

## Исследование сезонной неравномерности потребления газа для торгово-досугового комплекса

*Т.В. Ефремова, В.В. Бебрис*

*Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического университета*

**Аннотация:** Рассматриваются вопросы сезонной неравномерности потребления газа для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения торгово-досугового комплекса. Приводятся расчеты объемного и мощностного показателей неравномерности потребления газа за 2020-2022 годы по данным архива приборов учета расхода газа.

**Ключевые слова:** расход газа, неравномерность потребления газа, объемный, мощностной показатели, торговый центр.

Природный газ – основной вид топлива в Европейской части России. Несмотря на снижение экспорта газа за рубеж, потребление газа в России с каждым годом неуклонно растет. Во многом это происходит, благодаря программам догазификации и газификации, действующим практически во всех субъектах Российской Федерации. Введение новых газопроводов в эксплуатацию способствует не только уменьшению себестоимости продукции в энергоемких производствах, но и повышению уровня жизни населения. Одними из основных потребителей газа являются отопительные котельные. Энергопотенциал природного газа в котельных используется для получения тепловой энергии в котлоагрегатах, предназначенной для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения различных объектов [1].

Потребление газа коммунально-бытовыми предприятиями характеризуется значительной неравномерностью. Эта неравномерность определяется климатическими условиями, укладом жизни населения, режимом работы предприятий. Потребление газа торговыми и досуговыми предприятиями характеризуется большим удельным весом расхода в зимние месяцы, так что основной вид потребления – нужды отопления. Потребление газа зимой зависит не только от температуры наружного воздуха, но и от конструкции здания: термического сопротивления ограждающих

конструкций, доли остекления, наличия и размеров подземной части сооружения, а также режима работы предприятия [2, 3].

Система горячего водоснабжения (ГВС) является потребителем тепловой энергии, практически независимо от времени года. Температура наружного воздуха опосредованно влияет только на температуру холодной воды, поступающую в систему ГВС. Расход газа на систему ГВС может зависеть от наличия в здании «активных» потребителей горячей воды: различных оздоровительных центров, бассейнов, СПА-салонов и т.п. Работа таких заведений зависит от уклада жизни населения в целом и доли «активного» населения. Повышенное потребление отмечается в выходные и праздничные дни, а по времени суток, как правило, вечером [4, 5].

Неравномерность потребления газа оказывает большое влияние на экономичность систем газоснабжения [6, 7]. Добыча газа является процессом постоянным и не зависит от интенсивности потребления газа. Сгладить несоответствие добычи и потребления газа могут подземные хранилища газа (ПХГ). Следует отметить, что не все крупные населенные пункты могут использовать потенциал ПХГ в связи с их отсутствием или удаленностью. Город Волгоград является крупным потребителем газа, и до недавнего времени повышенное потребление газа зимой компенсировалось подкачкой в газотранспортную систему газа малодебетных месторождений, отличающегося повышенным содержанием конденсата и недостаточной степенью очистки. В настоящее время на территории Волгоградской области ведется строительство ПХГ. Введена в строй первая очередь объекта с оперативным резервом газа в объеме 300 млн. м<sup>3</sup> и суточной производительностью до 25 млн. м<sup>3</sup> газа. Использование резерва ПХГ в периоды повышенного отбора газа позволяет компенсировать сезонную неравномерность для всех потребителей г. Волгограда.

---

Предметом исследования неравномерности потребления газа является торгово-досуговый комплекс (торговый центр) «Пирамида», расположенный в г. Волгограде. В торговом центре расположены магазины, спортивно-оздоровительный комплекс, вспомогательные и технические помещения, кафетерий, ресторан «фаст-фуд», бар, 4 кинозала, боулинг, бильярдная, кафе, зал игровых автоматов. Теплота, вырабатываемая пристроенной котельной, расходуется в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Для учета расхода газа в помещении газорегуляторного пункта (ГРП) установлен измерительный комплекс на базе счетчиков RVG G 100 (летний режим) и RVG G 160 (зимний режим). Стационарный комплекс учета расхода газа СГ-ЭК – это современное оборудование, позволяющее измерить объем природного газа и привести это значение к стандартным условиям с учетом измеренной температуры, давления или коэффициентов сжимаемости газа [8]. Помимо вычисления объема газа, комплекс СГ-ЭК позволяет выводить текущие показания на дисплей, периодически выводить данные на принтер, интегрироваться в систему удаленного сбора и передачи данных, получать отчет обо всех нештатных ситуациях, сохранять результаты измерения каждый час с записью в память сроком на 9 месяцев, приводить объем газа к стандартным условиям по специальному корректировочному коэффициенту.

Исследование архива данных по расходу газа позволяет изучить такое явление, как неравномерность расхода газа для отдельного потребителя. Неравномерность потребления газа характеризуется двумя показателями [9]:

- объемом газа в долях от годового потребления, которое является избыточным по отношению к среднему значению подаче газа или которого недостает в периоды превышения потребления над значением средней подачи,  $\alpha_{\text{год}}$  (объемный показатель):

---

$$\alpha_{\text{год}} = \frac{\sum_{k>1} K_i - N}{12} 100\%, \quad (1)$$

где  $K_i$  – коэффициент неравномерности отдельно взятого месяца;  $N$  – число месяцев в году, для которых  $k>1$ ;

- максимальным значением коэффициента сезонной неравномерности потребления газа  $K_m^{\text{max}}$  (мощностной показатель):

$$K_m^{\text{max}} = \frac{t_g - t_{\text{ср.сут}}^{\text{max}}}{t_g - t_{\text{ср.мес.}}}, \quad (2)$$

где  $t_g$  – внутренняя температура помещений, °C;  $t_{\text{ср.сут}}^{\text{max}}$  – температура наиболее холодных суток, °C;  $t_{\text{ср.мес.}}$  – средняя температура за месяц, °C.

Коэффициент сезонной (месячной) неравномерности потребления газа  $K_m$  определяют, как отношение среднесуточного расхода газа за данный месяц к среднесуточному расходу газа за год. Значение коэффициента может быть как больше единицы, так и меньше. Показатели сезонной неравномерности можно определить на основании данных, приведенных в таблице 1.

Определяем объемный показатель неравномерности потребления газа по выражению (1):

$\alpha_{\text{год}}$  для 2020 года:

$$\alpha_{\text{год}} = \frac{2,13 + 2,21 + 1,35 + 1,57 + 2,85 - 5}{12} 100 = 42,58 \text{ \%}.$$

$\alpha_{\text{год}}$  для 2021 года:

$$\alpha_{\text{год}} = \frac{2,34 + 2,39 + 2,03 + 1,25 + 2,07 - 5}{12} 100 = 42,33 \text{ \%}.$$

$\alpha_{\text{год}}$  для 2022 года:

$$\alpha_{\text{год}} = \frac{2,44 + 2,14 + 2,12 + 1,40 + 2,26 - 5}{12} 100 = 44,67 \text{ \%}.$$

Таблица 1 – Определение коэффициента сезонной неравномерности

Месяц	Кол-во дней, $n_i$	2020		2021		2022	
		$q_{ср\ i}, \text{М}^3/\text{ч}$	$K_i$	$q_{ср\ i}, \text{М}^3/\text{ч}$	$K_i$	$q_{ср\ i}, \text{М}^3/\text{ч}$	$K_i$
январь	31	2874,21	2,13	3574,66	2,34	3678,74	2,44
февраль	29/28	2982,59	2,21	3659,75	2,39	3220,55	2,14
март	31	1822,03	1,35	3104,89	2,03	3194,11	2,12
апрель	30	764,64	0,57	719,18	0,47	342,68	0,23
май	31	255,94	0,19	304,98	0,20	286,81	0,19
июнь	30	256,94	0,19	246,745	0,16	247,85	0,17
июль	31	238,923	0,18	245,844	0,16	248,38	0,17
август	31	245,791	0,18	258,366	0,17	249,35	0,17
сентябрь	30	254,733	0,19	238,352	0,16	260,08	0,17
октябрь	31	558,459	0,41	925,016	0,61	832,08	0,55
ноябрь	30	2118,170	1,57	1904,006	1,25	2110,44	1,40
декабрь	31	3846,200	2,85	3160,579	2,07	3393,90	2,26
год		1351,552		1528,530		1505,41	

Анализ полученных результатов показывает, что неравномерность потребления газа по всему исследуемому периоду (2020-2022 годы) находится в пределах 42-45 %. Достаточно большие величины объясняются значительным расходом газа на отопление и вентиляцию в зимний период, что является основной нагрузкой для таких общественных зданий, как торгово-развлекательные комплексы [10].

Влияние уклада жизни населения на неравномерность расхода газа коммунально-бытовых предприятий особенно заметно в период пандемии при введении антиковидных мер. В отдельные периоды антиковидного режима торговые центры не работали вообще, и газ потреблялся в дежурном объеме. В другие периоды замечалось снижение количества посещений торговых центров, многие магазины и досуговые центры были закрыты. Работа объектов, предполагающих значительное скопление людей,

отсутствие 100%ного контроля за соблюдением санитарных норм, повышенная вероятность контакта людей между собой, привели к невозможности функционирования этих объектов на достаточно протяженном отрезке времени.

Недельный режим работы торгового центра в целом стабилен и постоянен. Однако наблюдается некоторое увеличение потребления горячей воды СПА-центром в выходные и праздничные дни, что вполне объяснимо.

Изменения температуры наружного воздуха учесть значительно сложнее, так как трудно прогнозировать изменение температуры по дням недели и месяца. Зима в городе Волгограде достаточно нестабильна и характеризуется резкими перепадами температур. Вместе с тем, максимальное значение коэффициента суточной неравномерности за месяц и отопительный период можно определить, используя климатологические наблюдения за продолжительный период времени [9].

Согласно СП 131.13330.2012\* для самого холодного месяца года – января в г. Волгограде средняя температура составляет  $-6,9^{\circ}\text{C}$ ; температура наиболее холодных суток –  $26^{\circ}\text{C}$ . Помещения, расположенные в торговом центре, имеют различную нормируемую внутреннюю температуру в зависимости от своего назначения, но преобладает температура  $+18^{\circ}\text{C}$ .

Для января в г. Волгограде по уравнению (2):

$$K_{\text{с.м.от.}}^{\text{max}} = \frac{18 - (-26)}{18 - (-6,9)} = 1,77.$$

Для сравнительного анализа нормируемого значения коэффициента суточной неравномерности отопительной нагрузки с действительными значениями выполняем расчеты для января 2020-2022 годов.

Для января 2020 года:

$$K_{\text{с.м.от.}} = \frac{18 - (-1,23)}{18 - 1,55} = 1,17.$$

Для января 2021 года:

$$K_{\text{с.м.от.}} = \frac{18 - (-10,78)}{18 - (-0,59)} = 1,55.$$

Для января 2022 года:

$$K_{\text{с.м.от.}} = \frac{18 - (-3,53)}{18 - (-0,28)} = 1,18.$$

Расчеты показывают, что реальные значения коэффициентов суточной неравномерности (таблица 1) значительно превышают нормируемые показатели, определяемые по расчетным температурам. Следует отметить, что методики исследования сезонной и суточной неравномерности потребления газа были разработаны в середине прошлого столетия. В настоящее время значительно изменились не только объемы потребляемого газа, но и газоиспользующее оборудование, потребители газа, область применения газового топлива, уклад жизни населения. Даже климатические данные за истекший период претерпели изменения, на что оказывает влияние и изменение климата по всей планете. Вероятно, при современном исследовании неравномерности потребления газа, для повышения эффективности исследования необходимо изменить существующие критерии и методики.

### Литература

1. Ефремова Т.В., Кондауров П.П. Системы газораспределения и газопотребления населенных пунктов, коммунальных объектов и промышленных предприятий: учебное пособие; Министерство науки и
-

- высшего образования Российской Федерации, Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2021. – 113 с.
2. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
  3. Баясанов Д.Б., Ионин А.А. Распределительные системы газоснабжения. – М.: Стройиздат, 1977. 407 с.
  4. Кисленко Н.А, Копылова Ю.С. Учет климатического фактора при оценке потенциала энергосбережения на уровне отдельных стран и регионов// Вестник университета, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления». № 4, 2019. С. 106-110.
  5. Гадельшина Г.А., Аксянова А.В. Прогнозирование динамики потребления газа с учетом сезонных колебаний по Заволжской зоне РТ// Вестник Казанского технологического университета, КНИТУ. Т. 16, № 22, 2013. С.314-317.
  6. Zimmer H.I. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. – 374 p.
  7. Ilinskij A., Solovev A., Bukharin P. Use of underground gas storage facilities to optimize the logistics of GAZPROM's export deliveries. XIV international scientific conference “Interagromash 2021”. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Series "Lecture Notes in Networks and Systems". Volume 246. 2022.
  8. Ефремова Т.В., Сухов И.В. Исследование основной относительной погрешности ротационных и турбинных счетчиков газа // Инженерный вестник Дона, 2022, № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7454](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7454).
  9. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.
-





10. Ениватов А.В., Артемов И.Н., Игонин К.С. Совершенствование теплового и гидравлического режима котельной // Инженерный вестник Дона, 2020, № 11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6663](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6663).

### References

1. Efremova T.V., Kondaurov P.P. Sistemy` gazoraspredeleniya i gazopotrebleniya naselenny`x punktov, kommunal`ny`x ob`ektov i promy`shlenny`x predpriyatij: uchebnoe posobie; Ministerstvo nauki i vy`sshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Volgogradskij gosudarstvenny`j texnicheskij universitet. Volgograd: Izd-vo VolgGTU, 2021. 113 p.
  2. Ionin A.A. Gazosnabzhenie [Gas supply]. M.: Strojizdat, 1989. 439 p.
  3. Bayasanov D.B., Ionin A.A. Raspredelitel'nye sistemy gazosnabzheniya [Gas distribution systems]. M.: Strojizdat, 1977. 407 p.
  4. Kislenko N.A., Kopylova YU.S. Vestnik universiteta, FGBOU VO «Gosudarstvennyj universitet upravleniya». № 4, 2019. pp. 106-110.
  5. Gadel'shina G.A., Aksyanova A.V. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, KNITU. T. 16, № 22, 2013. pp. 314-317.
  6. Zimmer H.I. Calculating optimum pipeline operations. Technical Report Presented at the 1975 AGA Transmission Conference, El Paso Natural Gas Company, 1975. 374 p.
  7. Ilinskij A., Solovev A., Bukharin P. Use of underground gas storage facilities to optimize the logistics of GAZPROM's export deliveries. XIV international scientific conference "Interagromash 2021". Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Series "Lecture Notes in Networks and Systems". Volume 246. 2022.
  8. Efremova T.V., Suhov I.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7454](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7454).
-



9. Staskevich N.L., Severinec G.N., Vigdorichik D.Ja. Spravochnik po gazosnabzheniju i ispol'zovaniju gaza [Handbook on gas supply and use of gas]. L.: Nedra, 1990. 762 p.
10. Enivatov A.V., Artemov I.N., Igonin K.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6663](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6663).