Виводи

- I. Результаты экспериментов указывают на целесообразность применения вихревых труб для понижения тепловой напраженности фрикционных узлов сухого трения.
- 2. Применение вихревой трубы для охлаждения фрикционного узла наиболее рационально при повторно-кратковременном режиме работы узла со значительной частотой включений.

Литература

- I. В л а с о в В.И. Системы включения кривошиных прессов. М.. " Машиностроение". 1969.
- 2. Александров М.П. Тормозные устройства в машиностреннии. М., "Машиностроение", 1965.
- 3. Крогельский И.В. Трение и износ. М., "Машиностроение", 1969.
- 4. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М., "Машиностровние", 1969.

Б.Г. Берго, Н.Я. Зайцев, А.С. Мелков, И.П. Тетера, D.А. Лаухин, Л.Л. Фишман

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО СЕПАРАТОРА В СОСТАВЕ УСТАНОВКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТБЕНЗИНИВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Для разомкнутой проточной схемы низкотемпературной обработки природного газа, возможно подучить следующую идеальную совокупность процессов, которые могут быть осуществлены в сепарирующей вихревой трубе — вихревом сепараторе (В С) изоэнтропное расширение исходной газовой смеси с частичной конденсацией в центро стремительном завихрителе; гетерогенная конденсация, коагуляция и механическая сепарация влаги в высокоскоростном вихре; поли тропное скатие холодного отсепарированного газа в диффузоре.

Для оценки предложенного способа обработки газа была создана математическая модель процесса изоэнтропного расширения многоком-понентной смеси. Использовалось уравнение состояния Редлиха-Квонга

в модификации, обеспечивающей хорошее воспроизведение фазового поведения смеси и калорических параметров при относительной простоте расчетных выражений. Проектный расчет процесса расширения предусматривает определение энтропии холодной газоконденсатной смеси S, как суммы энтропий паровой и жидкой фаз. При этом равновесные количества газа и конденсата определяются по уравнению:

$$\sum \frac{m_{i}}{(M-N)K_{i}+N}-1=0, M=\sum_{i=1}^{o}m_{i};$$
 (I)

где $m_{\tilde{\iota}}$ - мольное количество $\tilde{\iota}$ -го компонента в исходной смеси;

№ - количество жидкой фазы.

В сдучае, когда многокомпонентная смесь описывается уравнением состояния, учитывающим влияние состава на фазовое поведение смеси, уравнение (I) приходится решать многократно, корректируя после каждого приближения константы фазового равновесия, до выполнения неравенства:

 $\max\left|1-\frac{k_{i}^{(q+1)}}{k_{i}^{(q)}}\right|<\varepsilon,$

где g — порядковий номер итерации; ε — максимальное число, фиксирующее точность; κ — константа равновесия.

Процесс изоэнтропного расширения характеризуется уравнением

$$S(P_1, T_1) = S(P_1 - \Delta P, T), \tag{2}$$

где P_{t} , T_{t} – давление и температура смеси перед расширением;

△ Р - перепад статического давления;

— статическая температура смеси после расширения.

Решение уравнения (2) относительно Т осуществляется путем поиска с дроблением шага вблизи искомого значения. Сходимость вичислений гарантируется монотонной зависимостью энтропии от температури. Реальность процесса расширения учитывается коэффициентом полезного действия ? , при этом температура газа на выходе из завихрителя определяется по уравнению:

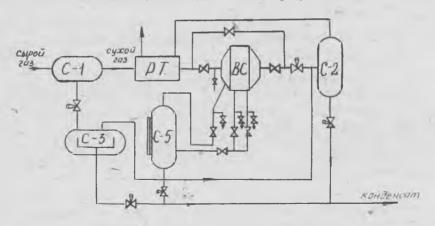
$$H(P_1 - \Delta P, T_P) - H(P_1, T_i) = \Delta H \gamma. \tag{3}$$

Созданная методика позволила оценить технологический эффект замены в схеме НТС дросселя и гравитационного сепаратора на ВС . Выход конденсата при этом увеличивается на 25-30%.

На основе проведенных теоретических исследований и расчетов был поставлен эксперимент в промышленном масштабе, позволяющий

уточнить влиние режимных и геометрических параметров на эффективность вихревой сепарации и отработать новую технологию обработки природного газа. ВС с максимальной производительностью $160\ 000\ \text{hm}^3/\text{час}$, изготовленный из нержавеющей стали X-17, имеет следующие габариты: $D=620\ \text{мm}$, $t=700\ \text{мm}$ и вес $1200\ \text{кг}$. Давление газа на входе в аппарат $127\text{x}10^5\text{H/m}^2$, на выходе из диффузора $68,5\text{x}10^5\text{H/m}^2$. Схема экспериментальной установки показана на рис.1. Проидя предварительную очистку в гравитационном сепараторе C-I, газ поступает в рекуперативный теплообменник и далее в ВС.

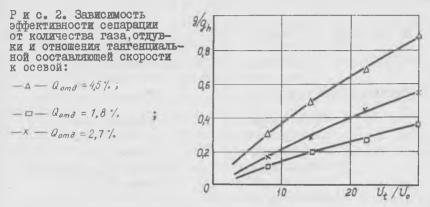
Первая ступень завихрителя создает окружные скорости 30 м/сек, что позволяет отсенарировать влагу, образовавшуюся в теплообменни-ке. Основной центростремительный завихритель разгоняет газ до околозвуковых скоростей. В результате расширения происходит интенсивная спонтанная конденсация и коагуляция капель. В сепарирующей камере диаметром 140 мм и длиной I,2 калибра в поле центробежных сил влага сепарируется к периферии вихря и с некоторым количеством газа отдувки (I-4% от расхода основного потока) выводится из аппарата. Осушенный газ тормозится в диффузоре и направляется в газопровод. Конденсат из В С направляется в измерительный сепаратор С-5. Гравитационный сепаратор С-2 служит для замера уноса конденсата из ВС.



Р и с. І. Схема экспериментально-промышленной установки

Газ отдувки после замера расхода мерной шайбой эжектируется в центр вихря.

На рис.2 представлена зависимость эффективности сепарации от количества газа отдувки и отношения тангенциальной составляющей



скорости к осевой. Эффективность сепарации определяется как отношение замеренного в С-3 количества конденсата к количеству конденсата получаемого в схемах НТС с дросселем нри расширении до 65,5х 10^5 н/м². Вариация отношения v_{τ}/v_{ϕ} осуществлялась изменением расхода через ВС и площади выходного сечения соплового аппарата. Тангенциальная скорость поддерживалась в пределах 260-290 м/сек.

Достигнутая в опытах эффективность составила 90%. Характер полученной зависимости указывает, что повышение эффективности может быть достигнуто за счет увеличения расхода газа отдувки и увеличения отношения скоростей v_{τ}/v_{o} . Экспериментально была доказана возможность осуществления в крупных масштабах поскоскоростной вихревой сепарации, а полученные результаты указывают на то, что эффективность вихревой низкотемпературной сепарации превышает эффективность существующей технологии с рекуперативным дроссельным циклом.

Выводы

На основе разработанной математической модели процесса рас-20-5231 ширения многокомпонентной конденсируемой смеси доказана эффективность вихревой низкотемпературной сепарации природного газа.

Экспериментально установлено значительное влияние соотношения скоростей $v_{ au}/v_{a}$ и расхода газа отдувки на эффективность работы вихревого сепаратора.

В.Г. Воронин, Ю.В. Чижиков, Л.П. Левин

ИССЛЕЛОВАНИЕ КОНЛИЦИОНЕРА С ВИХРЕВЫМ ВАКУУМ-НАСОСОМ

принятые обозначения

 $\Delta T_{f} = T_{f} - T_{6}$ - эффект охлажде- P_{f} - давление сжатого возния воздуха в установке град

7. - температура воздуха на входе в установку, град

духа на выходе из установки град духа на входе в ус-

 $\pi - \frac{P_r}{P_a} - \frac{1}{P_a}$ тановку, ат расширения воздуха

 $\mathcal{T}_{\mathcal{E}}$ — температура воз- $\mu = \mathcal{G}_{x}/_{\mathcal{E}}$ - доля охлажденного потока

и многих достоинствах применения вихревой трубы основным ее недостатком является низкая экономичность происходящего в ней энергетического разделения. Поэтому при использовании вихревой труби в системах термостатирования воздуха для повышения эффективности следует стремиться к максимальной утилизации энергии витекающих из вихревой трубы потоков.

Одним из возможных путей решения поставленной зачачи является утилизация энергии подогретого потока воздуха в струйных устройствах, например, в вихревом вакуумном насосе, с использованием охлаждаемой вихревой трубн, как более эффективной по сравнению с неохлаждаемой. Особенностью существующих схем термостатирования с вихревыми трубами является применение регенеративных теплообменников, позволяющих регулировать температуру воздуха, идущего к потребителю, в которых в качестве кладагента используется вода. Эффект охлаждения воздуха от применения вихревого вакуум-насоса в предположении $\mu = 0,6$ выражается зависимостью

$$\Delta t_1 = \frac{0.4 \left(z + c_{pn} t_n\right) n}{c_p} .$$