

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

**Медведева О.Н.**

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов, Россия*

*В статье предлагается решение задачи по оптимальному распределению перепадов давления в распределительной сети газоснабжения.*

Как показывают результаты исследований [1], располагаемый перепад давлений в распределительных газопроводах от шкафных ГРП находится в следующих пределах:

- для газовых приборов с номинальным давлением  $P_{ном}^{приб} = 1300$  Па;  
 $\Delta P^P = 596 \div 914$  Па;

- для газовых приборов с номинальным давлением  $P_{ном}^{приб} = 2000$  Па;  
 $\Delta P^P = 150 \div 600$  Па.

Обоснование оптимального перепада давлений в распределительных газопроводах требует проведения технико-экономических исследований.

В качестве целевой функции задачи рассмотрим годовые приведенные затраты в систему газоснабжения по комплексу: распределительный газопровод – газовый прибор.

Полагая, что затраты в сооружение и эксплуатацию газоиспользующих установок не зависят от величины расчетного перепада давлений в газовых сетях, переменную часть целевой функции можно представить в виде следующего уравнения [1]:

$$Z = Z_{ГС}(\Delta P) + \Delta T(\Delta P) = \min, \quad (1)$$

где  $Z$  – затраты в систему газоснабжения, руб/год·кв.;  $Z_{ГС}$  – затраты на газовую сеть, руб/год·кв.;  $\Delta T$  – прирост годовой стоимости расходуемого топлива за счет снижения КПД газоиспользующих установок, руб/год·кв.

Приведенные затраты в сооружение и эксплуатацию газовой сети определяются по формуле

$$Z_{ГС} = (a + bd)l, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр газопровода, см;  $l$  – длина газопровода, м;  $a$  – стоимостной коэффициент газопровода, руб/(год·м);  $b$  – стоимостной коэффициент газопровода, руб/(год·см·м).

Численные значения коэффициентов  $a$  и  $b$  в зависимости от материала газопровода и способа прокладки приводятся в [2].

Согласно [3], диаметр газопровода определяется по формуле:

$$d = \alpha^{0.21} \cdot V^{0.368} \left( \frac{l_p}{\Delta P} \right)^{0.21}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности, численные значения которого определяются видом газа и величиной шероховатости стенок трубопровода;  $V$  – расход газа по трубопроводу, м<sup>3</sup>/ч;  $\Delta P$  – потеря давления в газопроводе, Па;  $l_p$  – расчетная длина газопровода, м.

На величину КПД газоиспользующей установки  $\eta_G$  существенное влияние оказывает величина давления газа перед газовым прибором  $P_G$ . Чем больше отклонение указанного давления от номинальной величины  $P_{ном}^{приб}$ , тем ниже КПД использования газа [4].

Согласно результатам исследований, приведенным в [5], экспериментальная зависимость относительного КПД газоиспользующей установки от относительного давления газа перед прибором аппроксимируется следующим выражением

$$\eta_{отн} = -0,514P_{отн}^6 + 2,355P_{отн}^5 - 3,066P_{отн}^4 - 0,765P_{отн}^3 + 4,423P_{отн}^2 - 2,99P_{отн} + 1,553 \quad (4)$$

Абсолютные значения КПД газоиспользующей установки находятся пересчетом по формулам:

$$\eta_G^0 = \eta_{отн}^0 \cdot \eta_{ном}, \quad (5)$$

$$\eta_G = \eta_{отн}^G \cdot \eta_{ном}, \quad (6)$$

где  $\eta_{ном}$  – КПД газоиспользующего прибора при работе на номинальном давлении газа.

Топливную составляющую целевой функции следует определять по формуле:

$$\Delta T = C_G \cdot V_{год} \cdot \eta_{ном} \left( \frac{1}{\eta_G} - \frac{1}{\eta_G^0} \right), \quad (7)$$

где  $V_{год}$  – годовой расход газа при работе газоиспользующей установки на номинальном режиме, м<sup>3</sup>/год;  $C_G$  – удельная стоимость газа, руб/м<sup>3</sup>.

Система уравнений (1)–(7) формирует экономико-математическую модель задачи. Связь между давлением газа перед газоиспользующим прибором  $P_G$  и потерей давления в распределительном газопроводе устанавливается следующими уравнениями:

- при максимальном давлении на выходе из регулятора

$$P_{\Gamma} = P_{\max}^{pe2} - \Delta P_{cч} - \Delta P, \quad (8)$$

- при минимальном давлении на выходе из регулятора

$$P_{\Gamma} = P_{\min}^{pe2} - \Delta P_{cч} - \Delta P. \quad (9)$$

Сложный характер целевой функции (1) затрудняет применение для её анализа строго математических методов (методы первой и второй производных). Поэтому для нахождения оптимального значения управляющего параметра  $\Delta P_{opt}$  воспользуемся методом вариантных расчетов.

В целях численной реализации экономико-математической модели (1)-(9) были проведены соответствующие расчеты. В качестве объекта газоснабжения принята отопительная котельная, оборудованная чугунными секционными котлами. Снабжение котельной газом осуществляется от шкафной газорегуляторной установки с минимальной величиной регулируемого давления  $P_{\min}^{pe2}$ . Котлы эксплуатируются при постоянном расходе газа, близком к номинальной величине. Изменение теплопроизводительности котельной в зависимости от температуры наружного воздуха обеспечивается путем автоматического включения (выключения) котлов по температурному графику тепловой сети.

В расчетах использовались следующие исходные данные и предположения:

1. Расчетная теплопроизводительность котельной  $Q = 500$  МДж/ч.
2. Номинальное давление газа перед котлами  $P_{ном}^{приб} = 1300$  Па.
3. КПД отопительных котлов при работе в номинальном режиме  $\eta_{ном} = 86\%$ .
4. Годовое число часов использования максимума тепловой нагрузки  $\tau_{zод} = 2500$  ч/год.
5. Длина распределительного газопровода  $l = 60$  м.
6. Прокладка газопровода – подземная из стальных труб.
7. Удельная стоимость газа  $C_{\Gamma} = 10$  руб/м<sup>3</sup>.

Результаты соответствующих расчетов представлены на графике (рис. 1). Как видно из графика, минимальным приведенным затратам в систему газоснабжения  $3_{\min} = 20917$  руб/год соответствует оптимальная потеря давления в газопроводе  $\Delta P_{opt} = 120$  Па. Указанная величина значительно меньше предельно допустимого значения ( $\Delta P_{\min}^P = 596$  Па).

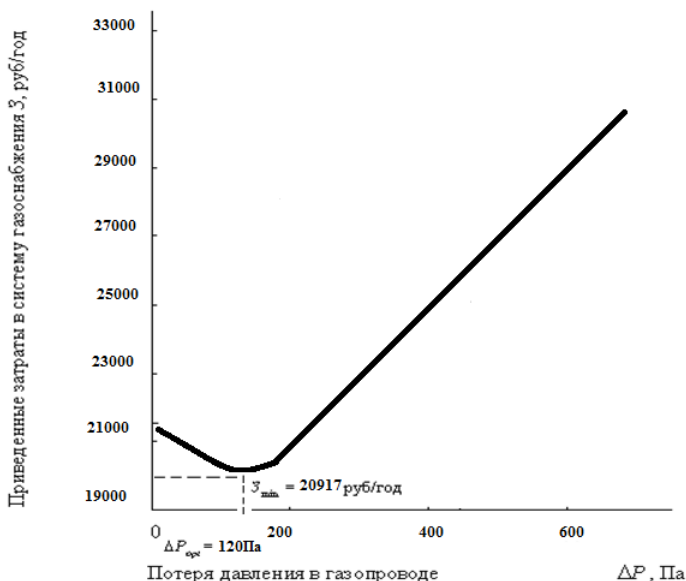


Рис. 1. Зависимость приведенных затрат в систему газоснабжения от потери давления в газопроводе

Оптимизация потерь давления в распределительных газопроводах обеспечивает значительную экономию затрат в сооружение и эксплуатацию системы газоснабжения. Так, например, при расчетной потере давления  $\Delta P_{\text{min}}^P = 596$  Па, согласно рис. 1, имеем  $Z = 29733$  руб/год.

Таким образом, оптимизация потерь давления снижает приведенные затраты в сооружение распределительных на 42,2 %, при этом, экономия газового топлива составит 9931,7 м<sup>3</sup>/год.

#### Литература

1. Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Иванов А.А. Режимы давления газа в системах газоснабжения от шкафных газорегуляторных установок// Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газозенергоснабжения: Сб.научн.трудов. – Саратов: изд-во СГТУ, 2009. – С. 53-57.
2. Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Фролова О.А. Оптимизация поселковых систем газоснабжения на базе шкафных газорегуляторных установок// Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Материалы Международной научно-технической конференции. – М.: МГСУ, 2005. – С. 268-272.
3. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Лань, 2012. – 439с.

4. Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Иванов А.А. Влияние давления газа на эффективность его использования// Приволжский научный журнал. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. – №3 (11). – С. 65-69.
5. Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Иванов А.А. Исследование тепловой эффективности водогрейных аппаратов, работающих на газовом топливе// Вестник Южно-Уральского гос. ун-та, серия «Строительство и архитектура». – выпуск 8. – №16. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – С. 54-57.

УДК 621.187

## **ПРОЕКТНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ В УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ДРОБИЛКАХ**

**Таяновский Г.А., Худайназаров К.**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

*В статье рассмотрена математическая модель процесса измельчения калийной руды и предложено универсальное выражение селективной функции измельчения*

На сильвинито-обогащительных фабриках уже имеются примеры использования ударно-центробежных дробилок. Среди устройств, используемых для измельчения калийной руды при подготовке к флотации, таких как молотковые дробилки, стержневые мельницы, ударно-центробежные дробилки, последние имеют существенное преимущество из-за обеспечения более узкого фракционного состава измельченного продукта, что особенно важно при необходимости наиболее полного извлечения хлоркалия во флотационных машинах и уменьшения его выноса со шламом.

Меняя степень измельчения руды путем выбора режима работы, можно влиять как на технологические параметры производства калийных удобрений, так и на их свойства. При этом измельчение калийной руды на центробежно-ударных дробилках позволяет получать продукт требуемого гранулометрического состава при минимальных эксплуатационных затратах. Благодаря ударному методу измельчения продукт, получаемый в процессе измельчения, отличается узким гранулометрическим составом. При этом снижается энергоемкость процесса измельчения в кВт\*ч/т и намол металла в готовый продукт, в сравнении с другим применяемым для этих же целей оборудованием. На гранулометрический состав измельченного продукта не оказывает влияния износ рабочих органов дробилки. Крупность готового продукта можно регулировать в процессе работы без остановки оборудования. Использование центробежно-ударных дробилок позволяет измельчать минеральное сырье с различными свойствами для производства широкой гаммы продуктов.

Учеными установлена тесная связь между размером частицы и расходом энергии на ее разрушение. Измельчение требует затрат энергии тем больших, чем выше требуемая степень измельчения. Центробежно-