

Рыбалко В.В.

Управление качеством эксплуатации объектов теплоэнергетики

Контроль качества
эксплуатации на основе современных
информационных технологий



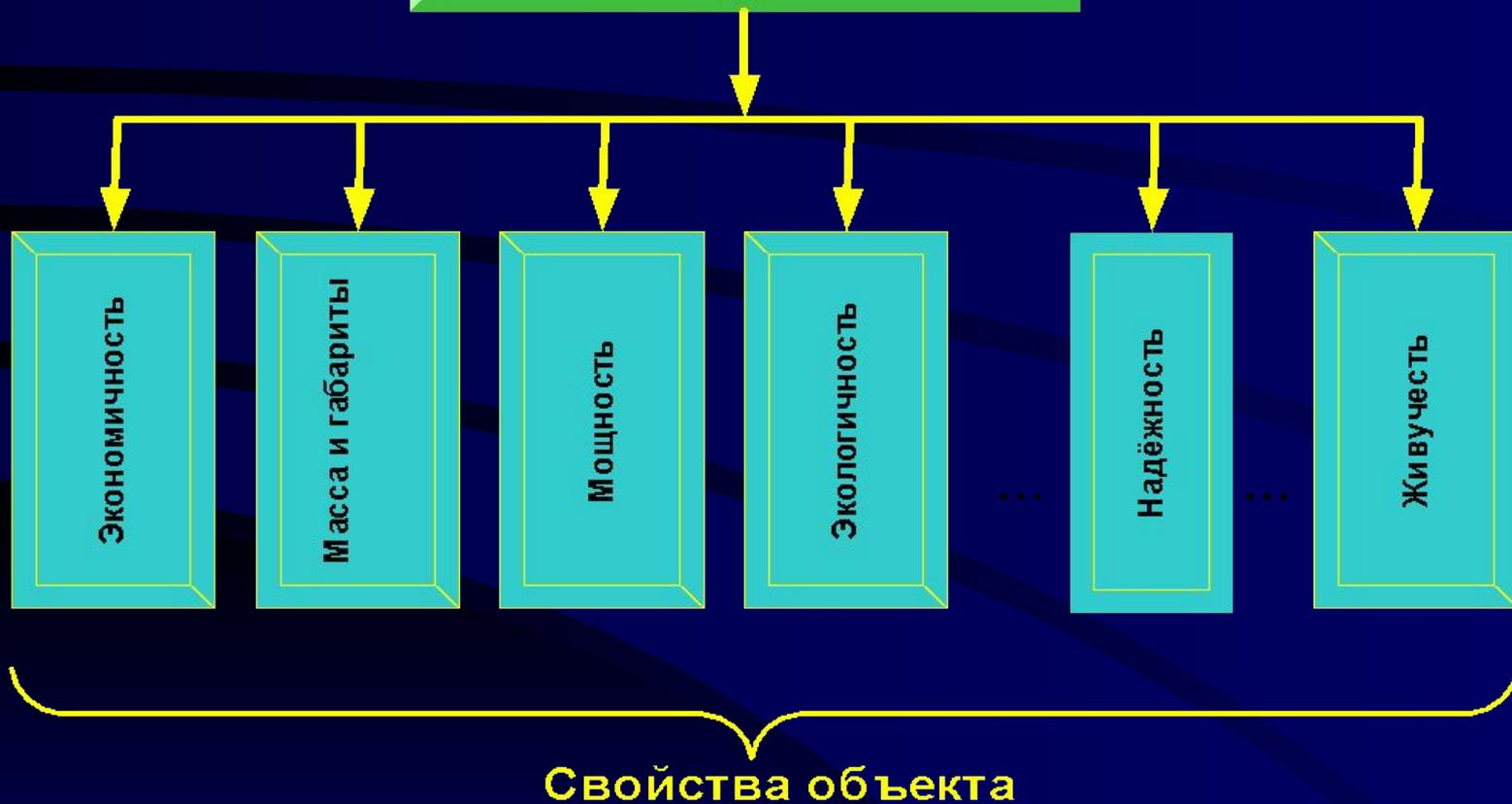
Основные понятия и определения

Качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности ¹

¹ Международный стандарт ИСО 8402-94



Качество объекта



Японская школа качества продукции:

- 1) Всеобъемлющее управление качеством на уровне фирмы, участие в нем всех работников.
- 2) Подготовка и повышение квалификации кадров в области управления качеством.
- 3) Деятельность кружков качества.
- 4) Инспектирование и оценка деятельности по управлению качеством.
- 5) Использование статистических методов.
- 6) Общенациональная программа по контролю качества.



Влияние суммарных затрат по этапам жизни изделия на обеспечение уровня качества

<i>Этап жизни изделия</i>	<i>Доля в суммарных затратах (в %)</i>	<i>Влияние этапа на суммарные затраты (в %)</i>
Исследования и разработка	1—6	60—80
Производство	40-45	5—10
Доведение до ввода в эксплуатацию	5—15	20—30
Эксплуатация	40—54	15—25



Алгоритм управления качеством эксплуатации объектов теплоэнергетики



**Оценка исходного
состояния объекта**

Расчёт оптимальных
сроков ТО, объёма ЗИП
и остаточного ресурса
объекта. Принятие
решения.

Реализация решений

**Контроль
качества
эксплуатации**



Объекты:

- котлоагрегаты;
- подогреватели;
- тепловая сеть;
- и др.



Результат:

- минимальные затраты на производство и эксплуатацию ;
- конкурентоспособность объекта.

Цель управления:

обеспечить безотказную и экономичную работу в пределах назначенного ресурса



Международная Организация по Стандартизации (IOS - International Organization for Standardization).



Штаб-квартира расположена в Женеве (Швейцария).



ISO 9000 - это добровольный международный стандарт для системы управления процессом проверки качества

- ISO 9001 - Модель контроля качества в проектировании и в разработке.
- ISO 9002 - Модель контроля качества в области производства, монтажа и обслуживания.
- ISO 9003 - Модель для обеспечения качества при контроле и испытаниях готовой продукции
- ISO 9000-1 - Общие руководства по выбору и использованию Системы качества.
- ISO 9004-2 - Управление качеством и элементы Системы качества - Указания .

Термин "iso" происходит от латинской основы "equal" - "равный."

Международный стандарт ISO 9000



**ISO 9000 — это
основа
современного
контроля качества**

Возможности ISO 9000

ISO 9000 с
важнос
стат
в

**Пакет *STATISTICA*
идеально
подходит для
реализации
ЭТИХ
стандартов!**

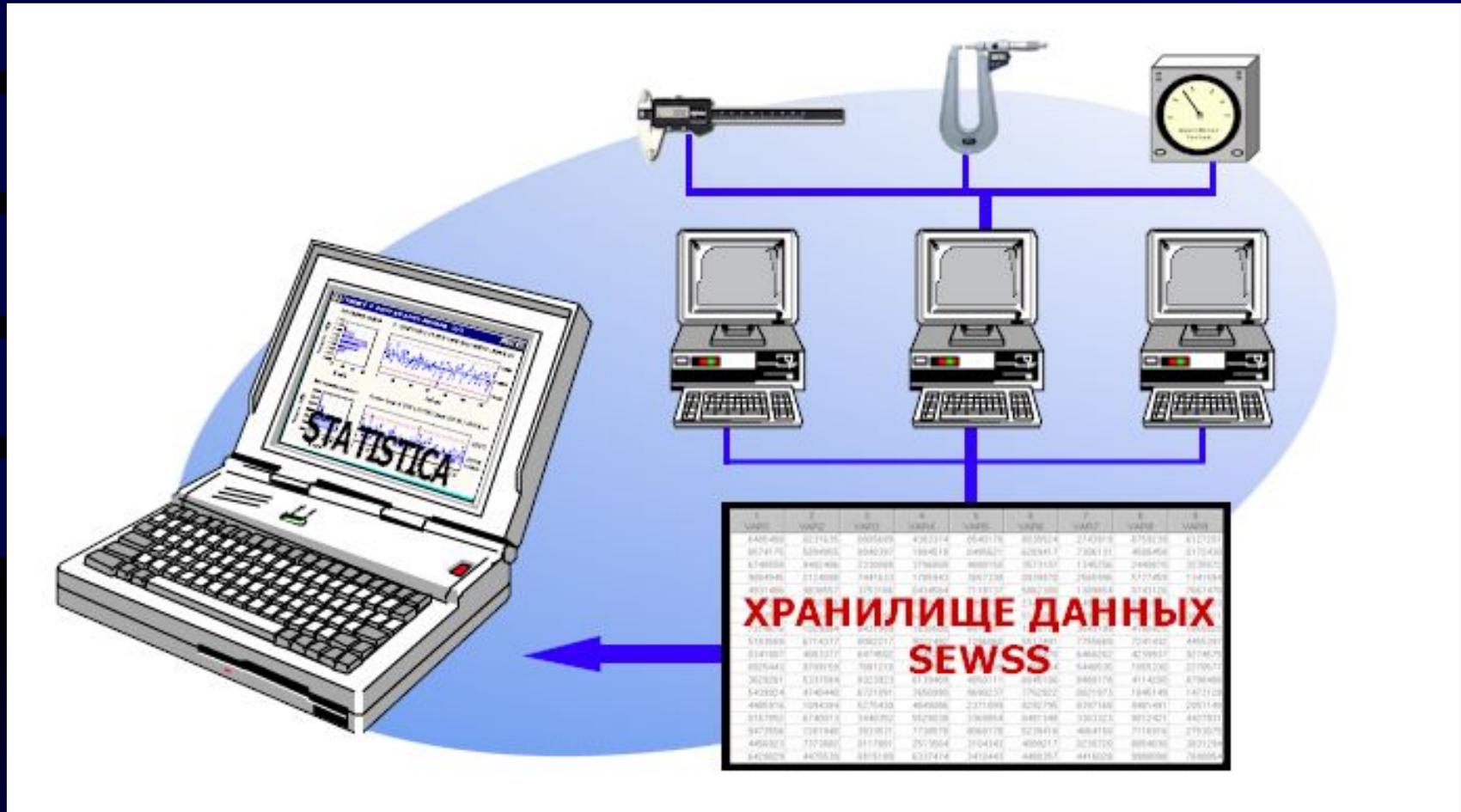
Управлен
(карты контроля качества)

статистические методы
(четкая документация)

Идентификация и просле-
живаемость продукта

Контроль документов
и данных

Аппаратная реализация системы управления качеством в пакете *Statistica*



SEWSS (произносится [с'юис]) - **STATISTICA Enterprise-wide SPC System**
SPC - статистический контроль процесса

Контроль качества при разработке

**Контроль качества в процессе
производства**

Контроль качества в эксплуатации

Контроль качества в процессе производства

Методы модуля *Контроль качества*¹, предназначены для построения процедур контроля качества продукции в процессе производства, т.е. *текущего* контроля качества.

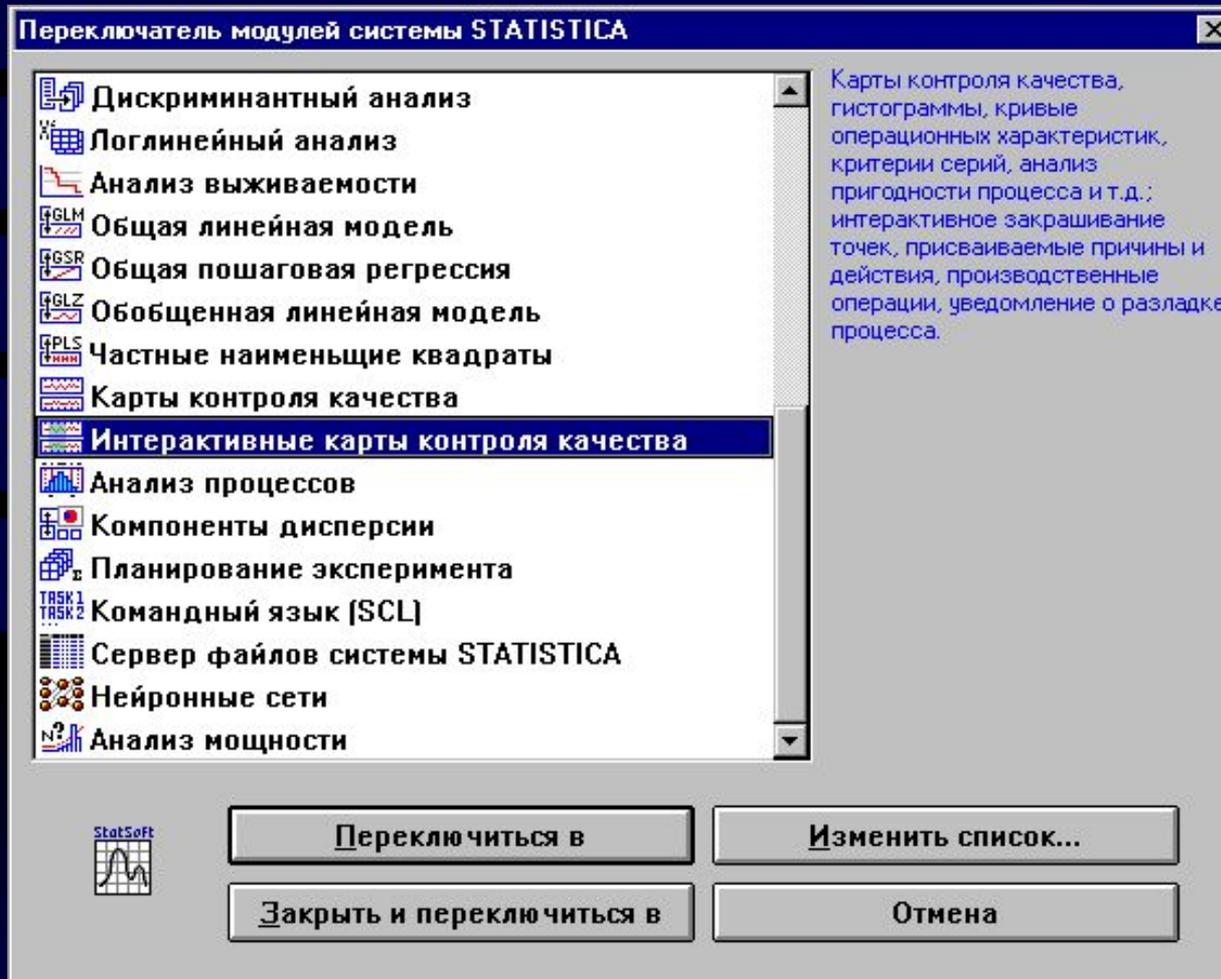
Общая процедура контроля качества:

- в процессе производства проводится отбор выборок изделий заданного объема
- на специально разлинованной бумаге строятся диаграммы изменчивости выборочных значений плановых спецификаций и рассматривается степень их близости к плановым значениям



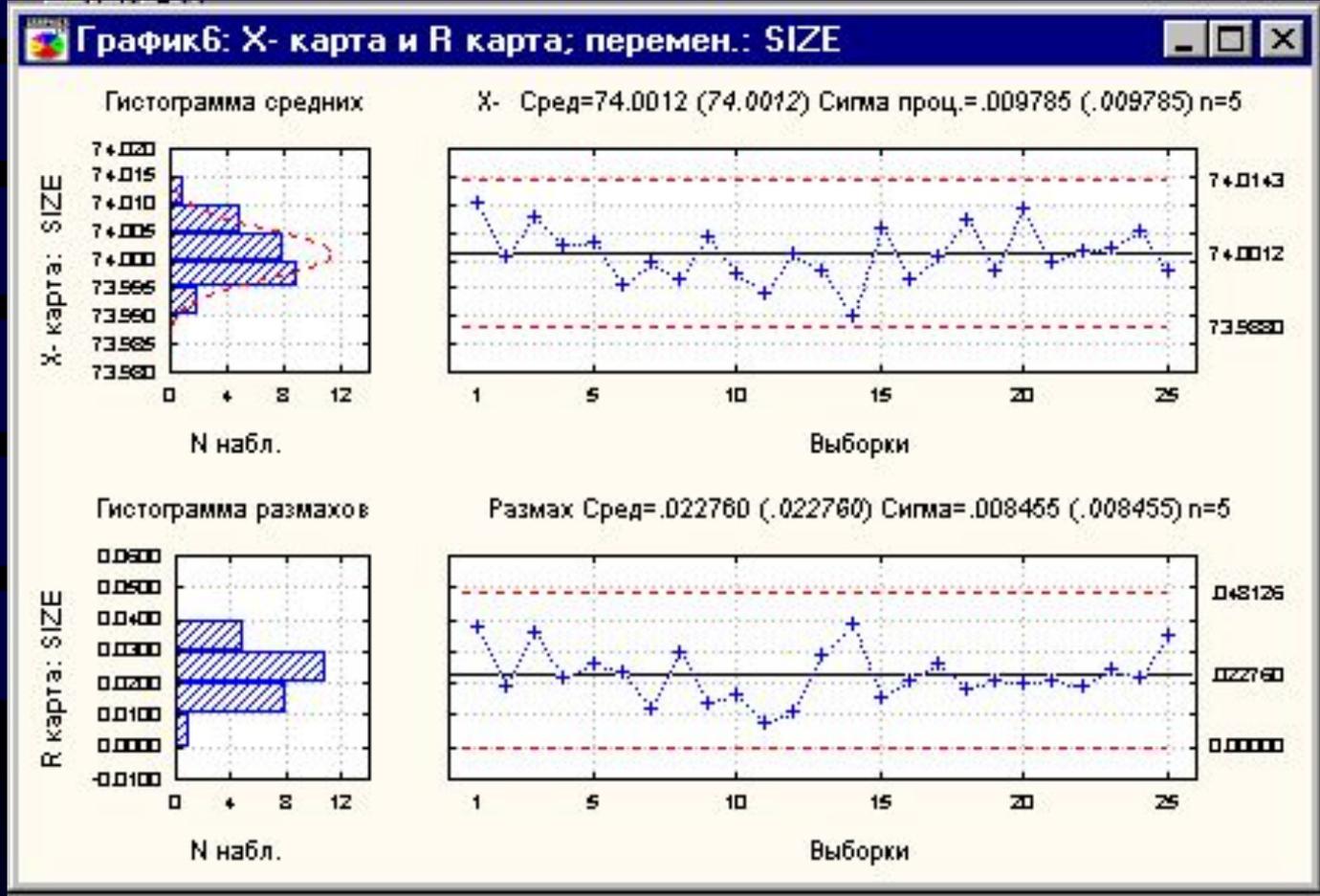
¹ Модуль находится в разделе *STATISTICA INDUSTRIAL SYSTEM*

Основные разделы модуля «Контроль качества» - SIS¹ в пакете *Statistica*



- Планирование эксперимента
- Анализ производственных процессов
- Карты контроля качества
- Интерактивные карты контроля качества

Контрольные карты контроля качества



- X- карта;

- R - карта;

В компьютерном варианте контрольных карт, наиболее часто встречается ситуация, когда на экране находятся две карты (и две гистограммы). Одна из них называется X- картой, а другая – R картой.

Пакет контрольных карт

Quality Control Charts

- X- and R chart for continuous variables
- X- and S chart for continuous variables
- X- and S2 chart for continuous variables
- C chart for alternative attribute
- U chart for alternative attribute
- Np chart for alternative attribute
- P chart for alternative attribute
- Многомерная карта T2 Хотеллинга**
- CUSUM chart for continuous variables
- MA chart for continuous variables
- EWMA chart for continuous variables
- Regression control chart
- Pareto Chart

OK

Отмена

Данные

SELECT CASES У В

Другие процедуры контроля качества (расчет негауссовских индексов пригодности процесса, планы выборочного контроля, анализ повторяемости, планирование эксперимента) находятся в модулях "Анализ процессов" и "Планирование эксперимента".

Пример № 1

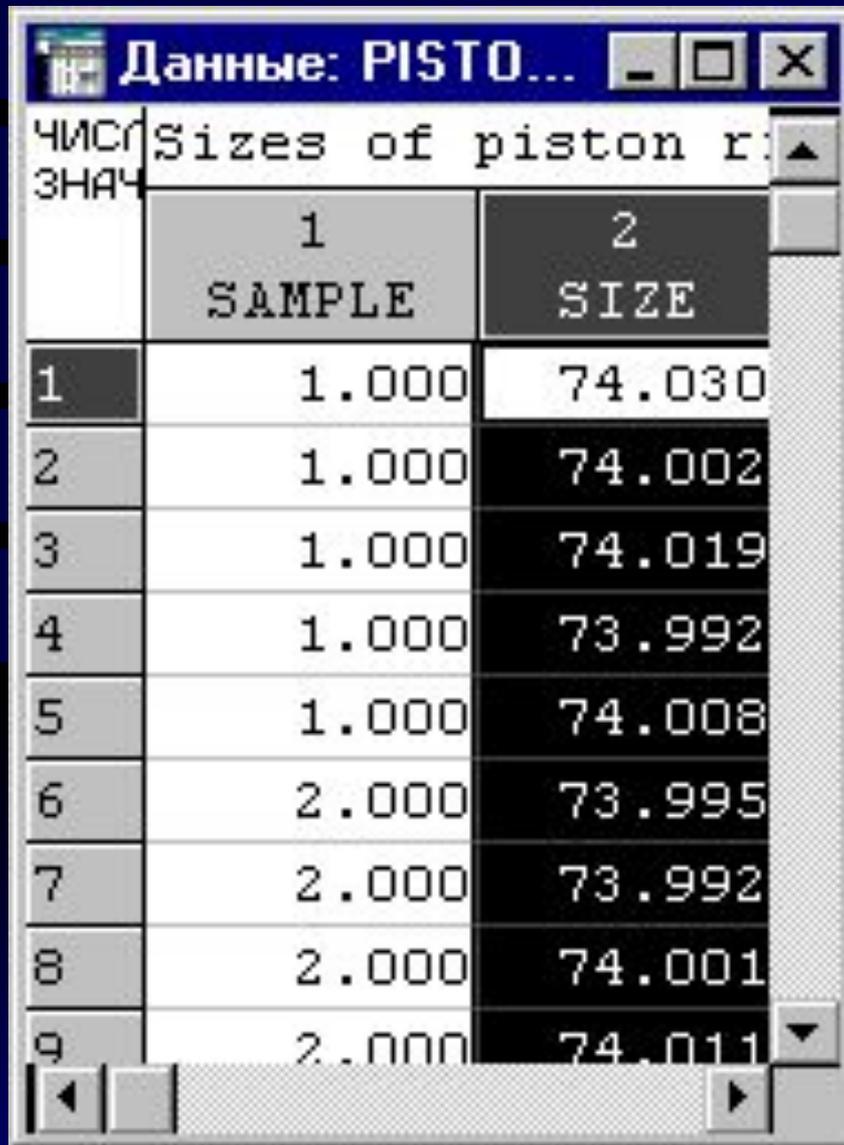
Постановка задачи:

Производство поршневых колец для самодвижущихся механизмов связано с кузнечным процессом. Требуется установить контроль за данным процессом.

Более конкретно, необходимо убедиться, что диаметр выпущенных поршневых колец равен 74 миллиметра, а отклонения от стандарта находятся в разумных пределах. Данные состоят из 25 выборок объема $n = 5$.



Исходная информация



Скриншот окна с данными. Заголовок: "Данные: PISTO...". Таблица имеет следующие данные:

ЧИСЛО ЗНАЧ	1 SAMPLE	2 SIZE
1	1.000	74.030
2	1.000	74.002
3	1.000	74.019
4	1.000	73.992
5	1.000	74.008
6	2.000	73.995
7	2.000	73.992
8	2.000	74.001
9	2.000	74.011

Переменная (*Sample*) содержит кодовый номер, обозначающий, к какой выборке относится каждое наблюдение.

Переменная (*Size*) содержит результаты измерений.



Задание параметров анализа

Карты контроля качества

X- и R карта для непрерывных переменных
 X- и S карта для непрерывных переменных
 X- и S2

Стандартная карта Краткая карта (для групп данных)

Данные: Исходные данные

Переменные:

Измерения (наблюдения): SIZE
Идентификаторы выборок (коды): SAMPLE

Коды:

Порядок кодов сортируется по мере ввода
 Постоянный объем выборки

Выберите переменную с именем, соответствующим коду. Вместо кодов можно задать диапазон. Электронное руководство (для вызова нажмите ? или F1).

Задание кодов выборок:

SAMPLE: Все Инф. OK

1 - 25 Отмена

Задание параметров анализа

Задание плановых
спецификаций

Центральная линия X- карты

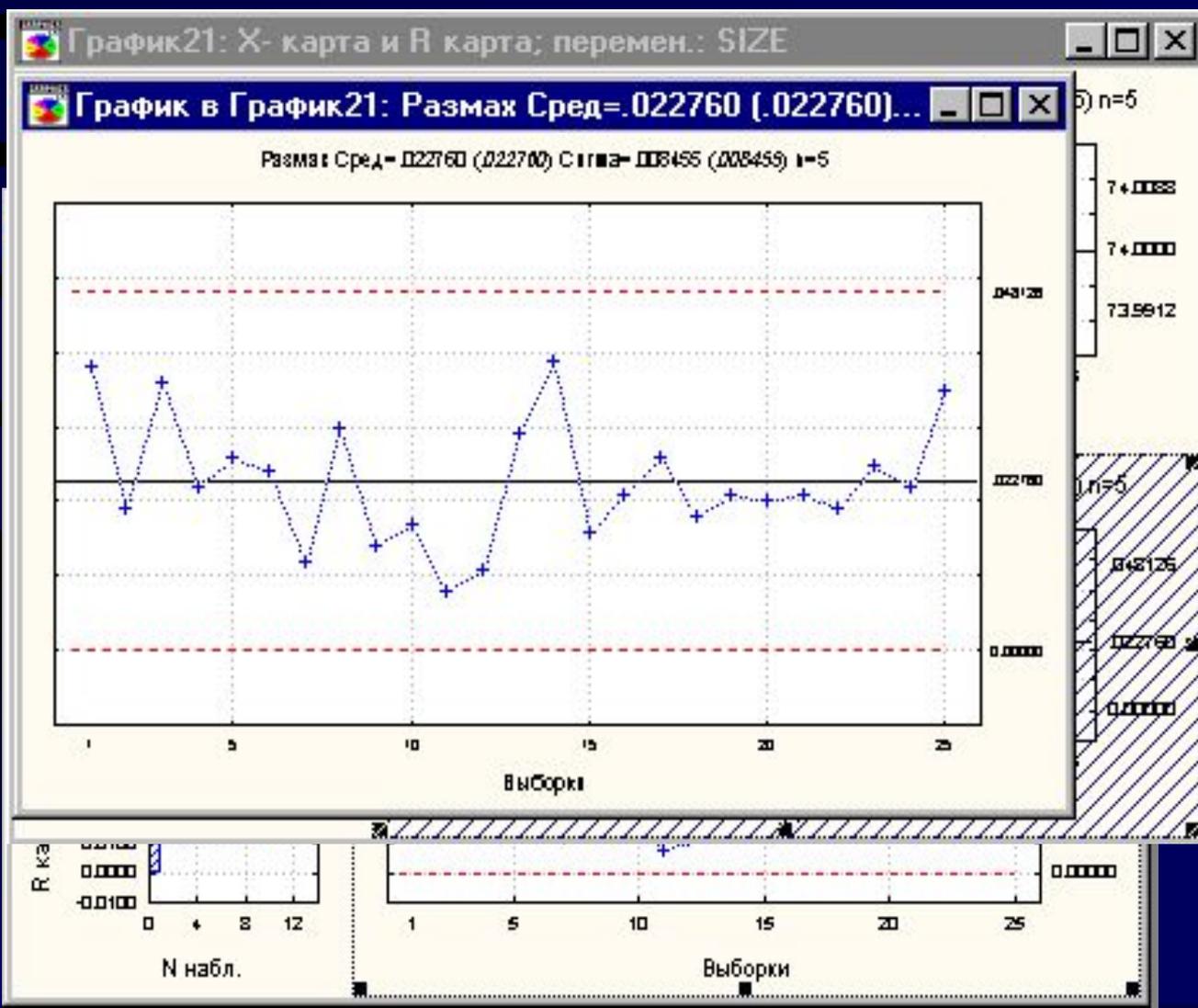
Среднее процесса:

Задание верхних и
нижних контрольных
пределов

Нижний контрольный предел

Сигма умножить на:

Просмотр контрольных карт



Чтобы вывести R карту в отдельном окне, дважды щелкните мышью на этой карте.

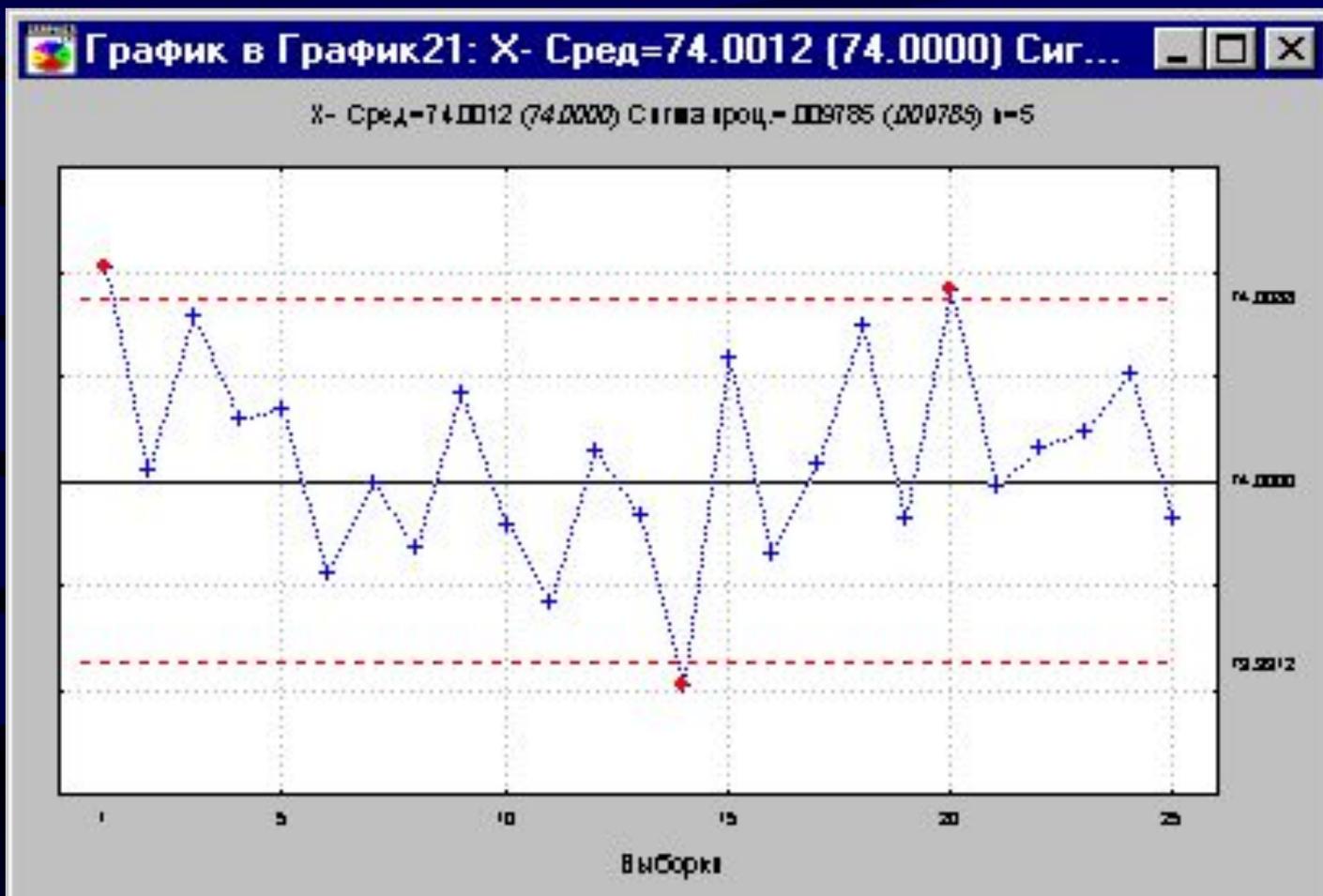


Анализ R - контрольной карты



Как можно видеть, в рассматриваемом примере R карта не содержит выбросов (т.е. ни одна из точек не лежит выше верхнего контрольного предела данной карты); поэтому изменчивость можно считать *контролируемой*.

Анализ X - контрольной карты



На X- карте три выборочные точки оказались вне контрольных пределов (две из них лежат выше верхнего контрольного предела, и одна - ниже нижнего контрольного предела).

Просмотр карт с помощью таблиц результатов

SIZE ; R карта; Средн. размах: .0227600 Сигма: .0084553
КОНТРОЛЬ | Ст. карма: Размах: тот же Сигма: та же
КАЧЕСТВО

SIZE ; X-; Ср. процесса:74.0012 Сигма: .009785
КОНТРОЛЬ | Ст. карма: Сред: 74.0000 Сигма: та же
КАЧЕСТВО

Число выбросов (pistons.sta)

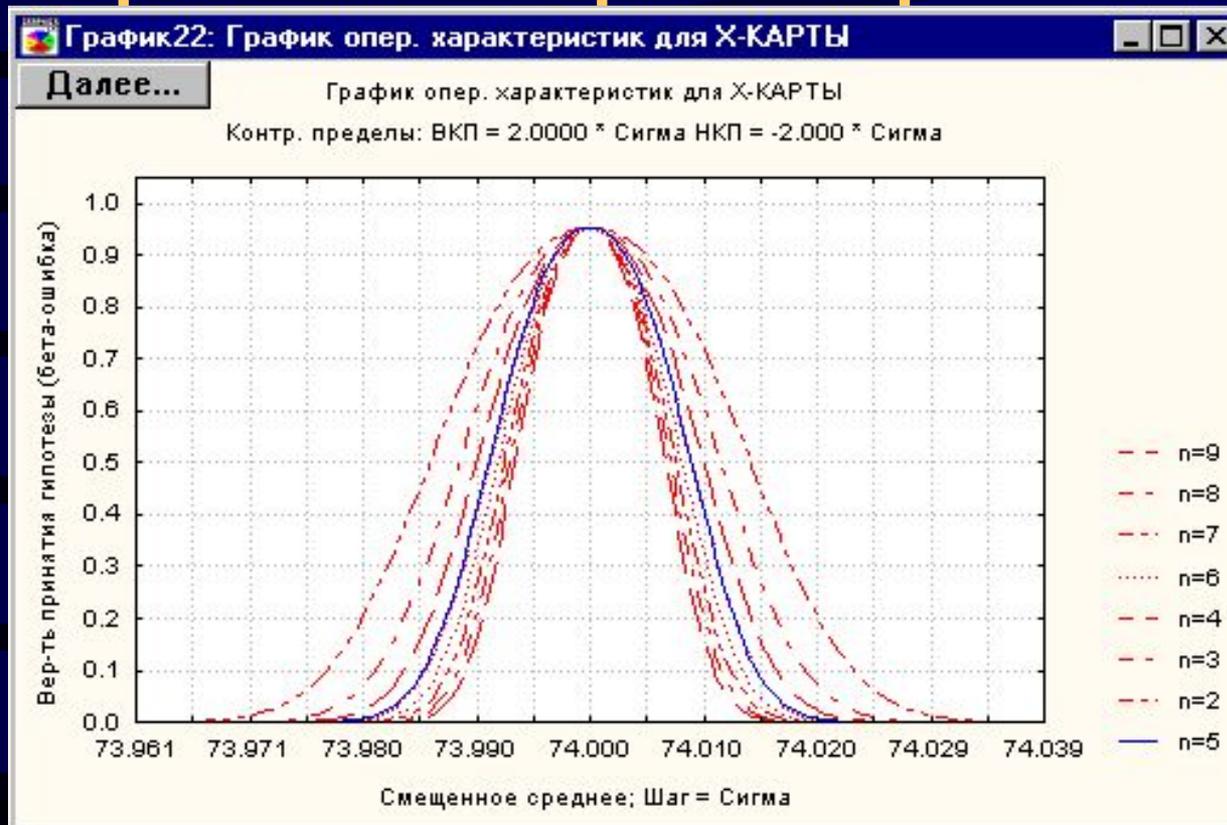
Тип выброса	Число выбросов	% от всех выборок
< НКП	1	4.00000
> ВКП	2	8.00000
Всего	3	12.00000

№	Средн.	Сигма	НКП	ВКП
9	.00420	.014000	5	73.99125
10	99800	.017000	5	73.99125
11	99420	.008000	5	73.99125
12	00140	.011000	5	73.99125
13	99840	.029000	5	73.99125
14	99020	.039000	5	73.99125

Три выборочных средних превысили контрольный предел. Возможно имеет

Итоговая таблица для уклоняющихся выборок.

Кривая характеристик



Этот график позволяет оценить вероятность того, что процесс считается контролируемым (откладывается по вертикальной оси), в то время как на самом деле произошел сдвиг его среднего значения на определенную величину (откладываемую по горизонтальной оси графика).

Анализ тенденций в отклонениях процесса (критерий серий)

Для того чтобы обнаружить систематические тенденции расположения точек контрольной карты рекомендуется проверить выполнение стандартного набора критериев серий для контролируемой величины. Эти критерии помогают заранее обнаружить разладку производственного процесса.

Критерии серий, перем: SIZE (pistons.sta)	
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	R карта
Зоны A/B/C:	Центр. линия: .02276 Сигма: .00846
	от до
Далее...	X- карта
Зоны A/B/C:	Центр. линия: 74.000 Сигма: .00438
Критерии против альтернатив спец. вида	от до
	выборки выборки
9 точек по одну сторону от центр	OK OK
6 точек в возр./уменьш. ряду	OK OK
14 точек в "шахматном порядке"	OK OK
2 из 3 точек в зоне A или вне ее	OK OK
4 из 5 точек в зоне B или вне ее	OK OK
15 точек в зоне C	OK OK
8 точек вне зоны C	OK OK

ни один из критериев серий не указал на выход процесса из-под контроля

Пример № 2
CUSUM карта – карта
накопленных
(суммарных отклонений)
процесса



Некоторые основные понятия оперативного контроля процесса

Гипотезы:

H_0 - процесс контролируем

H_1 - процесс вышел из под контроля

$$\alpha = P(H_1/H_0)$$

$$\beta = P(H_0/H_1)$$

Ошибка 1 рода

Ошибка 2 рода



Построение графика накопленных суммарных отклонений (CUSUM-карта)

Центральная линия ? X

Среднее процесса:

Обнаруживаемый сдвиг ? X

Обнаружить сдвиг >



Значимое отклонение



Немного о V- карте

По определению, V- маска- это верхний и нижний пределы для накопленных сумм.

$$d = \left(\frac{2}{\delta^2} \right) \ln \left(\frac{1-\beta}{\alpha} \right)$$

Угол V-маски

$$\theta = \text{arctg} \left(\frac{\Delta}{2k} \right)$$

Ведущее расстояние
d

Анализ производственных процессов

Модуль «Анализ производственных процессов» (или кратко, *Анализ процессов*) содержит вычислительные процедуры для:

- оценивания объема выборок при контроле с фиксированным объемом выборки и при последовательном выборочном контроле
- изучения пригодности процессов или механизмов
- изучения повторяемости и воспроизводимости измерений (метрология)
- подгонки к данным распределения Вейбулла и анализа надежности

Назначение модулей

Выборочный контроль

Сколько изделий из партии необходимо исследовать, чтобы быть уверенными в том, что изделия этой партии обладают приемлемым качеством?

Выборочный контроль обеспечивает существенную экономию времени и средств по сравнению со сплошным контролем



Назначение модулей

Анализ пригодности процесса

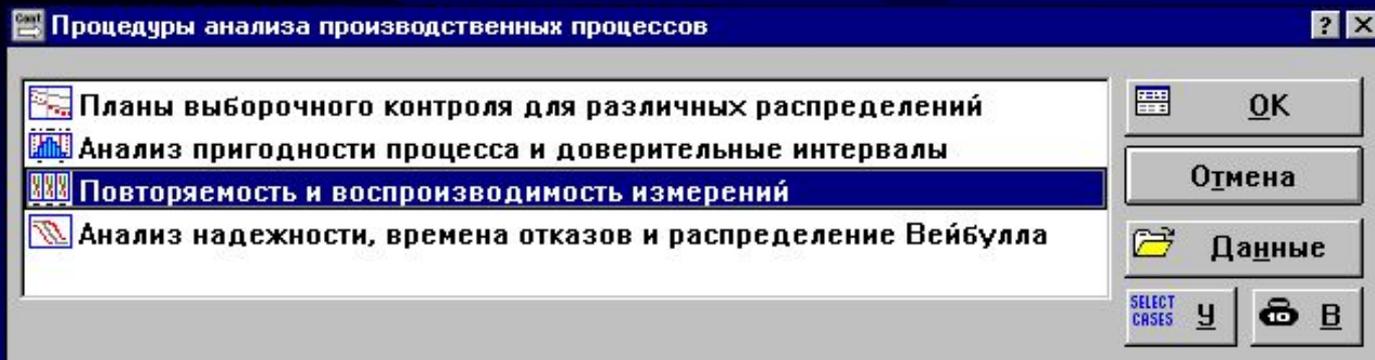
Как только процесс становится управляемым, возникает следующий вопрос: “в какой степени долговременное поведение процесса удовлетворяет техническим условиям и целям, поставленным руководством?” Ответ на этот вопрос можно получить с помощью методов «Анализа процессов».



Назначение модулей

Повторяемость и воспроизводимость измерений

Цель анализа повторяемости и воспроизводимости – определить, какая часть изменчивости результатов измерений вызвана (1) различием измеряемых изделий или деталей (*изменчивость деталей*), (2) различием операторов или приборов, осуществляющих измерения (*воспроизводимость*) и (3) ошибками (погрешностями) измерений, осуществляемых теми же операторами при нескольких измерениях одинаковыми приборами одних и тех же деталей (*повторяемость*).



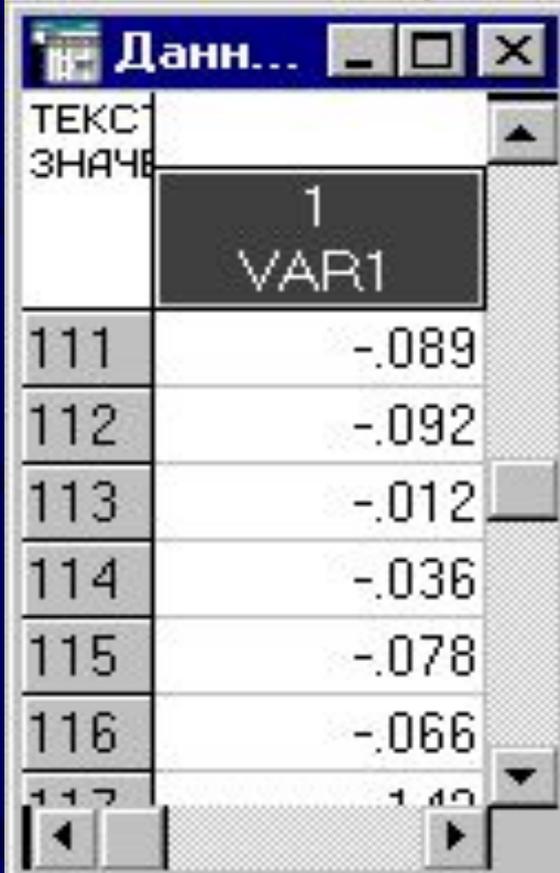
Пример № 3

Выравнивание эмпирического
распределения
по нормальному закону
(Гаусса)



Постановка задачи

Из продукции пресса, штампующего цилиндрические детали $D = 20$ мм, отобрано произвольно 200 деталей. Результаты отклонений размеров от номинала заносятся в таблицу Statistica. Измерение производилось микрометром с ценой деления 0,001 мм.



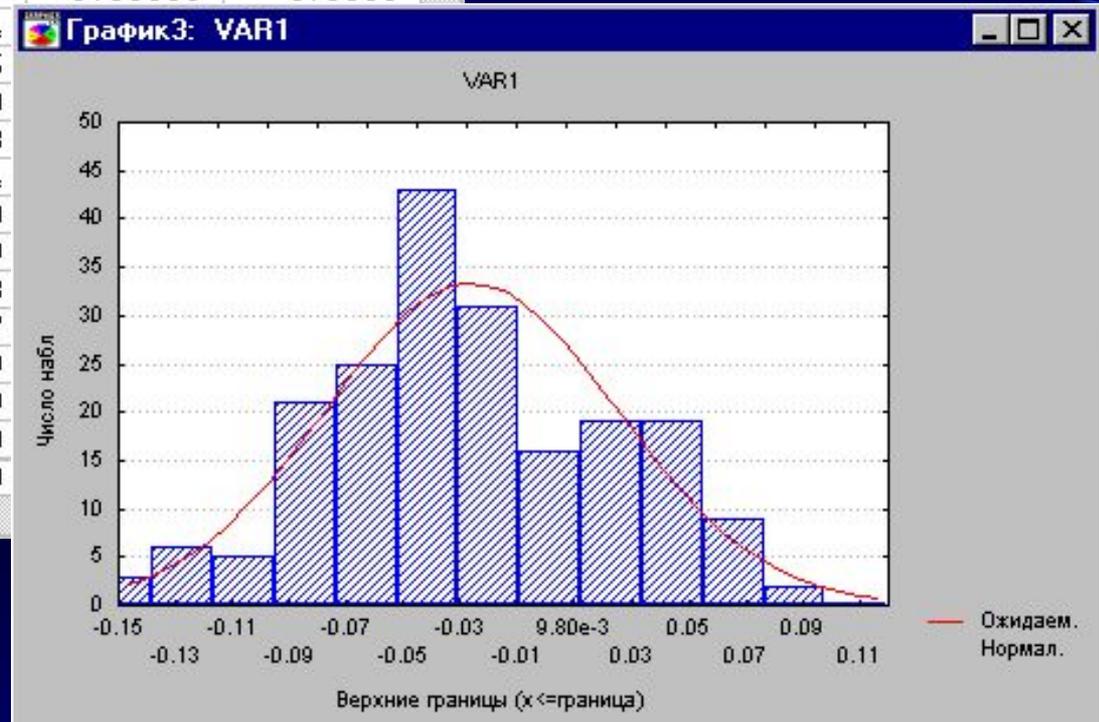
Скриншот окна "Данн..." (Data) в программе Statistica. Таблица содержит следующие данные:

ТЕКСТ	ЗНАЧЕ
	1 VAR1
111	-.089
112	-.092
113	-.012
114	-.036
115	-.078
116	-.066
117	1.42

Разведочный анализ

Далее...	Сумма	Минимум	Максимум	Размах	Дисперс.	Ст. откл.
VAR1	-5.27040	-.149000	.130000	.279000	.002638	.05136

Далее...	Частота	Кумул. частота	Процент	Кумул. Процент
-.15973 < x <= -.13826	3	3	1.50000	1.5000
-.13827 < x <= -.11680	6	9	3.00000	4.5000
-.11681 < x <= -.09534	5	14	2.50000	7.0000
-.09535 < x <= -.07388	21	35	10.50000	17.5000
-.07388 < x <= -.05242	25	60	12.50000	30.0000
-.05242 < x <= -.03096	43	103	21.50000	51.5000
-.03096 < x <= -.00950	31	134	15.50000	67.0000
-.00950 < x <= .011961	16	150	8.00000	75.0000
.011962 < x <= .033423	19	169	9.50000	84.5000
.033423 < x <= .054884	19	188	9.50000	94.0000
.054885 < x <= .076346	9	197	4.50000	98.5000
.076346 < x <= .097807	2	199	1.00000	99.5000
.097808 < x <= .119269	0	199	0.00000	99.5000
.119269 < x <= .140730	1	200	0.50000	100.0000
Пропущ.	0	200		



Подгонка распределения

Подгонка непрерывных распределений

Распределение: **Нормальное**

Переменная: **VAR1**

Число групп: **14**

Нижняя граница: **-.18**

Замечание: Табулирование данных основано на первых 6 значащих цифрах; используйте ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИКИ для построения стандартной таблицы частот.

График

ОК

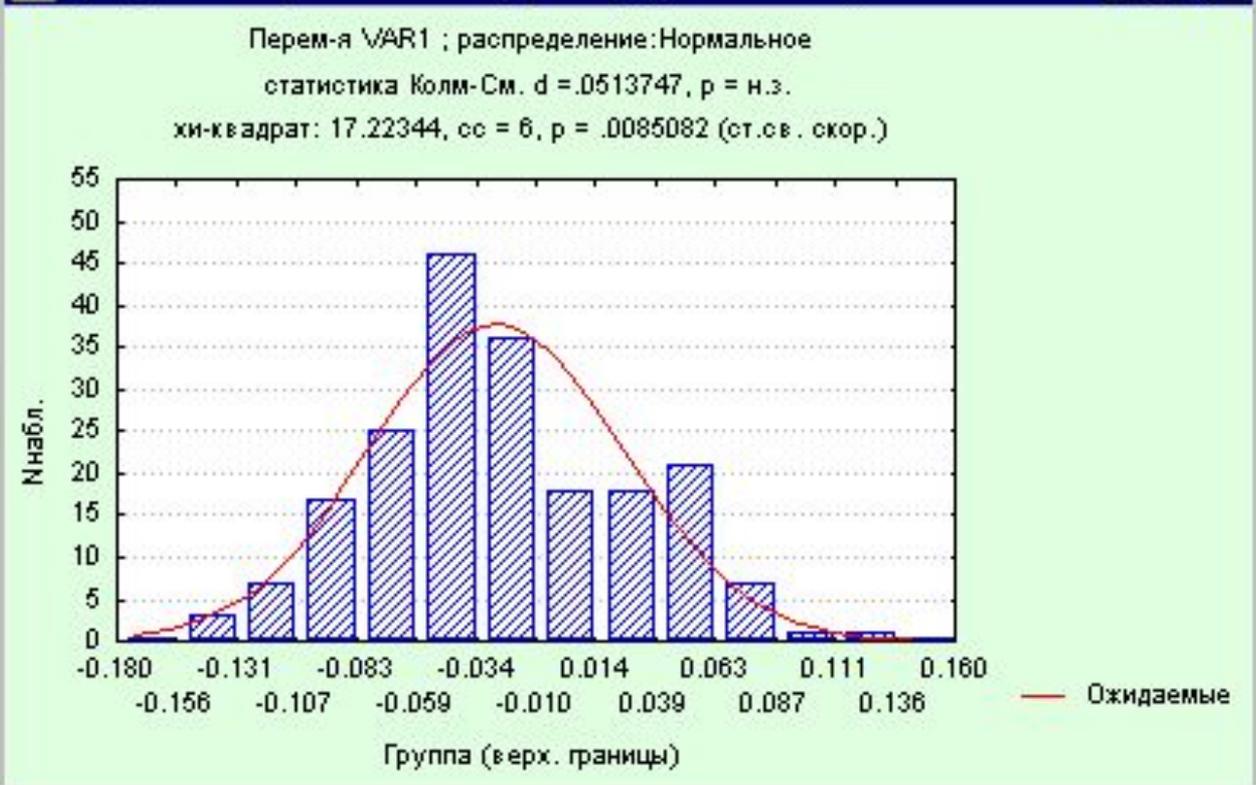
Отмена

SELECT CASES

Перем-я VAR1 ; распределение:Нормальное (example1.sta)

НЕПАРАМ. СТАТИСТ.	статистика Колм-См	Колм-См
Верхняя граница	наблюд. частота	кумулятив. набл.
<= -.1557	0	
-.13143	3	
-.10714	7	
-.08286	17	
-.05857	25	
-.03429	46	
-.01000	26	

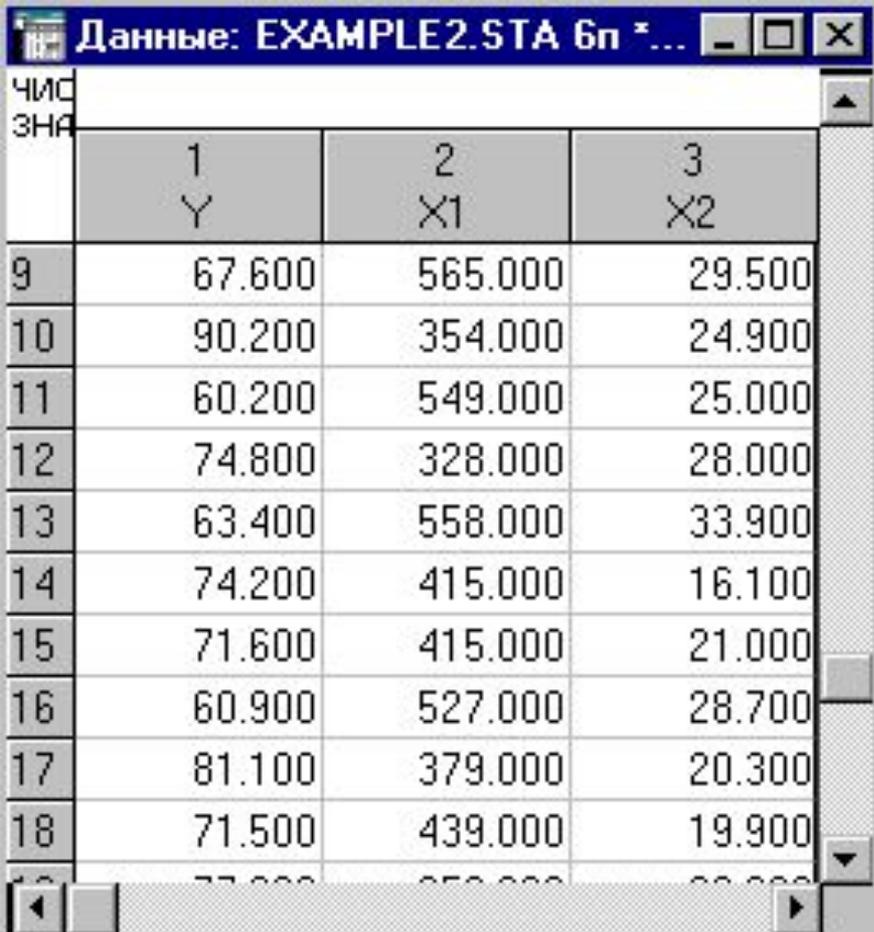
График7: Перем-я VAR1 ; распределение:Нормальное



Пример № 4
Корреляционно-
регрессионный анализ при
линейной взаимосвязи
между переменными

Постановка задачи

Исследуем связь между пределом прочности на разрыв Y и пределом текучести X_1 и выносливости X_2 при симметричном изгибе для стали.



ЧИС	1 Y	2 X1	3 X2
9	67.600	565.000	29.500
10	90.200	354.000	24.900
11	60.200	549.000	25.000
12	74.800	328.000	28.000
13	63.400	558.000	33.900
14	74.200	415.000	16.100
15	71.600	415.000	21.000
16	60.900	527.000	28.700
17	81.100	379.000	20.300
18	71.500	439.000	19.900

Обработка данных

The screenshot displays a software interface for data processing. On the left, a menu titled "Управление данными" (Data Management) lists various operations such as "Создание файла данных" (Create data file), "Объединение двух файлов" (Merge two files), "Сортировка наблюдений" (Sort observations), "Изменение переменных" (Change variables), "Стандартизация переменных" (Standardize variables), and "Замена ПД средними" (Replace PD with means). A "Стандартизация переменных" (Standardize variables) dialog box is open, showing a list of variables with their names, formulas, and lengths. The "Имя:" (Name) field contains "ЧИС", and the "Формула:" (Formula) field contains "ЗНА". The "Длина:" (Length) field is set to "4". The "Пример:" (Example) field is empty. The "OK" button is visible. In the background, a data table window titled "Данные: EXAMPLE2.STA 9п * 20н" (Data: EXAMPLE2.STA 9 rows * 20 columns) is visible. The table has columns labeled 3 through 8, with sub-labels X2, T0, T1, T2, TOT1, and TOT2. The cell at row 1, column 7 (TOT1) is highlighted with a black border and contains the value -2.489.

	3 X2	4 T0	5 T1	6 T2	7 TOT1	8 TOT2
1	17.300	1.359	-1.832	-1.297	-2.489	-1.763
2	19.800	.945	-.870	-.904	-.822	-.854
3	30.100	-.145	-.512	.714	.074	-.104
4	31.900	-1.126	.316	.997	-.356	-1.122
5	38.300	-.690	.305	2.003	-.210	-1.381
6	26.500	-.265	-.098	.148	.026	-.039
7	36.200	-.875	.853	1.673	-.746	-1.464
8	21.000	-.025	.361	-.716	-.009	.018
9	29.500	-.592	1.636	.620	-.968	-.367
10	24.900	1.871	-.724	-.103	-1.355	-.193
11	25.000	-1.398	1.457	-.087	-2.037	.122
12	28.000	.193	-1.015	.384	-.196	.074
13	33.900	-1.049	1.558	1.311	-1.634	-1.376
14	16.100	.127	-.042	-1.486	-.005	-.189
15	31.000	1.550	0.400	0.710	0.000	1.100

Контроль качества технических объектов в эксплуатации



Пример № 5

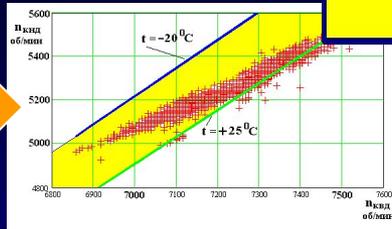
Анализ закономерностей изменения величины подогрева смазочного масла в подшипнике ГТД 4РМ¹

Метод решения задачи:
статистическое моделирование
процессов в двигателе

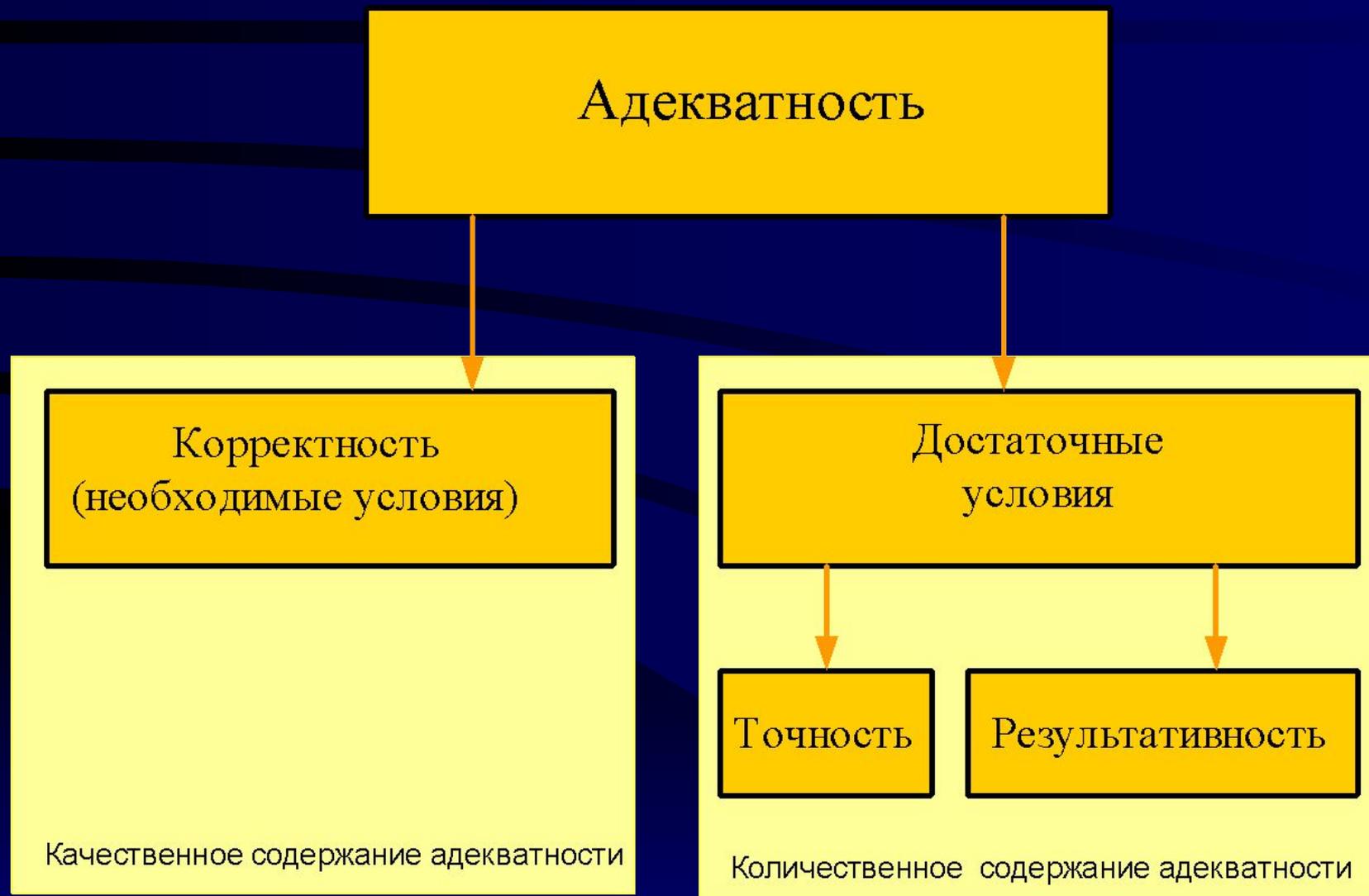
¹ Газотурбинный двигатель ГТД 4РМ используется в составе газоперекачивающего агрегата системы «Трансгаз» РФ

Основные определения и классификация моделей

- **Модель** — информационный аналог объекта, создаваемый с целью получить такие сведения о его функционировании, которые часто иным путём получить невозможно



Требования к качеству модели



Виды статистических моделей

Линейная регрессия ;

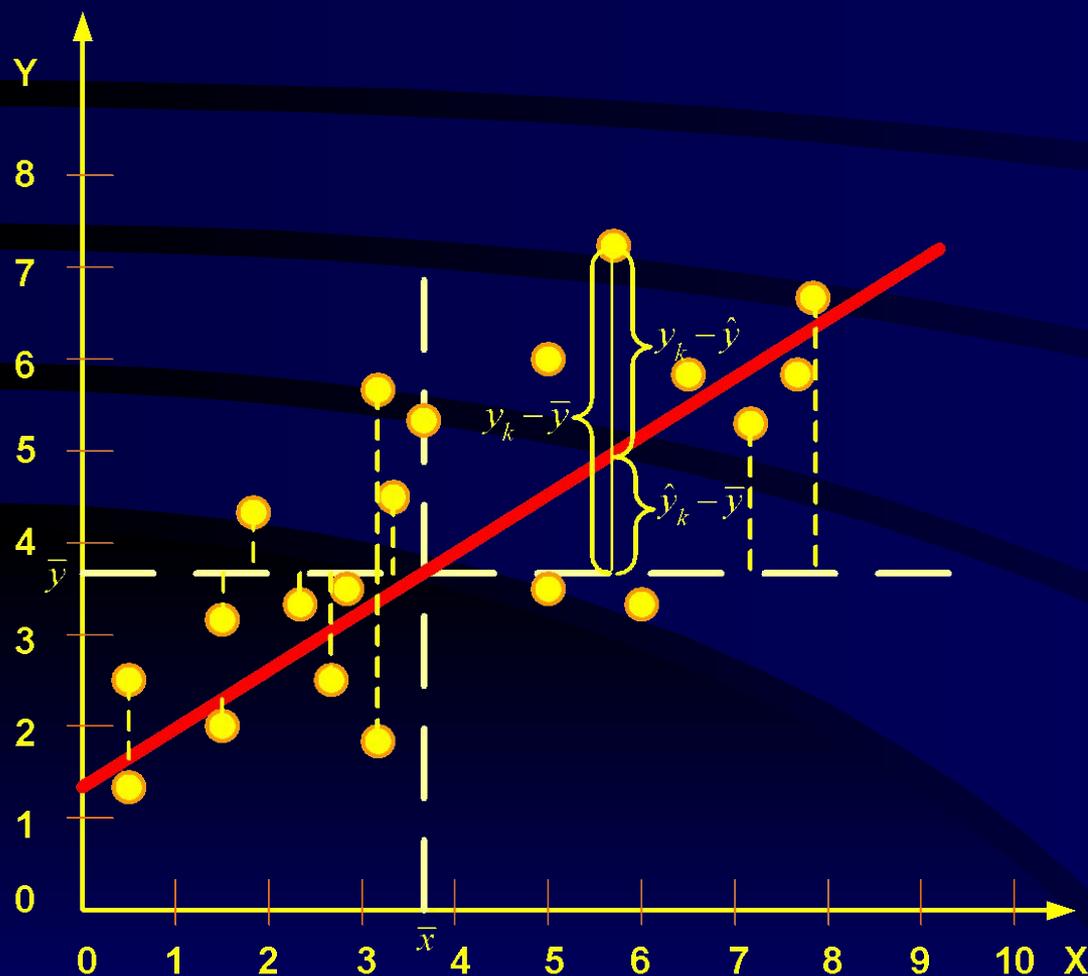
Многочленная регрессия;
$$Y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + \dots + B_{k-1} x_{k-1} + \varepsilon$$

Модель нелинейная по параметрам,

где B_0, B_1, \dots, B_{k-1} – параметры регрессии.



Основные зависимости статистической оценки адекватности модели



$$\frac{\sum (y_k - \bar{y})^2}{n-1} - \text{полная дисперсия;}$$

$$\frac{\sum (\hat{y}_k - \bar{y})^2}{n-1} - \text{"объяснимая" дисперсия;}$$

$$\frac{\sum (y_k - \hat{y})^2}{n-1} - \text{остаточная или}$$

"необъяснимая" дисперсия;

$$\text{коэффициент } \frac{\sum (\hat{y}_k - \bar{y})^2}{\sum (y_k - \bar{y})^2} -$$

детерминации; 50



Оценка адекватности модели

коэффициент множественной корреляции

$$\sqrt{\frac{\sum_{k=0}^{n-1} (y_k - \hat{y}_k)^2}{\sum_{k=0}^{n-1} (y_k - \bar{y})^2}}$$

где $\frac{\sum_{k=0}^{n-1} (y_k - \hat{y}_k)^2}{n-1}$ – остаточная дисперсия;

$\frac{\sum_{k=0}^{n-1} (y_k - \bar{y})^2}{n-1}$ – дисперсия результативного признака;

$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k$ – среднее значение измеренного параметра;

\hat{y}_k – значение вычисленного по модели параметра в k –й точке.



Оценка статистической значимости параметров модели

Статистика Фишера

$$F_B = \frac{Q_R(n-2)}{Q_e}, \text{ где}$$

$Q_R = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ – сумма квадратов обусловленной регрессией ;

$Q_e = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$ – сумма квадратов ;

\hat{y}_i – расчётное значение функции отклика ;

$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i$ – среднее значение измеренного значения функции;

При $F_B > F_{1-\alpha}(1, n-2)$ – модель статистически значима,

где $F_{1-\alpha}(1, n-2)$ – квантиль распределения Фишера уровня $(1-\alpha)$;



4 МОЩН	5 нар.возд	6 t пер СТ	7 в за ОК	8 Р за ОК	9 Р м вх ГТД	22 $\Delta t_{\text{по ТК}}$	23 $\Delta t_{\text{зо ТК}}$	24 $\Delta t_{\text{оп ст}}$
3,60	12,7	535	337,0	1,30	0,42	13,6	24,9	29,9
3,60	16,4	543	347,0	1,02	0,41	14,1	25,4	30,7
3,60	12,2	535	340,0	1,03	0,42	13,7	26,1	30,4
3,60	8,3	336	530,0	1,04	0,42	13,6	25,4	30,6
3,60	7,7	528	335,0	1,04	0,41	13,5	24,3	30,5
3,60	5,4	524	331,0	1,04	0,42	13,5	25,4	30,2
3,60	7,7	526	334,0	1,05	0,42	13,6	25,4	30,3
3,60	9,9	534	339,0	1,05	0,42	14,2	24,5	31,7
3,60	14,9	534	343,9	1,03	0,42	14,1	25,6	30,9
3,60	16,4	540	344,5	1,03	0,42	14,6	25,0	30,8
3,60	16,8	542	345,6	1,02	0,41	13,8	23,9	30,1
3,60	17,8	543	347,3	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	18,4	545	348,1	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	17,9	545	348,1	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,50	14,7	544	347,7	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,50	11,3	532	342,0	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,50	12,0	535	343,0	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,50	11,6	533	343,0	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,50	9,5	527	336,0	1,04	0,42	13,6	25,4	30,6
3,50	11,3	532	342,0	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	13,7	533	343,0	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	16,5	541	346,5	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	19,4	544	347,7	1,02	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	20,6	553	351,3	1,01	0,41	13,8	23,9	30,2
3,60	19,9	556	352,0	1,01	0,41	14,7	22,9	32,0
3,60	18,0	540	347,0	1,04	0,41	12,8	23,6	30,2
3,60	18,0	540	347,0	1,04	0,41	13,7	24,2	31,3
3,60	13,0	583	347,0	1,01	0,41	13,8	24,8	31,4
3,70	11,7	536	344,0	1,04	0,41	13,6	24,4	31,2
3,70	10,8	537	344,0	1,05	0,41	13,6	24,3	30,8
3,70	10,9	535	344,0	1,06	0,41	13,8	24,8	31,4
3,40	13,1	538	347,0	1,04	0,41	13,8	24,8	31,4
3,40	15,4	543	351,0	1,02	0,41	14,6	25,0	30,8

Параметры
ГТД

Величина
подогрева
смазочного масла
в подшипниках
ГТД

Построение математической модели процесса

STATISTICA - [Data: Эксплуатационные параметры ГПА 4РМ (28v by 149с)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Window Help

Add to Workbook Add to Report

Arial 10 B I U

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	расч Н тк	прив Н тк	расч Н ст	МОЩН	нар.возд	t пер СТ	в за ОК	Р за ОК	Р м вх ГТД	Рм вх АВОМ	Рм вьх АВОМ	Рм пер оп подш Н	Рм зад оп подш Н	Рм УП Н	Рм плав кольца	tm
1	2,7	535	337,0	1,30	0,42	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,03					
2	6,4	543	347,0	1,02	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,03					
3	2,2	535	340,0	1,03	0,42	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,025					
4	1,3	336	530,0	1,04	0,42	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,025					
5	1,7	528	335,0	1,04	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,025					
6	0,42	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,025									
7	0,42	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,025									
8	0,42	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,025									
9	0,42	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,025									
10	0,42	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,025									
11	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,025									
12	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,65	0,025									
13	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,025									
14	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,025									
15	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,025									
16	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,015									
17	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,015									
18	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,015									
19	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,015									
20	0,41	5	4,2	1,8	3,3	3,6	0,015									
21	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,015									
22	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,015									
23	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,015									
24	14108	1403														
25	14127	14025	9936	3,60	20,6	553	367,0	1,03	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,015	
26	14190	14102	9925	3,60	19,9	556	356,0	1,03	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,6	0,015	
27	14038	14070	9967	3,60	18,0	540	347,0	1,03	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,013	
28	14094	14128	9987	3,60	18,0	540	347,0	1,04	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,013	
29	14083	14121	9949	3,60	13,0	583	347,0	1,01	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,025	
30	14054	14141	9963	3,70	11,7	536	344,0	1,04	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,03	
31	14004	14114	9986	3,70	10,8	537	344,0	1,05	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,03	
32	14001	14097	9967	3,70	10,9	535	344,0	1,06	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,03	
33	14048	14098	9918	3,40	13,1	538	347,0	1,04	0,41	5	4,4	1,8	3,3	3,65	0,02	

Multiple Linear Regression: Эксплуатационные пар... ? x

Quick Advanced OK Cancel

Variables

Dependent: none
Independent: none

Select dependent and independent variable lists: ? x

21-t масла на сливе ОП СТ
22-Dt ПО ТК
23-Dt 30 ТК
24-Dt ОП СТ
25-tm МБН
26-tm смаз Н
27-t раб кол УПН
28-t уст кол УПН

1-расч Нтк
2-прив Нтк
3-расч Нст
4-мощн
5-t нар.возд
6-t пер СТ
7-t в за ОК
8-Р за ОК
9-Рм вх ГТД
10-Рм вх АВОМ

OK Cancel

Use the "Show appropriate variables only" option to pre-screen variable lists and show categorical and continuous variables. Press F1 for more information.

Select All Spread Zoom Select All Spread Zoom

Dependent var. (or list for batch):
24

Independent variable list:
2 4 9

Show appropriate variables only

Multiple Linear Regre... Ready C48.V1 14115 Sel:OFF Weight:OFF CAPS NUM ЗАП

Пуск Total Commander 7.02a - ... Microsoft PowerPoint - [У... Электронный учебник - ... STATISTICA - [Data:...

RU 16:12

Оценка качества математической модели

МОДЕЛИ

Regression Summary for Dependent Variable: **Мощность** (Эксплуатационные параметры ГПА 4PM)
R= ,67839325 R²= ,46021741 Adjusted R²= ,44881355
F(3,142)=40,356 p<,00000 Std.Error of estimate: 1,5161

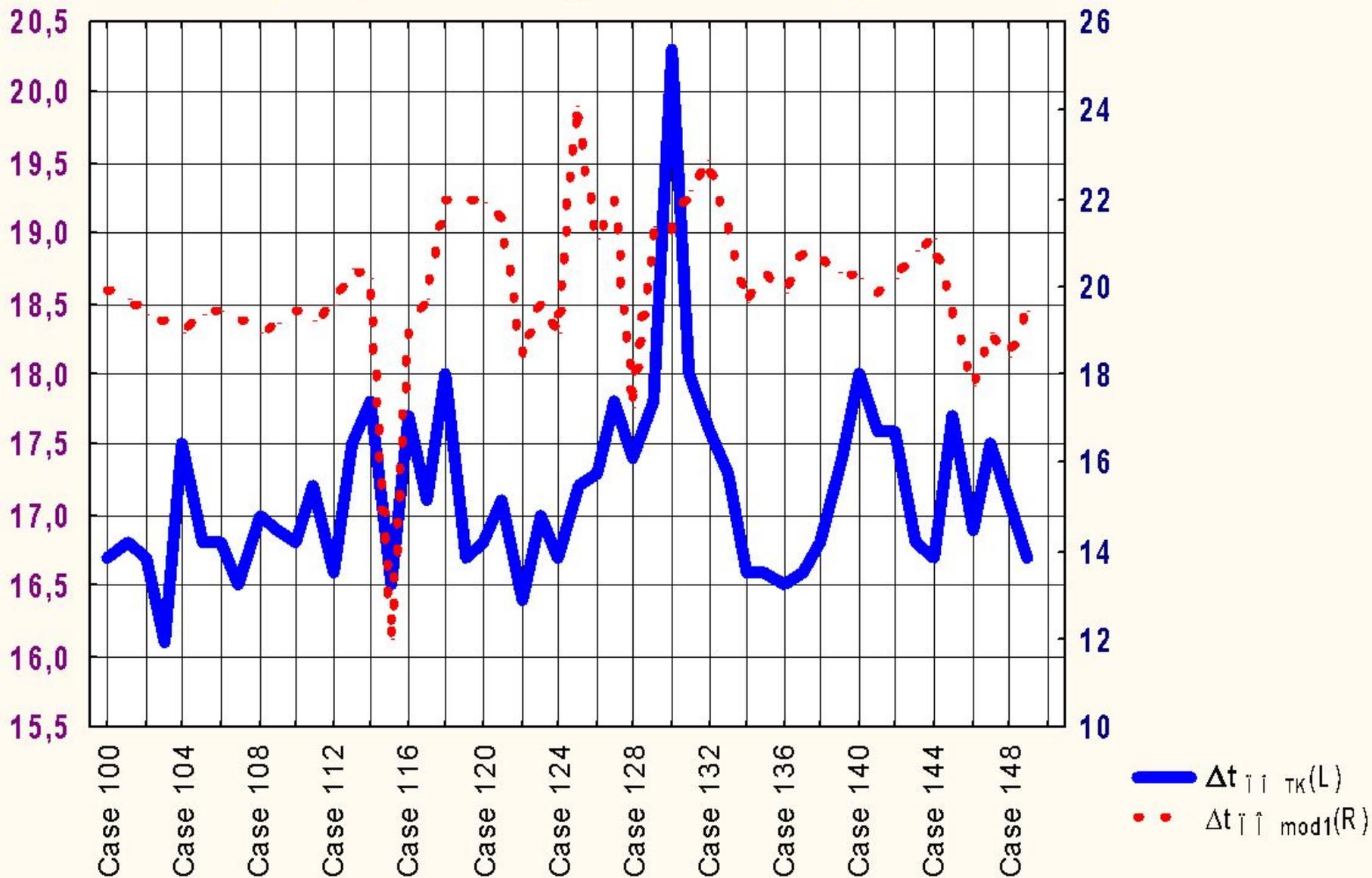
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(142)	p-level
N=146						
Intercept			88,33926	36,31179	2,43280	0,016226
прив Нтк	-0,156600	0,062230	-0,00651	0,00259	-2,51647	0,012966
МОЩН	0,687493	0,063196	4,06813	0,37780	10,76800	0,000000
Рм вх ГТД	0,145169	0,063763	48,96317	21,50604	2,27672	0,024291

Параметры модели

Стандартная
ошибка параметров
модели

Вероятность
статистической
незначимости
параметров модели

Графики подогрева масла в ПО турбокомпрессора.
Линейная двухфакторная модель
(интервал наблюдения 100 - 150)



Статистический анализ процессов

Вывод. В подшипнике передней опоры

ГТД выявлено статистически устойчивое нарушение

процесса смазки.

Рекомендации:

1 – выполнить лабораторный анализ смазочного масла;

2 – проверить работу системы охлаждения масла;

3 – проверить магнитные ловушки продуктов износа;

4 – измерить радиальные зазоры ротора ТК.

Контроль качества эксплуатации с помощью модуля «Промышленная STATISTICA» - это:

- Быстро
- Просто
- Удобно
- Эффективно
- Доступно
- Красиво



**Полезные
ВОЗМОЖНОСТИ**

Литература

1. Л.Е. Басовский, В.Б. Протасов. Управление качеством\ учебник, - М.: ИНФРА-М, 2001.
2. Управление качеством продукции\ учебное пособие. Под ред. Н.И. Новицкого. –М.: «Новое знание» 2002

Благодарю за внимание!



THE END