

ПРИМЕНЕНИЕ «АБСОЛЮТНО НАДЕЖНЫХ КАМЕР» ПРИ СНАБЖЕНИИ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

КЛОЧКО Алексей Константинович, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ЖИЛА Виктор Андреевич, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

В работе рассмотрены вопросы снабжения объектов сельского хозяйства природным газом. Приведены методика и алгоритм определения показателя надежности газораспределительных сетей. Раскрыто понятие «абсолютно надежная камера». Определены показатели надежности и технико-экономические характеристики различных схем и конфигураций газораспределительных сетей. Рассмотрен вопрос применения «абсолютно надежных камер» для объектов сельского хозяйства.

60

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

1
2020

Введение. Обеспечение бесперебойного и безопасного снабжения потребителей природным газом – ключевая задача при проектировании и последующей эксплуатации газораспределительных сетей. Если исходить из того, что в газораспределительных системах «надежность» – это способность транспортировать газ в необходимом абонентуобъеме с поддержанием минимально необходимого давления перед абонентом при нормальных условиях эксплуатации в течение определенного периода времени [2, 5, 6], то необходимо численно охарактеризовать «надежность» в различных условиях. В этом случае следует перейти к понятию «показатель надежности газораспределительной сети», который учитывает вероятность выхода из строя элементов сети, а также нанесенный системе ущерб в случае, если авария все-таки произошла.

При газоснабжении объектов сельского хозяйства надежное обеспечение природным газом представляется еще более актуальным, так как для большинства абонентов нормативный срок устранения произошедшей аварии составляет 3 сут. При удовлетворении потребности абонента природным газом в независимости от сезона время, затраченное на устранение аварии, может быть охарактеризовано безразмерным отношением $3/365=0,008$, однако для абонентов сельскохозяйственного назначения при необходимости максимального потребления для некоторых видов производства может составлять $3/30 = 0,10$, а значит, временной фактор более чем в 12 раз более значителен.

Методика исследований. Методика исследования в работе заключается в проведении расчетных экспериментов (многовариантный расчет) по определению показателя надежности газораспределительной сети для различных схем газоснабжения объектов сельского хозяйства, анализ результатов эксперимента и обобщение полученных результатов.

Схему газораспределительной сети будут характеризовать:

- 1) исполнение (тупиковая, смешанная или кольцевая);
- 2) расположение отключающих устройств.

Можно выделить основные способы увеличения показателя надежности газораспределительной сети, среди которых повышение надежности элементов сети (более качественное исполнение элементов); секционирование (для возможности локализации места произошедшей аварии); кольцевание (создание альтернативных путей доставки среды к абоненту); дублирование элементов сети.

В рамках данного исследования будем рассматривать однокольцевую схему в 5 различных исполнениях (схема «1» – схема «5») и по 4 различных конфигураций в рамках каждой схемы («базовый» вариант и варианты конфигураций 1–3), рис. 1.

Показатель надежности газораспределительной сети зависит от показателей надежности элементов, из которых она состоит. Элементом считается структурная единица сети, способная выйти из строя, при этом ее выход из строя не приводит к выходу из строя прочих элементов. Например, выход из строя уплотнителей в отключающей задвижке делает всю задвижку не

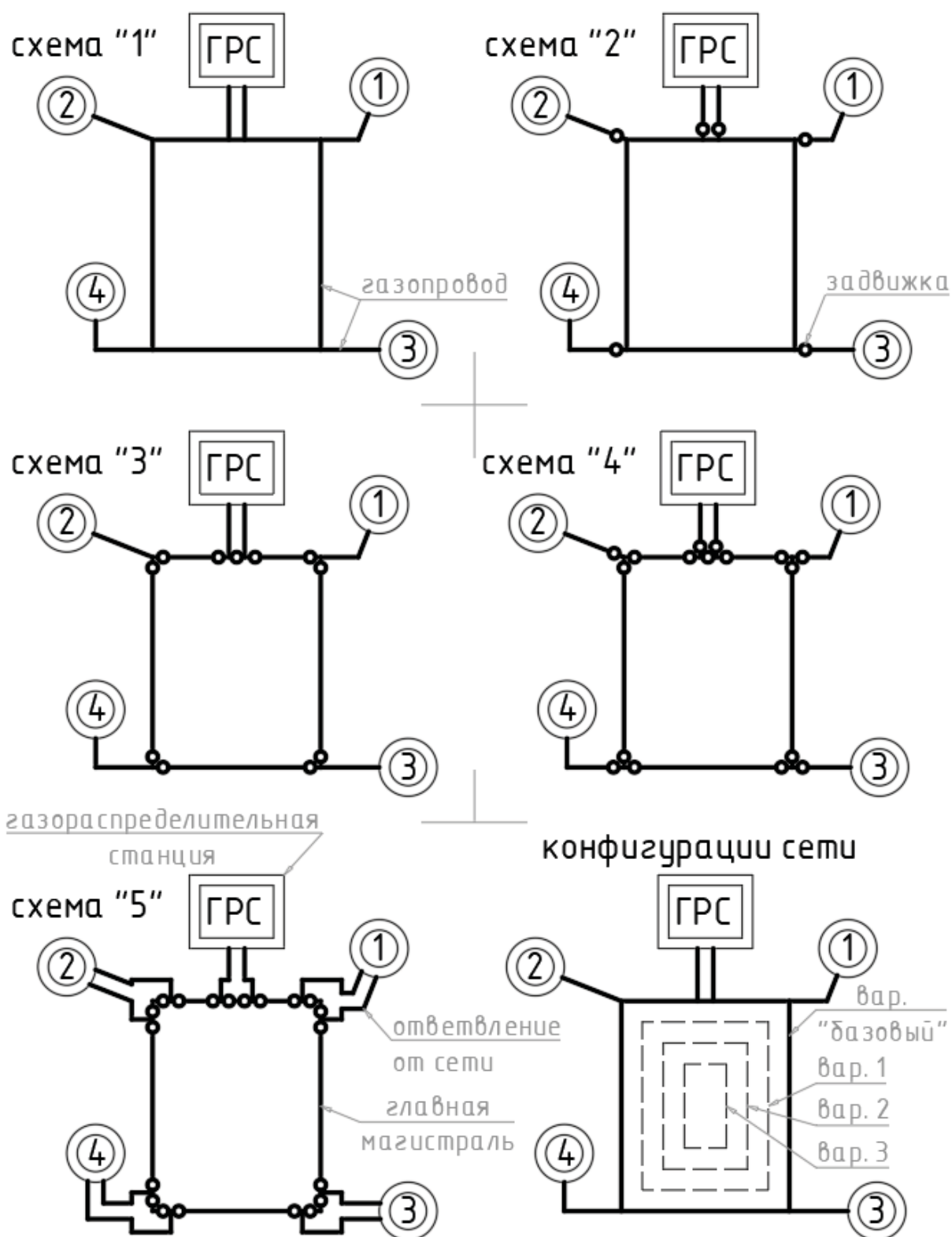


Рис. 1. Схемы газоснабжения абонентов

пригодной к использованию, однако выход из строя одной задвижки не приводит к выходу из строя любой другой задвижки или трубопровода. При определении показателя надежности газораспределительной сети классически выделяют следующие элементы: трубопроводы и запорная арматура (отключающие устройства), однако так возможно ввести дополнительные группы элементов (например, газорегуляторные пункты и т.д.). Кроме всего прочего, необходимо учитывать наличие в системе трубопроводов

из разных материалов (полиэтилен или сталь и пр.) и задвижек разного типа (из чугуна или стали и пр.).

Показатель надежности газораспределительной сети определяется выражением

$$R_{\text{сист}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{\sum \omega_i}}\right) \frac{\sum (\Delta j \omega_i)}{Q_0 \sum \omega_i}. \quad (1)$$

Для удобства определения показателя надежности существует возможность использовать таблицу следующего вида (табл. 1).



Таблица расчетов для элементов газораспределительной сети

№ элемента	Длина участка, м	Длина участка, км	$\omega_{уд}, 1/(км \cdot год)$	$\omega_i, 1/год$	$Q_j, м^3/ч$	$\omega_i Q_j, м^3/(ч \cdot год)$
1	2	3	4	5	6	7
Участок	+	+	+	+	+	+
Запорная арматура	–	–	–	+	+	+
Σ	–	–	–	+	–	+

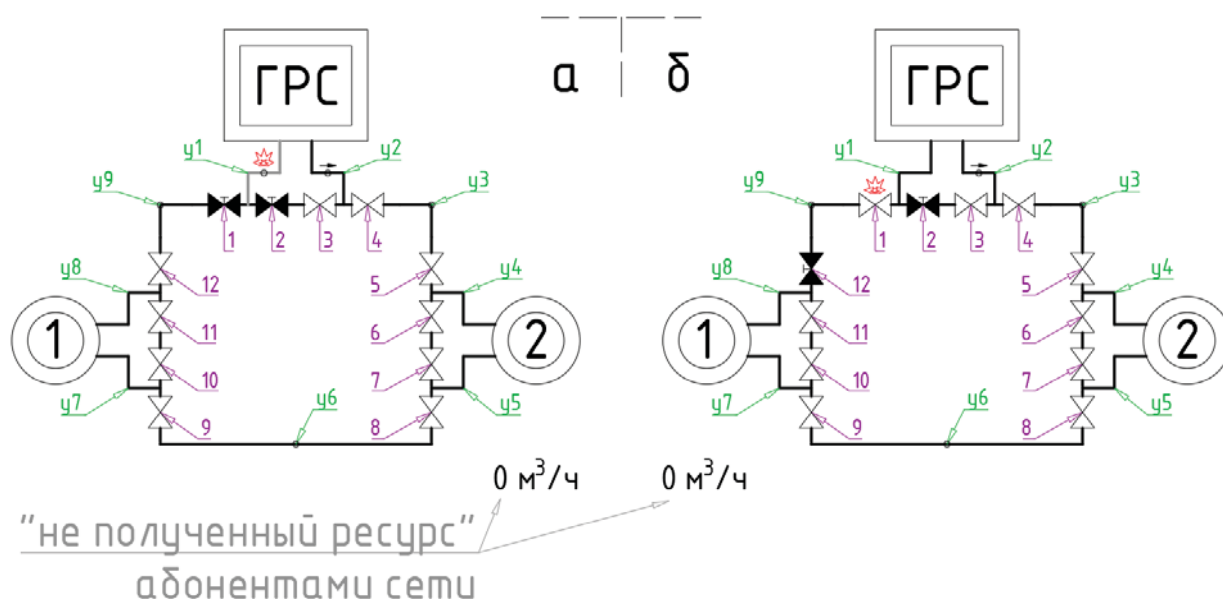


Рис. 2. Схема локализации места аварии: а – выход из строя участка «у1»; б – выход из строя запорного устройства «1»

Теперь поясним применение термина «абсолютно надежная камера» (АНК) на примере, изображенном на рис. 2. Интересным фактом является, что для кольцевой сети (1 кольцо или более) при условии дублирования тупиковых ответвлений к абонентам поломка любого одного элемента не влечет за собой возникновения «недоотпуска» газа в газораспределительной системе. В соответствии с формулой (1) вследствие того, что при аварии не возникает «недоотпуск» газа ($\Delta Q_j = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$) газораспределительной сети, показатель надежности $R_{\text{сист}}$ всегда равен 1.

Результаты исследований. На рис. 3 приведем газораспределительную сеть для снабжения абонентов 1–4 природным газом. На рис. 3 отображены: конфигурация сети, номера участков, длины участков, номера запорной арматуры и места ее размещения, также рядом с номером абонента записан расчетный расход газа в $\text{м}^3/\text{ч}$. Чертеж выполнен в масштабе в соответствии с масштабной линейкой.

Конфигурацию сети, изображенную на рис. 3, примем базовым вариантом.

Также будем производить определение показателя надежности для еще трех изображенных на рис. 4 конфигураций. В итоге получим 20 расчетных вариантов: 5 различных схем и по 4 конфигурации для каждой схемы (5×4). Рис. 4 также выполнен в масштабе согласно приведенной масштабной линейке.

Продемонстрируем ход выполнения расчета по определению показателя надежности на примере схемы 5, согласно рис. 1, и конфигурации вариант 3, согласно рис. 4. Расчет представим в табличном виде (табл. 2).

По выражению (1) рассчитаем показатель надежности сети для 10 лет:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{сист}} &= 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{t \sum \omega_i}}\right) \frac{\sum (\Delta Q_j \omega_i)}{Q_0 \sum \omega_i} = \\
 &= 1 - \left(1 - \frac{1}{2,71^{10 \cdot 0,03506}}\right) \frac{0,0}{4600 \cdot 0,03506}
 \end{aligned}$$



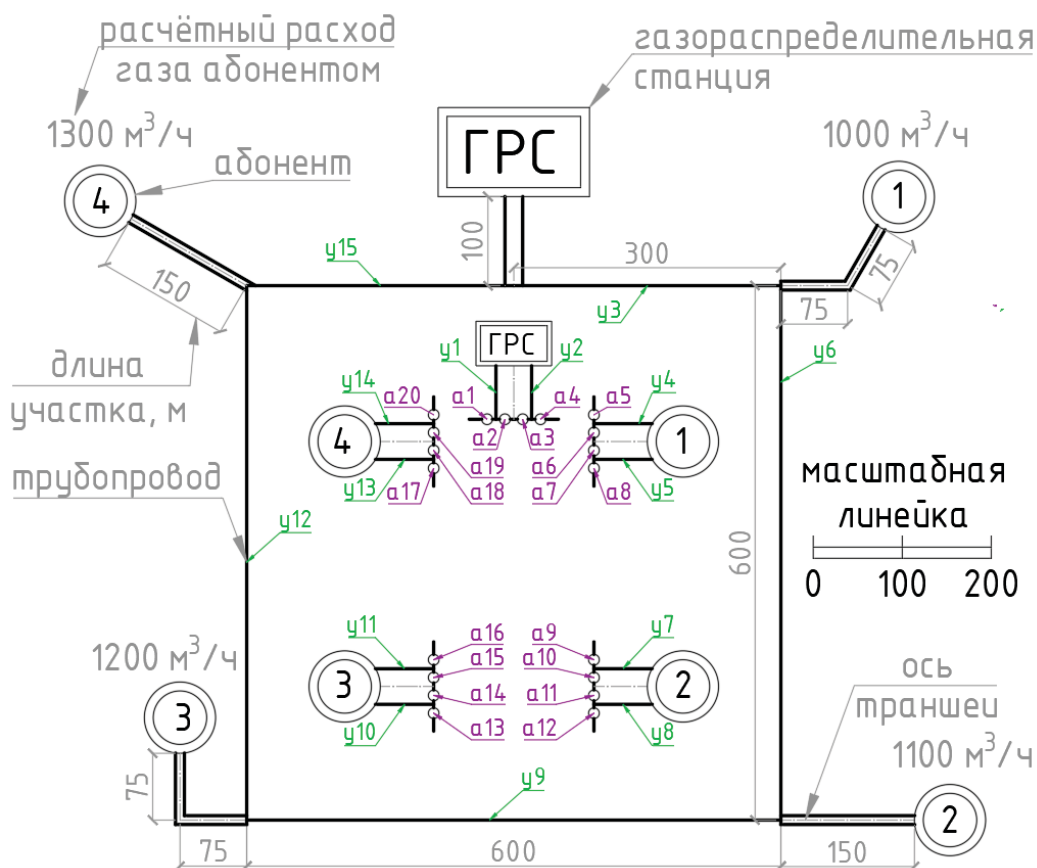


Рис. 3. Конфигурация сети по снабжению абонентов природным газом

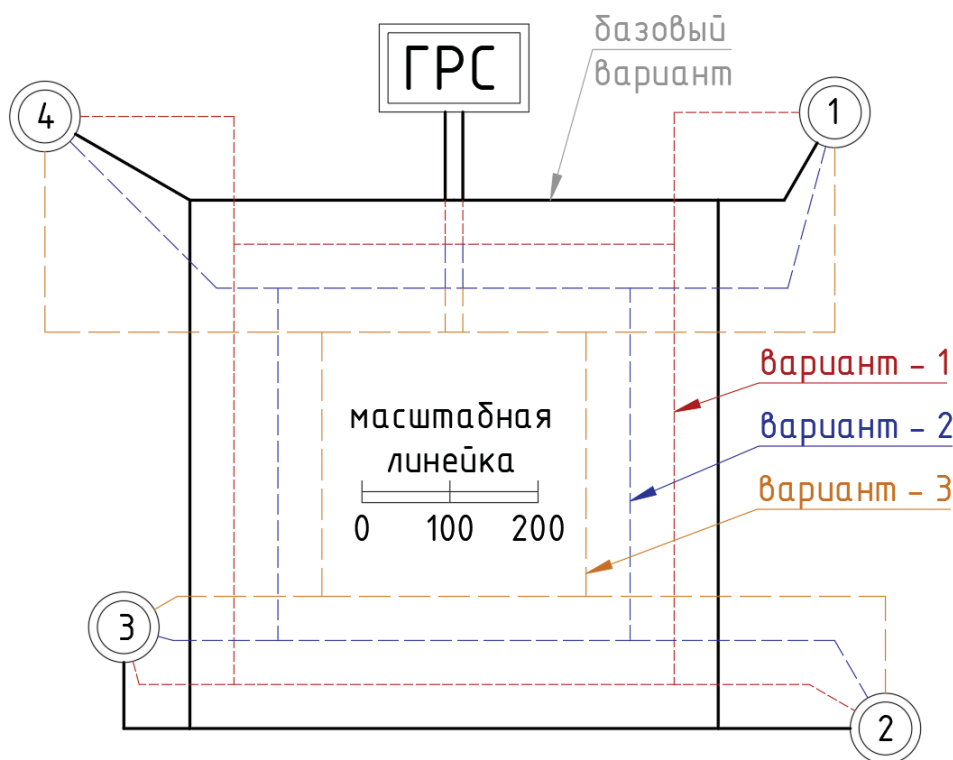


Рис. 4. Различные конфигурации газораспределительных сетей

Так же будем производить контроль суммарной протяженности газораспределительной сети и соотношение длин тупиковых участков сети к длине кольцевой части сети. Обобщенные результаты расчетов выстроим в порядке возрастания общей протяженности сети и представим в табл. 3.

Заключение. Применение «абсолютно надежных камер» для газораспределительных

сетей позволяет добиться обеспечения надежного снабжения абонентов, в том числе и объектов сельского хозяйства. Кроме того, подобные схемы удобны тем, что на время проведения ремонтных работ не требуют строительства байпасов, а достаточно лишь поочередно осуществить замену газопроводов на ответвлениях сети.



Определение показателя надежности газораспределительной сети

Схема	№ элемента	Длина участка, м	Длина участка, км	$\omega_{уд}, 1/(\text{км}\cdot\text{год})$	$\omega_p, 1/\text{год}$	$Q_p, \text{м}^3/\text{ч}$	$\omega_i Q_p, \text{м}^3/(\text{ч}\cdot\text{год})$
1	2	3	4	5	6	7	8
5.3	y1	250,0	0,3	0,005	0,00125	0,0	0,0
	y2	250,0	0,3	0,005	0,00125	0,0	0,0
	y3	150,0	0,2	0,005	0,00075	0,0	0,0
	y4	492,1	0,5	0,005	0,00246	0,0	0,0
	y5	492,1	0,5	0,005	0,00246	0,0	0,0
	y6	300,0	0,3	0,005	0,00150	0,0	0,0
	y7	450,0	0,5	0,005	0,00225	0,0	0,0
	y8	450,0	0,5	0,005	0,00225	0,0	0,0
	y9	300,0	0,3	0,005	0,00150	0,0	0,0
	y10	194,4	0,2	0,005	0,00097	0,0	0,0
	y11	194,4	0,2	0,005	0,00097	0,0	0,0
	y12	300,0	0,3	0,005	0,00150	0,0	0,0
	y13	519,5	0,5	0,005	0,00260	0,0	0,0
	y14	519,5	0,5	0,005	0,00260	0,0	0,0
	y15	150,0	0,2	0,005	0,00075	0,0	0,0
	a1	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a2	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a3	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a4	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a5	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a6	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a7	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a8	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a9	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a10	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a11	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a12	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a13	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a14	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a15	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a16	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a17	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a18	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a19	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	a20	0,0	0,0	0,0	0,00050	0,0	0,0
	Σ	0,0	0,0	0,0	0,03506	0,0	0

Таблица 3

Обобщенные результаты расчетов схем распределительных сетей

Схема (вариант)	$R_{\text{сист}}, \%$	$\Sigma L_p, \text{км}$	$L_v/L_k, \text{б/п}$	Схема (вариант)	$R_{\text{сист}}, \%$	$\Sigma L_p, \text{км}$	$L_v/L_k, \text{б/п}$
1.2	85,66	3095,68	0,483	3.1	97,57	3259,91	0,386
2.2	88,72	3095,68	0,483	4.1	97,17	3259,91	0,386
3.2	97,43	3095,68	0,483	1.3	84,55	3356,02	0,642
4.2	97,02	3095,68	0,483	2.3	89,96	3356,02	0,642
1.6	85,21	3200,00	0,250	3.3	96,81	3356,02	0,642
2.6	85,66	3200,00	0,250	4.3	96,41	3356,02	0,642
3.6	97,98	3200,00	0,250	5.6	100,00	3800,00	0,368
4.6	97,56	3200,00	0,250	5.2	100,00	4191,36	0,618
1.1	84,96	3259,91	0,386	5.1	100,00	4219,82	0,526
2.1	87,09	3259,91	0,386	5.3	100,00	5012,03	0,761



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жила В.А. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». – М.: АСВ, 2014. – 368 с.
2. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Способы повышения надежности систем газораспределения в городском строительстве // Инновации и инвестиции. – 2017. – № 20. – С. 139–142.
3. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.
4. Лактунькин А.В. Выбор степени кольцевания газораспределительной сети высокого давления для среднего населенного пункта. – М., 2018. – 21 с.
5. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Надежность газораспределительных систем // Научное обозрение. – 2017. – № 20. – С. 38–44.

6. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года // СПС «Гарант».

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: абсолютно надежная камера; природный газ; сельское хозяйство; газораспределительная сеть.

THE USE OF «ABSOLUTELY RELIABLE CAMERAS» IN THE SUPPLY OF NATURAL GAS TO AGRICULTURAL FACILITIES

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: absolutely reliable camera; natural gas; agriculture; gas distribution network.

The paper considers the supply of agricultural facilities with natural gas. The methodology and algorithm for determining the reliability index of gas distribution networks are presented. The concept of "absolutely reliable camera" is disclosed. Reliability indices and technical and economic characteristics of various schemes and configurations of gas distribution networks are determined. The issue of the use of "absolutely reliable cameras" for agricultural facilities is considered.

УДК 004.942, 006.91, 51-74

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ РЕЗОНАТОР СИСТЕМЫ ЭНЕРГООТБОРА

КУЗЬМИН Константин Анатольевич, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)

СОКОРЕВА Евгения Викторовна, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Статья посвящена вопросам, связанным с разработкой электродинамической системы релятивистского клистрона, построенного на базе линейного ускорителя электронов. Приводится описание разработанного авторами перестраиваемого по частоте резонатора, применяемого для энергоотбора большой СВЧ-мощности.

Введение. Внедрение СВЧ-энергии в различные отрасли экономики является одним из наиболее перспективных направлений развития электротехники[1]. Уже сейчас совершенно определено выявлены ее основные преимущества, к числу которых относится возможность сосредоточения энергии электромагнитного поля в малых объемах и концентрации в нужном месте, что может явиться основой разработки новых энергосберегающих технологий. Достоинством является и та большая гибкость, с которой СВЧ-энергия трансформируется в другие виды энергии[3].

Разработка электродинамической системы релятивистского клистрона, который строится на базе линейного ускорителя электронов, предполагает съем большой мощности. Известно, что

увеличения мощности СВЧ-приборов можно добиться либо путем повышения ускоряющего напряжения, либо тока электронного пучка, либо обоих параметров сразу.

При повышении мощности многорезонаторного клистрона до гигаваттного уровня требуется повысить ускоряющее напряжение электронного пучка, но это, в свою очередь, ограничивает использование традиционных методов и устройств группирования пучка и отбора от него мощности. Возникает необходимость в выборе новых методов группирования и устройств их реализации, а также создании таких систем энергоотбора, элементы которых обеспечат отбор большой СВЧ-мощности.

