

Т.И. ЧЕРНЫШОВА, Н.Г. ЧЕРНЫШОВ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО ГОУ ВПО ТГТУ
Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Т.И. ЧЕРНЫШОВА, Н.Г. ЧЕРНЫШОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Рекомендовано

Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области
радиотехники, электроники, биомедицинской техники
и автоматизации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности «Проектирование и технология
радиоэлектронных средств» направления «Проектирование
и технология электронных средств»



Тамбов
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ
2010

УДК
ББК
Ч

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Рецензент:

Чернышова, Т.И.

Ч Моделирование электронных схем : учебное пособие / Т.И. Чернышова, Н.Г. Чернышов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 56 с. – 000 экз.

УДК
ББК

© Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»
(ГОУ ВПО ТГТУ), 2010
Учебное издание

ЧЕРНЫШОВА Татьяна Ивановна,
ЧЕРНЫШОВ Николай Г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Учебное пособие

Редактор Е.С. Кузнецова
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Филатова

Подписано в печать 000.2010
Формат 60 × 84/16. 000 усл. печ. л. Тираж 000 экз. Заказ № 000

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Обострение конкуренции на национальном и международном уровнях, внедрение на предприятиях и в организациях систем качества, соответствующих международным стандартам заставило многих вновь обратиться к статистическим методам. Статистические методы признаются важным условием рентабельного управления качеством, а также средством эффективности производственных процессов и качества продукции.

В стандартах ИСО серии 9000, где рассматриваются системы качества, записано: «В случаях необходимости поставщик должен разрабатывать процедуры, обеспечивающие выбор статистических методов, необходимых для проверки возможности технологического процесса и приемлемости характеристик продукции».

Какие же мероприятия требуют применения статистических методов? Все без исключения. И по всему жизненному циклу продукции, от определения требований в самом начале до их выполнения в конце.

В данном руководстве рассматриваются статистические методы, являющиеся наиболее востребованными и сравнительно несложными в реализации.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОДУКЦИИ

Методические указания

Модель жизненного цикла нанопродукта (петля качества) в последней версии ИСО 9000:2000 носит название «процессы жизненного цикла продукции».

Фундаментальным является следующий принцип системы: управление качеством охватывает все стадии и этапы жизненного цикла продукции. Необходимыми элементами системы качества являются организационная структура, методика, ресурс и процессы.

На этапе маркетинга изучаются требования заказчика продукции. На этапе проектирования разрабатывается продукция, отвечающая всем требованиям потребителя. На стадии производства обеспечивается уровень качества, заложенный в проекте. При обращении должно быть сохранено сформированное качество в период транспортирования, хранения, подготовки к продаже, реализации. На стадии эксплуатации к управлению качеством подключается непосредственно потребитель продукции. От того, насколько он будет грамотно использовать (эксплуатировать) продукцию, будет зависеть качество, в частности срок службы. На стадии утилизации необходимо предупредить вредное воздействие использованной продукции на окружающую природную среду.

Этапом утилизации не заканчивается деятельность предприятия.

К этому сроку, а практически ещё раньше предприятие начинает изучать предполагаемые потребности, уточнять текущие потребности и после маркетинговой деятельности приступает к проектированию новой продукции. Так возникает новый виток деятельности в области качества – от стадии маркетинга до стадии утилизации и т.д. Неразрывность стадий и этапов жизненного цикла продукции порождает систему обеспечения качества в виде непрерывной цепи (окружности), составляющими которой служат отдельные этапы жизненного цикла продукции (рис. 1).

Жизненный цикл продукции (ЖЦП) в этой системе представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов изменения состояния продукции при её создании и использовании:

- маркетинг – поиск целевых рынков, выбор потребителей (сегментация рынка);
- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), связанные с созданием товара, включая разработку технических требований к будущей продукции;
- материально-техническое снабжение (логистика), которое должно обеспечить необходимый уровень качества сырья, материалов и комплектующих изделий;
- подготовка и разработка производственных процессов, т.е. отработка организационно-технологического обеспечения производства;
- непосредственно производство;
- контроль, испытания и обследование товара в процессе производства и выходной контроль, базирующиеся на развитой метрологической службе и ориентированные на международную сертификацию готовой продукции и

организационно-технологическое обеспечение производства качественной продукции;

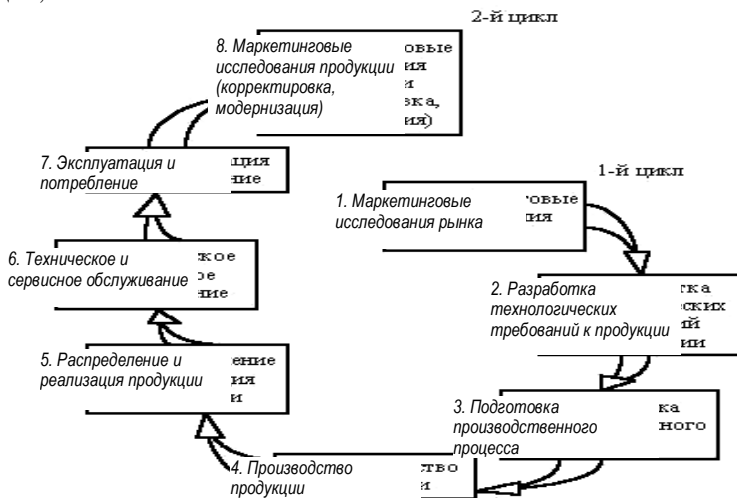


Рис. 1. Жизненный цикл продукции

- упаковка и хранение готовой продукции, т.е. решение проблем сохранения качества в период транспортировки и нахождения товаров на основных и промежуточных складах;
- реализация и распределение, т.е. обмен и распределение в случае независимой системы сбыта или распределение и обмен при прямом маркетинге (при наличии у товаропроизводителей собственной сбытовой сети, например при фирменной торговле);
- монтаж и эксплуатация, т.е. передача товара потребителю (фирменная система сервиса, в том числе и послегарантийный период: ремонты, поставка запасных частей и т.п.);
- определение потребительской ценности (то есть соответствие функциональным и техническим требованиям) товара.

ЗАДАНИЕ

1. Зарисовать жизненный цикл продукции.
2. Пользуясь петлёй качества продукции, определить фазы жизненного цикла продукции.

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Дайте определение понятия «качество»?
2. В чём сущность многообразия определений качества?
3. Какие основные факторы влияют на качество продукции?
4. Как сформулировать понятие «потребность» для определения качества продукции?

5. Как действует закон перехода количественных изменений в качественные в процессе управления качеством?

6. В чём заключается динамичная сущность природы качества продукции?

7. В чём состоит отличие понятия «свойства» от понятия «характеристика»?

Практическая работа 2

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ НАДЁЖНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ

Методические указания

Под надёжностью, согласно международному стандарту ИСО 8402–86, понимается способность изделия (единицы продукции) выполнять требуемые функции в заданных условиях в течение заданного периода времени. Надёжность – сложное свойство, представляющее собой комплексный показатель, включающий в себя такие показатели, как долговечность, ремонтпригодность, сохранность.

Показатели безотказности характеризуют свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. К ним относятся: вероятность безотказной работы $P(t)$; интенсивность отказов $\lambda(t)$; параметр потока отказов $\phi(t)$; средняя наработка до первого отказа T_{cp} ; наработка на отказ T ; условная средняя наработка до первого отказа T_{cp}^* .

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что в пределах определённого времени t или объёма работы изделия не произойдёт отказа. Она определяется выражением

$$P(t) \approx \frac{N(t)}{N_0}, \quad (1)$$

где $N(t)$ – количество изделий, работавших в начале промежутка времени; N_0 – количество изделий, работавших в конце промежутка времени.

Интенсивностью отказов называют вероятность отказа неремонтируемого изделия в единицу времени при условии, что отказ до этого времени не возник. Она может быть определена по следующей формуле:

$$\lambda(t) \cong \frac{\Delta n}{N(t)\Delta t}, \quad (2)$$

где Δn – число изделий, отказавших за время t ; $N(t)$ – количество исправных изделий в конце промежутка времени t ; Δt – промежуток времени, следующий после t , на котором определяется λ .

Средней наработкой до первого отказа T_{cp} является среднее значение наработки изделий в партии до первого отказа. Она определяется выражением

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad (3)$$

где T_i – время работы i -го изделия до первого отказа; n – число изделий в партии.

Параметром потока отказов $\varphi(t)$ называется среднее количество отказов ремонтируемого изделия в единицу времени для рассматриваемого момента времени. Он определяется по формуле

$$\varphi(t) = \frac{\Delta n}{N_0 \Delta t}, \quad (4)$$

где N_0 – количество изделий, работавших в промежутке времени; Δn – количество отказов.

Необходимо учесть, что при определении величины $\varphi(t)$, изделия, отказывающие в течение времени t , ремонтируются. В этом случае $N_0 = N(t)$.

Наработкой на отказ (T) называется среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами.

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_{cp_i}}{n}, \quad (5)$$

где T_{cp_i} – среднее значение наработки на отказ i -го изделия; n – число изделий в исследуемой партии.

Значение T_{cp_i} определяется по следующей формуле:

$$T_{cp_i} = \frac{\sum_{j=1}^m T_{ij}}{m}, \quad (6)$$

где T_{ij} – среднее время работы i -го изделия между j -м и $(j+1)$ -м отказами; m – число отказов i -го изделия.

Выбор показателей надёжности является одним из важных вопросов, при формировании показателей качества продукции.

Все технические устройства принято классифицировать по конструктивному признаку: продолжительности эксплуатации; временному режиму использования по назначению; доминирующим факторам при оценке последствий отказа (табл. 1).

В табл. 1 перед классификационными признаками проставлены цифры разрядов классификационных шифров изделий.

Первый разряд шифра, если изделие неремонтируемое, обозначается цифрой 1, если изделие относится к ремонтируемым, то шифр обозначается цифрой 2. Цифра второго разряда определяется продолжительностью эксплуатации, третьего – временным режимом использования по назначению и четвёртого – доминирующим фактором при оценке последствий отказа.

Таким образом, для любого технического изделия можно получить соответствующий ему классификационный шифр, состоящий из четырёхзначного числа.

Используя полученный шифр изделия, с помощью табл. 2 можно выбрать основные показатели надёжности.

Например, реактор для получения УНМ относится к группе ремонтируемых изделий (первая цифра шифра 2), эксплуатируется до предельного состояния (вторая цифра шифра 4), временный режим эксплуатации – прерывисто-регулярный

(третья цифра шифра 2), доминирующим фактором при оценке последствий её отказа является отказ независимо от длительности простоя (четвёртая цифра шифра 1).

Таким образом, для телевизора получается шифр 2421, и, следует из табл. 2, что основными показателями надёжности для телевизора являются среднее значение параметра потока отказов – $\phi(t)$ (или наработка на отказ T), ресурс T_d (или срок службы $T_{сл}$).

1. Классификация технических устройств по конструктивным признакам

Конструктивные особенности изделия	1. Неремонтируемые	Продолжительность эксплуатации	1. До отказа изделия
		Режим использования по назначению	2. До отказа или до предельного состояния
			3. До окончания выполнения им требуемой функции
	Доминирующий фактор при оценке последствий отказа	1. Отказ	
		2. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объеме	
	2. Ремонтируемые	Продолжительность эксплуатации	1. До первого отказа
			2. До первого отказа или до предельного состояния
			3. До первого отказа или до окончания выполнения требуемых функций
			4. До предельного состояния
			5. До предельного состояния в режиме ожидания или до окончания выполнения требуемых функций в режиме работы
Режим использования по назначению		1. Непрерывный	
		2. Прерывисто-регулярный	
		3. Прерывисто-случайный	
Доминирующий фактор при оценке последствий отказа	1. Отказ независимо от простоя		
	2. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объёме		
	3. Вынужденный простой		
	4. Отказ и вынужденный отказ		
	5. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объёме в произвольном моменте начала режима работы		

2. Основные показатели надёжности

№ группы	Классификационный шифр изделия	Основные показатели надёжности
1	1111 1121 1131 2111 2121 2131	T_{cp}^* – средняя наработка до первого отказа
2	1211 1221 1231 2211 2221 2231	T_{cp}^* – средняя наработка до первого отказа; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
3	1222 2222	$P(t_p)$ – вероятность безотказной работы за t_3 ; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
4	1312 2312	
5	2411 2421 2431	$\varphi(t)$ – среднее значение параметров отказов или T – наработка на отказ; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
6	2413	$K_{ти}$ – коэффициент технического использования; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
7	2423 2433	K_g – коэффициент готовности; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
8	2414	K_g – коэффициент готовности и $\varphi(t)$ – среднее значение параметров отказов или T – наработка на отказ; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
9	2424	K_g – коэффициент готовности; $\varphi(t)$ – среднее значение параметров отказов или T – наработка на отказ; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы
10	2415 2425 2435 2515 2525 2535	$K_{ог}$ – коэффициент оперативной готовности; T_d – ресурс или T_{cl} – срок службы

ЗАДАНИЕ

1. Выбрать изделие из перечня, приведённого в табл. 3. Определить основные показатели надёжности для данного изделия.

2. Определить значение показателей надёжности: $\rho(t)$, $\lambda(t)$, $T_{ср}$, $\varphi(t)$, T . Данные для решения взять из табл. П.1 – П.5.

Задача 1.

Определить вероятность безотказной работы транзисторов, если при их испытании в течение времени t в конце промежутка времени t_0 исправных изделий оказалось $N(t)$, количество изделий подвергшихся испытанию N_0 . Данные взять из табл. П1.

Задача 2.

Определить интенсивность отказов, если в конце промежутка времени были исправными $N(t)$ изделий и за время Δt вышли из строя Δn изделий. Данные взять из табл. П2.

Задача 3.

Определить среднюю наработку до первого отказа для 6 изделий в партии, если известно время работы i -го изделия до первого отказа. Данные взять из табл. П.3.

Задача 4.

Определить параметр потока отказов для трёх изделий, если за время Δt первое изделие отказало n_1 раз, второе изделие – n_2 , третье изделие – n_3 . Данные взять из табл. П4.

3. Варианты заданий

№ варианта	Наименование изделия	№ варианта	Наименование изделия
1	Радиоприёмник	10	Пишущая машинка
2	Холодильник	11	Радиоэлектронное оборудование самолета
3	Стиральная машина	12	Компьютер
4	Магнитофон	13	ЭВМ
5	Электропроигрыватель	14	Приборы для научных исследований
6	Утюг	15	Контрольно-измерительные приборы для учебных целей
7	Телефон	16	Весы торговые
8	Лампа дневного света	17	Велосипед
9	Автомобиль легковой	18	Счётно-вычислительная машина

Задача 5.

Определить наработку на отказ для трёх изделий. Пусть первое изделие исправно работало первые t_{11} ч, затем отказало, и было отремонтировано. После

этого до второго отказа оно работало t_{12} часа, до третьего отказа – t_{13} ч и до четвёртого отказа – t_{14} ч. Второе изделие проработало до первого отказа – t_{21} ч, до второго – t_{22} ч, до третьего – t_{23} ч. И, наконец, третье изделие до первого отказа работало – t_{31} ч, до второго – t_{32} ч, до третьего – t_{33} ч и до четвёртого – t_{34} ч. Данные взять из табл. П5.

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Что называется вероятностью безотказной работы?
2. Что называется интенсивностью отказов?
3. Что называется средней наработкой до первого отказа?
4. Что называется параметром потока отказов?
5. Что называется наработкой на отказ?
6. Какие из вышеперечисленных показателей применяются для ремонтируемых изделий, а также для неремонтируемых?
7. Перечислить показатели, характеризующие долговечность и дать определение.
8. Перечислить показатели, характеризующие сохраняемость и ремонтпригодность и дать их определение.
9. Перечислить комплексные показатели, характеризующие безотказность и ремонтпригодность изделий и дать их определение.

Практическая работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ

Методические указания

Показатели стандартизации и унификации характеризуют степень использования в конкретном изделии стандартизованных деталей, узлов, блоков и уровень унификации составных частей изделия. Для его оценки применяются такие характеристики, как коэффициент унификации (K_y), коэффициент применяемости ($K_{пр}$) и коэффициент повторяемости ($K_{повт}$).

Коэффициент унификации рассчитывается по следующей формуле:

$$K_y = \frac{\sum D_n + \sum D_3 + \sum D_{п}}{\sum D}, \quad (7)$$

где $\sum D_n$ – количество нормализованных деталей изделия; $\sum D_3$ – количество заимствованных деталей изделия; $\sum D_{п}$ – количество покупных деталей изделия; $\sum D$ – общее количество деталей в изделии.

При этом всегда $K_y \leq 1$.

В ряде случаев отдельно определяют коэффициент нормализации K_n , заимствования K_3 и покупных деталей $K_{п}$

$$\left. \begin{aligned} K_n &= \frac{\sum D_n}{\sum D} \\ K_3 &= \frac{\sum D_3}{\sum D} \\ K_n &= \frac{\sum D_n}{\sum D} \end{aligned} \right\} . \quad (8)$$

Коэффициент унификации, вычисленный по формуле (7), не всегда может достаточно охарактеризовать уровень унификации, поскольку при его определении не учитывается значимость отдельных деталей в изделии.

Поэтому в тех случаях, когда стоимость деталей в изделии не одного порядка, а, следовательно, и разный эффект от применения тех или иных унифицированных деталей, пользуются выражением, учитывающем стоимость элементов

$$K_y = \frac{D}{D-1} \left(1 - \sum_{i=1}^n a_i \right) \cdot 100\% , \quad (9)$$

где D – общее количество деталей (узлов) в изделии; N – количество наименований типоразмеров; a_i – удельная стоимость i -го наименования типоразмера.

Здесь сумма $\sum_{i=1}^n a_i$ учитывает массу (вес) каждой детали в общей оценке уровня унификации изделия, соответствующую её стоимости.

$$\sum_{i=1}^n a_i = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{T_o} , \quad (10)$$

где t_i – стоимость i -го наименования типоразмера; T_o – общая стоимость изделия.

Коэффициент повторяемости определяется по формуле

$$K_{\text{повт}} = \frac{\sum D_{\text{шт}}}{\sum H} , \quad (11)$$

где $\sum D_{\text{шт}}$ – общее число деталей, входящих в изделие, шт.; $\sum H$ – общее число деталей, входящих в изделие.

$K_{\text{повт}}$ всегда больше 1.

Коэффициент применяемости показывает, какова часть наименований унифицированных деталей в общем количестве наименований применяемых деталей и определяется по формуле

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum H_n + \sum H_3 + \sum H_n}{\sum H} , \quad (12)$$

где $\sum H_n$ – количество наименований нормализованных деталей; $\sum H_3$ – количество наименований заимствованных деталей; $\sum H_n$ – количество наименований покупных деталей; $\sum H$ – общее количество наименований деталей.

Очевидно, всегда $K_{пр} \leq 1$.

ЗАДАНИЕ

1. Определить коэффициенты унификации, применяемости, повторяемости по спецификациям к сборочным чертежам. Заполнить табл. 4 – 6.

4. Общее количество нормализованных деталей

Наименование нормализованных деталей	Количество (шт.)
1. штифты	...
2. шайбы	...
3. гайки	...
4.

5. Общее количество заимствованных деталей

Наименование заимствованных деталей	Количество (шт.)
1.	...
2.	...
...	...

6. Общее количество покупных деталей

Наименование покупных деталей	Количество (шт.)
1.	...
2.	...
...	...

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Что такое унификация?
2. Что такое коэффициент унификации?
3. Что такое коэффициент повторяемости?
4. Что такое коэффициент применяемости?
5. Что такое стандартизация?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Методические указания

Способ ранжирования. Эксперты располагают объекты экспертизы в порядке их предпочтения. Место, занятое при такой расстановке в ранжированном ряду, называется рангом. Значения весовых коэффициентов в таком случае рассчитывается по формуле.

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{i,j}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{i,j}}, \quad (13)$$

где $G_{i,j}$ – балл (ранг) j -го показателя, проставленный i -ым экспертом; n – количество экспертов; m – количество «взвешиваемых» показателей.

При определении весовых коэффициентов методом ранга экспертам предлагается заполнить табл. 7.

7. Экспертная оценка (метод ранжирования)

Показатели \ Эксперты	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					

Способ попарного сопоставления. При этом способе эксперт получает таблицу (табл. 8), в которой по вертикали и горизонтали проставлены номера объектов экспертизы (показателей качества). Эксперту необходимо проставить в каждой клетке, относящейся двум сравниваемым объектам (показателям), номер того объекта (показателя), который он считает наиболее важным.

8. Экспертная оценка (метод попарного сопоставления)

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6	7
1	X						
2		X					
3			X				
4				X			
5					X		
6						X	
7							X

При попарном сопоставлении используется только верхняя часть таблицы. Расчёт весовых коэффициентов производится по формуле

$$g_j = \sum_{i=1}^n \frac{F_{i,j}}{N}, \quad (14)$$

где $F_{i,j}$ – частота предпочтения i -ым экспертом j -го объекта экспертизы, определяемая как

$$F_{i,j} = \frac{K_{i,j}}{C}, \quad (15)$$

где $K_{i,j}$ – число предпочтений i -м экспертом j -го объекта экспертизы; C – общее число суждений одного эксперта, связанное с числом объектов экспертизы m соотношением

$$C = \frac{n(m-1)}{2}. \quad (16)$$

Способ двойного попарного сопоставления. При двойном попарном сопоставлении заполняется нижняя и верхняя части табл. 9, при этом методика расчёта весовых коэффициентов остаётся той же самой, кроме расчёта числа суждений экспертов. В этом случае число суждений экспертов определяется следующим образом:

$$C = n(m-1). \quad (17)$$

9. Экспертная оценка (метод двойного попарного сопоставления)

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6	7
1	X						
2		X					
3			X				
4				X			
5					X		
6						X	
7							X

ЗАДАНИЕ

1. Выбрать объект экспертизы.
2. Выбрать не более семи показателей качества.
3. Определить весовые коэффициенты показателей качества способом ранжирования.
4. Определить весовые коэффициенты показателей качества способом попарного сопоставления.
5. Определить весовые коэффициенты показателей качества способом двойного попарного сопоставления.

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Чем отличается способ двойного попарного сопоставления от способа попарного сопоставления?
2. В каких случаях лучше воспользоваться способом двойного попарного сопоставления?

Практическая работа 5

УТОЧНЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО УТОЧНЕНИЯ

Методические указания

Суть способа заключается в том, что первоначальные результаты измерений рассматриваются как первое приближение $G_j(1)$. Во втором приближении они используются как весовые коэффициенты $G_j(2)$ суждений экспертов. Полученные с учётом этих весовых коэффициентов новые результаты в третьем приближении рассматриваются опять как весовые коэффициенты $G_j(3)$ тех же мнений экспертов и т.д.

В данном способе предлагается предпочтение j -го показателя перед i -м показателем выражать числом $K_{ij} \geq 0$, для исключения из рассмотрения отрицательных чисел. При этом предлагается K_{ij} принять равным двум в случае предпочтения j -го объекта перед i -м, равным единице – при равноценности j -го и i -го показателей, равным 0 – при предпочтении i -го объекта перед j -м. В этом случае таблица, которую заполняют эксперты, несколько видоизменяется (табл. 10).

В случае обозначения предпочтений экспертов через K_{ji} , первоначальные результаты $G_j(1)$ будут определяться формулой

$$G_j(1) = \sum_{i=1}^n K_{ji}, \quad (18)$$

10. Экспертная оценка (метод последовательного уточнения)

i \ j	1	2	...	m	$G_j(1)$	$g_j(1)$	$G_j(2)$	$g_j(2)$...	
1										
2										
3										
4										
...										
m										

А результаты измерения в $(\omega + 1)$ приближении будут равны:

$$G_j(\omega+1) = G_1(\omega)K_{j1} + \dots + G_m(\omega)K_{jm}. \quad (19)$$

Очевидно, что значения весовых коэффициентов в ω приближении, определяемые как

$$g_j(\omega) = \frac{G_j(\omega)}{\sum_{j=1}^m G_j(\omega)} \quad (20)$$

будут значительно отличаться от значения весовых коэффициентов в первом приближении. В ходе уточнения всё более подчёркивается предпочтительность одного и низкая значимость другого показателя. Процесс уточнения значений g_j продолжается до тех пор, пока точность не достигнет заданной.

ЗАДАНИЕ

1. Уточнить весовые коэффициенты, полученные на практической работе 4 методом последовательного приближения до точности 0,01.
2. Результаты уточнения свести в табл. 10.

ДИАГРАММА ПАРЕТО**Методические указания**

Столбиковая диаграмма, названная именем итальянского экономиста В. Парето (1845 – 1923), который изобрёл формулу, показывающую неравномерность распределения благ, а именно, наибольшая доля доходов или благ принадлежит небольшому числу людей, но они дают наибольшую отдачу.

Согласно данному закону 80% дефектов из всех возможных, принимаемых за 100%, происходят вследствие лишь 20% всех принимаемых причин, также принимаемых за 100%. Отсюда вытекает, что экономически целесообразно в первую очередь устранить 1/5 (20%) причин, приносящих ущерб.

Диаграмма Парето позволяет отделить основные причины возникновения проблем от второстепенных причин.

Порядок построения диаграммы заключается в следующем:

На основании обобщённых данных первичного учёта, например, по актам о браке, рекламациям, совокупность видов дефектов упорядочивается в табл. 11.

11. Распределение влияния дефектов

Код	Дефект или причина	Число дефектов	Сумма дефектов	Процент дефектов	Кумулятивный процент дефектов
А	Отказ узла подачи природного газа	88	88	55	55
Б	Отказ термометра	40	128	25	80
В	Отказ каталитического узла	16	144	10	90
Г	Дефекты сборки и монтажа реактора	4	148	2,5	92,5
Д	Прочие	12	160	7,5	100

Особенностью таблицы для построения диаграммы Парето является последовательность записи факторов (видов причин, дефектов) сверху вниз в порядке убывания значимости их влияния на объект анализа.

При построении диаграммы Парето на оси абсцисс откладываются данные графы 2 или 1, а на оси ординат данные графы 3 в порядке убывания частоты появления дефектов, располагая при этом всегда «прочие дефекты» на оси ординат последними. Если доля этих факторов значительно велика, то необходимо их расщепить (разбить на составляющие), выделив из них наиболее значительные факторы.

По полученным на осях абсцисс и ординат точкам строят столбиковый график, где каждому фактору соответствует прямоугольник (столбик), вертикальная сторона которого равна значению частоты повторяемости рассматриваемого фактора, отложенного на оси ординат. Ширина столбиков принимается одинаковой.

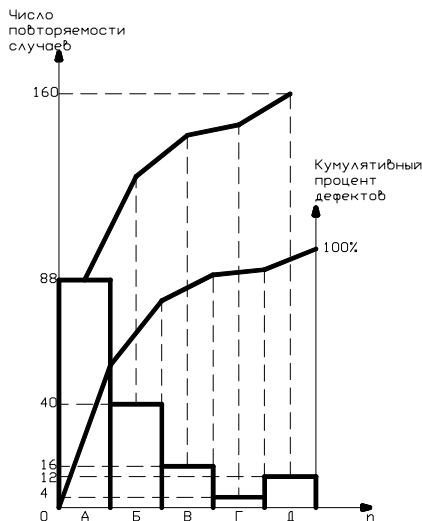


Рис. 2. Диаграмма Парето

Кроме столбиковой диаграммы вычерчивают кривую Лоренца (кривую кумулятивного процента), предварительно введя с правой стороны графика дополнительную ординату и определив на ней точки, соответствующие данным графы 6 табл. 11.

Совокупный график, объединяющий столбиковую диаграмму и кривую Лоренца, называют диаграммой Парето.

Из диаграммы следует, что фактор «Отказ узла подачи природного газа» оказывается самым весомым (55%) и является главной причиной значительного числа рекламаций.

Из кривой Лоренца, характеризующей накопление потерь в зависимости от уровней весомостей фактора, следует то, что подчиняясь закону «80/20», нужно в первую очередь все усилия направить на устранение проявления двух факторов отказов узла подачи природного газа (фактор А) и отказ термометра (фактор Б), имеющих совокупную весомость в появлении рекламаций, равную 80% (55% +25%).

Обобщая вышесказанное, можно установить общий порядок построения диаграммы Парето:

1. Выберите проблемы, которые необходимо решить, и расположите их в порядке важности (путём «мозговой атаки», используя существующие данные – отчёты).
2. Определите критерий для сравнения единиц измерения (натуральные характеристики, стоимостные).
3. Наметьте период времени для изучения.
4. Сгруппируйте данные по категориям, сравните критерий каждой группы.
5. Перечислите категории слева направо на горизонтальной оси в порядке уменьшения значения критерия. В последний столбик включите категории, имеющие наименьшее значение.

Постепенно расчлняя главные причины на составляющие до первопричин и определяя с помощью диаграммы Парето важнейшие из них, можно составить разветвлённую схему основных причинных связей (диаграмму причин), дающую возможность целенаправленно, с наименьшими задержками решать рассматриваемую проблему

ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с методикой построения диаграммы Парето.
2. Построить гистограмму частоты дефектов. Исходные данные взять из табл. 12.
3. Нанести на гистограмму полигон распределений и кривую Лоренца.

12. Исходные данные

№	Проблема	Количество случаев
1	Нарушение температурного режима	13
2	Неправильный выбор катализатора	4
3	Нарушение концентрации газовой смеси	38
4	Герметичность реактора	1
5	Повреждения при выгрузке	2
6	Повреждения при упаковке	7
7	Наклейки	2
8	Проблемы с подачей газа	3
9	Нарушение времени синтеза	13
10	Повреждения при перевозке	3

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Из каких соображений выбирается число интервалов при построении гистограммы?
2. Определите порядок построения гистограммы.
3. Как определяется индекс воспроизводимости процесса и что он отражает?
4. Что собой представляет гистограмма распределения?
5. Как называется ломаная линия на гистограмме?
6. Что характеризует среднее квадратическое отклонение показателя качества?
7. Перечислите возможные варианты относительного расположения поля допуска и поля рассеивания при построении гистограммы.
8. Как построить теоретическую кривую нормального распределения контролируемого параметра?
9. Приведите зависимости для расчёта вероятности брака по результатам построения гистограммы?
10. В каких случаях целесообразно построение гистограмм?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

Методические указания

Качественный состав экспертной комиссии определяется по общему для всей комиссии показателю качества – коэффициенту конкурдации

$$W = \frac{12S}{n^2(m^2 - m)}, \quad (21)$$

где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднего арифметического ранга; n – число экспертов; m – число объектов экспертизы.

Кроме того, для определения качества отдельного эксперта проводят тестирование, самооценку, взаимооценку экспертов. По результатам тестирования определяют погрешность каждого эксперта.

При определении согласованности мнений экспертов обычно заполняют табл. 13.

ЗАДАНИЕ

1. Выбрать объект экспертизы.
 2. Сформировать не более семи показателей.
 3. Определить способом ранжирования весовые коэффициенты.
 4. Определить согласованность мнений экспертов.
 5. Определить погрешность каждого эксперта как отклонение оценки i -го эксперта от средней арифметической оценки.
- Результаты тестирования свести в табл. 13.

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Как определяют сенсорные способности экспертов?
2. Особенности метода Дельфы.
3. Этапы формирования экспертной комиссии.
4. Показатели качества экспертов, по которым формируют экспертную комиссию на первом этапе.

13. Таблица для определения согласованности мнений экспертов

Номер объекта	Оценка эксперта					Сумма	Отклонение	Квадрат отклонений
	1	2	3	4	...			
1								
2								
...								

14. Таблица для определения погрешности эксперта

Ответы на тест	Эксперты						
	1	2	3	4	5	6	...
Значение определяемого показателя							
Погрешность эксперта							

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Методические указания

Контрольная карта – графический способ представления и сопоставления информации, основанной на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости (рис. 3). Она имеет центральную линию CL , соответствующую эталонному значению характеристики, в качестве которого обычно служит среднее арифметическое рассматриваемых данных. Кроме того, контрольная карта имеет две статистически определяемые контрольные границы относительно центральной линии CL , которые называются верхней UCL и нижней LCL контрольными границами.

Верхняя и нижняя границы на контрольной карте находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ – генеральное стандартное отклонение используемой статистики. Изменчивость внутри подгрупп является мерой случайных вариаций. Для получения оценки σ вычисляют выборочное стандартное отклонение или умножают выборочный размах на соответствующий коэффициент.

Границы 3σ указывают, что около 99,7% значений характеристики подгрупп попадут в эти пределы при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии. Другими словами, есть риск, равный 0,3% (или в среднем три на тысячу случаев), что нанесённая точка окажется вне контрольных границ, когда процесс стабилен.

Контрольные карты бывают двух основных типов: для количественных и альтернативных данных.

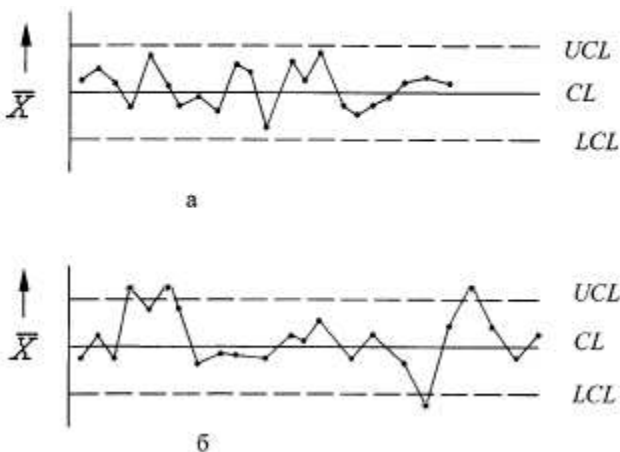


Рис. 3. Примеры контрольных карт:

а – управляемое состояние процесса; б – неуправляемое состояние процесса

Контрольные карты для количественных данных:

– карты среднего (\bar{X}) и размахов (R) или выборочных стандартных отклонений (s);

– карта индивидуальных значений (X) и скользящих размахов (R);

– карта медиан (Me) и размахов (R).

Контрольные карты для альтернативных данных:

– карта долей несоответствующих единиц продукции (p) или карта числа несоответствующих единиц (pn);

– карта числа несоответствий (c) или карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u).

Наиболее часто в серийном и массовом производствах при регулировании технологического процесса (ТП) изготовления продукции при распределении показателей качества по закону Гаусса или Максвелла используют пару \bar{X} - и R -карту. В табл. 15 приведены формулы для расчёта контрольных границ и коэффициенты соответственно для \bar{X} - и R -карт.

Контрольная карта составляется в следующем порядке:

1. Выполняют измерения 20 – 25 последовательно изготавливаемых групп изделий, т.е. выборок, по 4–5 изделий в группе (всего не менее 100).

15. Формулы для расчёта границ контрольных карт с использованием количественных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы *	
	Центральная линия CL	LCL и UCL	Центральная линия CL	LCL и UCL
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	X_0 или μ	$X_0 \pm A\sigma_0$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}, D_4 \bar{R}$	R_0 или $d_2\sigma_0$	$D_1\sigma_0, D_2\sigma_0$
s	\bar{s}	$B_3 \bar{s}, B_4 \bar{s}$	s_0 или $C_4\sigma_0$	$B_5\sigma_0, B_6\sigma_0$

* – заданы стандартные значения X_0 или μ , R_0 , s_0 или σ_0 .

2. Для каждой группы рассчитывают среднее арифметическое \bar{X} и размах R

$$\bar{X} = \sum x / m, \quad (22)$$

где m – число замеров в группе; $\sum x$ – суммарное значение результатов группы.

$$R = (x_{\max} - x_{\min}) / 2, \quad (23)$$

где x_{\min} , x_{\max} – наименьшее и наибольшее значение результатов измерений в группе.

3. По данным контроля рассчитываются параметры контрольных карт: UCL – верхняя граница регулирования; LCL – нижняя граница регулирования.

Контрольная карта X:

$$UCL = \bar{X} + A_2 \bar{R},$$

$$LCL = \bar{X} - A_2 \bar{R}.$$

Контрольная карта R:

$$UCL = D_4 \bar{R},$$

LCL – не определено.

Значения коэффициентов A_2 , D_4 находим из табл. 16.

Когда на карте (X – R) какая-то точка выходит за контрольную границу или находится на ней, это означает неправильную настройку или разлаженность процесса.

ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с порядком составления контрольной карты.
2. Для каждой выборки (табл. 17) вычислить среднее арифметическое значение контролируемого показателя качества.
3. Подсчитать среднее арифметическое значение контролируемого показателя и среднее значение размаха для всей выборки.
4. Вычислить значения контрольных границ CL, UCL и LCL для X-карты и R-карты по формулам (табл. 15), нанести их на контрольные карты.
5. На R-карту нанести значения размахов для всех выборок и соединить их отрезками.
6. На X-карту нанести точки средних арифметических значений контролируемого параметра и соединить их отрезками прямых (рис. 4).

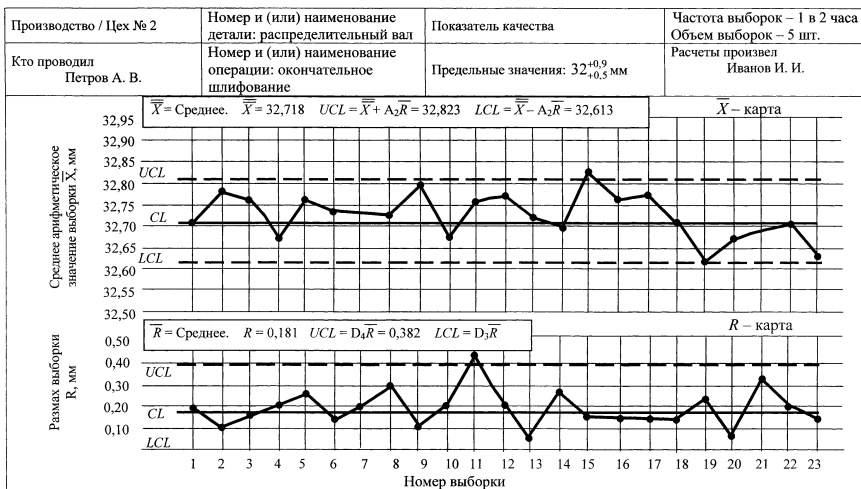


Рис. 4. Пример оформления X-R контрольной карты

Производится расфасовка углеродного наноматериала в упаковки объёмом по 100 г. Известно, что фасовочный станок работает со стандартным отклонением в 0,15 г. Для обеспечения необходимого веса достаточно наладить станок на среднее значение в 100 г. Через каждые полчаса производится случайная выборка объёмом в 5 упаковок. Каждую упаковку взвешивают. Ниже приведены результаты шести последовательных выборок.

17. Исходные данные

Номер выборки	1	2	3	4	5	6
Вес	100,1	99,9	100,2	100,0	99,8	99,9
упаковки, г	100,3	100,0	100,1	100,0	99,8	100,1
	100,1	100,1	100,3	99,7	100,2	100,0
	99,8	99,9	100,0	100,2	100,1	99,9
	100,1	99,7	100,1	100,1	99,9	100,2

ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

1. Перечислите основные виды контрольных карт на основе количественных данных.
2. Определите порядок построения контрольных карт на основе количественных данных.
3. С какой целью рассчитывают индекс воспроизводимости процесса?
4. Как рассчитать индекс пригодности процесса с учётом и без учёта его настроенности на середину поля допуска?
5. Каковы Ваши действия в случае выхода контролируемого параметра за контрольные границы карты?
6. Что собой представляет контрольная карта?
7. Что отражает ломаная линия на X -карте?
8. Что отражает ломаная линия на R -карте?
9. Почему при регулировании ТП с применением контрольных карт на основе количественных данных одновременно ведут две карты?
10. Перечислите возможные варианты расположения точек контролируемого параметра на контрольной карте, при которых состояние ТП следует рассматривать как неконтролируемое?
11. Чему равен риск нахождения точки контролируемого параметра вне контрольных границ контрольной карты, если ТП стабилен?
12. Приведите зависимости для расчёта контрольных границ X-карты?
13. Приведите зависимости для расчёта контрольных границ R-карты?
14. Перечислите основные преимущества применения контрольных карт на основе количественных данных по сравнению с контрольными картами на основе альтернативных данных?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.001–95 Надёжность в технике.
2. ГОСТ 27.202–83 Надёжность в технике. Технологические системы. Методы оценки надёжности по параметрам качества изготавливаемой продукции.
3. ГОСТ Р 50779.40–96 Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
4. ГОСТ Р 50779.42–99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
5. Лумельский, Я.П. Статистические оценки результатов контроля качества / Я.П. Лумельский. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 200 с.
6. Мишин, В.М. Управление качеством: учебное пособие для вузов / В.М. Мишин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 303 с.
7. Новицкий, П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 303 с.
8. Овсеенко, А.Н. Технологическое обеспечение качества изделий машиностроения : учебное пособие / А.Н. Овсеенко, В.И. Серебряков, М.М. Гаек. – М. : Янус-К, 2004. – 296 с.
9. Свиткин, М.З. Менеджмент качества и обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО / М.З. Свиткин, В.Д. Мацута, К.М. Рахлин. – СПб. : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 1999. – 403 с.
10. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учебник для вузов / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.
11. Технологические основы обеспечения качества машин / К.С. Колесников, Г.Ф. Баландин, А.М. Дальский и др. ; под общ. Ред. К.С. Колесникова. – М. : Машиностроение, 1990. – 254 с.
12. Управление качеством в машиностроении: учебное пособие для вузов / А.Ф. Гумеров, А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников [и др.]. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2008. – 168 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица П1

№ варианта	t	N_0	$N(t)$
1	1000	100	98
2	1000	150	144
3	1000	120	116
4	1000	130	126
5	1000	140	137
6	500	100	97
7	500	90	87
8	500	80	75
9	500	110	106
10	500	120	114
11	1000	130	127
12	1000	150	149
13	1000	140	136
14	1000	200	197
15	1000	170	166

Таблица П2

№ варианта	$N(t)$	Δt	Δn
1	1000	100	50
2	1001	100	45
3	1005	100	46
4	1003	100	47
5	1002	100	48
6	1004	100	49
7	500	100	50
8	501	100	47
9	502	50	45
10	503	50	46
11	505	50	48
12	504	50	42
13	402	50	49
14	403	50	46
15	404	50	47

Таблица ПЗ

№ варианта	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
1	20	25	30	35	31	32
2	40	41	54	45	50	49
3	30	31	39	20	37	40
4	10	15	20	19	18	16
5	100	105	75	109	110	99
6	100	110	120	108	115	76
7	85	80	81	70	50	82
8	70	71	72	50	25	70
9	50	51	55	54	10	56
10	75	72	73	74	75	10
11	91	90	70	95	100	90
12	100	101	105	74	106	100
13	84	85	80	55	87	88
14	20	21	24	26	10	27
15	31	33	34	35	34	30

Таблица П4

№ варианта	n_1	n_2	n_3	Δt	N_0
1	2	3	1	100	3
2	3	4	2	100	3
3	4	3	1	100	3
4	4	5	2	100	3
5	4	4	3	100	3
6	5	5	1	100	3
7	2	5	3	100	3
8	3	4	5	100	3
9	4	2	1	100	3
10	5	4	5	100	3
11	5	3	2	100	3
12	2	1	5	100	3
13	3	2	5	100	3
14	4	2	4	100	3
15	4	3	5	100	3

Таблица П5

№ варианта	t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃	t ₁₄	t ₂₁	t ₂₂	t ₂₃	t ₃₁	t ₃₂	t ₃₃	t ₃₄
1	100	80	85	90	120	100	90	80	85	70	100
2	120	100	90	80	125	110	90	75	80	70	65
3	130	120	110	102	131	130	90	75	70	60	55
4	100	110	105	90	100	95	90	95	90	85	65
5	90	80	70	60	90	85	70	60	65	62	59
6	102	100	91	85	98	85	71	65	60	50	41
7	500	400	450	200	400	405	380	350	330	310	100
8	400	385	350	340	420	400	390	390	380	310	200
9	430	410	400	300	400	350	300	410	380	300	250
10	420	400	390	350	410	360	340	380	350	300	280
11	410	405	360	320	400	380	360	300	305	250	220
12	400	380	70	350	380	350	300	200	280	300	150
13	200	190	180	100	180	190	170	180	150	140	120
14	210	200	190	180	200	185	170	140	150	120	100
15	220	210	200	180	150	190	180	160	170	150	120