

Г. А. Гадельшина, А. В. Аксянова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА С УЧЕТОМ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПО ЗАВОЛЖСКОЙ ЗОНЕ РТ

Ключевые слова: временные ряды, сезонные колебания, потребление газа.

В работе моделируется динамика потребления газа с учетом сезонных колебаний. На основе предложенной модели при подключении нового абонента делается прогноз расхода газа в зимний период. Оценивается верхняя граница потребления газа.

Keywords: time series, seasonals, gas consumption.

Gas consumption dynamics adjusted for seasonals is simulated in the study. Gas consumption in winter when connecting a new customer is forecasted based on the proposed model. Upper confidence bound of gas consumption is estimated.

Газовая промышленность является одной из основных отраслей топливной промышленности. Россия обладает огромным топливно-энергетическим потенциалом, который позволяет нашей стране занимать лидирующие позиции в мире по объемам добычи и производства топливно-энергетических ресурсов. ОАО «Газпром» — глобальная энергетическая компания. Основные направления ее деятельности — геологоразведка, добыча, транспортировка, хранение, переработка и реализация газа и других углеводородов. Для поставок газа на внутренний рынок и выполнения экспортных обязательств «Газпромом» реализуются проекты строительства газотранспортных мощностей [1].

«Газпром» в качестве одного из направлений своей деятельности занимается развитием газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации и Республики Татарстан в том числе. «Газпром» ведет планомерную работу в республике. Так, объем капитальных вложений компании (с учетом дочерних обществ) на территории региона в 2007–2011 годах составил около 17,3 млрд руб. Средства были направлены, в частности, на реконструкцию газопровода «Миннибаево — Казань», компрессорной станции «Арская», газораспределительных сетей и социальных объектов. С января по август 2012 года объем капитальных вложений составил около 440 млн руб. Участие «Газпрома» в газификации регионов Российской Федерации — одно из наиболее масштабных и социально значимых направлений работы компании на внутреннем рынке.

Единая система газоснабжения России управляется из Центрального производственно-диспетчерского департамента «Газпрома», основной задачей которого является обеспечение надежного и бесперебойного снабжения природным газом российских и зарубежных потребителей. Диспетчерские подразделения «Газпрома» осуществляют круглосуточный контроль над сложным производственно-технологическим комплексом, включающим объекты добычи, переработки, транспорта и подземного хранения газа.

При планировании капитального ремонта и реконструкции газопроводов-отводов на 2013–2020 г. для принятия грамотных и научно-обоснованных решений невозможно обойтись без перспективного дол-

госрочного прогнозирования режимов работы газопроводов-отводов. В связи с этим статистический метод долгосрочного прогнозирования режимов работы газопроводов-отводов становится важным инструментом в работе диспетчерской службы.

С развитием инфраструктуры Заволжская зона Республики Татарстан стала перспективной. Появляются новые и потенциальные потребители газа. В связи с этим стоит острый вопрос о соответствии проектной производительности газопроводов-отводов новым потребностям [2].

При обращении нового абонента он может указать только планируемый предприятием средний расход газа без учета того, что в зимний период расход значительно возрастает, а летом снижается. [3] Между тем, как будет показано ниже, такие сезонные колебания составляют от 10% до 210% от планируемого потребления газа.

Газопровод-отвод к районном центре Апастово диаметром $D=300$ мм введен в эксплуатацию в 1986 году. Проектная производительность — 250,0 млн. м³ в год. Центральный газопровод имеет 4 отвода: Буинский, Ульяновский, Канашский и Татнарталы.

В связи с тем, что все отводы, кроме Ульяновского, почти достигли своей максимальной проектной производительности, подключение каждого нового крупного абонента проблематично. Основным вопросом здесь является способ подключения: к действующему газопроводу-отводу, либо прокладка новой линии. При принятии решения о прокладке нового отвода также необходимо оценить его будущую пропускную способность, особенно в зимний период.

В данной работе было проведено моделирование и прогнозирование будущего потребления газа с применением эконометрических методов.

Изучение динамики потребления газа было проведено по каждому из четырех газопроводов-отводов, а также по центральному газопроводу. Для анализа были использованы данные о расходе газа по месяцам за период с января 1996 по декабрь 2012 года.

На рисунке 1 представлен график расхода газа по Буинскому газопроводу-отводу по месяцам с 1996 по 2012 год.

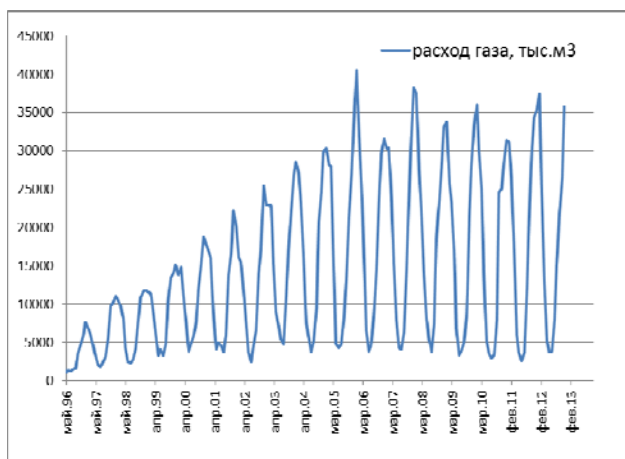


Рис. 1 - Расход газа по Буинскому газопроводу

Из графика видно, что данные содержат ярко выраженную сезонную компоненту. Это объясняется сезонным характером потребления газа: потребление возрастает в зимний период времени и становится минимальным в летние месяцы.

При моделировании временных рядов для устранения сезонных колебаний используют аддитивную (1) и мультипликативную (2) модели:

$$Y = T + S + E \quad (1)$$

$$Y = T \cdot S \cdot E, \quad (2)$$

где Y - уровни временного ряда, T - трендовая компонента, а E - случайные колебания [4].

В период до января 2006 года амплитуда колебания возрастала. Поэтому для моделирования сезонных колебаний на этом этапе была использована мультипликативная модель. Далее амплитуда колебаний оставалась примерно постоянной, поэтому с 2006 года использовалась аддитивная модель.

После исключения сезонной компоненты данные имеют вид, представленный на рисунке 2.

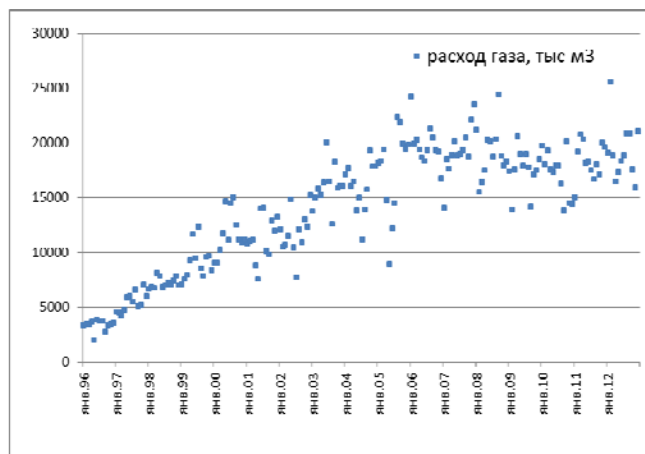


Рис. 2 - Расход газа по Буинскому газопроводу после исключения сезонной компоненты

По рисунку видно, что на начальном этапе происходит возрастание потребления газа, а начиная с 2006 года, кривая достигает насыщения. Это связано с тем, что начиная с 2006 года была достигнута проектная мощность газопровода, и подключение крупных новых абонентов не происходило.

Для моделирования данной кривой были использованы следующие тренды.

Тип тренда	R^2
линейный $y = a_0 + a_1 t$	0,7259
логарифмический $y = a_0 + a_1 \log_a t$	0,7499
полиномиальный $y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	0,8392
степенной $y = a_0 t^{a_1}$	0,8620
экспоненциальный $y = a_0 e^{a_1 t}$	0,6901
логистический $y = \frac{C}{1 + \exp(a_0 - a_1 \cdot t)}$	0,8376

При выборе тренда помимо коэффициента детерминации также учитывалась и форма кривой. Так, наиболее высоким R^2 оказался для полиномиальной, степенной и логистической функций. Однако полиномиальный тренд предполагает дальнейший спад потребления газа, что реально не прогнозируется. А степенная форма тренда прогнозирует повышение потребления газа. Но в данных условиях повышения потребления невозможно из-за того, что по техническим условиям невозможно дальнейшего увеличения пропускной способности данной ветки газопровода. Поэтому для моделирования была выбрана логистическая кривая Торнквиста (3):

$$Y = \frac{18665}{1 + \exp(1.6098 - 0.0347 \cdot t)} \quad (3)$$

Расчеты проводились в ППП «STATISTICA». В качестве параметра $C=18665$ было использовано среднее значение потребления газа по данным с элиминированными сезонными компонентами за период с 2006 по 2012 годы. Оба параметра модели (a_0 и a_1) значимы:

	оценка	стандартная ошибка	t-критерий	p-значение
a_0	1,6098	0,1189	13,54	0,00
a_1	-0,0347	0,0020	-17,13	0,00

После наложения сезонных колебаний результаты моделирования представлены на рисунке 3.

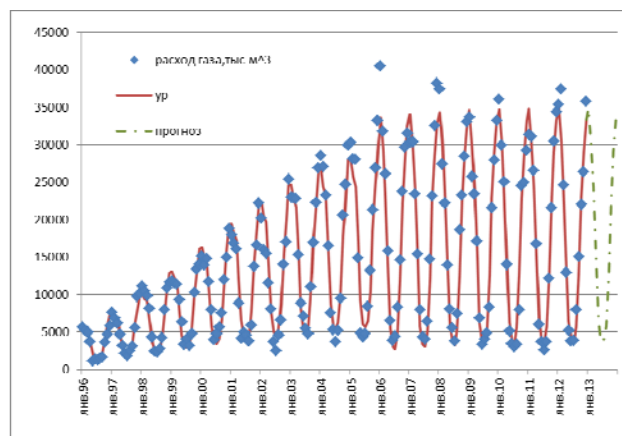


Рис. 3 - Моделирование расхода газа по Буинскому газопроводу-отводу

В итоге коэффициент детерминации $R^2=0.965$, то есть данная модель объясняет 96,52% вариации расхода газа, что является очень хорошим результатом.

Для оценки максимального уровня потребления газа были построены доверительные интервалы. Исследование остатков ε_t показало, что остатки имеют нормальное распределение с параметрами $\sigma=138$, $\sigma=1930$.

Используя полученные параметры распределения, были получены значения квантилей нормального распределения t_n для оценки верхнего доверительного интервала с доверительными вероятностями 95% ($\alpha=0.05$) и 99% ($\alpha=0.01$). Расчетные значения квантилей t_n приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные квантили по Буинскому газопроводу

Квантиль t_n нормального распределения, тыс.м ³	Доверительная вероятность / уровень значимости	Фактическая ошибка прогноза / число наблюдений
4628	0,99 / 0,01	1,96% / 4
3313	0,95 / 0,05	3,9% / 8

Расчет верхней границы доверительного интервала проводится по формуле (4):

$$Y^{upper} = Y_{расч} + t_n \quad (4).$$

Таким образом, можно утверждать, что расход газа будет оставаться в пределах верхней грани доверительного интервала при заданном уровне доверия. Квантиль t_n эмпирической плотности распределения определяет границу между устойчивыми потреблением газа, вероятность которого составляет 0,95 при использовании 95% доверительного интервала (и 0,99 при использовании 99% доверительного интервала), и «экстремальным», потребление которого носит неопределенный стохастический характер.

На рисунке 4 показаны исходные данные (точками) и интервальные прогнозы, рассчитанные для двух значений доверительной вероятности: 95 и 99%. Практически все реальные значения не выходят за границы доверительных интервалов.

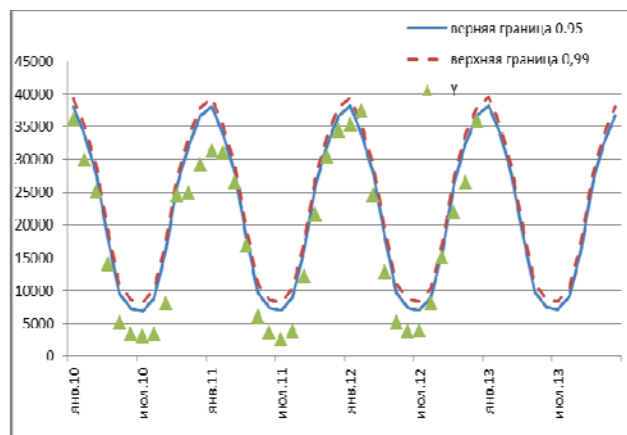


Рис. 4 - Исходные данные и интервальные прогнозы

По такому же алгоритму было проведено моделирование динамики расхода газа по Канашскому газопроводу, Ульяновскому, Татнарталы, и по Заволжской зоне в целом.

Так как загруженность Апастовского газопровода почти достигла своего предельного значения, при подключении нового объекта основной проблемой является определение того, как возрастет потребление газа, особенно в зимний период.

При подключении нового потребителя невозможно предсказать аддитивную сезонность. Мультипликативная же сезонность, которая отражает пропорции колебаний, останется неизменной. На рисунке 5 показаны сезонные компоненты мультипликативной модели S для различных газопроводов – отводов. Потребление газа увеличивается в 1,7-2,1 раза в зимние месяцы (по сравнению со средним) и составляет около 0,3 летом.

Таким образом, даже для различных газопроводов различного диаметра значения сезонности очень близки.

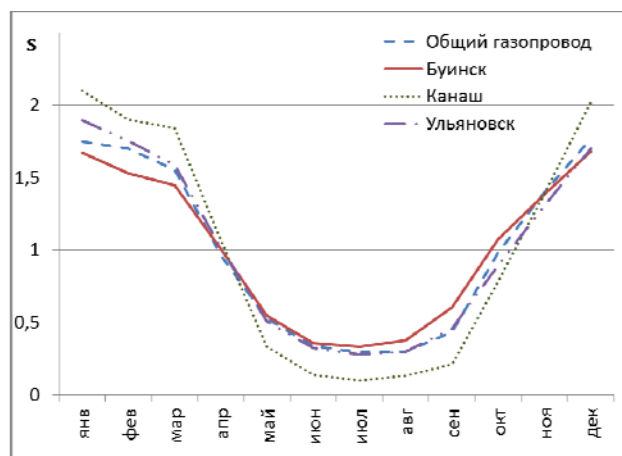


Рис. 5 - График сезонной компоненты мультипликативной модели

Если моделировать динамику потребления газа в Заволжской зоне с использованием мультипликативной модели на всем интервале времени вплоть до декабря 2012 года (а не только до 2006 года), график получится точно такой же, как и на рисунке 3, но коэффициент детерминации снизится на 0,017 и составит $R^2=0.894$. То есть результаты такого моделирования тоже можно считать очень хорошими.

Таким образом, можно предложить следующий метод расчета максимального потребления газа при подключении нового абонента. Константа C, которая стоит в числителе логистической функции (3), соответствует проектному расходу газа за месяц. То есть при появлении нового потребителя параметр C следует увеличить на $C_{нов}$ – соответствующее потребностям нового клиента значение среднего расхода газа в месяц. А затем учесть сезонность:

$$Y_{нов} = (C + C_{нов}) \cdot S_{max}, \quad (5)$$

где S_{max} – максимальное значение сезонной компоненты для данного газопровода – отвода.

Для определения верхней границы интервала колебаний для $Y_{нов}$ следует прибавить к $Y_{нов}$ значение соответствующего доверительного интервала.

Построение доверительного интервала по газопроводу Заволжской зоны с 99 и 95% уровнями дало следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2 - Расчетные квантили и фактические ошибки прогноза по центральному газопроводу Заволжской зоны

Квантиль t_n нормального распределения, тыс.м ³	Довери- тельная вероятность / уровень значимости	Фактическая ошибка про- гноза / число наблюдений
5120	0,99 / 0,01	1,45% / 4
3093	0,95 / 0,05	3,26% / 9

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы.

1. Проведено моделирование динамики потребления газа в четырех газопроводах-отводах Заволжской зоны.

2. Для моделирования среднего расхода газа была выбрана логистическая кривая с насыщением

Торнквеста, горизонтальная асимптота которой дает средний уровень потребления газа (без учета циклических колебаний).

3. Получены оценки сезонной составляющей мультипликативной модели. Их значения очень близки для всех газопроводов-отводов. Это дает возможность использовать данные поправки на сезонность при оценках максимального потребления газа в зимний период при подключении нового потребителя.

4. Для уточнения максимального расхода газа рассчитана верхняя граница потребления с доверительными вероятностями 0,99 и 0,95.

Литература

1. Г.Н. Ларионова, *Вестник Казанского технологического университета*, **16**, 12, 225-229, (2013).
2. <http://www.gazprom.ru/about/today/>
3. Ю.П. Александровская, *Вестник Казанского технологического университета*, **16**, 1, 265-273, (2013).
4. И.И. Елисеева, *Эконометрика*. Финансы и статистика, Москва, 2001. 344 с.

© Г. А. Гадельшина - к.т.н., доц. каф. химической кибернетики КНИТУ; А. В. Аксянова - д.э.н., доц. той же кафедры, gomanova_rh@mail.ru.