

# АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КУРСА ФЬЮЧЕРСА НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ «ТТФ»

## ANALYSIS AND FORECASTING OF THE «TTF» NATURAL GAS FUTURES RATE DYNAMICS

**T. Anosov  
R. Dzerzhinskiy**

*Summary.* The paper analyzes patterns in the dynamics natural gas prices changes starting from 2010. Based on data from all stock market days of the period under review, critical turning points in the development of the natural gas market in Europe are determined, and a TTF fund quotes forecast in the near future is given.

The results of a study of fluctuation cycles and the search for hidden periodicities in the dynamics of the TTF futures rate for natural gas using anamorphoses are presented.

It is shown that at the moment the price is near a local minimum, and when it reaches the next critical level (approximately in mid-2025), the price of natural gas will go up, following the path of recovery after a drawdown due to geopolitical features.

*Keywords:* time series, trends, fluctuations, Gompertz model, near-proportion.

**Аносов Тимур Эдуардович**

Аспирант, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва

**Дзержинский Роман Игоревич**

кандидат технических наук, доцент, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва

*Аннотация.* В статье анализируются закономерности в динамике изменений цен на природный газ, начиная с 2010 года. На основе данных всех торговых дней рассматриваемого периода определяются критические, поворотные моменты в развитии рынка природного газа в Европе, дается прогнозная оценка котировок фьючерса фонда ТТФ в ближайшей перспективе. Представлены результаты исследования циклов колебаний и поиск скрытых периодичностей в динамике курса фьючерса «ТТФ» на природный газ с использованием аппарата построения анаморфоз.

Показано, что на данный момент цена находится вблизи локального минимума, и при достижении следующего критического уровня (ориентировочно, в середине 2025 года), цена на природный газ пойдет вверх, идя по пути восстановления после просадки из-за геополитических особенностей.

*Ключевые слова:* временные ряды, тренды, колебания, модель Гомперца, почти-пропорция.

### Введение

На фондовом рынке динамика курса отдельных акций, фондов и фьючерсов тесно связана со специфическими временными рядами. Особенностью данных по конкретному курсу является возможность анализа взаимодействия процессов при использовании различных временных масштабов. Один из методов анализа курса акций включает разбиение первоначальной временной последовательности на составляющие, выделенные как «быстрые» и «медленные» этапы процесса. Изучение быстрых изменений помогает выявить иерархию временных интервалов, близких к периодам и называемых «почти-периодами». Знание этих почти-периодов позволяет использовать их в качестве интервалов сглаживания исходной последовательности для определения иерархии трендов, соответствующих полученным значениям почти-периодов.

Медленные изменения в данном случае рассматриваются как тренды основных характеристик процесса и анализируются вместе с быстрыми изменениями с использованием методов анаморфозы, которые отображают исходные данные в виде кусочно-линейных зависимостей.

Помимо этого, существует проблема почти-пропорций [1–3], которые могут быть выявлены, как при помощи алгоритмов нахождения почти-пропорций, так и способны воспроизводиться через соотношения почти-периодов.

В данной работе рассматривается динамика курса фьючерса «ТТФ». Цена представляет склеенный поставочный фьючерс на природный газ ТТФ, торгующийся на бирже ICE. ТТФ — это нидерландский хаб, которым управляет газотранспортная компания Gasunie Transport Services. Цена на хабе ТТФ является региональным бенчмарком для континентальной Европы. Газ в Европе торгуется в Евро за Мегаватт\*ч. 1 МВт\*ч эквивалентен 3.6 ГДж. Тысяча кубических метров газа ( $m^3$ ) равна 37.7 ГДж. Для получения цены европейского газа за тысячу кубических метров необходимо умножить цену европейского газа на 10.36. Далее умножить на валютный курс, если есть необходимость посчитать цену в другой валюте.

Целью исследования является определение основных характеристик процесса, а также прогноз стоимости фьючерса и определение текущей фазы его развития.

1. Анализ курса фьючерса «ТТФ»

Для анализа курса фьючерса ТТФ на природный газ понадобятся исходные данные — Индекс TTF USD 1000,

отражающий цену за 1000 кубических метров природного газа на протяжении всего исследуемого интервала — рассматриваются с января 2010 года по конец апреля 2024. Проанализируем график динамики курса акций

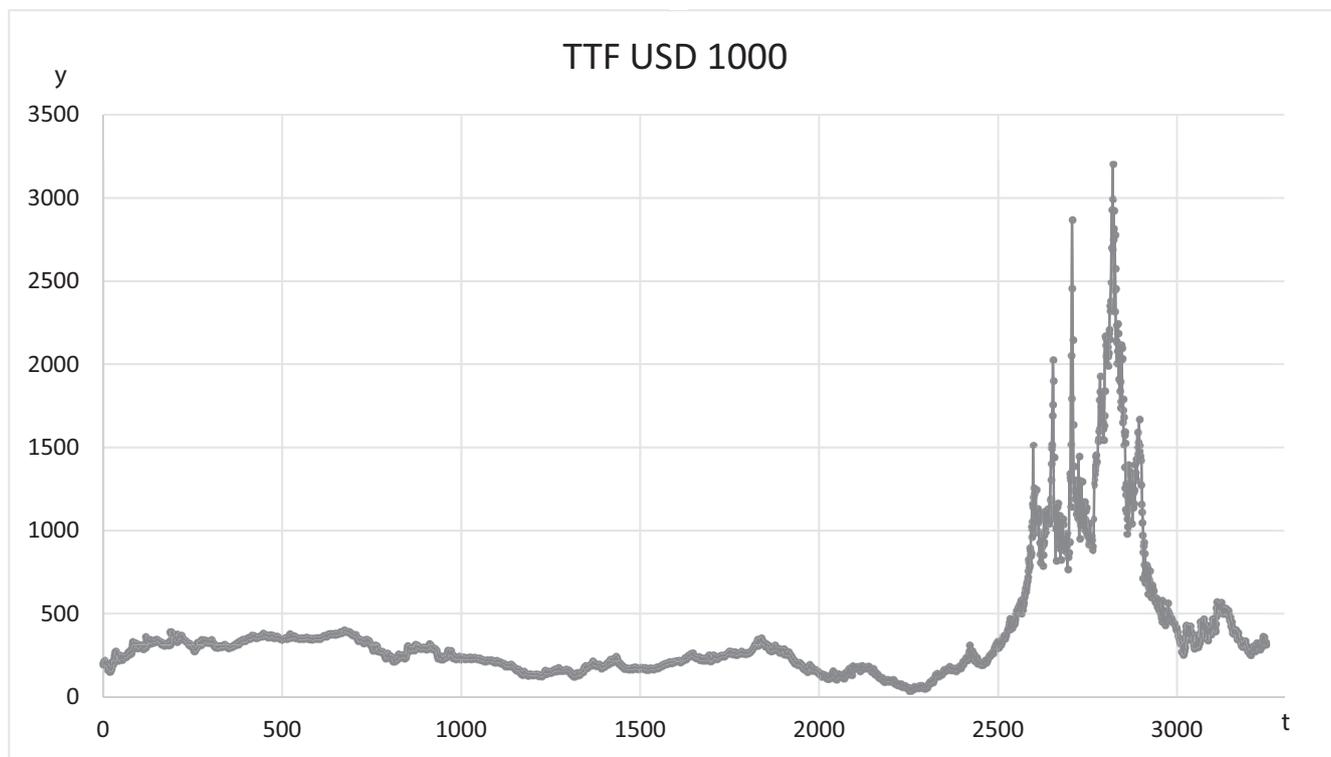


Рис. 1. Акции TTF USD 1000 в течение рассматриваемого интервала



Рис. 2. Выделение критических уровней с шагом  $1/e$

в течение рассматриваемого периода. На оси абсцисс отложены торговые дни, начиная с первого (рис. 1).

Если посмотреть на исходные данные, то видно общую тенденцию к снижению котировок вплоть до на-

чала 2020 года, когда снижение усилилось ввиду ограничений, связанных с глобальной пандемией COVID-19. После этого начало 2022 года пришлось на взлет курса фьючерса и дальнейшее падение до предыдущих уров-

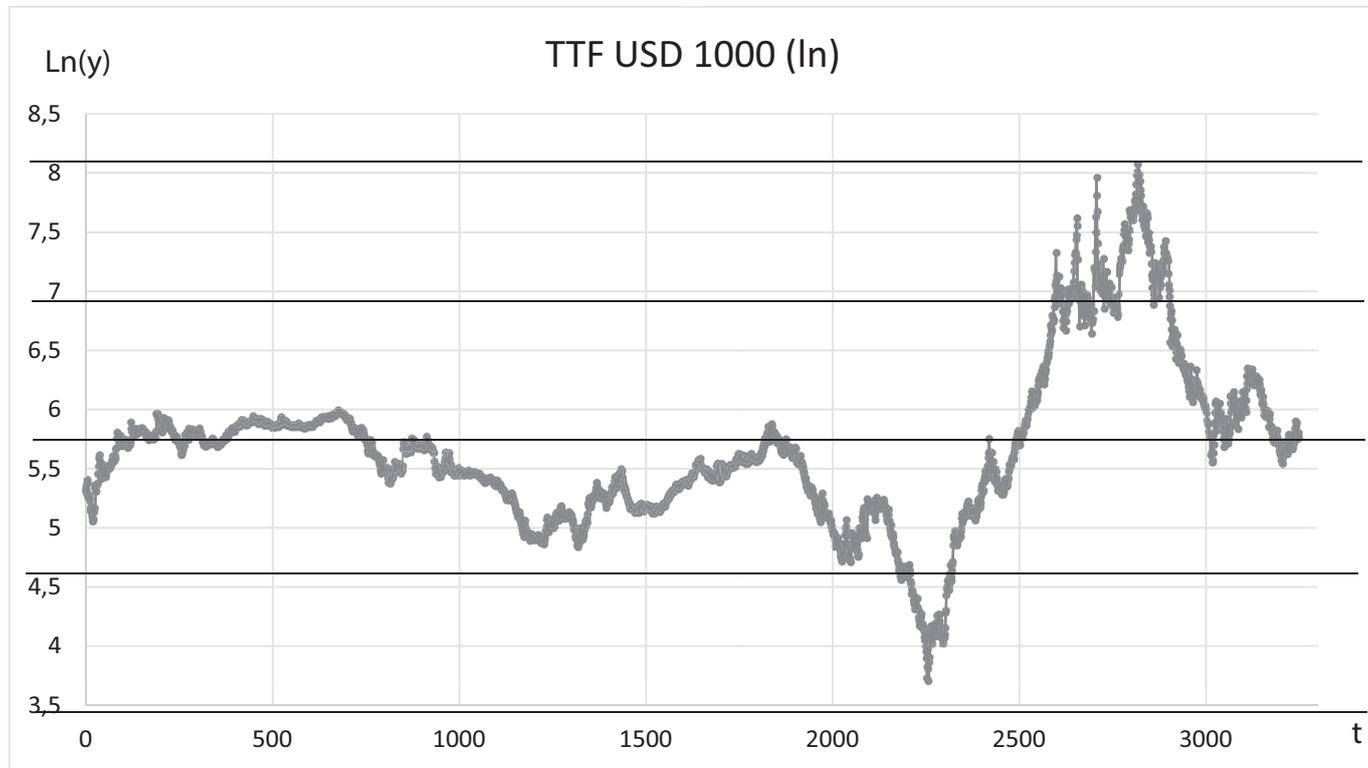


Рис. 3. Выделение критических уровней с шагом 1

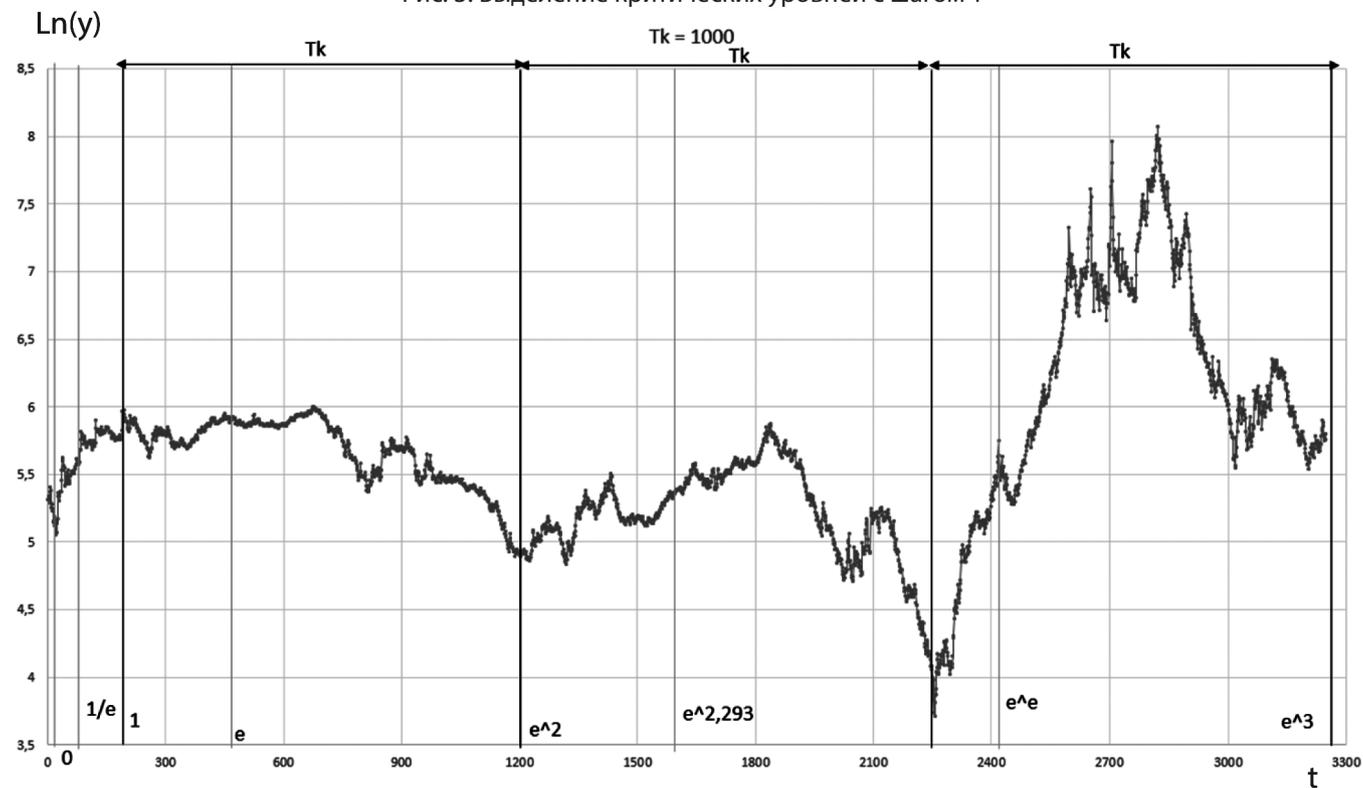


Рис. 4. Выделение критических уровней при  $T_k = 1000$

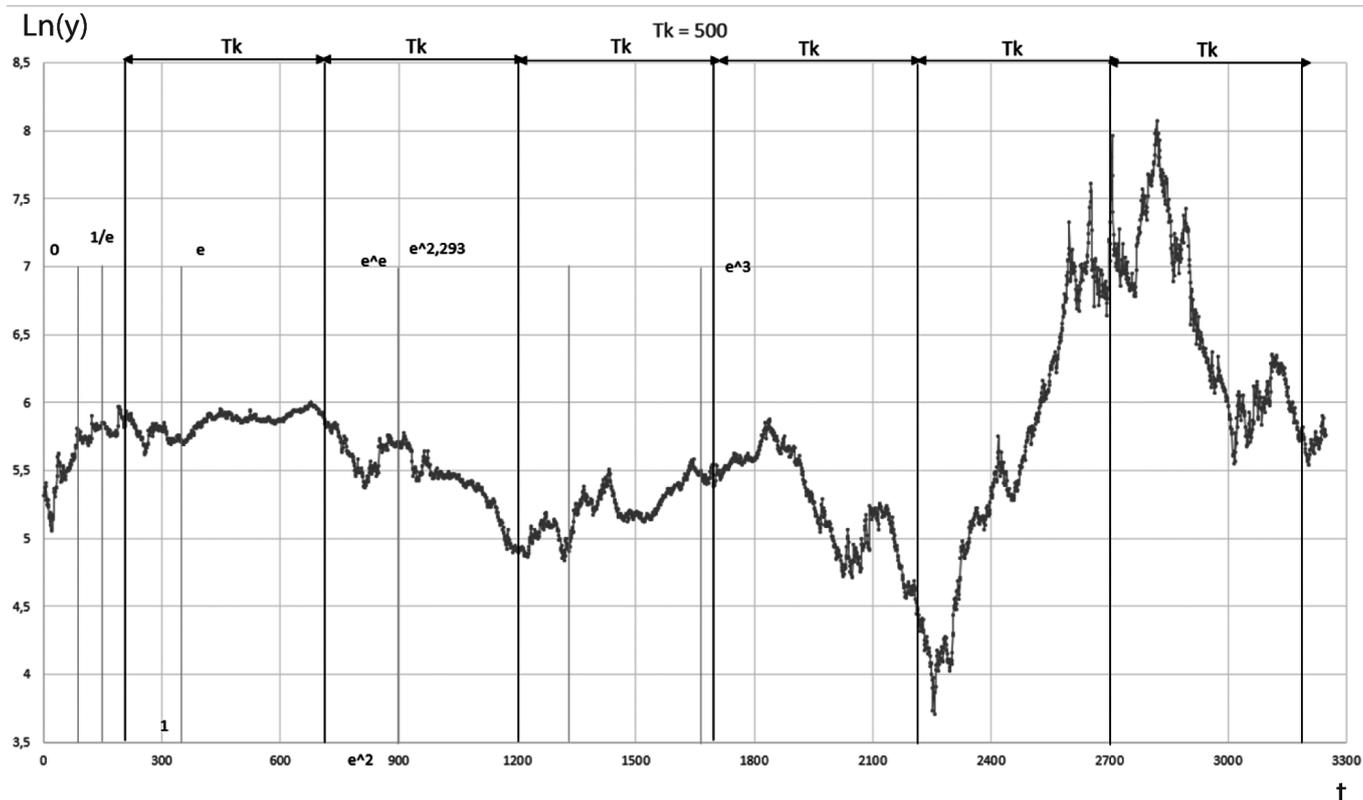


Рис. 5. Выделение критических уровней при  $T_k = 500$

ней. Возьмем натуральный логарифм цены акций и построим его зависимость от количества торговых дней с целью более наглядного представления имеющихся данных. Приступим к выделению критических уровней.

Будем выделять критические уровни развития, изменяя шаг, с целью выявления периода становления критического уровня  $T_k$ .

Аналитически определим ячейки развития на основе критических уровней. Построим графики зависимости натурального логарифма курса фьючерса от торгового дня с выделением шагов  $T_k = 1000$  и  $T_k = 500$  соответственно.

Изменение значения логарифма цены на единицу соответствует изменению исходных данных в  $e$  раз. Линии, параллельные оси  $x$ , соответствующие значениям 1, 2, 3 и 4 натурального логарифма цены акций являются линиями поддержки/сопротивления для соответствующих участков роста/падения курса акций соответственно.

## 2. Модель интенсивного роста

Приступим к анализу модели интенсивного роста. Для этого определим общий вид структуры данной модели.

$$\frac{dy}{dt} = k(y,t) * y \quad (2.1)$$

Для того, чтобы получить анаморфозу, распрямляющую график в тех местах, где есть интенсивный рост, необходимо построить график  $\frac{1}{y} \sim t$  и отметить на нём линию тренда. Обозначим промежутки интенсивного роста в координатах  $(t, \ln(y))$ .

Стоит отметить, что любой интенсивный рост является ограниченным. На графике с исходными данными это выглядело бы как квадратичная функция, стремящаяся к вертикальной асимптоте. Для того, чтобы найти данную асимптоту, необходимо знать окончание периода интенсивного роста. Для этого нужно провести линии на всех участках, где видно явное распрямление графика.

Значения  $1/y$  на графике рисунка 6 стабильно медленно увеличиваются, поэтому целесообразным будет рассмотреть динамику интенсивного роста на отдельных участках графика, где происходит распрямление. Рассмотрим выделенные промежутки 300–1100 и 1500–1850. Найдем в данных промежутках предел роста и обозначим его.

Построим анаморфозу к интенсивному росту для интервала торговых дней с 300 по 1100 и проанализируем данные.

Из графика видно, что тенденция к падению замедляется — для того, чтобы проанализировать динамику

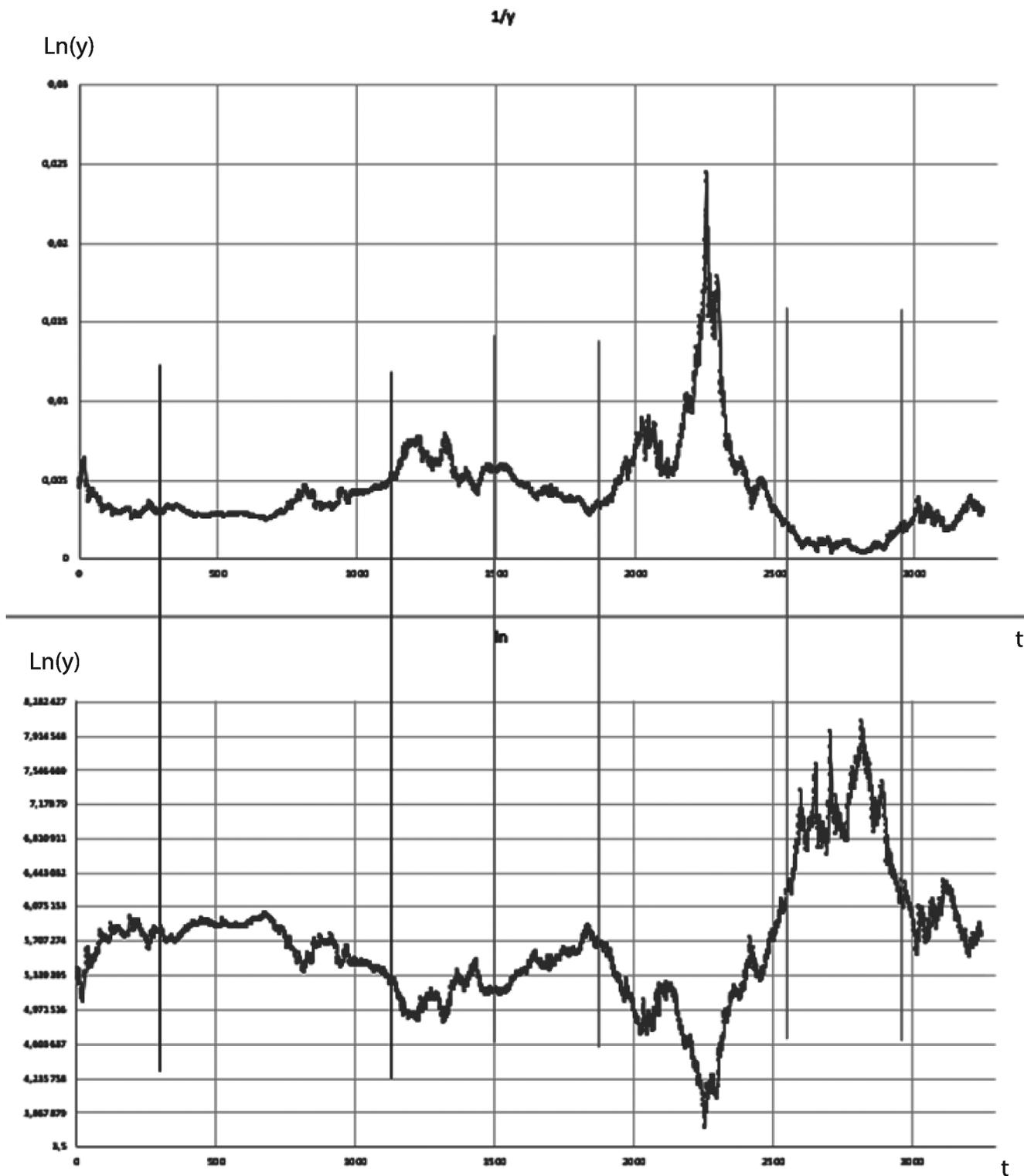


Рис. 6. Анаморфоза к интенсивному росту в координатах  $1/y \sim t$  и соответствующая данному периоду динамика курса акций в логарифмическом масштабе

курса акций, построим соответствующий график и исследуем его.

Построим похожий график в зависимости от  $t^2$ .

Для данного участка найдены искомые коэффициенты модели интенсивного роста:

$$k = -3,65903 \cdot 10^{-7}$$



Рис. 7. Анаморфоза к интенсивному росту на интервале 300–1100

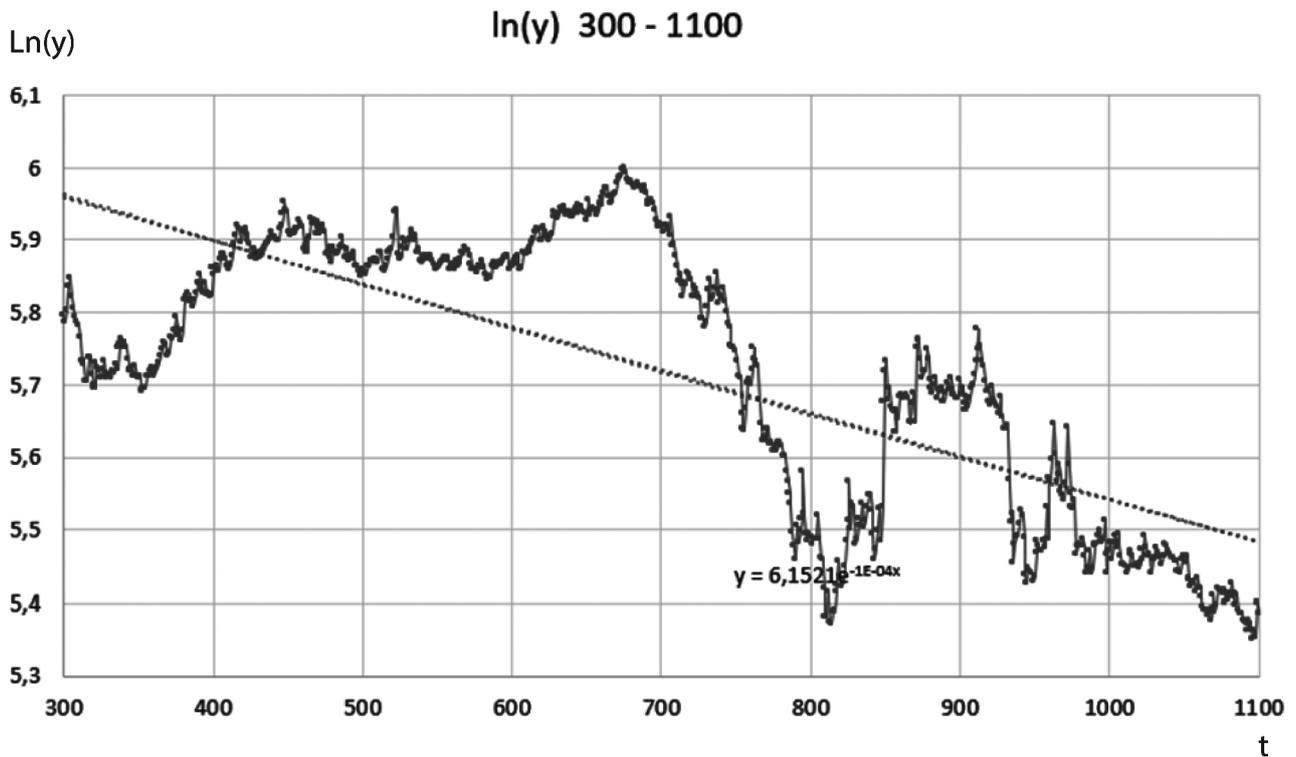


Рис. 8. Динамика курса акций на интервале 300–1100 в логарифмическом масштабе

$$a = 5,827650763$$

$$y^* = 186,5600849$$

$$t^* = -1279,361$$

Прделаем те же операции для интервала 1500–1850:



Рис. 9. Динамика курса акций на интервале 300–1100 в логарифмическом масштабе от  $t^2$

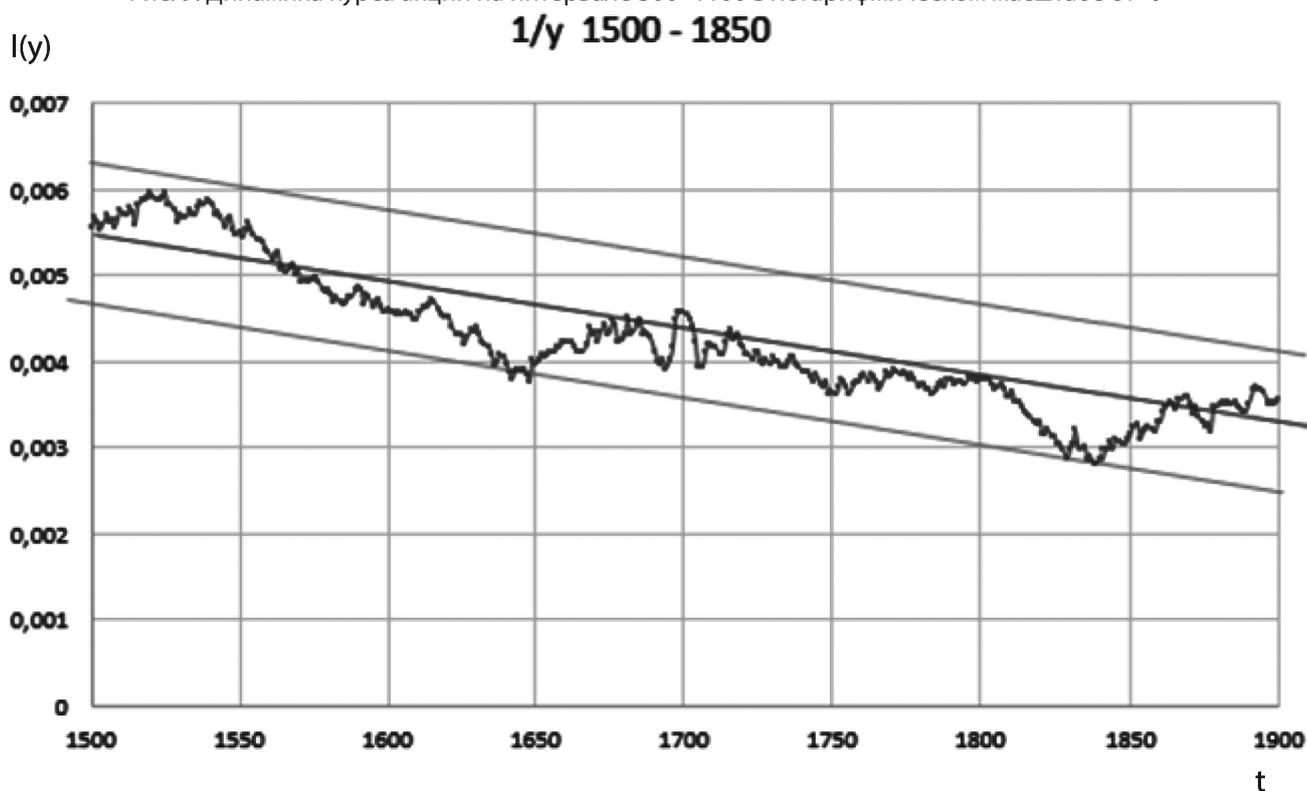


Рис. 10. Анаморфоза к интенсивному росту на интервале 1500–1850

Для данного участка найдены искомые коэффициенты модели интенсивного роста:

$$k = 3,98 \cdot 10^{-7}$$

$$a = 4,2875$$

$$y^* = 639,825$$

$$t^* = 2337,771$$

Построим таблицу, содержащую полученные результаты для интенсивного роста.

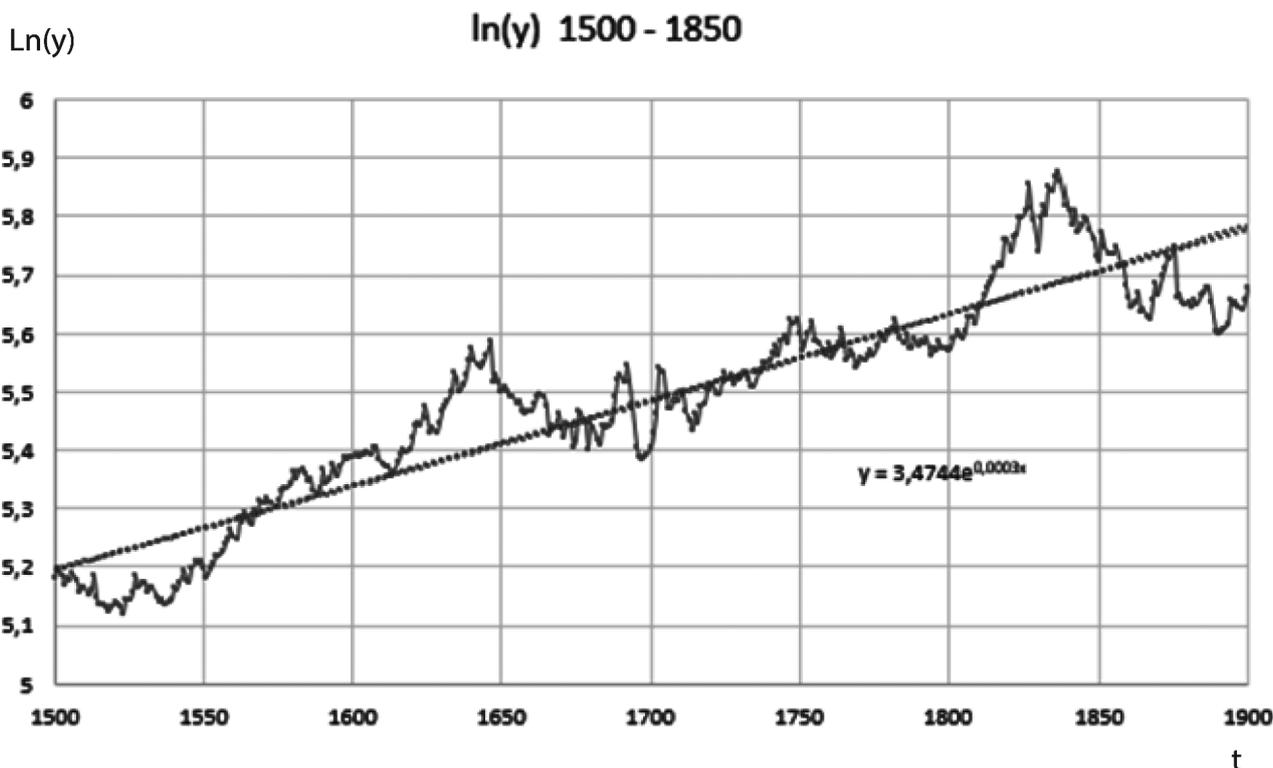


Рис. 11. Динамика курса акций на интервале 1500–1850 в логарифмическом масштабе

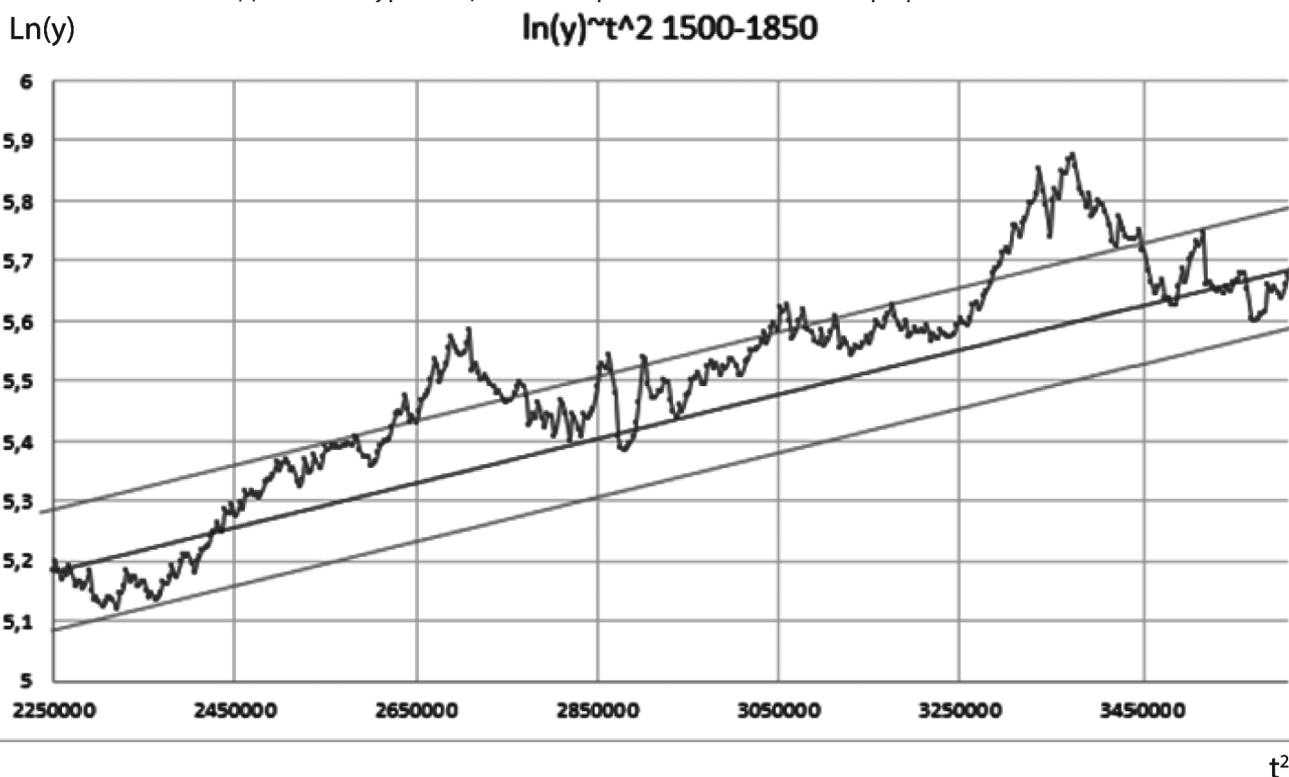


Рис. 12. Динамика курса акций на интервале 1500–1850 в логарифмическом масштабе от  $t^2$

Промежуток	a	k	$y^*$	$t^*$
300–1100	5,8276	-3,65E-07	186,56	-1279,361
1500–1850	4,2875	3,98E-07	639,825	2337,771

### 3. Модель ограниченного роста

Перейдем к анализу ограниченного роста. С развитием процесса ограничивающие факторы начинают

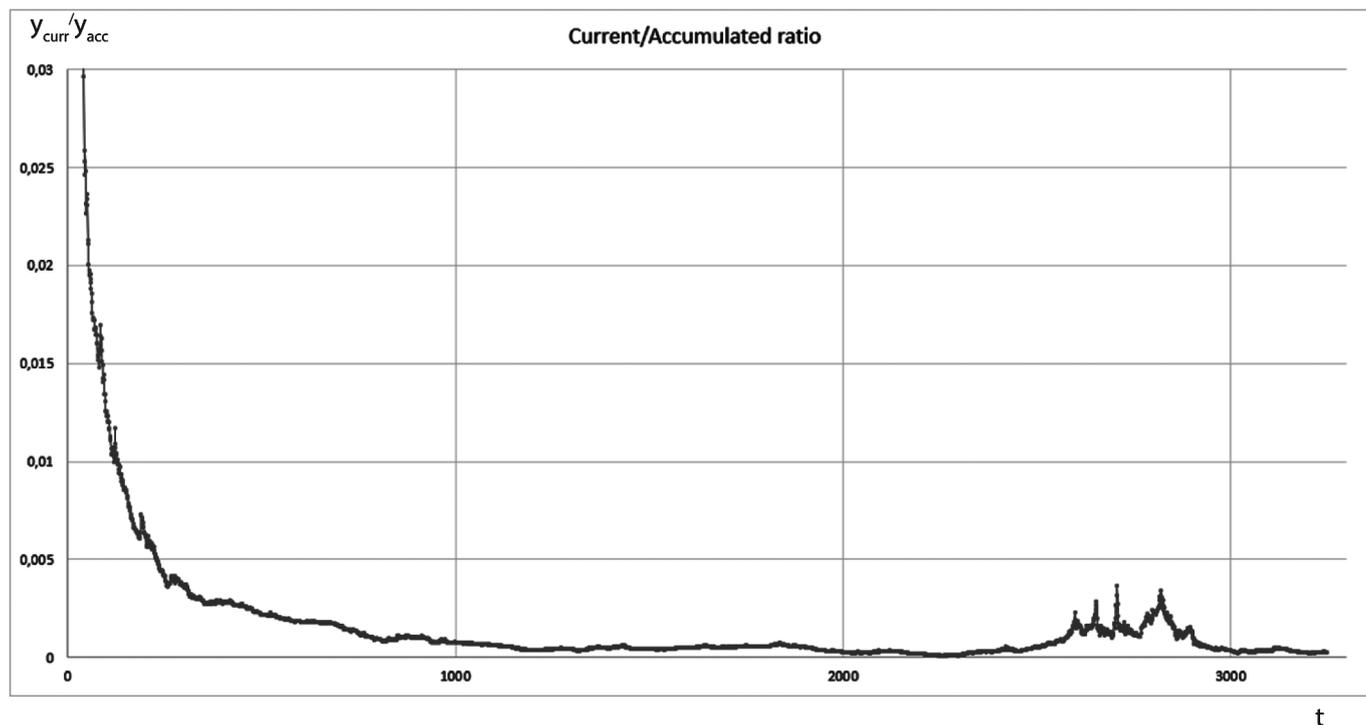


Рис. 13. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени  $t$

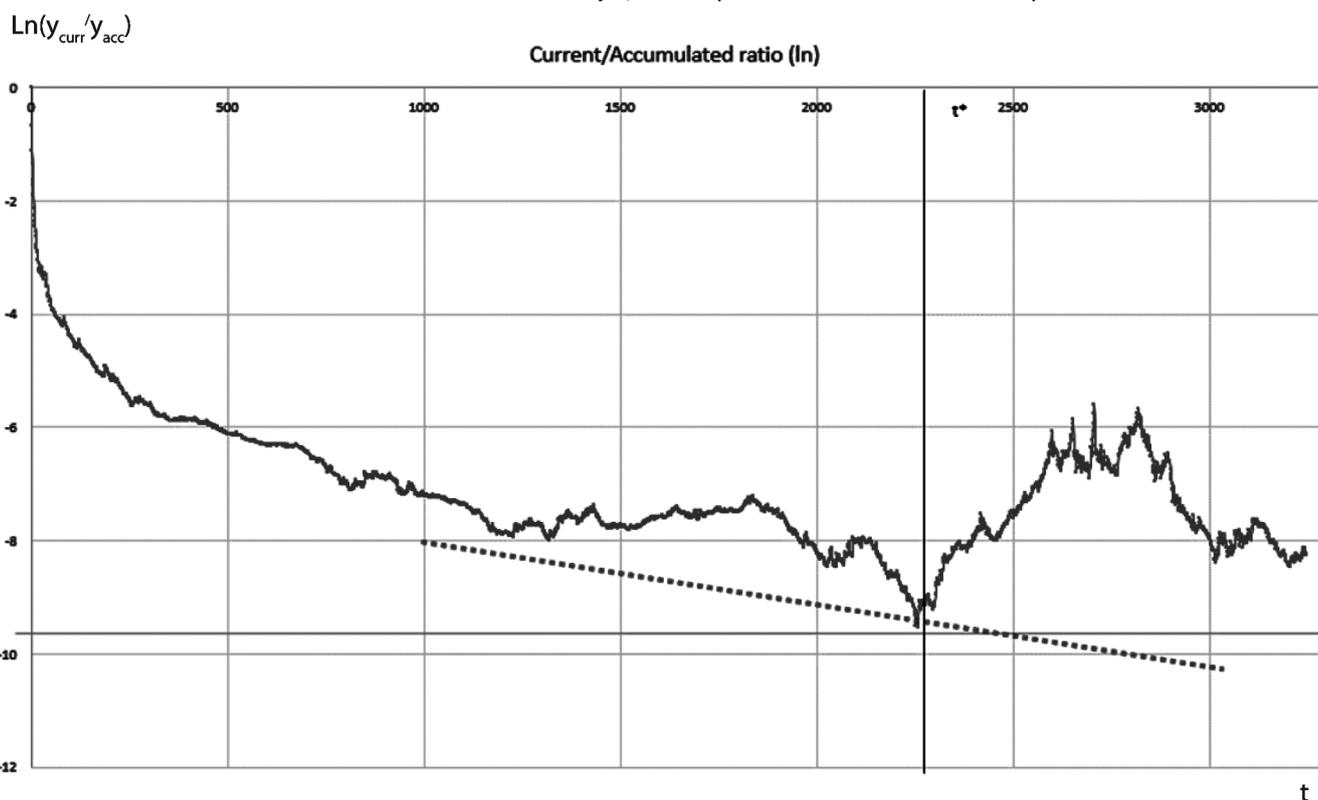


Рис. 14. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени  $t$  в логарифмическом масштабе

воздействовать всё с большей силой, что приводит к замедлению роста, с последующей его остановкой в будущем. Одна из наиболее распространённых моделей ограниченного роста — это модель Гомперца. Для того, чтобы посмотреть принадлежность какого-либо участка

к одной из этих моделей, нужно построить графики в координатах, соответствующих анаморфозам.

Построим модель Гомперца. Уравнение данной модели имеет следующий вид:

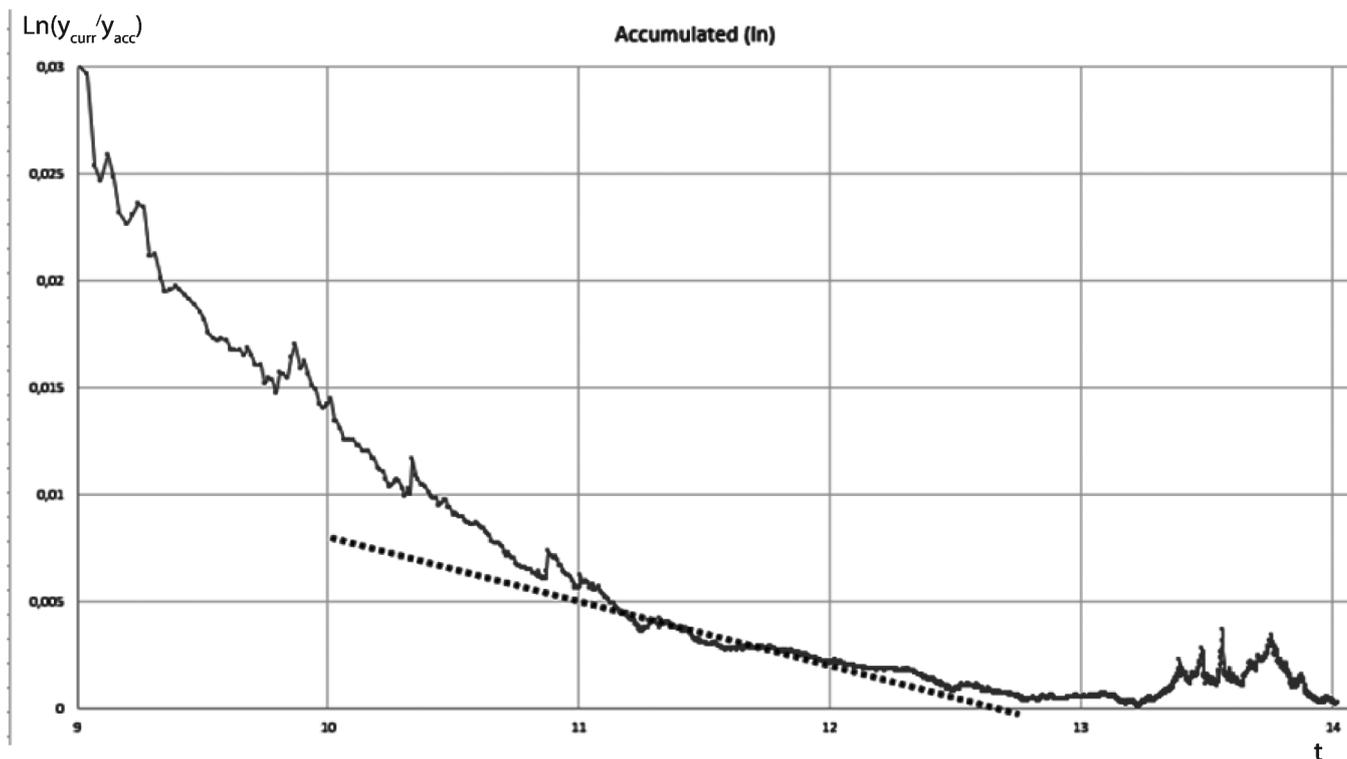


Рис. 15. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени  $t$  в логарифмическом масштабе

$$\frac{dy}{dt} = A * e^{-k*t} * y$$

При этом анаморфоза имеет вид:

$$\ln\left(\frac{\dot{y}}{y}\right) = \ln(A) - k * t$$

С помощью анализа модели Гомперца, можно выявить точку перегиба. Для этого необходимо найти коэффициент  $k$  через уравнение прямой:

$$y = kx + b$$

Находим  $k = -0,001446247$ ; точка перегиба  $t^* = 2238$ .

Для анализа горизонтального предела, к которому стремится система, необходимо построить логистическую модель. Анаморфоза к логистической модели имеет вид:

$$\frac{\dot{y}}{y} = k * \ln(y^\infty) - k * \ln(y).$$

Найдем коэффициенты  $k$  и  $b$  через уравнение прямой  $y = kx + b$  (рис. 15).

Для дальнейшего анализа ограниченного роста, необходимо обозначить границу роста. Для этого найдем коэффициенты  $k$  и  $b$ :

$$k = -0,002321025$$

$$b = 0,030213383$$

Из уравнения прямой найдем  $x$ , возведем экспоненту в полученную степень и получим соответствующую границу роста.

$$x = 13,01726155$$

$$e^x = 450116,4269$$

Обозначим данную границу роста на графике (рис. 16)

Данный ограниченный рост связан с рассмотренным ранее периодом  $T_k = 1000$ . Рассмотрим ограниченный рост с периодом  $T_k = 500$ .

Находим  $k = -0,001010529$ ; точка перегиба  $t^* = 677,6215039$ .

Для дальнейшего анализа ограниченного роста, необходимо обозначить границу роста. Для этого найдем коэффициенты  $k$  и  $b$ :

$$k = -0,001130283$$

$$b = 0,015042493$$

Из уравнения прямой найдем  $x$ , возведем экспоненту в полученную степень и получим соответствующую границу роста.

$$x = 13,30860758$$

$$e^x = 602358,2121$$

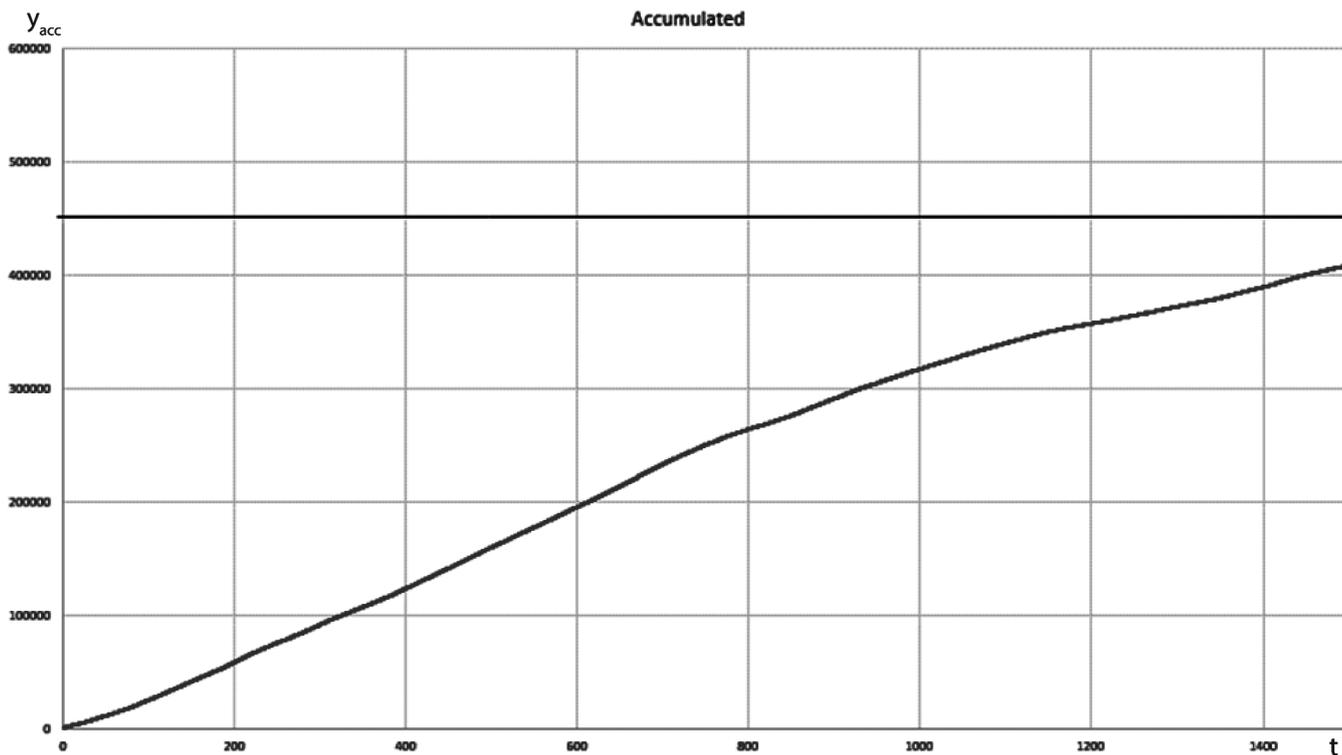


Рис. 16. Ограниченный рост с соответствующим пределом  $y = 450116,42$

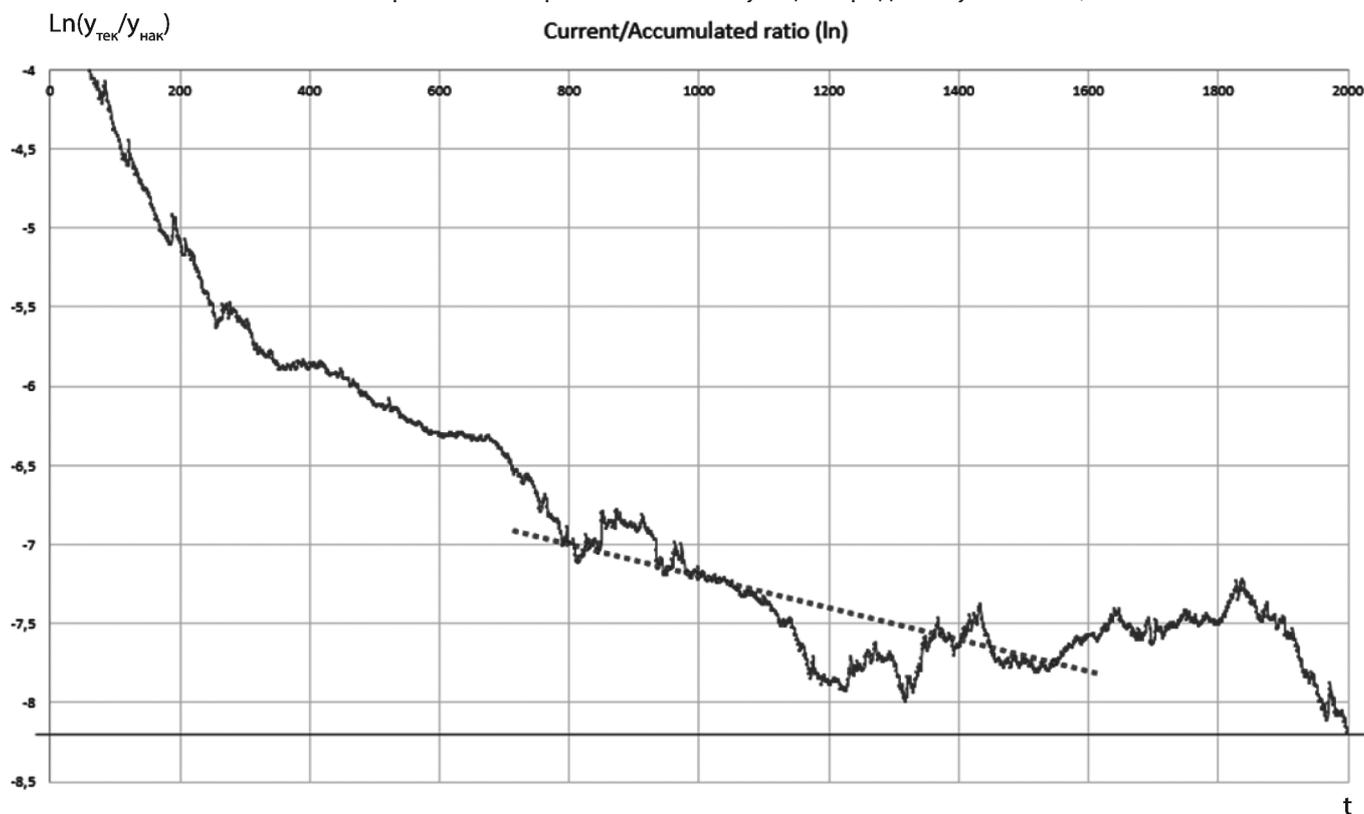


Рис. 17. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени  $t$  ( $T_k = 500$ )

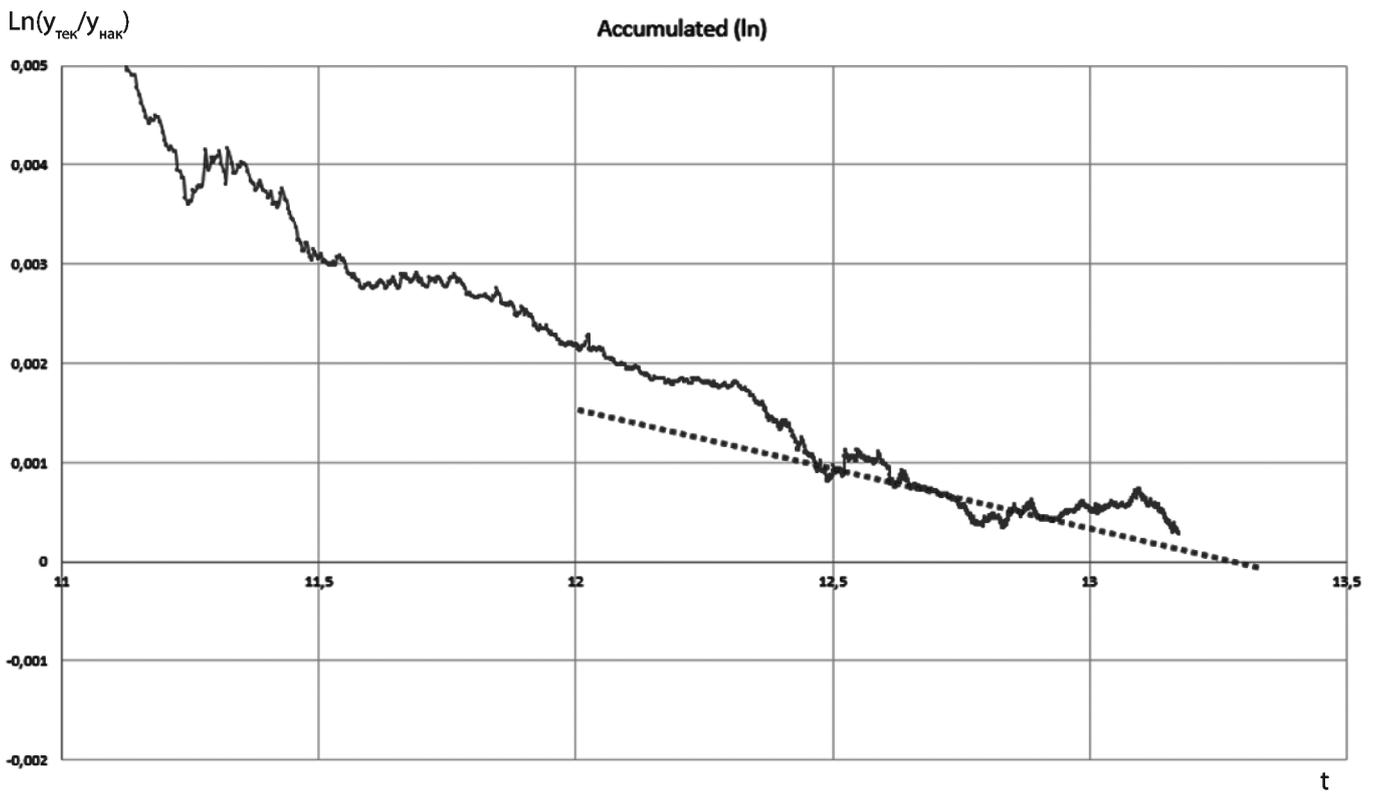


Рис. 18. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени  $t$  в логарифмическом масштабе ( $T_k = 500$ )

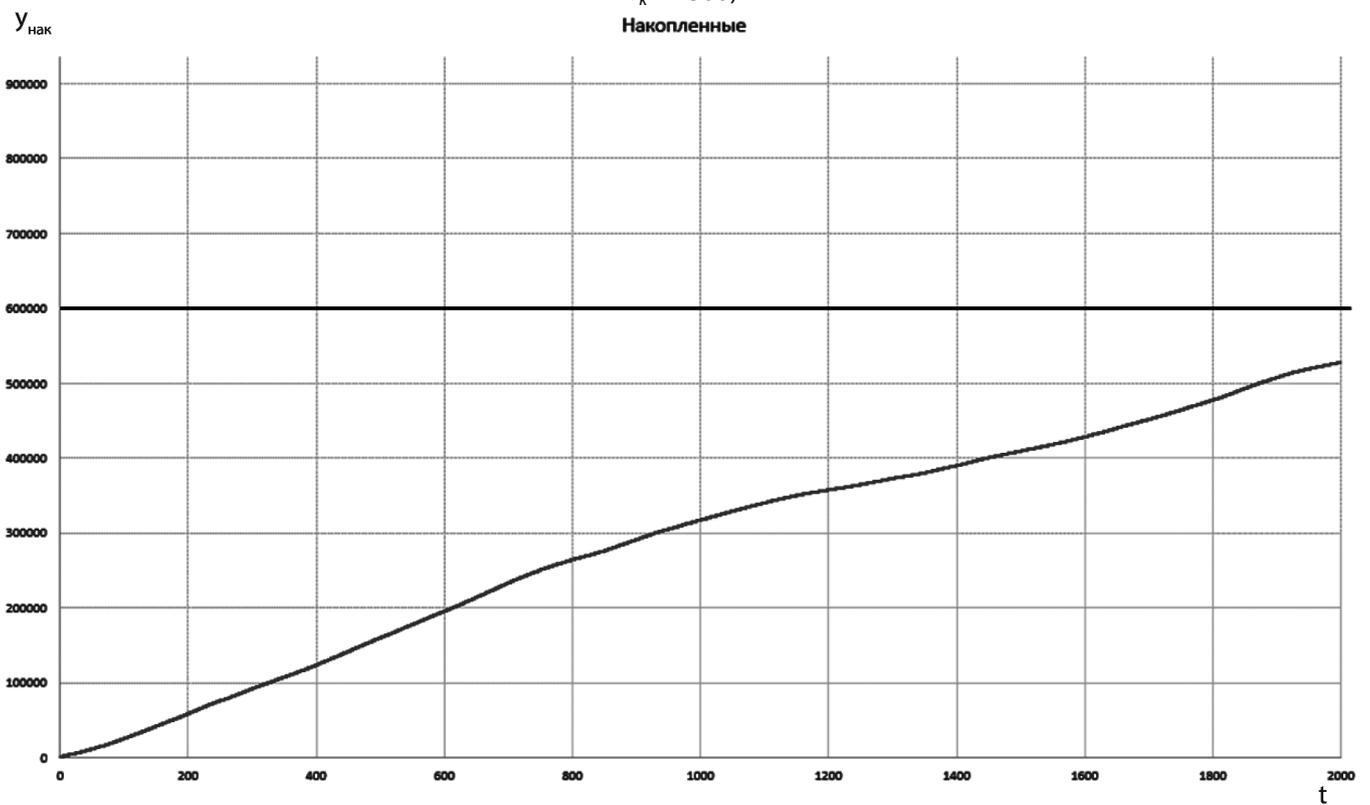


Рис. 19. Ограниченный рост с соответствующим пределом  $y = 602358,2$  ( $T_k = 500$ )

Обозначим данную границу роста на графике (рис. 19).

Данный ограниченный рост связан с рассмотренным ранее периодом  $T_k = 500$ .

#### 4. Результаты

Исходя из результатов, полученных в рамках описания модели интенсивного и ограниченного роста, можно сказать, что котировки фьючерса находятся в коррекции после взрывного роста в первом квартале 2022 года. Исходя из результатов, можно сказать, что на данный момент цена на данный актив находится между критическими уровнями. Это свидетельствует о том, что при достижении следующего критического уровня цена может снова пойти в стремительный рост. Исходя из проведенного анализа, можно спрогнозировать, что очередной локальный максимум будет достигнут в 2026–2027 гг. в случае отсутствия глобальных геополитических изменений.

В целом голландская биржа газа TTF представляет собой динамичный и инновационный рынок, обеспечивающий высокую ликвидность, прозрачность и геополитическую стабильность. Центральное положение, стандартизированные контракты и интеграция с европейскими рынками делают TTF наиболее перспективной биржей для торговли газом.

В 2020 году TTF была самой активной газовой биржей в Европе с объемом торговли около 17 трлн кубических метров газа. Это составляет около 70 % от всей торговли газом в континентальной Европе. В последние годы TTF стала важным газовым хабом не только для Европы, но и для мирового рынка газа. За последние десятилетия TTF успешно конкурировала с другими газовыми биржами, такими как NBP (National Balancing Point) в Великобритании и Henry Hub в США, при этом значительно превосходя «конкурентов» по темпам роста объемов торгов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dzerjinsky, R.I., Sidorov, S.V., Anosov, T.E. The Problem of Large Local Fluctuations Appearance. // *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, 723 LNNS, pp. 573–580.
2. Dzerjinsky, R.I., Krynetsky, B.A., Chernorizova, N.V. The Changes Dynamics Analysis in the Japanese Stock Exchange Nikkei<sup>^</sup>225 Index in the Latest Time. // *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2021, 231 LNNS, pp. 102–126.
3. V. Kuzmin, A. Gadzaov, R. Dzerjinsky. «Methods for data analysis». Moscow, Russia, 2021.
4. M. Kostić, *Selected Topics in Almost Periodicity*, De Gruyter, Berlin, Germany, 2021.
5. Profinance.ru — сервис для получения данных о котировках акций фонда «ТТФ»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.profinance.ru>
6. M. Ayachi, J. Blot, and P. Cieutat. Almost periodic solutions of monotone second-order differential equations // *Advanced Nonlinear Studies*, vol. 11, pp. 541–555, 2011.
7. A. Debbouche and M. M. El-Borai. Weak almost periodic and optimal mild solutions of fractional evolution equations // *Electronic Journal of Differential Equations*, vol. 46, pp. 1–8, 2009.
8. K.-S. Chiu and M. Pinto, Periodic solutions of differential equations with a general piecewise constant argument and applications // *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*, vol. 46, no. 46, pp. 1–19, 2010.

© Аносов Тимур Эдуардович; Дзержинский Роман Игоревич  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»