

УДК 620.92 JEL L95

DOI 10.26425/1816-4277-2019-9-125-130

Кисленко Николай Анатольевич
канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: N.Kislenko@econom.gazprom.ru

Копылова Юлия Сергеевна
студент магистратуры, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: Yukos-95kopylova@mail.ru

Маланичева Наталья Викторовна
канд. экон. наук, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: 0000-0002-3800-4803
e-mail: malo73@mail.ru

Kislenko Nikolay
Candidate of Technical Sciences, State University of Management, Moscow, Russia
e-mail: N.Kislenko@econom.gazprom.ru

Kopylova Iuliia
Graduate student, State University of Management, Moscow, Russia
e-mail: Yukos-95kopylova@mail.ru

Malanicheva Natalia
Candidate of Economic Sciences, State University of Management, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0002-3800-4803
e-mail: malo73@mail.ru

УЧЕТ ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА УРОВНЕ ОТДЕЛЬНЫХ СТРАН И РЕГИОНОВ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к выделению экономических и макроэкономических факторов, оказывающих влияние на конечное энергопотребление с учетом сезонной неравномерности промышленного производства и инерции изменения показателей производства конечной продукции относительно потребления энергии, необходимой для их производства. Дополнительно рассмотрены факторы не только в конце цепочки создания стоимости на базе газопотребляющих производств, но и с учетом показателей сырьевого сектора экономики, определяющего начало стоимостной цепи.

Ключевые слова: макроэкономические факторы, демографические факторы, индекс промышленного производства, газопотребление, энергосбережение.

Цитирование: Кисленко Н.А., Копылова Ю.С., Маланичева Н.В. Учет динамики промышленного производства при оценке потенциала энергосбережения на уровне отдельных стран и регионов // Вестник университета. 2019. № 9. С. 125-130.

CONSIDERATION OF THE DYNAMICS OF INDUSTRIAL PRODUCTION IN THE EVALUATION OF ENERGY SAVING POTENTIAL AT THE LEVEL OF INDIVIDUAL COUNTRIES AND REGIONS

Abstract. An approach to the allocation of economic and macroeconomic factors, affecting the final energy consumption, taking into account the seasonal unevenness of industrial production and the inertia of changes in the production of final products relative to the consumption of energy required for their production, has been considered in the article. In addition, factors have been reviewed not only at the end of the value chain on the basis of gas-consuming industries, but also taking into account the indicators of the raw material sector of the economy, which determines the beginning of the value chain.

Keywords: macroeconomic factors, demographic factors, industry development index, gas consumption, energy saving.

For citation: Kislenko N.A., Kopylova Yu.S., Malanicheva N.V. Consideration of the dynamics of industrial production in the evaluation of energy saving potential at the level of individual countries and regions (2019) Vestnik universiteta, I. 9, pp. 125-130. doi: DOI 10.26425/1816-4277-2019-9-125-130

Классический подход при оценке прогнозного энергопотребления отдельных стран и регионов предполагает использование макроэкономических параметров валового внутреннего продукта (далее – ВВП) и энергоемкости экономики. В ряде источников показана принципиальная ограниченность такого подхода [3]. Более того, переход на месячный шаг анализа чаще всего не позволяет найти устойчивые статистические зависимости между энергопотреблением и показателями ВВП.

Авторами был проведен анализ широкого ряда статистических экономических показателей с месячным шагом по европейским странам [6]. В целом практически отсутствуют зависимости энергопотребления в европейских странах на месячном уровне рассмотрения с макроэкономическими показателями ВВП. В то же время, можно отметить наличие зависимости относительно показателей промышленного производства.

Предварительно с помощью отдельного методического подхода ретроспективные данные по газопотреблению отдельных стран были очищены от влияния климатических факторов (градусо-дни отопления, градусо-дни охлаждения, продолжительность светового дня) [1].

© Кисленко Н.А., Копылова Ю.С., Маланичева Н.В., 2019. Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The Author(s), 2019. This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Анализ данных проводился с помесечным шагом в период с января 2012 г. по декабрь 2018 г. В среднем по странам увеличение корреляционных зависимостей составило 4,3 п.п. Значения линейной корреляции с учетом индекса промышленного производства и их изменения относительно корреляции, построенной только по климатическим данным, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции спроса на газ относительно климатических факторов и дополнительно с учетом изменения индекса промышленного производства

Страна	Климат	+Экономика	Разница
Чехия	0,992	0,995	0,003
Венгрия	0,988	0,992	0,004
Франция	0,992	0,993	0,001
Словения	0,976	0,988	0,012
Италия	0,977	0,983	0,006
Великобритания	0,976	0,980	0,004
Австрия	0,965	0,988	0,023
Германия	0,957	0,962	0,005
Болгария	0,949	0,970	0,021
Босния и Герцеговина	0,954	0,959	0,005
Хорватия	0,944	0,967	0,023
Латвия	0,957	0,962	0,005
Польша	0,939	0,964	0,025
Турция	0,924	0,945	0,021
Румыния	0,910	0,911	0,001
Испания	0,904	0,907	0,003
Люксембург	0,880	0,898	0,018
Швеция	0,885	0,901	0,006
Словакия	0,875	0,908	0,033
Финляндия	0,866	0,894	0,028
Литва	0,841	0,861	0,020
Дания	0,838	0,891	0,053
Бельгия	0,826	0,840	0,014
Македония	0,842	0,890	0,048
Греция	0,669	0,869	0,200
Португалия	0,361	0,771	0,410
Норвегия	0,292	0,464	0,172

Источник: [6]

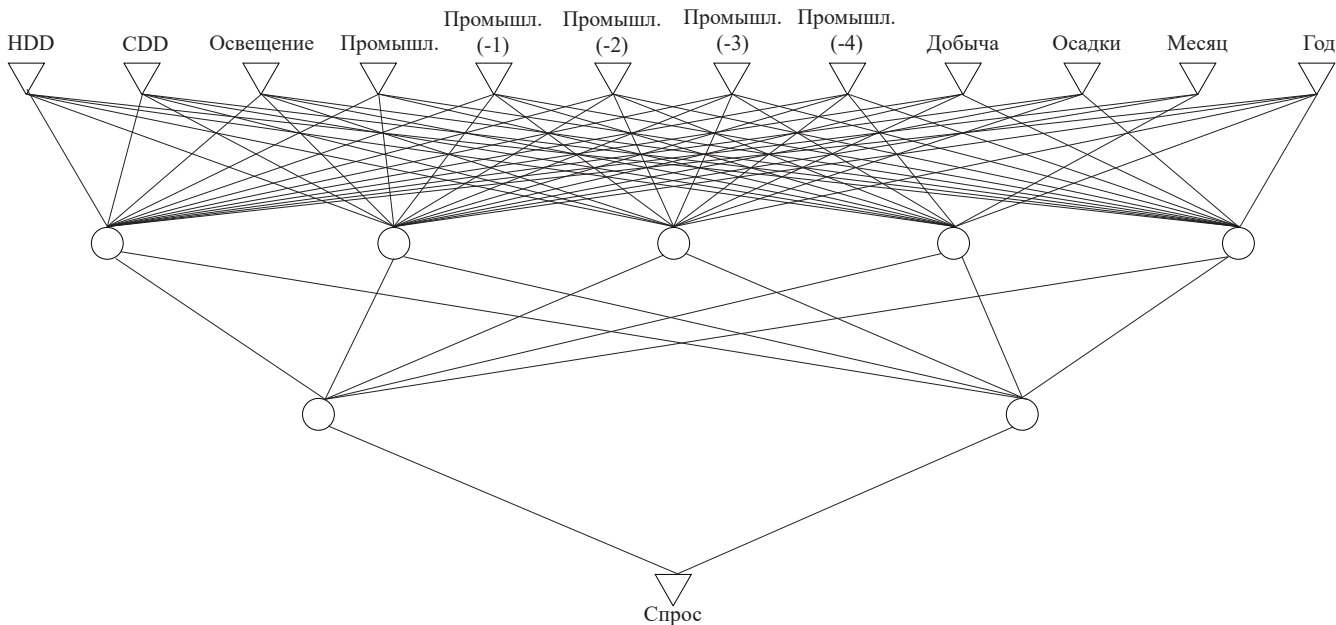
Следует отметить, что для ряда стран влияние экономических факторов оказалось существенным при анализе факторов, определяющих газопотребление. В первую очередь это касается стран, для которых незначительно влияние климатических факторов в силу их расположения в теплой климатической зоне. Так, для Греции прирост корреляции составил 20 п.п., а для Португалии – 41 п.п., то есть более половины корреляционного влияния.

Также существенная зависимость выявлена для Норвегии, однако, скорее всего указанное влияние определяется динамикой промышленного производства в сырьевой нефтегазодобывающей отрасли, а основное потребление газа в Норвегии приходится как раз на собственные нужды промыслов. Действительно, отдельно проведенный анализ по дополнительному фактору «помесечная добыча газа» показал существенное его влияние в первую очередь для Норвегии, для которой рост составил более 30 п.п.

Авторами также было выдвинуто предположение, что при помесечном шаге анализа потребление энергии и индекс промышленного производства могут не совпадать по времени. С одной стороны, энергия, потребленная в каком-либо промышленном производстве, овеществляется в промышленной продукции, поставка которой может происходить с некоторым лагом по времени. С другой стороны, рост промышленного производства может потребовать опережающего выпуска энергоемких составляющих. Так как для целей краткосрочного и среднесрочного прогнозирования имеет смысл использовать данные только о прошлых периодах, то был проведен отдельный анализ степени влияния усредненных за несколько последних месяцев индекса промышленного производства на прогнозное энергопотребление. Проведенный анализ подтвердил первоначальное предположение. Так, для Греции рост корреляционной зависимости при переходе от учета данных за месяц к учету данных за последний квартал составил 16 п.п., для Норвегии – 6 п.п. Для других стран прирост корреляции достигал 5 п.п., что подтверждает необходимость учета инерции энергопотребления относительно изменения индекса промышленного производства. Учет инерции спроса относительно ряда факторов позволяет проводить имитационное динамическое моделирование энергопотребления, что обеспечивает результирующую динамику спроса более близкую к наблюдаемой в реальности [4].

Динамика промышленного производства в совокупности с климатическими факторами может иметь сложное нелинейное влияние на газопотребление, более того, при определенных условиях и с учетом различных временных лагов это влияние может быть даже разнонаправленным. Для проверки данного утверждения был проведен анализ сразу всех факторов, влияющих на конечное газопотребление, включая различный уровень смещения во времени факторов промышленного производства.

С учетом сложности постановки задачи был применен метод нейросетевого моделирования. В качестве входов нейросети были использованы: градусо-дни отопления, градусо-дни охлаждения, продолжительность светового дня, индекс промышленного производства (5 отдельных входов с усреднением от 1 до 5 месяцев), добыча газа, уровень осадков, номер месяца, год. В качестве выхода нейросети – объем газопотребления. Общая конфигурация сети включала 12 входов, 5 нейронов на первом внутреннем слое, 2 на втором внутреннем слое и 1 выход. В качестве метода обучения нейросети использовался стандартный метод обратного распространения ошибки. Нейросетевое моделирование проводилось с помощью программного комплекса «Нейроверстак» (Neural Bench). Структура нейронной сети представлена на рисунке 1.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 1. Структура нейронной сети прогнозирования месячного спроса на газ

Обученная нейросеть на примере Норвегии обеспечила корреляцию 0,980, что существенно выше корреляции при линейной регрессии 0,464. Аналогично существенно лучшие результаты были получены по Португалии и Греции. Встроенный инструмент нейросетевого симулятора позволил проанализировать степень влияния каждого из входов нейросети на конечный результат. Для всех стран с высокой чувствительностью к экономическому фактору наибольшее влияние оказывал фактор изменения индекса промышленного производства, усредненный за 3 и 4 последних месяца.

Проведенный анализ позволил сформировать динамику ожидаемого газопотребления, очищенную от влияния климатических и экономических факторов. Указанная динамика определяется, в свою очередь, уже фактором уровня реализации потенциала энергосбережения, включая косвенно связанный с этим потенциалом фактор межтопливной конкуренции [5].

Учитывая, что климатические факторы имеют ярко выраженную вероятностную природу, а экономические факторы характеризуются высокой волатильностью и цикличностью, при прогнозировании спроса следует использовать не только наиболее вероятное ожидание, но и вероятности низкого и высокого спроса. Причем высокий и низкий спрос должны быть представлены не как отдельные сценарии, а как возможные отклонения от наиболее вероятного сценария. Очевидно, что существует расчетная вероятность холодной зимы для каждого года, однако, вероятность холодной зимы сразу для всех годов на десятилетнем периоде практически ничтожна. Таким образом, при прогнозировании спроса с помощью выявленных зависимостей следует использовать вместо сценарного подхода метод реальных опционов [2].

Как альтернатива использованию нейросетевого подхода при анализе влияния предшествующих временных периодов на текущее состояние возможно применение динамических имитационных агентных моделей. Основная идея, лежащая в основе агентно-ориентированных моделей (далее – АОМ), заключается в построении «вычислительного инструмента», представляющего собой набор агентов с набором индивидуальных свойств, позволяющего проводить моделирование реальных явлений. Множество объектов существует внутри среды их «обитания» и вступая во взаимодействие с этой средой и с другими объектами проявляют себя коллективно. Подобно реальным объектам рынка каждый агент несет в себе персональные особенности (присущие только ему) и общие (присущие классу, к которому он принадлежит). Поведение агентов проявляется через их «поступки» (процедуры), которые и воплощают его взаимодействие с внешней средой или другими агентами в ней.

В результате создания АОМ появляется возможность отследить влияние флуктуаций таких агентов, действующих на микроуровне исследуемой области, на показатели ее макроуровня. В результате сложные системы в АОМ можно описывать и моделировать, не зная глобальных закономерностей их поведения, лишь адекватно описав поведение агентов. Характерными чертами агентов являются интеллектуальность и наличие целеполагания. На уровне агентов, как правило, используются простые, очевидные правила поведения. Однако при их взаимодействии возникает системный эффект, который отслеживается и изучается в рамках самой АОМ. Поведение агентов, помимо их внутренних индивидуальных правил, определяется параметрами среды, в которой они взаимодействуют.

Хозяйствующий рыночный субъект рассматривается как целостный объект, осуществляющий преобразование исходных материальных, трудовых и финансовых ресурсов в продукцию с помощью набора некоторых технологий, а также привлечение этих ресурсов в производство. В качестве результатов взаимодействия агентов может выступать как равновесие, так и непрекращающийся процесс эволюции или периодический процесс.

Необходимо учитывать важное свойство внешней среды – риски и неопределенность. Потребители могут находиться в разной степени «осведомленности» о текущих тенденциях во внешней среде. Это порождает неопределенность в условиях принятия ими решений. Таким образом, два одинаковых с технологической точки зрения агента будут проявлять разное поведение, если они находятся в разных условиях неопределенности и по-разному оценивают риски. Агентно-ориентированные модели дополняют традиционные аналитические методы и помогают идентифицировать критические моменты времени, после наступления которых, чрезвычайные последствия в сложных системах могут иметь необратимый характер.

Поведение потребителей энергии моделируется исходя из допущения, что каждый агент действует рационально, предполагает оставаться на рынке постоянно и стремится минимизировать свои расходы на обеспечение энергетических нужд. Такое стремление в модели реализуется через два базовых действия. Первое действие: инициация исследования, когда агент-потребитель периодически проводит самостоятельное технико-экономическое исследование на предмет поиска лучших технических решений. При этом используется упрощенный

подход анализа эффективности инвестиционных проектов. В зависимости от конкретных условий каждого потребителя к рассматриваемым решениям могут относиться: реконструкция существующих технологий, при которой агент сократит потребление текущего топлива, внедрение новых технологий, использующих другой вид топлива, или переключение (частичное или полное) на другой вид топливно-энергетических ресурсов, если для этого имеются технические возможности. Если затраты на любые перемены превышают эффект от их воплощения, то агент отказывается от них и продолжает существовать без изменений в прежнем режиме. Если же ему удалось найти выгодное решение, одно или несколько, тогда происходит выбор наиболее эффективного варианта действий и его воплощение. Таким образом, первое действие происходит сугубо внутри агента и не влияет на внешнюю среду. Второе действие вносит в нее материальные и информационные изменения, так как в результате действий агента происходит движение денежных потоков, изменение нагрузки на сетевые структуры доставки топливно-энергетических ресурсов в регионе и конкретно к агенту, изменение состава основных фондов, что в результате реформирует топливно-энергетический баланс на всех уровнях. При этом учитываются временные ресурсы, отражающие требуемое каждому потребителю время для разработки финансового обоснования и проектов, а также их воплощения. Таким образом, в модели состав топливно-энергетического баланса формируется локальными действиями хозяйствующих объектов всех сфер экономики. Представленные внешней средой природные условия, географические особенности, а также федеральные и региональные ограничения регулирующих органов лишь создают правила и «коридоры» поведения агентов именно так, как это происходит в условиях реального регулируемого рынка.

Внешняя среда в модели задает изменение макроэкономических показателей, например, цены на топливо. Сезонные изменения, влияющие на спрос потребителей, также задаются внешней средой модели. Помимо указанных изменений, также происходит глобальная регистрация структурных подвижек в топливно-энергетических балансах.

Взаимоотношения в модели между всеми агентами осуществляются посредством вспомогательных объектов класса «Контракт». Контракты возникают, когда один объект «Инициатор» предлагает другому «Предложение» (на продажу) или «Заявку» (на покупку), а второй объект соглашается с объемом, ценой и условиями (время поставки, режим поставки). При этом экземпляры контрактов могут быть инициированы извне, то есть навязаны административно (например, для снабжения неотключаемых, стратегических объектов).

Глобальный модельный топливно-энергетический баланс формируется текущими контрактами, представляющими производство, транспорт, переработку и использование топливно-энергетических ресурсов. Анализ ситуации в модели производится путем формирования различных тематических агрегаций таких контрактов в виде частных балансов по отдельным видам топлива и энергии в территориальном и отраслевом разрезах. Результатом проведения очередного имитационного эксперимента в модели становится прогноз экономически обоснованного спроса на конечный энергоресурс с учетом факторов энергозамещения и энергосбережения.

Последующий переход к выделению фактора энергосбережения должен сопровождаться сопоставлением энергопотребления и демографических факторов. В целом под энергосбережением следует понимать снижение удельного энергопотребления на единицу численности населения.

Библиографический список

1. Анохина, О. С. Влияние температурных факторов на энергопотребление стран мира / О. С. Анохина, А. С. Химич // Газовая промышленность. – 2012. – № 8 (679). – С. 29-30.
2. Кисленко, Н. А. Проблемы моделирования управленческих решений развития газовой промышленности // Вестник университета. – 2012. – № 20. – С. 102-106.
3. Кисленко, Н. А. Критерии подобия при анализе макроэкономических систем / Н. А. Кисленко, О. С. Анохина, А. С. Химич // Юбилейная книга. ООО «НИИГазэкономика» 50 лет. – М.: ООО «НИИГазэкономика», 2017. – 4 с.
4. Мызникова, М. Н. Имитационное моделирование параметров и границ развития системы энергопотребления / М. Н. Мызникова, И. Б. Аксенов, Р. М. Газизуллин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 7-1 (61). – С. 25-29.
5. Петровский, Е. С. Проблемы и задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности // Вестник университета. – 2012. – № 2. – С. 189-196.
6. Евростат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat> (дата обращения: 30.07.2019).

References

1. Anokhina O. S., Khimich A. S. Vliyanie temperaturnykh faktorov na energopotreblenie stran mira [*The influence of temperature factors on the energy consumption of the world*]. *Gazovaya promyshlennost' [Gas industry]*, 2012, I. 8 (679), pp. 29-30.
2. Kislenko N. A. Problemy modelirovaniya upravlencheskikh reshenii razvitiya gazovoi promyshlennosti [*Problems of modeling management decisions of the gas industry development*]. *Vestnik universiteta*, 2012, I. 20, pp. 102-106.
3. Kislenko N. A., Anokhina O. S., Khimich A. S. Kriterii podobiya pri analize makroekonomicheskikh sistem [*Similarity criteria in the analysis of macroeconomic systems*]. Yubileinaya kniga. OOO «NIIgazekonomika» 50 let [*NIIgazekonomika LLC is 50 years old*]. M.: OOO NIIgazekonomika, 2017. 175 p.
4. Myznikova M. N., Aksenov I. B., Gazizullin R. M. Imitatsionnoe modelirovanie parametrov i granits razvitiya sistemy energopotrebleniya [*Simulation modeling of the parameters and limits of the development of the energy consumption system*]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International Research Journal]*, 2017, I. 7-1 (61), pp. 25-29.
5. Petrovskii Ye. S. Problemy i zadachi energosberezheniya i povysheniya energoeffektivnosti [*Problems and challenges of energy saving and energy efficiency*]. *Vestnik universiteta*, 2012, I. 2, pp. 189-196.
6. Eurostat [*Eurostat*]. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat> (accessed 30.07.2019).