

`ClearAll["Global`*"]`

`ОЧИСТИТЬ ВСЁ`

Метод Монте-Карло

Нормальное распределение

`Clear[μ , x]`

`ОЧИСТИТЬ`

`$\sigma = 1$`

`Table[PDF[NormalDistribution[μ , σ], x], { μ , -1, 2}]`

`Табл... Пл... Нормальное распределение`

`Plot[%, {x, -5, 5}, Filling -> Axis]`

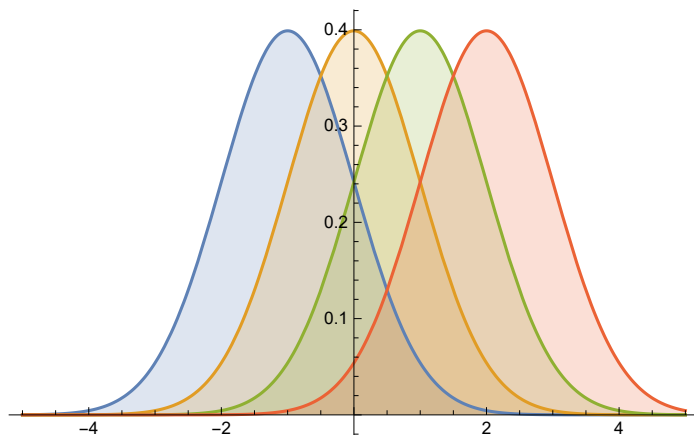
`График функции`

`Заливка`

`Ось`

1

$$\left\{ \frac{e^{-\frac{1}{2}(1+x)^2}}{\sqrt{2\pi}}, \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}, \frac{e^{-\frac{1}{2}(-1+x)^2}}{\sqrt{2\pi}}, \frac{e^{-\frac{1}{2}(-2+x)^2}}{\sqrt{2\pi}} \right\}$$



```
Clear[λ, x]
```

```
[очистить]
```

```
μ = 0
```

```
Table[PDF[NormalDistribution[μ, σ], x], {σ, 1/2, 2, 1/2}]
```

```
[табл... [пл... [нормальное распределение]
```

```
Plot[%, {x, -5, 5}, Filling -> Axis]
```

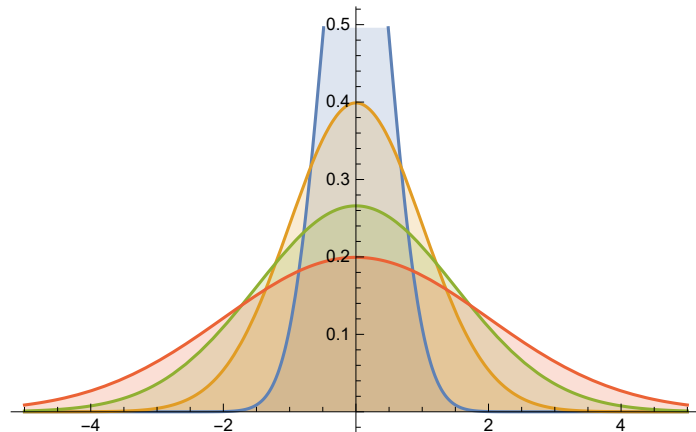
```
[график функции]
```

```
[заливка]
```

```
[ось]
```

```
0
```

$$\left\{ e^{-2x^2} \sqrt{\frac{2}{\pi}}, \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}, \frac{1}{3} e^{-\frac{2x^2}{9}} \sqrt{\frac{2}{\pi}}, \frac{e^{-\frac{x^2}{8}}}{2\sqrt{2\pi}} \right\}$$



```
μ = 0;
```

```
σ = 2;
```

```
norm = RandomVariate[NormalDistribution[μ, σ], 1000];
```

```
[реализация слу... [нормальное распределение]
```

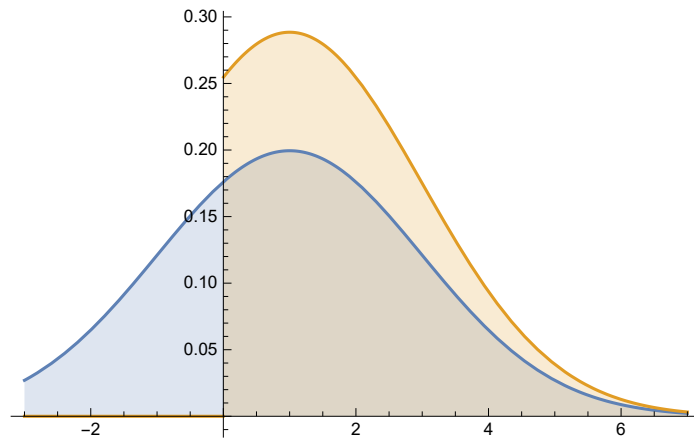
```
Histogram[norm]
```

```
[гистограмма]
```

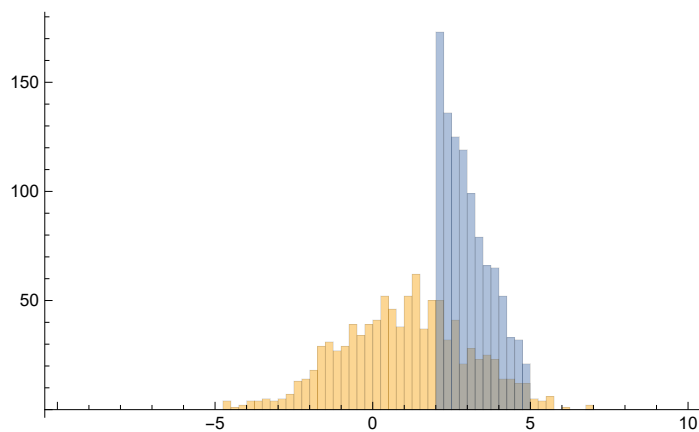


Усеченное распределение

```
norm = NormalDistribution[1, 2];
      [нормальное распределение]
TD = TruncatedDistribution[{0, +∞}, norm];
     [усечённое распределение]
Plot[{PDF[norm, x], PDF[TD, x]}, {x, -3, 7}, Filling → Axis]
[граф... [плотность веро... [плотность вероятности] [заливка] [ось]
```



```
 $\mu = 1;$ 
 $\sigma = 2;$ 
norm1 = RandomVariate[NormalDistribution[ $\mu$ ,  $\sigma$ ], 1000];
       [реализация слу... [нормальное распределение]
norm2 = RandomVariate[TruncatedDistribution[{2, 5}, NormalDistribution[ $\mu$ ,  $\sigma$ ]], 1000];
       [реализация слу... [усечённое распределение] [нормальное распределение]
Histogram[{norm1, norm2}, {-10, 10, 0.25}]
[гистограмма]
```



Треугольное распределение

Clear[c, x]

[очистить](#)

Table[PDF[TriangularDistribution[{0, 4}, c], x], {c, 1, 3}]

[табл...](#) [пл...](#) [треугольное распределение](#)

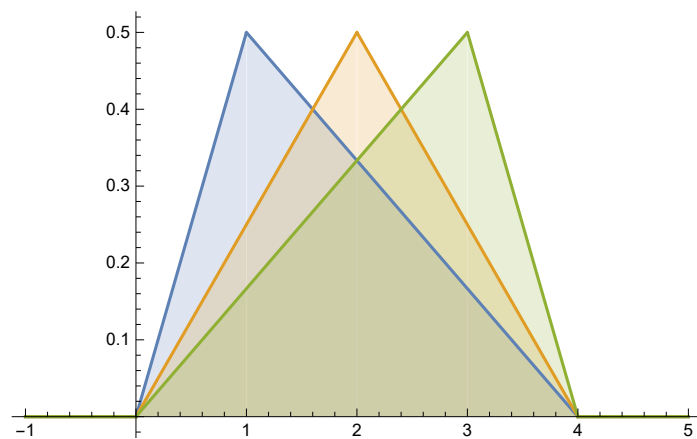
Plot[%, {x, -1, 5}, Filling -> Axis]

[график функции](#)

[заливка](#)

[ось](#)

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{x}{2} & 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{4-x}{6} & 1 < x \leq 4 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right., \left\{ \begin{array}{ll} \frac{x}{4} & 0 \leq x \leq 2 \\ \frac{4-x}{4} & 2 < x \leq 4 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right., \left\{ \begin{array}{ll} \frac{x}{6} & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{2} & 3 < x \leq 4 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}$$

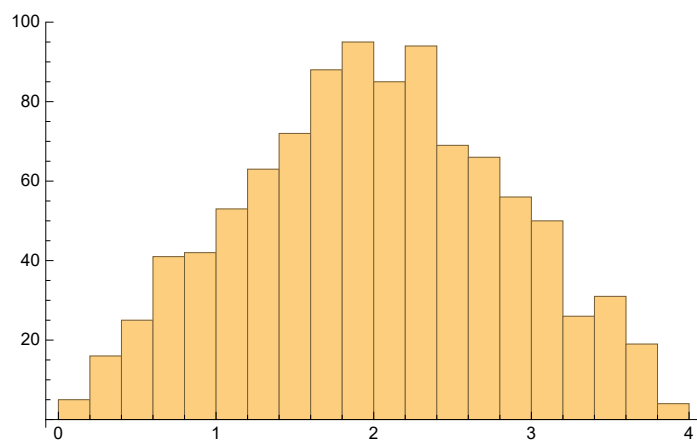


norm = RandomVariate[TriangularDistribution[{0, 4}, 2], 1000];

[реализация слу...](#) [треугольное распределение](#)

Histogram[norm]

[гистограмма](#)



PERT распределение

```
Clear[c, x]
```

[очистить](#)

```
Table[PDF[PERTDistribution[{0, 4}, c], x], {c, 1, 3}]
```

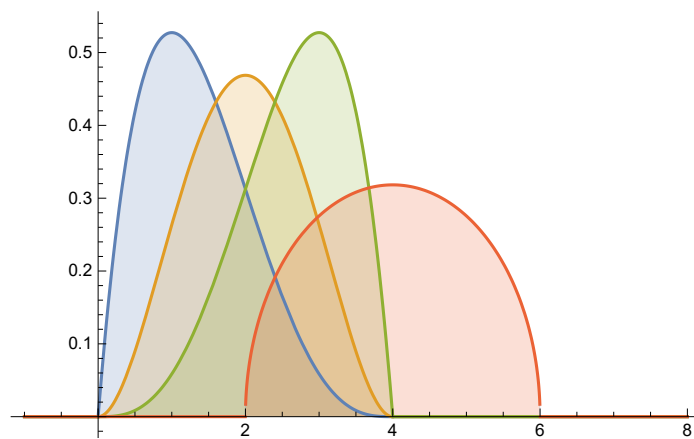
[табл...](#) [пл...](#) [распределение PERT](#)

```
Plot[%, PDF[PERTDistribution[{2, 6}, 4, 1], x], {x, -1, 8}, Filling -> Axis]
```

[график ...](#) [пл...](#) [распределение PERT](#)

[заливка](#) [ось](#)

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{5}{256} (4-x)^3 x & 0 < x < 4 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{ll} \frac{15}{512} (4-x)^2 x^2 & 0 < x < 4 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{ll} \frac{5}{256} (4-x) x^3 & 0 < x < 4 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}$$

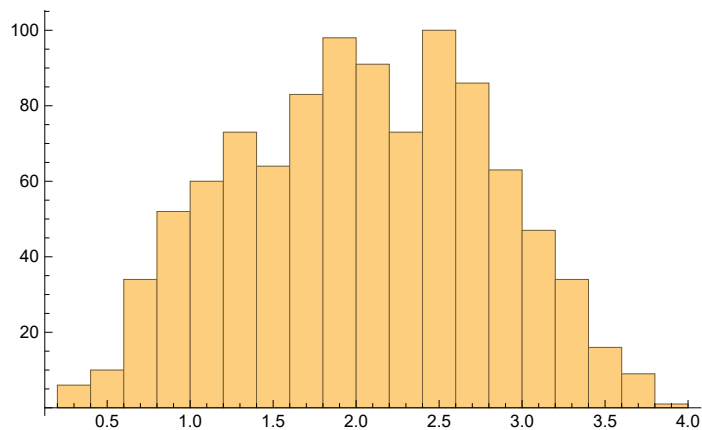


```
norm = RandomVariate[PERTDistribution[{0, 4}, 2], 1000];
```

[реализация слу...](#) [распределение PERT](#)

```
Histogram[norm]
```

[гистограмма](#)



Равномерное распределение

```
Clear[c, x]
```

[очистить](#)

```
Table[PDF[UniformDistribution[{0, c}], x], {c, 1, 3}]
```

[табл...](#) [пл...](#) [равномерное распределение](#)

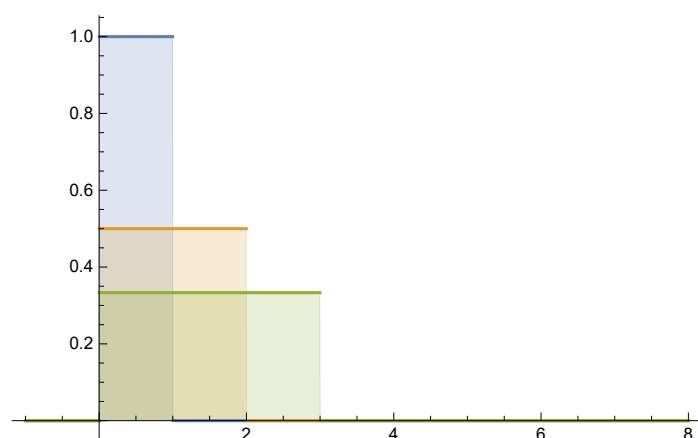
```
Plot[%, {x, -1, 8}, Filling -> Axis]
```

[график функции](#)

[заливка](#)

[ось](#)

$$\left\{ \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{True} \end{cases}, \begin{cases} \frac{1}{2} & 0 \leq x \leq 2 \\ 0 & \text{True} \end{cases}, \begin{cases} \frac{1}{3} & 0 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{True} \end{cases} \right\}$$



```
 $\mu = 0;$ 
```

```
 $\lambda = 2;$ 
```

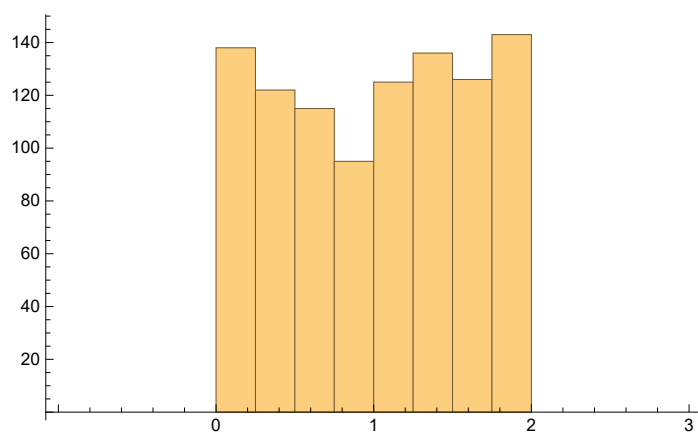
```
norm = RandomVariate[UniformDistribution[{0, 2}], 1000];
```

[реализация слу...](#)

[равномерное распределение](#)

```
Histogram[norm, {-1, 3, 0.25}]
```

[гистограмма](#)



Логнормальное распределение

Clear[c, x]

очистить

$\mu = 1;$

Table[PDF[LogNormalDistribution[μ , σ], x], { σ , 1, 3}]

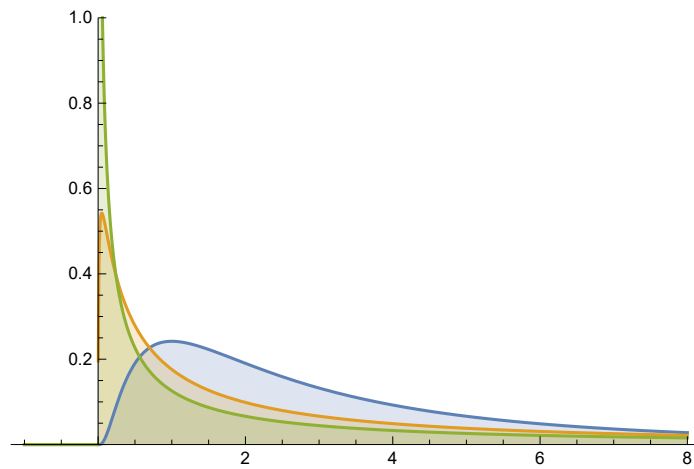
табл... пл... логнормальное распределение

Plot[%, {x, -1, 8}, PlotRange → {0, 1}, Filling → Axis]

график функции

отображаемый диапазон заливка ось

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{e^{-\frac{1}{2}(-1+\text{Log}[x])^2}}{\sqrt{2\pi} x} & x > 0 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{ll} \frac{e^{-\frac{9}{2}(-1+\text{Log}[x])^2}}{2\sqrt{2\pi} x} & x > 0 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{ll} \frac{e^{-\frac{1}{18}(-1+\text{Log}[x])^2}}{3\sqrt{2\pi} x} & x > 0 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}$$



PDF[LogNormalDistribution[0, 1], x]

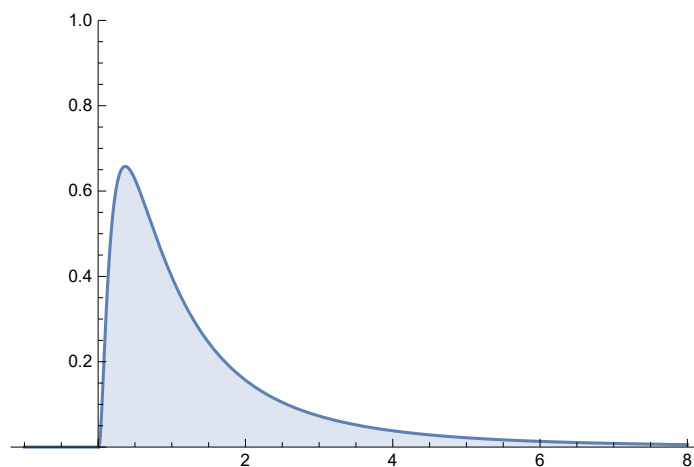
пл... логнормальное распределение

Plot[%, {x, -1, 8}, PlotRange → {0, 1}, Filling → Axis]

график функции

отображаемый диапазон заливка ось

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{e^{-\frac{1}{2}\text{Log}[x]^2}}{\sqrt{2\pi} x} & x > 0 \\ 0 & \text{True} \end{array} \right\}$$



```
lognorm1 = PDF[LogNormalDistribution[0, 1], x]
```

[пл...](#) [логнормальное распределение](#)

```
t = 4;
```

```
lognorm2 = PDF[LogNormalDistribution[0, 1], x - t]
```

[пл...](#) [логнормальное распределение](#)

```
Plot[{lognorm1, lognorm2}, {x, -1, 8}, PlotRange -> {0, 1}, Filling -> Axis]
```

[график функции](#)

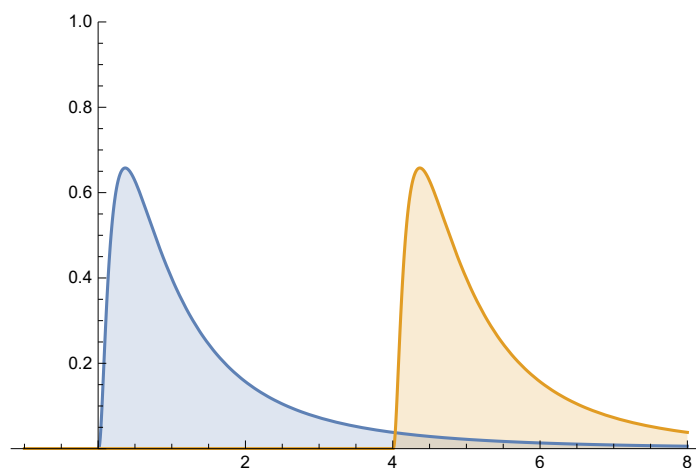
[отображаемый диапазон...](#)

[заливка](#)

[ось](#)

$$\begin{cases} \frac{e^{-\frac{1}{2} \log[x]^2}}{\sqrt{2\pi} x} & x > 0 \\ 0 & \text{True} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{e^{-\frac{1}{2} \log[-4+x]^2}}{\sqrt{2\pi} (-4+x)} & -4 + x > 0 \\ 0 & \text{True} \end{cases}$$



```
t = 4
```

```
log1 = RandomVariate[LogNormalDistribution[0, 1], 10000];
```

[реализация слу...](#) [логнормальное распределение](#)

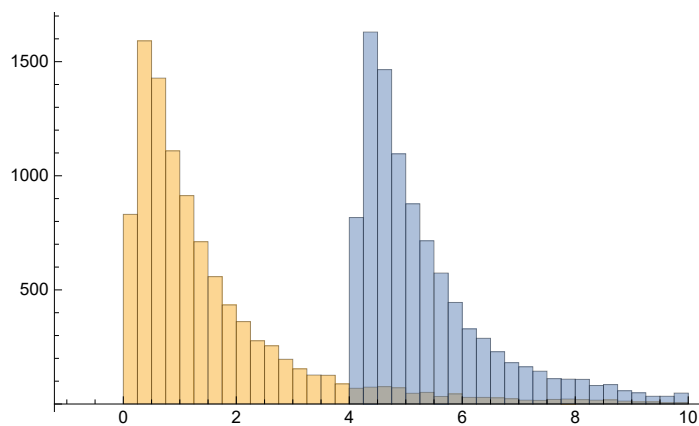
```
log2 = RandomVariate[LogNormalDistribution[0, 1], 10000] + t;
```

[реализация слу...](#) [логнормальное распределение](#)

```
Histogram[{log1, log2}, {-1, 10, 0.25}]
```

[гистограмма](#)

```
4
```



Моделирование вывода лекарства на рынок

Стандартная модель

```

Clear["Global`*"]
[очистить]
c = {6, 6.05, 6.1};
n = {802 000, 967 000, 1 132 000};
v = c * n;
s = 0.55 * v;
vp = v - s;
op = 0.15 vp;
cd = vp - op;
ng = 0.32 cd;
cf = cd - ng;
NPV = TimeValue[Cashflow[Prepend[cf, -3 400 000]], 0.10, 0]
[временная...денежны...добавить в начало]
IRR = irr /. FindRoot[
[найти корень]
  TimeValue[Cashflow[Prepend[cf, -3 400 000]], irr, 0] == 0,
[денежны...добавить в начало]
  {irr, 0.15}]
344 796.
0.153314

```

Модель методом монте-карло

```

Clear["Global`*"]
[очистить]
ts = SessionTime[];
[время сеанса работы]
Ftr[min_, cnt_, max_] := RandomVariate[TriangularDistribution[{min, max}, cnt]]
[реализация слу... [треугольное распределение]
Fnorm[cnt_, sig_] := RandomVariate[NormalDistribution[cnt, sig]]
[реализация слу... [нормальное распределение]

tn = 10;

c = Transpose[{
[транспозиция]
  Array[Ftr[5.9, 6, 6.1] &, tn],
[массив]
  Array[Ftr[5.95, 6.05, 6.15] &, tn],
[массив]
  Array[Ftr[6.0, 6.1, 6.2] &, tn]
[массив]
}];
n = Transpose[{
[транспозиция]
  Array[Fnorm[802 000, 25 000] &, tn],
[массив]
  Array[Fnorm[967 000, 30 000] &, tn],
[массив]
  Array[Fnorm[1132 000, 25 000] &, tn]
[массив]
}];
v = c * n;
s = Array[Ftr[0.5, 0.55, 0.65] &, {tn, 3}] * v;
[массив]
vp = v - s;
op = Array[Fnorm[0.15, 0.02] &, {tn, 3}] * vp;
[массив]
cd = vp - op;
ng = 0.32 cd;
cf = cd - ng;
cff = Prepend[#, -3 400 000] & /@ cf;
[добавить в начало]
NPV = TimeValue[Cashflow[#, 0.10, 0] & /@ cff
[временная... [денежный поток]
IRR = irr /. FindRoot[TimeValue[Cashflow[#, irr, 0] == 0, {irr, 0.15}] & /@ cff
[найти ко... [временная... [денежный поток]
SessionTime[] - ts
[время сеанса работы]
{192 942., 205 711., 153 244., 300 738.,
 -33 956.4, 227 009., 346 389., 78 144.5, 230 503., 155 446.}

{0.13082, 0.131763, 0.124395, 0.145464,
 0.0945787, 0.135977, 0.153572, 0.112663, 0.136204, 0.123783}

```

0.137894

Clear["Global`*"]

[очистить]

cff =

Quiet[TimeValue[Cashflow[{-3400000, cf[[i, 1]], cf[[i, 2]], cf[[i, 3]]}], p, 0]]

[беззв... [временная... [денежный поток]

Quiet[Solve[-3400000 + $\frac{cf[[i, 1]]}{1+p} + \frac{cf[[i, 2]]}{(1+p)^2} + \frac{cf[[i, 3]]}{(1+p)^3} == 0, p, Reals]];$

[беззв... [решить уравнения]

[множество действительных чи

irr = p /. First[%]

[первый]

$$-3400000 + \frac{cf[[i, 1]]}{1+p} + \frac{cf[[i, 2]]}{(1+p)^2} + \frac{cf[[i, 3]]}{(1+p)^3}$$

ConditionalExpression[

Root[3400000 - cf[[i, 1]] - cf[[i, 2]] - cf[[i, 3]] + (10200000 - 2 cf[[i, 1]] - cf[[i, 2]]) #1 + (10200000 - cf[[i, 1]]) #1^2 + 3400000 #1^3 &, 1],

(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]] > 0 && -cf[[i, 1]]^3 - 15300000 cf[[i, 1]] cf[[i, 2]] +

$$\sqrt{(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]])^3 - 156060000000000 cf[[i, 3]]} > 0 \&\&$$

$$cf[[i, 1]]^3 + 15300000 cf[[i, 1]] cf[[i, 2]] + \sqrt{(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]])^3 - 156060000000000 cf[[i, 3]]} > 0 \&\&$$

(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]] > 0 && -cf[[i, 1]]^3 - 15300000 cf[[i, 1]] cf[[i, 2]] +

$$\sqrt{(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]])^3 - 156060000000000 cf[[i, 3]]} < 0 \&\&$$

(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]] > 0 && cf[[i, 1]]^3 + 15300000 cf[[i, 1]] cf[[i, 2]] +

$$\sqrt{(cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]])^3 + 156060000000000 cf[[i, 3]]} < 0 \&\&$$

cf[[i, 1]]^2 + 10200000 cf[[i, 2]] < 0]

```

ts = SessionTime[];
    [время сеанса работы]
Ftr[min_, cnt_, max_] := RandomVariate[TriangularDistribution[{min, max}, cnt]]
    [реализация слу... [треугольное распределение]
Fnorm[cnt_, sig_] := RandomVariate[NormalDistribution[cnt, sig]]
    [реализация слу... [нормальное распределение]

tn = 10;
p = 0.1;
c = Transpose[{
    [транспозиция]
    Array[Ftr[5.9, 6, 6.1] &, tn],
    [массив]
    Array[Ftr[5.95, 6.05, 6.15] &, tn],
    [массив]
    Array[Ftr[6.0, 6.1, 6.2] &, tn]
    [массив]
}];
n = Transpose[{
    [транспозиция]
    Array[Fnorm[802 000, 25 000] &, tn],
    [массив]
    Array[Fnorm[967 000, 30 000] &, tn],
    [массив]
    Array[Fnorm[1132 000, 25 000] &, tn]
    [массив]
}];
v = c * n;
s = Array[Ftr[0.5, 0.55, 0.65] &, {tn, 3}] * v;
    [массив]
vp = v - s;
op = Array[Fnorm[0.15, 0.02] &, {tn, 3}] * vp;
    [массив]
cd = vp - op;
ng = 0.32 cd;
cf = cd - ng;
NPV = Table[cff, {i, 1, tn}]
    [таблица значений]
IRR = Table[irr, {i, 1, tn}]
    [таблица значений]
SessionTime[] - ts
    [время сеанса работы]

{209 976., 252 828., 45 826.9, 82 963.1,
 245 197., -99 566.3, 419 552., 206 877., 214 814., 309 426.}

{0.132835, 0.139078, 0.107495, 0.112677,
 0.137866, 0.0840165, 0.164523, 0.132152, 0.132966, 0.147933}

0.017374

```

Итог

```

Clear["Global`*"]
[очистить]
ts = SessionTime[];
[время сеанса работы]
cff =
  Quiet[TimeValue[Cashflow[{-3400000, cf[[i, 1]], cf[[i, 2]], cf[[i, 3]]}], p, 0]];
[беззв... [временная... [денежный поток]
Quiet[ Solve[-3400000 +  $\frac{cf[[i, 1]]}{1 + p} + \frac{cf[[i, 2]]}{(1 + p)^2} + \frac{cf[[i, 3]]}{(1 + p)^3} = 0, p, Reals] ]];
[беззв... [решить уравнения] [множество действительных чисел]

irr = p /. First[%];
[первый]
Ftr[min_, cnt_, max_] := RandomVariate[TriangularDistribution[{min, max}, cnt]]
[реализация слу... [треугольное распределение]
Fnorm[cnt_, sig_] := RandomVariate[NormalDistribution[cnt, sig]]
[реализация слу... [нормальное распределение]

tn = 10000;
p = 0.1;
c = Transpose[{
  [транспозиция]
  Array[Ftr[5.9, 6, 6.1] &, tn],
  [массив]
  Array[Ftr[5.95, 6.05, 6.15] &, tn],
  [массив]
  Array[Ftr[6.0, 6.1, 6.2] &, tn]
  [массив]
}];
n = Transpose[{
  [транспозиция]
  Array[Fnorm[802000, 25000] &, tn],
  [массив]
  Array[Fnorm[967000, 30000] &, tn],
  [массив]
  Array[Fnorm[1132000, 25000] &, tn]
  [массив]
}];
v = c * n;
s = Array[Ftr[0.5, 0.55, 0.65] &, {tn, 3}] * v;
[массив]
vp = v - s;
op = Array[Fnorm[0.15, 0.02] &, {tn, 3}] * vp;
[массив]
cd = vp - op;
ng = 0.32 cd;
cf = cd - ng;
NPV = Table[cff, {i, 1, tn}];
[таблица значений]
IRR = Table[irr, {i, 1, tn}];
[таблица значений]
SessionTime[] - ts
[время сеанса работы]$ 
```

6.504179

```
Print["-----"]
```

печатать

```
Print[" "]
```

печатать

```
Print["NPV ", Mean[NPV], " IRR ", Mean[IRR]]
```

печатать среднее арифметическое среднее арифметическое

```
Print["Вероятность отриц. NPV ", Length[Select[NPV, # <= 0 &]] / tn * 1.]
```

печатать длина выбрать

```
Histogram[NPV, {-500000, 800000, 50000}]
```

гистограмма

```
Histogram[IRR, {0, 0.3, 0.01}]
```

гистограмма

```
DistributionChart[NPV]
```

диаграмма вида скрипка

```
BoxWhiskerChart[NPV, "Mean"]
```

диаграмма ящик с усами среднее арифметическое

```
Grid[{
```

таблица

```
{ " ", "Min", "Mean", "Max",
```

мини... средне... максимум

```
{ "NPV", Min[NPV], Mean[NPV], Max[NPV],
```

минимум среднее а... максимум

```
{ "IRR", Min[IRR], Mean[IRR], Max[IRR] }
```

минимум среднее а... максимум

```
}, Frame -> All]
```

рамка всё

```
Grid[{
```

таблица

```
{ " ", "P10", "P50", "P90",
```

```
Flatten[{"NPV", Quantile[NPV, {1/10, 1/2, 9/10}, {{1/2, 0}, {0, 1}}]}],
```

уплостить квантиль

```
Flatten[{"IRR", Quantile[IRR, {1/10, 1/2, 9/10}, {{1/2, 0}, {0, 1}}]}]
```

уплостить квантиль

```
}, Frame -> All]
```

рамка всё

```
Grid[{
```

таблица

```
{ " ", "Q 1/4", "Q 1/2", "Q 3/4",
```

```
Flatten[{"NPV", Quartiles[NPV]}],
```

уплостить квартили

```
Flatten[{"IRR", Quartiles[IRR]}]
```

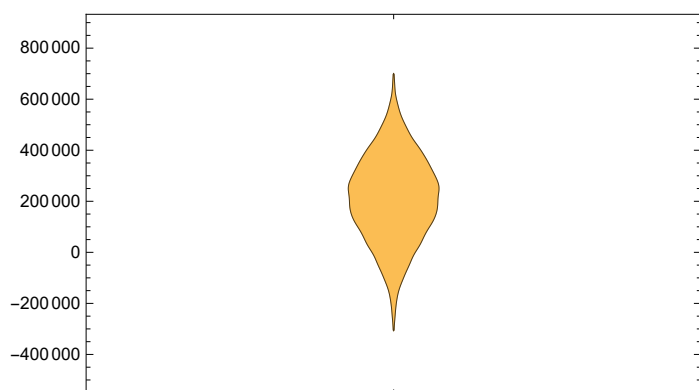
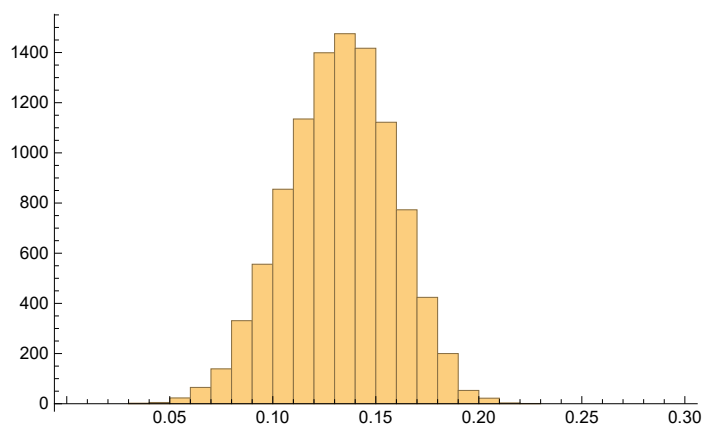
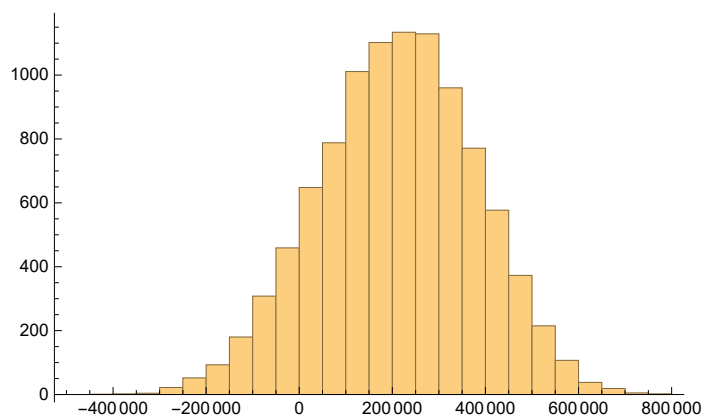
уплостить квартили

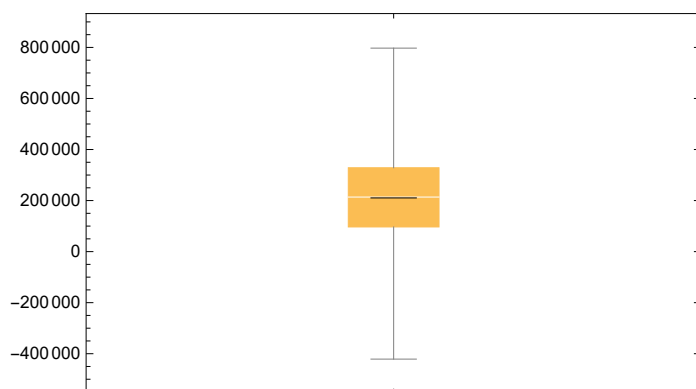
```
}, Frame -> All]
```

рамка всё

NPV 210336. IRR 0.132519

Вероятность отриц. NPV 0.1121





	Min	Mean	Max
NPV	-421 158.	210 336.	797 215.
IRR	0.0305363	0.132519	0.220937

	P10	P50	P90
NPV	-12 437.6	213 748.	425 371.
IRR	0.0980086	0.133302	0.165498

	Q 1/4	Q 1/2	Q 3/4
NPV	96 633.5	213 748.	328 567.
IRR	0.11513	0.133302	0.150713