

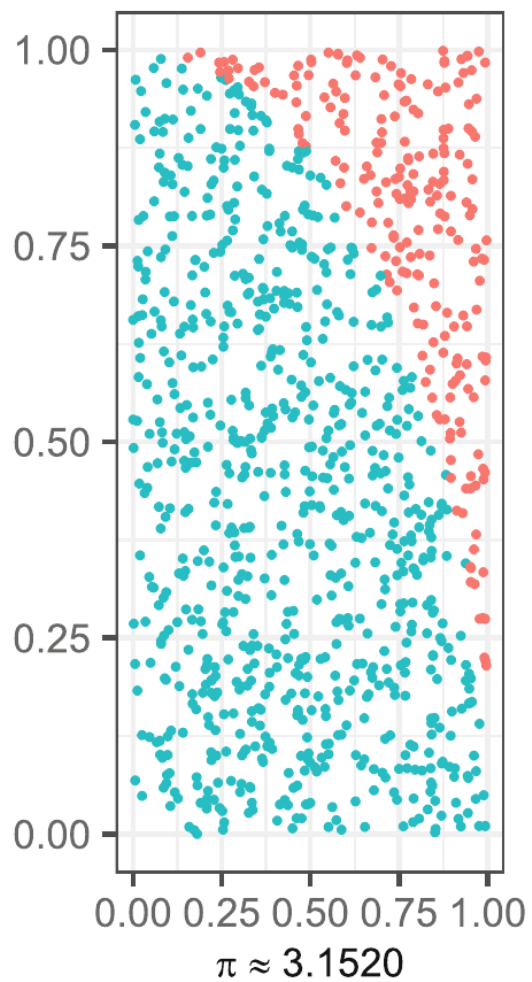


- 1) Не всегда понятно, когда использовать разложение Тейлора бол
- 2) Для решения уравнения нужно брать частные производные, что
- 3) Вне зависимости от выбранного распределения случайных откл
- 4) Вообще говоря, формула Уэлча - Саттерсвэйта верна только для

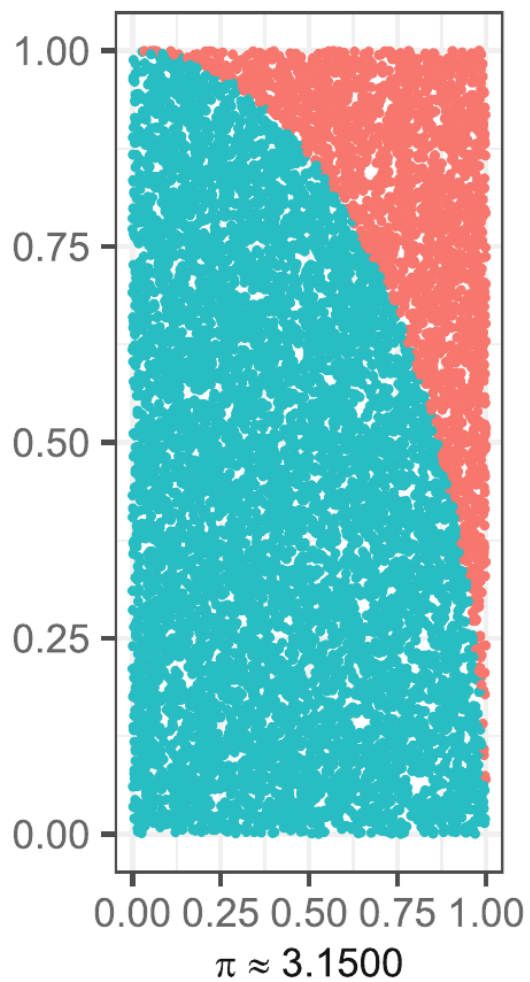
- 1) Задаётся квадрат размерами  $1*1$ .
- 2) Генерируются пары случайных чисел  $X$  и  $Y$  - координаты внутри
- 3) Известно, что отношение площади четверти квадрата к площади
- 4) Тогда расчёт точек, попавших внутрь круга можно произвести

$$\sqrt{x^2 + y^2} \leq 1$$

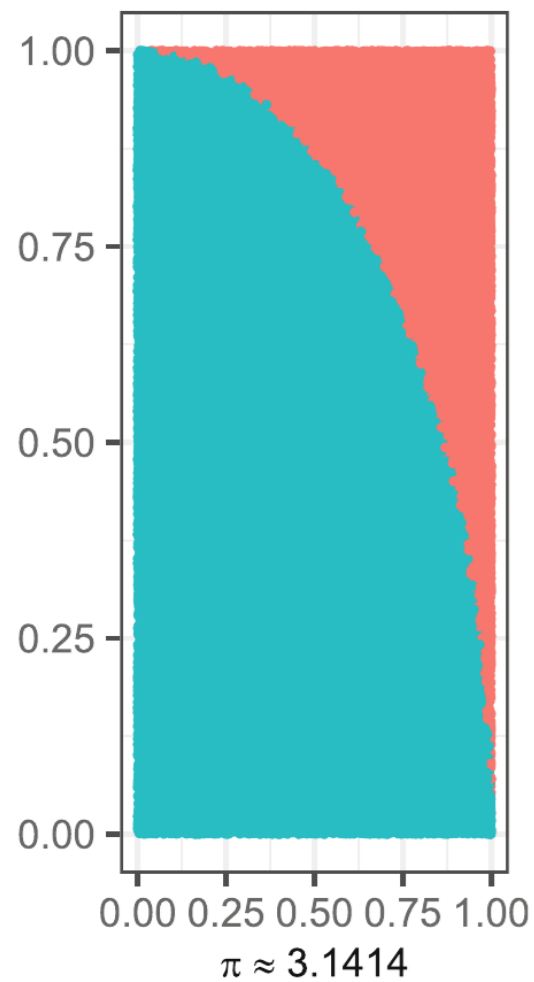
N = 1000



N = 10000



N = 100000







1) Длина последовательности: для качественных расчётов проблем

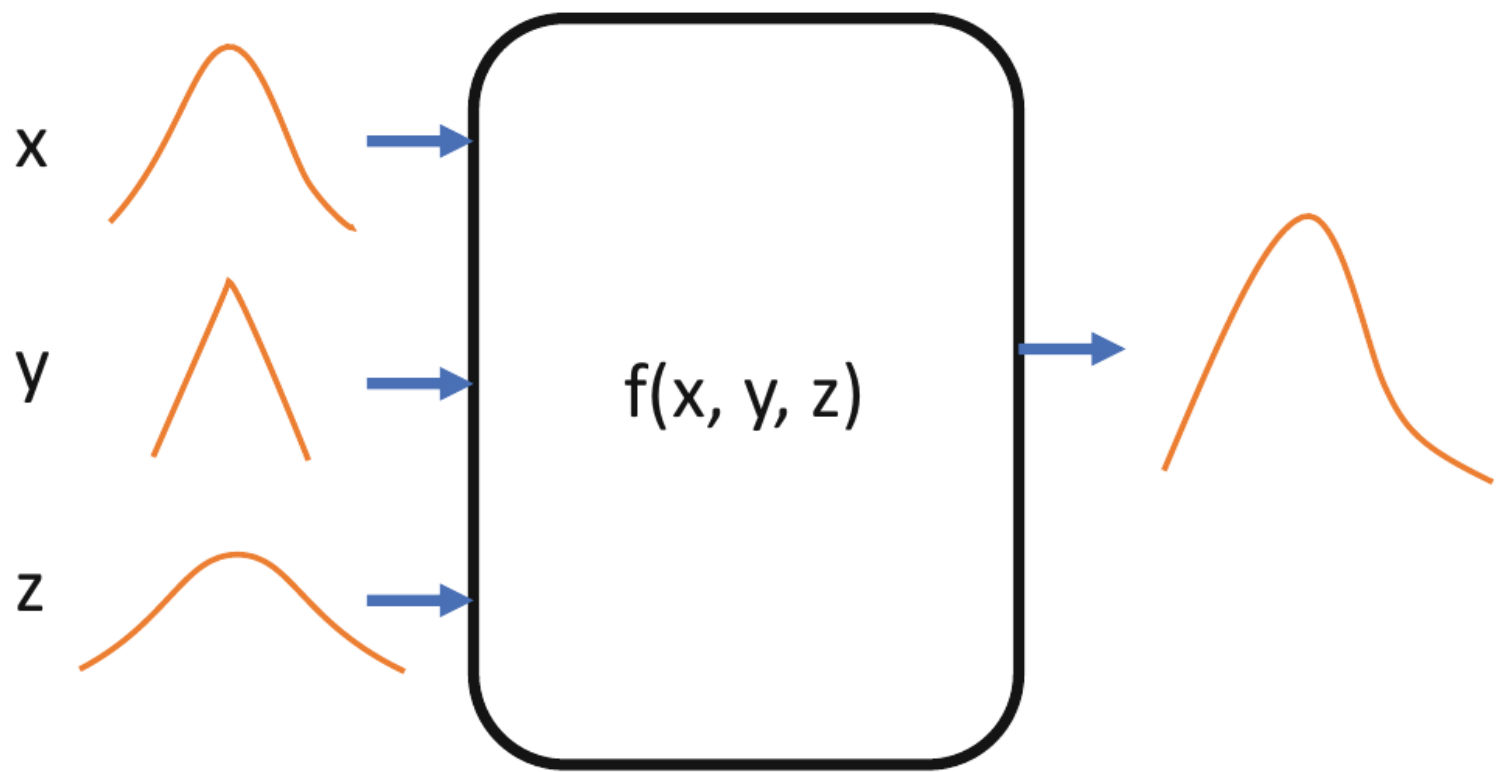
- 1) Длина последовательности: для качественных расчётов проблем
- 2) Отсутствие корреляции: каждая новая случайная последовательность



- 1) Длина последовательности: для качественных расчётов проблем
- 2) Отсутствие корреляции: каждая новая случайная последовательность
- 3) Случайная последовательность должна подчиняться равномерной

4) Для целей тестирования и отладки должны быть технические с

Алгоритм	Длина послед.	Максимальное кол-во случайных чисел	Примечание
Вихрь Мерсенна (Mersenne twister)	$2^{19937} - 1$	$\sim 10^{3000}$	По умолчанию в Python
Улучшенный Wichmann–Hill (2006)	$2^{120}$	$\sim 10^{18}$	Рекомендован GUM
PCG64	$2^{128}$	$\sim 10^{38}$	По умолчанию в NumPy

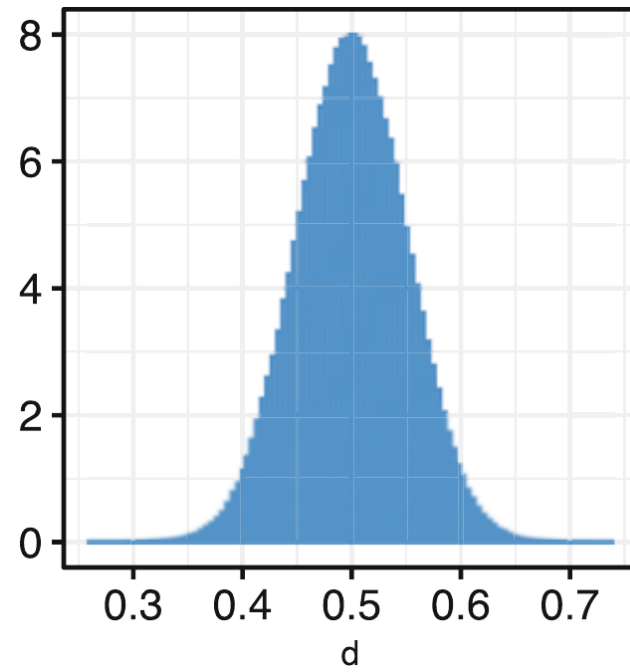
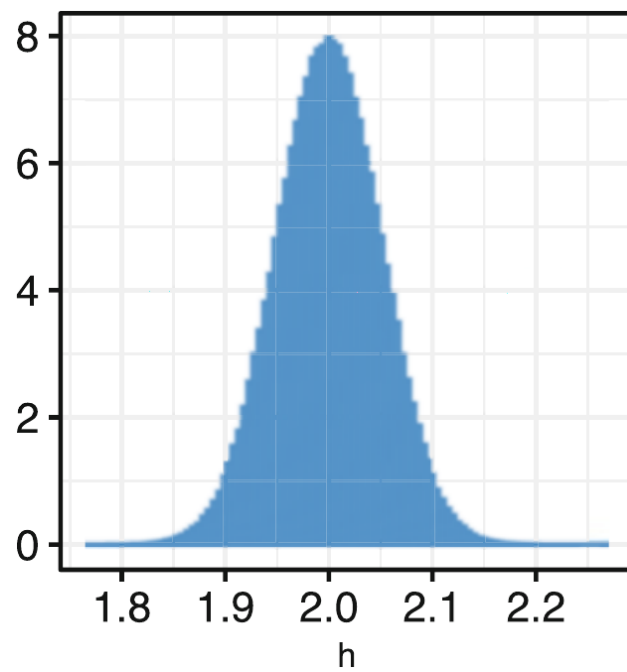
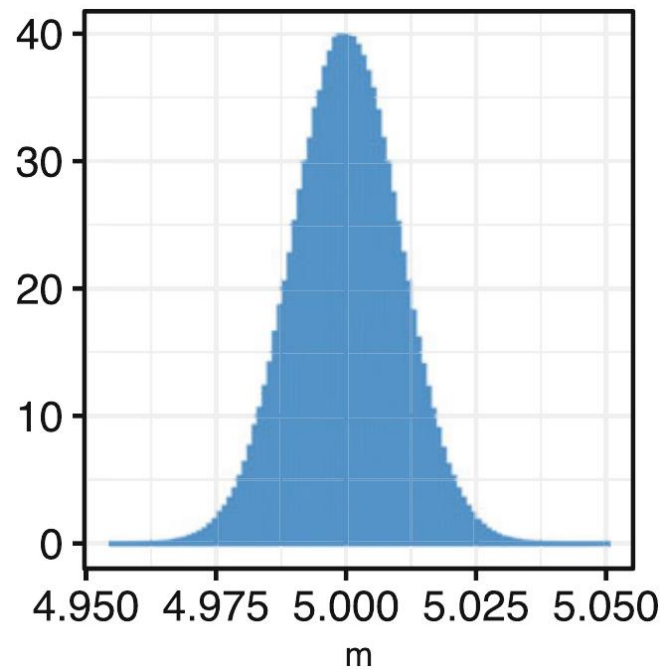


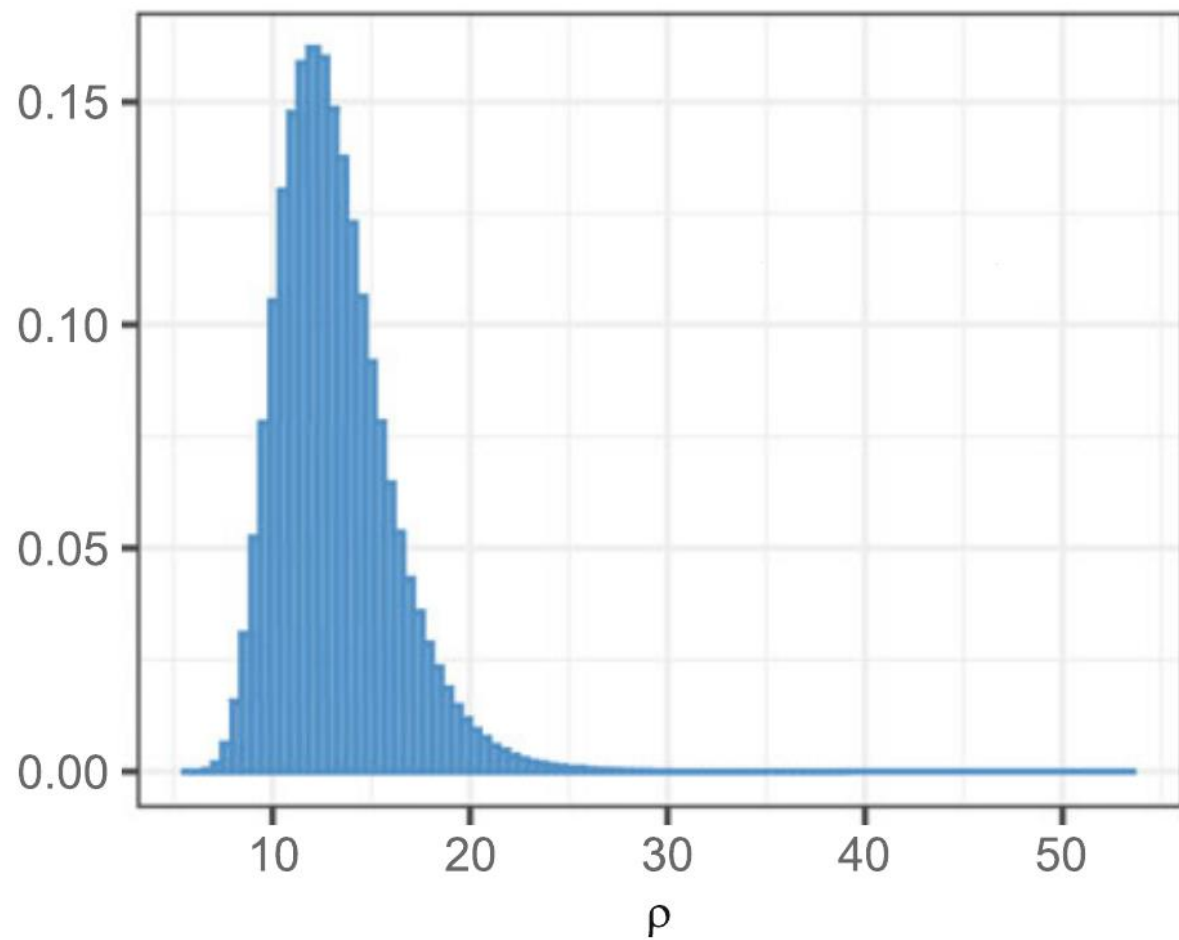
Измерение	Среднее	Неопределённость
Масса $m$	5 г	0,01 г
Высота $h$	2 см	0,05 см
Диаметр $d$	0,5 см	0,05 см

$$\rho = \frac{m}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h}$$

Выполним генерацию миллиона случайных троек массы, высоты

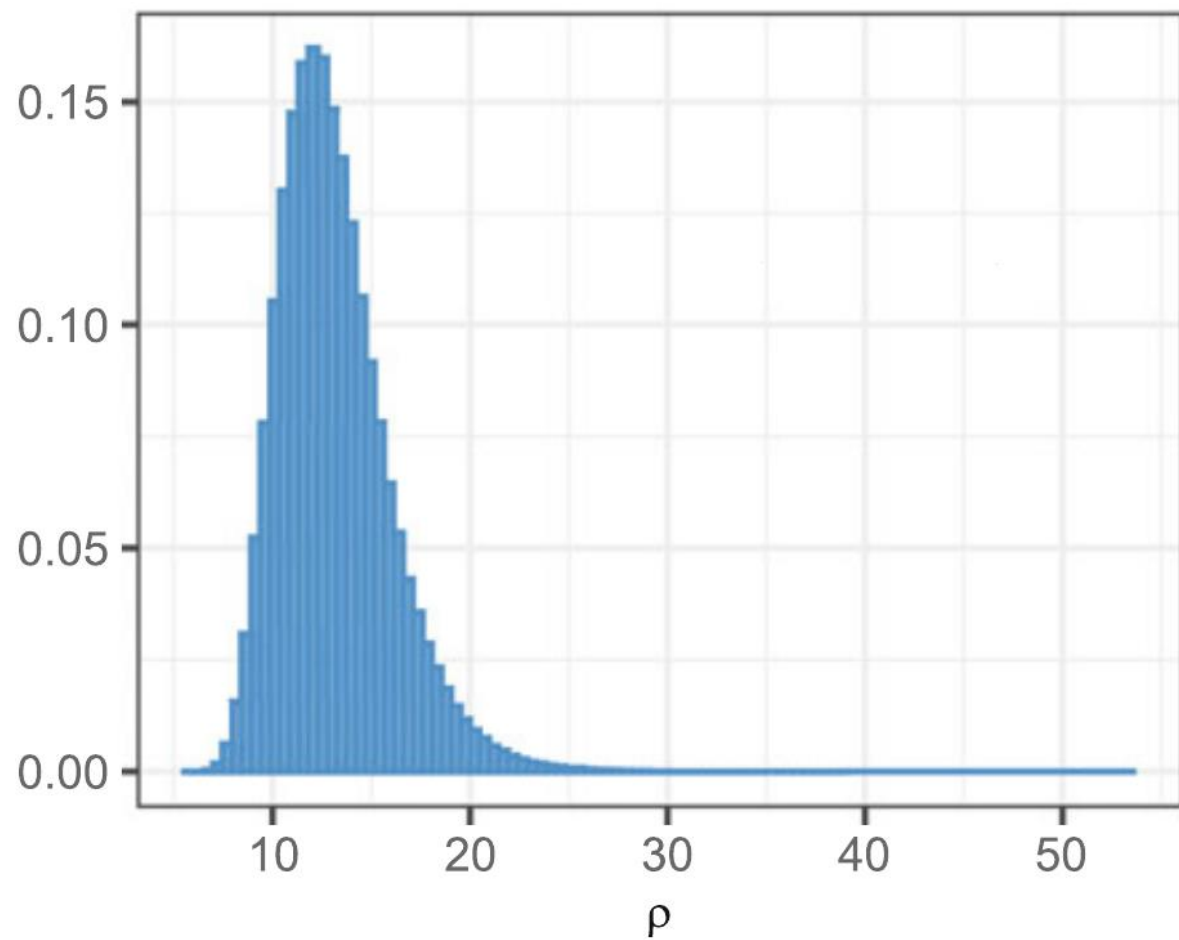
$d, \text{ см}$	$h, \text{ см}$	$m, \text{ г}$	$\rho, \text{ г/см}^3$
0.482	1.976	4.997	13.854
0.551	2.051	4.987	10.204
...	...	...	...





$$13,1 \pm 2,8 \text{ г/см}^3$$

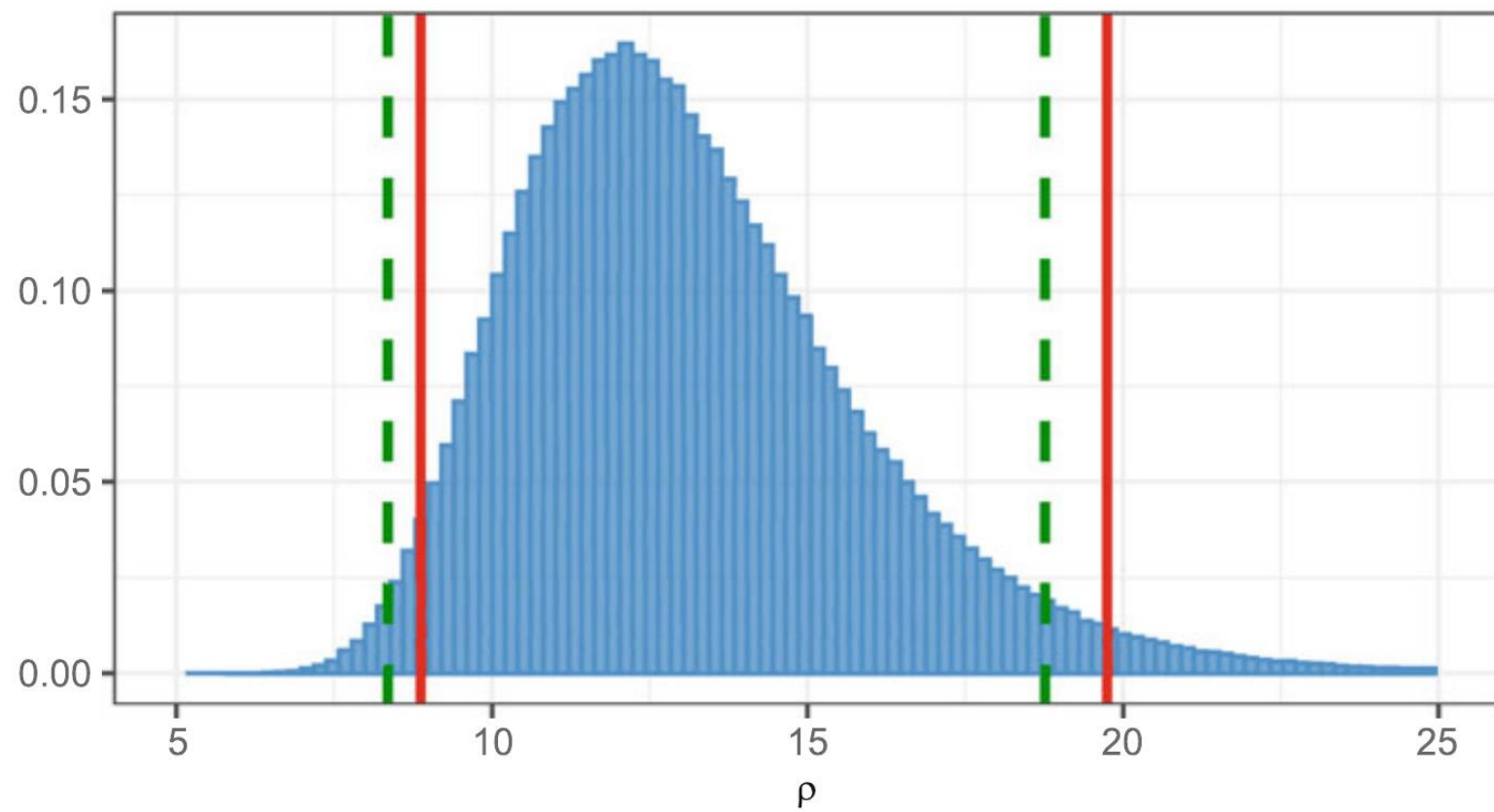




Результат распределен по 3

1) Простейший вариант: выбрать симметричный интервал от 2,5%

- 1) Простейший вариант: выбрать симметричный интервал от 2,5%
- 2) Перебрать все возможные перцентили (например от 1% до 96%)



1) Все переменные, кроме одно фиксируем на уровне среднего значения

- 1) Все переменные, кроме одно фиксируем на уровне среднего значения
- 2) Для не фиксированной переменной задаём  $N$  случайных величин

- 1) Все переменные, кроме одно фиксируем на уровне среднего значения
- 2) Для не фиксированной переменной задаём  $N$  случайных величин
- 3) Для расчёта коэффициента чувствительности делим среднее квадратическое отклонение на среднее значение

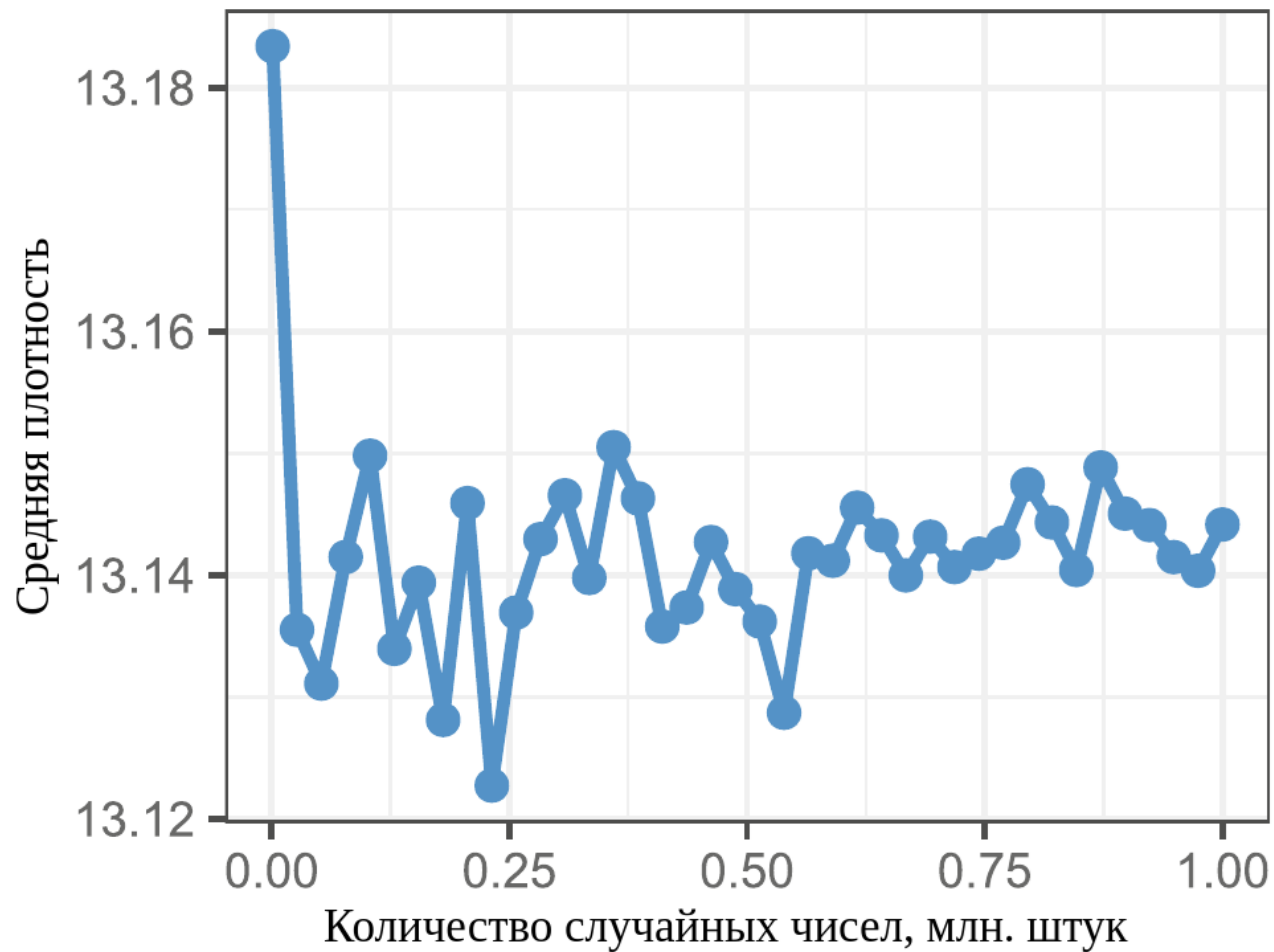
- 1) Все переменные, кроме одно фиксируем на уровне среднего значения.
- 2) Для не фиксированной переменной задаём  $N$  случайных величин.
- 3) Для расчёта коэффициента чувствительности делим среднее квадратическое отклонение на среднее значение.
- 4) Оцениваем индивидуальный вклад каждой величины.

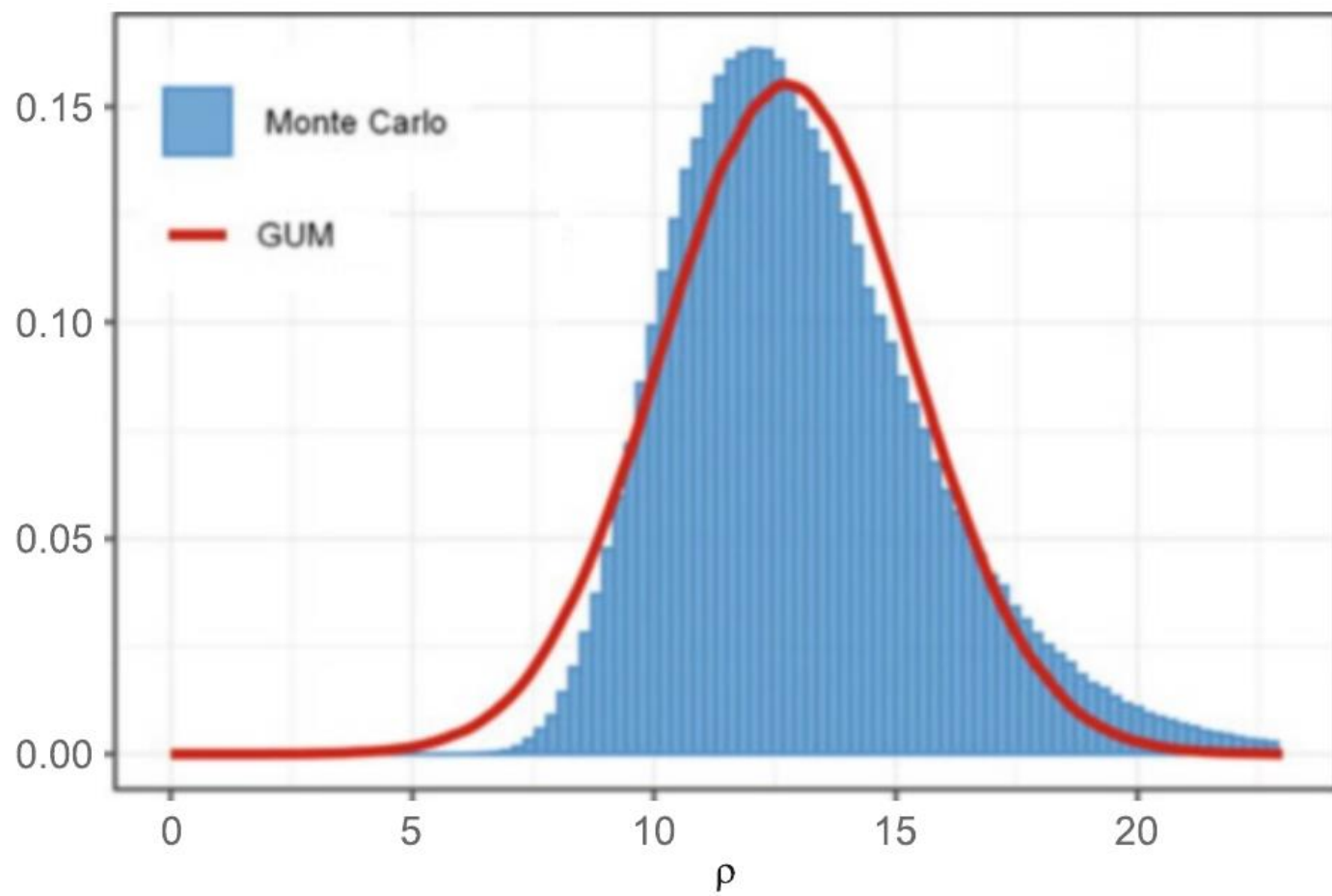


$$\frac{c_x^2 u^2(x)}{u_c^2(y)} \times 100\%$$

Параметр	%
$m$	0,01
$h$	1,54
$d$	98,45

Параметр	%
$m$	0,01
$h$	1,29
$d$	98,41





1) Расчёт интервалов охвата для вероятности охвата 95%.

- 1) Расчёт интервалов охвата для вероятности охвата 95%.
- 2) Определить необходимое число значащих разрядов после запятой

- 1) Расчёт интервалов охвата для вероятности охвата 95% (с учётом
- 2) Определить необходимое число значащих разрядов после запятой
- 3) Выразить рассчитанные неопределённости в виде:

где  $a$  — число с выбранным количеством знаков после запятой,  $r$  —

$$a \times 10^r$$

- 1) Расчёт интервалов охвата для вероятности охвата 95% (с учётом поправки Стьюдента)
- 2) Определить необходимое число значащих разрядов после запятой
- 3) Выразить рассчитанные неопределённости в виде:

где  $a$  — число с выбранным количеством знаков после запятой,  $r$  —

- 4) Произвести расчёт  $\delta = a \times 10^r$  для численной оценки точности

$$\delta = \frac{1}{2} 10^r$$

5) Вычислить модуль разности для нижнего и верхнего предела д



Расчёт для числа значащих разрядов после единицы, равном одно

$$u(y) = 2.8 \approx 3 \times 10^0$$

$$r = 0$$

$$\delta = 0.5 \times 10^0 = 0.5$$

<i>Этап</i>	<i>Нижний предел</i>	<i>Верхний предел</i>
GUM	7,70	17,76
Монте-Карло	8,34	18,75
abs(GUM - MC)	0,64	0,99
GUM соответствует MC?	Нет	Нет

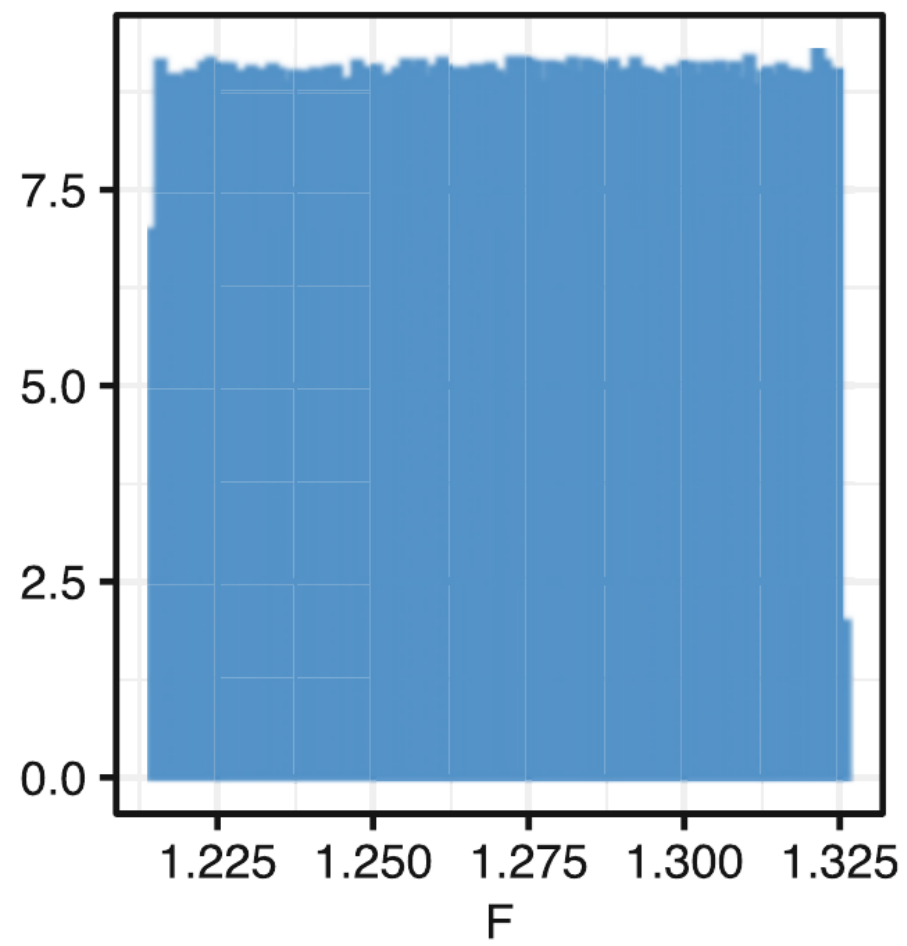
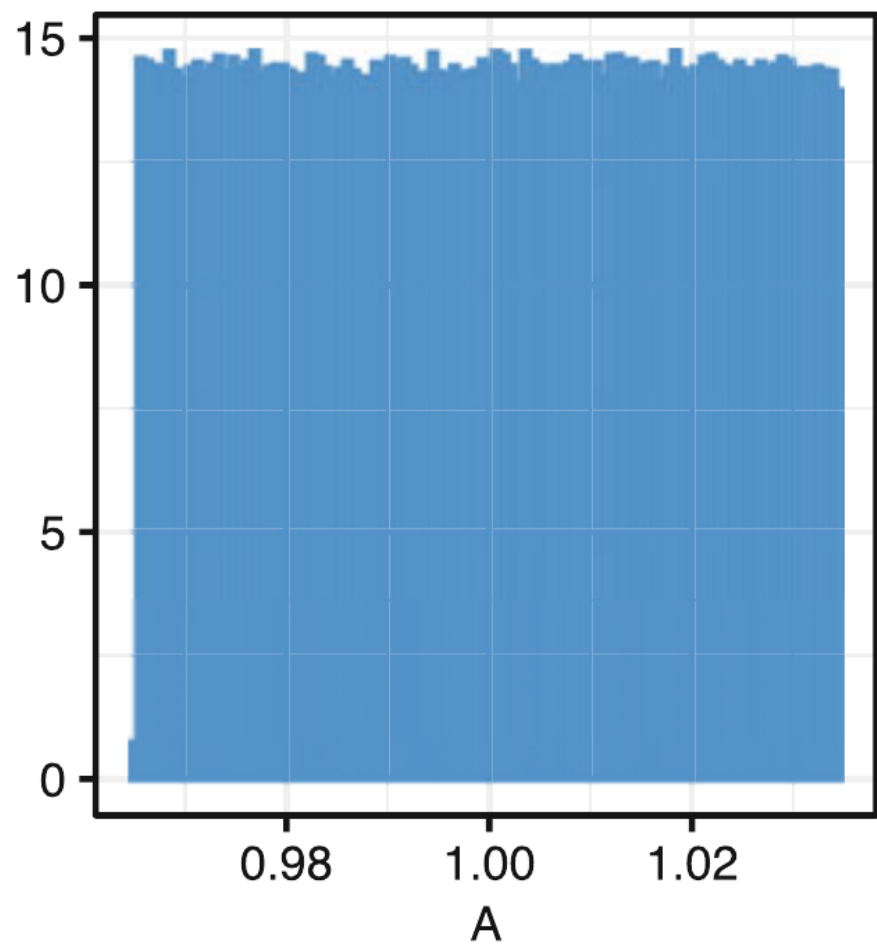
$$\eta = AfF(S - B)$$

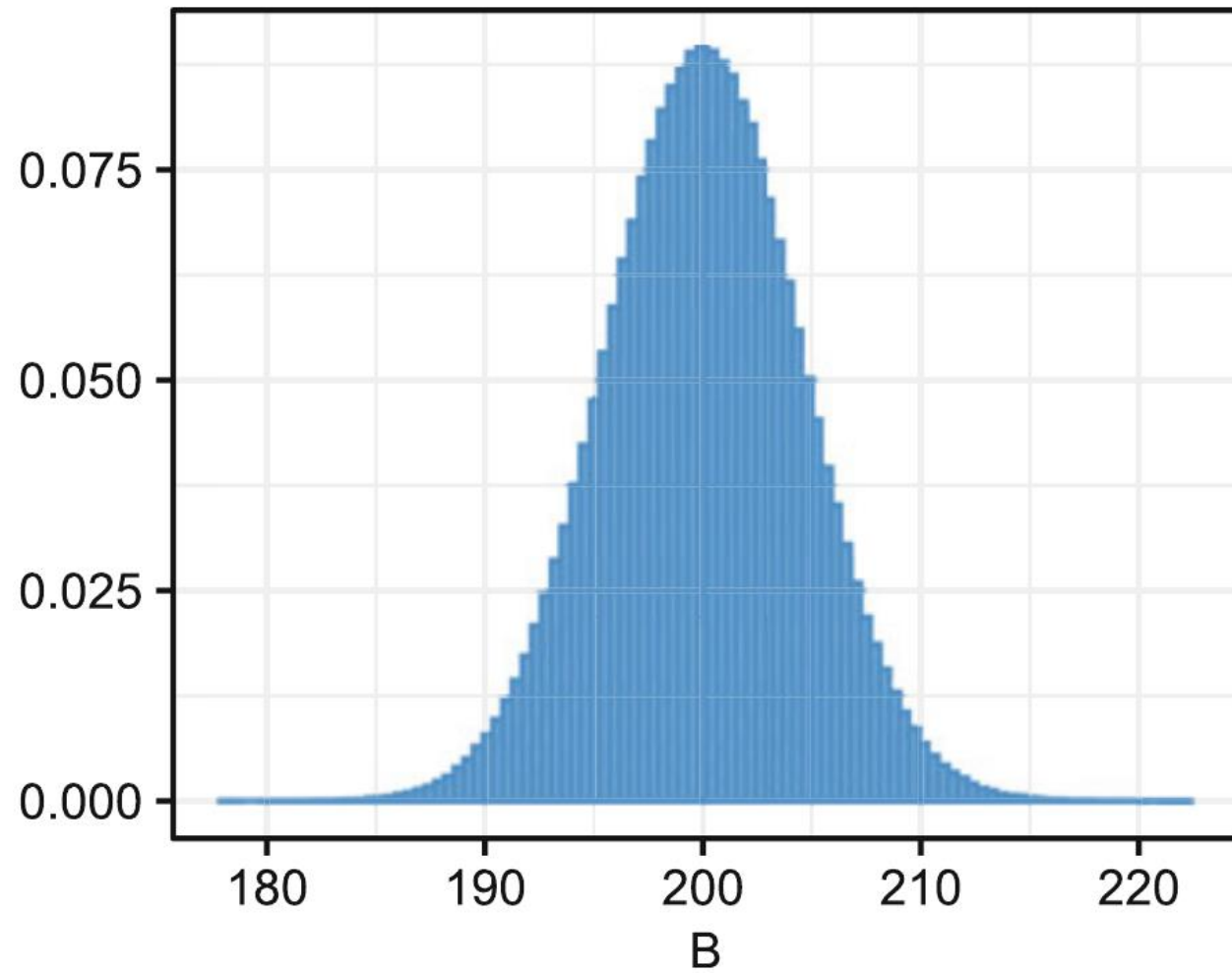
Входные переменные	$\mu$	Тип А	Распределение Типа А	Тип Б	Распределение Типа Б
f	4353	0		0	
A	1,00			0,020	Равномерное
F	1,27			0,032	Равномерное
S	9700	98,5	Пуассон		
B	80	2,83	Нормальное		

Для случайных чисел, распределённых не по нормальному закону

$$U_A = u_B(A) \times \sqrt{3} = 0.020 \times \sqrt{3} = 0.035$$

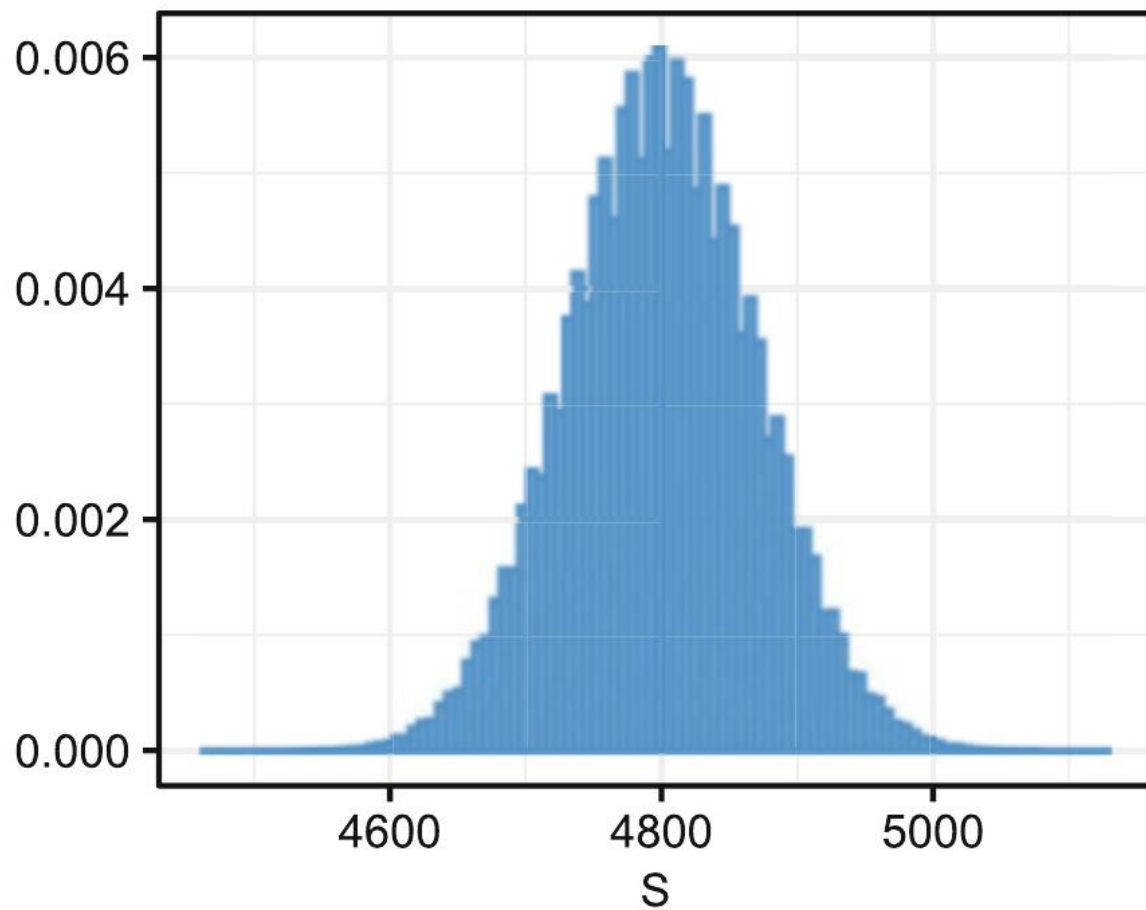
$$U_F = u_B(F) \times \sqrt{3} = 0.032 \times \sqrt{3} = 0.055$$

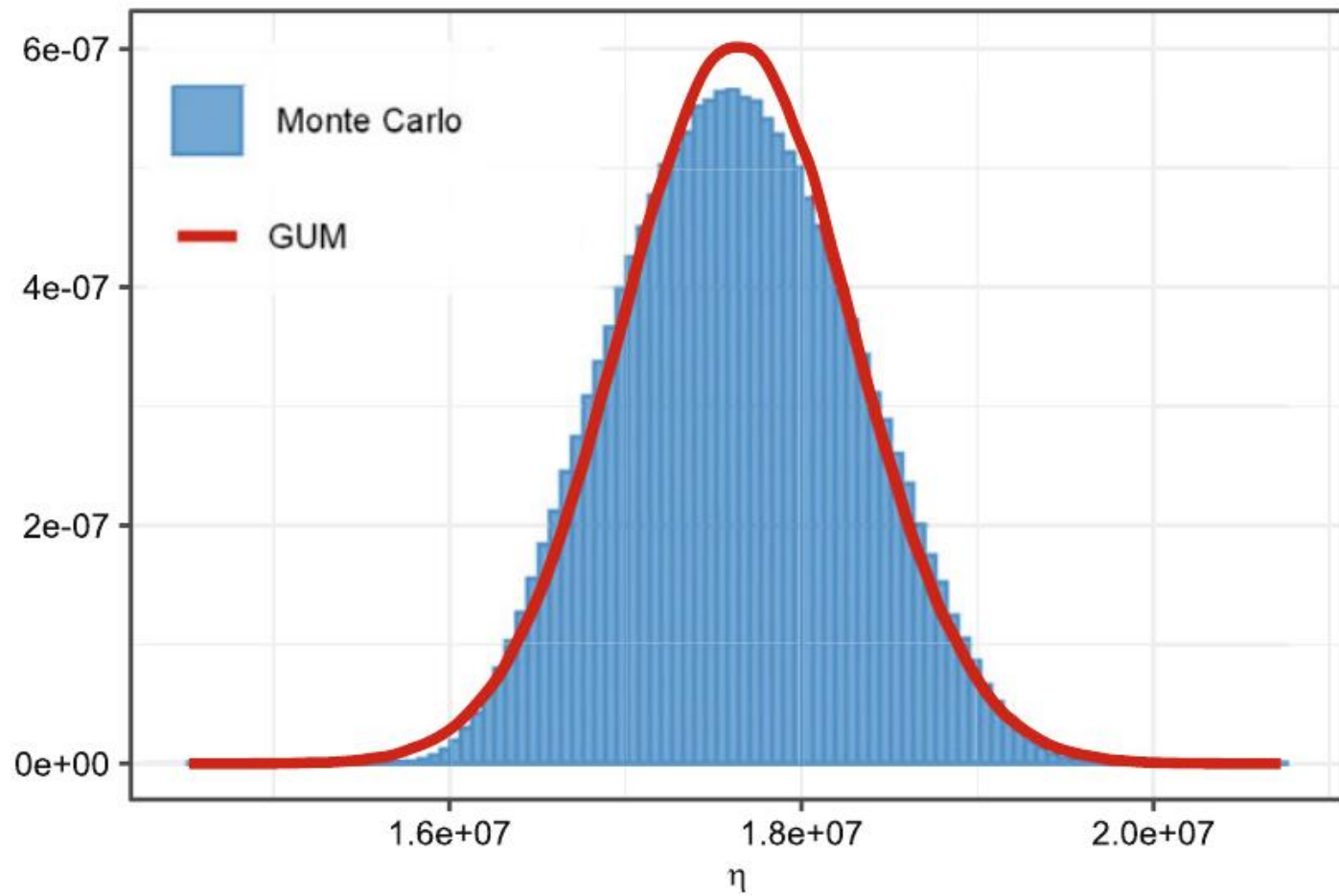




$$\lambda = 9700$$

Для больших  $\lambda$  распределение







Расчёт для числа значащих разрядов после единицы, равном одно

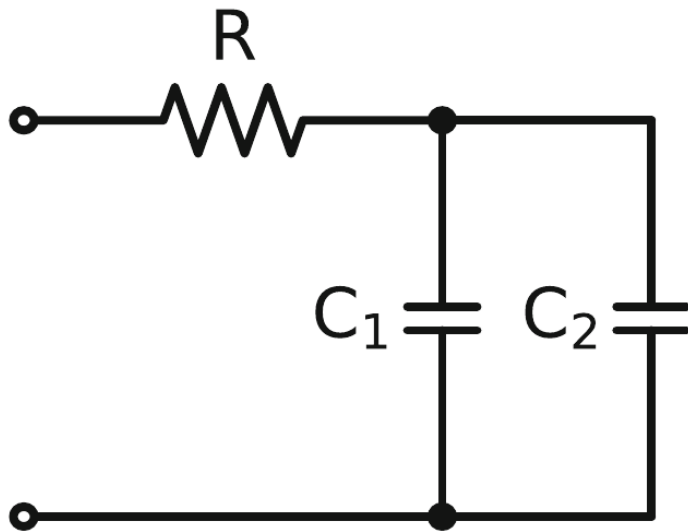
$$1.8 \times 10^6 \approx 2 \times 10^6$$

$$r = 6$$

$$\delta = \frac{1}{2} 10^6 = 5 \times 10^5$$

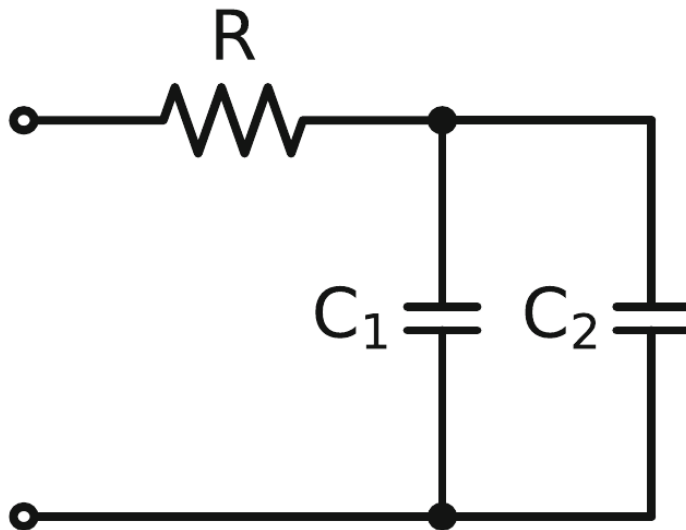
<i>Этап</i>	<i>Нижний предел</i>	<i>Верхний предел</i>
GUM	$4,95 \cdot 10^7$	$5,69 \cdot 10^7$
Монте-Карло	$4,98 \cdot 10^7$	$5,66 \cdot 10^7$
abs(GUM - MC)	$3,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$
GUM соответствует MC?	Да	Да

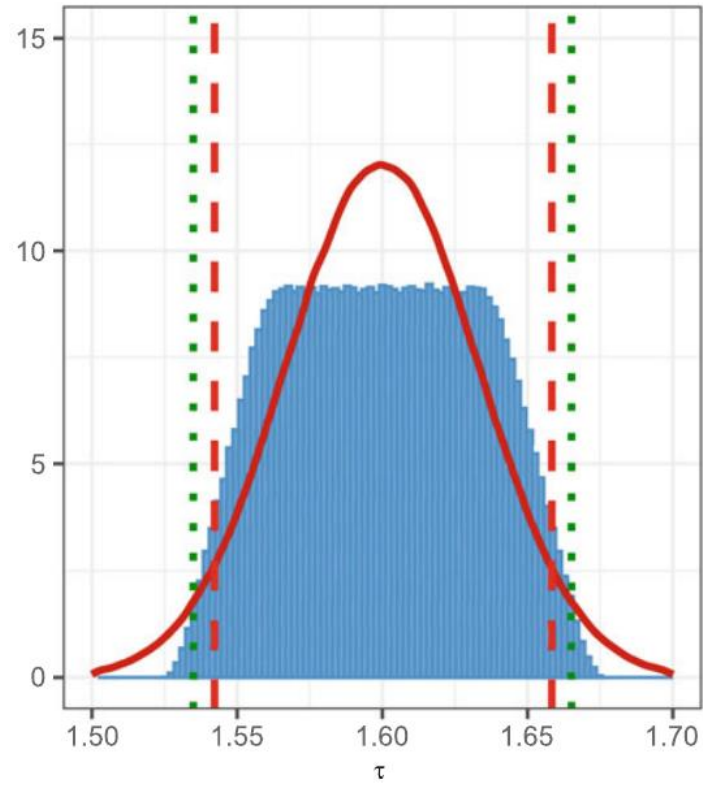
$RC$  — цепочка собрана из трёх компонентов: резистора номиналом  $5\text{ к}\Omega$



Погрешности заданы в процентах без указания вероятности охвата, по

$$\tau = R(C_1 + C_2)$$





Monte Carlo

95% GUM

95% MC

GUM