

«АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ»



Абрамов А.С.
АСБ-10-5, РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина

Научный руководитель: Степанкина О.А.

Постановка задачи

Дано:

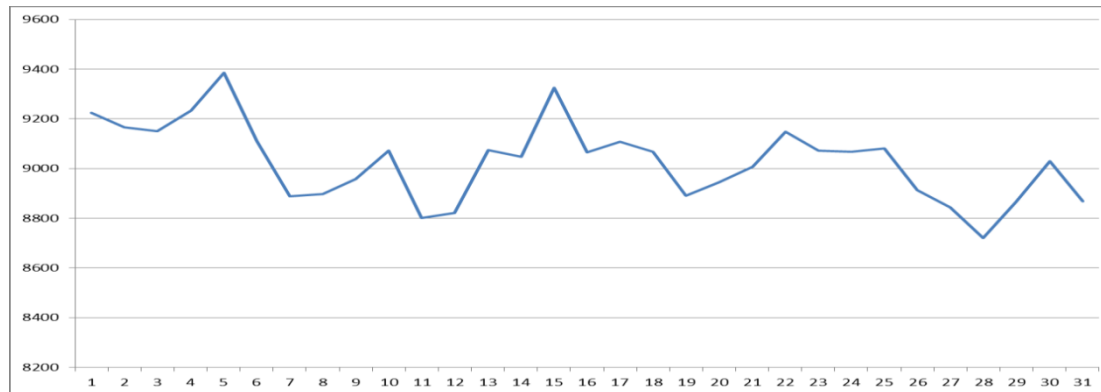
- объемы потребления газа с интервалом 10 минут,
- характеристики объектов потребления

Провести анализ моделей оперативного прогнозирования газопотребления

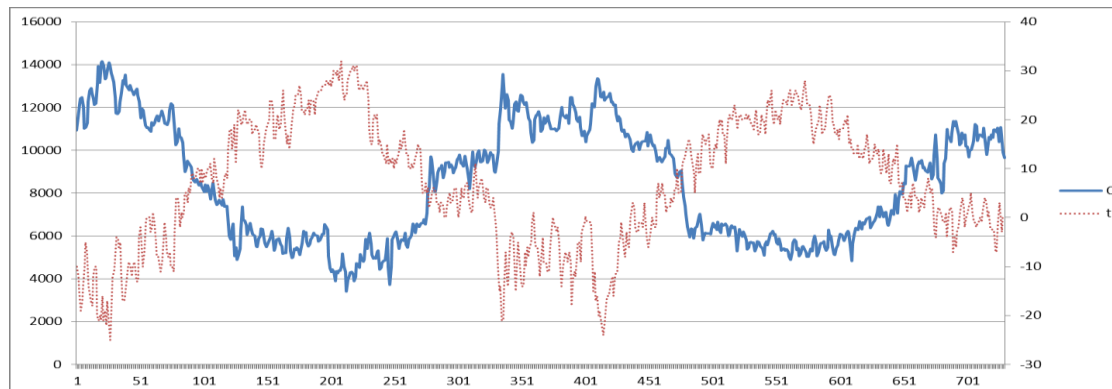


Закономерности газопотребления

1. Циклическая составляющая



2. Сезонность потребления

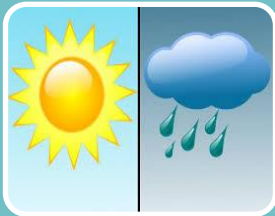


Факторы газопотребления



Хронологические

- специфика выходных и рабочих дней
- время суток



Метеорологические

- Температура воздуха
- Атмосферное давление, влажность воздуха
- Скорость и направление ветра



Организационные

- изменения в структуре газопотребления
- изменение технологии производства
- подключение новых потребителей и т.д.

Исходные данные

- Статистика потребления газа по ГРС, тыс.м³.:

$$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_i$$

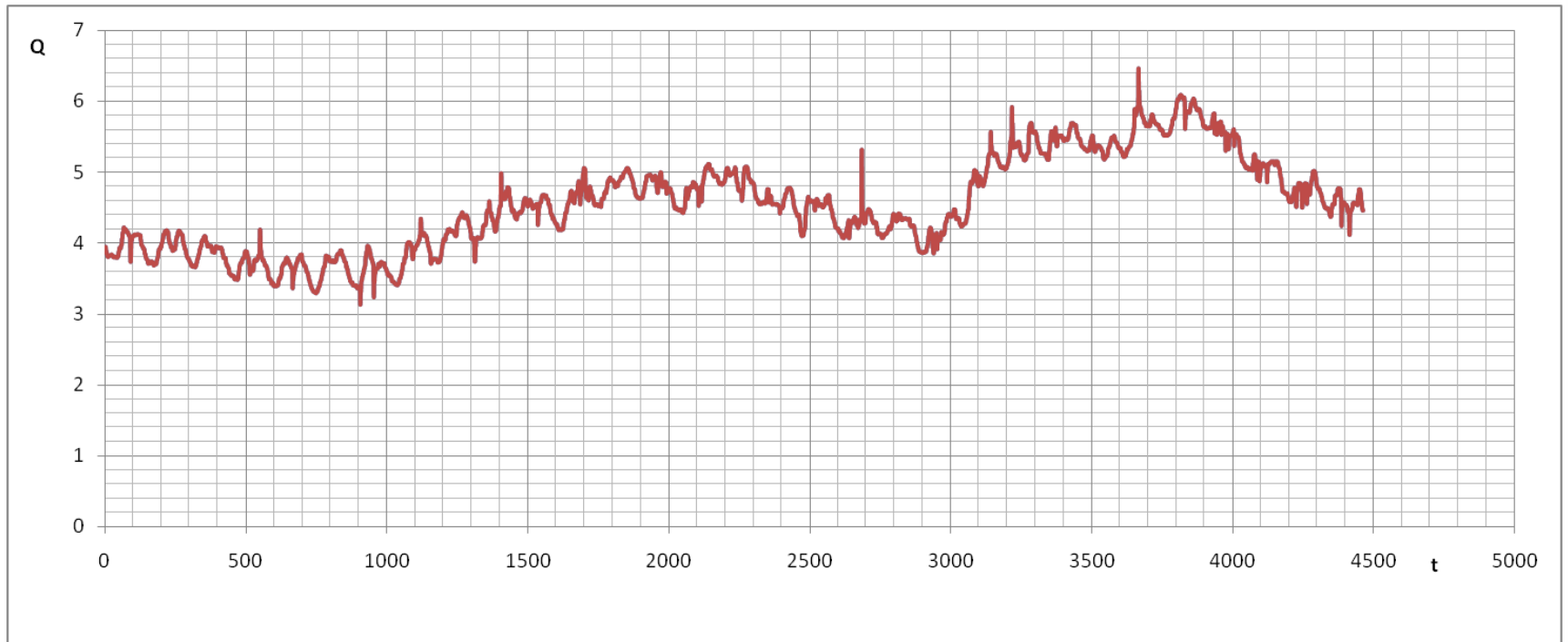
- Значения температуры воздуха окружающей среды на наблюдаемом отрезке, градус С°:

$$T_1, T_2, T_3, \dots, T_i$$

- По каждому наблюдению данные об атмосферном давлении, мм.рт.ст.:

$$P_1, P_2, P_3, \dots, P_i$$

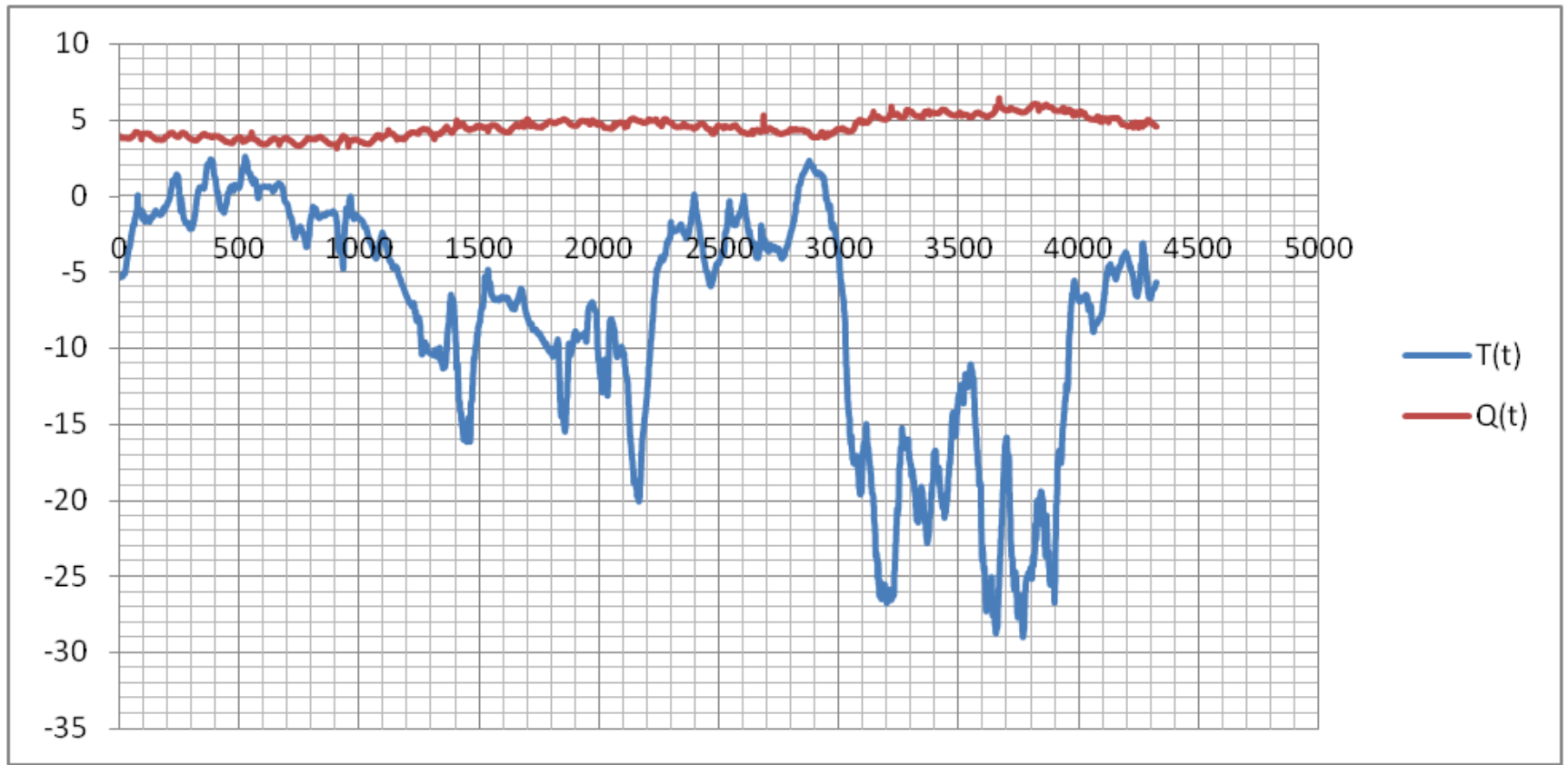
График ряда $Q(t)$



Анализ данных

Статистические характеристики	Результаты	
Математическое ожидание	4,55	
Дисперсия	0,65	
Показатель Хэрста	0,83	
Критерий Ирвина (выбросы)	λ табл.=1,1	λ расч. \leq 1,089
Критерий Фостера-Стьюарта (тренд)	t кр.= 2,0518	t расч.= 2,7208
Корреляция ряда с давлением	0,113	
Корреляция ряда с температурой	-0,86	

Графики $Q(t)$ и $T(t)$



Задача определения тренда сезонной модели

Алгоритм решения:

1. Построить график временного ряда.
2. Рассчитать автокорреляционную функцию и определить период сезонности.
3. Оценить параметры линейного тренда и сезонной компоненты.
4. Составить модель вида:

$$Q(t) = Tr(t) + Se(t) + \varepsilon(t),$$

где

$Q(t)$ - временной ряд расхода газа по суткам

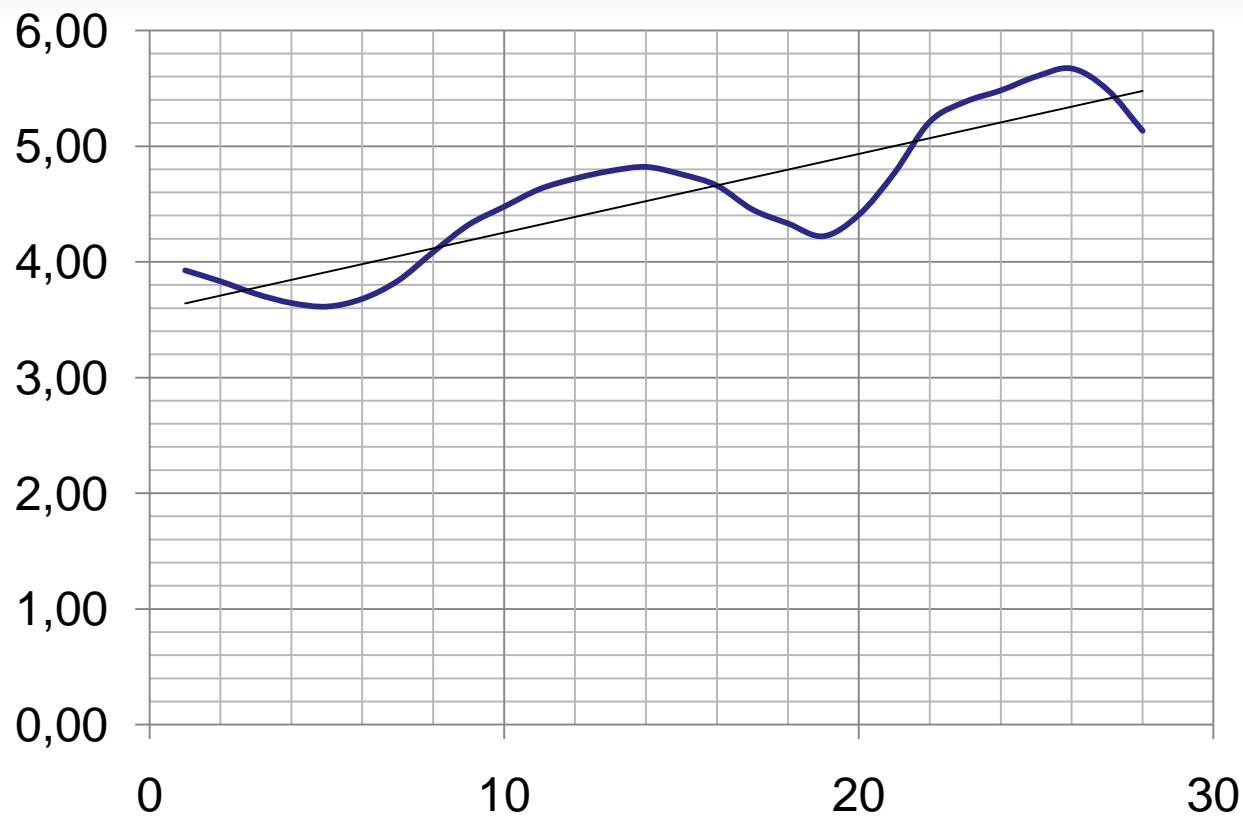
$Tr(t)$ - уравнение тренда ряда

$Se(t)$ - сезонная компонента ряда

$\varepsilon(t)$ - шум.

Определение тренда сезонной модели

График временного ряда



— <Qсглаженное>

Определение тренда сезонной модели

Автокорреляционная функция

$$r_1 = \frac{\text{cov}(y_{t-1}; y_t)}{\sigma_{y_{t-1}} \sigma_{y_t}} = \frac{\overline{y_{t-1} \cdot y_t} - \overline{y_{t-1}} \cdot \overline{y_t}}{\sqrt{\overline{y_{t-1}^2} - \overline{y_{t-1}}^2} \cdot \sqrt{\overline{y_t^2} - \overline{y_t}^2}}$$

$$\overline{y_t} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n y_t$$

$$\overline{y_{t-1}} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-1} y_t$$

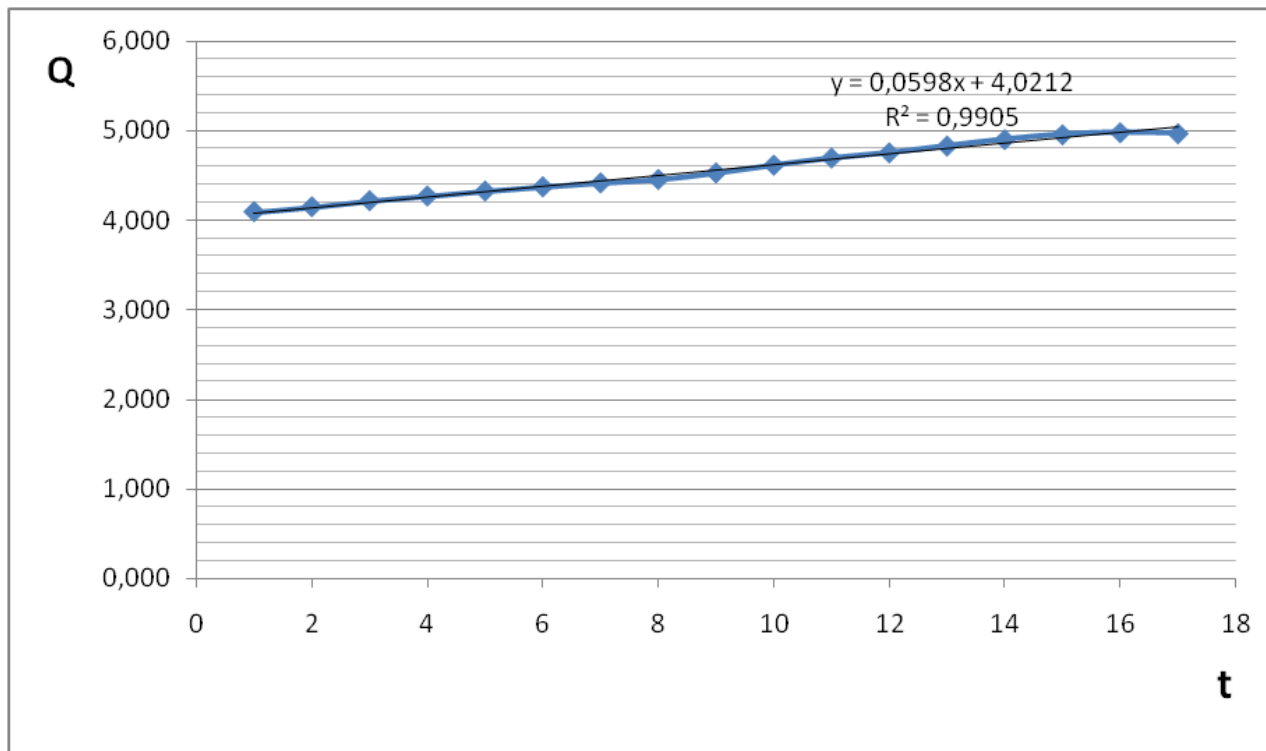
- значения коэффициентов корреляции:

r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10	r11	r12	r13	r14
0,93	0,79	0,65	0,53	0,36	0,21	0,14	0,20	0,37	0,56	0,73	0,82	0,85	0,88

Определение тренда сезонной модели

Оценка параметров линейного тренда $Tr(t)$

График ряда Q_t после сглаживания
сезонных колебаний



Определение тренда сезонной модели

Оценка сезонной компоненты $Se(t)$

$$Se(t) = Q(t) - Y(t)$$

корректировка оценки $Se(t)$; коэффициент корректировки k

$$k_{кор.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Se(i)$$

Определение тренда сезонной модели

Расчет и корректировка сезонной компоненты $Se(t)$

Se	1	2	<Se>	Si скор.
1	0,640	0,109409	0,374	-0,028
2	0,727	-0,224	0,251	-0,151
3	0,364	-	0,364	-0,038
4	0,169	-	0,169	-0,233
5	-0,060	-	-0,060	-0,462
6	-0,147	-	-0,147	-0,550
7	-0,301	-	-0,301	-0,703
8	0,352	-	0,352	-0,050
9	0,757	-	0,757	0,355
10	0,809	-	0,809	0,407
11	0,636	-	0,636	0,233
12	0,830	-	0,830	0,428
13	0,958	-	0,958	0,556
14	0,637	-	0,637	0,235

Определение тренда сезонной модели

Оценка $\varepsilon(t)$

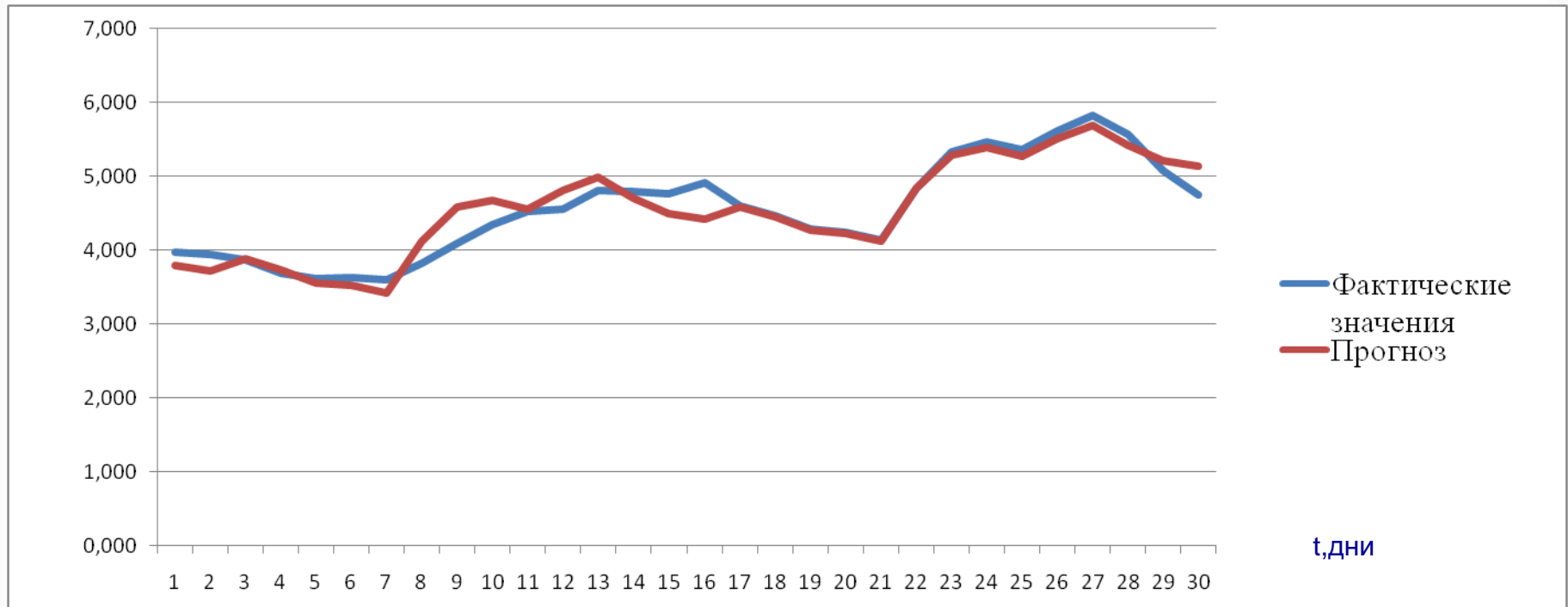
$$\varepsilon(t) = Q(t) - Tr^*(t) - Se(t),$$

где $Tr^*(t)$ - уравнение тренда полученное из системы уравнений:

$$\begin{cases} b = \frac{\overline{Y \cdot t} - \bar{Y} \cdot \bar{t}}{\overline{t^2} - \bar{t}^2} \\ a = \bar{Y} - b \cdot \bar{t} \\ Tr = a + bt \end{cases}$$

Прогноз потребления газа

Q, тыс. м³



Анализ результатов расчета

Показатель	Дата						
	t	t+1	t+2	t+3	t+4	t+5	t+6
Средняя относительная ошибка, %	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,4
Среднеквадратическое отклонение, тыс. мЗ.	0,51	0,54	0,56	0,60	0,63	0,65	0,65

Модель «Тейла-Вейджа».

Уравнение модели:

$$Q_t = a_{1,t} + g_t + \varepsilon_t;$$

$$a_{1,t} = a_{1,t-1} + a_{2,t},$$

где

$Q(t)$ — величина уровня процесса после элиминирования сезонных колебаний;

$a(t)$ — аддитивный коэффициент роста;

$g(t)$ — аддитивный коэффициент сезонности;

$\varepsilon(t)$ — белый шум.

Модель «Тейла-Вейджа».

Процедура адаптации:

$$\hat{a}_{1,t} = \alpha_1 \cdot (Q_t - g_{t-l}) + (1 - \alpha_1) \cdot (\hat{a}_{1,t-1} + \hat{a}_{2,t-1});$$

$$\hat{a}_{2,t} = \alpha_2 \cdot (\hat{a}_{1,t} - \hat{a}_{1,t-1}) + (1 - \alpha_2) \cdot \hat{a}_{2,t-1};$$

$$\hat{g}_t = \alpha_3 \cdot (Q_t - \hat{a}_{1,t}) + (1 - \alpha_3) \cdot g_{t-l},$$

где параметры сглаживания удовлетворяют условию:

$$0 < \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 < 1$$

Процедура прогнозирования:

$$Q^{\text{расч.}}_t = \hat{a}_{1,t} + \tau \cdot \hat{a}_{2,t} + \hat{g}_{t+\tau-l}$$

Прогнозирование расхода газа

К.Р. Прогнозирование

значение Q	Se	значение
3.53	-0.03	
3.48	-0.15	
4.26	-0.04	
4.31	-0.23	
4.18	-0.46	
4.15	-0.55	
4.68	-0.70	
4.73	-0.05	
4.49	0.35	
4.52	0.41	
4.64	0.23	
5.02		
4.52		
4.28		
4.23		
4.12		
4.79		
5.27		
5.39		
5.27		
5.50		
5.68		
5.42		
5.21		
5.14		
delta=+- 0.15		

Параметры прогноза

оптимальное alfa
Q

парметр alfa

значение квантиля

a b

a1 a2 a3

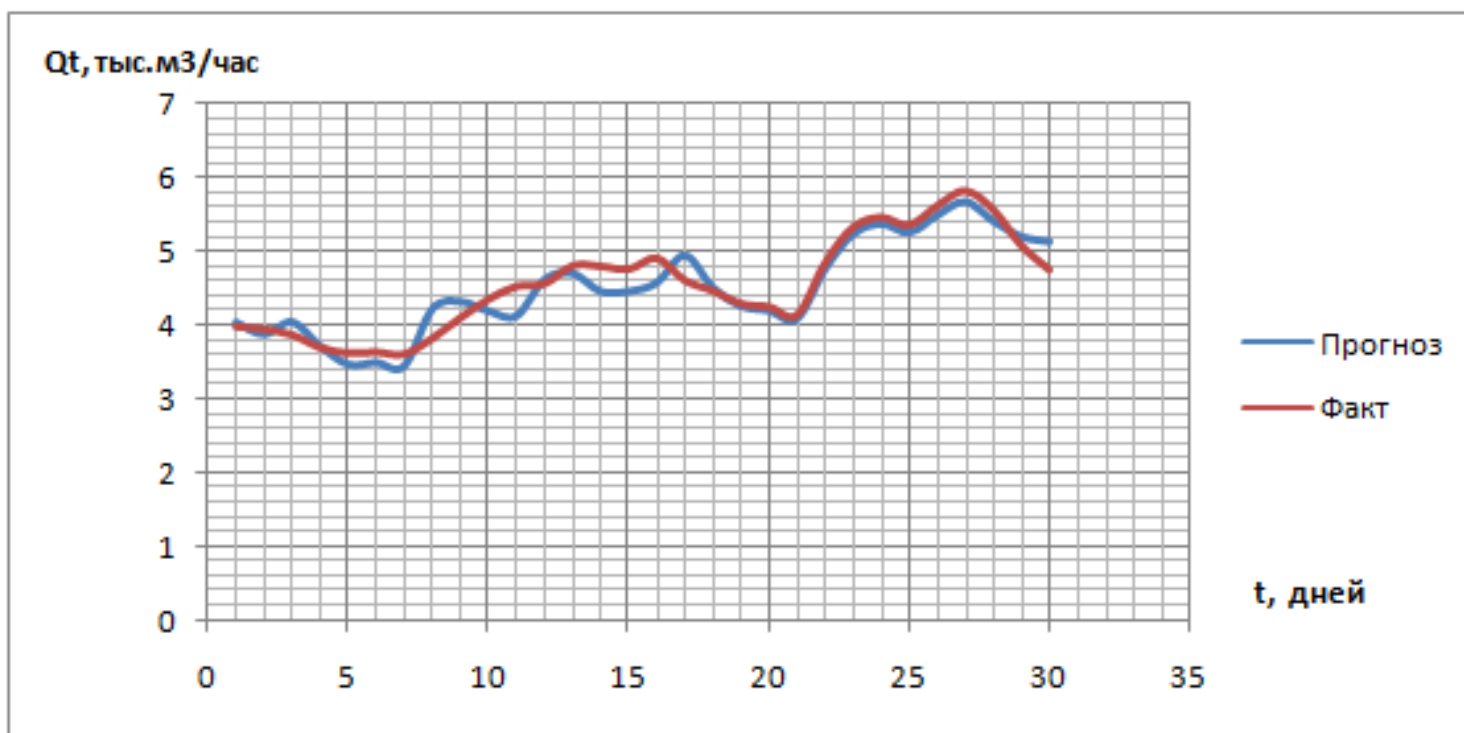
здать квантили

экспоненциальный метод

метод Тейла-Вейджа

Cancel

Прогнозирование расхода газа



Анализ расчетов по модели «Тейла-Вейджа»

Показатель	Дата						
	t	t+1	t+2	t+3	t+4	t+5	t+6
Средняя относительная ошибка, %	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,5
Среднеквадратическое отклонение, тыс. мЗ.	0,51	0,53	0,57	0,61	0,63	0,63	0,63

Многофакторная регрессия с памятью

Дано:

- $Q(t-1)$, $Q(t-2)$, $Q(t-3)$ - значения расхода газа, отсортированные по двум типам дней (рабочие и выходные дни)
- $T(t)$ - значение температур по типам дней в момент прогноза

Задача:

установить отношение $Q(t) = F(T_t, Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, a, b, c, d)$.

$$\text{Формула: } F_t = aT_t + bQ_{t-1} + cQ_{t-2} + dQ_{t-3} + E_t$$

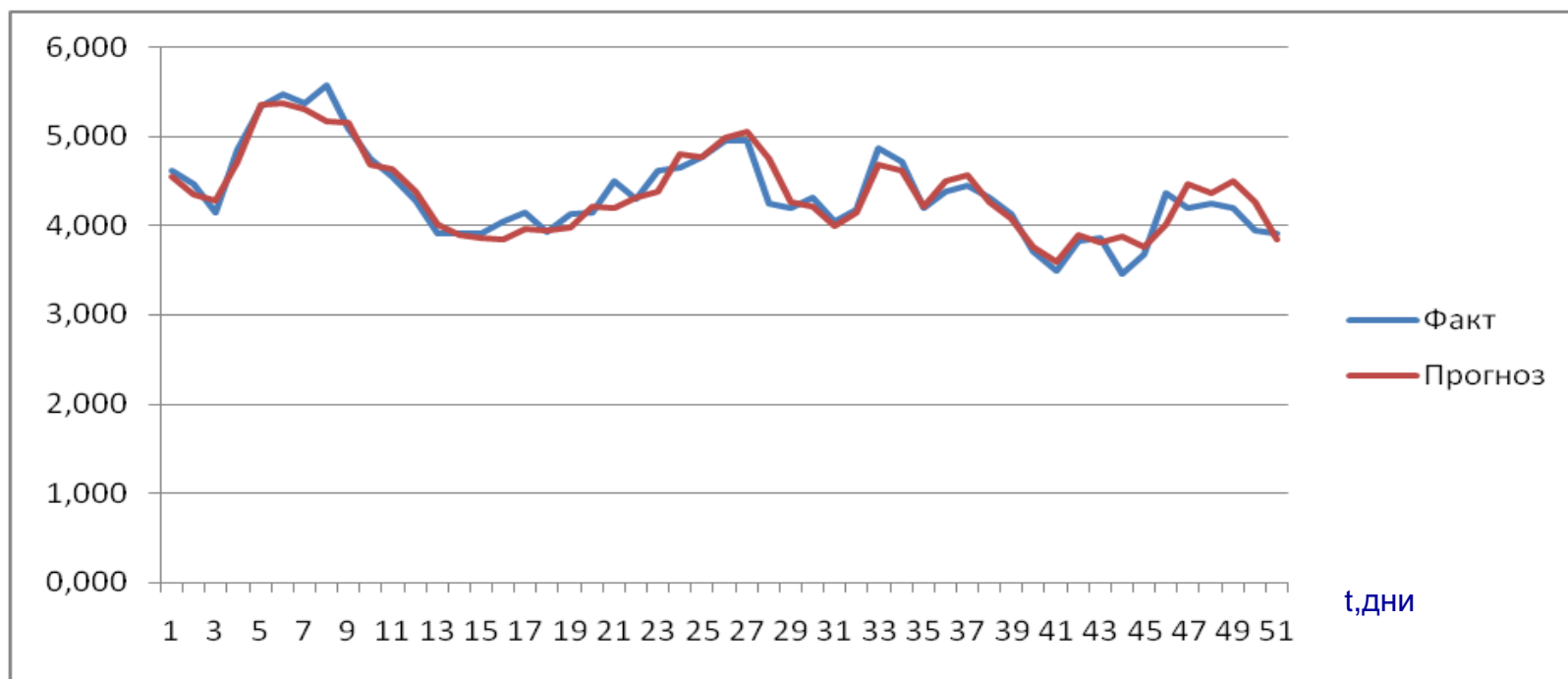
Классический подход:

параметры модели (a, b, c, d) находим МНК:

$$\sum_{i=1}^N (Q_i - F(T_i, Q_{i-1}, Q_{i-2}, Q_{i-3}, a, b, c, d))^2 \rightarrow \min_{a, b, c, d}$$

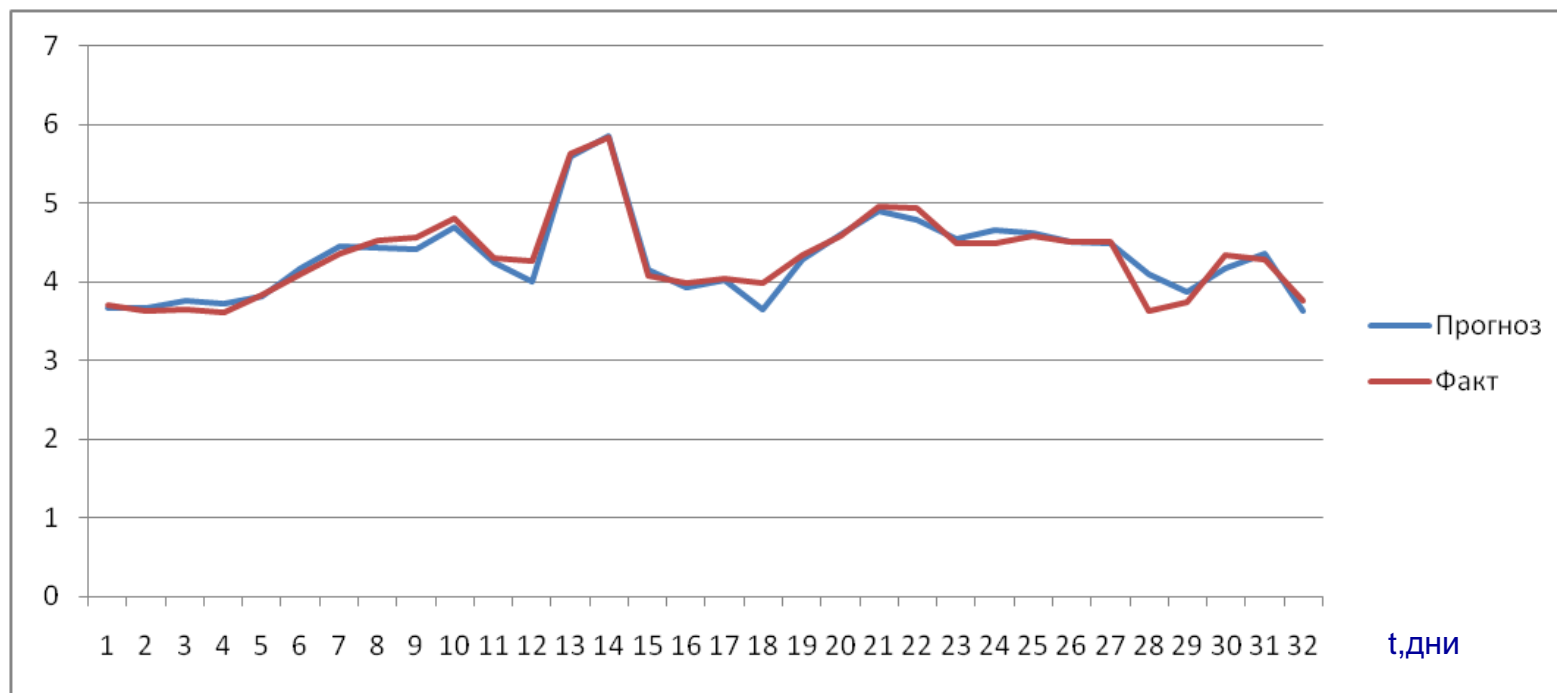
Прогноз по рабочим дням

Q, тыс. м³/ч.



Прогноз по выходным и праздничным дням

Q, тыс. м³/ч.



Анализ результатов расчета по многофакторной модели, рабочий день

Показатель	Дата						
	t	t+1	t+2	t+3	t+4	t+5	t+6
Средняя относительная ошибка, %	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0
Среднеквадратичное отклонение, тыс. м3.	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	0,46

Анализ результатов расчета по многофакторной модели, выходной день

Показатель	Дата						
	t	t+1	t+2	t+3	t+4	t+5	t+6
Средняя относительная ошибка, %	2,1	2,1	2,0	2,4	2,5	2,5	2,5
Среднеквадратичное отклонение, тыс. м3.	0,56	0,59	0,60	0,59	0,58	0,57	0,56

Выводы

- ✓ Проведен анализ факторов, влияющих на газопотребление; анализ показал зависимость газопотребления преимущественно от двух видов факторов: метеорологических и хронологических;
- ✓ основными параметрами прогноза стали: температура окружающей среды и значения расхода газа для различных типов дней;
- ✓ Построены тренд-сезонная, адаптивная и регрессионная модели оперативного прогнозирования газопотребления; в результате исследования моделей прогноза была выбрана многофакторная регрессионная модель.



Благодарим за внимание!

РГУ нефти и газа имени И.М.
Губкина
Москва 2014