

## ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ИСТОЧНИКА ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Г.С. Фоминых, О.Н. Медведева

Научный руководитель: доцент, д.т.н. О.Н. Медведева  
Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина  
Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, 410054

E-mail: [medvedeva-on@mail.ru](mailto:medvedeva-on@mail.ru)

За последние 20 лет во многих странах мира наблюдается устойчивая тенденция к диверсификации используемых в энергетике видов топлива и генерирующих технологий, а также к расширению спектра и масштабов использования энергоустановок малой мощности. Большинство развитых стран принята концепция энергетической безопасности, которая предполагает принятие комплексных мер по энергосбережению, развитие малой энергетики, использование экологически чистых видов топлива и возобновляемых источников энергии. В этой связи, в сложившихся условиях, технологии децентрализованного (автономного) энергоснабжения отличаются высокой востребованностью, и спрос на энергетические объекты малой мощности растет высокими темпами.

Во многих странах мира (к их числу относится и Россия) сжиженные газы используются для нужд хозяйства и промышленности уже много десятилетий. Такие свойства этих газов, как высокая теплотворная способность, экологичность сгорания, удобство хранения и транспортировки в сжиженном виде под давлением, а также возможность дальнейшей переработки для получения синтетической продукции, обеспечивают им широкий спектр применений — в качестве источника тепла, моторного топлива, сырья для нефтехимических производств. Масштабы использования сжиженных газов в каждой из этих областей во многом специфичных для конкретного региона потребления [1, 2 и др.].

Одной из основных тенденций развития малой энергетики в мире стало увеличение объемов использования такого практически универсального топлива, как сжиженный природный газ. При достаточно высоком уровне газификации в европейской части РФ остается открытым вопрос газификации отдаленных и труднодоступных населенных пунктов. При значительном удалении потребителя и малой численности жителей этих поселений сетевая газификация становится неэффективной, и потребители, находящиеся на таких территориях, лишены возможности использовать природный газ. Особенно остро эта проблема стоит в восточных регионах РФ. Для удаленных населенных пунктов, где магистральные газопроводы практически недостижимы, а строительство распределительных газопроводов экономически неэффективно, использование сжиженного природного газа (СПГ) может стать реальной альтернативой прокладке газопроводов [3, 4].

Важным звеном в технологической цепочке доставки сжиженного природного газа потребителям топлива выступает завод по сжижению. В этой связи оптимизация параметров завода может существенно улучшить общие технико-экономические показатели системы автономного газоснабжения. Целесообразность строительства завода по сжижению газа определяется для каждого конкретного случая индивидуально [5, 6].

К основным преимуществам небольших заводов по производству сжиженного природного газа относятся: существенная экономия места, необходимого для строительства завода; снижение капитальных вложений примерно на 40%, а эксплуатационных – на 20%; использование более простых технологий; надежность и простота эксплуатации [3].

В качестве критерия оптимальности используется минимум затрат в топливную составляющую доставки газа:

$$Q = (0,01 + (1 + 0,01D)) \sum_{i=1}^n \left( n_{\text{тр}} \left( G_{\text{пг},i}^{\text{сут}} \right) 1,2 \cdot l_i \left[ 2q_1 + q_2 \left( m_{\text{СПГ}}^{\text{НОМ}} + 2m_{\text{хлад}}^{\text{НОМ}} \right) \right] \right) = \min,$$

где  $D$  – суммарная относительная надбавка к норме, %;  $l_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$  – средняя длина  $i$ -го маршрута, км;  $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_i, y_i, \dots, x_m, y_m$  – координаты потребителей газового топлива;  $q_1$  – расход бензина по трассе, л/100км;  $q_2$  – расход бензина с учетом перевозки СПГ, л/(100т·км);  $m_{\text{СПГ}}^{\text{НОМ}}$ ,  $m_{\text{хлад}}^{\text{НОМ}}$  – номинальная масса перевозимого СПГ и хладоносителя;  $G_{\text{пг},i}^{\text{сут}}$  – суточная потребность в газе;  $n_{\text{тр}}$  – количество цистерн для перевозки газа.

Трассировка автомобильных дорог, по которым осуществляется доставка газа, имеет бесконечное множество вариаций. В этой связи, был рассмотрен средний вариант доставки, когда завод по сжижению будет располагаться вблизи магистрального газопровода, оптимальные значения управляющих параметров  $(x_{opt}; y_{opt})$  возможно определить из решения следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} 0,01(1+0,01D) \sum_{i=1}^n 1,2\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \cdot (2q_1 + q_2 \cdot (m_{СПГ}^{НОМ} + 2m_{ХЛАД}^{НОМ})) \cdot n_{тр} = 0 \\ \left( \frac{y_2(x - x_1) - y_1(x - x_2)}{x_2 - x_1} \right) = y \end{aligned} \right\}$$

Для численной реализации математической модели были проведены соответствующие расчеты. Графическая интерпретация результатов применительно к условиям Курганской области представлена на рисунке 1.



Рис. 1. К выбору оптимального расположения завода по производству СПГ

Нанеся на карту координатную сетку и предварительно задавшись координатами расположения магистрального газопровода, получаем оптимальные значения координат завода по производству СПГ – (137,4;125,1).

Оценка экономической эффективности использования сжиженного природного газа показывает, что данный энергоноситель позволяет обеспечить потребителей безопасным, конкурентоспособным топливом в тех регионах страны, где экономически нецелесообразно строительство газопроводных сетей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. – М.: Нефть и газ, 2009. – 640 с.
2. Evans. Peter C. Age of gas & the power of networks. – USA: General Electric Company, 2013. – 93p.
3. Бармин И.В. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 256 с.
4. Гречко А.Г. Мировой рынок сжиженного природного газа // Холодильная техника. – 2009. – № 9. – С. 52-55.
5. Медведева О.Н. Техничко-экономический анализ вариантов снабжения потребителей сжиженным природным газом // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2011. – №3. – С. 49-55.
6. Медведева О.Н., Фролов В.О. Моделирование систем снабжения потребителей сжиженным природным газом // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – Саратов: СГТУ, 2011. – №1. – С. 59-62.