

УДК 622.691.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СУТОЧНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ  
ГАЗА ПО БАЛАНСОВОЙ ПОДГРУППЕ МИНИСТЕРСТВА  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

**М. П. Малашенко**

*РУП «Белинвестэнергосбережение», г. Минск, Республика Беларусь*

**С. Г. Жуковец, В. А. Панасик, Ю. В. Гончаренко**

*Учреждение образования Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Изложены результаты исследования структуры суточного потребления газа за пятилетний период предприятий Министерства промышленности Региональной системы газоснабжения. Определен вид структурного поля «суточный расход газа – среднесуточная температура наружного воздуха» и схожесть вида полей за шестилетний период. Разработаны модели  $b_{сут} = F(t_{сут})$  областей для включенного и отключенного состояния системы отопления.*

**Ключевые слова:** структурное поле, потребление газа, промышленные предприятия, моделирование, прогнозирование.

**STUDY OF THE STRUCTURE OF DAILY GAS CONSUMPTION  
FOR THE BALANCE SUB-GROUP OF THE MINISTRY  
OF INDUSTRY REGIONAL GAS SUPPLY SYSTEM**

**M. P. Malashenko**

*RUE “Belinvestenergoberezhnie”, Minsk, the Republic of Belarus*

**S. G. Zhukovets, V. A. Panasik, Y. V. Hancharenka**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*The results of a study of the structure of daily gas consumption over a five-year period of enterprises of the Ministry of Industry of the regional gas supply system are presented. The type of the structural field daily gas flow rate-average daily temperature of the outside air and the similarity of the type of fields over a six-year period are determined. Models  $b_{day} = F(t_{day})$  of the areas of the switched on and off states of the heating system were developed.*

**Keywords:** structural field, gas consumption, industrial enterprises, modeling, forecasting.

Подгруппа Министерства промышленности (далее – «Минпром»), входящая в состав укрупненной балансовой группы «Промышленность» Региональной системы газоснабжения (РСГС), включает в свой состав 27 промышленных предприятий. На долю потребления газа подгруппы «Минпром» приходится от 34 до 40 % потребления газа в группе «Промышленность». Для подгруппы «Минпром» было установлено, что коэффициент корреляции между суточным потреблением газа и среднесуточной температурой наружного воздуха « $b_{сут} - t_{сут}$ » имеет такие значения за шестилетний период (табл. 1), которые указывают на средний характер взаимосвязи между исследуемыми признаками.

**Коэффициенты корреляции между среднесуточной температурой наружного воздуха и суточным потреблением газа подгруппы «Минпром»**

Подгруппа укрупненной балансовой группы «Промышленность» РСГС	Коэффициенты корреляции между суточным потреблением газа и среднесуточной температурой наружного воздуха, $R(b_{сут} - t_{сут})$					
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Подгруппа «Минпром»	-0,76	-0,77	-0,64	-0,39	-0,63	-0,67

Для построения полей  $\langle b_{сут} - t_{сут} \rangle$  среднесуточная температура наружного воздуха пересчитана в градусы по Кельвину, что позволило уйти от отрицательных значений температур, и далее отнормирована относительно нулевого значения в К, что позволило перейти к относительным значениям температуры. Суточные значения объема потребления газа также представлены в относительных единицах. За базисное значение суточного расхода газа по подгруппе «Минпром» принято среднесуточное значение на годовом интервале времени. В результате появилась возможность проводить анализ и сравнение структурных полей  $\langle b_{сут} - t_{сут} \rangle$  по различным укрупненным балансовым группам Гомельской РСГС, а также сохранять конфиденциальность информации.

Поле  $\langle b_{сут} - t_{сут} \rangle$  для подгруппы «Минпром» представлено на рис. 1.

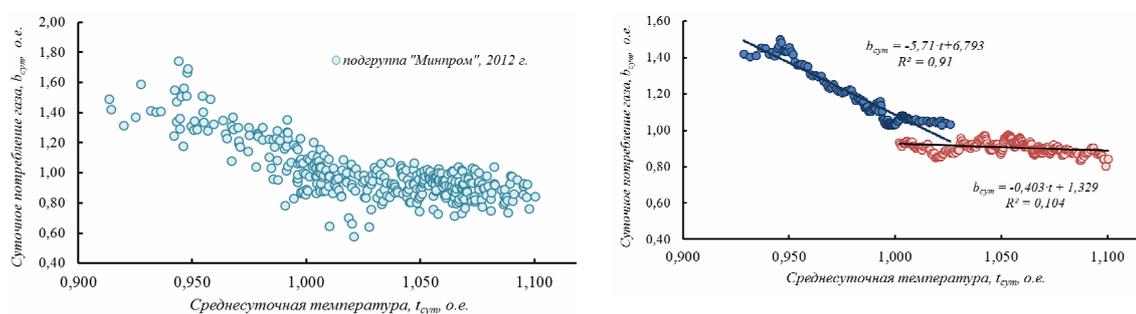


Рис. 1. Структурное поле  $\langle b_{сут} - t_{сут} \rangle$  балансовой подгруппы Министерства промышленности за 2012 г.

Полученные структурные поля сточного расхода газа от среднесуточной температуры наружного воздуха по подгруппе «Минпром» можно отнести к однородному виду без четкого расслоения на две области, соответствующие включенному или отключенному состоянию системы отопления. Установлена зависимость роста суточного потребления газа при снижении температуры наружного воздуха, но при значительном вертикальном разбросе  $b_{сут}$ , соответствующих одному и тому же значению температуры наружного воздуха. В табл. 2 представлены характеристики моделей, описывающих структурные поля  $\langle b_{сут} - t_{сут} \rangle$  подгруппы «Минпром» за шестилетний период.

Анализ результатов моделирования позволил установить следующие закономерности:

– для моделей области включенного состояния системы отопления (отрицательные температуры наружного воздуха) коэффициент детерминации  $R^2$  высокий и находится в пределах 0,91–0,95. В тоже самое время коэффициент детерминации для моделей летнего периода очень низкий:  $R^2 = 0,002 \div 0,104$ , что объяснимо только зна-

#### 40 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика

чительным разбросом суточного потребления газа  $b_{сут}$ , не зависящего от температуры наружного воздуха (система отопления отключена, суточный расход формирует только технологическая составляющая, активно ведутся ремонтные работы);

– сезонный коэффициент « $a$ », характеризующий крутизну модели при снижении температуры наружного воздуха для области отопительного периода, неустойчив и находится в диапазоне от 3,68 до –13,79, так как «теплые» зимы периодически чередуются с «холодными» зимами. Поэтому в более суровые зимы сезонный коэффициент более высокий. Это 2014, 2016, 2017 гг.;

– сезонный коэффициент « $a$ » для области отключенного состояния системы отопления очень мал и находится в диапазоне от –0,279 до –0,465, что может объясняться значительным разбросом  $b_{сут}$ , относительно среднесуточного потребления газа за период. Однако в целом зависимость роста потребления газа при снижении температуры наружного воздуха подтверждается отрицательным значением сезонного коэффициента « $a$ ».

– если условно-постоянная расхода газа в отопительном периоде соизмерима со значением сезонного коэффициента « $a$ », то в области отключенного состояния системы отопления условно-постоянная составляющая, не зависящая от температуры наружного воздуха, в 3–4 раза превышает значение сезонного коэффициента.

Схожесть вида структурных полей « $b_{сут} - t_{сут}$ » подгруппы «Минпром» за различные годы проводилось с помощью коэффициентов корреляции между рядами значений  $b_{сут}$ . Установлен средний характер связи между данными  $b_{сут}$  за различные годы, что позволяет сделать заключение о схожести вида структурных полей (табл. 3).

Таблица 2

#### Результаты построения моделей суточного расхода газа от среднесуточной температуры наружного воздуха для подгруппы «Минпром»

Год	Отопительный период $b_{сут} = -at + b_{усл.-пост}$			Система отопления отключена $b_{сут} = -at + b_{усл.-пост}$		
	Вид уравнения	Сезонный коэффициент $a$	Условно-постоянная, не зависящая от температуры $b_{усл.-пост}$	Вид уравнения	Сезонный коэффициент $a$	Условно-постоянная, не зависящая от температуры $b_{усл.-пост}$
2012	$b_{сут} = -5,71 \cdot t + 6,793$ $R^2 = 0,91$	–5,71	6,793	$b_{сут} = -0,403 \cdot t + 1,329$ $R^2 = 0,104$	–0,403	1,329
2013	$b_{сут} = -7,02 \cdot t + 8,2$ $R^2 = 0,901$	–7,02	8,2	$b_{сут} = -0,329 \cdot t + 1,22$ $R^2 = 0,04$	–0,329	1,22
2014	$b_{сут} = -11,242 \cdot t + 12,229$ $R^2 = 0,925$	–11,24	12,23	$b_{сут} = -0,275 \cdot t + 1,208$ $R^2 = 0,059$	–0,275	1,208
2015	$b_{сут} = -3,68 \cdot t + 4,78$ $R^2 = 0,632$	–3,68	4,78	$b_{сут} = -0,369 \cdot t + 1,374$ $R^2 = 0,068$	–0,369	1,374
2016	$b_{сут} = -13,794 \cdot t + 14,751$ $R^2 = 0,918$	–13,79	14,75	$b_{сут} = 0,054 \cdot t + 0,87$ $R^2 = 0,002$	0,054	0,87
2017	$b_{сут} = -10,73 \cdot t + 11,73$ $R^2 = 0,95$	–10,73	11,73	$b_{сут} = -0,465 \cdot t + 1,415$ $R^2 = 0,068$	–0,465	1,415

**Результаты оценки схожести вида структурных полей  
« $b_{сут} - t_{сут}$ » подгруппы Министерства промышленности за пятилетний период**

Подгруппа «Минпром»	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
2012 г.	1	0,7087	0,6877	0,44143	0,60912
2013 г.		1	0,6407	0,44275	0,63043
2014 г.			1	0,49634	0,59296
2015 г.				1	0,39619
2016 г.					1
2017 г.					

В целом анализ структурных полей суточного расхода газа для подгруппы «Минпром» указывает на необходимость учета не только температурного фактора при прогнозировании расхода газа, но и других факторов, связанных с промышленным производством, таких как объем выпуска продукции, состав сырья, старение технологического оборудования и др.

Литература

1. Мороз, Д. Р. Региональная система газоснабжения с позиций системного анализа и закономерности ее функционирования / Д. Р. Мороз, Н. В. Грунтович // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2018. – Т. 61, № 4. – С. 359–371. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2018-61-4-359-371>
2. The study of structural fields of daily gas consumption of the balance groups of the regional gas supply system // D. Moroz [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 178. – P. 01066. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017801066> HSTED-2020

УДК 622.691.5

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ГАЗОВОГО ПЕЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**М. П. Малашенко,**

*РУП «Белинвестэнергосбережение», г. Минск, Республика Беларусь*

**Т. В. Алфёрова, С. Г. Жуковец, В. А. Панасик**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Сформирована информационная база данных по газовому печному оборудованию группы промышленных предприятий, выполнен анализ технологических показателей. Произведена оценка потенциала замещения природного газа электрической энергией печного оборудования при учете КПД исследуемых печей, их загрузки, износа, года ввода печей в эксплуатацию.*

**Ключевые слова:** интеграция, атомная станция, электрические нагрузки, газовые печи, система показателей, износ оборудования, замещение газа.