3. *Санцевич Д. Н.* О решении одного алгебраического операторного уравнения Риккати // Экономика и управление XXI века: сб. науч. статей по матер. XIX Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов НИРС ФЭУ–2023. Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2023. С. 902–906.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДСТВАМИ R ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Станкевич

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь
Prestigioalexandr@gmail.com

С использованием технологии анализа временных рядов в R на основе помесячных данных. Выявлено наличие тренда и сезонных колебаний, построены модели скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, ARIMA, краткосрочный прогноз по моделям. Построена адекватная модель динамики потребления для анализа и прогнозирования динамики потребления природного газа в Гродненской области.

Исходные данные — потребление природного газа в Гродненской области сохранены в R как помесячный временной ряд, имеющий 144 наблюдения.

Первичный анализ данных с целью выяснения свойств временного ряда (стационарность) и его структуры (наличие и тип тренда, сезонной составляющей, аддитивный или мультипликативный характер вхождения в модель) на основе визуализации ряда по графику динамики выявил наличие явной сезонной составляющей и тренда, что указывает на нестационарность ряда и необходимость использования сезонного компонента в модели. Для выявления и анализа сезонности построены также дополнительные графики: графики частичных рядов исходного динамического ряда (по годам (seasonplot()), график сезонной динамики по каждому из месяцев (функция monthplot()), сезонная декомпозиция по Лоэссу (STL). По результатам предварительного анализа можно отметить, что динамика рассматриваемого показателя потребления является нестационарным процессом, характеризуется аддитивным трендом и сезонными колебаниями, что подтверждает выбор сезонной модели Бокса–Дженкинса (SARIMA) [1, стр. 289]. Заметим, что для исследуемого ряда потребления выполнено требование для построения адекватной модели ARIMA: не менее 40 наблюдений, а для сезонной ARIMA – порядка 6-10 сезонов [2].

При идентификации порядка модели для определения порядка интегрированности ряда применялся оператор взятия последовательных разностей.

Для выбора порядка авторегрессии и порядка скользящего среднего, значений параметров сезонной авторегрессии SAR и сезонного скользящего среднего SMA использовались автокорреляционные функции ACF и частная автокорреляционная функция PACF.

Обосновано, что адекватно рассматривать *ARIMA-модели-кандидаты* с параметрами $d = D = 1$, $p, q, P, Q \leqslant 2$.

Оценки параметров модели в предположении различных порядков получены с использованием функции arima(). Построен портфель моделей-кандидатов. Наиболее адекватная из построенных моделей выбиралась на основе минимизации информационных критериев Акайка AIC, и BIC (функции AIC() BIC(). Наилучшей признана модель с наименьшими значениями параметров ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$. t-статистики всех коэффициентов модели по абсолютной величине больше критического значения t-критерия Стьюдента (равного 1.98 при уровне $p = 0.05$ и числе степеней свободы 142), поэтому коэффициенты модели являются значимыми на уровне значимости 5 %.

Модель ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ в операторном виде (в скобках указаны стандартные ошибки оценок коэффициентов) имеет вид

$$(1-B_{12})(1-B)x_t = (1-\underset{(0.10358)}{0.81352}B_{12})(1-\underset{(0.08252)}{0.41995}B)\varepsilon_t. \tag{1}$$

Проверка адекватности модели (анализ остатков) выполнялась по критериям отсутствия автокорреляции остатков, нормальности распределения остатков и постоянства дисперсии. Все критерии были выполнены. Оценку точности модели выполнялась на основании ретропрогноза. Относительная погрешность ретропрогноза по модели (1) не превышает 7%.

Заключение. Проведенный анализ показал, что потребление природного газа в Гродненской области демонстрирует явную сезонную составляющую и тренд. Модель ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ оказалась адекватной и значимой для описания временного ряда. Ретропрогноз модели показал относительную погрешность, не превышающую 7%, что подтверждает ее высокую точность Данный подход к моделированию может быть применен для прогнозирования потребления газа и планирования ресурсоснабжения в регионе.

Библиографические ссылки

1. *Айвазян С. А.* Прикладная статистика. Основы эконометрики. Т. 2. М., 2001.
2. *Ханк Д. Э., Уичери У., Райте А. Дж.* Бизнес-прогнозирование. М., 2003.

КЛАССИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ СМЕШАННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТИПА КЛЕЙНА–ГОРДОНА–ФОКА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ ПОЛИНОМАМИ В ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

И. И. Столярчук

ООО «Нэкстсофт», Минск, Беларусь
stolyarchuk.ivan.i@gmail.com

Для уравнения типа Клейна–Гордона–Фока, заданным в полуполосе, рассматриваются смешанная задача с дифференциальными полиномами в граничных условиях, для которой исследуются вопросы, связанные с существованием и единственностью классического решения.

Постановка задачи. Рассмотрим на множестве $\overline{Q} = \{\mathbf{x} : \mathbf{x} \in \mathbb{R}^{\mathbf{2}},\ x_0 \in [0,+\infty),$ $x_1 \in [0,l]\}\}$ смешанную задачу для уравнения типа Клейна–Гордона–Фока

$$\partial_{x_0}^2 u - a^2 \partial_{x_1}^2 u - \lambda u = f, \tag{1}$$