CCS Калькулятор

Метод дисконтных факторов

Русский

Вольфганг Бёме

wolfgang.boehme@economic-modeling.de

www.economic-modeling.de

1 ноября 2026 г.

Эта документация описывает калькулятор кросс-валютных свопов с оценкой риска на основе дисконтных факторов. Калькулятор реализует метод ДФ, где дисконтные факторы используются как факторы риска. Это обеспечивает более интуитивную и математически элегантную альтернативу классическому методу на основе процентных ставок.

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

Содержание

1 Обзор **3**
1.1 Что такое кросс-валютный своп? . . . 3
1.2 Метод дисконтных факторов . . . 3

2 Руководство пользователя **4**
2.1 Вкладка 1: Детали свопа . . . 4
2.1.1 Входные параметры . . . 4
2.1.2 Выполнение расчета . . . 5
2.1.3 Интерпретация результатов . . . 5
2.2 Вкладка 2: Рыночные данные (DF) . . . 5
2.2.1 Источник дисконтных факторов . . . 5
2.2.2 Расчет из zero-ставок . . . 6
2.2.3 Важные свойства . . . 6
2.3 Вкладка 3: Данные . . . 6
2.3.1 Пример данных EUR/USD (251 день) . . . 6
2.3.2 Загрузка исторических данных . . . 7
2.3.3 Генерация синтетических данных . . . 8
2.4 Вкладка 4: Метрики риска . . . 8
2.4.1 Выполнение расчета риска . . . 8
2.4.2 Интерпретация результатов . . . 8
2.4.3 Отображение ковариационной матрицы . . . 9
2.4.4 Экспорт CSV . . . 9

3 Формулы расчета **10**
3.1 Оценка свопа . . . 10
3.1.1 Денежные потоки . . . 10
3.1.2 Приведенная стоимость . . . 10
3.2 Дисконтные факторы из кривых ставок . . . 10
3.3 Чувствительности . . . 11
3.3.1 Определение . . . 11
3.3.2 Чувствительности ДФ . . . 11
3.3.3 FX-чувствительность . . . 11
3.4 Расчет риска . . . 11
3.4.1 Вектор дельт . . . 11
3.4.2 Ковариационная матрица . . . 12
3.4.3 Дисперсия портфеля . . . 12
3.4.4 Value at Risk . . . 12

4 Пример расчета 1: пример из книги (1 год) **12**
4.1 Заданные параметры . . . 13
4.2 Шаг 1: Денежные потоки . . . 13
4.3 Шаг 2: Приведенные стоимости . . . 13
4.4 Шаг 3: Чувствительности . . . 14
4.5 Шаг 4: Расчет VaR . . . 14

5 Пример расчета 2: встроенный пример данных (5 лет) **14**
5.1 Параметры . . . 15
5.2 Денежные потоки, дисконтные факторы и приведенные стоимости 15
5.3 Чувствительности . . . 15
5.4 Value at Risk . . . 15

6 Часто задаваемые вопросы **16**
6.1 Почему знаки дельт разные? 16
6.2 Как интерпретировать ковариационную матрицу? 16
6.3 Почему FX-дельта такая большая? 16
6.4 Одинаковы ли синтетические данные при каждом запуске? 16
6.5 Отличие от методов на основе zero-ставок? 16

7 Устранение неполадок **17**
7.1 CSV не загружается 17
7.2 ДФ не убывают 17
7.3 Нереалистичные значения VaR 18

8 Приложение **18**
8.1 Обозначения 18
8.2 Технические характеристики 18

Аннотация

Эта документация описывает калькулятор кросс-валютных свопов с оценкой риска на основе дисконтных факторов. Калькулятор реализует метод ДФ, где дисконтные факторы используются как факторы риска. Это обеспечивает более интуитивную и математически элегантную альтернативу классическому методу на основе процентных ставок. Калькулятор содержит встроенный пример данных EUR/USD (251 торговый день), по которому можно сразу рассчитать дисконтные факторы, ковариационную матрицу и Value at Risk.

1. Обзор

1.1. Что такое кросс-валютный своп?

Кросс-валютный своп (CCS) — это финансовый деривати, при котором две стороны обмениваются денежными потоками в разных валютах. Как правило, обмениваются как процентные платежи, так и номиналы.

Основные характеристики:

- Обмен процентными платежами в двух валютах
- Обмен номиналами в начале и в конце срока
- Фиксированный валютный курс для обмена номиналами
- Обе ноги платят фиксированные ставки

1.2. Метод дисконтных факторов

Основная идея: Факторами риска являются сами дисконтные факторы, а не zero-ставки. Их ежедневные изменения измеряются логарифмическими доходностями.

Преимущества:

- Чувствительность = дисконтированный денежный поток (прямая интерпретация)
- Не требуется цепное правило через кривую ставок
- Математически более элегантно
- Идеально для целей обучения

Сравнение с методом ставок:

Аспект	Метод ДФ	Метод ставок
Фактор риска	$\ln DF(t)$	$r(t)$
Чувствительность	$\Delta = CF \times DF$	$\delta = \partial PV / \partial r$
Интерпретация	Стоимость ДП	Чувств. к ставке
Ковариация	$\text{Cov}(\ln DF, \ln DF)$	$\text{Cov}(r, r)$

2. Руководство пользователя

Калькулятор имеет четыре вкладки: **Детали свопа**, **Рыночные данные (DF)**, **Данные** и **Метрики риска**. Самый быстрый старт: на вкладке **Данные** нажать **«Загрузить пример»**, затем **«Рассчитать своп»** на вкладке **Детали свопа** и **«Рассчитать риск»** на вкладке **Метрики риска**.

2.1. Вкладка 1: Детали свопа

2.1.1. Входные параметры

Номиналы:

- **Номинал EUR:** номинал в евро (по умолчанию 10,000,000)
- **Номинал USD:** номинал в долларах (по умолчанию 11,000,000)

Процентные ставки (фиксированные):

- **Фиксированная ставка EUR:** ставка для EUR-ноги (по умолчанию 0.035 = 3.5 %)
- **Фиксированная ставка USD:** ставка для USD-ноги (по умолчанию 0.045 = 4.5 %)

Курс FX (EUR за 1 USD):

- Цена 1 USD в евро, например 0.909091 означает 1 USD = 0.909091 EUR (соответствует 1.10 USD за EUR)
- По умолчанию: 0.909091
- При загрузке примера или кривых используется курс из последней строки, а номинал USD устанавливается рыночно: $N_{USD} = N_{EUR}/FX$, с округлением до 1,000

Структура сроков:

- **Количество платежей:** минимум 1, по умолчанию 5, рекомендуется 1–10
- **Частота платежей:**
  - 0.25 = ежеквартально
  - 0.5 = раз в полгода
  - 1.0 = ежегодно (по умолчанию)

Платежная нога:

- **EUR:** мы платим EUR, получаем USD (по умолчанию)
- **USD:** мы платим USD, получаем EUR

2.1.2. Выполнение расчета

1. Ввести параметры (при желании сначала загрузить пример данных, вкладка 3)
2. Нажать кнопку **«Рассчитать своп»**
3. Появятся результаты:
   - Результат (PV EUR-ноги, PV USD-ноги, PV USD-ноги в EUR, чистая PV)
   - Денежные потоки EUR-ноги (таблица)
   - Денежные потоки USD-ноги (таблица)
4. Опционально: **«Экспортировать CSV»** для выгрузки денежных потоков

2.1.3. Интерпретация результатов

ПС EUR-ноги: приведенная стоимость всех платежей в EUR

$$PV_{EUR} = \sum_{i=1}^{n} CF_{EUR}(t_i) \times DF_{EUR}(t_i) \tag{1}$$

ПС USD-ноги: приведенная стоимость всех платежей в USD (в долларах и в пересчете в евро)

$$PV_{USD} = \sum_{i=1}^{n} CF_{USD}(t_i) \times DF_{USD}(t_i), \qquad PV_{USD}^{EUR} = PV_{USD} \times FX \tag{2}$$

Чистая ПС: чистая приведенная стоимость в EUR

$$\text{Чистая ПС} = \begin{cases} PV_{USD}^{EUR} - PV_{EUR} & \text{если платежная нога = EUR} \\ PV_{EUR} - PV_{USD}^{EUR} & \text{если платежная нога = USD} \end{cases} \tag{3}$$

2.2. Вкладка 2: Рыночные данные (DF)

2.2.1. Источник дисконтных факторов

Для каждой даты платежа $t_i = i \times \Delta t$ нужен один дисконтный фактор EUR и один USD:

- ДФ EUR 1.00Y, 2.00Y, 3.00Y, ...
- ДФ USD 1.00Y, 2.00Y, 3.00Y, ...

Поля заполняются автоматически:

- **Без загруженных данных:** из простой шаблонной кривой $r_{EUR}(t) = 3.5\,\% + 0.2\,\% \times (t-1)$ и $r_{USD}(t) = 4.5\,\% + 0.2\,\% \times (t-1)$
- **С примером или кривыми:** из кривых последней строки данных (раздел 3.2)

Значения можно изменить вручную. Ручные изменения действуют, пока не изменены количество платежей или частота.

2.2.2. Расчет из zero-ставок

Из непрерывных zero-ставок $r(t)$:

$$DF(t) = e^{-r(t)\times t} \tag{4}$$

Пример:

$$r_{EUR}(1) = 2.9\% = 0.029 \tag{5}$$

$$DF_{EUR}(1) = e^{-0.029\times 1} = 0.971439674 \tag{6}$$

2.2.3. Важные свойства

- $0 < DF(t) < 1$ при положительных ставках
- Монотонно убывают: $DF(t_1) > DF(t_2)$ при $t_1 < t_2$
- $DF(0) = 1$ (сегодня)

2.3. Вкладка 3: Данные

Вкладка поставляет ковариационную матрицу для расчета риска. Есть три источника; действует последний использованный. Пока данные не загружены, калькулятор использует простую стандартную матрицу (дисперсии 9×10^{-6}, ковариации 5×10^{-6}).

2.3.1. Пример данных EUR/USD (251 день)

В калькулятор встроены приближенные к рынку синтетические данные с 14.11.2025 по 30.10.2026:

- **Своповая кривая EUR** (бескупонная, непрерывная) со сроками 3M, 6M, 1Y, 2Y, 3Y, 5Y, 7Y, 10Y
- **Кривая ставок USD** (бескупонная, непрерывная) с теми же сроками
- **Курс FX** EUR за 1 USD

Кнопки:

- **«Загрузить пример»**: берет кривые и курс из последней строки, устанавливает рыночный номинал USD и рассчитывает ДФ и ковариационную матрицу
- **«Скачать CSV»**: сохраняет данные как шаблон для собственных данных в файл `CCS_Primer_dannykh_EUR_USD_251.csv`

Для каждого дня по кривым определяются дисконтные факторы на даты платежей, затем их ежедневные логарифмические доходности и ковариационная матрица. При изменении количества платежей или частоты калькулятор автоматически пересчитывает ДФ и матрицу.

2.3.2. Загрузка исторических данных

Через выбор файла можно загрузить собственный CSV-файл. Калькулятор распознает два формата.

Формат 1 — кривые ставок (рекомендуется):

```
Datum,EUR_0.25Y,...,EUR_10Y,USD_0.25Y,...,USD_10Y,FX_EURUSD
2025-11-14,1.9710,...,2.6712,3.9200,...,4.0800,0.863558
...
2026-10-30,2.5916,...,3.2451,3.5500,...,3.9800,0.896138
```

- Сроки с `M` (месяцы) или `Y` (годы), например `EUR_3M` или `EUR_0.25Y`
- Ставки — непрерывные бескупонные ставки в процентах
- FX — цена 1 USD в евро
- Минимум 30 полных строк, рекомендуется 251
- Сроки не обязаны совпадать с датами платежей; значения интерполируются

Формат 2 — дисконтные факторы напрямую:

```
EUR_DF_1Y,...,EUR_DF_5Y,USD_DF_1Y,...,USD_DF_5Y,FX_EURUSD
0.971157,...,0.857474,0.966088,...,0.835270,0.896138
...
```

- На каждую дату платежа по одному столбцу ДФ EUR и USD, последним FX
- Число столбцов $= 2n + 1$ (где n — количество платежей)
- Минимум 2 строки данных, рекомендуется 100–250

Для обоих форматов:

- **Место хранения:** файл должен находиться локально на вашем компьютере (или подключенном к нему диске). Файлы из интернета сначала скачайте.
- **Конфиденциальность:** файл обрабатывается только в браузере и никуда не передается.
- **Строки:** один торговый день на строку, в хронологическом порядке по возрастанию; последняя строка дает текущие значения.
- **Разделитель:** запятая или точка с запятой; при точке с запятой допускается десятичная запятая (например, экспорт из Excel). Кодировка UTF-8.

Из временных рядов вычисляются **логарифмические доходности**:

$$R_{t,i} = \ln\left(\frac{X_{t,i}}{X_{t-1,i}}\right), \qquad X \in \{DF_{EUR}, DF_{USD}, FX\} \tag{7}$$

По ним оценивается ковариационная матрица (раздел 3.4.2).

2.3.3. Генерация синтетических данных

Кнопка: «Сгенерировать синтетические данные (250 дней)»
Создает коррелированные временные ряды текущих дисконтных факторов и курса FX:

- 250 дней (1 торговый год)
- Волатильность: 1 % годовых для всех факторов
- Корреляция: 0.3 для всех пар (разложение Холецкого)
- Фиксированное начальное значение генератора: при каждом нажатии те же ряды и тот же VaR

Синтетические данные служат только для иллюстрации; реалистичные значения дает пример данных.

2.4. Вкладка 4: Метрики риска

2.4.1. Выполнение расчета риска

Условия:

- Параметры свопа заданы (вкладка 1)
- Ковариационная матрица имеется (вкладка 3 или стандартная матрица)

Временной горизонт: перед расчетом можно указать горизонт h (в днях, по умолчанию 1). VaR масштабируется множителем $\sqrt{h}$.
Кнопка: «Рассчитать риск»
Рассчитывает:

1. Чувствительности ДФ (дельты) и FX-дельту
2. Дисперсию портфеля (1д)
3. Волатильность портфеля (1д)
4. Value at Risk (VaR 95 % и 99 %, масштабированный на $\sqrt{h}$)

2.4.2. Интерпретация результатов

Чувствительности ДФ (дельты): для каждой даты платежа t_i

$$\Delta_i = CF(t_i) \times DF(t_i) = \text{дисконтированный денежный поток (в EUR)} \tag{8}$$

FX-дельта: сумма приведенных стоимостей USD в евро

$$\Delta_{FX} = \sum_{i=1}^{n} \Delta_{USD,i} \tag{9}$$

Она показывает изменение стоимости в евро на единицу логарифмической доходности курса. Практическое правило: при падении USD на 1 % приведенная стоимость меняется примерно на $-0.01 \times \Delta_{FX}$.
Знаки:

- Отрицательные: мы платим эту валюту $\rightarrow$ убыток при росте ДФ

- Положительные: мы получаем эту валюту → прибыль при росте ДФ

Дисперсия портфеля (1д):

$$\sigma_P^2 = \boldsymbol{\Delta}^\top \boldsymbol{\Sigma} \boldsymbol{\Delta} \tag{10}$$

Где:

- $\boldsymbol{\Delta}$ — вектор всех чувствительностей (дельты EUR, дельты USD, FX-дельта)
- $\boldsymbol{\Sigma}$ — ковариационная матрица ежедневных логарифмических доходностей

Волатильность портфеля (1д):

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_P^2} \tag{11}$$

Value at Risk:

$$VaR_\alpha(h) = z_\alpha \times \sigma_P \times \sqrt{h} \tag{12}$$

Где:

- $z_{0.95} = 1.645$ (доверительный уровень 95 %)
- $z_{0.99} = 2.326$ (доверительный уровень 99 %)
- h — временной горизонт в днях (по умолчанию $h = 1$)

2.4.3. Отображение ковариационной матрицы

Ковариационная матрица показывается в виде таблицы (фрагмент):

- Строки/столбцы: ДФ EUR, ДФ USD, FX
- Значения в научной нотации (например, 9.00×10^{-6})
- Диагональ: дисперсии
- Вне диагонали: ковариации

2.4.4. Экспорт CSV

Кнопка: «Экспортировать CSV»
Выгружает:

1. Чувствительности ДФ (все сроки) и FX-дельту
2. Показатели Value at Risk с горизонтом
3. **Полную ковариационную матрицу**

3. Формулы расчета

3.1. Оценка свопа

3.1.1. Денежные потоки

EUR-нога:

$$CF_{EUR}(t_i) = N_{EUR} \times r_{fix,EUR} \times \Delta t + \mathbb{1}_{i=n} \times N_{EUR} \tag{13}$$

$$= \text{процентный платеж} + \text{номинал (только в конце)} \tag{14}$$

USD-нога:

$$CF_{USD}(t_i) = N_{USD} \times r_{fix,USD} \times \Delta t + \mathbb{1}_{i=n} \times N_{USD} \tag{15}$$

Где:

- N — номинал
- r_{fix} — фиксированная ставка
- Δt — частота платежей в годах
- $\mathbb{1}_{i=n}$ — индикатор (1 для последнего платежа, иначе 0)

3.1.2. Приведенная стоимость

EUR-нога:

$$PV_{EUR} = \sum_{i=1}^{n} CF_{EUR}(t_i) \times DF_{EUR}(t_i) \tag{16}$$

USD-нога (в EUR):

$$PV_{USD}^{EUR} = \left[\sum_{i=1}^{n} CF_{USD}(t_i) \times DF_{USD}(t_i) \right] \times FX \tag{17}$$

где FX — EUR за 1 USD.

Чистая приведенная стоимость:

$$\text{Чистая ПС} = PV_{\text{получ}} - PV_{\text{плат}} \tag{18}$$

3.2. Дисконтные факторы из кривых ставок

При загруженных кривых для каждого дня и каждой даты платежа t zero-ставка $r(t)$ определяется по узлам $T_1 < \cdots < T_m$:

- $t = T_k$: значение кривой
- $T_k < t < T_{k+1}$: линейная интерполяция

$$r(t) = r_k + (r_{k+1} - r_k) \, \frac{t - T_k}{T_{k+1} - T_k} \tag{19}$$

- $t > T_m$: плоская экстраполяция, $r(t) = r_m$
- $t < T_1$: линейно по дисконтному фактору между $DF(0) = 1$ и $DF(T_1)$

Затем $DF(t) = e^{-r(t)\,t}$. ДФ последней строки — текущие рыночные данные (вкладка 2).

3.3. Чувствительности

3.3.1. Определение

Поскольку ковариационная матрица оценивается по логарифмическим доходностям, соответствующая чувствительность — это производная приведенной стоимости по логарифму фактора риска:

$$\Delta_i = \frac{\partial PV}{\partial \ln DF_i} = DF_i \times \frac{\partial PV}{\partial DF_i} \tag{20}$$

3.3.2. Чувствительности ДФ

Для одного денежного потока в момент t_i: $\partial(CF_i \cdot DF_i)/\partial DF_i = CF_i$, следовательно:

$$\boxed{\Delta_i = CF(t_i) \times DF_i = \text{дисконтированный денежный поток}} \tag{21}$$

Учет направления (платим EUR):

$$\Delta_{EUR,i} = -CF_{EUR}(t_i) \times DF_{EUR}(t_i) \quad \text{(отрицательная)} \tag{22}$$
$$\Delta_{USD,i} = +CF_{USD}(t_i) \times DF_{USD}(t_i) \times FX \quad \text{(положительная)} \tag{23}$$

Учет направления (платим USD):

$$\Delta_{EUR,i} = +CF_{EUR}(t_i) \times DF_{EUR}(t_i) \quad \text{(положительная)} \tag{24}$$
$$\Delta_{USD,i} = -CF_{USD}(t_i) \times DF_{USD}(t_i) \times FX \quad \text{(отрицательная)} \tag{25}$$

3.3.3. FX-чувствительность

Приведенная стоимость линейно зависит от курса через $PV_{USD}^{EUR} = FX \times PV_{USD}$. Для логарифмических доходностей курса:

$$\Delta_{FX} = \frac{\partial PV}{\partial \ln FX} = FX \times \frac{\partial PV}{\partial FX} = \pm PV_{USD}^{EUR} \tag{26}$$

и, следовательно,

$$\boxed{\Delta_{FX} = \sum_{i=1}^{n} \Delta_{USD,i}} \tag{27}$$

Примечание: в предыдущих версиях эта сумма дополнительно делилась на FX. Это дает чувствительность в долларах и не согласуется с логарифмическими доходностями ковариационной матрицы; при $FX < 1$ валютный риск из-за этого завышался.

3.4. Расчет риска

3.3.1. Вектор дельт

$$\boldsymbol{\Delta} = [\Delta_{EUR,1}, \ldots, \Delta_{EUR,n},\ \Delta_{USD,1}, \ldots, \Delta_{USD,n},\ \Delta_{FX}]^\top \tag{28}$$

Размерность: $(2n + 1) \times 1$

3.4.2. Ковариационная матрица

По T ежедневным логарифмическим доходностям $R_{t,i}$ (выборочная ковариация):

$$\Sigma_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T} \left(R_{t,i} - \bar{R}_i\right) \left(R_{t,j} - \bar{R}_j\right) \tag{29}$$

$$\mathbf{\Sigma} = \begin{bmatrix} \sigma^2_{EUR,1} & \cdots & \sigma_{EUR,1,USD,1} & \cdots & \sigma_{EUR,1,FX} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{USD,1,EUR,1} & \cdots & \sigma^2_{USD,1} & \cdots & \sigma_{USD,1,FX} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{FX,EUR,1} & \cdots & \sigma_{FX,USD,1} & \cdots & \sigma^2_{FX} \end{bmatrix} \tag{30}$$

Размерность: $(2n+1) \times (2n+1)$

3.4.3. Дисперсия портфеля

$$\boxed{\sigma^2_P = \mathbf{\Delta}^\top \mathbf{\Sigma} \mathbf{\Delta} = \sum_{i=1}^{2n+1} \sum_{j=1}^{2n+1} \Delta_i \Sigma_{ij} \Delta_j} \tag{31}$$

3.4.4. Value at Risk

VaR для горизонта h дней:

$$\boxed{VaR^h_\alpha = z_\alpha \times \sqrt{\sigma^2_P} \times \sqrt{h}} \tag{32}$$

Стандартный случай ($h = 1$ день):

$$VaR^{1d}_\alpha = z_\alpha \times \sigma_P \tag{33}$$

Масштабирование на T дней (правило квадратного корня):

$$VaR^T_\alpha = VaR^{1d}_\alpha \times \sqrt{T} \tag{34}$$

Доверительные уровни:

Уровень	z-значение
90%	1.282
95%	1.645
99%	2.326
99.9%	3.090

Калькулятор использует 95 % и 99 %.

4. Пример расчета 1: пример из книги (1 год)

Пример из книги показывает все шаги расчета вручную с заданной ковариационной матрицей (3×3).

4.1. Заданные параметры

- Номинал EUR: 1,000,000
- Номинал USD: 1,190,476.19
- Фиксированная ставка EUR: 4% (0.04)
- Фиксированная ставка USD: 5% (0.05)
- Курс FX: 0.84 EUR за 1 USD
- Платежей: 1, частота: 1 (ежегодно)
- Платежная нога: EUR
- ДФ EUR 1Y: 0.971439674
- ДФ USD 1Y: 0.966183575

4.2. Шаг 1: Денежные потоки

EUR-нога:

$$CF_{EUR}(1) = 1{,}000{,}000 \times 0.04 \times 1 + 1{,}000{,}000 \tag{35}$$
$$= 40{,}000 + 1{,}000{,}000 = 1{,}040{,}000 \text{ EUR} \tag{36}$$

USD-нога:

$$CF_{USD}(1) = 1{,}190{,}476.19 \times 0.05 \times 1 + 1{,}190{,}476.19 \tag{37}$$
$$= 59{,}523.81 + 1{,}190{,}476.19 = 1{,}250{,}000 \text{ USD} \tag{38}$$

4.3. Шаг 2: Приведенные стоимости

EUR-нога:

$$PV_{EUR} = 1{,}040{,}000 \times 0.971439674 \tag{39}$$
$$= 1{,}010{,}297.26 \text{ EUR} \tag{40}$$

USD-нога (в EUR):

$$PV_{USD}^{EUR} = 1{,}250{,}000 \times 0.966183575 \times 0.84 \tag{41}$$
$$= 1{,}207{,}729.47 \times 0.84 \tag{42}$$
$$= 1{,}014{,}492.75 \text{ EUR} \tag{43}$$

Чистая ПС:

$$\text{Чистая ПС} = PV_{USD}^{EUR} - PV_{EUR} \tag{44}$$
$$= 1{,}014{,}492.75 - 1{,}010{,}297.26 \tag{45}$$
$$= 4{,}195.49 \text{ EUR} \tag{46}$$

4.4. Шаг 3: Чувствительности

Так как мы платим EUR:
Дельта EUR:

$$\Delta_{EUR} = -CF_{EUR}(1) \times DF_{EUR}(1) \tag{47}$$
$$= -1{,}040{,}000 \times 0.971439674 \tag{48}$$
$$= -1{,}010{,}297.26 \text{ EUR} \tag{49}$$

Дельта USD:

$$\Delta_{USD} = +CF_{USD}(1) \times DF_{USD}(1) \times FX \tag{50}$$
$$= +1{,}250{,}000 \times 0.966183575 \times 0.84 \tag{51}$$
$$= +1{,}014{,}492.75 \text{ EUR} \tag{52}$$

FX-дельта:

$$\Delta_{FX} = \Delta_{USD} = 1{,}014{,}492.75 \text{ EUR} \tag{53}$$

4.5. Шаг 4: Расчет VaR

Ковариационная матрица (из книги):

$$\mathbf{\Sigma} = \begin{bmatrix} 9 \times 10^{-6} & 5 \times 10^{-6} & 3 \times 10^{-6} \\ 5 \times 10^{-6} & 9 \times 10^{-6} & 3 \times 10^{-6} \\ 3 \times 10^{-6} & 3 \times 10^{-6} & 1 \times 10^{-5} \end{bmatrix} \tag{54}$$

Вектор дельт:

$$\mathbf{\Delta} = \begin{bmatrix} -1{,}010{,}297.26 \\ 1{,}014{,}492.75 \\ 1{,}014{,}492.75 \end{bmatrix} \tag{55}$$

Дисперсия портфеля:

$$\sigma_P^2 = \mathbf{\Delta}^\top \mathbf{\Sigma} \mathbf{\Delta} \tag{56}$$
$$\approx 18{,}517{,}166 \tag{57}$$

Волатильность портфеля:

$$\sigma_P = \sqrt{18{,}517{,}166} \tag{58}$$
$$= 4{,}303.16 \text{ EUR} \tag{59}$$

Value at Risk ($h = 1$ день):

$$VaR_{95\%}^{1d} = 1.645 \times 4{,}303.16 = 7{,}078.69 \text{ EUR} \tag{60}$$
$$VaR_{99\%}^{1d} = 2.326 \times 4{,}303.16 = 10{,}009.14 \text{ EUR} \tag{61}$$

Масштабирование на 10 дней:

$$VaR_{99\%}^{10d} = 2.326 \times 4{,}303.16 \times \sqrt{10} = 31{,}651.69 \text{ EUR} \tag{62}$$

5. Пример расчета 2: встроенный пример данных (5 лет)

Этот пример можно воспроизвести прямо в калькуляторе: вкладка **Данные** → **«Загрузить пример»**, все остальные вводы по умолчанию.

5.1. Параметры

- Номинал EUR: 10,000,000; фиксированная ставка EUR: 3.5 %
- Номинал USD: 11,159,000 (рыночный: $10{,}000{,}000/0.896138$, округлено); фиксированная ставка USD: 4.5 %
- Курс FX: 0.896138 EUR за 1 USD (30.10.2026)
- 5 платежей, ежегодно; платежная нога: EUR
- Ковариационная матрица: 11×11, по 250 ежедневным логарифмическим доходностям

Кривые на 30.10.2026 (бескупонные, непрерывные, %):

	3M	6M	1Y	2Y	3Y	5Y	7Y	10Y
EUR (своп)	2.5916	2.7609	2.9267	3.0352	3.0246	3.0753	3.1377	3.2451
USD	3.5500	3.5000	3.4500	3.4000	3.4500	3.6000	3.7800	3.9800

Ставка на 4Y интерполируется линейно между 3Y и 5Y.

5.2. Денежные потоки, дисконтные факторы и приведенные стоимости

t	DF_{EUR}	DF_{USD}	CF_{EUR}	CF_{USD}	PV_{EUR}	PV_{USD}^{EUR}
1	0.971157	0.966088	350,000	502,155	339,905.00	434,739.92
2	0.941102	0.934260	350,000	502,155	329,385.62	420,417.38
3	0.913257	0.901676	350,000	502,155	319,639.93	405,754.37
4	0.885150	0.868489	350,000	502,155	309,802.55	390,820.34
5	0.857474	0.835270	10,350,000	11,661,155	8,874,850.76	8,728,577.15
Σ					10,173,583.86	10,380,309.17

$$PV_{USD} = 11{,}583{,}382.43 \text{ USD} \tag{63}$$

$$\text{Чистая ПС} = 10{,}380{,}309.17 - 10{,}173{,}583.86 = 206{,}725.31 \text{ EUR} \tag{64}$$

5.3. Чувствительности

Дельты EUR — это отрицательные приведенные стоимости EUR из таблицы, дельты USD — приведенные стоимости USD в евро. FX-дельта равна их сумме:

$$\Delta_{FX} = 10{,}380{,}309.17 \text{ EUR} \tag{65}$$

5.4. Value at Risk

Показатель	**Значение**
Дисперсия портфеля (1д)	2.3288×10^9
Волатильность портфеля (1д)	48,257.66 EUR
VaR 95 % (1д)	79,383.85 EUR
VaR 99 % (1д)	112,247.32 EUR
VaR 99 % (10д)	354,957.20 EUR

Оценка: только с процентными дельтами VaR 99 % (1д) составил бы 58,470 EUR, только с FX-дельтой — 97,278 EUR. Доминирует валютный риск: дневная волатильность курса FX в примере данных составляет 0.40 %, 5-летнего ДФ — 0.22 % (EUR) и 0.28 % (USD).

6. Часто задаваемые вопросы

6.1. Почему знаки дельт разные?

Знаки чувствительностей отражают нашу позицию:

- **Отрицательные:** мы платим эту валюту → рост ДФ для нас невыгоден
- **Положительные:** мы получаем эту валюту → рост ДФ для нас выгоден

6.2. Как интерпретировать ковариационную матрицу?

- **Диагональ:** дисперсии ежедневных логарифмических доходностей отдельных факторов риска
- **Вне диагонали:** ковариации между факторами риска
- **Положительная ковариация:** факторы движутся в одном направлении
- **Отрицательная ковариация:** факторы движутся в противоположных направлениях

6.3. Почему FX-дельта такая большая?

FX-дельта — это сумма всех приведенных стоимостей USD в евро, включая номинал в конце срока. Поэтому она равна всей USD-ноге, тогда как каждая процентная дельта относится только к одной дате платежа. Кроме того, валютные курсы обычно колеблются сильнее дисконтных факторов. Поэтому валютный риск, как правило, доминирует в VaR кросс-валютного свопа.

6.4. Одинаковы ли синтетические данные при каждом запуске?

Да. Генератор случайных чисел имеет фиксированное начальное значение, поэтому при одинаковых вводах всегда получаются те же ряды и тот же VaR. Для реалистичных значений используйте пример данных или собственные данные.

6.5. Отличие от методов на основе zero-ставок?

Метод ДФ:

- Факторы риска = дисконтные факторы (логарифмические доходности)
- Чувствительность = дисконтированный денежный поток
- Прямая интерпретация

Метод ставок:

- Факторы риска = zero-ставки

- Чувствительность через цепное правило: $\delta_i = \frac{\partial PV}{\partial DF_i} \times \frac{\partial DF_i}{\partial r_i} = -t_i \times CF_i \times DF_i$
- Рыночный стандарт, лучшая доступность данных

При корректном преобразовании ковариационных матриц оба метода приблизительно эквивалентны, так как $\Delta \ln DF(t) = -t \times \Delta r(t)$.

7. Устранение неполадок

7.1. CSV не загружается

Проблема: «CSV должен иметь X столбцов» (формат 2)
Решение:

- Проверьте: число столбцов $= 2n + 1$
- При 1 платеже: 3 столбца; при 5 платежах: 11 столбцов
- Или используйте формат 1 (кривые ставок); тогда число столбцов не зависит от количества платежей

Проблема: «только X полных строк» (формат 1)
Решение: минимум 30 строк без пустых или нечисловых значений; рекомендуется 251.
Проблема: файл не распознается как кривые ставок
Решение:

- Проверьте заголовок: столбцы `EUR_<срок>`, `USD_<срок>` и столбец, начинающийся с `FX`
- Срок с `M` или `Y`, например `EUR_6M`, `USD_10Y`
- Сохраните пример данных кнопкой «Скачать CSV» и используйте как шаблон

Проблема: ошибка разбора
Решение:

- При запятой как разделителе: используйте десятичную точку
- При точке с запятой как разделителе: допускается десятичная запятая
- Без разделителей тысяч и пробелов внутри чисел

7.2. ДФ не убывают

Проблема: $DF(1Y) < DF(2Y)$
Решение:

- При положительных ставках дисконтные факторы должны монотонно убывать
- Проверьте: возможно, введены ставки вместо ДФ?
- Пересчет: $DF(t) = e^{-r(t) \times t}$

7.3. Нереалистичные значения VaR

Проблема: VaR слишком высокий или слишком низкий
Решение:

- Проверьте, какая ковариационная матрица активна (стандартная, синтетическая, пример или собственные данные)
- Вводите курс FX как EUR за 1 USD (не USD за EUR)
- Выбирайте номинал USD, согласованный с курсом
- Исторические данные: используйте больше точек

8. Приложение

8.1. Обозначения

Символ	Значение
N	Номинал
r_{fix}	Фиксированная ставка
$r(t)$	Zero-ставка (непрерывная) для срока t
$DF(t)$	Дисконтный фактор в момент t
$CF(t)$	Денежный поток в момент t
FX	Курс FX, EUR за 1 USD
PV	Приведенная стоимость
$R_{t,i}$	Логарифмическая доходность фактора i в день t
Δ	Чувствительность (дельта)
$\mathbf{\Sigma}$	Ковариационная матрица
σ_P^2	Дисперсия портфеля
σ_P	Волатильность портфеля
VaR_α	Value at Risk при доверительном уровне α
z_α	z-значение для уровня α
h	Временной горизонт (дней)

8.2. Технические характеристики

Совместимость с браузерами:

- Chrome/Edge, Firefox, Safari: полная поддержка
- Все расчеты выполняются локально в браузере; данные не передаются

Файлы:

- Калькулятор: около 100 KB (HTML, пример данных встроен)
- Пример данных в CSV: около 33 KB (251 строка, 17 столбцов данных)

Ограничения:

- Макс. платежей: технически не ограничено, рекомендуется 1–20
- CSV с кривыми: минимум 30 строк, рекомендуется 251
- CSV с ДФ: минимум 2 строки, рекомендуется 100–250