	коэффициента уплотнения для 3 варианта
4	температуры асфальтобетонной смеси для 3 варианта
5	ширины покрытия для 3 варианта
6	сцепления покрытия для 6 варианта
7	прочности при сжатии при температуре 50°C для 6 варианта
8	коэффициента уплотнения для 6 варианта
9	температуры асфальтобетонной смеси для 6 варианта
0	ширины покрытия для 6 варианта