



StatSoft

Контроль качества в автомобилестроении

The best world practices



Статистическое управление процессами (SPC) в ПО СтатСофт



Обзор

Качество услуги или продукта – это степень его соответствия потребностям клиентов.

Основной задачей специалиста по контролю качества является снижение процента брака, обеспечение соответствия производимых товаров установленным характеристикам и стандартизация времени доставки.

В программе СтатСофт имеется целый ряд методов, позволяющих провести объективную оценку качества:

- контрольные карты
- средства планирования качества
- анализ измерительных систем (оценки средств измерений)
- инструменты анализа возможностей
- нахождение причин потери качества и др.



Обзор

Работа с контрольными диаграммами в ПО СтатСофт включает следующие возможности:

- Можно выбрать способ оценки параметров и контрольных пределов, а также просмотреть результаты тестов на наличие особых причин и тестов по отдельным периодам.
- Можно настроить атрибуты: добавить контрольную линию, изменить масштаб, изменить заголовки. Как и все прочие графики в ПО СтатСофт, контрольные карты можно гибко настраивать не только в процессе создания, но и после построения диаграммы.

В число функций, связанных с оценкой возможностей, входят:

- Возможность анализа разных типов распределений: нормального, экспоненциального, биномиального, распределения Вейбулла, гамма-распределения, распределения Пуассона.
- Целый ряд диаграмм, используемых для проверки соответствия процессов установленным предельным значениям и соответствия данных выбранному распределению.



Разделение вариабельности на случайные и особые причины

Статистическое управление процессом основано на разделении вариабельности на два типа:

- 1. Случайные (обычные) причины вариабельности:** Естественная изменчивость, присущая *стабильному* процессу и постоянно присутствующая.
 - Характеристики: Небольшие отклонения, находящиеся в пределах допустимых норм. Не могут быть устранены без фундаментальных изменений в процессе.
 - Примеры: Незначительные колебания температуры или давления. Малые вариации в свойствах материалов или компонентов оборудования.
- 2. Особые (специальные) причины вариабельности Неконтролируемые отклонения,** вызванные внешними факторами или событиями.
 - Характеристики: Приводят к значительным отклонениям от нормы. Могут быть выявлены и устранены посредством корректирующих действий.
 - Примеры: Поломка оборудования или инструментов. Ошибки оператора или сбои в настройках. Использование некачественного сырья или материалов.

Контрольные карты помогают отделить случайные причины от особых и предотвратить появление дефектов за счет своевременного действий.



Термины и определения

Процесс: Совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы.

Продукция: Результат процесса.

Характеристика: Отличительный признак (объекта).

Качество: Степень соответствия совокупности характеристик, присущих продукции, требованиям потребителей и других заинтересованных сторон.

Спецификация: Документ, устанавливающий требования.



Термины и определения

Граница поля допуска: Предельное значение, установленное для характеристики.

Верхняя граница поля допуска: Граница поля допуска, определяющая верхнюю границу допустимых значений характеристики, для которых характеристика качества все еще соответствует требованиям.

Нижняя граница поля допуска: Граница поля допуска, определяющая нижнюю границу допустимых значений характеристики в соответствии с требованиями.

Интервал требований, поле допуска, зона допуска: Интервал между верхней и нижней границами поля допуска.

Целевое значение: Предпочтительное или опорное значение характеристики , установленное в спецификации.

Номинальное значение: Значение характеристики, установленное в спецификации.

Действительное значение: Фактическое количественное значение характеристики.



Термины и определения

Изменчивость: Свойство характеристики принимать различные значения.

- Примечание - Изменчивость характеризуют дисперсией или среднеквадратическим отклонением.

Случайная причина, общая причина, вероятная причина (изменчивости процесса): Источник изменчивости, присущий процессу в течение продолжительного времени.

- Примечание 1 - Если изменчивость процесса является следствием случайной причины, то изменения наблюдаемой характеристики процесса находятся в пределах статистически установленных границ.
- Примечание 2 - Сокращение количества случайных причин приводит к улучшению процесса. Однако то, в какой степени надо проводить идентификацию, сокращение количества причин и их устранение зависит от анализа соотношения «затраты — преимущества» с технической и экономической точек зрения.



Термины и определения

Контролируемая характеристика продукции: Характеристика продукции , параметры распределения значений которой фактически не изменяются или изменяются только известным способом, или в известных границах.

Стабильный процесс, процесс в состоянии статистической управляемости: Процесс с постоянным средним, изменчивость которого вызвана только случайными причинами.

- Примечание 1 - Продукция стабильного качества является продукцией, изготовленной стабильным процессом.
- Примечание 2 - Выборки из стабильного процесса в любой момент времени представляют собой простые случайные выборки из одной и той же совокупности.
- Примечание 3 - Стабильность процесса не означает, что случайная изменчивость больше, меньше или соответствует требованиям, а лишь означает, что изменчивость может быть спрогнозирована с помощью статистических методов.



Термины и определения

Границы опорного интервала характеристики продукции $X_{0.135\%}$, $X_{99.865\%}$: Квантили распределения характеристики продукции уровней значимости 0,135 % и 99,865 % соответственно.

Пример - Если характеристика продукции подчиняется нормальному распределению со средним μ и стандартным отклонением σ , при использовании обычных квантилей уровней 0,135 % и 99,865 % границами опорного интервала являются $\mu \pm 3\sigma$.

Опорный интервал характеристики продукции: Интервал, границами которого являются квантили распределения $X_{0.135\%}$, $X_{99.865\%}$ уровней значимости 99,865 % и 0,135 % соответственно.

Примечание 1 - Опорный интервал представляют в виде $(X_{0.135\%}, X_{99.865\%})$, длина интервала равна разности квантилей $(X_{0.135\%} - X_{99.865\%})$.

Пример - Для нормального распределения со средним μ и стандартным отклонением σ опорный интервал, соответствующий квантилям уровня 0,135 % и 99,865 %, имеет границы $\mu \pm 3\sigma$ и длину 6σ .



Термины и определения

Верхняя доля несоответствующих единиц по характеристике продукции: Доля распределения значений характеристики, превышающих верхнюю границу поля допуска.

Нижняя доля несоответствующих единиц по характеристике продукции: Доля распределения значений характеристики продукции, не превосходящих нижней границы поля допуска.

Доля несоответствующих единиц по характеристике продукции: Сумма верхней и нижней долей несоответствующих единиц по характеристике продукции.



Термины и определения

Условия пригодности (процесса): Внешние условия, при которых проведена оценка параметров процесса.

Примечание - Внешние условия должны быть тщательно установлены. Они включают:

- технические условия (качество исходных материалов, оборудования, инструментов и т.п., а также индивидуальные особенности операторов);
- процессы измерений (разрешающая способность приборов, условия правильности, повторяемости, воспроизводимости и т.п.);
- способы отбора данных (периодичность, частота).

Параметр пригодности процесса: Статистический показатель, определяемый на основе выходной характеристики процесса, используемый для описания процесса, пребывание которого в состоянии статистической управляемости не подтверждено.



Термины и определения

Условия воспроизводимости (процесса): Внешние условия, при которых проводилась оценка процесса..

Примечание - Внешние условия должны быть точно установлены. Они включают:

- методы, применяемые для демонстрации того, что процесс является управляемым;
- технические условия (качество исходных материалов, оборудование, инструменты и т.п., а также индивидуальные особенности операторов);
- процессы измерений (разрешающая способность приборов, условия правильности, повторяемости, воспроизводимости, и т.п.);
- способы отбора данных (периодичность, частота).

Воспроизводимость процесса: Способность процесса (организации, системы) производить продукцию, удовлетворяющую установленным требованиям.

Оценка воспроизводимости процесса : Статистическая оценка выходной характеристики процесса, для которого подтверждено состояние статистической управляемости (стабильности) , характеризующая возможности процесса по изготовлению продукции, характеристика которой удовлетворяет установленным требованиям.



Среднее процесса

Среднее процесса (μ) — статистический показатель, представляющий собой среднее арифметическое всех измерений или наблюдений в процессе. Отражает центральную тенденцию данных и показывает, где расположены результаты процесса относительно заданной цели.

Роль среднего в анализе процесса:

- Оценка точности процесса: измеряет, насколько близко среднее значение процесса к номинальному или целевому значению.
- Выявление систематических смещений: отклонение среднего от цели может указывать на постоянные ошибки или дрейф процесса.

Поддержание среднего процесса на целевом уровне обеспечивает соответствие продукции требованиям.



Сигма процесса

Сигма процесса (σ) — статистическая мера *вариабельности* или разброса данных относительно среднего значения. Отражает степень рассеивания и является показателем стабильности процесса.

Роль σ в анализе процесса:

- Оценка стабильности процесса: низкое стандартное отклонение указывает на стабильный и предсказуемый процесс.
- Индексы пригодности процесса: сигма процесса используется для расчета индексов, которые оценивают способность процесса производить продукцию в заданных допусках.
- Определение контрольных пределов: сигма процесса играет ключевую роль в установлении границ на контрольных картах для мониторинга процесса, позволяет определить границы, внутри которых процесс считается статистически контролируемым.



Структура исходных данных



Описание процесса

Рассматривается процесс производства автомобилей.

Выполним статистический анализ стабильности и пригодности процесса, включая построение контрольных карт и расчет индексов воспроизводимости и пригодности для характеристик:

СХОЖДЕНИЕ ППК (переднего правого колеса)

СХОЖДЕНИЕ ПЛК, (переднего левого колеса)

РАЗВАЛ ППК

РАЗВАЛ ПЛК

ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ



Данные

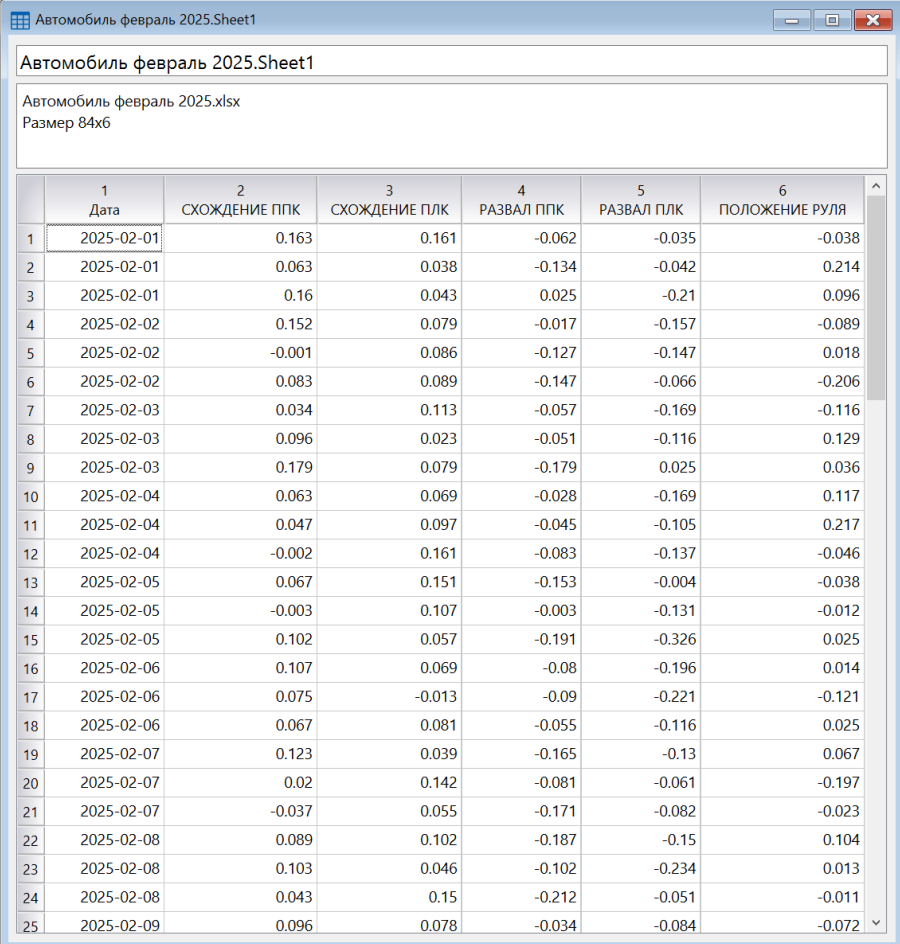
В таблицу данных были выгружены измерения характеристик за февраль 2025 года.

Ежедневно проводились измерения характеристик

3-х автомобилей Данные содержат следующие переменные:

- *Дата*
- *СХОЖДЕНИЕ ППК*
- *СХОЖДЕНИЕ ПЛК*
- *РАЗВАЛ ППК*
- *РАЗВАЛ ПЛК*
- *ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ*

Всего в выборке 84 наблюдений.



Автомобиль февраль 2025.Sheet1

Автомобиль февраль 2025.xlsx
Размер 84x6

	1 Дата	2 СХОЖДЕНИЕ ППК	3 СХОЖДЕНИЕ ПЛК	4 РАЗВАЛ ППК	5 РАЗВАЛ ПЛК	6 ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ
1	2025-02-01	0.163	0.161	-0.062	-0.035	-0.038
2	2025-02-01	0.063	0.038	-0.134	-0.042	0.214
3	2025-02-01	0.16	0.043	0.025	-0.21	0.096
4	2025-02-02	0.152	0.079	-0.017	-0.157	-0.089
5	2025-02-02	-0.001	0.086	-0.127	-0.147	0.018
6	2025-02-02	0.083	0.089	-0.147	-0.066	-0.206
7	2025-02-03	0.034	0.113	-0.057	-0.169	-0.116
8	2025-02-03	0.096	0.023	-0.051	-0.116	0.129
9	2025-02-03	0.179	0.079	-0.179	0.025	0.036
10	2025-02-04	0.063	0.069	-0.028	-0.169	0.117
11	2025-02-04	0.047	0.097	-0.045	-0.105	0.217
12	2025-02-04	-0.002	0.161	-0.083	-0.137	-0.046
13	2025-02-05	0.067	0.151	-0.153	-0.004	-0.038
14	2025-02-05	-0.003	0.107	-0.003	-0.131	-0.012
15	2025-02-05	0.102	0.057	-0.191	-0.326	0.025
16	2025-02-06	0.107	0.069	-0.08	-0.196	0.014
17	2025-02-06	0.075	-0.013	-0.09	-0.221	-0.121
18	2025-02-06	0.067	0.081	-0.055	-0.116	0.025
19	2025-02-07	0.123	0.039	-0.165	-0.13	0.067
20	2025-02-07	0.02	0.142	-0.081	-0.061	-0.197
21	2025-02-07	-0.037	0.055	-0.171	-0.082	-0.023
22	2025-02-08	0.089	0.102	-0.187	-0.15	0.104
23	2025-02-08	0.103	0.046	-0.102	-0.234	0.013
24	2025-02-08	0.043	0.15	-0.212	-0.051	-0.011
25	2025-02-09	0.096	0.078	-0.034	-0.084	-0.072



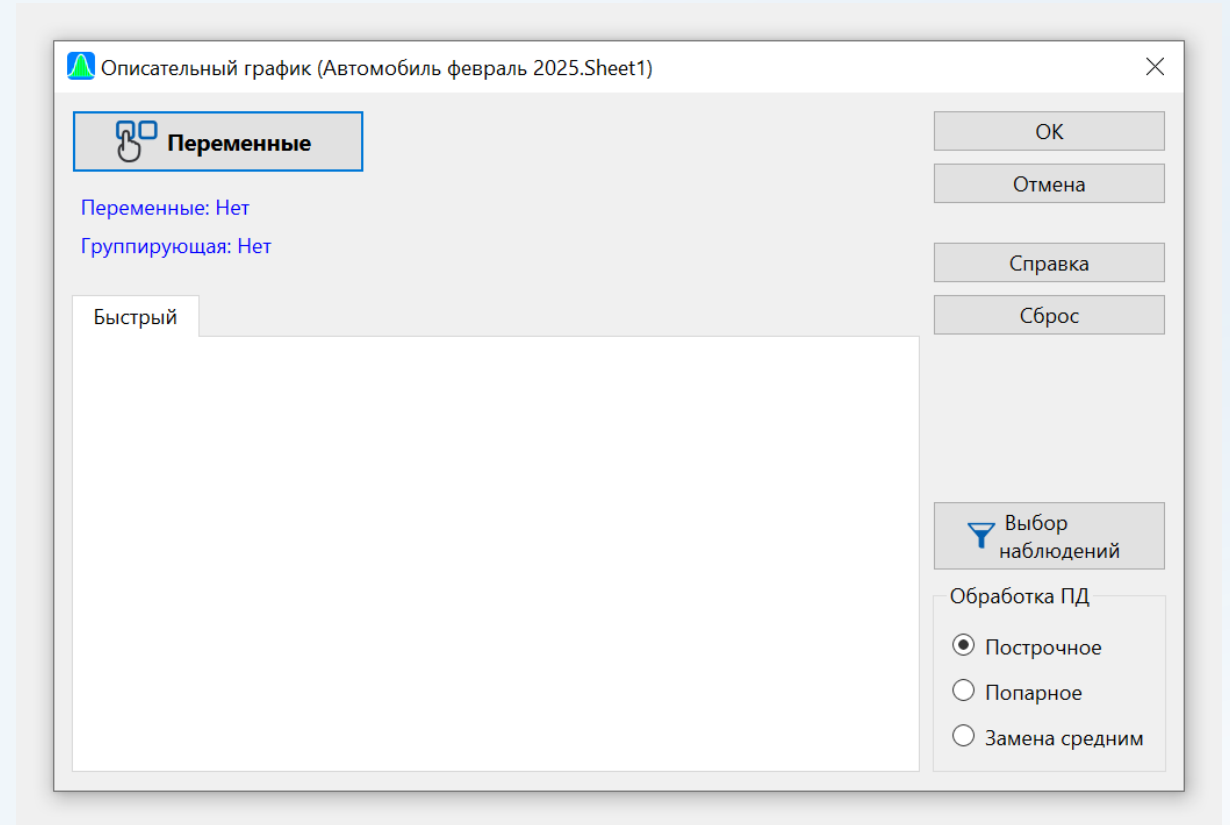
Описательный график



Описательный график

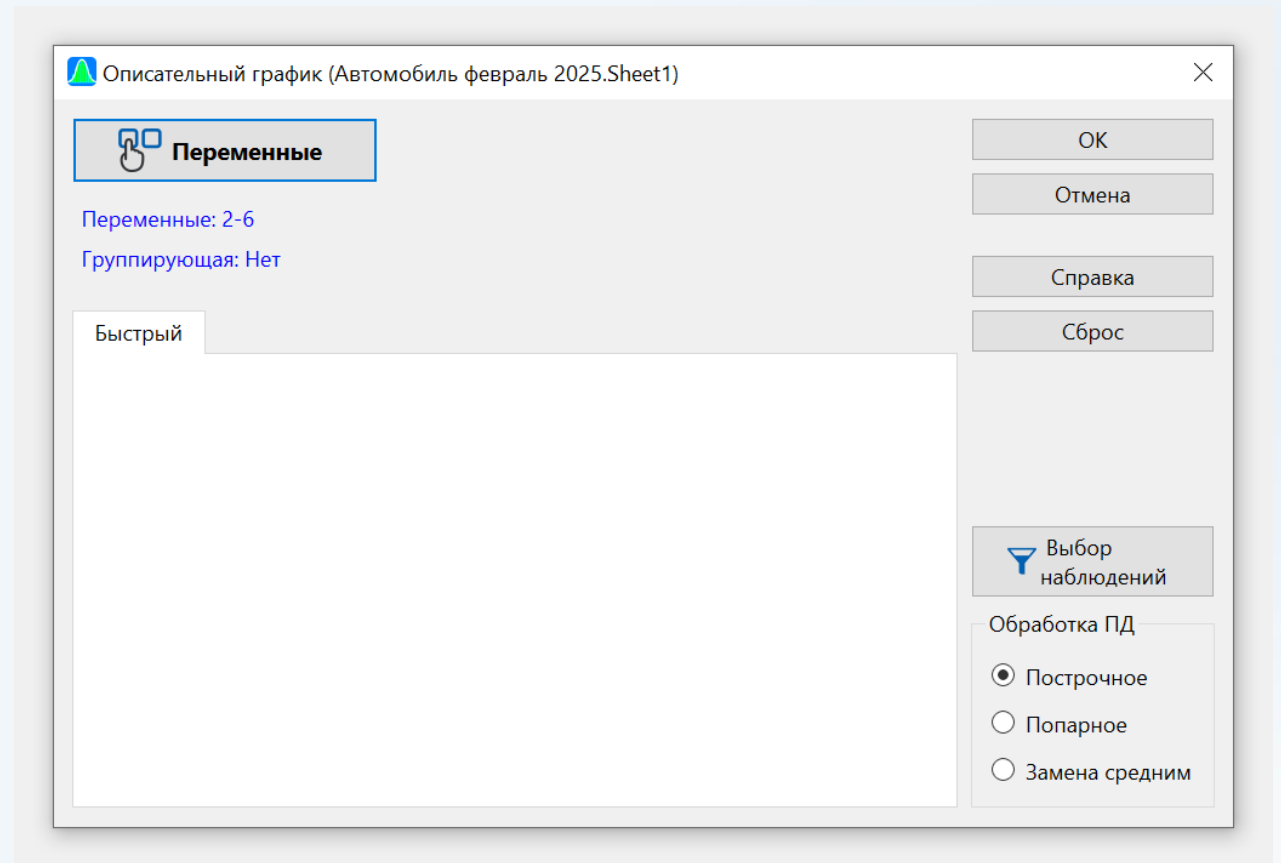
Вначале построим описательный график для измеренных характеристик

Для построения описательного графика на вкладке *Графики* выберем *Описательный график*



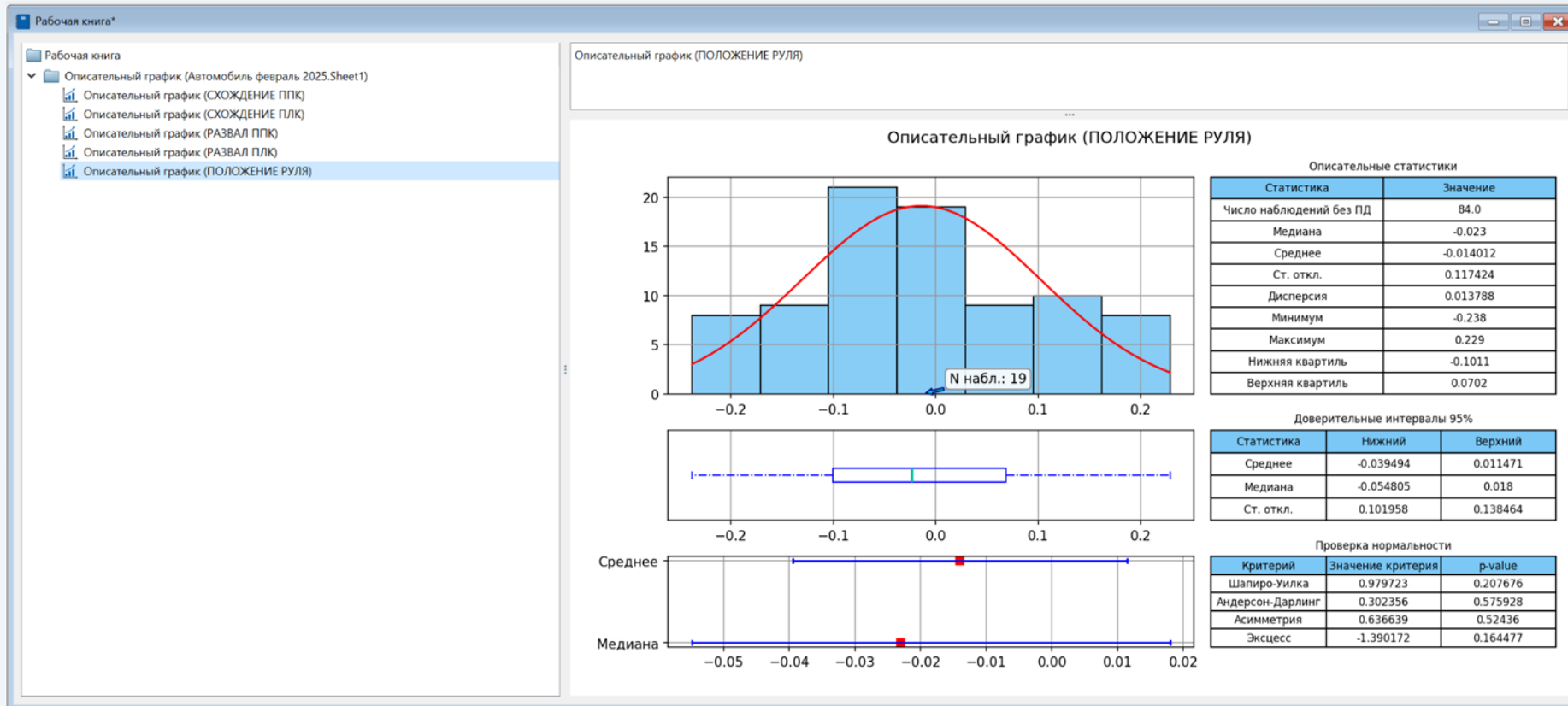
Описательный график

Выберем все исследуемые характеристики, нажмем *OK*.



Описательный график

В рабочей книге отобразятся описательные графики для всех характеристик процесса:



Описательный график

Проанализируем график для характеристики
ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ

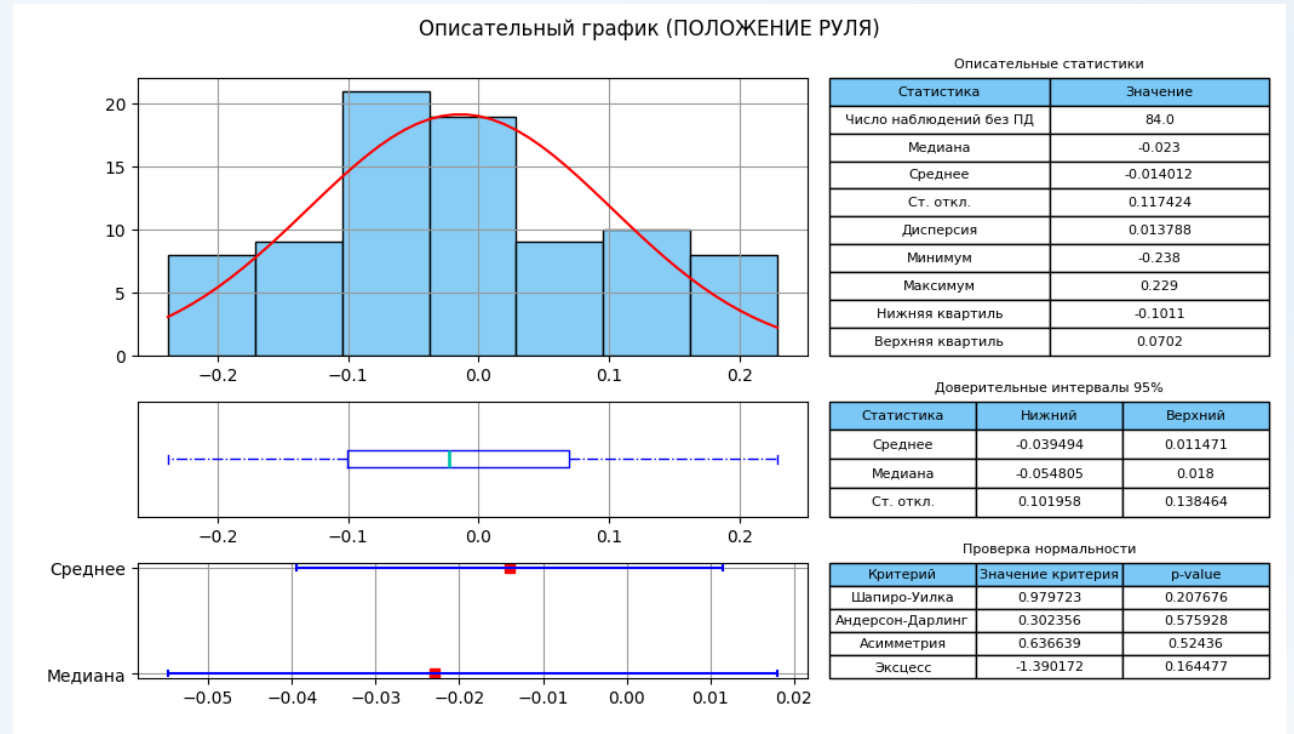
Среднее процесса: -0.014

Стандартное отклонение: 0.117

По результатам критерия Андерсона —
Дарлинга ($p = 0.576$) нет оснований отвергать
гипотезу о нормальном распределении.

Гистограмма согласуется с предположением,
что данные распределены нормально.

*Аналогично исследуются остальные
характеристики.*



Оценка стабильности процесса



Оценка стабильности процесса

Мы воспользуемся контрольными диаграммами для того, чтобы отследить стабильность процесса во времени и выявить наличие особых причин – событий, не характерных для нормального течения процесса.

В ПО СтатСофт можно построить статистические графики зависимости различных характеристик – среднего по подгруппе, отдельных наблюдений, взвешенных статистик, числа дефектов – от объема выборки или от времени.



Оценка стабильности процесса

По умолчанию ПО СтатСофт строит:

- Центральную линию по средним значениям статистики;
- Верхний контрольный предел на расстоянии в три оцененных стандартных отклонения от центральной линии;
- Нижний контрольный предел также на расстоянии в три оцененных стандартных отклонения от центральной линии.

Любые параметры, по умолчанию используемые в программе СтатСофт при построении карт, можно изменить.

Например, можно задать пользовательские среднее и стандартное отклонение для исследуемого процесса, указать тесты для особых причин.

Также существует возможность определить временные интервалы и просмотреть отдельные этапы процесса.



Оценка стабильности процесса

В данных присутствует переменная *Дата*, каждый день измеряется 3 автомобиля.

Используем переменную *Дата* для разбиения на выборки по дням.

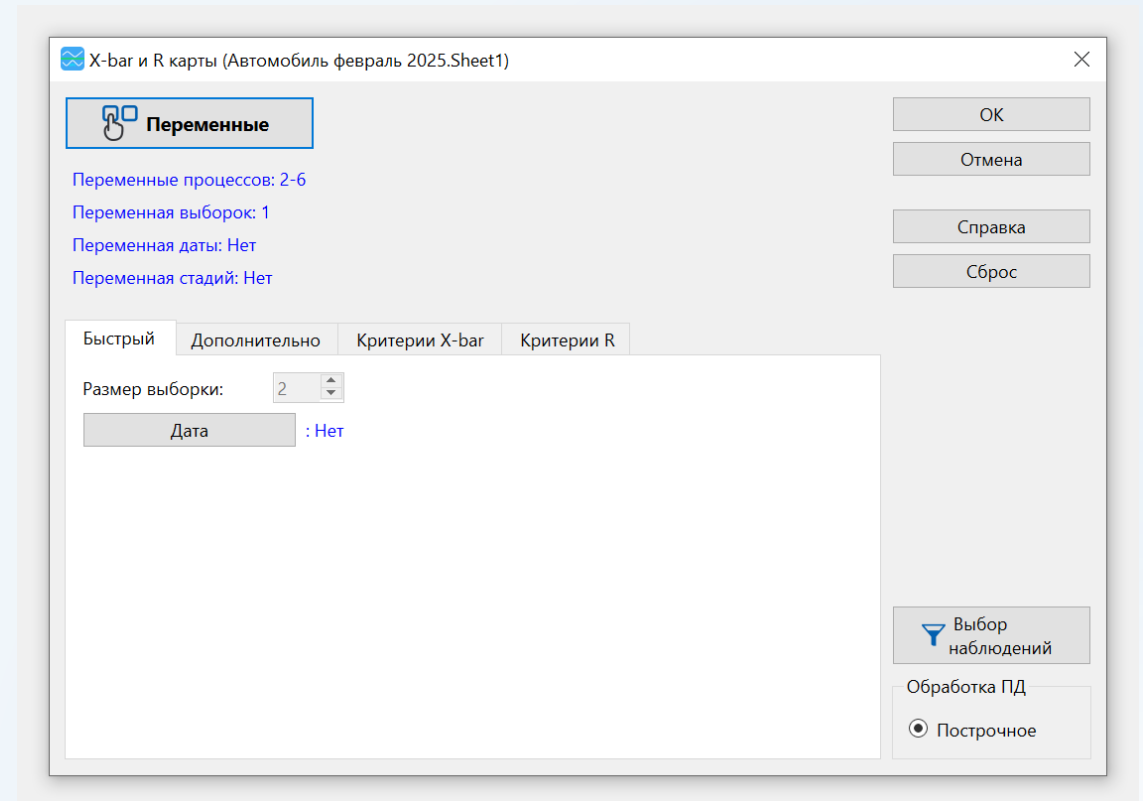
Таким образом применяем контрольные карты *Xbar* и *R* (если размер выборки больше или равен 10, используйте *Xbar* и *S* карты).



Оценка стабильности процесса

Выберем *Карты контроля качества* -> *Xbar* и *R* карты на вкладке *Промышленность*.

В качестве переменных процессов выберем все характеристики. *Дату* зададим как переменную выборки.



Оценка стабильности процесса

Прежде чем создавать контрольную карту по данным процесса, мы изменим параметры, используемые в ПО StatSoft по умолчанию, чтобы проверить случайность данных, для которых мы будем строить контрольные карты.



Оценка стабильности процесса

Согласно рекомендациям Automotive Industry Action Group (AIAG), о наличии особых причин свидетельствует следующее:

- Тест 1: 1 точка на расстоянии >3 стандартных отклонения от центральной линии;
- Тест 2: 9 точек подряд лежат по одну сторону от центральной линии;
- Тест 3: 6 точек подряд выстроены в убывающем или возрастающем порядке.

Согласно тем же рекомендациям AIAG, для всех последующих контрольных карт мы будем использовать в тестах 2 и 3 значение 7.

Для этого можно просто изменить значение соответствующего параметра для всех контрольных карт.

Изменение значения автоматически отразится на всех диалоговых окнах, в которых это значение используется.



Оценка стабильности процесса

На вкладках *Критерии Xbar* и *Критерии R* поставим галочку напротив тестов 1, 2, 3 и зададим их параметры соответственно. Нажмем *OK*.

The screenshot shows the 'Criteria X-bar' tab of the 'X-bar and R charts' dialog box. The 'Criteria X-bar' tab is selected, and the 'Criteria R' tab is also visible. The 'Criteria X-bar' tab contains the following settings:

- 1 точка за пределами 3.0 сигма от центральной линии (3.000)
- 7 точек подряд с одной стороны от центральной линии (7)
- 7 точек монотонного роста или снижения, расположенные подряд (7)
- 14 точек подряд в шахматном порядке (14)
- 2 из 3 точек подряд в зоне A или за ее пределами (одна сторона) (2)
- 4 из 5 точек подряд в зоне B или за ее пределами (одна сторона) (4)
- 15 расположенных подряд точек попадают в зону C (обе стороны) (15)
- Ни одна из 8 расположенных подряд точек не попадает в зону C (обе стороны) (8)

Buttons: OK, Отмена, Справка, Сброс, Выбор наблюдений, Обработка ПД, Построчное.

The screenshot shows the 'Criteria R' tab of the 'X-bar and R charts' dialog box. The 'Criteria R' tab is selected, and the 'Criteria X-bar' tab is also visible. The 'Criteria R' tab contains the following settings:

- 1 точка за пределами 3.0 сигма от центральной линии (3.000)
- 7 точек подряд с одной стороны от центральной линии (7)
- 7 точек монотонного роста или снижения, расположенные подряд (7)
- 14 точек подряд в шахматном порядке (14)

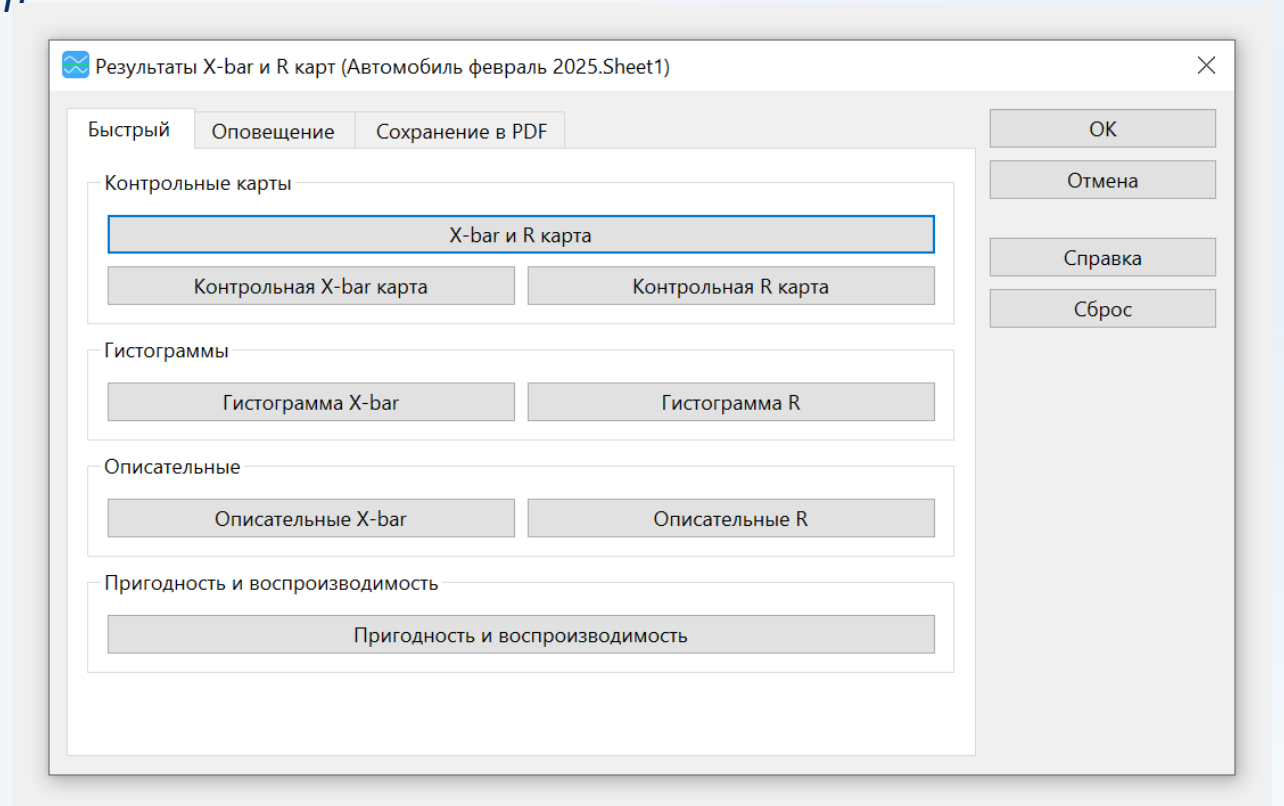
Buttons: OK, Отмена, Справка, Сброс, Выбор наблюдений, Обработка ПД, Построчное.



Оценка стабильности процесса

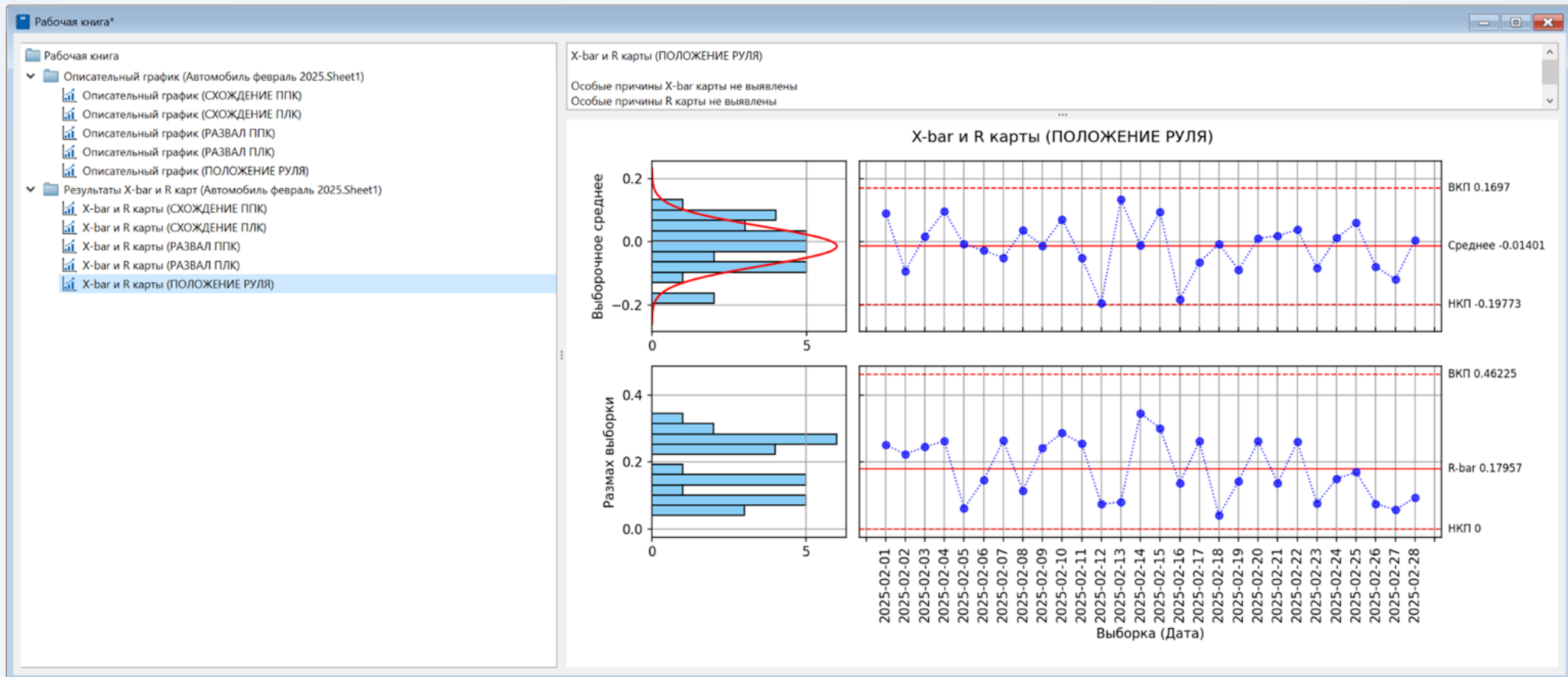
Откроется окно *Результатов Xbar и R карт*

Нажмем кнопку *Xbar и R карта*.



Оценка стабильности процесса

В рабочей книге отобразятся контрольные карты для всех характеристик процесса:



Оценка стабильности процесса

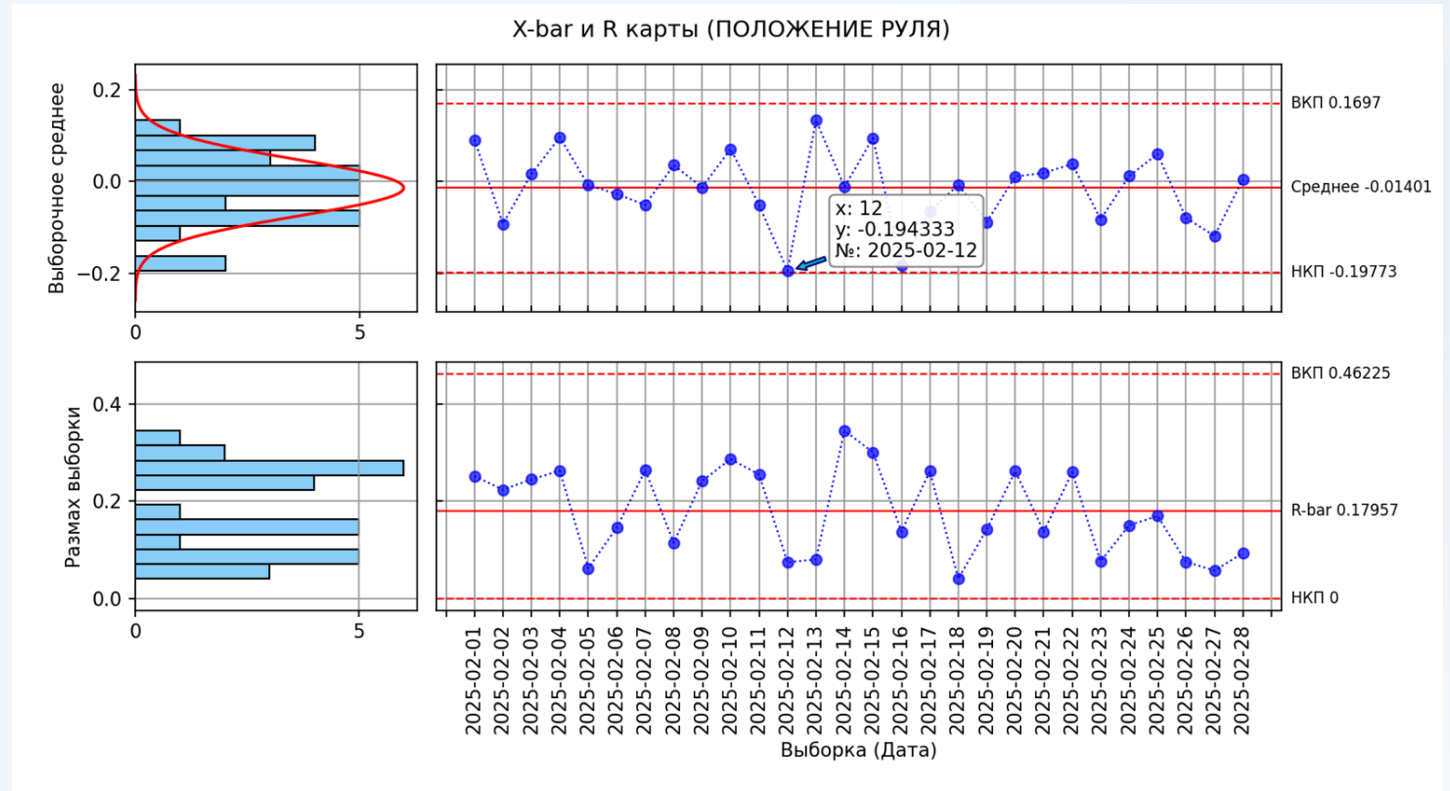
Для характеристики *ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ* точки данных не выходят за контрольные пределы и никакого неслучайного поведения не показывают.

Это говорит о том, что среднее процесса и стандартное отклонение характеристики находятся под статистическим контролем (стабильны).

12 февраля среднее положение руля автомобилей близко к НКП, что может говорить о влиянии особой причины.

Среднее = -0.014

Средний размах = 0.180



Оценка возможностей процесса



Оценка возможностей процесса

Мы определили, что процесс находится под статистическим контролем.

Теперь необходимо выяснить возможности процесса: его соответствие установленным нормам и способность производить продукты или порождать результаты требуемого качества.

Возможности процесса определяются путем сравнения разброса вариации процесса с шириной полосы допуска, установленной имеющимися нормами.

Оценка возможностей процесса, вышедшего из-под контроля, может дать неверные результаты.



Оценка возможностей процесса

Программа СтатСофт позволяет выполнить оценку возможностей процесса графически – построив гистограммы возможностей и графики возможностей. Они помогут оценить распределение данных и проверить, что процесс находится под контролем.

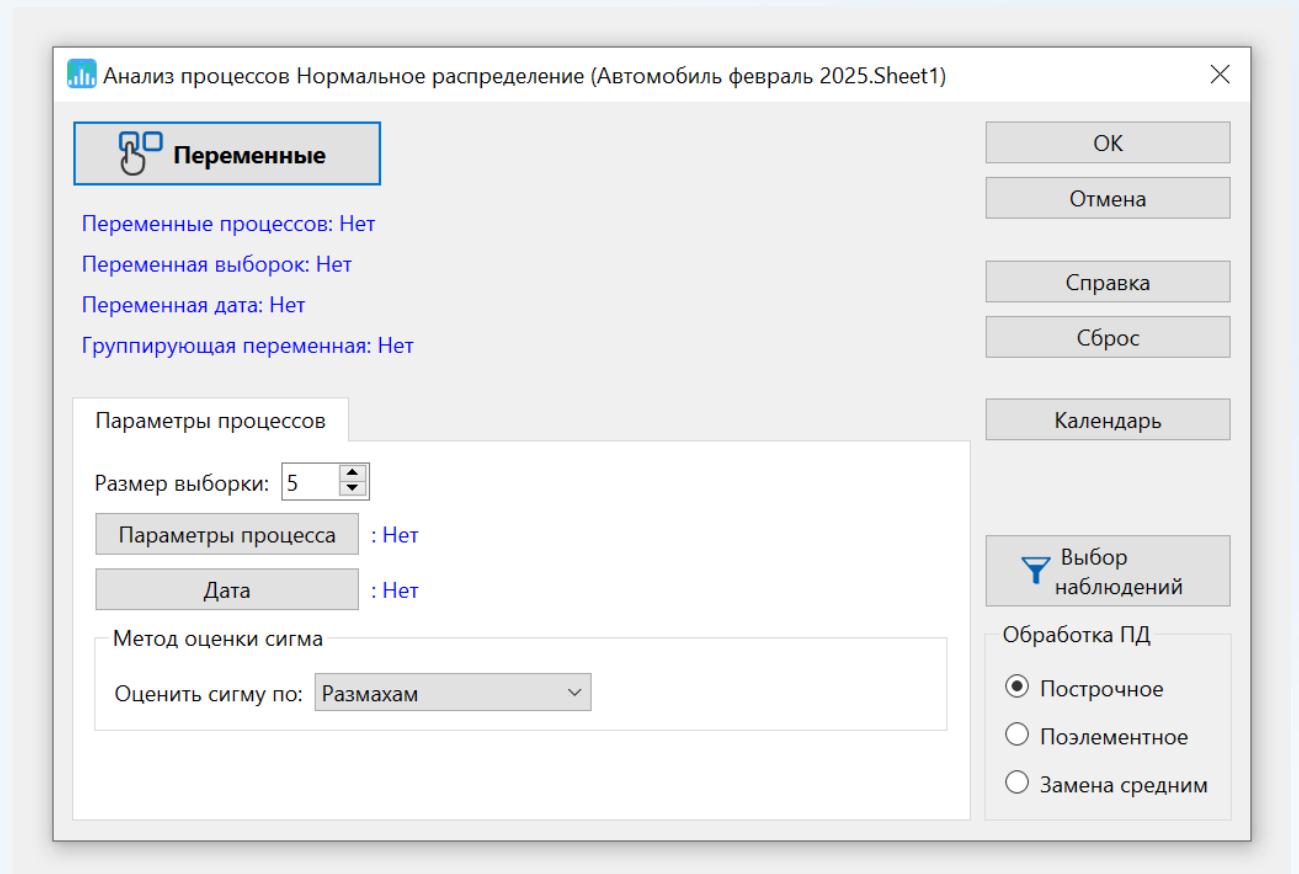
Индексы (или статистики) возможностей – самый простой способ оценки возможностей процесса. Поскольку вся информация о процессе выражается одним-единственным числом, статистики возможностей используются для сравнения возможностей разных процессов.

Программа СтатСофт выполняет анализ возможностей для распределений разных типов, в том числе для нормального, экспоненциального, биномиального, распределения Вейбулла, гамма-распределения и распределения Пуассона.



Оценка возможностей процесса

На вкладке *Промышленность* выберем *Анализ процессов Нормальное распределение*.



Оценка возможностей процесса

Зададим исследуемые характеристики в качестве переменных процесса, дату как переменную выборки.

Анализ процессов Нормальное распределение (Автомобиль февраль 2025.Sheet1)

Переменные

Переменные процессов: 2-6
Переменная выборки: 1
Переменная дата: Нет
Группирующая переменная: Нет

Параметры процессов

Размер выборки: 5

Параметры процесса : Нет
Дата : Нет

Метод оценки сигма

Оценить сигму по: Размахам

OK
Отмена
Справка
Сброс
Календарь

Выбор наблюдений

Обработка ПД

Построчное
 Поэлементное
 Замена средним

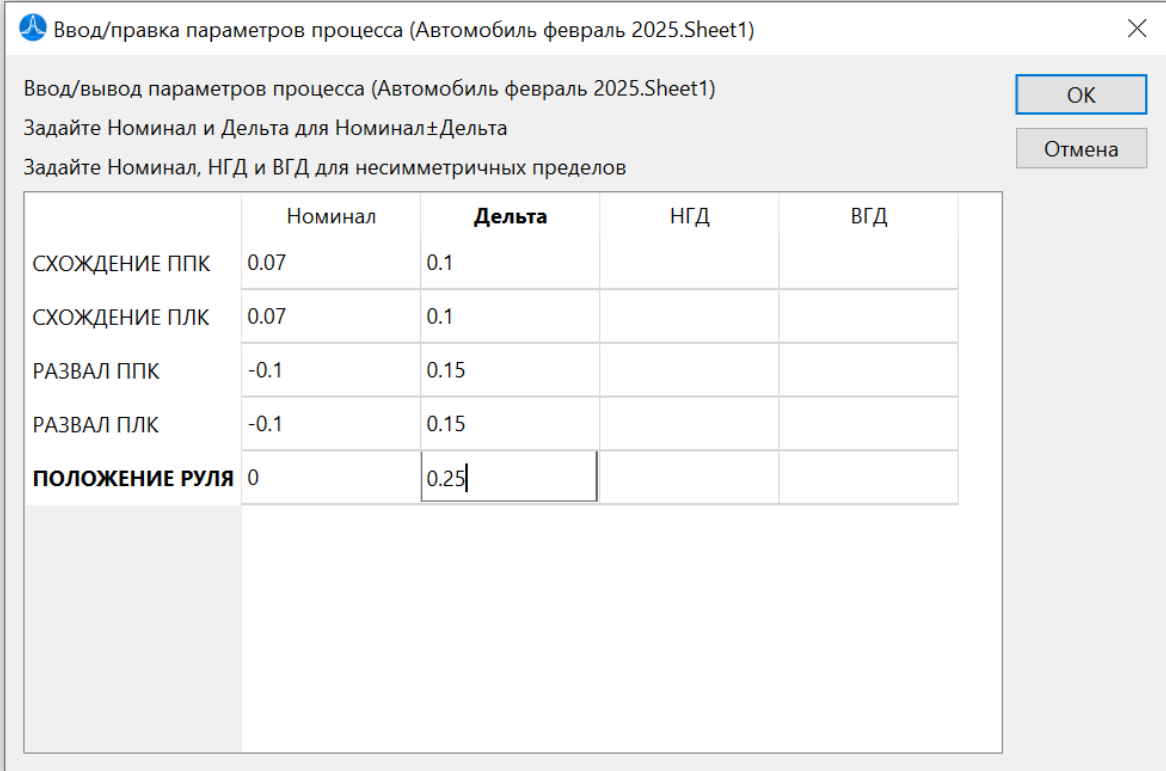


Оценка возможностей процесса

Нажмем кнопку *Параметры процесса* и в открывшемся диалоге введем допуски для каждой характеристики.

Нажмем *OK*, подтвердив задание параметров.

В окне *Анализ процессов Нормальное распределение* нажмем *OK* для перехода к результатам.



Ввод/правка параметров процесса (Автомобиль февраль 2025.Sheet1)

Ввод/вывод параметров процесса (Автомобиль февраль 2025.Sheet1)

Задайте Номинал и Дельта для Номинал±Дельта

Задайте Номинал, НГД и ВГД для несимметричных пределов

	Номинал	Дельта	НГД	ВГД
СХОЖДЕНИЕ ППК	0.07	0.1		
СХОЖДЕНИЕ ПЛК	0.07	0.1		
РАЗВАЛ ППК	-0.1	0.15		
РАЗВАЛ ПЛК	-0.1	0.15		
ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ	0	0.25		

OK

Отмена

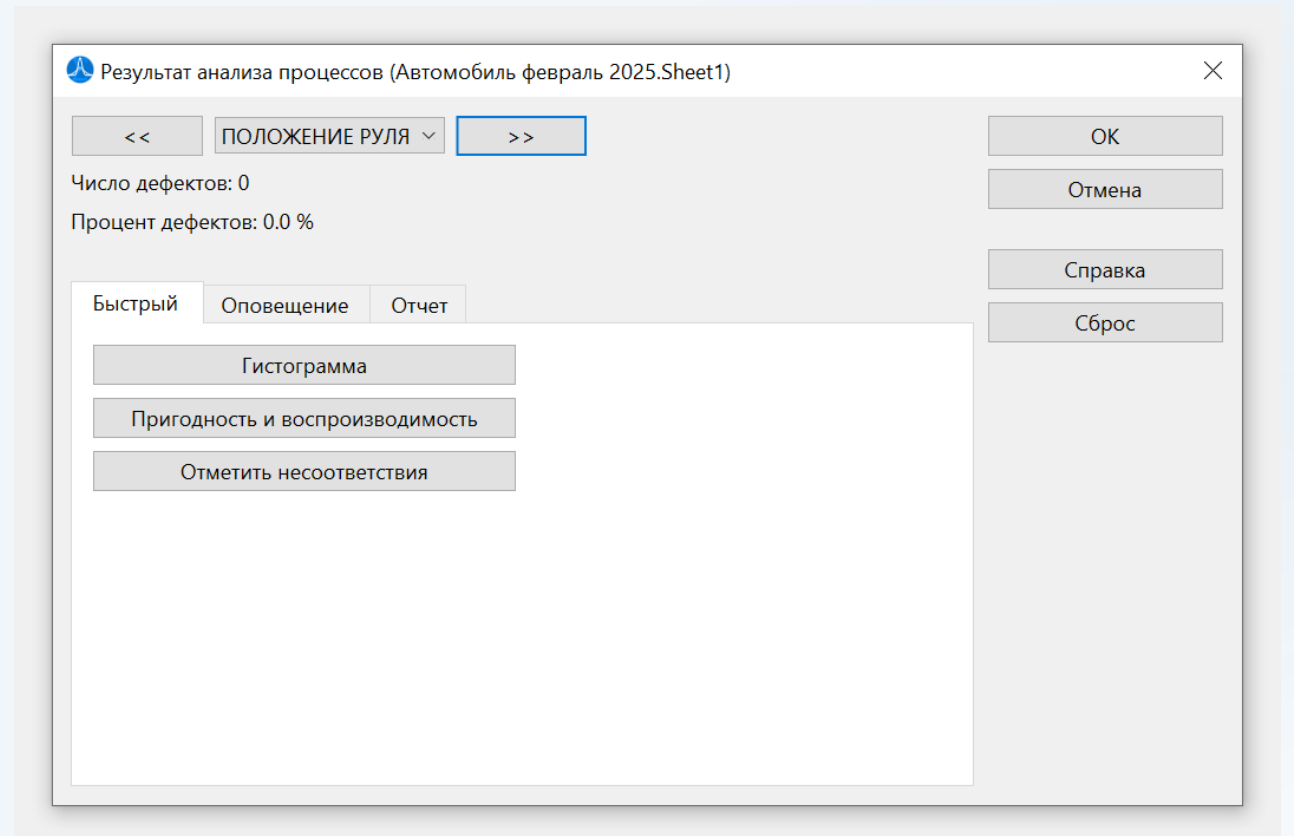


Оценка возможностей процесса

В окне результатов анализа процессов на вкладке *ПОЛОЖЕНИЕ РУЛЯ* предварительно видим:

Процент дефектов: 0 %

Нажмем кнопку *Гистограмма*.



Оценка возможностей процесса

Основные индексы:

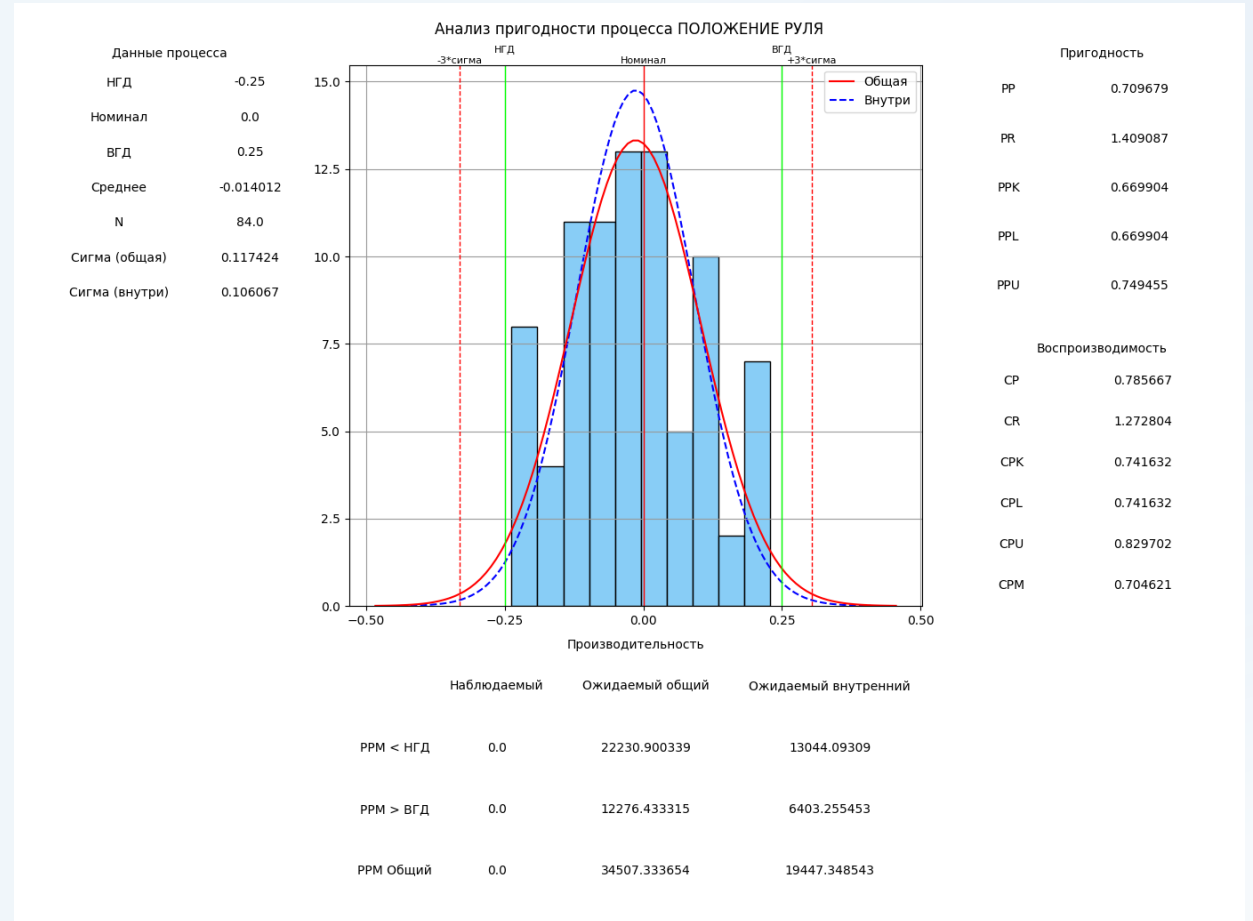
- $P_p = 0.709$, $P_{pk} = 0.670$ (долгосрочная пригодность)
- $C_p = 0.786$, $C_{pk} = 0.742$ (краткосрочная воспроизводимость)
- Все значения $< 1.33 \Rightarrow$ процесс не соответствует требованиям.

Производительность:

- PPM (ожидаемый) $\approx 34\,507$ (ожидается около 3,45 % вне допуска).

Ключевые выводы:

- Все измерения, попадают в зону допуска, но по индексам пригодности и воспроизводимости видно, что процесс на грани выхода за границы.
- Небольшое смещение от целевого значения, но высокая вариабельность.
- Чтобы повысить качество, необходимо уменьшить разброс и удерживать процесс около номинала.



Ссылки

- ГОСТ Р ИСО 7870-2—2015 Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта
- ISO 7870-2:2023 Control charts Part 2: Shewhart control charts
- Douglas C. Montgomery (2019). Introduction to Statistical Quality Control, 8th Edition. New York: Wiley.



Телефон:

+7 (495) 787-77-33

Спасибо за внимание

E-mail:

sale@statsoft.ru

vladimir@statsoft.ru

Сайт:

<http://statsoftai.ru/>

