



StatSoft

Контроль качества

The best world practices



Статистический контроль процессов (SPC)



Отрасли

- Metallургия
- Машиностроение
- Автомобилестроение
- Энергетика
- Нефть\газ
- Сельское хозяйство
- Пищевая промышленность
- и др.

ПО СтатСофт заменяет и качественно усиливает Statistica, SPSS, Minitab, Stata, Matlab и др.

Операционные системы

ПО СтатСофт поддерживает следующие операционные системы:

- Linux
- Microsoft Windows 7, 8, Vista, 10, 11
- macOS 11-14 (процессоры Apple M1, M2, ...)

* поддерживаются только 64-разрядные ОС

ПО СтатСофт

- **ПО СтатСофт** – программное обеспечение нового поколения для дейта сайнс и искусственного интеллекта в промышленности, экономике, финансах, маркетинге, логистике и других областях
- Включает классические статистические методы и методы машинного обучения и искусственного интеллекта в единой среде пользователя
- Позволяет автоматизировать процесс анализа данных, ускорить принятие решений и снизить риски ошибок
- Проведено всестороннее тестирование и сравнение с Statistica, Minitab и др.

Статистический контроль процессов (SPC)

Два типа причин изменчивости:

- Изменчивость, обусловленная особыми причинами (Special Cause variation) – это неконтролируемая изменчивость, нестабильная во времени – результат внешних событий
- Изменчивость, обусловленная обычными причинами (Common Cause variation) – это внутренняя изменчивость процесса, не меняющаяся с течением времени

Для выявления обоих видов изменчивости существуют специальные методы контроля качества:

- Карты контроля качества
- Индексы пригодности процесса



Данные технологического процесса

Данные включают параметры технологического процесса, химический состав и механико-физические свойства стали.

Механические свойства стали:

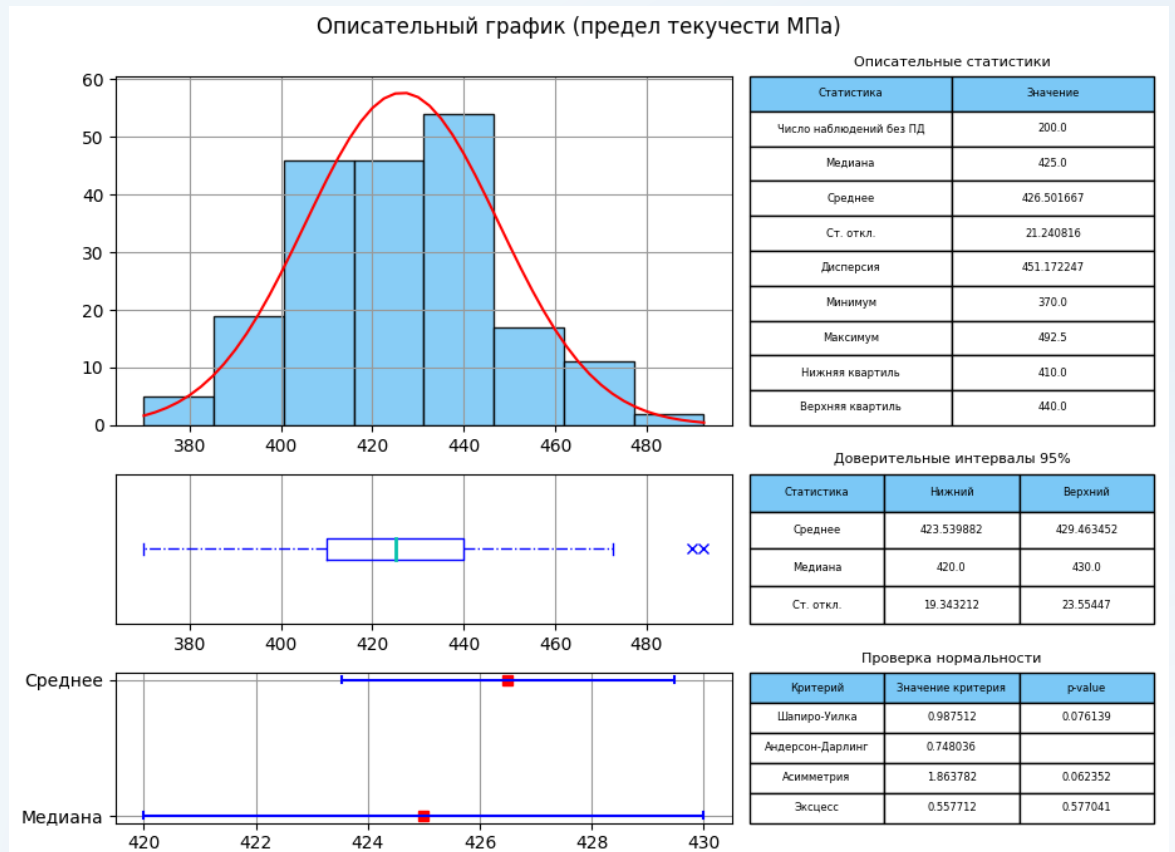
предел текучести (МПа),
предел прочности (МПа),
относительное удлинение (%)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----|-------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| | марка стали | толщина поло... | ширина полос... | вес слаба | время трансп... | температура о... | фактическая ... | скорость прок... | предел текуще... | предел прочн... | относительное ... |
| 123 | С345 | 7.68 | 1422 | 33.0 | 131 | 1038.82 | 963.85 | 3.28 | 420.0 | 510.0 | 33.0 |
| 124 | С345 | 7.68 | 1422 | 33.0 | 129 | 1038.89 | 964.1 | 3.34 | 410.0 | 510.0 | 35.0 |
| 125 | С345 | 7.68 | 1422 | 33.0 | 131 | 1036.93 | 968.3 | 3.29 | 420.0 | 510.0 | 36.0 |
| 126 | С345 | 7.68 | 1422 | 33.0 | 131 | 1036.97 | 970.93 | 3.25 | 405.0 | 500.0 | 34.0 |
| 127 | С345 | 7.68 | 1422 | 33.0 | 132 | 1035.9 | 976.22 | 3.22 | 400.0 | 500.0 | 34.0 |
| 128 | С345 | 7.68 | 1422 | 33.0 | 132 | 1035.79 | 976.2 | 3.19 | 415.0 | 500.0 | 32.0 |
| 129 | С345 | 7.68 | 1422 | 13.3 | 90 | 1028.28 | 979.55 | 3.29 | 395.0 | 500.0 | 34.0 |
| 130 | С345 | 8.68 | 1400 | 35.1 | 124 | 1036.84 | 982.68 | 3.22 | 410.0 | 510.0 | 33.0 |
| 131 | С345 | 8.68 | 1400 | 35.2 | 124 | 1038.29 | 983.58 | 3.2 | 412.0 | 520.0 | 33.0 |
| 132 | С345 | 8.68 | 1400 | 35.1 | 124 | 1036.37 | 982.62 | 3.2 | 425.0 | 520.0 | 33.0 |
| 133 | С345 | 8.68 | 1400 | 35.1 | 124 | 1036.24 | 982.33 | 3.18 | 415.0 | 520.0 | 33.0 |
| 134 | С345 | 8.68 | 1400 | 35.2 | 125 | 1033.67 | 979.81 | 3.19 | 420.0 | 520.0 | 32.0 |
| 135 | С345 | 8.68 | 1400 | 35.2 | 125 | 1032.77 | 979.16 | 3.21 | 425.0 | 520.0 | 34.0 |
| 136 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 125 | 1049.18 | 979.18 | 3.61 | 405.0 | 495.0 | 33.0 |
| 137 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 122 | 1041.28 | 967.19 | 3.78 | 400.0 | 500.0 | 34.0 |
| 138 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 121 | 1039.81 | 969.67 | 3.76 | 420.0 | 500.0 | 37.0 |
| 139 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1037.24 | 966.64 | 3.61 | 410.0 | 510.0 | 32.0 |
| 140 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1036.16 | 965.91 | 3.6 | 455.0 | 530.0 | 31.0 |
| 141 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1036.98 | 970.54 | 3.58 | 410.0 | 500.0 | 33.0 |
| 142 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1037.33 | 971.02 | 3.59 | 395.0 | 500.0 | 35.0 |
| 143 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1036.43 | 971.52 | 3.61 | 435.0 | 520.0 | 29.0 |
| 144 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1036.26 | 971.93 | 3.62 | 395.0 | 500.0 | 33.0 |
| 145 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 130 | 1036.39 | 972.0 | 3.6 | 395.0 | 510.0 | 32.0 |
| 146 | С345 | 7.68 | 1432 | 35.2 | 131 | 1035.28 | 971.76 | 3.61 | 405.0 | 520.0 | 31.0 |



Проверка нормальности данных

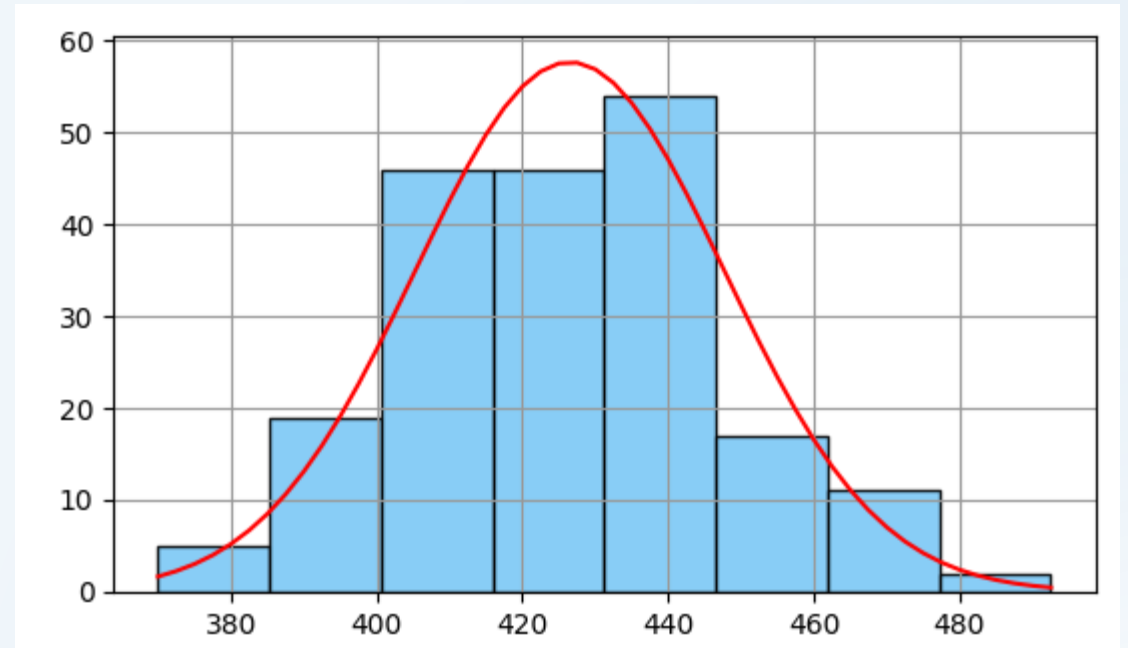
На предоставленном графике представлены результаты проверки нормальности для предела текучести МПа. Рассмотрим основные моменты анализа.



Проверка нормальности

Гистограмма с подгонкой нормального распределения.

Визуально данные довольно хорошо соответствуют нормальному распределению, несмотря на небольшие отклонения.

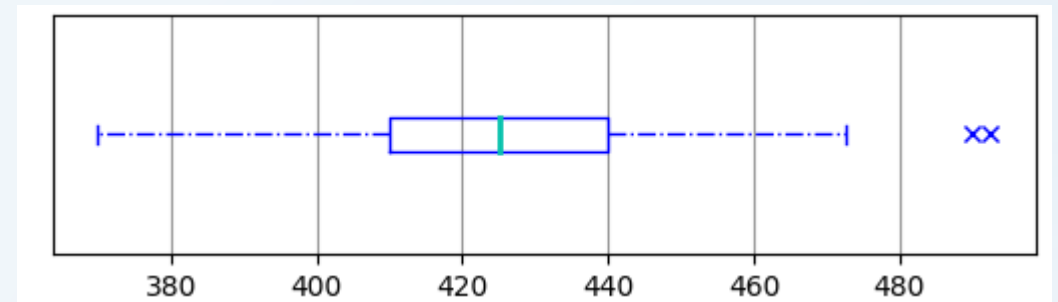


Проверка нормальности

Ящик с усами.

Боксплот показывает, что данные имеют небольшой разброс и незначительные выбросы. В целом, распределение симметричное и не имеет значительных перекосов.

Ящик с усами подтверждает симметрию данных, что также свидетельствует в пользу нормальности распределения.



Проверка нормальности

Тест Шапиро-Уилка.

Значение критерия: 0.987512

p-value: 0.076139

Значение p-value больше 0.05, что означает, что нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу о нормальности распределения.

Данные проходят тест на нормальность.

| Критерий | Значение критерия | p-value |
|------------------|-------------------|----------|
| Шапиро-Уилка | 0.987512 | 0.076139 |
| Андерсон-Дарлинг | 0.748036 | |
| Асимметрия | 1.863782 | 0.062352 |
| Экссесс | 0.557712 | 0.577041 |



Проверка на нормальность. Вывод.

Графический анализ и статистические тесты показывают, что данные предела текучести соответствуют нормальному распределению.

Проверка на нормальность данных была необходима для того, чтобы убедиться в корректности предположений, лежащих в основе многих статистических методов, используемых в анализе производственных процессов.

В частности, контрольные карты и индексы пригодности часто предполагают, что данные следуют нормальному распределению.

Это важно по нескольким причинам:

- Точность контрольных карт
- Корректность индексов пригодности
- Выявление аномалий и отклонений



Индексы пригодности

Индексы пригодности процесса (Cp и Cpk):

- Cp (Индекс пригодности процесса): 0.956 Cp меньше 1.0 указывает на то, что процесс имеет вариации, которые выходят за установленные границы допуска (НГД и ВГД). Это означает, что процесс не является достаточно способным для обеспечения качества продукции в установленных границах.
- Cpk (Индекс пригодности процесса, учитывающий сдвиг процесса): 0.844 Cpk меньше 1.0 также указывает на то, что процесс не способен стабильно производить продукцию в пределах установленных границ допуска. Значение Cpk меньше Cp указывает на наличие сдвига в процессе, что требует корректировки.

| | 1 | 2 |
|----|-----------------------|------------------------|
| | Индекс пригодности... | предел текучести МП... |
| 1 | НГД | 400.000 |
| 2 | Номинал | 430.000 |
| 3 | ВГД | 460.000 |
| 4 | CP | 0.956 |
| 5 | CR | 1.046 |
| 6 | CPK | 0.844 |
| 7 | CPL | 0.844 |
| 8 | CPU | 1.067 |
| 9 | K | 0.117 |
| 10 | CPM | 0.465 |



Индексы пригодности

CR (Коэффициент пригодности):

- CR (Коэффициент пригодности): 1.046 CR больше 1.0 указывает на то, что процесс имеет более широкий диапазон вариаций по сравнению с допустимыми границами. Это подтверждает необходимость улучшения процесса для уменьшения вариабельности.

| | 1 Индекс пригодности... | 2 предел текучести МП... |
|----|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | НГД | 400.000 |
| 2 | Номинал | 430.000 |
| 3 | ВГД | 460.000 |
| 4 | CP | 0.956 |
| 5 | CR | 1.046 |
| 6 | CPK | 0.844 |
| 7 | CPL | 0.844 |
| 8 | CPU | 1.067 |
| 9 | K | 0.117 |
| 10 | CPM | 0.465 |



Индексы пригодности

CPU и CPL:

- CPU (Индекс пригодности верхней границы): 1.067 CPU больше 1.0 указывает на то, что процесс способен соответствовать верхней границе допуска.
- CPL (Индекс пригодности нижней границы): 0.844 CPL меньше 1.0 указывает на то, что процесс не способен соответствовать нижней границе допуска.

| | 1 | 2 |
|----|-----------------------|------------------------|
| | Индекс пригодности... | предел текучести МП... |
| 1 | НГД | 400.000 |
| 2 | Номинал | 430.000 |
| 3 | ВГД | 460.000 |
| 4 | CP | 0.956 |
| 5 | CR | 1.046 |
| 6 | CPK | 0.844 |
| 7 | CPL | 0.844 |
| 8 | CPU | 1.067 |
| 9 | K | 0.117 |
| 10 | CPM | 0.465 |



Индексы пригодности

К и СРМ:

- К (Сдвиг процесса): 0.117 Значение К близкое к 0 указывает на минимальный сдвиг процесса относительно номинала. В данном случае сдвиг небольшой, что является положительным аспектом.
- СРМ (Индекс пригодности процесса с учетом отклонений от номинала): 0.465 СРМ значительно меньше 1.0 указывает на необходимость улучшения как вариабельности, так и сдвига процесса для соответствия установленным границам допуска.

| | 1 | 2 |
|----|-----------------------|------------------------|
| | Индекс пригодности... | предел текучести МП... |
| 1 | НГД | 400.000 |
| 2 | Номинал | 430.000 |
| 3 | ВГД | 460.000 |
| 4 | CP | 0.956 |
| 5 | CR | 1.046 |
| 6 | CPK | 0.844 |
| 7 | CPL | 0.844 |
| 8 | CPU | 1.067 |
| 9 | K | 0.117 |
| 10 | CPM | 0.465 |



Индексы производительности

Индексы воспроизводимости (P_p и P_{pk}):

- P_p : 0.471 Значение P_p меньше 1.0 указывает на то, что процесс имеет значительные вариации, которые превышают установленные границы допуска (НГД и ВГД). Это означает, что процесс нуждается в улучшении для повышения его производительности.
- P_{pk} : 0.416 Значение P_{pk} также меньше 1.0, что указывает на недостаточную воспроизводимость процесса. P_{pk} учитывает сдвиг процесса и подтверждает, что процесс не соответствует требованиям по качеству продукции. Значение P_{pk} ниже, чем P_p , свидетельствует о наличии сдвига в процессе.

| | | |
|---|---------|---------|
| 1 | НГД | 400.000 |
| 2 | Номинал | 430.000 |
| 3 | ВГД | 460.000 |
| 4 | PP | 0.471 |
| 5 | PR | 2.124 |
| 6 | PPK | 0.416 |
| 7 | PPL | 0.416 |
| 8 | PPU | 0.526 |



Индексы пригодности и производительности. Вывод

Индексы пригодности процесса указывают на то, что текущий процесс имеет значительные отклонения и вариабельность, что приводит к несоответствию установленным границам допуска. Индексы C_p и C_{pk} меньше 1.0 свидетельствуют о необходимости улучшения стабильности и точности процесса.

Значения P_p и P_{pk} значительно меньше 1.0 свидетельствуют о низкой воспроизводимости процесса, что требует его улучшения.

Рекомендации:

- Пересмотреть и улучшить производственный процесс для уменьшения вариабельности.
- Внедрить меры контроля качества для минимизации сдвига процесса.
- Рассмотреть возможность корректировки технологических параметров для повышения соответствия продукции установленным спецификациям.
- **Применить методы статистического контроля качества для уменьшения сдвига процесса и повышения его стабильности.**

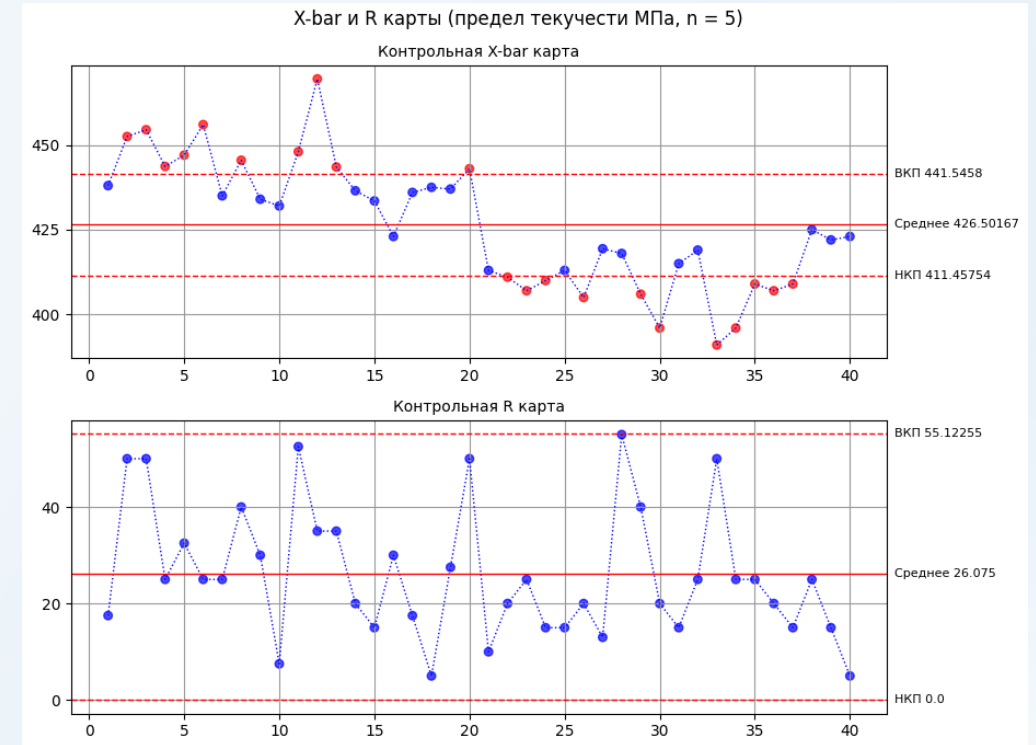


Карты контроля качества

Контрольная карта X-bar:

- Среднее значение (центральная линия): 426.50167 МПа
- Верхняя контрольная граница (ВКП): 441.5458 МПа
- Нижняя контрольная граница (НКП): 411.45754 МПа

На контрольной карте \bar{X} видно, что некоторые точки выходят за верхнюю контрольную границу, что указывает на нестабильность процесса в определенные моменты времени. Это говорит о том, что процесс имеет значительные вариации и может требовать корректировки для стабилизации.



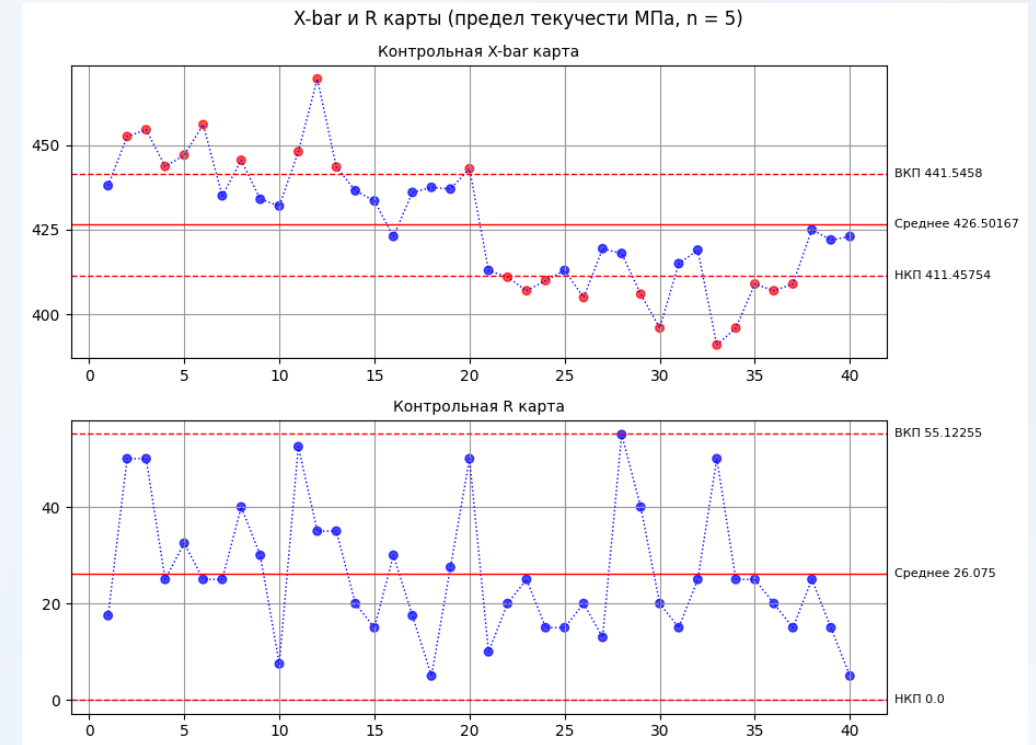
Карты контроля качества

Контрольная карта R:

- Среднее значение (центральная линия): 26.075
- Верхняя контрольная граница (ВКП): 55.12255
- Нижняя контрольная граница (НКП): 0.0

Контрольная карта R показывает разброс значений предела текучести.

На карте все точки находятся в пределах контрольных границ, что говорит о стабильности процесса.



Карты контроля качества. Правила Нельсона

9 точек по одну сторону от центра:

- От выборки: 1
- До выборки: 9, 21, 29, 30, 38
- Вывод: Наличие последовательности из 9 точек с одной стороны от центра указывает на сдвиг процесса. Это может свидетельствовать о систематической ошибке или изменении условий

| | 1 Критерии | 2 от выборки | 3 до выборки |
|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 9 точек по одну сторону от центра | 1 | 9 |
| 2 | | 21 | 29 |
| 3 | | 30 | 38 |
| 4 | 6 точек в возр./уменьш. ряду | ОК | ОК |
| 5 | 14 точек в "шахматном порядке" | ОК | ОК |
| 6 | 2 из 3 точек в зоне А или вне ее | 1 | 3 |
| 7 | | 4 | 6 |
| 8 | | 10 | 12 |
| 9 | | 17 | 19 |
| 10 | | 20 | 22 |
| 11 | | 23 | 25 |
| 12 | | 28 | 30 |
| 13 | | 31 | 33 |
| 14 | | 34 | 36 |
| 15 | 4 из 5 точек в зоне В или вне ее | 1 | 5 |
| 16 | | 6 | 10 |
| 17 | | 11 | 15 |
| 18 | | 16 | 20 |
| 19 | | 21 | 25 |
| 20 | | 26 | 30 |
| 21 | | 31 | 35 |
| 22 | 15 точек в зоне С | ОК | ОК |
| 23 | 8 точек вне зоны С | 1 | 8 |
| 24 | | 17 | 24 |
| 25 | | 25 | 32 |



Карты контроля качества. Правила Нельсона

6 точек в возрастающем/уменьшающем ряду:

- От выборки: ОК
- До выборки: ОК
- Вывод: Отсутствие последовательных увеличивающихся или уменьшающихся точек указывает на отсутствие тренда в данных.

14 точек в "шахматном порядке":

- От выборки: ОК
- До выборки: ОК
- Вывод: Отсутствие точек в "шахматном порядке" свидетельствует об отсутствии циклических колебаний.

| | 1 Критерии | 2 от выборки | 3 до выборки |
|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 9 точек по одну сторону от центра | 1 | 9 |
| 2 | | 21 | 29 |
| 3 | | 30 | 38 |
| 4 | 6 точек в возр./уменьш. ряду | ОК | ОК |
| 5 | 14 точек в "шахматном порядке" | ОК | ОК |
| 6 | 2 из 3 точек в зоне А или вне ее | 1 | 3 |
| 7 | | 4 | 6 |
| 8 | | 10 | 12 |
| 9 | | 17 | 19 |
| 10 | | 20 | 22 |
| 11 | | 23 | 25 |
| 12 | | 28 | 30 |
| 13 | | 31 | 33 |
| 14 | | 34 | 36 |
| 15 | 4 из 5 точек в зоне В или вне ее | 1 | 5 |
| 16 | | 6 | 10 |
| 17 | | 11 | 15 |
| 18 | | 16 | 20 |
| 19 | | 21 | 25 |
| 20 | | 26 | 30 |
| 21 | | 31 | 35 |
| 22 | 15 точек в зоне С | ОК | ОК |
| 23 | 8 точек вне зоны С | 1 | 8 |
| 24 | | 17 | 24 |
| 25 | | 25 | 32 |



Карты контроля качества. Правила Нельсона

2 из 3 точек в зоне А или вне ее:

- От выборки: 1, 3, 4, 6, 10, 12, 17, 19, 20, 23, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 36
- Вывод: Наличие значительного числа точек в зоне А или вне ее указывает на нестабильность процесса и наличие особых причин вариации.

4 из 5 точек в зоне В или вне ее:

- От выборки: 1, 6, 10, 11, 15, 16, 21, 26, 31, 35
- Вывод: Наличие точек в зоне В или вне ее подтверждает наличие аномалий и нестабильности процесса.

| | 1 Критерии | 2 от выборки | 3 до выборки |
|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 9 точек по одну сторону от центра | 1 | 9 |
| 2 | | 21 | 29 |
| 3 | | 30 | 38 |
| 4 | 6 точек в возр./уменьш. ряду | OK | OK |
| 5 | 14 точек в "шахматном порядке" | OK | OK |
| 6 | 2 из 3 точек в зоне А или вне ее | 1 | 3 |
| 7 | | 4 | 6 |
| 8 | | 10 | 12 |
| 9 | | 17 | 19 |
| 10 | | 20 | 22 |
| 11 | | 23 | 25 |
| 12 | | 28 | 30 |
| 13 | | 31 | 33 |
| 14 | | 34 | 36 |
| 15 | 4 из 5 точек в зоне В или вне ее | 1 | 5 |
| 16 | | 6 | 10 |
| 17 | | 11 | 15 |
| 18 | | 16 | 20 |
| 19 | | 21 | 25 |
| 20 | | 26 | 30 |
| 21 | | 31 | 35 |
| 22 | 15 точек в зоне С | OK | OK |
| 23 | 8 точек вне зоны С | 1 | 8 |
| 24 | | 17 | 24 |
| 25 | | 25 | 32 |



Карты контроля качества. Вывод

Контрольные карты \bar{X} и R:

- \bar{X} карта: Несколько точек выходят за верхнюю границу (441.5 МПа), что указывает на нестабильность процесса.
- R карта: Все точки в пределах границ, что говорит о стабильной вариации.

Критерии Нельсона:

- Сдвиг процесса: Последовательности из 9 точек по одну сторону от центра.
- Аномалии: Значительное число точек в зонах A и B, и вне зоны C, указывают на нестабильность.

Рекомендации:

- Анализ причин: Выявить и устранить причины нестабильности.
- Корректирующие меры: Внедрить меры для стабилизации процесса.
- Мониторинг: Продолжить использование контрольных карт и критериев Нельсона.



Телефон:

+7 (495) 787-77-33

Спасибо за внимание

E-mail:

sale@statsoft.ru

vladimir@statsoft.ru

Сайт:

<https://статсофт.рф/>

