

## АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА НА ГАЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ VARMA

Татьяна Юрьевна КУДРЯВЦЕВА <sup>a,\*</sup>;

Евгения Александровна КОЗЛОВА <sup>b</sup>

<sup>a</sup> доктор экономических наук, профессор Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация  
tankud28@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1403-3447>  
SPIN-код: 6096-2504

<sup>b</sup> аспирантка Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация,  
kozlovaevgeiya@list.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

\* Ответственный автор

### История статьи:

Рег. № 391/2021  
Получена 08.07.2021  
Получена в доработанном виде 20.07.2021  
Одобрена 07.08.2021  
Доступна онлайн 29.10.2021

УДК 338.4

JEL: C01, C51

### Ключевые слова:

VARMA-модель, высокочастотные данные, моделирование спроса, прогнозирование спроса, рыночная гибкость

### Аннотация

**Предмет.** В связи с усложнившейся экономической и политической ситуацией на европейском газовом рынке, вызванной проведением мероприятий, направленных на демополизацию рынка, а также возросшим уровнем конкуренции особенно актуальным вопросом при проведении исследований и подготовке предложений по формированию портфеля мощностей предприятия нефтегазовой отрасли является оценка колебаний рыночного спроса на газ для обеспечения рыночной гибкости.

**Цели.** Разработка методологии формирования оптимального портфеля мощностей предприятия нефтегазовой отрасли с учетом специфики индустрии для обеспечения рыночной гибкости и ее апробация на примере формирования портфеля мощностей для трех рыночных зон (NCG – Германия, GASPOOL и AVTP – Австрия) с использованием модели VARMA.

**Методология.** Используются методы финансовой эконометрики и статистики.

**Результаты.** Выявлены особенности состояния европейского газового рынка, рассмотрены предпосылки к обеспечению гибкости, а также выявлены основные инструменты обеспечения требуемого уровня гибкости, предложен и апробирован алгоритм исследования на основе VARMA-модели для оценки и прогнозирования спроса на газ в трех рыночных зонах. Обоснована необходимость определения степени взаимосвязи между индексами взаимодополняющих торговых зон, рассмотрены модели, позволяющие производить оценку взаимосвязей, а также моделирование прогнозных цен и спроса в будущем.

**Выводы.** Результаты исследования можно использовать для интеграции в модель формирования мощностей, чтобы рассчитать портфель газотранспортных мощностей и мощностей хранения, который позволит без риска обеспечить спрогнозированные колебания спроса на газ.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

**Для цитирования:** Кудрявцева Т.Ю., Козлова Е.А. Анализ и прогнозирование спроса на газ с использованием модели VARMA // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2021. – Т. 20, № 10. – С. 1973 – 1990.

<https://doi.org/10.24891/ea.20.10.1973>

В связи с усложнившейся экономической ситуацией на европейском газовом рынке, вызванной проведением мероприятий, направленных на демонополизацию рынка (в частности, принятие Третьего энергопакета, распространяющего действие на территории Европы в целом, а также локальных административных актов, регулирующих доступ к рынкам в рамках торговых зон, например, ВК9-18/610 и ВК9-18/611 BNetzA REGENT от 01.01.2020 на территории Германии), а кроме того, усложнившейся политической ситуацией, следствием которой является введение санкций и ограничений со стороны американского правительства, а также правительств европейских стран, сдерживающих реализацию стратегических инвестиционных проектов по транзиту газа на территории Европы, увеличилась необходимость повышения гибкости компаний-экспортеров и трейдеров газа для обеспечения стабильности и бесперебойности поставок на европейском газовом рынке [1].

На сегодняшний день европейскому газовому рынку присущи следующие основные характеристики [1]:

- возможность обеспечения гибкости поставок за счет национальной производительности снижается, что связано в первую очередь с сокращением национальной добычи, а также сокращением числа проектов строительства подземных хранилищ газа для обеспечения спроса на национальном рынке;
- возросшие риски строительства подземных хранилищ, что обусловлено ростом затрат на строительство инвестиционных объектов, а также повышением цен на буферный газ, используемый в технических целях для обеспечения работы хранилищ;
- демонополизация рынка, как следствие – повышение конкуренции и усиление контроля со стороны европейского регулятора;
- глобализация рынка как способ обеспечения гибкости на территории европейских стран для сглаживания неравномерности спроса и предложения.

Схематически основные характеристики представлены на *рис. 1*.

В то же время на высокую неопределенность поведения всех участников газового рынка наложила отпечаток всемирная пандемия 2019–2020 гг. В частности, по оценкам Международного энергетического агентства (МЭА) спрос на газ в 2020 г. по сравнению с 2019 г. упал на 3,3%, что в первую очередь обусловлено снижением потребления и временной приостановкой и/или снижением производственного и транспортного секторов экономики. Тем не менее на начало 2021 г. влияние

пандемии на энергетический сектор все так же осталось высоким, а период восстановления экономики в целом и энергетического сектора в частности сложно прогнозируемо.

Так, МЭА разработано два сценария, по которым может происходить развитие энергетического сектора в перспективе до 2030 г.<sup>1</sup>:

- сценарий государственной политики (STEPS), в котором COVID-19 постепенно берется под контроль в 2021 г., а мировая экономика возвращается к докризисному уровню в том же году. Этот сценарий отражает все объявленные сегодня политические намерения и цели с мерами по их реализации;
- сценарий отложенного восстановления (DRS) разработан с теми же политическими допущениями, что и в STEPS, но также принято допущение, что затянувшаяся пандемия наносит долговременный ущерб экономическим перспективам. Мировая экономика вернется к своему докризисному размеру только в 2023 г., а пандемия знаменует собой десятилетие с самыми низкими темпами роста спроса на энергию с 1930-х гг.

Так, по докризисному сценарию среднегодовой рост ВВП к 2030 г. составляет около 4%, в то время как по сценарию STEPS он составляет лишь 3%, а в сценарии DRS снижается до 2,2%.

В то же время согласно результатам исследования МЭА мировой спрос на энергию восстановится до докризисного уровня в начале 2023 г. в рамках STEPS, но это будет отложено до 2025 г. в случае затяжной пандемии и более глубокого спада, как в случае DRS. До кризиса прогнозировалось, что спрос на энергию вырастет на 12% в период с 2019 по 2030 г. В настоящее время рост за этот период составляет 9% в STEPS и только 4% – в DRS. Поскольку спрос в странах с развитой экономикой имеет тенденцию к снижению, весь рост происходит за счет стран с формирующимися рынками и развивающихся стран во главе с Индией. Более медленные темпы роста спроса на энергию оказывают понижающее давление на цены на нефть и газ по сравнению с докризисными траекториями, хотя значительное падение инвестиций в 2020 г. также увеличивает вероятность волатильности рынка в будущем. Снижение роста доходов ведет к сокращению строительных работ и сокращению покупок новой техники и автомобилей, что сказывается на средствах к существованию в основном в развивающихся странах. В DRS жилая площадь к 2040 г. будет на 5% меньше, будет использоваться на 150 млн меньше холодильников, на дорогах будет на 50 млн меньше автомобилей, чем в STEPS.

В связи с этим становятся актуальными оценка и прогнозирование спроса и предложения газа на европейском рынке в рамках каждого из описанных сценариев,

<sup>1</sup> Мировой энергетический обзор.

URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020#executive-summary>

а также определение подходов к формированию необходимого уровня гибкости и путей ее обеспечения исходя из потребностей и существующей инфраструктуры страны в целом и торговой зоны в частности.

Актуальным вопросом при проведении исследований и подготовке предложений по формированию портфеля мощностей предприятия нефтегазовой отрасли является оценка колебаний рыночного спроса на газ для обеспечения рыночной гибкости. Основными инструментами ее обеспечения является комбинирование использования трубопроводного газа, ресурсов подземных хранилищ, инструментов трейдинга<sup>2</sup> [1, 2]. Однако для оценки потребности в перечисленных инструментах необходима точная прогнозная оценка суточного спроса на газ в каждом отдельном регионе поставки, которые представляют собой высокочастотный временной ряд. Высокочастотность этих данных, а также необходимость зачастую рассматривать взаимосвязи между несколькими временными рядами делает их анализ исключительно с применением экономической теории сложнореализуемым, поэтому для анализа и прогнозирования целесообразно применение математико-статистических методов.

В отечественной и зарубежной практике для анализа временных рядов используется множество эконометрических моделей: VAR (векторная регрессия), VMA (векторная скользящая средняя), ARMA (авторегрессия со скользящей средней), AR (авторегрессия), а также модифицированная модель VARMA (векторная авторегрессия со скользящей средней). Модель VARMA применяется при проведении зарубежных исследований, однако для российской практики имеет высокую долю новизны – в специальной научной литературе не представлена<sup>3</sup> [3]. Разработка VARMA-модели была обусловлена успехом ARMA-модели, предложенной Д. Боксом и Г. Дженкинсом в 1970-х гг., а также предложенной К. Симсом в 1980 г. VAR-модели. Модель ARMA показала себя как точный инструмент для моделирования и прогнозирования временного ряда, однако ее недостатком была возможность использования только одной переменной в анализе, хотя зачастую при проведении эконометрических исследований необходим анализ взаимосвязей между несколькими переменными. Модель VAR, напротив, учитывала взаимосвязи между переменными, так как при построении модели возможно использование нескольких переменных. В связи с этим была оправдана разработка метода моделирования и прогнозирования временных рядов, позволившего использовать несколько переменных в анализе, учитывать взаимосвязи между ними<sup>4</sup> [4].

<sup>2</sup> Исследование гибкости на европейском газовом рынке. URL: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2019/02/It-Dont-Mean-a-Thing-If-It-Aint-Got-That-Swing-Why-Gas-Flexibility-Is-High-on-the-Agenda-for-Russia-and-Europe-Energy-Insight-48.pdf>

<sup>3</sup> Tsay R.S. *Analysis of Financial Time Series*. Chicago, Springer, 2002, 457 p.

<sup>4</sup> Lütkepohl H. *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Berlin, Springer, 2005, 764 p.

Модель VARMA представляет собой современный эконометрический метод, способный решить задачу моделирования нескольких временных рядов и прогнозирования динамики их изменений в будущих периодах.

Математическая запись VARMA-модели выглядит так:

$$Y_t = c + A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + B_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + B_q \varepsilon_{t-q}, \quad (1)$$

где  $Y_t$  – динамика изменения анализируемой величины во времени;

$c$  – постоянный коэффициент;

$\varepsilon_t$  – величина погрешности,  $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n\}$ ;

$A_1, \dots, A_p, B_1, \dots, B_q$  – параметры матриц  $K \times K$ .

Для построения VARMA-модели необходимо, чтобы временные ряды, используемые в анализе, были стационарными, то есть чтобы их вероятностные свойства не изменялись с течением времени.

В экономике в отличие от большинства наук временные ряды имеют тренд – их средние меняются с течением времени. Долгое время считалось, что такие временные ряды не могут быть приведены к стационарному виду. Однако Бокс и Дженкинс предложили метод анализа временных рядов, основанный на анализе прошлых значений временного ряда, что, по сути, является сложной процедурой экстраполяции, метод приведения временных рядов к стационарным путем перехода к ряду разностей после логарифмирования ряда<sup>5</sup>. Переход может быть осуществлен по формуле:

$$\text{dif } \ln(y_t) = \ln(y_t) - \ln(y_{t-1}). \quad (2)$$

Использование модели VARMA как способ анализа высокочастотных временных рядов применяется в различных областях исследований – в экономике, в финансах, в фондовом рынке, метеорологии и т.д. При этом в анализе принимают участие не только свойства временных рядов как таковых, но и взаимосвязи между ними. В частности, в научной литературе модель VARMA использовалась для оценки взаимосвязи и прогнозирования экспорта угля и нефти в Индонезии<sup>6</sup>, для прогнозирования изменения рыночных котировок<sup>7</sup>, оценки будущих изменений макроэкономических показателей [5].

Нами предлагается следующий алгоритм исследования на основе модели VARMA.

<sup>5</sup> Кеннеди П. Путеводитель по эконометрике. М.: Дело, 2016. 528 с.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Hardware Support.

URL: [https://www.mathworks.com/hardware-support.html?s\\_tid=hp\\_ff\\_p\\_hwsupport&q=&page=1/](https://www.mathworks.com/hardware-support.html?s_tid=hp_ff_p_hwsupport&q=&page=1/)

1. Формирование первичной статистической информационной базы по спросу на газ в Германии и Австрии.
2. Первичный анализ исходных данных.
3. Приведение статистических данных к стационарному виду в соответствии с требованиями VARMA-модели.
4. Идентификация (подбор вида) модели VARMA( $p, q$ ) – выбор значений параметров  $p$  и  $q$ , где  $p$  – число запаздывающих значений анализируемой переменной (данных спроса на газ), представляющее порядок авторегрессионной части модели (AR), а  $q$  – число запаздывающих значений ошибки, представляющее порядок скользящей средней части модели (MA).
5. Диагностика модели – проверка ее на робастность. Робастность – свойство статистической модели, характеризующееся независимостью влияния на результат исследования различного рода выбросов, устойчивость к помехам. Проверка на робастность подразумевает выявление выбросов, снижение их влияния на результат или исключение из выборки.
6. Оценка достоверности результатов модели. Для оценки достоверности построенных моделей могут применяться критерии AIC и BIC, а также графическое наложение смоделированного результата на реальный.
7. Построение прогноза.
8. Интерпретация результата.
9. В случае неточного моделирования и прогнозирования (bad-fit) на 6-м и 7-м этапах – возвращение к п. 4.
10. В случае точного моделирования и прогнозирования (good-fit) – возвращение к п. 9.
11. Принятие управленческого решения на основе проведенного анализа.

На основании представленного алгоритма проведено моделирование спроса на газ. По результатам моделирования построен прогноз на двухлетнюю перспективу.

*Формирование первичной статистической информационной базы по спросу на газ в Германии и Австрии.* В качестве исходных данных взято суточное потребление газа в трех рыночных зонах Германии и Австрии на основе исторических данных с 01.01.2016 до 01.01.2021. Источником данных являлась статистика портала entsog.com, на котором консолидируется вся информация по суточному спросу на газ в разрезе стран и регионов. Данные собираются на основании информации транспортных операторов и специфицируются по цели использования газа:

транспортировка газа до конечного покупателя; транспортировка для закачки в хранилище; транзит.

В рамках одной страны и/или одной торговой зоны может быть несколько транспортных операторов. В связи с этим для целей проводимого исследования была консолидирована статистика по следующим транспортным операторам, функционирующим в Австрии и Германии с 01.01.2016 до 01.01.2021: Австрия (A VTP): Open Grid Europe, Bayernets; Германия (NCG): Open Grid Europe, Bayernets; Германия (GASPOOL): Gasunie Deutschland Transport Services GmbH, Gastransport Nord GmbH, ONTRAS Gastransport GmbH, GASCADE.

*Первичный анализ исходных данных.* Графически исходный временной ряд представлен на *рис. 2*. Так, спрос на газ в среднем варьируется на 672 ГВт·ч по A VTP, 110 ГВт·ч – по GASPOOL и на 485 ГВт·ч – по NCG. При этом наибольшее потребление приходится на четвертый и первый кварталы. В этот период спрос может достигать около 970 ГВт·ч, например, по A VTP.

*Приведение статистических данных к стационарному виду в соответствии с требованиями VARMA-модели.* По методу Бокса и Дженкинса проведена процедура логарифмирования, в результате чего исходные данные приведены в соответствие с требованиями модели и могут быть использованы для дальнейшего моделирования с построением прогноза. Результат представлен на *рис. 3*. В целом можно отметить, что по результатам приведения данных к стационарному виду наибольший спрос наблюдается в четвертом и первом кварталах, а наибольшая вариативность в данных свойственна для австрийского спроса.

*Идентификация модели VARMA.* Наиболее важным этапом при проведении исследования на основе модели VARMA является идентификация или подбор модели. На этом этапе исследователю необходимо на основании собственной интерпретации исходных значений определить, какая из моделей (какие значения параметров  $p$  – чисел запаздывающих значений анализируемой переменной и  $q$  – чисел запаздывающих значений ошибки), наиболее подходит для использования в исследовании. Это сложно и требует от исследователя значительного опыта.

Первоначально построенная модель на основе VARMA (1,1) была недостаточно репрезентативна. В связи с этим был произведен новый подбор параметров модели.

Далее приведена оценка параметров матрицы модели VARMA (2,2). Параметры  $p$  и  $q$  устанавливаются равными (*табл. 1*).

*Диагностика модели.* Для проверки модели могут быть использованы несколько подходов. В рамках данного этапа с использованием программного обеспечения R-Statistics был построен Q-Q plot (*рис. 4–6*). По результатам теста видно, что модель с высокой долей точности характеризует данные по GSPL и NCG, в то время как по A VTP часть данных является не охваченной. Аналогичную неучтенную

зависимость по этой переменной подтверждает тест Бокса – Кокса. Данный фактор не представляется возможным учесть в рамках использования модели для трех временных рядов по различным макрорегионам в связи с тем, что в каждом из них есть свой порядок уникальных внешних факторов (например, график плановых ремонтных работ на газопроводах, количество и характер использования подземных хранилищ), поэтому данные с высокой долей точности описываются в рамках использования модели на одном макрорегионе (по зонам GSPL и NCG).

*Оценка достоверности результатов модели.* В качестве метода оценки достоверности результата использован графический метод наложения реальной динамики спроса на газ на смоделированный (рис. 7–9). Как видно, смоделированный спрос на газ совпадает с историческим рядом данных, включая сезонное колебание. Это свидетельствует о том, что данный порядок VARMA-модели может быть использован для построения прогнозов на будущие периоды.

*Построение прогноза.* На основе представленных исходных данных, а также по результатам построения модели VARMA (2;2), корректно описавшей исходный временной ряд, построен прогноз на двухлетнюю перспективу. Результат представлен на рис. 10–12.

*Интерпретация результата.* На основе представленного прогноза видно, что среднесуточный спрос на газ на двухлетнюю перспективу составит 318 ГВт·ч AVTP, 104 ГВт·ч GASPOOL, 231 ГВт·ч NCG. При этом отклонение от максимального значения от среднего на период прогнозирования составляет 557 ГВт·ч, 66 ГВт·ч, 203 ГВт·ч по аналогичным зонам. В связи с этим на следующем этапе исследования предполагается целесообразным использовать полученные результаты для интеграции в модель формирования мощностей таким образом, чтобы рассчитать портфель газотранспортных мощностей и мощностей хранения, который позволит безрисково обеспечить спрогнозированные колебания спроса на газ.

Научная новизна исследования заключается в том, что в нем предложен алгоритм построения VARMA-модели, применяемой для анализа высокочастотных временных рядов и не представленной в отечественной специальной литературе. Работа вносит вклад в направления финансовой эконометрики и статистики, связанные с анализом высокочастотных временных рядов.

**Таблица 1**

**Оценка параметров матрицы A1 модели VARMA (2,2)**

**Table 1**

**Estimation of parameters of the matrix A1 of the VARMA model (2.2)**

| Спрос    | GSPL (t-1) | NCG (t-1) | AVTP (t-1) |
|----------|------------|-----------|------------|
| GSPL (t) | 1,595      | -0,377    | -0,35      |
| NCG (t)  | 0,744      | 0,222     | 1,178      |
| AVTP (t) | -0,014     | 0,134     | 0,218      |

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 1**

**Газовый рынок 2021 г.**

**Figure 1**

**Gas market 2021**



Источник: авторская разработка

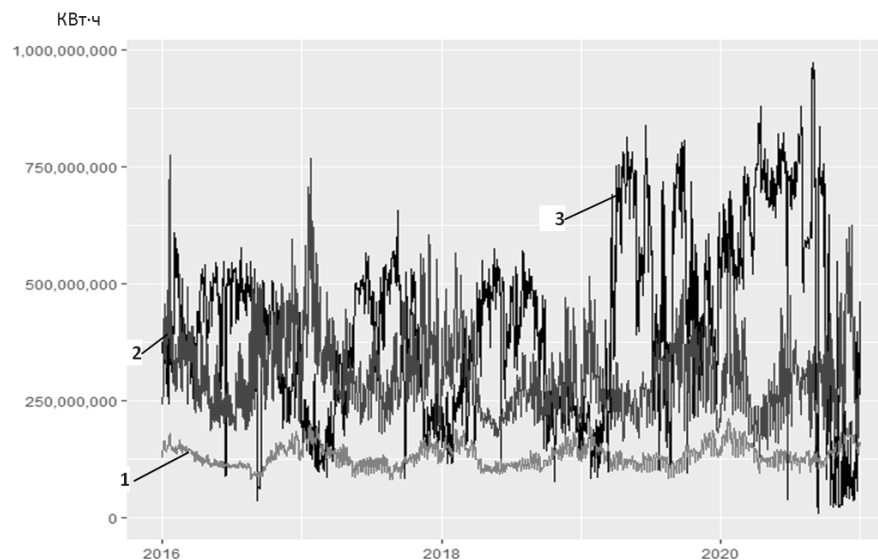
Source: Authoring

**Рисунок 2**

**Исходные данные по спросу на газ**

**Figure 2**

**Initial gas demand data**



Примечание. 1 – GASPOOL; 2 – NCG; 3 – А VTP.

Источник: авторская разработка

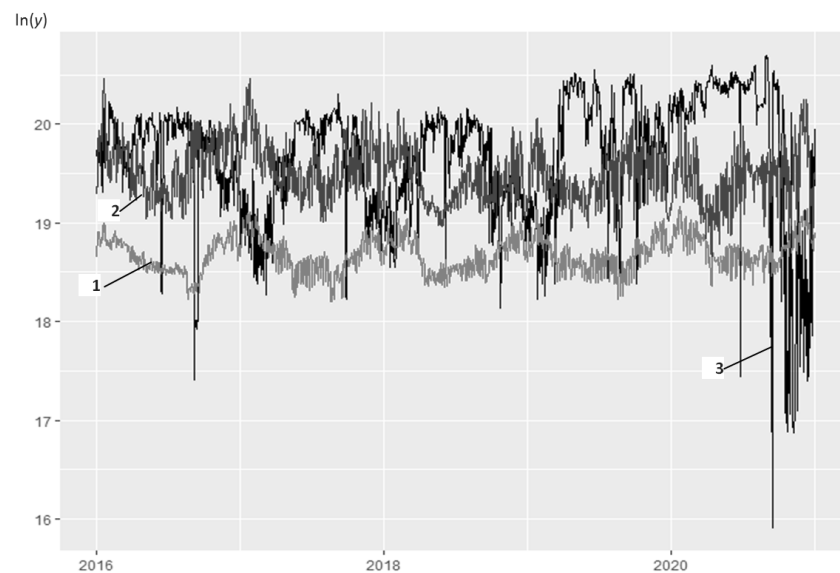
Source: Authoring

**Рисунок 3**

**Результат приведения исходных временных рядов к стационарному виду**

**Figure 3**

**Result of reducing the original time series to a stationary form**



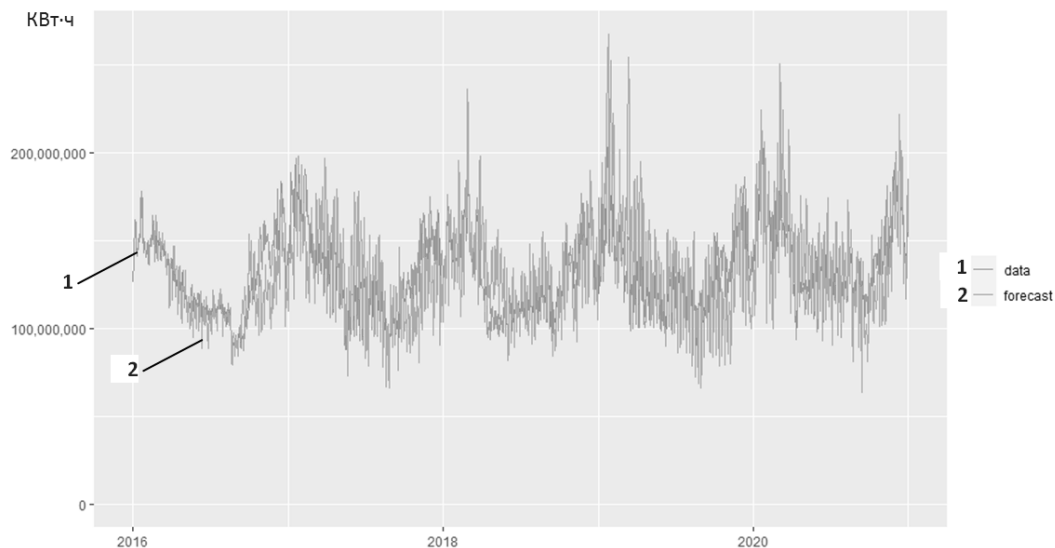
Примечание. 1 – GASPOOL; 2 – NCG; 3 – А VTP.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 4**  
**Результат VARMA (2,2) GASPOOL**

**Figure 4**  
**Result of VARMA (2.2) GASPOOL**

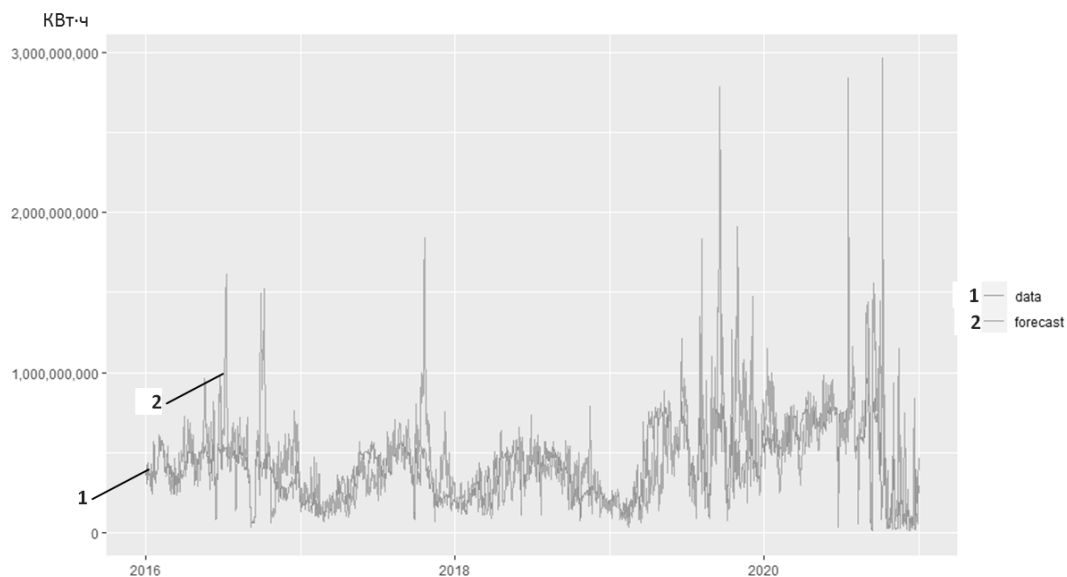


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 5**  
**Результат VARMA (2,2) AVTP**

**Figure 5**  
**Result of VARMA (2.2) AVTP**

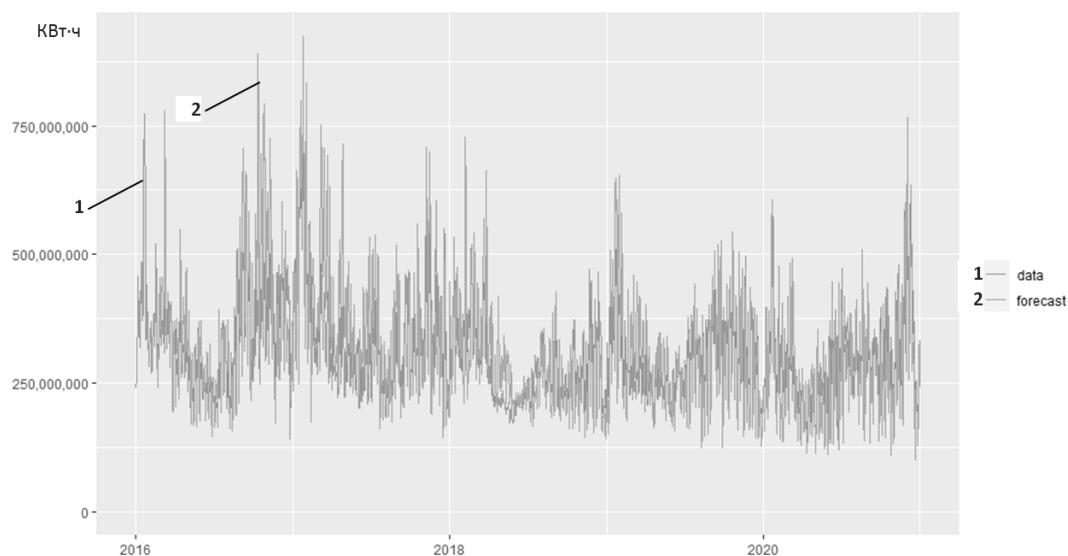


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 6**  
**Результат VARMA (2,2) NCG**

**Figure 6**  
**Result of VARMA (2.2) NCG**

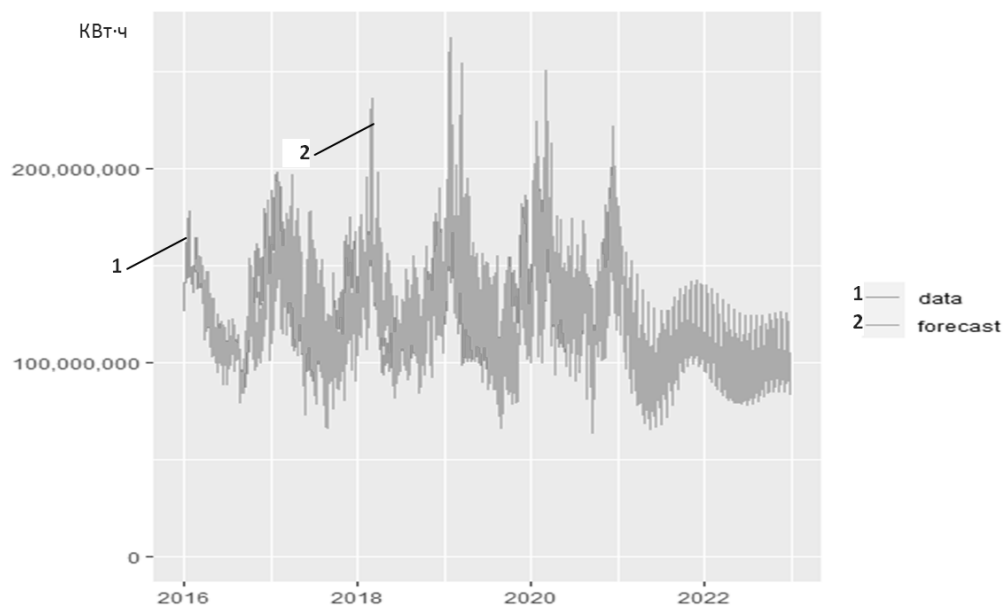


*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Рисунок 7**  
**Прогноз VARMA (2,2) GASPOOL**

**Figure 7**  
**Forecast of VARMA (2.2), GASPOOL**

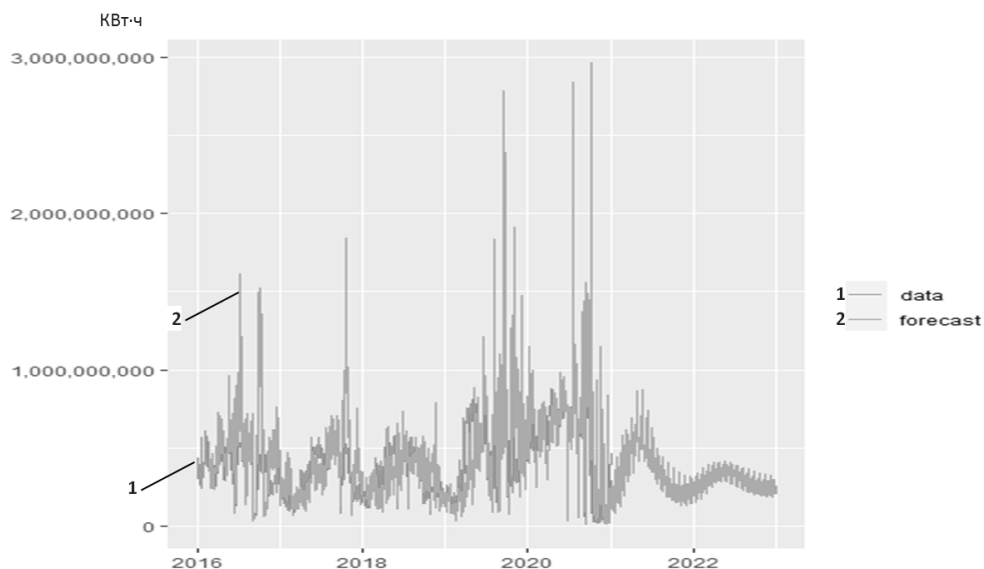


*Источник:* авторская разработка

*Source:* Authoring

**Рисунок 8**  
**Прогноз VARMA (2,2) AVTP**

**Figure 8**  
**Forecast of VARMA (2.2), AVTP**

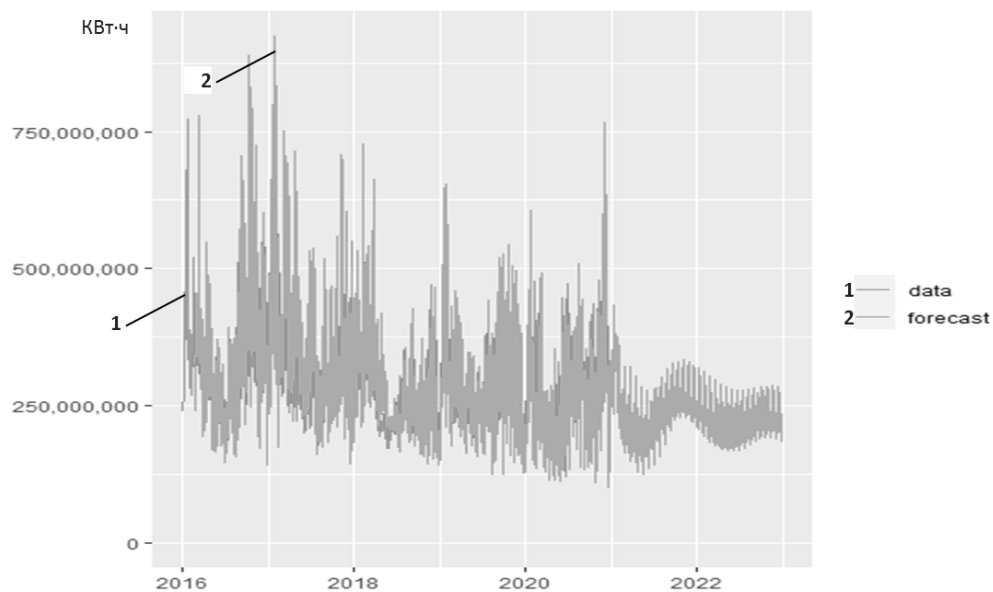


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 9**  
**Прогноз VARMA (2,2) NCG**

**Figure 9**  
**Forecast of VARMA (2.2), NCG**

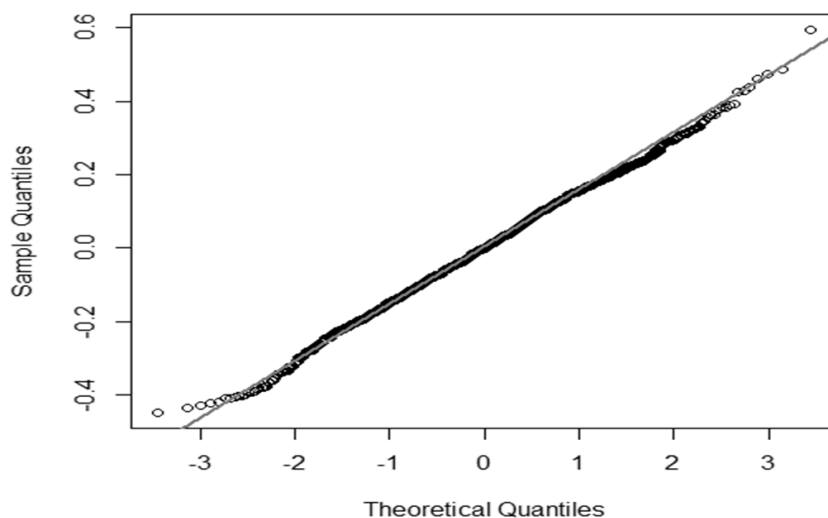


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 10**  
**Результат Q-Q plot GASPOOL**

**Figure 10**  
**Result of Q-Q plot GASPOOL**

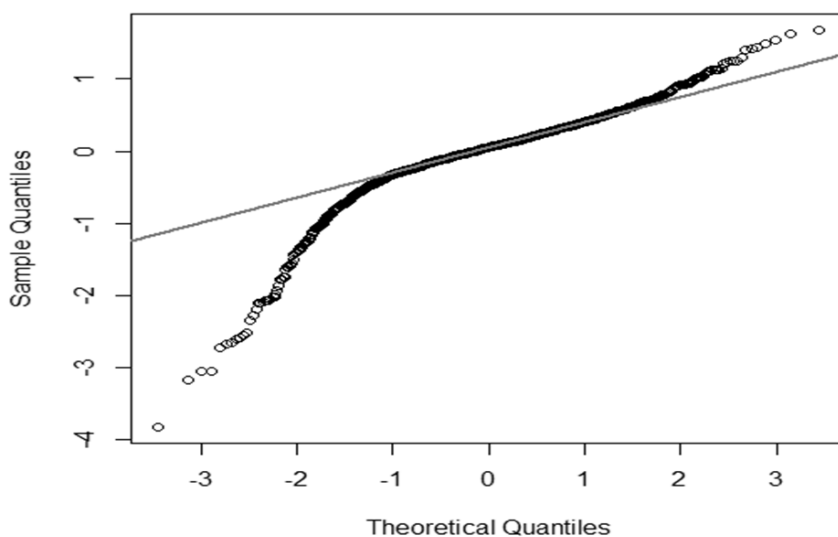


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 11**  
**Результат Q-Q plot AVTP**

**Figure 11**  
**Result of Q-Q plot AVTP**



Источник: авторская разработка

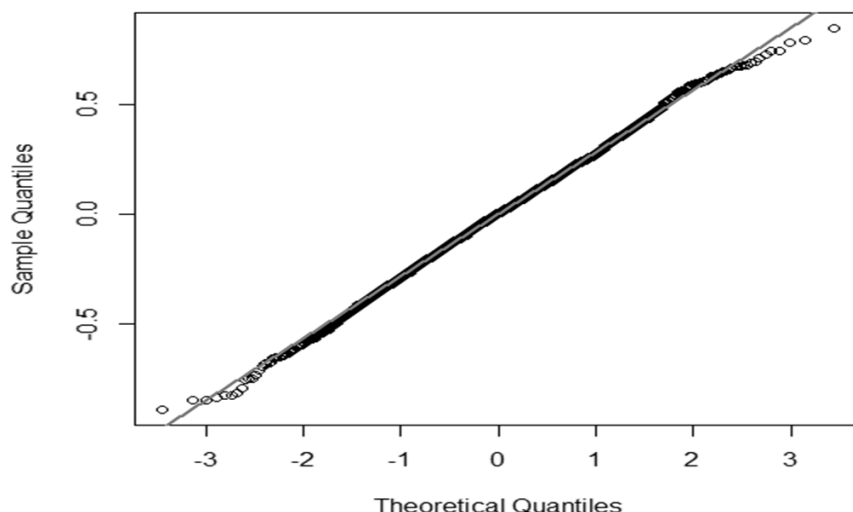
Source: Authoring

**Рисунок 12**

**Результат Q-Q plot NCG**

**Figure 12**

**Result of Q-Q plot NCG**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Козлова Е.А., Кудрявцева Т.Ю. Способы формирования портфеля мощностей предприятия нефтегазовой отрасли для обеспечения рыночной гибкости // Естественнo-гуманитарные исследования. 2020. № 30(4). С. 64–69.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-formirovaniya-portfelya-moschnostey-predpriyatiya-neftegazovoy-otrasli-dlya-obespecheniya-rynochnoy-gibkosti>
2. Granger C.W.J. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 1969, vol. 37, no. 3, pp. 424–438.  
URL: <https://doi.org/10.2307/1912791>
3. Tsay R.S., Tiao G.C. Use of Canonical Analysis in Time Series Model Identification. *Biometrika*, 1985, vol. 72, no. 2, pp. 299–315.  
URL: <https://doi.org/10.1093/biomet/72.2.299>
4. Johansen S. Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1988, vol. 12, iss. 2-3, pp. 231–254.  
URL: [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
5. Russel J.R., Engle R.F. Autoregressive Conditional Duration: A New Model for Irregularly Spaced Transaction Data. *Econometrica*, 1998, vol. 66, iss. 5, pp. 1127–1162. URL: <https://doi.org/10.2307/2999632>

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## ANALYSIS AND FORECAST FOR GAS DEMAND USING THE VARMA MODEL

Tat'yana Yu. KUDRYAVTSEVA <sup>a,\*</sup>,

Evgeniya A. KOZLOVA <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation  
tankud28@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0003-1403-3447>

<sup>b</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation  
kozlovaevgeiya@list.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Article No. 391/2021  
Received 8 July 2021  
Received in revised form  
20 July 2021  
Accepted 7 August 2021  
Available online  
29 October 2021

**JEL classification:** C01,  
C51

**Keywords:** VARMA  
model, high-frequency  
data, demand modeling,  
demand forecasting,  
market flexibility

### Abstract

**Subject.** The article assesses the fluctuations in market demand for gas to ensure market flexibility.

**Objectives.** The aim is to develop a methodology for forming an optimal capacity portfolio of oil and gas industry enterprises, taking into account the specifics of the industry to ensure market flexibility, and its testing, on the case of forming a capacity portfolio for three market zones (NCG – Germany, GASPOOL and AVTP – Austria), using the VARMA model.

**Methods.** We employ methods of financial econometrics and statistics.

**Results.** The study reveals the specifics of the state of the European gas market, considers the prerequisites for ensuring flexibility, and unveils the main tools to ensure the required level of flexibility. It also offers and tests an algorithm, based on the VARMA model, for assessing and forecasting gas demand in three market zones. We substantiate the need for determining the degree of interrelation between the indices of complementary trade zones, and consider models enabling to assess interrelationships and modeling of projected prices and demand in the future.

**Conclusions.** The findings may be used for integration of capacities into the capacity generation model, in order to calculate a portfolio of gas transportation and storage capacities, which will allow providing predicted fluctuations in gas demand without risk.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

**Please cite this article as:** Kudryavtseva T.Yu., Kozlova E.A. Analysis and Forecast for Gas Demand Using the VARMA Model. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 10, pp. 1973–1990.  
<https://doi.org/10.24891/ea.20.10.1973>

## References

1. Kozlova E.A., Kudryavtseva T.Yu. [Ways of capacity portfolio structuring of energy company in order of market flexibility provision]. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya = Natural Humanitarian Studies*, 2020, no. 30(4), pp. 64–69.

- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-formirovaniya-portfelya-moschnostey-predpriyatiya-neftegazovoy-otrasli-dlya-obespecheniya-rynochnoy-gibkosti> (In Russ.)
2. Granger C.W.J. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 1969, vol. 37, no. 3, pp. 424–438.  
URL: <https://doi.org/10.2307/1912791>
  3. Tsay R.S., Tiao G.C. Use of Canonical Analysis in Time Series Model Identification. *Biometrika*, 1985, vol. 72, no. 2, pp. 299–315.  
URL: <https://doi.org/10.1093/biomet/72.2.299>
  4. Johansen S. Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1988, vol. 12, iss. 2-3, pp. 231–254.  
URL: [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
  5. Russel J.R., Engle R.F. Autoregressive Conditional Duration: A New Model for Irregularly Spaced Transaction Data. *Econometrica*, 1998, vol. 66, iss. 5, pp. 1127–1162. URL: <https://doi.org/10.2307/2999632>

#### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.