10.28983/asj.y2020i11pp113-116 УДК 696.2

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ПОКАЗАТЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ИХ ПРИСОЕДИНЕНИИ

КЛОЧКО Алексей Константинович, *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

ЖИЛА Виктор Андреевич, *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

В работе представлены методика и алгоритм расчета показателя надежности газораспределительных сетей, а также изучены вопросы выбора схемы присоединения объектов сельского хозяйства к наружным газораспределительным сетям при снабжении природным газом. Определены показатели надежности и технико-экономические показатели различных вариантов присоединения. Представлены рекомендации для выбора необходимой схемы подключения.

Введение. Бесперебойное, а самое главное безопасное обеспечение сельскохозяйственных объектов газовым топливом (в данном случае метаном) – важная задача не только для конкретного предприятия, но и для экономики Российской Федерации в целом [6]. Обеспечение надежности снабжения природным газом возможно только при правильном и последовательном процессе от проектирования до эксплуатации газового оборудования и газораспределительных сетей района размещения объекта сельского хозяйства [5]. В области газоснабжения под «надежностью» понимают «способность транспортировать газ в необходимом абоненту объеме с поддержанием минимально необходимого давления перед абонентом при нормальных условиях эксплуатации в течение определенного периода времени» [1, 2]. Для возможности численно охарактеризовать качественный показатель «надежность» вводится критерий «показатель надежности газораспределительной сети» [3, 4]. Указанный критерий отражает в себе как вероятность отказа элементов газораспределительной сети, так и ущерб, возникающий в системе в случае происхождения аварии.

Надежное снабжение природным газом для ряда объектов сельского хозяйства, носящих характер сезонной неравномерности, приобретает особое значение, так как авария, происходящая в период максимальной загруженности производства, способна принести серьезный экономический ущерб предприятию [7, 8].

Методика исследований. Работа по изучению данного вопроса предполагает применение метода проведения ряда расчетных экспериментов с целью определения показателя надежности газораспределительной сети при присоединении к ней объекта сельскохозяйственного назначения, последующего анализа результатов расчетного эксперимента, а также обобщения полученных данных.

В работе будем рассматривать однокольцевую схему газопроводов высокого давления и шесть различных способов присоединения объекта сельскохозяйственного назначения к газораспределительной сети.

Схема «0» является базовой для проведения исследования (рис. 1). Характеризуется наличием четырех абонентов сети высокого давления (1, 2, 3, 4) с значениями часовых расходов газа 1100, 1200, 1300 и 1400 м^3/ч соответственно. Далее произведем присоединение к существующей газораспределительной сети абонента сельскохозяйственного назначения с расчетным часовым расходом газа 1500 м^3/ч. Производить присоединение будем по шести различным схемам (рис. 2):

схема 1: непосредственная врезка в сеть без установки запорной арматуры;

схема 2: врезка в сеть с установкой отключающей арматуры на ответвлении и по обе стороны от врезки на кольцевой сети;

схема 3: присоединение к кольцевой сети с использованием «абсолютно надежной камеры»;

схема 4: двухсторонняя врезка в сеть (ближайшая точка и с противоположной стороны кольца) с установкой отключающей арматуры на ответвлении и по обе стороны от врезки на кольцевой сети;

схема 5: двухсторонняя врезка в сеть (ближайшая точка и от участка до точки ближайшей врезки по пути следования газа) с установкой отключающей арматуры на ответвлении и по обе стороны от врезки на кольцевой сети;

схема 6: двухсторонняя врезка в сеть (ближайшая точка и от участка после точки ближайшей врезки по пути следования газа) с установкой отключающей арматуры на ответвлении и по обе стороны от врезки на кольцевой сети.

На схемах кружками обозначено место установки отключающей арматуры, а толстыми линиями выделены необходимые для подключения предприятия газопроводы и арматуры.

Показатель надежности газораспределительной сети зависит от показателей надежности эле-

ментов, из которых она состоит, и определяется выражением [7, 8]:

$$R_{сист} = 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{t\sum\omega_i}}\right)\frac{\sum(\Delta Q_j\omega_i)}{Q_0\sum\omega_i}, \qquad (1)$$

где ΔQ_j – не полученные сетью объемы газа, м³/ч; Q_0 – суммарный расчетный часовой расход газа в сети, м³/ч; ω_i – параметр потока отказов элемента сети, 1/год; t – расчетный период времени для определения показателя надежности, год.

При определении показателя надежности удобно использовать таблицу следующего вида (табл. 1).

Результаты исследований. Распределительная сеть для газоснабжения абонентов 1, 2, 3 и 4 в изначальном варианте (до присоединения объекта сельскохозяйственного назначения схема сети «0») приведена на рис. 3. На рисунке также указаны: места размещения отключающих устройств, номера элементов сети, часовой объемный расчетный расход газа (показан непосредственно у абонента сети). Чертеж выполнен в масштабе и, отталкиваясь от размерной линии на рисунке (450 м), возможно получить все прочие длины участков сети.

С целью демонстрации последовательности определения показателя надежности газораспределительной сети проведем расчет по определению показателя надежности для схемы «0» (согласно рис. 3), а также рассмотрим присоединение объекта сельскохозяйственного назначения по схеме 1 на рис. 2.

Отличительной особенностью представленного алгоритма расчета является то, что таблица по форме 1 позволяет сводить вспомогательные расчеты для разных вариантов в одну таблицу. Расчет представим в табличном виде (табл. 2).

По выражению (1) рассчитаем $R_{сист}$ для расчетного срока 10 лет:

для схемы «0»:

$$R_{сист} = 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{t\sum\omega_i}}\right)\frac{\sum(\Delta Q_j\omega_i)}{Q_0\sum\omega_i} = 1 - \left(1 - \frac{1}{2{,}71^{10\cdot 0{,}0227}}\right)\frac{14{,}62}{5000\cdot 0{,}0227} = 0{,}9738;$$

для схемы «1»:

$$R_{сист} = 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{t\sum\omega_i}}\right)\frac{\sum(\Delta Q_j\omega_i)}{Q_0\sum\omega_i} = 1 - \left(1 - \frac{1}{2{,}71^{10\cdot 0{,}0237}}\right)\frac{22{,}12}{6500\cdot 0{,}0237} = 0{,}9697.$$

Параллельно с определением $R_{сист}$ произведем контроль суммарной протяженности газораспределительной сети. Обобщенные результаты расчетов представим в табл. 3.

При правильно технически организованном подключении нового абонента к газораспределительной сети надежность газораспредели-

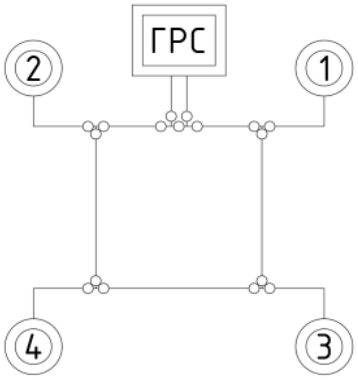

Рис. 1. Схема газоснабжения абонентов населенного пункта

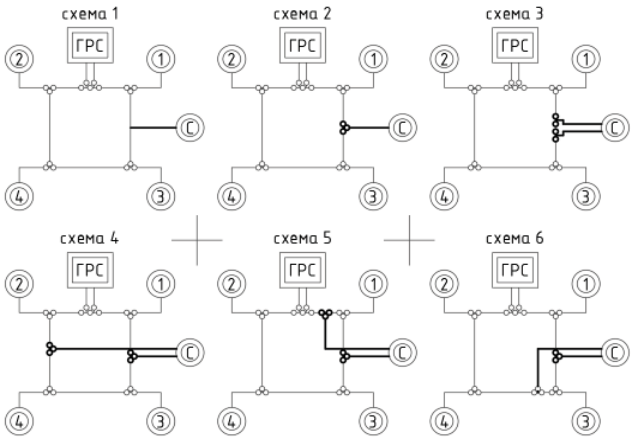

Рис. 2. Схемы присоединения предприятия к газораспределительной сети

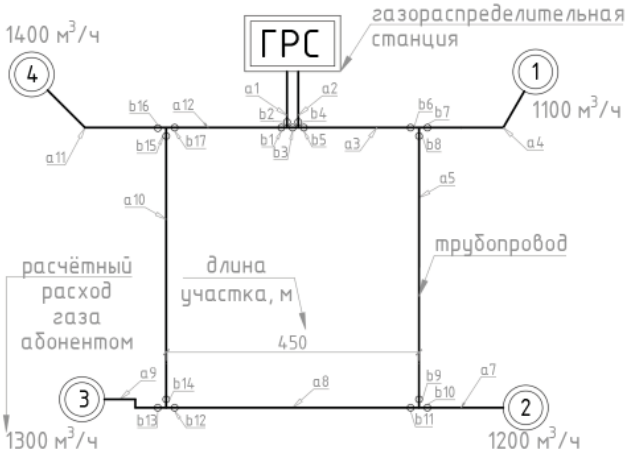

Рис. 3. Конфигурация сети по снабжению абонентов природным газом

Таблица 1

Таблица расчетов для элементов газораспределительной сети

№ элемента	Длина участка, м	Длина участка, км	$\omega_{уд}$, 1/(км·год)	ω_i, 1/год	ΔQ_j, м³/ч	$\omega_i \Delta Q_j$, м³/(ч·год)
–	–	–	–	–	–	–
∑	–	–	–	–	–	–

Таблица 2

Определение показателя надежности газораспределительной сети для схем «0» и «1»

Схема	№ элемента	Длина участка, м	Длина участка, км	$\omega_{уд}$, 1/(км·год)	ω_i, 1/год	ΔQ_j, м³/ч	$\omega_i \Delta Q_j$, м³/(ч·год)
1	2	3	4	5	6	7	8
«0»	a1	105	0,105	0,005	0,0005	0	0,00
	a2	105	0,105	0,005	0,0005	0	0,00
	a3	225	0,225	0,005	0,0011	0	0,00
	a4	225	0,225	0,005	0,0011	1100	1,24
	a5	500	0,5	0,005	0,0025	0	0,00
	a7	150	0,15	0,005	0,0008	1200	0,90
	a8	450	0,45	0,005	0,0023	0	0,00
	a9	125	0,125	0,005	0,0006	1300	0,81
	a10	500	0,5	0,005	0,0025	0	0,00
	a11	238,9	0,2389	0,005	0,0012	1400	1,67
	a12	225	0,225	0,005	0,0011	0	0,00
	b1	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b2	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b3	–	–	–	0,0005	5000	2,50
	b4	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b5	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b6	–	–	–	0,0005	1100	0,55
	b7	–	–	–	0,0005	1100	0,55
	b8	–	–	–	0,0005	1100	0,55
	b9	–	–	–	0,0005	1200	0,60
	b10	–	–	–	0,0005	1200	0,60
	b11	–	–	–	0,0005	1200	0,60
	b12	–	–	–	0,0005	1300	0,65
	b13	–	–	–	0,0005	1300	0,65
	b14	–	–	–	0,0005	1300	0,65
	b15	–	–	–	0,0005	1400	0,70
	b16	–	–	–	0,0005	1400	0,70
	b17	–	–	–	0,0005	1400	0,70
	∑	**2849**	–	–	**0,0227**	–	**14,62**
-	-	–	–	–	–	–	–
«1»	a1	105	0,105	0,005	0,0005	0	0,00
	a2	105	0,105	0,005	0,0005	0	0,00
	a3	225	0,225	0,005	0,0011	0	0,00
	a4	225	0,225	0,005	0,0011	1100	1,24
	a5	250	0,25	0,005	0,0013	1500	1,88
	a6	250	0,25	0,005	0,0013	1500	1,88
	a7	150	0,15	0,005	0,0008	1200	0,90
	a8	450	0,45	0,005	0,0023	0	0,00
	a9	125	0,125	0,005	0,0006	1300	0,81
	a10	500	0,5	0,005	0,0025	0	0,00
	a11	238,9	0,2389	0,005	0,0012	1400	1,67
	a12	225	0,225	0,005	0,0011	0	0,00
	b1	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b2	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b3	–	–	–	0,0005	6500	3,25
	b4	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b5	–	–	–	0,0005	0	0,00
	b6	–	–	–	0,0005	1100	0,55
	b7	–	–	–	0,0005	1100	0,55
	b8	–	–	–	0,0005	2600	1,30
	b9	–	–	–	0,0005	2700	1,35
	b10	–	–	–	0,0005	1200	0,60
	b11	–	–	–	0,0005	1200	0,60
	b12	–	–	–	0,0005	1300	0,65
	b13	–	–	–	0,0005	1300	0,65
	b14	–	–	–	0,0005	1300	0,65
	b15	–	–	–	0,0005	1400	0,70
	b16	–	–	–	0,0005	1400	0,70
	b17	–	–	–	0,0005	1400	0,70
	c1	200	0,2	0,005	0,0010	1500	1,50
	∑	**3049**	–	–	**0,0237**	–	**22,12**

Таблица 3

Результаты расчетов схем распределительных сетей

Схема (вариант)	$R_{сист}$, %	$\Delta R_{сист}$, %	ΣL_i, м	$\Delta L_{сети}$
0	97,38	0,000	2848,9	0,0
1	96,97	-0,414	3048,9	200,0
2	97,40	0,016	3048,9	200,0
3	**97,92**	**0,541**	**3248,9**	**400,0**
4	97,96	0,572	3698,9	850,0
5	97,95	0,568	3602,7	753,8
6	97,95	0,568	3602,7	753,8

тельной системы может не только не снижаться, но и возрастать.

Заключение. Как видно из условий расчетного примера, использование присоединения сельскохозяйственных предприятий к кольцевым распределительным газопроводам через «абсолютно надежные камеры» позволяет обеспечить надежное снабжение абонентов ($R_{сист}$ более 97,9 %), при этом данное решение имеет не только минимальную протяженность при высоком показателе надежности, но минимальное количество запорных отключающих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/.

2. СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с Изменениями № 1, 2, 3). – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200084535.

3. *Жила В.А.* Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». – М., 2014. – 368 с.

4. *Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М.* Надежность газораспределительных систем // Научное обозрение. – 2017. – № 20. – С. 38–44.

5. *Клочко А.К., Жила В.А.* Применение «абсолютно надежных камер» при снабжении природным газом объектов сельского хозяйства // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 1. – С. 60–65.

6. *Лактюнькин А.В.* Выбор степени кольцевания газораспределительной сети высокого давления для среднего населенного пункта. – М., 2018. – 21 с.

7. Klochko A. Influence of the iteration step size to finding solutions. // MATEC Web Conf. VI International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education” (IPICSE-2018)., 2018. Vol. 251., No. 03031., P. 1–7.

8. *Klochko A., Zhila V.* Determination of high-pressure pipeline cyclization degree with exploratory technique // MATEC Web Conf. VI International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education” (IPICSE-2018)., 2018., Vol. 251., No. 7336., P. 91–94.

Клочко Алексей Константинович, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия.*

Жила Виктор Андреевич, *д-р техн. наук, проф. кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия.*

129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Тел.: (495) 781-80-07.

Ключевые слова: *надежность; газораспределительная сеть; объект сельскохозяйственного назначения; газ.*

INFLUENCE OF AGRICULTURAL FACILITIES ON THE RELIABILITY INDICATOR OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS AT THEIR CONNECTION

Klochko Aleksey Konstantinovich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair “Heat and Gas Supply and Ventilation”, Moscow State University of Civil Engineering. Russia.*

Zhila Viktor Andreevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair “Heat and Gas Supply and Ventilation”, Moscow State University of Civil Engineering. Russia.*

Keywords: *reliability; gas distribution network; agricultural object; gas.*

The article presents a methodology and algorithm for calculating the reliability indicator of gas distribution networks. The issues of choosing a scheme for connecting agricultural facilities to external gas distribution networks when supplying natural gas are studied. The indicators of reliability and technical and economic indicators of various connection options have been determined. Recommendations for choosing the required connection scheme are presented.