Forward Swap VaR калькулятор

Руководство пользователя

с расчётным примером

Русский

Вольфганг Бёме

wolfgang.boehme@economic-modeling.de

www.economic-modeling.de

7 ноября 2026 г.

Руководство описывает работу с калькулятором
`forward-swap-calculator.html`
и пошагово разбирает полный расчётный пример.

Документация на этом сайте разработана при поддержке ИИ Claude (Anthropic).

Содержание

1 Назначение калькулятора **2**
1.1 Требования . . . 2

2 Устройство интерфейса **2**
2.1 Поля ввода . . . 3

3 Файл временного ряда **3**
3.1 Формат . . . 3
3.2 Пример . . . 4
3.3 Встроенные примеры данных . . . 4

4 Работа шаг за шагом **4**

5 Результаты **5**
5.1 Плитки с показателями . . . 5
5.2 Прочие элементы . . . 5

6 Экспорт в CSV **5**

7 Расчётный пример **6**
7.1 Исходные данные . . . 6
7.2 Шаг 1: загрузка ряда и текущая кривая . . . 6
7.3 Шаг 2: график платежей . . . 6
7.4 Шаг 3: форвардные ставки . . . 7
7.5 Шаг 4: денежные потоки и стоимость . . . 7
7.6 Шаг 5: DV01, дюрация, выпуклость . . . 8
7.7 Шаг 6: ряды DF и лог-доходности . . . 8
7.8 Шаг 7: ковариационная и корреляционная матрицы . . . 8
7.9 Шаг 8: чувствительности . . . 9
7.10 Шаг 9: дисперсия портфеля и VaR . . . 9
7.11 Результат в калькуляторе . . . 9

8 Сообщения об ошибках и их устранение **10**

1 Назначение калькулятора

Калькулятор оценивает **форвардный своп плательщика фиксированной ставки** (payer swap: фиксированная ставка платится, плавающая получается) и измеряет его процентный риск. Он рассчитывает

- приведённую стоимость (Present Value) и таблицу денежных потоков,
- DV01, модифицированную дюрацию и выпуклость,
- параметрический Value at Risk на основе исторического ряда ставок длиной не менее 251 торгового дня,
- ковариационную и корреляционную матрицы факторов риска (в экспорте CSV).

Руководство относится к русской версии калькулятора; надписи приводятся так, как они видны на экране.

1.1 Требования

- Современный веб-браузер (Chrome, Edge, Firefox, Safari). Файл открывается локально; подключение к интернету не требуется, данные никуда не передаются.
- CSV-файл с историческим рядом процентных ставок (раздел 3) или один из двух встроенных примеров (раздел 3.3).
- Ссылка ← **Назад к риск-менеджменту** внизу страницы ведёт на файл `../risikomanagement.html`. Она работает, только если калькулятор находится в этой структуре папок.

2 Устройство интерфейса

Страница состоит из двух колонок: слева — все вводимые данные, справа — результаты. На узких экранах (шириной менее 1024 пикселей) обе области располагаются одна под другой.

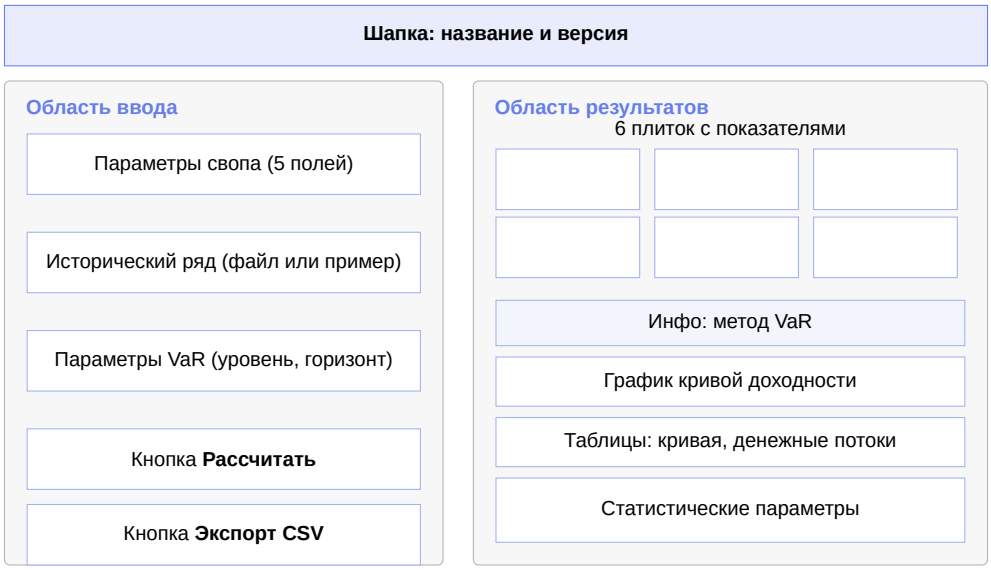


Рис. 1: Схема интерфейса

2.1 Поля ввода

Поле	По умолч.	Значение и ввод
Номинальная сумма (EUR)	1000000	Номинал N, с разделителями тысяч или без них (см. примечание).
Фиксированная ставка (% год.)	3.5	Ставка K в процентах; десятичный разделитель — запятая или точка.
Forward Start (лет)	2	Начало T_0 свопа от сегодняшнего дня, например 1,5.
Тенор / Срок (лет)	3	Срок T от T_0. Своп заканчивается в $T_0 + T$.
Частота платежей	Ежегодно	*Ежегодно*, *Полугодово* или *Ежеквартально* ($f = 1, 2, 4$).
Файл временных рядов (251 день)	–	CSV-файл не менее чем с 251 днём (раздел 3).
Примеры данных	Пример: кривая EUR	Либо встроенный временной ряд (раздел 3.3).
Доверительный уровень (%)	99 %	95 %, 99 % или 99,9 %.
Временной горизонт (дней)	1	Период удержания h в торговых днях (целое ≥ 1).

Примечание: разделители тысяч

Номинал можно вводить с разделителями тысяч или без них, например `1.000.000` или `1000000`. В остальных полях десятичным разделителем может быть запятая или точка.

Число платежей

Калькулятор создаёт $n = \lfloor T \cdot f \rfloor$ платежей в даты $T_0 + 1/f$, $T_0 + 2/f, \ldots$ Неполный остаточный период (например, $T = 2{,}3$ при ежегодных платежах) отбрасывается.

3 Файл временного ряда

3.1 Формат

- **Строка заголовка:** `Datum,1Y,2Y,3Y,4Y,5Y`. Названия столбцов после даты — сроки в годах; буква `Y` отбрасывается. Возможны другие или дополнительные узлы (например, `0.5Y,1Y,2Y,5Y,10Y`); они должны идти по возрастанию.
- **Строки данных:** не менее 251, в хронологическом порядке (сначала самые старые). Используются все строки.
- **Ставки** в процентах, например `2.5000` для 2,5 %. Они трактуются как непрерывно начисляемые бескупонные ставки.
- **Разделитель столбцов:** запятая или точка с запятой.
- **Десятичный разделитель:** точка. Десятичная запятая невозможна, так как запятая одновременно служит разделителем столбцов.
- Строки с нечитаемыми числами пропускаются.

Текущая кривая доходности

Последняя строка файла — это текущая кривая. По ней оценивается своп. Отдельного ввода кривой нет.

3.2 Пример

Фрагмент файла-примера `zinszeitreihe_beispiel.csv` (252 строки вместе с заголовком):

```
Datum,1Y,2Y,3Y,4Y,5Y
2025-10-14,1.3803,1.5882,1.6301,1.7438,1.8834
2025-10-15,1.4127,1.6226,1.6729,1.7860,1.9364
…
2026-09-28,2.1767,2.3175,2.4714,2.5919,2.6999
2026-09-29,2.2000,2.3500,2.5000,2.6200,2.7200
```

Примечание: экспорт из Excel

При русских или немецких региональных настройках Excel сохраняет CSV с точкой с запятой и десятичной запятой (`2,5000`). Точка с запятой допустима, десятичная запятая — нет. Перед экспортом установите точку в качестве десятичного разделителя (Файл → Параметры → Дополнительно → снять флажок «Использовать системные разделители») или исправьте файл заменой.

3.3 Встроенные примеры данных

Под кнопкой **Загрузить временные ряды** находится строка **… или примеры данных**. Она содержит два временных ряда в описанном выше формате (по 251 дню, сроки от 1Y до 5Y); по умолчанию выбран **Пример: кривая EUR**:

Выбор	Период	Имя файла при скачивании
Пример: кривая EUR	14.10.2025–29.09.2026	`zinszeitreihe_beispiel.csv`
Ставки еврозоны	18.12.2023–02.12.2024	`euro_zone_zinssaetze_251_tage.csv`

- **Загрузить** сразу принимает выбранный ряд. Выбирать файл не нужно.
- **Скачать CSV** сохраняет ряд в файл, например как шаблон для собственных данных.
- Рядом с выбором показан период. После загрузки зелёное сообщение указывает источник (имя файла или пример).

4 Работа шаг за шагом

1. **Ввести параметры свопа:** номинал, фиксированную ставку, начало, срок и частоту платежей.
2. **Загрузить ряд:** либо выбрать CSV в поле **Файл временных рядов (251 день)** и нажать **Загрузить временные ряды**, либо выбрать ряд в строке **… или примеры данных** и нажать **Загрузить**.
3. **Проверка:** зелёное сообщение покажет источник, сроки, период, число дней и принятую текущую кривую. Ниже появятся узлы кривой, справа — график кривой и таблица с дисконт-факторами.
4. **Выбрать параметры VaR:** доверительный уровень и горизонт.
5. Нажать **Рассчитать**. Результаты появятся справа.
6. При необходимости нажать **Экспорт CSV (с матрицами)**, чтобы сохранить все результаты в файл.

После изменения параметров свопа или VaR достаточно снова нажать **Рассчитать**. После выбора другого файла или примера сначала нужно снова нажать **Загрузить временные ряды** или **Загрузить**.

5 Результаты

5.1 Плитки с показателями

Плитка	Значение
Present Value	Стоимость с позиции плательщика фиксированной ставки. Зелёная при $\mathrm{PV} \geq 0$, красная при $\mathrm{PV} < 0$.
DV01	$-(\mathrm{PV}_{+1\text{б.п.}} - \mathrm{PV})$: убыток при параллельном росте всех ставок на 1 базисный пункт. Для payer-свопа обычно отрицателен (он выигрывает при росте ставок).
Модиф. дюрация (к номиналу)	$D = \mathrm{DV01} \cdot 10\,000 / N$. При росте всех ставок на 1 процентный пункт стоимость меняется примерно на $-D$ % номинала. Для payer-свопа отрицательна.
Выпуклость (к номиналу)	Вторая производная по параллельному сдвигу, отнесённая к номиналу.
Value at Risk (99%)	VaR при выбранных уровне и горизонте (по модулю); подпись показывает выбранный уровень, например (99,9%).
Кол-во платежей	$n = \lfloor T \cdot f \rfloor$.

5.2 Прочие элементы

- **Информационный блок о методе VaR:** число наблюдений, средняя волатильность (корень из средней дисперсии лог-доходностей DF) и средняя корреляция соседних дат платежей.
- **График:** текущая кривая доходности по срокам.
- **Текущая доходная кривая**: узлы, ставка и дисконт-фактор e^{-rt}.
- **Детали денежных потоков свопа**: для каждого платежа — срок, дисконт-фактор, форвардная ставка, фиксированный, плавающий и нетто-поток, а также его приведённая стоимость. Суммы указаны без знака валюты (единица € в заголовке столбца); отрицательные суммы выделены красным и имеют знак минус.
- **Статистические параметры**: те же показатели, что и в информационном блоке, в виде плиток.

Примечание о значимости VaR

VaR учитывает и фиксированную, *и* плавающую ногу свопа. Факторы риска — дисконт-факторы на дату начала и в даты платежей, чувствительности — полные производные стоимости. Поэтому VaR сопоставим с DV01 (в примере 3 480,51 EUR против примерно 2 950 EUR из DV01 × волатильность ставки). Подробнее: *Математические основы*, разделы 5.4 и 6.2.

6 Экспорт в CSV

Экспорт создаёт файл `Forward_Swap_VaR_Historical_<метка_времени>.csv` с точкой с запятой в качестве разделителя. Заголовки разделов в файле — на русском. Файл содержит по порядку:

1. параметры свопа,
2. оценку (PV),

3. показатели риска (DV01, дюрация и выпуклость к номиналу, VaR, уровень, горизонт),
4. методику VaR (наблюдения, волатильность, корреляция),
5. кривую доходности,
6. денежные потоки,
7. чувствительности w и ковариационную матрицу факторов риска с указанием срока, например `DF(t=2.00)` (8 знаков после запятой),
8. корреляционную матрицу (4 знака после запятой).

Примечания к экспорту

- Числа записываются с **десятичной точкой**. В Excel с русскими настройками импортируйте файл через «Данные → Из текстового/CSV-файла» и выберите языковой стандарт «Английский (США)», иначе значения распознаются как текст или даты.
- Ковариации имеют порядок 10^{-6}. При 8 знаках после запятой остаётся лишь две-три значащие цифры (например, `0.00000181`). Для точного пересчёта этой точности недостаточно.

7 Расчётный пример

В примере используются значения калькулятора по умолчанию. В качестве временного ряда служит встроенный ряд **Пример: кривая EUR**. Он совпадает с файлом `zinszeitreihe_beispiel.csv`. Ряд **синтетический** (смоделированные изменения ставок), чтобы пример был воспроизводим. Все числа рассчитаны программным кодом калькулятора и приведены с округлением.

7.1 Исходные данные

Номинал N	1 000 000 EUR	Частота платежей	ежегодно ($f = 1$, $\delta = 1$)
Фикс. ставка K	3,50 %	Доверит. уровень α	99 %
Начало T_0	2 года	Горизонт h	1 день
Срок T	3 года	Временной ряд	14.10.2025–29.09.2026

Своп начинается через два года и заканчивается через пять лет («2Y×3Y»).

7.2 Шаг 1: загрузка ряда и текущая кривая

Файл содержит 251 день. Рис. 2 показывает динамику; последняя строка (29.09.2026) — текущая кривая.

Дисконт-факторы текущей кривой следуют из $P(t) = e^{-rt}$:

Срок t	Ставка	$r \cdot t$	$P(t)$
1	2,20 %	0,0220	0,978240
2	2,35 %	0,0470	0,954087
3	2,50 %	0,0750	0,927743
4	2,62 %	0,1048	0,900505
5	2,72 %	0,1360	0,872843

7.3 Шаг 2: график платежей

$n = \lfloor 3 \cdot 1 \rfloor = 3$ платежа в даты $t_1 = 3$, $t_2 = 4$, $t_3 = 5$. Первый процентный период начинается в $t_0 = T_0 = 2$. Поскольку все даты совпадают с узлами, интерполяция не требуется.

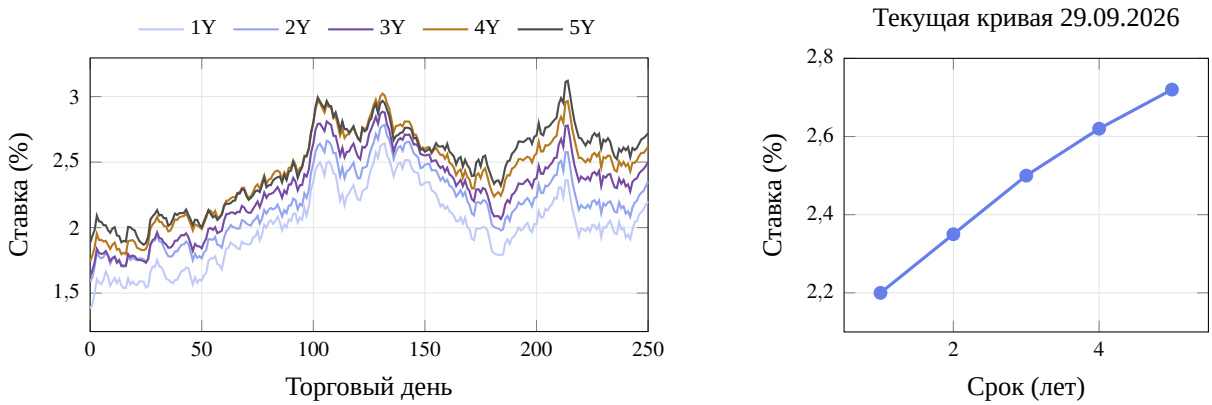


Рис. 2: Исторические ставки (слева) и текущая кривая доходности (справа)

7.4 Шаг 3: форвардные ставки

$$F_i = \frac{1}{\delta}\left(\frac{P(t_{i-1})}{P(t_i)} - 1\right)$$

$$F_1 = \frac{0{,}954087}{0{,}927743} - 1 = 2{,}8396\,\%,$$
$$F_2 = \frac{0{,}927743}{0{,}900505} - 1 = 3{,}0248\,\%,$$
$$F_3 = \frac{0{,}900505}{0{,}872843} - 1 = 3{,}1692\,\%.$$

Все форвардные ставки ниже фиксированной ставки 3,50 %. Следовательно, плательщик в каждом периоде платит нетто-сумму.

7.5 Шаг 4: денежные потоки и стоимость

Фиксированный поток: $N K \delta = 1\,000\,000 \cdot 0{,}035 = 35\,000\,\text{EUR}$. Плавающий поток: $N F_i \delta$.

Срок	DF	Форвард	Фикс. поток	Плав. поток	Нетто C_i	PV $C_i P(t_i)$
3	0,927743	2,8396 %	35 000,00	28 395,68	−6 604,32	−6 127,11
4	0,900505	3,0248 %	35 000,00	30 248,46	−4 751,54	−4 278,78
5	0,872843	3,1692 %	35 000,00	31 691,82	−3 308,18	−2 887,52
				Приведённая стоимость		**−13 293,41**

Проверка по замкнутой формуле.

$$\text{PV}_{\text{float}} = N\big(P(2) - P(5)\big) = 1\,000\,000 \cdot (0{,}954087 - 0{,}872843) = 81\,244{,}77\,\text{EUR},$$
$$\text{PV}_{\text{fix}} = NK\delta \sum P(t_i) = 35\,000 \cdot 2{,}701091 = 94\,538{,}18\,\text{EUR},$$
$$\text{PV} = 81\,244{,}77 - 94\,538{,}18 = -13\,293{,}41\,\text{EUR}. \quad \checkmark$$

Паритетная ставка свопа: $S = 81\,244{,}77 / (1\,000\,000 \cdot 2{,}701091) = 3{,}0079\,\%$. Согласованная ставка примерно на 49 базисных пунктов выше, отсюда отрицательная стоимость.

7.6 Шаг 5: DV01, дюрация, выпуклость

Переоценка при сдвиге всех ставок на ± 1 базисный пункт:

$$\mathrm{PV}^{+} = -13\,010{,}28\,\mathrm{EUR}, \qquad \mathrm{PV}^{-} = -13\,576{,}74\,\mathrm{EUR}.$$

$$\begin{aligned}
\mathrm{DV01} &= -(\mathrm{PV}^{+} - \mathrm{PV}) = -(-13\,010{,}28 + 13\,293{,}41) = -283{,}13\,\mathrm{EUR},\\
D &= \frac{\mathrm{DV01}\cdot 10\,000}{N} = \frac{-283{,}13\cdot 10\,000}{1\,000\,000} = -2{,}83,\\
\mathscr{C} &= \frac{\mathrm{PV}^{+} + \mathrm{PV}^{-} - 2\mathrm{PV}}{N\cdot 10^{-8}} = \frac{-0{,}19565}{1\,000\,000\cdot 10^{-8}} = -19{,}56.
\end{aligned}$$

Интерпретация: при росте всех ставок на 1 б. п. payer-своп выигрывает около 283 EUR. При росте на 1 процентный пункт по дюрации это около 2,83 % номинала, т. е. примерно 28 300 EUR. Отрицательная выпуклость немного уменьшает этот выигрыш при больших изменениях ставок.

7.7 Шаг 6: ряды DF и лог-доходности

Для каждого из 251 дня по кривой этого дня вычисляются дисконт-факторы при $t = 2$ (дата начала T_0) и $t = 3, 4, 5$, из них получаются 250 дневных лог-доходностей. Например, для последнего дня (28.09. $\to$ 29.09.2026):

t_i	r 28.09.	r 29.09.	P 28.09.	P 29.09.	$x_i = \ln \frac{P_{29.09.}}{P_{28.09.}}$
2	2,3175 %	2,3500 %	0,954708	0,954087	−0,000650
3	2,4714 %	2,5000 %	0,928540	0,927743	−0,000858
4	2,5919 %	2,6200 %	0,901517	0,900505	−0,001124
5	2,6999 %	2,7200 %	0,873720	0,872843	−0,001005

Проверка: $x_i = -\Delta r \cdot t_i$, например $-0{,}000286 \cdot 3 = -0{,}000858$.

7.8 Шаг 7: ковариационная и корреляционная матрицы

По 250 лог-доходностям (выборочная ковариация со знаменателем 249), порядок $t = 2, 3, 4, 5$:

$$\Sigma = 10^{-6} \cdot \begin{pmatrix} 0{,}841754 & 1{,}202812 & 1{,}545582 & 1{,}871956 \\ 1{,}202812 & 1{,}808508 & 2{,}365600 & 2{,}940823 \\ 1{,}545582 & 2{,}365600 & 3{,}268313 & 4{,}123158 \\ 1{,}871956 & 2{,}940823 & 4{,}123158 & 5{,}451721 \end{pmatrix},$$

$$\rho = \begin{pmatrix} 1 & 0{,}9749 & 0{,}9318 & 0{,}8738 \\ 0{,}9749 & 1 & 0{,}9730 & 0{,}9366 \\ 0{,}9318 & 0{,}9730 & 1 & 0{,}9768 \\ 0{,}8738 & 0{,}9366 & 0{,}9768 & 1 \end{pmatrix}.$$

Дневные волатильности: $\sigma_0 = 0{,}0917\,\%$, $\sigma_1 = 0{,}1345\,\%$, $\sigma_2 = 0{,}1808\,\%$, $\sigma_3 = 0{,}2335\,\%$.

Сводные показатели информационного блока относятся только к датам платежей $t = 3, 4, 5$:

$$\begin{aligned}
\bar{\sigma} &= \sqrt{(1{,}808508 + 3{,}268313 + 5{,}451721)\cdot 10^{-6}/3} = 0{,}1873\,\%,\\
\bar{\rho} &= (0{,}9730 + 0{,}9768)/2 = 0{,}9749.
\end{aligned}$$

7.9 Шаг 8: чувствительности

Чувствительности — полные производные стоимости по $\ln P(t_i)$ (*Математические основы*, раздел 5.4). При $NK\delta = 35\,000\,\text{EUR}$:

$$\begin{aligned} w_0 &= NP(2) = 1\,000\,000 \cdot 0{,}954087 = 954\,087{,}40\,\text{EUR}, \\ w_1 &= -NK\delta\,P(3) = -35\,000 \cdot 0{,}927743 = -32\,471{,}02\,\text{EUR}, \\ w_2 &= -NK\delta\,P(4) = -35\,000 \cdot 0{,}900505 = -31\,517{,}66\,\text{EUR}, \\ w_3 &= -N(1+K\delta)\,P(5) = -1\,035\,000 \cdot 0{,}872843 = -903\,392{,}12\,\text{EUR}. \end{aligned}$$

Проверка: $\sum_i w_i = -13\,293{,}41\,\text{EUR} = \text{PV}$.

7.10 Шаг 9: дисперсия портфеля и VaR

Дисперсия портфеля $\sigma^2_{\text{PV}} = w^\top \Sigma w$ складывается из 16 слагаемых $w_i \Sigma_{ij} w_j$ (в EUR^2):

$i \backslash j$	0	1	2	3	Сумма строки
0	766 234,5	−37 263,3	−46 476,6	−1 613 466,8	−930 972,2
1	−37 263,3	1 906,8	2 421,0	86 266,3	53 330,8
2	−46 476,6	2 421,0	3 246,6	117 397,9	76 588,9
3	−1 613 466,8	86 266,3	117 397,9	4 449 244,2	3 039 441,7
				σ^2_{PV}	**2 238 389,16**

Крупные слагаемые в T_0 и t_3 имеют противоположные знаки: плавающая нога (начало) и фиксированная нога (конец) частично компенсируют друг друга.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{PV}} &= \sqrt{2\,238\,389{,}16} = 1\,496{,}1247\,\text{EUR}, \\ z_{0{,}99} &= 2{,}326348, \\ \text{VaR}_{99\%,\,1\text{д}} &= 2{,}326348 \cdot 1\,496{,}1247 \cdot \sqrt{1} = \mathbf{3\,480{,}51}\,\text{EUR}. \end{aligned}$$

Другие настройки при том же σ_{PV} дают:

	95 %	99 %	99,9 %
Горизонт 1 день	2 460,91 EUR	3 480,51 EUR	4 623,37 EUR
Горизонт 10 дней ($\times\sqrt{10}$)	7 782,07 EUR	11 006,33 EUR	14 620,39 EUR

7.11 Результат в калькуляторе

Отображение в калькуляторе

Present Value	−13.293,41 €	Value at Risk (99%)	3.480,51 €
DV01	−283,13 €	Кол-во платежей	3
Модиф. дюрация (к номиналу)	−2,83	Наблюдений	250
Выпуклость (к номиналу)	−19,56	Средн. волатильность	0.1873%
		Средн. корреляция	0.9749

Денежные суммы, дюрацию и выпуклость калькулятор выводит с десятичной запятой (точка — разделитель тысяч) и настоящим знаком минус, волатильность и корреляцию — с десятичной точкой.

Для сравнения: простое приближение через DV01 даёт $2{,}33 \cdot 283{,}13\,\text{EUR} \cdot 4{,}48 \approx 2\,950\,\text{EUR}$ (дневное стандартное отклонение ставки 3Y: 4,48 б. п.) — тот же порядок величины. Прежние версии калькулятора фиксировали нетто-потоки и показывали лишь 52,18 EUR (*Математические основы*, раздел 6.2).

8 Сообщения об ошибках и их устранение

Сообщение / симптом	Причина и решение
«Пожалуйста, выберите файл временных рядов!»	Файл не выбран. Выбрать файл, затем **Загрузить временные ряды**, или использовать примеры данных.
«Файл должен содержать минимум 251 строку данных!»	Менее 252 строк вместе с заголовком. Удлинить ряд.
«Недостаточно допустимых строк данных!»	Слишком много нечитаемых строк, обычно из-за десятичной запятой или пустых полей. Использовать десятичную точку.
«Сначала загрузите временные ряды!»	Кнопка **Рассчитать** нажата до загрузки.
«Сначала выполните расчёт!»	Кнопка **Экспорт CSV** нажата до расчёта.
Средняя корреляция «NaN»	Только один платёж ($n = 1$); показатель в этом случае не определён.
Неверная кривая	Строки не отсортированы по дате; последней должна быть самая свежая дата.