DOI 10.28983/asj.y2020i2pp96-100 УДК 696.2

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ АБОНЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

СПИРИНА Елена Львовна, *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

ГУСАРОВА Елена Александровна, *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

В работе рассмотрены возможные целевые параметры для проведения технико-экономических расчетов при строительстве газораспределительных сетей при подключении абонентов сельскохозяйственного назначения. Приведена методика актуализации данных по стоимости строительства газораспределительных сетей на краткосрочный период. На расчетном примере показано технико-экономическое сравнение различных решений газораспределительных сетей.

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2 2020

Введение. Обеспечение бесперебойного и безопасного снабжения потребителей сельскохозяйственного назначения природным газом – это основная задача при конструировании и последующей эксплуатации газораспределительных сетей. При этом при обеспечении требуемой надежности газоснабжения актуальным становится вопрос экономии финансовых, трудовых и временных ресурсов [2, 5, 7].

Методика исследований. В каждом конкретном случае при проведении технико-экономических расчетов (ТЭР) необходимо задаваться главными (основными) критериями оптимизации, также часто называемыми параметрами оптимизации, целевыми функциями или функциями цели, к которым можно отнести: показатель надежность газораспределительных сетей; протяженность сети; материалоемкость (металлоемкость); материальную характеристику сети; стоимость строительства газораспределительных сетей; эксплуатационные расходы на газораспределительные сети; приведенные затраты; срок окупаемости.

Далее последовательно рассмотрим все вышеперечисленные параметры.

Результаты исследований.

Показатель надежности газораспределительных сетей

Наиболее важным параметром является показатель надежности газораспределительной системы, характеризующий способность транспортировать газ в необходимом количестве с соблюдением заданных параметров при нормальных условиях эксплуатации в течение заданного периода времени [3, 4, 6]. При проведении ТЭР данный параметр часто выступает в роли ограничительных условий.

Протяженность сети

Суммарная протяженность сети часто может являться оптимизационным критерием, так как длина напрямую или косвенно входит в уравнения для определения других оптимизационных параметров.

Снижение суммарной протяженности сети при полном удовлетворении потребности потребителей в газовом топливе, как правило, дает положительный эффект. При проектировании сетей следует руководствоваться следующими правилами: необходимо газ от источника до потребителя доставлять по самому короткому пути; при проектировании необходимо стремиться снижать транзитные расходы газа по участкам сети.

Использование параметра суммарной протяженности сети удобно при выполнении ТЭР, так как в этом случае нет необходимости использовать дополнительные данные, а полученное техническое решение по параметру протяженности сети,

как правило, будет повторять решения по прочим оптимизационным параметрам (срок окупаемости, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, металлоемкость и материальная характеристика сети).

Материалоемкость

Под материалоемкостью понимается требуемое количество материала на строительство газораспределительной сети.

Следует отметить, что часто употребим термин «металлоемкость» как частый случай материалоемкости. Однако, используя термин «металлоемкость», не получится сравнить схемы газораспределительных сетей, выполненных из разных материалов, в частности из ПЭ- и СТ-трубопроводов.

Параметр металлоемкость отражает только затраты металла на строительство газораспределительной сети, не учитывая никаких прочих расходов. В газораспределении используются трубопроводы круглого поперечного сечения, при условии неизменности диаметра участка сети металлоемкость участка сети может быть определена по уравнению

$$\text{Ме}_{\text{уч}} = \frac{\pi}{4}\left(d_{\text{нар}}^2 - d_{\text{вн}}^2\right) l_{\text{уч}} \rho_{\text{уч}}, \text{ кг}, \qquad (1)$$

где $d_{\text{нар}}$ – наружный диаметр трубопровода, м; $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубопровода, м; $l_{\text{уч}}$ – длина участка сети, м; $\rho_{\text{ст}}$ – плотность стали из которого выполнена труба, кг/м^3.

В общем виде металлоемкость сети определяется выражением

$$\text{Ме}_{\text{сети}} = \sum \text{Ме}_{\text{уч}_i}, \text{ кг}. \qquad (2)$$

Обратим внимание, что сеть с одними и теми же условными диаметрами может иметь различную металлоемкость при различной толщине стенки.

Материальная характеристика сети

Данный параметр возможно определить для любого вида трубной сети. Материальная характеристика сети ($\text{М}_{\text{х}}$) – это сумма произведений наружных диаметров трубопроводов участков тепловой сети на их длину:

$$\text{Ме}_{\text{х}} = \sum \left(D_{\text{нар}}^{\text{уч}} l_{\text{уч}}\right), \qquad (3)$$

где $D_{\text{нар}}^{\text{уч}}$ – наружный диаметр участка сети, м; $l_{\text{уч}}$ – протяженность участка сети, м.

Стоимость строительства газораспределительных сетей

При сооружении элементов газораспределительных систем на окружающую среду производится воздействие и расходуются различные ресурсы: время, материалы, энергия, трудовые ресурсы и т.д. Данные затраты укрупнено возможно разделить на три смысловые группы: проведение земляных работ, материалы, монтаж и пусконаладочные работы. Кроме того, стоимость строительства газораспределительных сетей часто называют капитальными затратами.

Существует функциональная зависимость между диаметром газопровода и стоимостью его прокладки. В [6] рассмотрен вопрос стоимости строительства газопроводов в нескальных грунтах с обустройством траншеи с вертикальными откосами и разработке траншеи открытым способом.

Важным инструментом при проведении ТЭР является алгоритм приведения базовых данных по стоимости прокладки сетей к необходимому моменту времени. Актуализировать данные работы [6] возможно, используя расчетный коэффициент, приведением, который определяется, используя метод наращения 1 руб. из базового периода к расчетному по формуле

$$S_{\text{кон}} = S_{\text{нач}}\left(1 + \frac{\%}{100} \cdot \frac{Z_{\text{нар}}}{365}\right), \qquad (4)$$

где $S_{\text{кон}}$ – переводной коэффициент, осуществляющий наращение начальной стоимости из базового значения на конец периода действия процентной ставки рефинансирования/ключевой ставки, б/р; $S_{\text{нач}}$ – переводной коэффициент, осуществляющий наращение начальной стоимости из базового значения на начало периода действия процентной ставки рефинансирования/ключевой ставки, б/р; % – процентная ставка, %; $Z_{\text{нар}}$ – продолжительность периода действия процентной ставки рефинансирования или ключевой ставки, сут.

Численные значения ставки рефинансирования, ключевой ставки и продолжительности их действия с 1 апреля 2011 г. по 1 января 2020 г. приведены в таблице.

Определение коэффициента приведения $S_{кон}$

Срок действия процентной ставки	$Z_{нар}$, сут.	% год	$S_{нач}$, руб.	$S_{кон}$, руб.
01.04.2011 – 02.05.2011	31	8,00	1,0000	1,0068
03.05.2011 – 25.12.2011	236	8,25	1,0068	1,0605
26.12.2011 – 13.09.2012	262	8,00	1,0605	1,1214
14.09.2012 – 31.12.2015	1203	8,25	1,1214	1,4263
01.01 2016 – 13.06.2016	164	11,00	1,4263	1,4968
14.06.2016 – 18.09.2016	96	10,50	1,4968	1,5382
19.09.2016 – 26.03.2017	188	10,00	1,5382	1,6174
27.03.2017 – 01.05.2017	35	9,75	1,6174	1,6325
02.05.2017 – 18.06.2017	47	9,25	1,6325	1,6519
19.06.2017 – 17.09.2017	90	9,00	1,6519	1,6886
18.09.2017 – 29.10.2017	41	8,50	1,6886	1,7047
30.10.2017 – 17.12.2017	48	8,25	1,7047	1,7232
18.12.2017 – 11.02.2018	55	7,75	1,7232	1,7433
12.02.2018 – 25.03.2018	41	7,50	1,7433	1,7580
26.03.2018 – 16.09.2018	174	7,25	1,7580	1,8188
17.09.2018 – 16.12.2018	90	7,50	1,8188	1,8524
17.12.2018 – 16.06.2019	181	7,75	1,8524	1,9236
17.06.2019 – 28.07.2019	41	7,50	1,9236	1,9398
29.07.2019 – 08.09.2019	41	7,25	1,9398	1,9556
09.09.2019 – 27.10.2019	48	7,00	1,9556	1,9736
28.10.2019 – 15.12.2019	48	6,50	1,9736	1,9905
16.12.2019 – 01.01.2020	16	6,25	1,9905	1,9959

Используя метод наращения 1 руб. из базового периода к расчетному периоду, по формуле (4) определим расчетный коэффициент приведения.

В итоге получен коэффициент пересчета из базового значения стоимости прокладки газораспределительный сети ($K_{свд}$) в текущий момент (01.01.2020), равный 1,9959.

Капитальные затраты на строительство участка сети можно определить следующим образом:

$$K_{уч} = \frac{l_{уч}}{100} \cdot K_{уд}, \qquad (5)$$

где $l_{уч}$ – протяженность участка, м; $K_{уд}$ – стоимость строительства 100 м сети, руб.

Всей сети в целом:

$$K_{свд} = \sum_{i=1}^{n} K_{уч_i}. \qquad (6)$$

Эксплуатационные затраты на газораспределительные сети

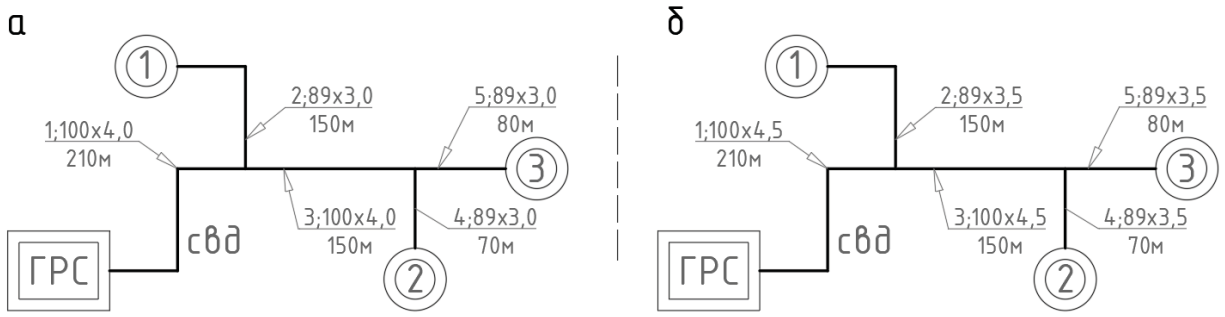
Эксплуатационные затраты – это расходы, которые предприятие несет в течение всего срока использования (эксплуатации) систем газоснабжения. Они образуются из амортизационных отчислений на последующий капитальный ремонт и расходов на текущий ремонт и обслуживание.

Структура затрат каждого конкретного газоснабжающего предприятия уникальна и зависит от многих факторов (текущее состояния принадлежащей ему системы газопроводов и оборудования, обозримых перспектив развития предприятия и особенностей эксплуатации).

Расходы на текущий ремонт и обслуживание городских газораспределительных сетей в основном зависят от протяженности сетей и, в незначительной степени, от их диаметров участков сети [5]. При проведении технико-экономических расчетов эксплуатационные расходы можно определять следующим образом:

$$Э = f' K + \delta \sum L, \qquad (7)$$

где f' – доля отчислений на амортизацию основных фондов предприятия, 1/год; K – капитальные затраты, руб.; δ – удельные затраты на обслуживание газопровода, руб./м·год; $\sum L$ – суммарная протяженность всех газопроводов сети, м.



Схемы газоснабжения абонентов

Параметр	Схема а	Схема б	Предпочтительная схема
Суммарная длина сети, м	660	660	равнозначны
Материалоемкость (металлоемкость), кг	5284	5991	схема (а)
Материальная характеристика сети, м·м	62700	62700	равнозначны

Приведенные затраты

Данный параметр учитывает капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Различные размерности К, руб., и Э, руб./год, делают невозможным складывать эти параметры.

Приведенные затраты – это комплексный показатель, позволяющий проводить технико-экономический анализ разных вариантов исполнения газораспределительной системы с учетом различных значений капитальных затрат на строительство и эксплуатационных расходов, может быть определен по формуле:

$$П = К + ЭT_i, \text{ руб.}, \qquad (8)$$

где T_i – период времени, принятый за расчетный, год. Это может быть либо срок службы системы или отдельных ее элементов, либо желаемый срок окупаемости инвестиций.

Следует отметить, что данный параметр не способен учитывать изменение покупательной способности денег, для возможности такого учета необходимо применять дисконтирование и наращение будущих доходов.

Срок окупаемости

В условиях рыночной экономики при определении эффективности инвестиций вместо использования критериев приведенных затрат П часто используют срок окупаемости инвестиций $T_о$. Срок окупаемости $T_о$ является важнейшим критерием экономической эффективности инвестиций ввиду того, что он способен учитывать и капитальные затраты на строительство элементов газораспределительной системы (руб.), и одновременно поток доходов, вызванных данными инвестициями ΔД (руб./год). Этот критерий дает представление о том, приносят ли инвестиции дополнительный доход вообще и насколько быстро это происходит [6]. Определить срок окупаемости без учета дисконтирования можно по формуле

$$T_о = \frac{К}{ΔД}, \text{ год}, \qquad (9)$$

где К – капитальные затраты, рублей; ΔД – ежегодный ожидаемый доход, руб./год.

$$T_{ок}^{д} = \frac{-\ln(1 - rT_о)}{\ln(1 + r)}, \qquad (10)$$

где r – норма дисконта, показатель, позволяющий привести величину инвестируемых денежных средств к начальному периоду расчета (рекомендуется принимать равным ключевой ставке ЦБ РФ); $T_о$ – бездисконтный срок окупаемости инвестиций, год.

Рассмотрим использование различных экономических параметров для ТЭР на расчетном примере, приведенном на рисунке. На схеме изображена газораспределительная сеть высокого давления (СВД) 2-й категории, согласно классификации [1, 8], приведены номера участков, длины и диаметры участков сетей.

Прочие параметры не были рассмотрены в данном примере по следующим причинам:

показатель надежности распределительной сети не экономический параметр;

стоимость строительства газораспределительной сети – соответствующие участки сети газораспределительной сети одинаковых условных диаметров и отличаются лишь значением толщины стенки на 0,5 мм, в данном случае точное определение стоимости будет затруднено тем, что труба с большей толщиной стенки не обязательно будет стоить дороже, а наоборот, может быть продана дешевле в связи с большей распространенностью или ликвидацией складских запасов остатков трубопроводов такого типоразмера;

эксплуатационные затраты очень сильно разнятся в зависимости от конкретного предприятия, предоставляющего услуги газоснабжения;

приведенные затраты невозможно определить без данных по капитальным затратам и эксплуатационным расходам;

срок окупаемости невозможно определить без данных по капитальным затратам и эксплуатационным расходам.

Заключение. В работе дана краткая характеристика основных параметров при проведении технико-экономических расчетов. Приведен алгоритм определения стоимости строительства газораспределительной сети в расчетный период времени с использованием метода наращения 1 руб. из базового периода. На расчетном примере показана сложность использования некоторых параметров ТЭР при проведении инженерных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жила В.А., Маркевич Ю.Г.* Газоснабжение города: задание и метод. указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 270109 ТГВ. – М., 2011. – 47 с.

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

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

4. *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.

5. *Ионин А.А.* Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.

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

7. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. – Режим доступа: http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/ES-2035_09_2015.pdf.

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.

Спирина Елена Львовна, *старший преподаватель кафедры «Начертательная геометрия и графика», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия.*

Гусарова Елена Александровна, *преподаватель кафедры «Начертательная геометрия и графика», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия.*

129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Тел.: (495) 781-80-07.

Ключевые слова: *сельское хозяйство; газораспределительные сети; материалоемкость; надежность.*

TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS WHEN CONNECTING AGRICULTURAL SUBSCRIBERS

Spirina Elena Lvovna, *Senior Teacher of the chair “Descriptive Geometry and Graphics”, National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia.*

Gusarova Elena Aleksandrovna, *Teacher of the chair “Descriptive Geometry and Graphics”, National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia.*

Keywords: *agriculture; gas distribution networks; material consumption; reliability.*

The paper discusses the possible target parameters for the feasibility study for the construction of gas distribution networks when connecting agricultural subscribers. A methodology for updating data on the cost of building of gas distribution networks for the short-term period is given. The calculation example shows the technical and economic comparison of various solutions of gas distribution networks.