

ний и эффективный КПД, КОП, осуществлять оптимизацию параметров ТНУ. Для этого в программу вводят зависимости, учитывающие работу вспомогательных агрегатов, узлов системы (насосы, двигатели, теплообменники, трубопроводы, отопительные приборы и др.). Рассматривают процессы как во внутреннем, так и во внешних контурах ТНУ с учетом теплофизических характеристик теплоносителей. В проведенных исследованиях применен оптимизационный метод Хук-Дживса [7] или метод "покоординатного спуска". Программы расчетов разработаны на языке Си++ для ТМС различных модификаций. Они позволяют оценить влияние отдельных параметров установок на их эффективность, осуществлять вычисления для нерасчетных режимов работы, программ регулирования.

1. Уокер Г. Двигатели Стирлинга. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.

2. Горожанкин С.А. Перспективы тепловых насосов и рефрижераторов на базе двигателей Стирлинга // Вестн. Донбасской гос. акад. стр-ва и архит. Вып.98-2(10). – 1998. – С.48-52.

3. Бакластов А.М., Бродянский В.М., Голубев Б.П. и др. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 552 с.

4. Горожанкин С.А. Теплообмен в цилиндрах машин Стирлинга // Вестн. Донбасской гос. акад. стр-ва и архит. Вып. 2001-2(27). – 2001. – С.149-152.

5. Вырубов Д.Н. и др. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

6. Горожанкин С.А. Оптимизация параметров автомобильных двигателей Стирлинга // Вестн. Харьковского гос. автом.-дор. техн. ун-та и Сев.-вост. Научного центра Транспортной академии Украины. Вып.12-13. – 2000. – С.55-58.

7. Банди Б. Методы оптимизации. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

*Получено 18.01.2002*

УДК 628.215

**И.А.ДУТЧАК**

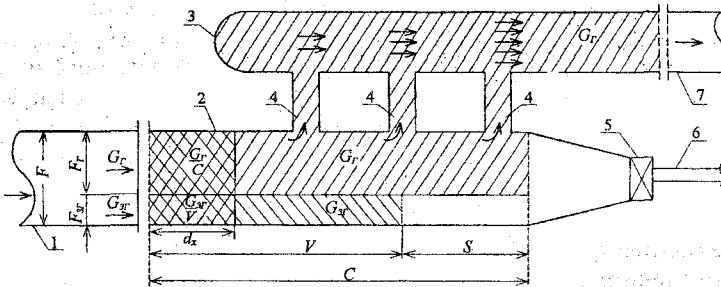
*Украинский научно-исследовательский институт природных газов, г.Харьков*

### **УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В УСТАНОВКАХ ОЧИСТКИ ГАЗА НА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Приведятся уравнения, позволяющие установить взаимосвязь параметров, характеризующих процесс очистки газа в аппаратах инерционного типа на линейной части газопроводов.

На газопроводах, не оборудованных камерами запуска и приема очистных устройств, проблему очистки их внутренней полости от загрязнений можно решить путем применения установок инерционного вида типа уловителей загрязнений [1, 2]. Уловитель загрязнений (УЗГ) состоит из двух камер, расположенных в вертикальной плоскости одна

над другой и соединенных между собой несколькими патрубками (рисунк).



Принципиальная схема установки очистки газа на линейной части действующих газопроводов:

1 – участок газопровода на входе в нижнюю камеру; 2 – нижняя камера очистной установки; 3 – верхняя камера очистной установки; 4 – соединительные патрубки; 5 – запорное устройство продувочного патрубка; 6 – продувочный патрубок; 7 – участок газопровода на выходе из верхней камеры

Транспортируемый с загрязнениями газ сначала поступает в нижнюю камеру 2, которая заканчивается тупиковым участком и продувочным патрубком 6, затем по вертикальным соединительным патрубкам 4 попадает в верхнюю камеру 3. В верхней камере, которая соединена с последующим участком линейной части газопровода 7, очищенный от загрязнений газ объединяется в общий поток для дальнейшей транспортировки.

При движении газа совместно с отложениями загрязнений площадь сечения газопровода уменьшается:

$$\psi = \frac{F - F_{3Г}}{F} = 1 - \frac{F_{3Г}}{F}; \quad (1)$$

$$\frac{F_{3Г}}{F} = 1 - \psi, \quad (2)$$

где  $\psi$  – относительное уменьшение площади сечения газопровода;  $F, F_{3Г}$  – соответственно площадь сечения газопровода и занимаемых в нем загрязнений.

Скорость газа в газопроводе

$$C = \frac{G_r}{F_r \cdot \rho_r}, \quad (3)$$

где  $G_{\Gamma}$  – массовый расход газа в газопроводе;  $F_{\Gamma}$  – площадь поперечного сечения трубы, занимаемой газом;  $\rho_{\Gamma}$  – плотность газа в газопроводе.

Как показывают исследования, скорость движения загрязнений  $V$  меньше скорости движения газа в газопроводе  $C$ , что создает скольжение газового потока относительно загрязнений  $S$ :

$$S = C - V. \quad (4)$$

Тогда скорость движения загрязнений в газопроводе с учетом параметра скольжения можно выразить как

$$V = C - (1 - \sigma), \quad (5)$$

где  $\sigma = S/C$ .

Количество транспортируемого газа и загрязнений, поступающих на входной участок длиной  $X$  уловителя загрязнений, определяем из выражений

$$dQ_{\Gamma} = q_{\Gamma} \cdot dx = \frac{G_{\Gamma}}{C} dx; \quad (6)$$

$$dQ_{3\Gamma} = q_{3\Gamma} \cdot dx = \frac{G_{3\Gamma}}{V} dx, \quad (7)$$

где  $q_{\Gamma}, q_{3\Gamma}$  – соответственно удельный массовый расход газа и загрязнений на единицу длины газопровода.

В нижней камере УЗГ концентрация загрязнений увеличивается по сравнению с линейной частью газопровода и связана зависимостью

$$\chi_q = \frac{G_{3\Gamma}}{G_{\Gamma}} \cdot \frac{C}{V}, \quad (8)$$

где  $\chi_q$  – массовая концентрация загрязнений на единицу длины очистного аппарата.

По мере увеличения концентрации загрязнений на входном участке и в нижней камере уловителя загрязнений возрастают потери давления на этих участках. Потери давления  $\Delta P_C$  состоят из разности общих давлений транспортирующего газа в начале  $P_{1C}$  и в конце  $P_{2C}$  участка газопровода и включают в себя величины статического и динамического давлений:

$$\Delta P_C = P_{1C} - P_{2C} = \Delta P + \frac{C_1^2}{2q} \gamma_{\Gamma} - \frac{C_2}{2q} \gamma_{\Gamma}. \quad (9)$$

Здесь  $\Delta P$  – перепад статического давления;  $C_1, C_2$  – скорости газа в начале и конце участка;  $\gamma_z$  – удельный вес газа.

В том случае, когда динамическое давление в начале и в конце рассматриваемого участка одинаковое или если оно мало по сравнению с перепадом давлений, то им можно пренебречь. В обоих случаях потеря давления приблизительно равна перепаду давления  $\Delta P$ .

В процессе очистки в нижней камере УЗГ создается смесь газа и поступающих с ним загрязнений, удельный вес которой можно определить, используя зависимости

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{см} &= \frac{G_{зг}}{F \cdot V} + \frac{G_{г}}{F \cdot C} \\ \gamma_{см} &= \frac{\gamma_{г} \cdot F_{г}}{F} \left( \mu \frac{C}{V} + 1 \right), \\ \gamma_{см} &= \gamma_z (\chi_o + 1) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где  $\mu = G_{зг} / G_z$  – удельное массовое поступление загрязнений в очистной аппарат за единицу времени;  $\chi_o = \chi_q (\gamma_z / \gamma_{зг})$  – объемная концентрация загрязнений на единицу длины очистного аппарата.

По газопроводу газ и загрязнения транспортируются вместе, но каждый со своей скоростью. Скорость транспортируемого газа можно рассматривать с учетом площади действительного поперечного сечения, приходящегося только на чистый газ после вычитания площади, занимаемой загрязнениями  $C$  и для площади сечения всего газопровода  $C_F$ . Тогда принятая скорость газа, отнесенная к площади сечения всего газопровода  $C_F$ , будет равна

$$C_F = G_{г} / F \cdot \rho_{г}. \quad (11)$$

Условия неразрывности для сечения газопровода можно записать системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} G_{г} &= F_{г} \cdot C \cdot \rho_{г} \\ G_{г} &= F_{г} \cdot C_F \cdot \rho_{г} \\ G_{зг} &= F_{зг} \cdot V \cdot \rho_{зг} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

откуда после преобразований получаем выражения для определения действительной скорости газа  $C$  и принятой скорости, отнесенной ко всему сечению газопровода  $C_F$ :

$$C = \frac{C_F}{1 - \mu \frac{C_F \rho_G}{V \rho_{3Г}}}; \quad (13)$$

$$C_F = \frac{C}{1 + \mu \frac{\rho_G C}{\rho_{3Г} V}} = \frac{C}{1 + \chi_q}. \quad (14)$$

Из этих зависимостей следует, что действительная скорость транспортируемого газа  $C$  всегда больше принятой скорости  $C_F$ , отнесенной ко всему сечению газопровода.

Из уравнения (14) видно, что соотношение этих скоростей зависит от величины концентрации загрязнений.

Полученные уравнения позволяют установить взаимосвязь многих параметров, которые характеризуют процесс очистки в аппаратах инерционного типа, дают возможность создавать различные модификации при их конструировании и разрабатывать проекты для дополнительной очистки газа от загрязнений на линейной части магистральных, промысловых и городских газопроводов.

1. Способ очистки газопровода: А.с. 1224023 СССР, МКИ В08В9/06 / В.С.Бурных, Р.В.Козак, И.И.Капцов, И.А.Дутчак (СССР). – №3714377/12; Заявлено 23.03.84; Опубл. 15.04.86, Бюл. №14, 1986. – С. 39.

2. Ходанович И.В., Кривошеин Б.Л. Результаты промышленных испытаний конденсатосборника типа "расширительная камера" с автоматической продувкой // Газовое дело. – 1963. – №6-7. – С.65-68.

*Получено 21.01.2002*

УДК 622.941.4

М.І.БРАТАХ, С.М.ВИННИК, канд. техн. наук, В.І.ХОЛОДОВ  
*УкрНДГаз, м. Харків*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО СТАНУ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗОПРОВІДІВ**

Розглядається гідравлічний стан промислових газопроводів ГПУ "Шебелинкагазвидобування" і ГПУ "Полтавагазвидобування". Даються рекомендації для поліпшення гідравлічного стану газопроводів, не обладнаних камерами запуску й прийому очисних пристроїв.

Об'єм видобутку газу з газоконденсатних родовищ (ГКР) значною мірою залежить від гідравлічного стану промислових газопроводів. Останні протягом багатьох років експлуатації в основному не під-