



**НАУЧНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 336.76.066

Дата поступления: 28.07.2022  
рецензирования: 05.09.2022  
принятия: 28.09.2022

**Алгоритм для организации длинной торговли волатильностью  
на базе дельта-нейтральной стратегии**

**А.П. Плотников**

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,  
г. Саратов, Российская Федерация  
E-mail: arcd1@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2625-9104>

**Р.А. Шишлов**

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,  
г. Саратов, Российская Федерация  
E-mail: romanshishlov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0999-9821>

**В.В. Арсенов**

Поволжский институт (филиал)  
Всероссийского государственного университета юстиции (РПА Минюста России)  
г. Саратов, Российская Федерация  
E-mail: arealnpc@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4690-8412>

**Аннотации:** Статья посвящена проблеме автоматизации длинной торговли волатильностью на финансовом рынке с использованием дельта-нейтральных торговых стратегий. Большинство операций по ним, как правило, производятся вручную, что делает их менее системными и уязвимыми перед негативным влиянием человеческого фактора (эмоции, запоздалость действий, ошибочное выставление заявок и т. п.). Для решения указанной проблемы в статье предложен унифицированный алгоритм дельта-нейтральной стратегии с учетом нескольких параметров для длинной торговли волатильностью посредством сделок с фьючерсами на базовые активы и опционами на указанные фьючерсы. Для большей наглядности алгоритм дополнен диаграммой, выполненной в нотации BPMN 2.0.

**Ключевые слова:** трейдинг; волатильность; рыночно-нейтральная стратегия; дельта-нейтральная стратегия; финансовые инструменты; алгоритм; BPMN-диаграмма автоматизация; торговый робот; автоматическая торговая система.

**Цитирование.** Плотников А.П., Шишлов Р.А., Арсенов В.В. Алгоритм для организации длинной торговли волатильностью на базе дельта-нейтральной стратегии // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т. 13, № 3. С. 156–173. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-3-156-173>.

**Информация о конфликте интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Плотников А.П., Шишлов Р.А., Арсенов В.В., 2022

*Аркадий Петрович Плотников* – доктор экономических наук, профессор кафедры «Экономическая безопасность и управление инновациями», Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, 410054, Российская Федерация, г. Саратов, ул. Политехническая, 77.

*Роман Андреевич Шишлов* – соискатель, Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, 410054, Российская Федерация, г. Саратов, ул. Политехническая, 77.

*Владимир Васильевич Арсенов* – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Гуманитарные, социально-экономические и правовые дисциплины», Поволжский институт (филиал) Всероссийского государственного университета юстиции (РПА Минюста России), 410003, Российская Федерация, г. Саратов, ул. имени А.Н. Радищева, 55.

**SCIENTIFIC ARTICLE**

Submitted: 28.07.2022  
Revised: 05.09.2022  
Accepted: 28.09.2022

## An algorithm for organizing long volatility trading based on a delta-neutral strategy

**A.P. Plotnikov**

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation  
E-mail: arcd1@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2625-9104>

**R.A. Shishlov**

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation  
E-mail: romanshishlov@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0999-9821>

**V.V. Arsenov**

Volga region Law Institute (branch) of the All-Russian State University of Justice,  
Saratov, Russian Federation  
E-mail: arealnpc@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4690-8412>

**Abstract:** The article is devoted to the problem of automation of long volatility trading in the financial market using delta-neutral trading strategies. Most operations on them, as a rule, are performed manually, which makes them less systematic and vulnerable to the negative influence of the human factor (emotions, tardiness of actions, erroneous submission of applications, etc.). To solve this problem, the article proposes a unified algorithm for a delta-neutral strategy, taking into account several parameters for long volatility trading through transactions with futures on underlying assets and options on these futures. For greater clarity, the algorithm is supplemented with a diagram made in BPMN 2.0 notation.

**Key words:** trading; volatility; market-neutral strategy; delta-neutral strategy; financial instruments; algorithm; BPMN diagram automation; trading robot; automatic trading system.

**Citation.** Plotnikov A.P., Shishlov R.A., Arsenov V.V. An algorithm for organizing long volatility trading based on a delta-neutral strategy. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2022, vol. 13, no. 3, pp. 156–173. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-3-156-173>. (In Russ.)

**Information on the conflict of interest:** authors declare no conflict of interest.

© Plotnikov A.P., Shishlov R.A., Arsenov V.V., 2022

*Arkadiy P. Plotnikov* – Doctor of Economics, professor of the Department «Economic Security and Innovation Management», Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 77, Polytechnicheskaya Street, Saratov, 410054, Russian Federation.

*Roman A. Shishlov* – applicant, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 77, Polytechnicheskaya Street, Saratov, 410054, Russian Federation.

*Vladimir V. Arsenov* – Candidate of Economics, associate professor of the Department «Humanitarian, socio-economic and legal disciplines», Volga region Law Institute (branch) of the All-Russian State University of Justice, 55, Radishchev Street, Saratov, 410003, Russian Federation.

### Введение

В основе торговли волатильностью лежит принцип, согласно которому сделки с равным количеством опционов и их базовых активов (например, опционов на фьючерсы и самих фьючерсов) не всегда приводят к одинаковым финансовым результатам [1–10]. Существует множество различных стратегий торговли волатильностью, в настоящей статье остановимся только на открытии и закрытии длинных позиций по волатильности. Наиболее удобным способом открытия длинной позиции, т. е. покупки волатильности выбранного финансового инструмента, является открытие короткой (длинной) позиции по базовому активу (например, фьючерсу или акции) и покупка опционов колл (пут) в количестве, необходимом для поддержания дельта-нейтральной позиции на этот базовый актив. При дальнейшем изменении цены базового актива изменяется значение дельты, а следовательно, для восстановления дельта-нейтральной позиции требуется другое соотношение открытых позиций по базовому активу и опционам на него [1–3; 11]. Избранная стратегия предполагает систематическое восстановление рыночно-нейтральных позиций при изменении значений дельты. Указанное восстановление обозначается термином рехеджирование и достигается путем открытия или закрытия позиций по финансовому инструменту или опционам на тот же базовый актив [1–10]. При длинной торговле волатильностью необходимо следить за ее динамикой, т. к. при совершении указанных операций по рехеджированию или полном закрытии всех позиций прибыль будет наблюдаться только при

росте волатильности, а при ее снижении стратегия будет приносить убытки. Таким образом, если в моменты роста волатильности финансового инструмента систематически восстанавливать рыночно-нейтральную позицию посредством рехеджирования или полного закрытия всех позиций, можно извлекать прибыль от таких операций. Чтобы совершать длинную торговлю волатильностью в период ее роста, а не падения, целесообразно отслеживать текущее значение подразумеваемой волатильности (IV), которое в момент покупки волатильности должно быть достаточно низким, а в момент продажи волатильности – достаточно высоким. Указанные операции представляют собой длинную торговлю волатильностью, т. е. покупку и последующую продажу IV. Несмотря на то что торговля IV давно применяется на практике, она, как правило, производится вручную, что делает ее менее системной и уязвимой перед негативным влиянием человеческого фактора (эмоции, запоздалость действий, ошибочное выставление заявок и т. п.). В этой связи возникает необходимость в четкой формулировке алгоритма для длинной торговли IV [1; 12–17].

Наличие алгоритмов для эффективных торговых стратегий на финансовых рынках повышает их ликвидность, увеличивает сумму налогов и комиссий, поступающих от новых участников, что несет важную социально-экономическую пользу. При этом автоматизация сделок способна улучшить качество расчетов и скорость принятия инвестиционных решений. Все это указывает на то, что разработка алгоритмов стратегий для длинной торговли волатильностью и их автоматизация является актуальным и востребованным направлением.

Поэтому целью настоящей статьи является разработка алгоритма для длинной торговли волатильностью на базе дельта-нейтральной стратегии с учетом нескольких параметров.

### Ход исследования

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд следующих вспомогательных задач.

1. Ввести условные обозначения для терминов и ключевых параметров алгоритма.
2. Разработать алгоритм для длинной торговли волатильностью на базе дельта-нейтральной стратегии с учетом нескольких параметров.
3. Проиллюстрировать алгоритм диаграммой, выполненной в нотации BPMN 2.0.

#### 1. Условные обозначения

$I$  – таймфрейм, в рамках которого рассчитываются  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ ,  $\sigma\Delta$ ,  $\sigma P$ ,  $\sigma IV$ . Может принимать значения: 1 минута, 5 минут, 10 минут, 1 час, 4 часа, 1 день.

$T$  – максимально допустимое значение оставшегося времени (дней) до экспирации фьючерсов и опционов, при достижении которого следует обменять фьючерсы и опционы с текущей датой экспирации на фьючерсы и опционы со следующей датой экспирации.

$t$  – количество дней до экспирации опционов и фьючерсов на базовый актив.

$\Delta$  – коэффициент дельта опциона колл на базовый актив с ближайшим страйком к текущему значению  $P$ .

$P$  – цена базового актива. (В качестве базового актива авторы статьи рекомендуют использовать фьючерс на другой базовый актив, например биржевой индекс или акцию, т. к. открытие короткой позиции по фьючерсу не требует уплаты дополнительных комиссий, как обычно бывает в случае с открытием коротких позиций по акциям.) [1; 11]

$IV$  – подразумеваемая волатильность доходности базового актива с ближайшим страйком к текущему значению  $P$ , которая рассчитывается численным методом на базе формулы Блека – Шоулза:

$$CL = S_0 N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2) \quad , \quad (1)$$

$$PT = K e^{-rt} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad , \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{IV \times \sqrt{t}} \quad , \quad (3)$$

$$d_2 = d_1 - IV \times \sqrt{t} \quad , \quad (4)$$

где  $CL$  – цена европейского опциона колл для бездивидендных акций;

PT – цена европейского опциона колл для бездивидендных акций;  
 $S_0$  – первоначальная цена акции;  
 Функция  $N(x)$  – интегральная функция стандартизированного нормального распределения;  
 $K$  – цена исполнения опциона;  
 $r$  – непрерывно начисляемая безрисковая процентная ставка;  
 $t$  – количество дней до экспирации опционов на базовый актив;  
 $IV$  – подразумеваемая волатильность доходности базового актива [1–12].

(Выбору конкретного численного метода и его детальному описанию следует посвятить отдельную работу.)

$\mu_1$  – математическое ожидание значений  $\Delta$ , в качестве которого условно выбирается приближенное текущее значение простой скользящей средней графика значений  $\Delta$ , определяемое по формуле

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta[i]}{n}, \quad (5)$$

где  $\Delta[i]$  – значение  $\Delta$  в  $i$ -й момент времени в рамках  $I$ ;

$n$  – период скользящей средней [2];

$\mu_2$  – математическое ожидание значений  $P$ , в качестве которого условно выбирается приближенное текущее значение простой скользящей средней значений  $P$ , определяемое по формуле

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=1}^n P[i]}{n}, \quad (6)$$

где  $P[i]$  – значение  $P$  в  $i$ -й момент времени в рамках  $I$ ;

$n$  – период скользящей средней [3];

$\mu_3$  – математическое ожидание значений  $IV$ , в качестве которого условно выбирается приближенное текущее значение простой скользящей средней значений  $IV$ , определяемое по формуле

$$\mu_3 = \frac{\sum_{i=1}^n IV[i]}{n}, \quad (7)$$

где  $IV[i]$  – значение  $IV$  в  $i$ -ый момент времени в рамках  $I$ ;

$n$  – период скользящей средней [4];

$\sigma_\Delta$  – среднее квадратичное отклонение  $\Delta$  от  $\mu_1$ , определяется по формуле:

$$\sigma_\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta[i] - \bar{\Delta})^2}{n - 1}}, \quad (8)$$

где  $\sigma_\Delta$  – среднее квадратичное отклонение значений  $\Delta$  от  $\mu_1$  за период; среднее значение  $\Delta$  –  $\bar{\Delta}$ , определяется как среднее арифметическое значений  $\Delta$  за периоды наблюдения, а именно:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta[i]}{n}, \quad (9)$$

где  $\Delta[i]$  – значение  $\Delta$  в  $i$ -м периоде;

$n$  – количество моментов времени, в течение которых рассчитывается  $\sigma_\Delta[i]$  [1; 12–14];

$\sigma_P$  – среднее квадратичное отклонение значений  $P$ , определяется по формуле

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P[i] - \bar{P})^2}{n-1}}, \quad (10)$$

где  $\sigma_P$  – среднее квадратичное отклонение значений  $P$  за период; среднее значение  $P - \bar{P}$ , определяется как среднее арифметическое значений  $P$  за периоды наблюдения, а именно:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n \frac{P[i]}{n}, \quad (11)$$

где  $P[i]$  – значение  $P$  в  $i$ -м периоде;

$n$  – количество моментов времени, в течение которых рассчитывается  $\sigma_P[i]$  [3; 4];

$\sigma_{IV}$  – среднее квадратичное отклонение значений  $IV$  от  $\mu_3$ , определяется по формуле

$$\sigma_{IV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (IV[i] - \bar{IV})^2}{n-1}}, \quad (12)$$

где  $\sigma_{IV}$  – среднее квадратичное отклонение значений  $IV$  за период;  $\bar{IV}$  – среднее значение  $IV$ , определяется как среднее арифметическое значений  $IV$  за периоды наблюдения, а именно:

$$\bar{IV} = \sum_{i=1}^n \frac{IV[i]}{n}, \quad (13)$$

где  $IV[i]$  – значение  $IV$  в  $i$ -м периоде;

$n$  – количество моментов времени, в течение которых рассчитывается  $\sigma_{IV}$  [1; 12–14];

CNP – текущие чистые позиции;

PNP – плановые чистые позиции;

$H$  – максимальный лимит открытия дельта-нейтральных позиций (определяется максимально допустимым отношением CNP к сумме CNP и PNP), измеряется в процентах;

$W$  – количество попыток открыть дельта-нейтральную позицию в случае неисполнения (или неполного исполнения) выставленных заявок;

$v_1$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_3$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для открытия дельта-нейтральной позиции;

$v_2$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_3$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для закрытия дельта-нейтральной позиции в случае увеличения  $IV$ ;

$v_3$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_3$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для закрытия дельта-нейтральной позиции в случае уменьшения  $IV$ ;

$z_1$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_2$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для закрытия дельта-нейтральной позиции в случае увеличения  $P$ ;

$z_2$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_2$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для закрытия дельта-нейтральной позиции в случае уменьшения  $P$ ;

$d_1$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_1$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для открытия дельта-нейтральной позиции;

$d_2$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_1$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для рехеджирования дельта-нейтральной позиции в случае увеличения  $\Delta$ ;

$d_3$  – количество среднее квадратичных отклонений от  $\mu_1$ , при достижении которого выполняется 1 из условий для рехеджирования дельта-нейтральной позиции в случае уменьшения  $\Delta$ .

CF – текущее количество открытых позиций по фьючерсам;

NO – количество опционов колл при рехеджировании или первичном открытии длинной позиции по IV (оно остается неизменным с момента первичного открытия длинной позиции по IV до момента ее полного закрытия и не меняется при проведении рехеджирования);

BF – количество фьючерсов, которые необходимо купить для достижения дельта-нейтрального баланса;

SF – количество фьючерсов, которые необходимо продать для достижения дельта-нейтрального баланса.

Условие 1 – условие для открытия новой или удержания текущей дельта-нейтральной позиции.

Условие 2 – условие для открытия новой дельта-нейтральной позиции.

## 2. Разработка алгоритма

### 1. Алгоритм для длинной торговли волатильностью на базе дельта-нейтральной стратегии с учетом нескольких параметров

1. Выполнить «Ввод исходных параметров».
2. Оценка времени  $t$  до экспирации опционов колл и фьючерсов на базовый актив.
3. Если  $t \geq T$ , то рассчитать текущее значение IV численным методом.
  - 3.1. Если  $t < T$ , то «Закрыть все позиции».
  - 3.2. Отменить все заявки.
  - 3.3. Перейти к опционам колл и фьючерсам со следующей датой экспирации (через 3 месяца после текущей экспирации).
  - 3.4. Перейти к шагу 2.
4. Выполнить «Проверка Условия 1» (условия для открытия новой или удержания текущей дельта-нейтральной позиции).
5. Если «Условие 1» соблюдено, то выполнить «Проверка достижения лимита для открытия новых позиций».
6. Если лимит для открытия новых позиций не превышен, то выполнить «Проверка Условие 2».
7. Если «Условие 2» не выполнено, «Открыть дельта-нейтральную позицию».
8. Выполнить «Проверка наличия открытой дельта-нейтральной позиции».
9. Если в наличии есть открытая дельта-нейтральная позиция, скопировать текущее значение  $\Delta$ .
- 9.1. Иначе перейти к шагу 2.
10. Если  $\Delta \geq (\mu_1 + \sigma\Delta \times d_2)$  или  $\Delta \leq (\mu_1 + \sigma\Delta \times d_3)$ , выполнить «Рехеджирование».
11. Перейти к шагу 2.

#### 1.1. Ввод исходных параметров

1. Ввод значения I.
2. Ввод значения T.
3. Ввод значения H.
4. Ввод значения W.
5. Ввод значения  $v_1$ .
6. Ввод значения  $v_2$ .
7. Ввод значения  $v_3$ .
8. Ввод значения  $z_1$ .
9. Ввод значения  $z_2$ .
10. Ввод значения  $d_1$ .
11. Ввод значения  $d_2$ .
12. Ввод значения  $d_3$ .

При этом должно выполняться условие:

$$d_3 < d_1 < d_2 \quad (14)$$

#### 1.2. Проверка Условия 1

1. Если  $IV \in [\mu_3 + \sigma IV \times v_3; \mu_3 + \sigma IV \times v_2]$ ,  $P \in [\mu_2 + \sigma P \times z_2; \mu_2 + \sigma P \times z_1]$ ,  $\Delta \in [\mu_1 + \sigma \Delta \times d_2; \mu_1 + \sigma \Delta \times d_3]$ , Условие 1 считается выполненным.

1.1. Иначе Условие 1 считается не выполненным.

#### 1.3. Проверка Условия 2

1. Если  $IV < (\mu_3 + \sigma_{IV} \times v_1)$  и  $\Delta < (\mu_1 + \sigma_{\Delta} \times d_1)$ , то Условие 2 считается выполненным.

1.1. Иначе Условие 2 считается невыполненным.

#### 1.4. Открыть дельта-нейтральную позицию

1. Выставить заявки на покупку опционов колл (с ближайшим страйком к текущей цене базового актива, т. е. фьючерса, по текущей теоретической цене опциона) в количестве равном частному от деления  $1/3$  доступных PNP в рамках  $H$  на размер гарантийного обеспечения для покупки 1 опциона колл. (Коэффициент  $1/3$  подобран оценочно и приближенно для текущей версии алгоритма; в следующей версии алгоритма рекомендуется усовершенствовать метод расчета максимального количества покупаемых опционов колл в рамках  $H$ .)

2. Проверить исполнение заявки через 5 секунд после выставления.

3. Если заявка на покупку опционов колл исполнилась полностью, то необходимо «Продать фьючерсы».

3.1. Если заявка исполнилось частично, то необходимо:

• «Продать фьючерсы».

• Отменить заявку на покупку опционов колл.

3.2. Если в течение 5 секунд она не сработала, то необходимо:

• Отменить заявку на покупку опционов колл.

• Если количество итераций по выполнению текущего блока  $\leq W$ , то перейти на шаг 1.

#### 1.5. Закрывать все позиции

1. Выставить заявку на продажу опционов колл (лимитированная заявка по текущей теоретической цене опционов колл).

2. Проверить исполнение заявки через 5 секунд после выставления.

3. Если заявка на продажу опционов колл исполнилось полностью, то необходимо «Купить фьючерсы».

3.1. Если заявка исполнилось частично, то необходимо:

• «Купить фьючерсы».

• Отменить заявку на продажу опционов колл.

• Перейти на шаг 1.

3.2. Если заявка не сработала, то необходимо:

• Отменить заявку на продажу опционов колл.

• Перейти на шаг 1.

#### 1.6. Рехеджирование

1. Выполнить «Проверка достижения лимита для открытия новых позиций».

2. Если лимит для открытия новых позиций не превышен:

• Если  $\Delta \geq (\mu_1 + \sigma_{\Delta} \times d_2)$ , то «Продать фьючерсы».

• Если  $\Delta \leq (\mu_1 + \sigma_{\Delta} \times d_3)$ , то «Купить фьючерсы».

##### 1.6.1. Продать фьючерсы

1. Выставляется заявка на продажу фьючерсов в количестве, которого не хватает до текущего количества ранее купленных опционов колл, умноженного на  $\Delta$ , по текущей рыночной цене и которое определяется по формуле

$$SF = NO \times \Delta - CF \quad (15)$$

Предлагается на практике намеренно выставить заявку ниже лучшей цены спроса, например, на 2 %, чтобы продажа прошла по лучшей цене, даже если он успеет незначительно измениться при выставлении заявки.

2. Проверить исполнение заявки через 5 секунд после выставления.

3. Если заявка в течение 5 секунд не исполнилась или исполнилось частично, отменить заявку на продажу оставшихся фьючерсов.

3.1. Иначе завершить «Продать фьючерсы»

4. Выполнить «Проверка соблюдения дельта-нейтрального баланса».

5. Если есть нарушение дельта-нейтрального баланса из-за избытка фьючерсов, нужно перейти на шаг 1.

5.1. Если нарушение дельта-нейтрального баланса произошло из-за недостатка фьючерсов, то нужно «Купить фьючерсы».

5.2. Если нет нарушение дельта-нейтрального баланса, завершить «Продать фьючерсы».

### 1.6.2. Купить фьючерсы

1. Выставляется заявка на закрытие коротких позиций по фьючерсам в таком количестве, чтобы их общее количество стало равно количеству ранее купленных опционов колл, умноженному на  $\Delta$ , по текущей рыночной цене и которое определяется по формуле

$$BF = CF - NO \times \Delta. \quad (16)$$

Выставление заявок в автоматической торговой системе, генерируемых на базе разработанного алгоритма, должно осуществляться с помощью торгового терминала (например, QUIK) [1; 2]. Следует заметить, что при разработке указанного алгоритма некоторые рекомендации из более ранней работы [1] были скорректированы. Можно выделить следующие ключевые изменения:

– в новой версии алгоритма открытие дельта-нейтральной позиции начинается в случае «прокола», т. е. пересечение текущего значения  $IV$  сверху вниз по аналогии с открытием длинной позиции по акции при «проколе» уровня поддержки сверху вниз. Ранее условием открытия дельта-нейтральной позиции было пересечение  $IV$  заданного значения снизу вверх (аналог покупки акций при «пробое» уровня сопротивления снизу вверх). Такое изменение связано с более удобной формализацией указанного условия и устранением необходимости в описании исключительных ситуаций;

– в новой версии алгоритма рехеджирование происходит, если  $\Delta \geq (\mu_1 + \sigma \Delta \times d_2)$  или  $\Delta \leq (\mu_1 + \sigma \Delta \times d_3)$ , без фиксации значений  $\Delta$  на предыдущем шаге. Такое изменение связано прежде всего с более удобной формализацией указанного условия и устранением необходимости в описании исключительных ситуаций;

– проверка пересечения значением  $\Delta$  своей «нижней» локальной границы, находящейся на расстоянии  $\sigma \Delta \times d_1$  от  $\mu_1$ , теперь осуществляется только при проверке Условия 2 об открытии дельта-нейтральной позиции. При рехеджировании пересечение этой локальной границы в новой версии алгоритма больше не контролируется, т. к. рехеджирование было решено осуществлять только при пересечении «самой верхней» и «самой нижней» границы  $\Delta$ , которые находятся на расстоянии  $\sigma \Delta \times d_2$  и  $\sigma \Delta \times d_3$  от  $\mu_1$  соответственно;

– в новой версии алгоритма для формирования дельта-нейтральной позиции используется сочетание опционов колл и коротких позиций по базовому активу, т. к., в отличие от опционов пут и длинной позиции по базовому активу, и они соответствуют предложенному в более ранней работе диапазону  $\Delta$  (от 0 до 1) и правилам изменения этой величины;

– заявку рекомендуется намеренно выставлять на 2 % ниже лучшей цены спроса и выше лучшей цены предложения, а не на 20 %, как в более ранней версии;

– в новой версии алгоритма скорректированы варианты таймфреймов: 1 минута, 5 минут, 10 минут, 1 час, 4 часа, 1 день.

2. Проверить исполнение заявки через 5 секунд после выставления.

3. Если заявка в течение 5 секунд не исполнилась или исполнилась частично, отменить заявку на покупку оставшихся фьючерсов.

3.1. Иначе завершить «Купить фьючерсы»

4. Выполнить «Проверка соблюдения дельта-нейтрального баланса». (Это необходимо потому, что если заявка исполнилась только частично или не исполнилась совсем, то за это время значение  $\Delta$  может измениться, и поэтому требуются дополнительные расчеты, чтобы купить фьючерсы в том количестве, которое необходимо на текущий момент, а не в начале процедуры по покупке фьючерсов.)

5. Если есть нарушение дельта-нейтрального баланса из-за избытка коротких позиций по фьючерсам, то нужно перейти на шаг 1.

5.1. Если нарушение дельта-нейтрального баланса произошло из-за недостатка коротких позиций по фьючерсам, то нужно «Продать фьючерсы».

5.2. Если нет нарушения дельта-нейтрального баланса, т. е.  $NO \times \Delta = CF$ , завершить «Купить фьючерсы».



**1.6.3. Проверка достижения лимита для открытия новых позиций**

1. Скопировать значение CNP из торгового терминала.
2. Скопировать значение PNP из торгового терминала.
3. Если  $\frac{CNP}{CNP + PNP} \leq H$ , значит, лимит для открытия новых позиций не превышен.
- 3.1. Иначе лимит для открытия новых позиций превышен

**1.6.1.1. Проверка нарушения дельта-нейтрального баланса**

1. Если  $CF = NO \times \Delta$ , значит, нет нарушения дельта-нейтрального баланса.
- 1.1. Если  $CF < NO \times \Delta$ , значит, есть нарушение дельта-нейтрального баланса из-за недостатка коротких позиций по фьючерсам.
- 1.2. Если  $CF > NO \times \Delta$ , значит, есть нарушение дельта-нейтрального баланса из-за избытка коротких позиций по фьючерсам.

Более детально алгоритм для длинной торговли волатильностью на базе дельта-нейтральной стратегии с учетом нескольких параметров представлен на рисунках ниже в виде BPMN-диаграммы (рис. 1).

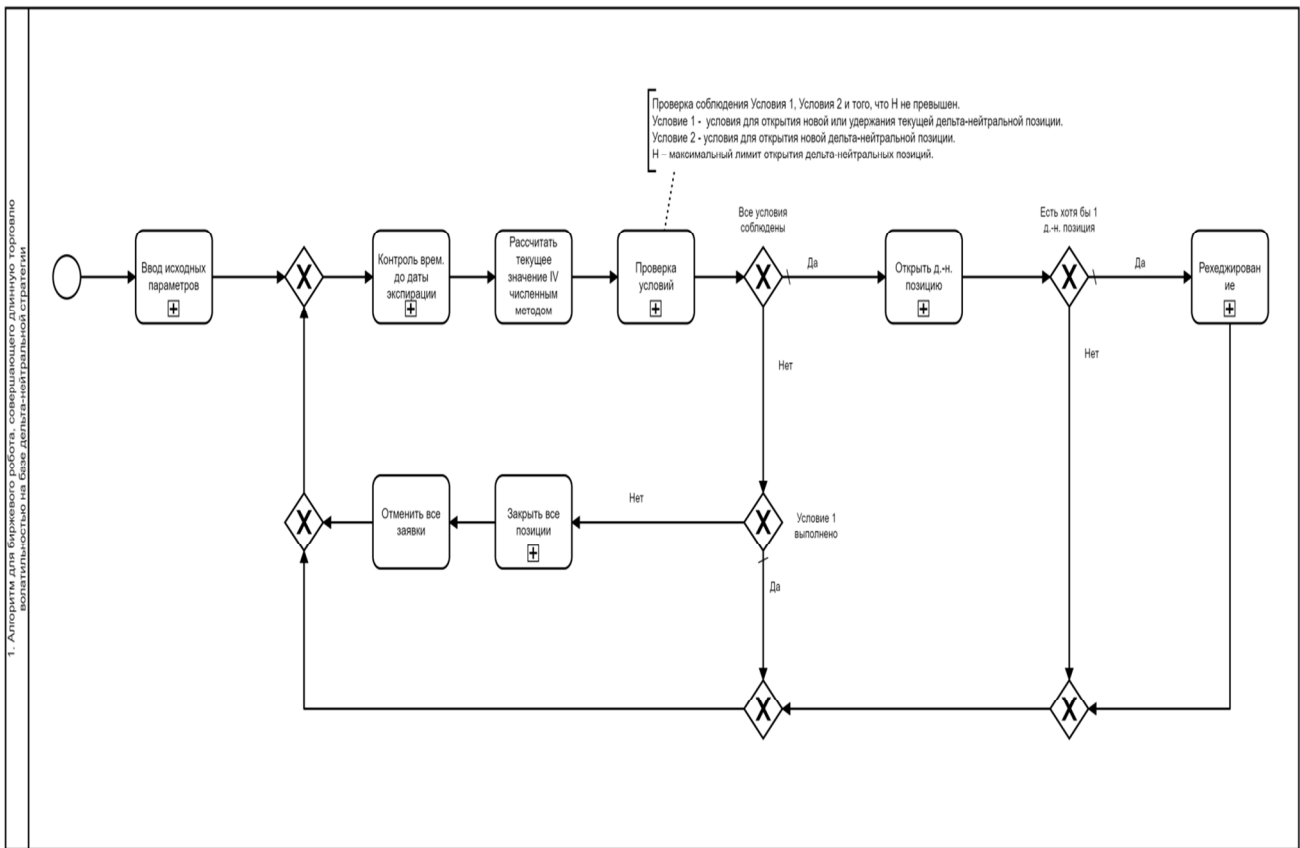


Рисунок 1 – BPMN-диаграмма алгоритма обнаружения индикаторов, прогнозирующих динамику цен финансовых инструментов

Figure 1 – BPMN-diagram of the algorithm for detecting indicators that predict the price dynamics of financial instruments.

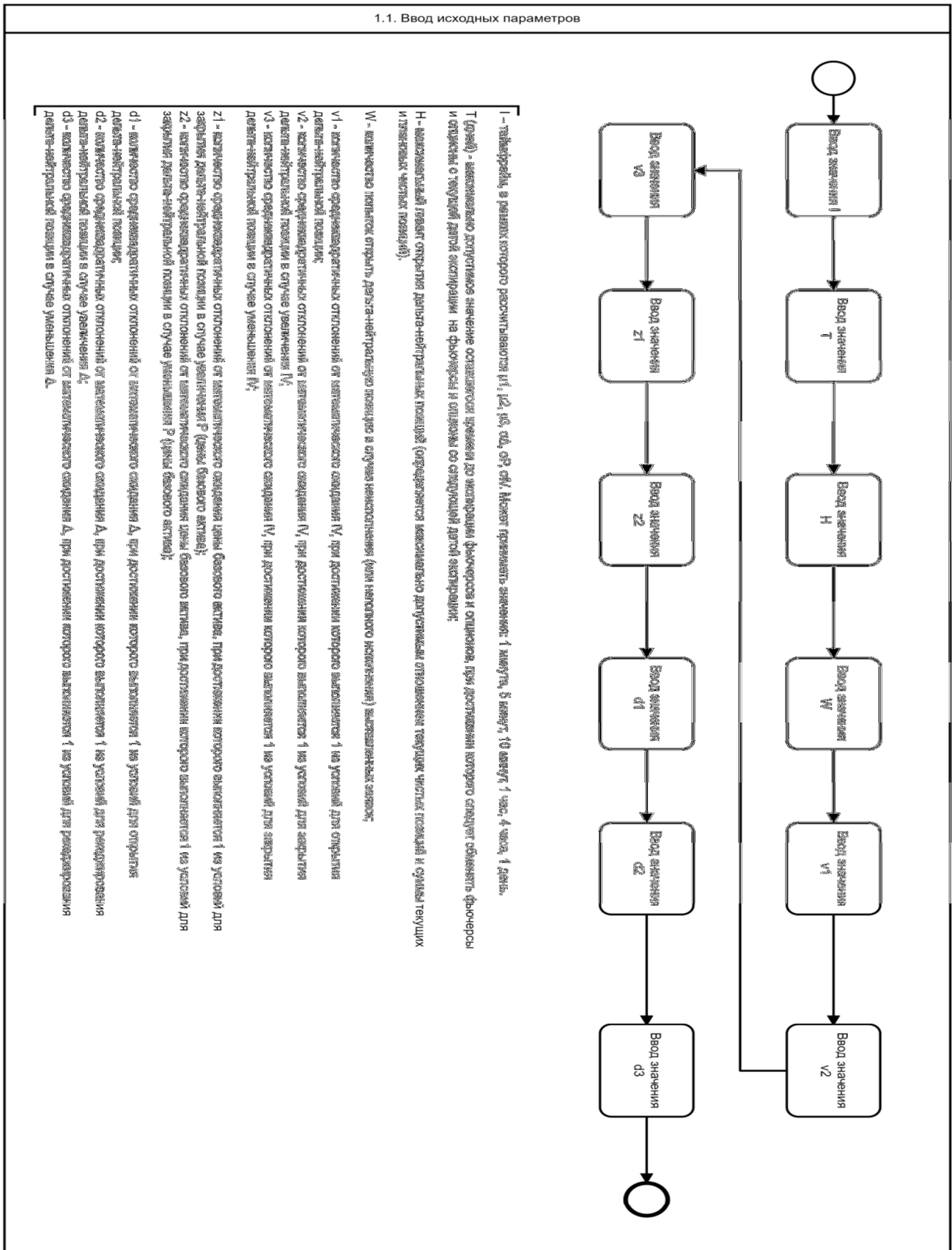


Рисунок 1.1 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за ввод исходных параметров  
 Figure 1.1 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for entering the initial parameters

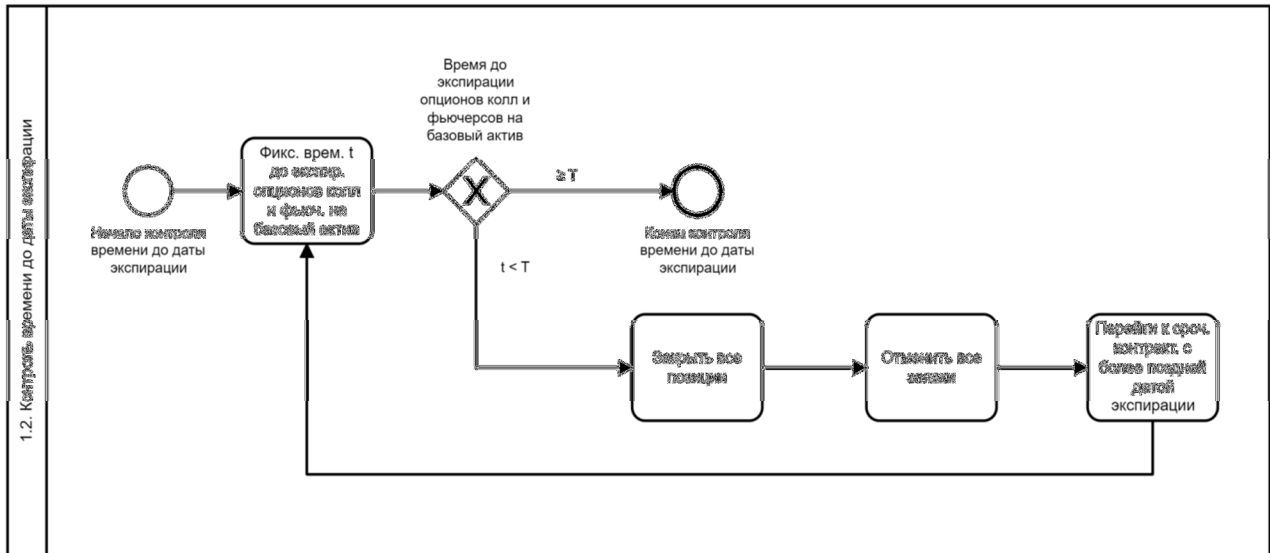


Рисунок 1.2 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за контроль времени до даты экспирации.

Figure 1.2 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for controlling the time to the expiration date

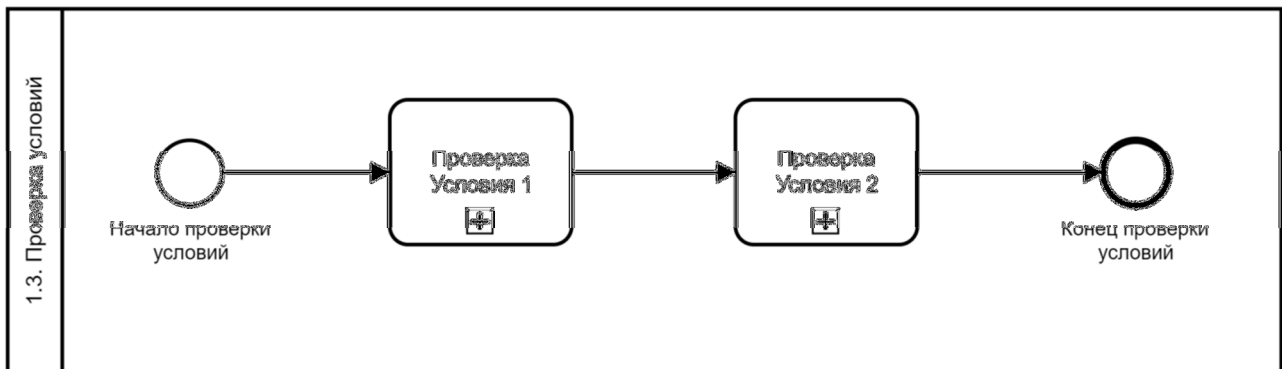


Рисунок 1.3 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за проверку условий

Figure 1.3 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for checking the conditions

Предложенный метод длинной торговли волатильностью предназначен для получения инвестиционного результата с более высокими показателями результативности (в частности, доходности и упрощенного коэффициента Шарпа), чем существующие аналоги. Доказательству указанного предположения, уточнению предложенного алгоритма и подбору его оптимальных параметров будут посвящены отдельные работы. Особое внимание следует уделить выбору численного метода для автоматического расчета IV и уточнению правил определения максимально допустимого количества лотов для открытия очередной позиции по опционам и фьючерсам с учетом установленного лимита. Кроме результата от инвестиций применение стратегии способствует увеличению ликвидности торгуемых на бирже инвестиционных активов, увеличивает поступление налогов, биржевых сборов и комиссий, что приносит большую социально-экономическую пользу. Автоматизация стратегии значительно упрощает расчеты, повышает скорость принятия решений и способна значительно увеличить количество сделок, совершаемых на финансовых рынках, что способствует приближению последних к состоянию эффективности. Кроме того, автоматический расчет оптимальных значений параметров метода способен внести существенный вклад в теоретические исследования модификаций методов торговли волатильностью [1; 15–17]

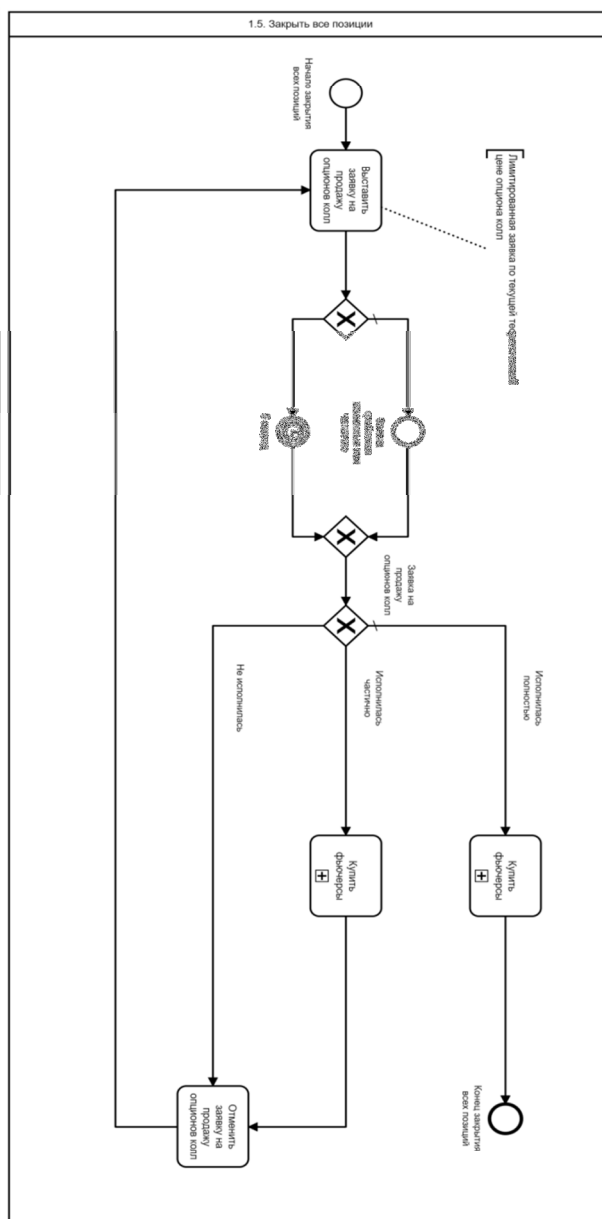
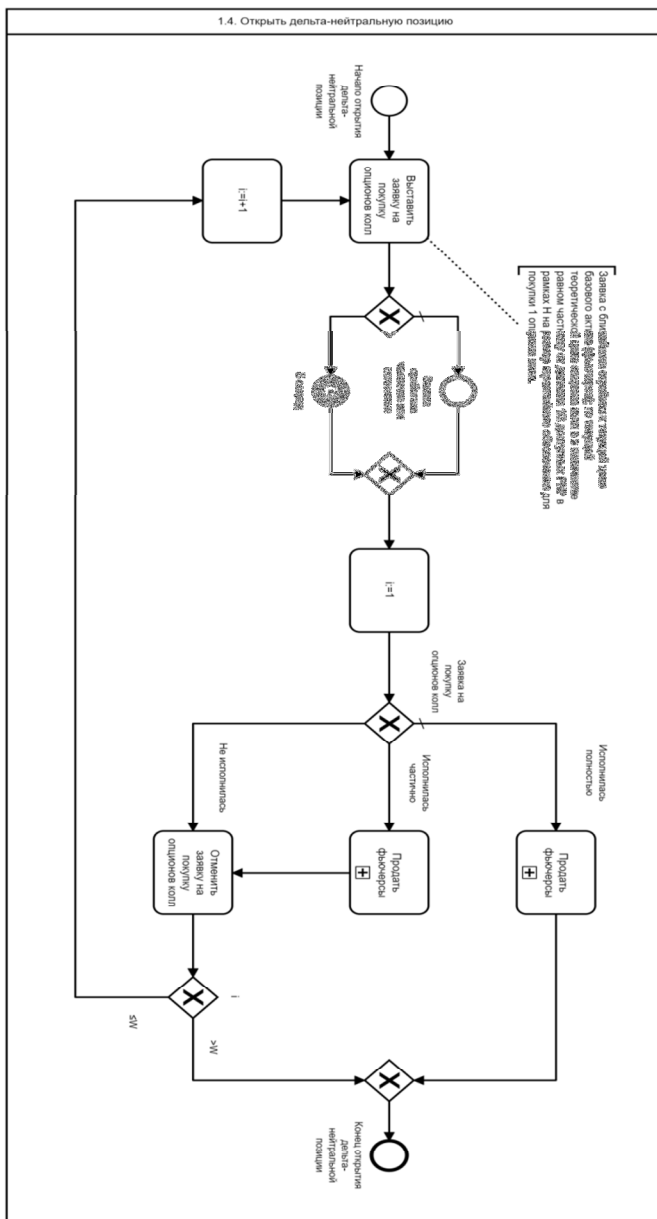


Рисунок 1.4 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за открытие дельта-нейтральной позиции

Figure 1.4 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for opening a delta-neutral position

Рисунок 1.5 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за закрытие всех позиций

Figure 1.5 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for closing all positions

**Полученные результаты и выводы**

1. Математически обоснованы условия открытия длинной позиции по IV, удержания и закрытия дельта-позиций.
2. Разработан алгоритм для торговли волатильностью на основе формулы Блека – Шоулза и среднеквадратичного отклонения подразумеваемой волатильности от своего математического ожидания.
3. Разработана диаграмма, выполненная в нотации BPMN 2.0, для иллюстрации алгоритма по торговле волатильностью.
4. Обоснована ценность автоматизации указанного алгоритма. Эксплуатация автоматических торговых систем, разработанных на его основе, значительно упрощает расчеты, повышает скорость принятия решений и способна значительно увеличить количество сделок, совершаемых на финансовых рынках, что способствует приближению последних к состоянию эффективности.

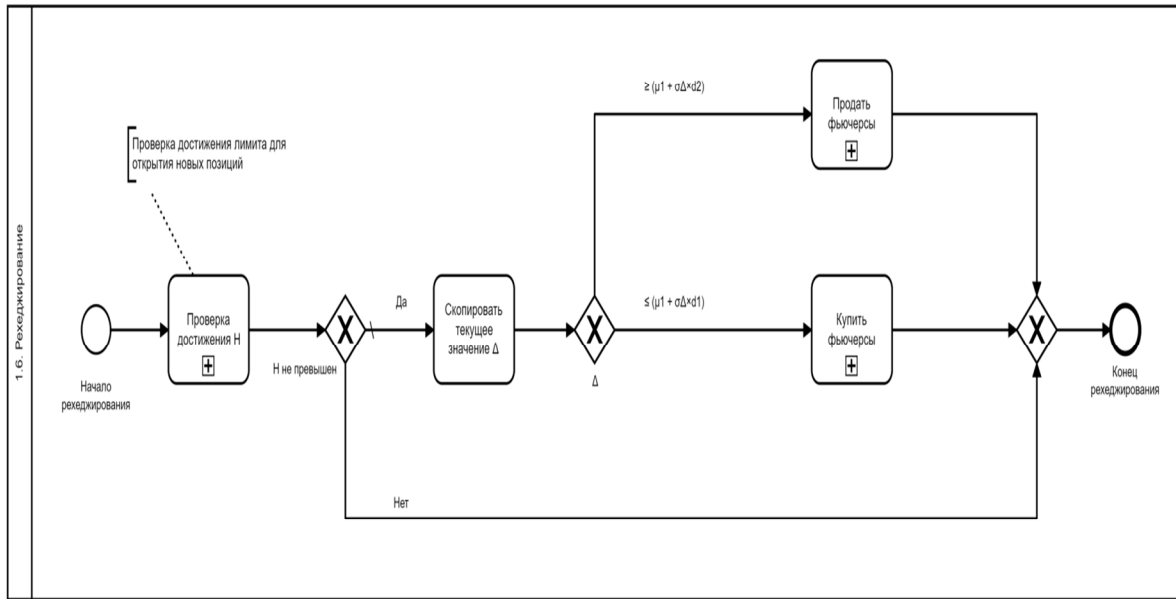


Рисунок 1.6 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за рехеджирование  
 Figure 1.6 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for rehedging

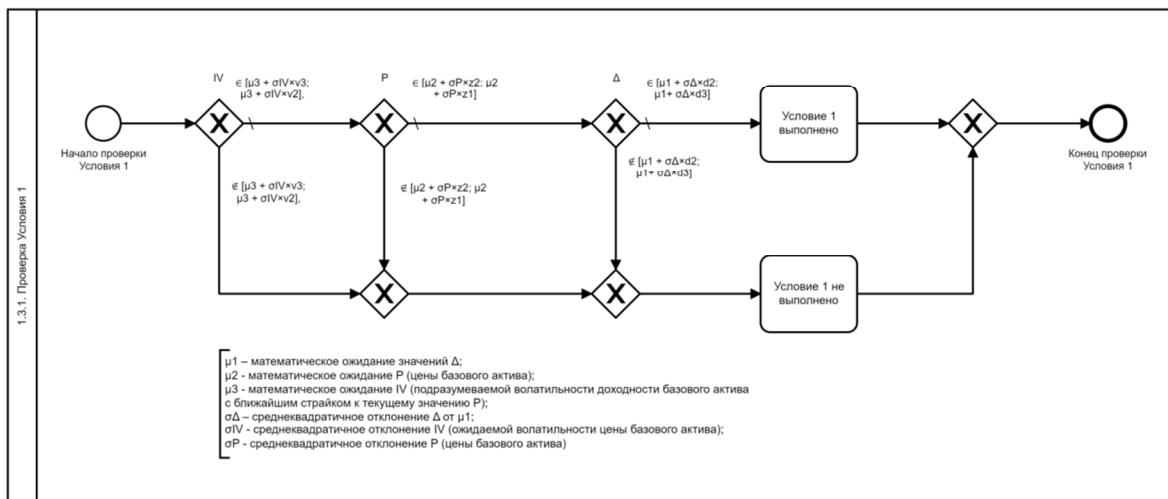


Рисунок 1.3.1 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за проверку Условия 1  
 Figure 1.3.1 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for checking Condition 1

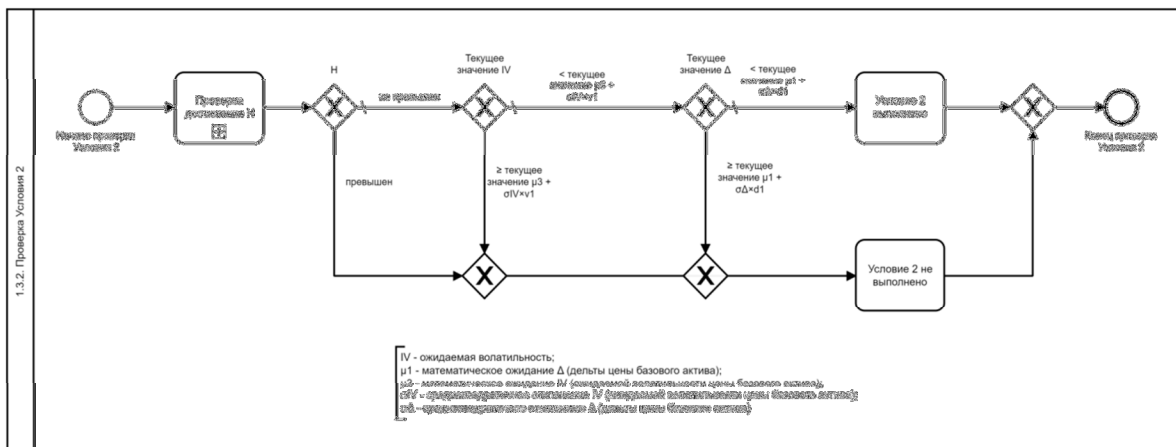


Рис. 1.3.2 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за проверку Условия 2  
 Figure 1.3.2 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for checking Condition 2

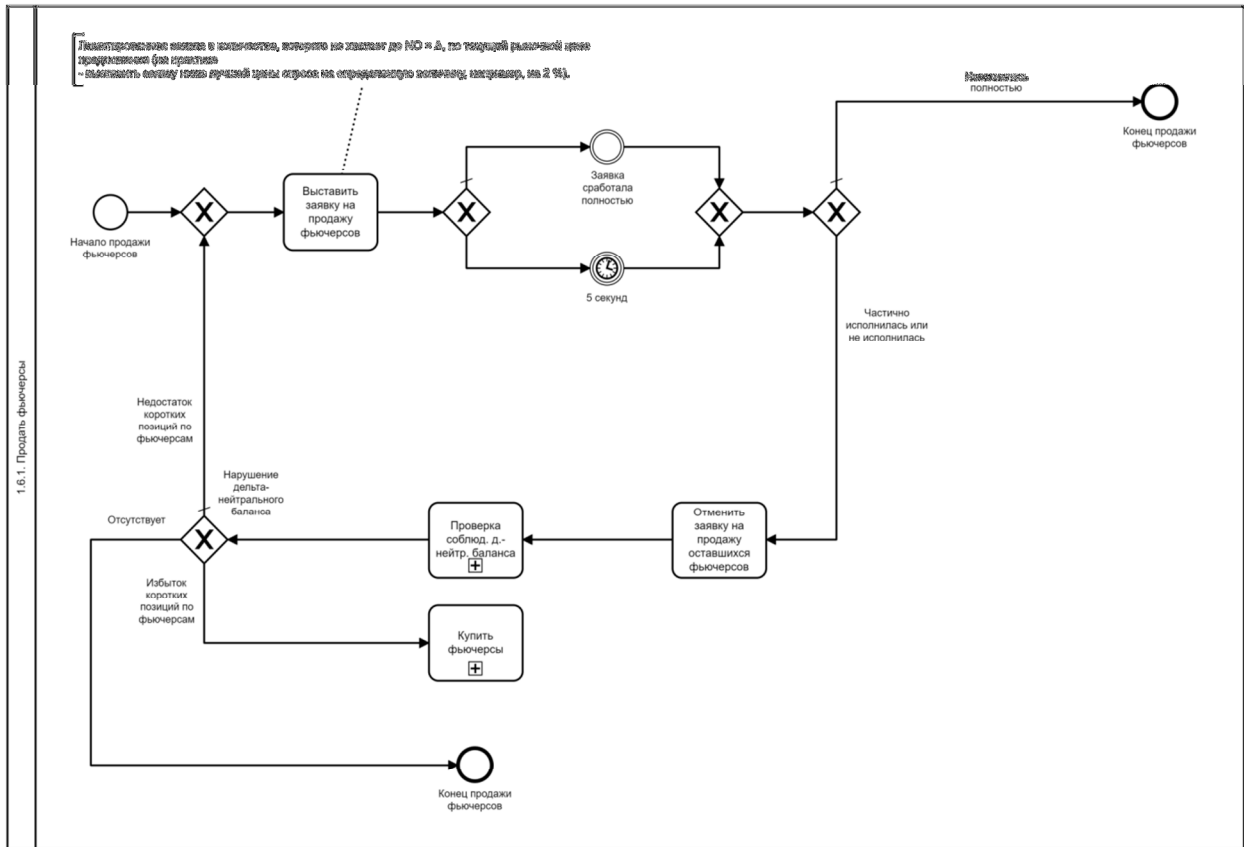


Рис. 1.6.1. BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за продажу фьючерсов  
 Figure 1.6.1 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for selling futures

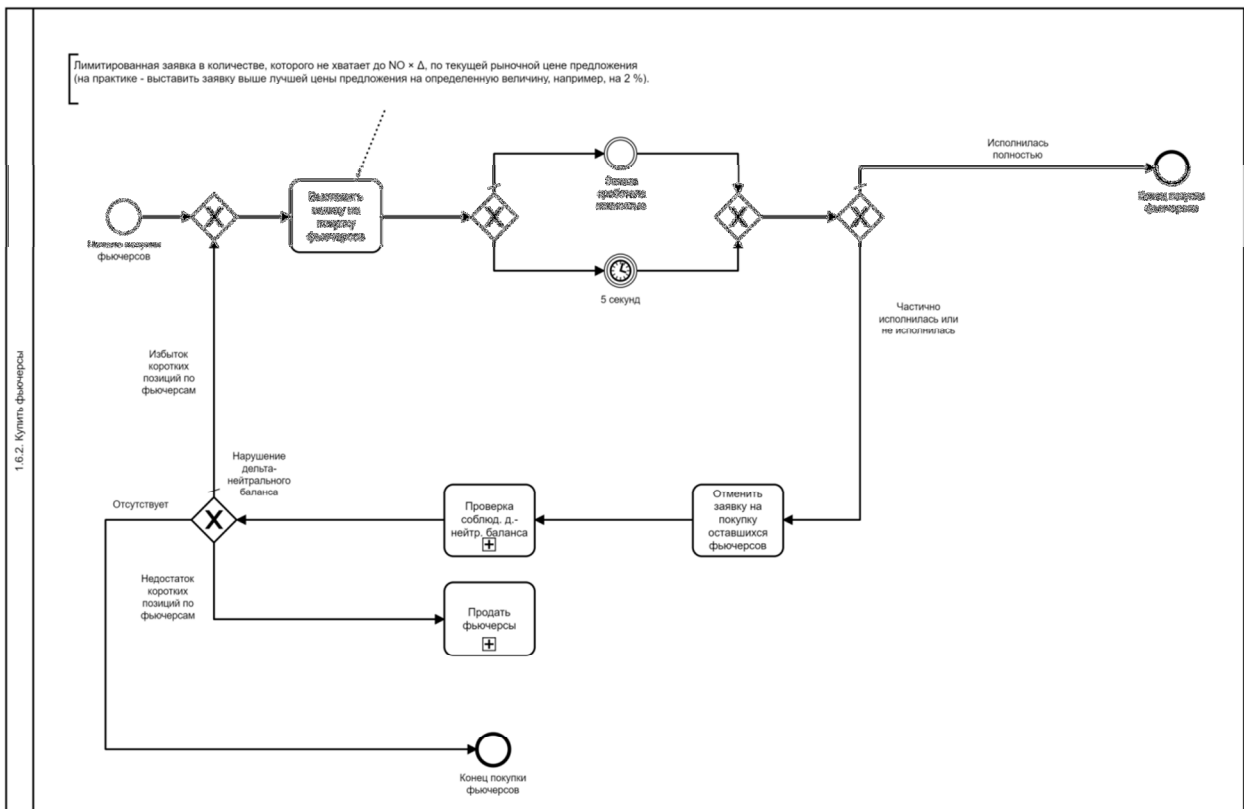


Рисунок 1.6.2– BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за покупку фьючерсов  
 Figure 1.6.2 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for buying futures

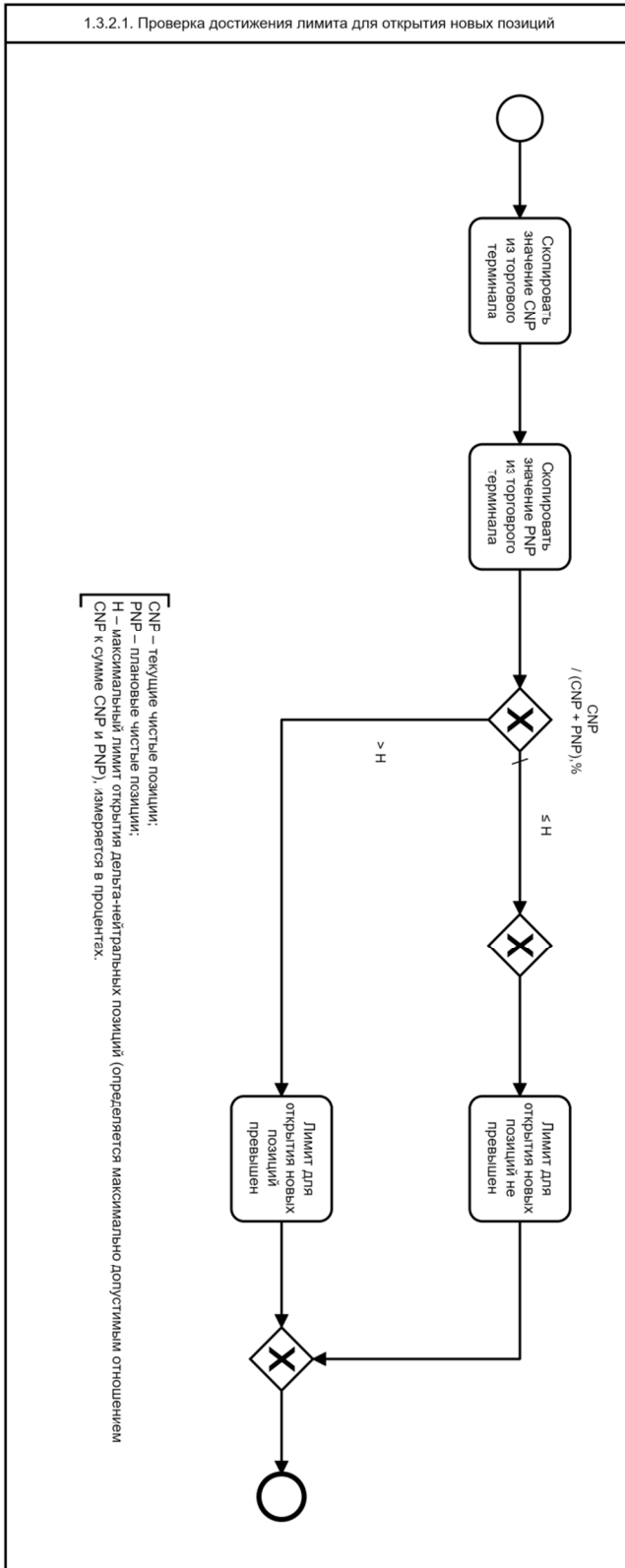


Рисунок 1.3.2.1 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за проверку достижения лимита для открытия новых позиций  
 Figure 1.3.2.1 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for checking if the limit has been reached to open new positions

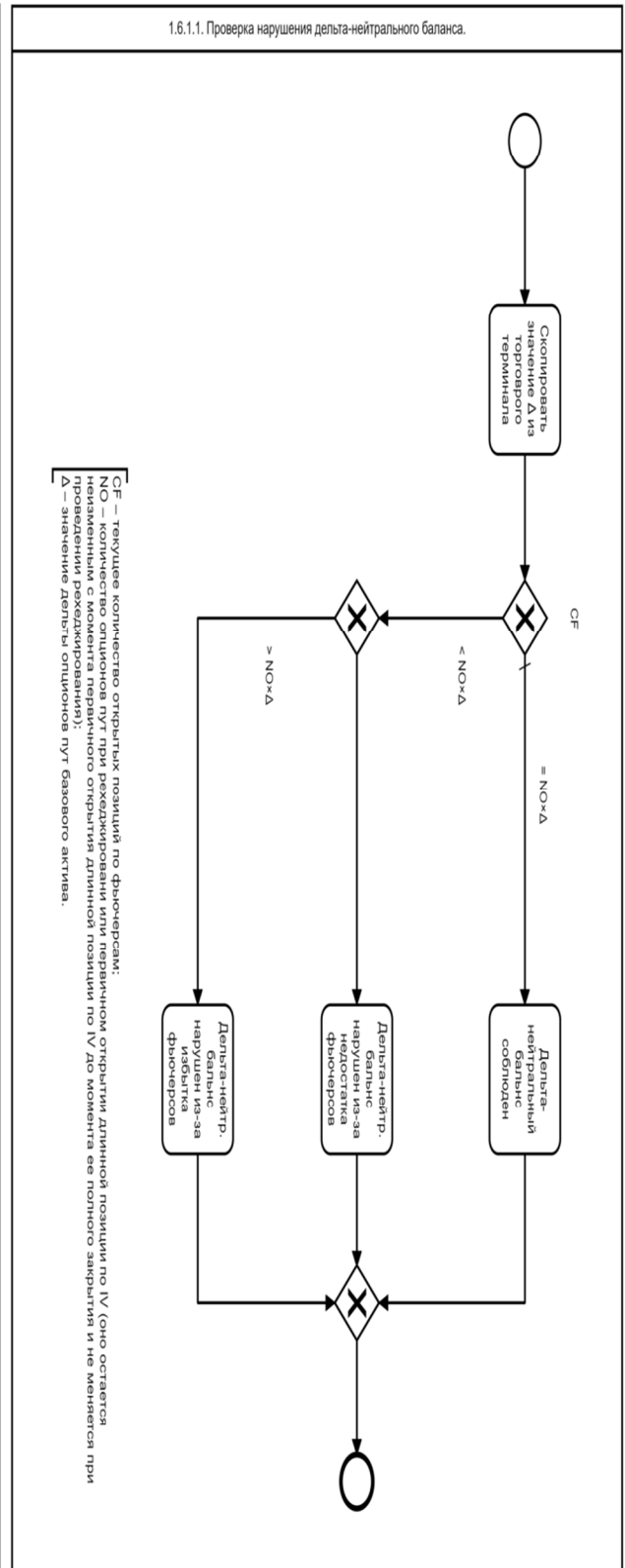


Рисунок 1.6.1.1 – BPMN-диаграмма части алгоритма, отвечающая за проверку нарушения дельта-нейтрального баланса  
 Figure 1.6.1.1 – BPMN diagram of the part of the algorithm responsible for checking for violation of the delta-neutral balance

### Библиографический список

1. Плотников А.П., Глазков В.П., Шишлов Р.А. Модификация методов длинной торговли волатильностью на базе дельта – нейтральной стратегии // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. Т. 12, № 3. С. 70–79. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-3-70-79>. EDN: <https://www.elibrary.ru/bargsy>.
2. Plotnikov A.P., Shishlov R.A., Kazakova F.A., Bakieva M.Y. Automation of the Transaction Strategy with Shares Based on the Government Bonds' Yield Curve // Proceedings of the 37th International-Business-Information-Management-Association SHS Web of Conferences, Cordoba, Spain. URL: <https://ibima.org/accepted-paper/automation-of-the-transaction-strategy-with-shares-based-on-the-government-bonds-yield-curve>.
3. Конноли К. Покупка и продажа волатильности / пер. с англ. В.В. Найденова, А.В. Бушуева. Москва: ИК «Аналитика», 2006. 264 с. URL: <https://forex-method.ru/konnolli-pokupka-i-prodazha-volatilnosti-skachat-knigu-pdf#>.
4. Натенберг Ш. Опционы: Волатильность и оценка стоимости. Стратегии и методы опционной торговли / Шелдон Натенберг; пер. с англ. 2-е изд. Москва: Альпина Паблишер, 2011. 544 с. URL: [http://megaworld.com/upload/iblock/216/pdf\\_mobilnaya\\_versiya\\_bk\\_1643\\_opciony\\_volatilnost\\_i\\_ocenka\\_stoimosti\\_strategii\\_i\\_metody\\_opcionnoy\\_torgovli\\_sheldon\\_natenbergbook.a6.pdf](http://megaworld.com/upload/iblock/216/pdf_mobilnaya_versiya_bk_1643_opciony_volatilnost_i_ocenka_stoimosti_strategii_i_metody_opcionnoy_torgovli_sheldon_natenbergbook.a6.pdf).
5. Люю Ю-Д. Методы и алгоритмы финансовой математики / Ю-Д. Люю; пер. с англ. – 2-е изд. (эл.). Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 754 с.). Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 754 с. URL: [https://www.rulit.me/data/programs/resources/pdf/Metody-i-algoritmy-finansovoy-matematiki\\_RuLit\\_Me\\_620530.pdf](https://www.rulit.me/data/programs/resources/pdf/Metody-i-algoritmy-finansovoy-matematiki_RuLit_Me_620530.pdf). (Математика и финансы).
6. Заяц С.А., Волков А.К. Моделирование динамики кривой подразумеваемой волатильности опционов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 544. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21162979>. EDN: <https://elibrary.ru/rvcvvh>.
7. Рыбаков А.А., Цаплин А.И. Дельта-нейтральное динамическое хеджирование // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2010. № 2 (46). С. 39–41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14865678>. EDN: <https://elibrary.ru/mnhym1>.
8. Торопов А.В., Иванов Д.В., Шполянский Ю.А. Применение теоретического ценообразования опционов в автоматических торговых стратегиях // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2 (84). С. 136–141. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18949271>. EDN: <https://elibrary.ru/pyrird>.
9. Смирнов Ф.А. Актуальность стратегии хедж-фондов «торговля волатильностью» в эпоху нового финансового мышления // Биржа интеллектуальной собственности. 2011. Т. 10, № 11. С. 25–30. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17099661>. EDN: <https://www.elibrary.ru/myucfk>.
10. Augen J. The volatility edge in options trading: new technical strategies for investing in unstable markets. New Jersey: FT Press, 2008, 280 p. URL: [https://books.google.ru/books?id=rzklOApZdsC&redir\\_esc=y](https://books.google.ru/books?id=rzklOApZdsC&redir_esc=y).
11. Шишлов Р.А. Фьючерсы и опционы: преимущества, недостатки, особенности практического применения // Инновационные процессы в экономике и бизнесе: научный взгляд: материалы II междунар.науч.-практ. конф., г. Саратов, 12 апр. 2017 г. Саратов, 2017. С. 160–169. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29887639>. EDN: <https://www.elibrary.ru/zeauvt>.
12. Буренин А.Н. Форварды, фьючерсы, опционы, экзотические и погодные производные. Москва: НТО имени С.И. Вавилова, 2013. 704 с. URL: <https://institutiones.com/download/books/1595-forvardy-fyuchersy-opciony.html>.
13. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. 9-е изд., стер. Москва: Высш. шк., 2003. 479 с.: ил. URL: [http://lib.maupfib.kg/wp-content/uploads/2015/12/Teoria\\_veroatnosti\\_mat\\_stat.pdf](http://lib.maupfib.kg/wp-content/uploads/2015/12/Teoria_veroatnosti_mat_stat.pdf).
14. Карпенко А.В., Маршалов Э.С. Статистика: учебно-методическое пособие для студентов всех форм обучения направления подготовки «Экономика». Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт. 2014. 164 с.
15. Ананченко И.В., Мусаев А.А. Торговые роботы и управление в хаотических средах: обзор и критический анализ // Информатика и автоматизация (Труды СПИИРАН). 2014. № 3 (34). С. 178–203. URL: <http://proceedings.spiiras.nw.ru/index.php/sp/article/view/1868>. DOI: <https://doi.org/10.15622/sp.34.9>.



16. Michael Lewis. Flash Boys. Москва: ИЛИ, 2015. 320 с. URL: <https://knigopoiisk.com/files/2017/03/Flash-Boys.-vysokochastotnaya-revolyuciya-na-uoll-strit.a4.pdf>.
17. Маркман Ёон. Свинг-трейдинг. Мощные стратегии уменьшения риска и увеличения прибыли. Москва: Smart Book, 2017. 312 с. URL: <https://www.libfox.ru/624252-yon-markman-sving-treyding-moshchnye-strategii-umensheniya-riska-i-velicheniya-pribyli.html#>.

## References

1. Plotnikov A.P., Glazkov V.P., Shishlov R.A. Modification of long-term volatility trading methods based on a delta-neutral strategy. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2021, vol. 12, no. 3, pp. 70–79. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-3-70-79>. EDN: <https://www.elibrary.ru/bargsy>. (In Russ.)
2. Plotnikov A.P., Shishlov R.A., Kazakova F.A., Bakieva M.Y. Automation of the Transaction Strategy with Shares Based on the Government Bonds' Yield Curve. *Proceedings of the 37th International-Business-Information-Management-Association SHS Web of Conferences, Cordoba, Spain*. Available at: <https://ibima.org/accepted-paper/automation-of-the-transaction-strategy-with-shares-based-on-the-government-bonds-yield-curve/>.
3. Connolly K. Buying and selling volatility. Translated from English by Naidenov V.V., Bushuev A.V. Moscow: IK «Analitika», 2006, 264 p. Available at: <https://forex-method.ru/konnolli-pokupka-i-prodazha-volatilnostiskachat-knigu-pdf>. (In Russ.)
4. Natenberg Sh. Options: Volatility and valuation. Strategies and methods of option trading; translation from English. 2<sup>nd</sup> edition. Moscow: Al'pina Publisher, 2011, 544 p. Available at: [http://megaworld.com/upload/iblock/216/pdf\\_mobilnaya\\_versiya\\_bk\\_1643\\_opciony\\_volatilnost\\_i\\_ocenka\\_stoimosti\\_strategii\\_i\\_metody\\_opcionnoy\\_torgovli\\_sheldon\\_natenbergbook.a6.pdf](http://megaworld.com/upload/iblock/216/pdf_mobilnaya_versiya_bk_1643_opciony_volatilnost_i_ocenka_stoimosti_strategii_i_metody_opcionnoy_torgovli_sheldon_natenbergbook.a6.pdf). (In Russ.)
5. Lyuu Yuh-Dauh. Financial Engineering and Computation. Principles, Mathematics, Algorithms; translation from English. 2<sup>nd</sup> edition (electronic). Electronic text data (1 pdf file: 754 p.). Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2014, 754 p. (Mathematics and Finance). Available at: [https://www.rulit.me/data/programs/resources/pdf/Metody-i-algoritmy-finansovoy-matematiki\\_RuLit\\_Me\\_620530.pdf](https://www.rulit.me/data/programs/resources/pdf/Metody-i-algoritmy-finansovoy-matematiki_RuLit_Me_620530.pdf). (In Russ.)
6. Zayats S.A., Volkov A.K. Modeling the dynamics of options implied volatility curve. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 6, p. 544. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21162979>. EDN: <https://elibrary.ru/rvcvvh>. (In Russ.)
7. Rybakov A.A., Tsaplin A.I. Delta-neutral dynamic hedging. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova = Bulletin of Kalashnikov ISTU*, 2010, no. 2 (46), pp. 39–41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14865678>. EDN: <https://elibrary.ru/mnhym1>. (In Russ.)
8. Toropov A.V., Ivanov D.V., Shpolyanskiy Yu.A. Application of theoretical options pricing to algorithmic trading strategies. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2013, no. 2 (84), pp. 136–141. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18949271>. EDN: <https://elibrary.ru/pyrird>. (In Russ.)
9. Smirnov F.A. Topicality of the hedge fund's strategy «volatility trading» in the new era of new financial thinking. *Birzha intellektual'noi sobstvennosti*, 2011, vol. 10, no. 11, pp. 25–30. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17099661>. EDN: <https://www.elibrary.ru/myucfk>. (In Russ.)
10. Augen J. The volatility edge in options trading: new technical strategies for investing in unstable markets. New Jersey: FT Press, 2008, 280 p. Available at: [https://books.google.ru/books?id=rzklOAapZdsC&redir\\_esc=y](https://books.google.ru/books?id=rzklOAapZdsC&redir_esc=y).
11. Shishlov R.A. Futures and options: advantages, disadvantages, peculiarities of the practical application. In: *Innovation processes in economics and business: scientific opinion: materials of the II international research and practical conference, Saratov, April 12, 2017*. Saratov, 2017, pp. 160–169. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29887639>. EDN: <https://www.elibrary.ru/zeauvt>. (In Russ.)
12. Burenin A.N. Forwards, futures, options, exotic and weather derivatives. Moscow: NTO imeni S.I. Vavilova, 2013, 704 p. Available at: <https://institutiones.com/download/books/1595-forvardy-fyuchersy-opciony.html>. (In Russ.)

13. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics: textbook for universities. 9<sup>th</sup> edition, stereotyped. Moscow: Vyssh. shk., 2003, 479 p.: illustrated. Available at: [http://lib.maupfib.kg/wp-content/uploads/2015/12/Teoria\\_veroatnosty\\_mat\\_stat.pdf](http://lib.maupfib.kg/wp-content/uploads/2015/12/Teoria_veroatnosty_mat_stat.pdf). (In Russ.)
14. Karpenko A.V., Marshalov E.S. Statistics: educational and methodological guide for students of all forms of education in the field of «Economics». Rubtsovsk: Rubtsovskii industrial'nyi institute, 2014, 164 p. (In Russ.)
15. Ananchenko I.V., Musaev A.A. Trading Robots and Management in Chaotic Environments: a Review and Critique Analysis. *Informatics and Automation (SPIIRAS Proceedings)*, 2014, no. 3 (34), pp. 178–203. Available at: <http://proceedings.spiiras.nw.ru/index.php/sp/article/view/1868>. DOI: <https://doi.org/10.15622/sp.34.9>. (In Russ)
16. Michael Lewis. Flash Boys: A Wall Street Revolt. Moscow: IL, 2015, 320 p. Available at: <https://knigopoisik.com/files/2017/03/Flash-Boys.-vysokochastotnaya-revolyuciya-na-uoll-strit.a4.pdf>. (In Russ.)
17. Markman Jon. Swing trading. Powerful strategies to reduce risk and increase profits. Moscow: Smart Book, 2017, 312 p. Available at: <https://www.libfox.ru/624252-yon-markman-sving-treyding-moshchnye-strategii-umensheniya-riska-i-uvelicheniya-pribyli.html#>. (In Russ.)