

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие

Пенза 2014

УДК 674.03

ББК 88.8

К64

Разработано в рамках проекта по реализации дополнительных программ повышения квалификации, признанных победителями по результатам конкурсного отбора 2014 года, проведенного в рамках Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров на 2012-2014 годы

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.С. Демьянова (ПГУАС)

Контроль качества энергоэффективных строительных материалов: учеб.-метод. пособие / В.И. Логанина. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 28 с.

Приведены сведения о методике проведения статистического приемочного контроля качества. Приведены примеры контроля.

Пособие подготовлено на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначено для слушателей курсов повышения квалификации, обучающихся по программе «Энергоэффективные строительные материалы».

©Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Логанина В.И., 2014

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под планом статистического приемочного контроля (СПК) понимаются правила отбора единиц продукции в выборку, правила обработки результатов контроля, а также правила принятия решения о качестве всей партии. Различают выборочный контроль по альтернативному и количественному признаку. При выборе метода контроля по альтернативному или количественному признаку учитывается следующее:

- сравниваются затраты на схему контроля по альтернативному и количественному признаку;
- с точки зрения информативности предпочтение отдается контролю по количественному признаку;
- при росте количества измерений на каждое изделие предпочтение отдается контролю по альтернативному признаку.

Статистический приемочный контроль по количественному признаку. Для выбора плана контроля должны быть определены:

- объем партии или ее верхнее и нижнее значения;
- контролируемые параметры с указанием их границ;
- приемочный уровень дефектности для каждого контролируемого параметра;
- среднее квадратическое отклонение или метод его оценки;
- уровень контроля;
- вид контроля, указания о начальном виде контроля и возможности перехода от одного вида контроля к другому.

Контроль качества продукции проводят по каждому установленному в нормативно-технической документации (НТД) контролируемому параметру.

Для s -, σ - или R -метода должны регистрироваться значения характеристик s , R предпочтительно в форме контрольных карт.

Выборку отбирают случайным образом, так, чтобы каждая единица продукции имела одинаковую вероятность быть отобранной.

Если выбор сделан в пользу контроля по количественному признаку, то возникает вопрос, какой метод должен использоваться:

s -метод или σ -метод (R -метод). σ -Метод более выгоден экономически, так как требует меньшего объема выборки, но прежде чем его принять, необходимо установить значение σ . По объему выборки s -метод имеет небольшое преимущество перед R -методом, но для нахождения s -метод требуется больший объем вычислений. R -метод прост для вычислений, но требует большого объема выборки для одинаковых AQL . Недостатком этого метода является то, что для объема выборки 10 и более приемлемость партии может зависеть от разбиения выборки на подгруппы.

Первоначально необходимо начать с контроля по s -методу, но, если качество удовлетворительное, типовые правила переключения позволяют уполномоченной стороне применять ослабленный контроль и брать меньшие объемы выборки.

Приемочный уровень дефектности AQL не определяет уровень дефектности продукции в одиночных партиях и поэтому не гарантирует выполнение требований потребителя в каждой одиночной партии, но гарантирует их выполнение в среднем для нескольких последовательных партий.

При заданных верхней и нижней границах контролируемого параметра допускается устанавливать:

- два значения AQL – для верхней ($AQL_{\text{в}}$) и для нижней ($AQL_{\text{н}}$) границ контролируемого параметра;
- одно значение AQL для общего уровня дефектности вне верхней и нижней границ контролируемого параметра.

С помощью табл. 1 по установленному значению AQL выбирают из этого ряда одно значение. AQL может быть установлен либо на основе анализа экономических показателей, либо путем соглашения поставщика и потребителя на основе заключений экспертов.

Т а б л и ц а 1

Установленное значение <i>AQL</i> , %	Значения <i>AQL</i> , применяемые для выбора плана контроля, %
До 0,049	0,04
0,050-0,069	0,065
0,070-0,109	0,10
0,110-0,164	0,15
0,165-0,279	0,25
0,280-0,439	0,40
0,440-0,699	0,65
0,700-1,09	1,0
1,10-1,64	1,5
1,65-2,79	2,5
2,80-4,39	4,0
4,40-6,99	6,5
7,00-10,9	10,0
11,0-16,4	15,0

В качестве оценки для неизвестного среднего значения контролируемой партии следует использовать среднее арифметическое значение \bar{x} выборки. Если среднее квадратическое отклонение σ в контролируемой партии известно, то следует использовать σ -план. Если среднее квадратическое отклонение σ неизвестно, то оно может быть оценено либо через среднее квадратическое отклонение s выборки, либо через средний размах R выборки. В первом случае следует принять s -план, во втором случае – R -план. Для каждого типа плана контроля задаются критерии принятия решения относительно приемки или браковки контролируемой партии продукции:

– контроль при одной заданной границе (верхней или нижней) контролируемого параметра;

– контроль при двух заданных границах контролируемого параметра:

а) двум заданным границам (верхней и нижней) соответствуют различные *AQL* (*AQL_в* и *AQL_н*)

б) двум заданным границам (верхней и нижней) соответствует одинаковый AQL .

Устанавливают код объема выборки и AQL , на основании которых получают объем выборки n и контрольный норматив k . Затем по значениям границы контролируемого параметра, среднего арифметического значения \bar{x} и среднего квадратического отклонения σ (или его оценки) находят величину Q , которую сравнивают с k .

Кроме того, существует также и другой способ, который заключается в следующем. Устанавливают код объема выборки и AQL , на основании которых из соответствующих таблиц получают объем выборки n и допустимый уровень дефектности M . Далее, как и при способе 1, находят величину Q и с ее помощью оценивают входной уровень дефектности P , который сравнивают с M . Данный способ следует применять в тех случаях, когда для установления соответствия каждой партии продукции требованиям НТД необходимо знать входной уровень дефектности.

В стандарте установлено пять уровней контроля (три общих и два специальных), определяющих соотношение между объемом партии и объемом выборки:

- общие – I, II, III;
- специальные – S-3 и S-4 (табл.2).

Уровни контроля отличаются друг от друга объемом выборки и требованиями к контролю. Объем выборки и требования к контролю для уровня S-3 являются наименьшими. Как правило, следует использовать уровень контроля II. Уровень контроля III применяют в том случае, если приемка партий, не соответствующих установленным требованиям, приводит к большим потерям или стоимость контроля незначительна.

Уровень контроля I применяют в том случае, если требования к контролю I меньше, чем к уровню контроля II, и необоснованное принятие партии не приводит к значительным потерям.

Специальные уровни контроля S-3 и S-4 применяют в том случае, когда требуется контроль выборок малых объемов (например, при разрушающем контроле).

Таблица 2

Коды объема выборки и уровни контроля

Объем партии	Код объема выборки при уровне контроля				
	специальном		общем		
	S-3	S-4	I	II	III
2-8	↓	↓	↓	↓	C
9-15	↓	↓	↓	B	D
16-25	↓	↓	B	C	E
26-50	↓	↓	C	D	F
51-90	↓	B	D	E	G
91-150	↓	C	E	F	H
151-280	B	D	F	G	I
281-500	C	E	G	H/I*	J
501-1200	Д	F	H	J	К
1201-3200	E	G	I	К	L
3201-10000	F	H	J	L	M
10001-35000	G	I	К	M	N
35001-150000	H	J	L	N	P
150001-500000	I	К	M	P	
Свыше 500001	J	L	N		

Условные обозначения:

* – применяют *H* для объемов партии 281-400 и *I* для объемов 401-500;

↓ – применяют первый код под стрелкой;

↑ – применяют первый код над стрелкой.

Объемы выборок для планов контроля по альтернативному и количественному признакам одинаковы.

**Выбор плана контроля, когда дисперсия
контролируемого параметра неизвестна и оценивается
по выборочной дисперсии (s-план)**

Контроль при одной заданной границе (верхней или нижней) контролируемого параметра. По заданному объему партий N и выбранному уровню контроля, как правило II, из табл. 2 находят код объема выборки. По коду объема выборки и установленному значению AQL из табл. 3 находят объем выборки n и контрольный норматив k . Из n значений контролируемого параметра выборки вычисляют среднее арифметическое значение:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i, \quad (1)$$

где x_i – значение контролируемого параметра для i -й единицы продукции выборки.

$$Q_B = \frac{T - \bar{x}}{s}; \quad (2)$$

$$Q_H = \frac{\bar{x} - T}{s}, \quad (3)$$

где s – выборочное среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра;

Q – величина допуска.

Если величина $Q_B > k_B$, $Q_H > k_H$, то партию продукции принимают. Если величина $Q_B < k_B$, или $Q_H < k_H$, или хотя бы одна из величин (Q_B или Q_H) отрицательна, то партию продукции бракуют.

Пример. Для контроля качества термостата проверяется его температура. Термостат соответствует требованиям документации, если поддерживаемая температура не превышает 300°C . На контроль представлена партия объемом 25 термостатов. Требуется определить план контроля. Указаны: нормальный контроль, приемочный уровень дефектности AQL , равный 1%, и уровень контроля II.

Решение. Дано: $T_B = 300^\circ\text{C}$, $N = 25$, $AQL = 1\%$ (при неизвестном s). Выбирается s -план. По табл. 2 находят код объема выборки и по табл. 3 – объем выборки $n = 4$ и контрольный норматив $k = 1,45$.

Таблица 3

Одноступенчатые выборочные планы для нормального контроля

Код объема выборки	Объем выборки n	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,5	10,00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓			1,12	0,958	0,756	0,566
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	1,45	1,34	1,17	1,01	0,814	0,617
D	5	↓	↓	↓	↓	1,65	1,53	1,40	1,24	1,07	0,874	0,675
E	7	↓	↓	2,00	1,88	1,75	1,62	1,50	1,33	1,15	0,955	0,755
F	10	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828
G	15	2,42	2,32	2,20	2,06	1,91	1,79	1,65	1,47	1,30	1,09	0,886
H	20	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917
I	25	2,50	2,40	2,26	2,14	1,98	1,85	1,72	1,53	1,35	1,14	0,936
J	35	2,54	2,45	2,31	2,18	2,03	1,89	1,76	1,57	1,39	1,18	0,969
K	50	2,60	2,50	2,35	2,22	2,08	1,93	1,80	1,61	1,42	1,21	1,00
L	75	2,66	2,55	2,41	2,27	2,12	1,98	1,84	1,65	1,46	1,24	1,03
M	100	2,69	2,58	2,43	2,29	2,14	2,00	1,86	1,67	1,48	1,26	1,05
N	150	2,73	2,61	2,47	2,33	2,18	2,03	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07
P	200	2,73	2,62	2,47	2,33	2,18	2,04	1,89	1,70	1,51	1,29	1,07

Выборка содержит следующие значения температуры:

$$x_1 = 280^\circ\text{C}; \quad x_2 = 295^\circ\text{C}; \quad x_3 = 290^\circ\text{C}; \quad x_4 = 283^\circ\text{C}.$$

Вычисляют

$$\bar{x} = 287^\circ\text{C}; \quad s = 6,8^\circ\text{C};$$

$$Q_B = \frac{300 - 287}{6,8} = 1,91^\circ\text{C}.$$

Так как $Q_B > k$, партию принимают.

Контроль при двух заданных границах контролируемого параметра.

Верхней и нижней заданным границам контролируемого параметра соответствуют различные AQL (AQL_B и AQL_H).

По заданному объему партии N и выбранному уровню контроля из табл. 2 находят код объема выборки. По коду объема выборки и установленным значениям AQL_B и AQL_H из табл. 3 находят объем выборки n и контрольные нормативы k .

С помощью значений \bar{x} и s , определяют величины Q_B и Q_H по формулам (2) и (3). Если величина $Q_B < k_B$ и $Q_H < k_H$ или хотя бы одна из величин (Q_B или Q_H) отрицательна, то партию продукции бракуют.

Пример. Прочность при сжатии кирпича марки 75 должна составлять от 7,5 до 10,0 МПа. Произведенная продукция контролируется партиями по 1000 изделий: уровень контроля II, нормальный контроль: $AQL = 0,1\%$ – для нижнего предела допуска и $AQL = 2,5\%$ – для верхнего предела. Объем выборки для s-метода составляет 35. Код J. Из табл. 3 находим контрольные нормативы k .

Значение прочности при сжатии в выборке распределяется следующим образом:

6,95; 6,04; 6,44; 7,15; 6,40; 6,44; 6,35; 6,80; 6,52; 6,29; 7,17; 5,84; 6,59;
6,63; 6,68; 6,34; 6,70; 6,83; 6,15; 6,86; 6,70; 6,63; 6,04; 6,59; 6,25; 6,25;
6,57; 6,67; 6,65; 6,15; 6,51; 6,96; 6,57; 6,91; 6,67.

Требуется определить соответствие критериям приемки.

<i>Необходимая информация</i>	<i>Полученные значения</i>	
Объём выборки	n	35
Среднее значение выборки	\bar{x}	6,55
Стандартное отклонение	s	0,31
Верхнее предельное значение	T_B	10,0
$Q_B = \frac{T_B - \bar{x}}{s}$		7,90
Контрольный норматив	k_B	1,57
Нижнее предельное значение	T_H	7,5
$Q_H = \frac{\bar{x} - T_H}{s}$		8,23

Контрольный норматив k_n 2,54
 Критерий приемки $Q_B < k_B$ и $Q_n < k_n$ 7,9 > 1,57 и 8,23 > 2,54
 Данная партия отвечает критериям приемки и может быть принята.

Выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра неизвестна и оценивается по размаху (*R*-план)

В стандартных планах для *R*-метода объемы выборок кратны пяти. Выборку разбивают на подгруппы по пять изделий, определяют размах в каждой подгруппе и получают средний размах *R*. Если в выборке менее 10 изделий, ее не разбивают по подгруппы. Для этого метода используют следующие показатели:

- коэффициент масштабности *c* для определения σ по *R* (табл. 4);
- коэффициент *F*, представляющий собой отношение максимального среднего размаха к разности ($T_B - T_n$) (табл. 5).

Т а б л и ц а 4

Коды объема выборок и коэффициент масштаба (*R*-метод)

R-метод			
Код	Объем выборки	Число подгрупп	<i>c</i>
B	3		1,910
C	4		2,234
D	5		2,470
E	7		2,830
F	10	2	2,405
Q	15	3	2,379
H	25	5	2,358
I	30	6	2,353
J	40	8	2,346
K	60	12	2,339
L	85	17	2,335
M	115	23	2,333
N	175	35	2,331
P	230	46	2,330

Таблица 5

Значения F для максимального среднего размаха (MAR): R-метод

Объем вы- борки	Приемлемые уровни качества (нормальный контроль)													
	0,01	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00			
3						0,756	0,788	0,833	0,865	0,907	0,958	1,028		
4								0,836	0,981	0,965	1,056	1,180		
5					0,730	0,764	0,801	0,857	0,923	1,011	1,118	1,263		
7			0,695	0,727	0,765	0,804	0,846	0,910	0,985	1,086	1,086	1,347		
10		0,529	0,553	0,579	0,610	0,642	0,677	0,730	0,793	0,876	0,97	1,112		
15	0,460	0,493	0,517	0,542	0,572	0,602	0,637	0,688	0,748	0,830	0,928	1,058		
20	0,432	0,463	0,486	0,509	0,537	0,567	0,600	0,649	0,707	0,785	0,879	1,004		
30	0,426	0,457	0,480	0,503	0,531	0,560	0,593	0,642	0,699	0,776	0,870	0,933		
40	0,417	0,447	0,469	0,492	0,519	0,548	0,580	0,628	0,684	0,761	0,852	0,968		
60	0,403	0,434	0,455	0,478	0,505	0,533	0,564	0,608	0,666	0,740	0,830	0,949		
85	0,398	0,427	0,448	0,470	0,479	0,525	0,555	0,602	0,656	0,729	0,818	0,934		
115	0,392	0,421	0,442	0,464	0,491	0,517	0,548	0,594	0,648	0,720	0,808	0,923		
175	0,384	0,413	0,434	0,455	0,481	0,508	0,538	0,584	0,637	0,708	0,794	0,908		
230	0,384	0,412	0,432	0,454	0,480	0,507	0,536	0,582	0,633	0,706	0,792	0,906		
0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	2,50	4,00	6,50	10,0					
Приемлемые уровни качества (усиленный контроль)														
	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00			
Приемлемые уровни качества (ослабленный контроль)														

Примечание. MAR получают путем умножения коэффициента F на разность между верхним T_v и нижним T_n пределами поля допуска, то есть $MAR = F \cdot (T_v - T_n)$. MAR указывает наибольшее допустимое значение среднего размаха выборки при использовании R-метода для двустороннего допуска при неизвестной дисперсии. Если средний размах выборки меньше, чем MAR, нет гарантии, что партия будет принята.

Контрольный норматив k для каждого плана контроля вычисляют так, что критерии приемлемости имеют вид:

для верхнего предела одностороннего допуска партия принимается, если

$$Q_v = \frac{T_v - \bar{x}}{R} \geq k, \quad (4)$$

для нижнего предела одностороннего допуска партия принимается, если

$$Q_n = \frac{\bar{x} - T_n}{R} \geq k. \quad (5)$$

В других случаях партия не принимается. Если задан двусторонний допуск, критерии приемлемости таковы: партия принимается, если и $Q_v \geq k_v$, и $Q_n \geq k_n$; партия не принимается, если либо $Q_v < k_v$, либо $Q_n < k_n$.

Стандартная процедура для выбора плана по R -методу такова:

а) исходя из заданных уровня контроля (как правило, уровень контроля II) и объема партии, необходимо определить по табл. 2 код объема выборки;

б) используя заданный AQL , следует установить по табл. 6 объем выборки n и контрольный норматив k .

Порядок осуществления плана контроля. Отбирают в случайном порядке отдельные единицы выборки и измеряют в них контролируемый параметр. Результаты измерений записывают в том же порядке.

Найдя сумму $\sum x$ всех измеренных значений x и поделив ее на n (количество изделий в выборке), получают выборочное среднее:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}.$$

Определение значения величины \bar{R} :

а) если изделий 10 или более, разбивают данные в порядке выполнения измерений на подгруппы по 5 (это всегда возможно, так как по стандартным планам количество изделий в выборках большого объема кратно пяти). Путем вычитания наименьшего измерения из наибольшего получают размах измерений в каждой подгруппе, а затем подсчитывают средний размах \bar{R} ;

Таблица 6

Одноступенчатые выборочные планы для нормального контроля (*R*-метод)

Код объема вы- борки	Объем вы- борки	Приемлемые уровни качества <i>AQL</i> (нормальный контроль)														
		0,10	0,15	0,25	0,40	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00		
	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>		
B	3											0,587	0,502	0,401	0,296	
C	4							0,651	0,598	0,525	0,450	0,364	0,276			
D	5							0,663	0,614	0,565	0,498	0,431	0,352	0,272		
E	7			0,702	0,659	0,613	0,569	0,525	0,465	0,405	0,336	0,266				
F	10		0,916	0,863	0,916	0,863	0,811	0,755	0,703	0,650	0,579	0,507	0,424	0,341		
Q	15	0,999	0,958	0,903	0,958	0,903	0,850	0,792	0,738	0,684	0,610	0,536	0,452	0,368		
H	25	1,05	1,01	0,951	1,01	0,951	0,896	0,835	0,779	0,723	0,647	0,571	0,484	0,398		
I	30	1,06	1,02	0,959	1,02	0,959	0,904	0,843	0,787	0,730	0,654	0,577	0,490	0,403		
J	40	1,08	1,04	0,978	1,04	0,978	0,921	0,860	0,803	0,746	0,668	0,591	0,503	0,415		
K	60	1,11	1,06	1,00	1,06	1,00	0,948	0,885	0,826	0,768	0,689	0,610	0,521	0,432		
L	85	1,13	1,08	1,02	1,08	1,02	0,962	0,899	0,839	0,780	0,701	0,621	0,530	0,441		
M	115	1,14	1,09	1,03	1,09	1,03	0,975	0,911	0,851	0,791	0,711	0,631	0,539	0,449		
N	175	1,16	1,11	1,05	1,11	1,05	0,994	0,929	0,868	0,807	0,726	0,644	0,552	0,460		
P	230	1,16	1,12	1,06	1,12	1,06	0,996	0,931	0,870	0,809	0,728	0,646	0,553	0,462		

Примечание. Все значения *AQL* выражены в процентах несоответствующих единиц продукции.

б) выборки менее чем из 10 изделий на подгруппы не делят, разность наибольшего и наименьшего значений дает размах, который затем используют как средний размах \bar{R} .

Если заданы односторонний или двусторонний предел поля допуска, рассчитывают статистику качества Q по формулам:

$$Q_B = \frac{T_B - \bar{x}}{\bar{R}} \quad (6)$$

и (или)

$$Q_H = \frac{\bar{x} - T_H}{\bar{R}}. \quad (7)$$

Сравнивают статистику качества [Q_B и (или) Q_H] с контрольным нормативом k_B и (или) k_H , взятым из табл. 6 для нормального контроля. Если статистика качества больше или равна значению k , партия принимается, если меньше – нет. Таким образом, при заданном только верхнем пределе поля допуска T_B партия принимается, если $Q_B \geq k$; партия не принимается, если $Q_B < k$. При заданном только нижнем пределе поля допуска T_H , партия принимается, если $Q_H \geq k$; партия не принимается, если $Q_H < k$.

Пример. Нижний предел поля допуска для электрического сопротивления некоторого элемента равен 580 Ом. Контролю подвергается партия из 100 изделий. Уровень контроля II, нормальный контроль с $AQL = 1\%$. По табл. 2 находим код F . Табл. 6 показывает, что требуемый объем выборки составляет 10, а контрольный норматив равен 0,703. Допустим, что значения сопротивления, полученные в выборке, располагаются в следующем порядке:

первая подгруппа 610; 615; 629; 593; 617 дает $R = 629 - 593 = 36$;

вторая подгруппа 623; 589; 608; 591; 611 дает $R = 623 - 589 = 34$.

Необходимая информация

Полученные значения

Объем выборки

n

10

Выборочное среднее

$\frac{\bar{x}}{\sum \frac{x}{n}}$

608,6

Средний размах	$\frac{\bar{R}}{\sum R / \text{число групп}} = \frac{36 + 34}{2} = 35$
Нижнее предельное значение	$T_n \quad 580$
$Q_n = \frac{\bar{x} - T_n}{\bar{R}}$	0,817
Контрольный норматив	k (см. табл. 6) $0,703$
Критерий приемки сравниваем	Q_n с k $0,817 > 0,703$
Партия соответствует критерию приемки, так как Q_n больше k .	

Выбор плана контроля, когда дисперсия контролируемого параметра известна (σ -план)

Контроль при одной заданной границе (верхней или нижней) контролируемого параметра. По заданному объему партии N и выбранному уровню контроля из табл. 2 находят код объема выборки. По коду объема выборки и установленному значению AQL из табл. 7 определяют объем выборки и контрольный норматив k . Из n значений контролируемого параметра выборки вычисляют его среднее арифметическое значение \bar{x} , а также величину

$$Q = \frac{T - \bar{x}}{\sigma}, \quad (8)$$

в зависимости от того, какая граница контролируемого параметра задана. Если $Q_b > k_b$, критерий приемки для верхнего предела имеет вид

$$\bar{x} < T_b - k_{b\sigma}. \quad (9)$$

Среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра предполагается известным на основании обработки предшествующего статистического материала. Так как T_b , k_b и σ известны заранее, приемочное число $\bar{x} = T_b - k_b\sigma$ должно быть указано до начала контроля. Критерий приемки для верхнего поля допуска имеет вид: партия принимается, если $\bar{x} < \bar{x}_b$.

Таблица 7

Одноступенчатые выборочные планы для нормального контроля (σ -метод)

Код объема вы- борки	Приемлемые уровни качества (нормальный контроль)																				
	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	
	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,65	10,00										
B						2	1,36	2	1,25	2	1,09	2	0,936	3	0,755	3	0,573				
C						2	1,42	2	1,33	3	1,17	3	1,01	3	0,825	4	0,641				
D					2	1,58															
E			1,94	2	1,81	3	1,69	3	1,44	4	1,28	4	1,11	5	0,919	5	0,728				
F				3	2,19	4	1,80	4	1,53	5	1,39	5	1,20	6	0,991	7	0,797				
G	4	2,39		4	2,30	4	2,14	5	1,88	6	1,78	6	1,62	7	1,45	8	1,28	9	1,07	11	0,877
H	5	2,46		5	2,34	6	2,08	7	1,95	7	1,80	8	1,68	9	1,49	10	1,31	12	1,11	14	0,906
I	6	2,49		6	2,37	7	2,25	8	1,96	9	2,83	10	1,70	11	1,51	13	1,34	15	1,13	17	0,924
J	8	2,54		8	2,45	9	2,29	10	2,16	11	2,01	12	2,88	14	1,75	15	1,56	18	1,38	20	0,964
K	11	2,59		12	2,49	13	2,35	14	2,21	16	2,07	17	1,93	19	1,79	22	1,61	25	1,42	29	0,995
L	16	2,65		17	2,54	19	2,41	21	2,27	23	2,12	25	1,97	28	1,84	32	1,65	36	1,46	42	1,03
M	22	2,69		23	2,57	25	2,43	27	2,29	30	2,14	33	2,00	36	1,86	42	1,67	48	1,48	55	1,05
N	31	2,72		34	2,62	37	2,47	40	2,33	44	2,17	49	2,03	54	1,89	61	1,69	70	1,51	82	1,07
P	42	2,73		45	2,62	49	2,48	54	2,34	59	2,18	65	2,04	71	1,89	81	1,70	93	1,51	109	1,07

Аналогично для нижнего предела допуска: партия принимается, если $\bar{x} > \bar{x}_H$.

Пример. Контролируется партия из 500 образцов. Образец соответствует требованиям документации, если его минимальный показатель качества не ниже 400 кг/см^2 . Известно, что $\sigma = 21 \text{ кг/см}^2$. Указаны значения $AQL = 1,5\%$, уровень контроля II, нормальный контроль. Требуется определить план контроля.

Решение. Дано: $T_H = 59420$, $N = 500$, $AQL = 1,5\%$, $\sigma = 3000$. Выбирают σ -план По табл. 3.12 находят код объема выборки. По коду из табл. 7 объем выборки $n = 10$ и контрольный норматив $k = 1,70$.

Выборка содержит следующие значения:

$$x_1 = 431; x_2 = 417; x_3 = 469; x_4 = 407; x_5 = 452; x_6 = 427, \\ x_7 = 421; x_8 = 476; x_9 = 400; x_{10} = 445.$$

По этим величинам вычисляют $\bar{x} = 434,5$. Приемочное значение $T_H + k\sigma = \bar{x}_H = 435,7$. Так как критерий приемки $\bar{x} > \bar{x}_H$, то партию бракуют.

Контроль при двух заданных границах контролируемого параметра. Верхней и нижней границам контролируемого параметра соответствуют различные AQL (AQL_B и AQL_H).

Процедура вычисления аналогична вышеописанной. Партия принимается, если $\bar{x} < \bar{x}_B$ и $\bar{x} > \bar{x}_H$.

Верхней и нижней заданным границам контролируемого параметра соответствует одинаковый AQL .

Если заданы верхний и нижний предельные значения с общим уровнем качества, необходимо использовать графический метод (если значение σ не выше максимального выборочного стандартного отклонения $MPSD$, взятого из табл. 8, то партия сразу должна быть отклонена без взятия выборки).

Таблица 8

Значения коэффициента f_σ для максимального выборочного стандартного отклонения: σ -метод

Приемлемые уровни качества (нормальный контроль)												
	0,01	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	
0,147	0,152	0,157	0,165	0,174	0,184	0,194	0,206	0,223	0,243	0,271	0,304	0,374
0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,5	2,5	4,00	6,50	10,00		
Приемлемые уровни качества (усиленный контроль)												
	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	
Приемлемые уровни качества (ослабленный контроль)												

Примечание. $MPSD$ получают путем умножения коэффициента f_σ на разность между верхним T_v и нижним T_n пределами поля допуска, то есть $MPSD = f_\sigma(T_v - T_n)$. $MPSD$ указывает наибольшее допустимое значение выборочного стандартного отклонения при использовании планов с двусторонним допуском в случае с известной дисперсией. По решению уполномоченной стороны значения f_σ для усиленного контроля можно использовать при нормальном и ослабленном контроле, в этом случае выбор между σ -методом и s -методом не зависит от правил переключения.

Рекомендуется следующая процедура:

а) с учётом объёма партии и заданного уровня контроля необходимо найти код по табл. 2 и объём выборки по табл. 9, используя код объёма выборки и AQL ;

б) из множества карт для разных кодов объёма выборки следует выбрать кривую приёмки для AQL , установленного для данного плана;

в) вычислить значение $\frac{\sigma}{T_v - T_n}$ и через эту точку провести вертикальную прямую;

г) если эта прямая пересекает кривую приёмки, надо определить значения $\frac{x - T_n}{T_v - T_n}$ в точках пересечения. Они образуют верхние и нижние

нормированные приёмочные значения выборочного среднего;

д) критерий приёмки заключается в следующем: если среднее попадает между верхним и нижним приёмочными значениями для \bar{x} (то

есть, если $\bar{x}_H \leq \bar{x} \leq \bar{x}_B$), то партия принимается, в других случаях – отклоняется.

Таблица 9

Код	σ-метод											
	s-метод	AQL										
	объем выборки	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10,0
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	2	2	2	2	3	3
D	5	↓	↓	↓	↓	2	2	2	3	3	3	4
E	7	↓	↓	2	2	3	3	3	4	4	5	5
F	10	↓	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7
G	15	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	11
H	20	5	5	6	6	7	7	8	9	10	12	14
I	25	6	6	7	8	8	9	10	11	13	15	17
J	35	8	9	9	10	11	12	14	15	18	20	24
K	50	11	12	13	14	16	17	19	22	25	29	33
L	75	16	17	19	21	23	25	28	32	36	42	49
M	100	22	23	25	27	30	33	36	42	48	55	64
N	150	31	34	37	40	44	49	54	61	70	82	95
P	200	42	45	49	54	59	65	71	81	93	109	127

Пример. Сопротивление некоторой электрической компоненты устанавливается техническими условиями из расчёта (520 ± 50) Ом. Объём партии составляет 2500 изделий. Уровень контроля – нормальный с одним и тем же AQL, равным 4% для двустороннего допуска (470 и 570). Задано значение σ , равное 21,0. Из табл. 2 находим код объёма выборки K. Из табл. 9 – требуемый объём выборки, равный 25. Пусть заданы следующие выборочные значения сопротивления:

515, 491, 479, 507, 543, 521, 536, 483, 509, 514, 507, 484, 526, 552, 499,
530, 512, 492, 521, 489, 513, 535, 501, 529 Ом.

Необходимая информация	Полученные значения	
Объём выборки	n	25
Верхнее предельное значение	T_B	570
Нижнее предельное значение	T_H	470
Известное	σ	21,0
Нормированное	σ	$\frac{\sigma}{T_B - T_H} = \frac{21}{100}$

Нормированные граничные значения для кривой приёмки следующие:

максимальное

минимальное

$$\frac{\bar{x}_B - T_H}{T_B - T_H} = 0,700$$

$$\frac{\bar{x}_H - T_H}{T_B - T_H} = 0,300$$

$$\bar{x}_B = T_H + 0,700(T_B - T_H) = 470 + 70,0 \cdot$$

$$\bar{x}_H = T_H + 0,300(T_B - T_H) = 470 + 30,0$$

Приёмочные значения для \bar{x} :

$$\bar{x}_B = 540,0 \cdot$$

$$\bar{x}_H = 500,0$$

Сумма измерений

12755

Среднее значение измерений

510,2.

Так как $\bar{x} = 510,2$ лежит между значениями 540,0 и 500,0, партия должна быть принята. Из табл. 8 имеем:

$$f_\sigma = 0,244; \quad MPSD = 0,244 \cdot (570 - 470) = 24,4.$$

Поскольку $\sigma < MPSD$, требуется вычислить \bar{x}_B и \bar{x}_H . Из табл. 7 имеем: $k = 1,42$, $k\sigma = 29,8$, $\bar{x}_B = T_B - k_B \sigma = 540,2$, $\bar{x}_H = T_H + k_H \sigma = 499,8$. Партия также принимается. Если известно, что $\sigma > MPSD$, то выборочный контроль не нужен.

Приемочный контроль на основе нормативного уровня несоответствий NQL. Партию принимают, если фактический уровень несоответствий в партии не превышает установленного нормативного значения *NQL*. Партию не принимают, если фактический уровень несоот-

ветствий в партии превышает установленное нормативное значение NQL . Правила принятия решений основаны на использовании метода сравнения доверительных границ уровня несоответствий партии продукции с нормативным уровнем несоответствий. Предусматривают три вида контроля: нормальный, усиленный, ослабленный. Нормальный контроль используют для контроля первой партии продукции в последовательности контролируемых партий, пока не создадутся условия для перехода к усиленному или ослабленному контролю.

При принятии решения используют метод доверительных границ.

Верхнюю доверительную границу уровня несоответствий определяют по формуле

$$\begin{aligned} & \Phi\left(\frac{a-\bar{\mu}}{\sigma}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{b-\bar{\mu}}{\sigma}\right), \text{ если } \bar{R} \geq \frac{a+b}{2}; \\ & \Phi\left(\frac{a-\underline{\mu}}{\sigma}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{b-\underline{\mu}}{\sigma}\right), \text{ если } \bar{R} < \frac{a+b}{2}, \end{aligned} \quad (10)$$

где Φ – функция распределения нормального стандартного закона;

$\underline{\mu}$ – нижняя доверительная граница математического ожидания,

$$\underline{\mu} = \bar{R} - \sigma \frac{u_{1-\beta_{0/2}}}{\sqrt{n}};$$

$\bar{\mu}$ – верхняя доверительная граница математического ожидания,

$$\bar{\mu} = \bar{R} + \sigma \frac{u_{1-\beta_{0/2}}}{\sqrt{n}}; \quad (11)$$

здесь $u_{1-\beta_{0/2}}$ – квантиль уровня $(1 - \beta_{0/2})$ стандартного нормального распределения.

В соответствии с правилом принятия решений по методу доверительных границ партию принимают, если $\bar{q} < NQL$.

Пример. Поставляют партию одинарного полнотелого кирпича марки 125. В соответствии с ГОСТ 530-95 нормативный уровень несоответствий NQL должен быть не более 6,5%. Для кирпича марки 125 наименьшее a и наибольшее b предельное значение предела прочности при

сжатии составляет $a = 12,5$ МПа и $b = 15,0$ МПа. Распределение значений предела прочности при сжатии кирпича является нормальным с изменяющимся (заранее неизвестным) математическим ожиданием и постоянной (согласованной с потребителем) дисперсией $\sigma^2 = 3,2$ МПа. Партия считается пригодной, если фактический уровень несоответствий не превышает 6,5%. Нормативное значение риска потребителя, соответствующее степени доверия ТЗ, при контроле поставщика составляет $\beta_0 = 0,25$.

По результатам расчета имеем

$$\begin{aligned}\bar{R} &= 12,81 \text{ МПа;} \\ \underline{\mu} &= 12,81 - 0,567 \frac{1,15}{\sqrt{5}} = 12,518 \text{ МПа;} \\ \bar{q} &= \Phi\left(\frac{12,5 - 12,518}{0,567}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{15,0 - 12,518}{0,567}\right) = 0,02405.\end{aligned}$$

В соответствии с правилом принятия решений по методу доверительных границ $\bar{q} = 0,02405 < NQL = 0,065$, т.е. данная партия кирпича может быть поставлена потребителю.

ЗАДАЧИ

1. Разработать план статистического приемочного контроля для кирпича марки 100 по количественному признаку. Принять нормативный уровень несоответствий 3%.

2. Разработать план статистического приемочного контроля для кирпича марки 125 по альтернативному признаку, уровень дефектности 6,5%.

3. Определить число образцов кирпича марки 100 для проведения приемочного контроля по количественному признаку. Принять риск поставщика и потребителя равными $\alpha = 0,05$; $\beta_0 = 0,25$. Уровень дефектности составляет 4,3%.

4. Определить число образцов кирпича марки 125 для проведения приемочного контроля по количественному признаку. Принять риск поставщика и потребителя равными $\alpha = 0,05$; $\beta_0 = 0,25$. Уровень дефектности составляет 5,3%.

5. Разработать план статистического приемочного контроля для железобетонных панелей, изготовленных из бетона марки 200, по количественному признаку (s-метод). Контроль осуществляется при нижней границе контролируемого параметра. При испытании получены результаты, МПа:

19,8; 21,3; 23,8; 21,9; 22,4; 21,7; 24,1; 20,5; 24,0; 21,5;
23,6; 24,1; 23,7; 24,1; 22,1; 21,9; 23,6

6. Разработать план статистического приемочного контроля для железобетонных панелей, изготовленных из бетона марки 200, по количественному признаку (σ -метод). Контроль осуществляется при нижней границе контролируемого параметра. При испытании получены результаты, МПа:

19,5; 21,3; 23,2; 21,7; 21,4; 22,7; 23,1; 20,5; 22,0; 23,5;
23,6; 21,1; 26,7; 23,1; 22,1; 21,9; 21,6

7. Определить число образцов бетона марки 250 для проведения приемочного контроля по количественному признаку. Принять риск по-

ставщика и потребителя равными $\alpha = 0,05$; $\beta_0 = 0,10$. Уровень дефектности составляет 3,0%.

8. Разработать план статистического приемочного контроля для железобетонных панелей, изготовленных из бетона марки 200, по количественному признаку (σ -метод). Контроль осуществляется при нижней границе контролируемого параметра. При испытании получены результаты, МПа:

19,6; 20,3; 21,2; 19,5; 21,5; 20,3; 17,8;
19,8; 22,3; 18,4; 22,3; 18,4; 20,3

9. Принять решение о приемке партии железобетонных панелей, изготовленных из бетона марки 200, по количественному признаку (на основе нормативного уровня несоответствий по методу доверительных границ). Контроль осуществляется при нижней границе контролируемого параметра. Принять значение $NQL = 3\%$. При испытании получены результаты, МПа:

19,6; 20,3; 23,2; 21,5; 21,4; 21,7; 23,1; 19,5; 20,0;
21,5; 23,6; 20,1; 16,7; 19,1; 19,1; 18,9; 21,6

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 50779.71–99. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества *AQL*. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
2. ГОСТ Р 50779.72–99. Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе приемлемого уровня качества *AQL*. – М.: Изд-во стандартов, 1999.
3. ГОСТ Р 50779.51–95. Статистические методы. Непрерывный приемочный контроль качества по альтернативному признаку. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
4. ГОСТ Р 50.779.41–96. Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
5. ГОСТ 50.779.40–96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение. – М.: Изд-во , стандартов, 1996.
6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 1998.
7. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества. – М.: Физматгиз, 1962.
8. Шиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962.
9. Данилов А.М., Данилов А.А. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. – Пенза: Пензенский гос. архит.-строит. ин-т, 1996.
10. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И., Чистяков А.В. Сборник задач по математической статистике: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1989.

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 10.12.14. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,75. Тираж 80 экз.

Заказ №474.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.