

И. М. Плехов,
А. И. Ершов, Ч. С. Гусейнов,
Е. В. Перминов, Ф. П. Донской

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОТОЧНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ГАЗОСЕПАРАТОРОВ

Отделение жидкой фазы из природного газа осуществляется на практике в гравитационных, жалюзийных, сетчатых сепараторах. Они имеют небольшую допустимую скорость газа — 0,1—0,2 м/сек при давлении 60—100 ат. Бурный рост добычи природного газа требует применения сепараторов высокой производительности.

Разработанные нами скоростные прямоточные сепараторы позволяют повысить скорость газа до 0,5—1,0 м/сек. на полное сечение аппарата. При этом возможно применение двух типов сепараторов: с восходящим и нисходящим закрученным потоком.

Задачей испытаний было определение работоспособности различных конструктивных вариантов сепараторов в лабораторных условиях:

1. Одноэлементного сепаратора с нисходящим потоком.
2. Одноэлементного сепаратора с восходящим потоком.
3. Многоэлементного сепаратора с восходящим потоком.
4. Многоэлементного сепаратора с нисходящим потоком без перетока газа из межпатрубкового пространства.
5. Многоэлементного сепаратора с нисходящим потоком и перетоком газа из межпатрубкового пространства.

Монтаж велся с отклонением от соосности 1—2 мм.

Испытания проводились на системе воздух—вода при атмосферном давлении и температуре 20—25° С на специально смонтированной установке (рис. 1). Воздух на сепарацию подавался вентилятором (1), измерение его расхода осуществлялось камерной диафрагмой (2). Распыление жидкости (воды) производилось перед входом в сепаратор центробежной форсункой (3), а расход контролировался и измерялся с помощью ротаметра (9). Количество отсепарированной жидкости определялось объемным способом, а унесенной из сепаратора — путем улавливания капель на тканевом фильтре (5) при степени сепарации выше 90%. При более низкой степени сепарации капли улавливались инерционным методом в сосуде и количество измеряли объемным методом.

Отличительные особенности установки для исследования сепараторов с восходящим и нисходящим потоками хорошо видны на рис. 1 и 2.

Основными параметрами, характеризующими работу газосепараторов, являются степень очистки и потери напора на гидравлическое сопротивление.

Потери давления в сепараторе фиксировались двухтрубным дифманометром. Общий коэффициент сопротивления определялся по формуле

$$\xi_{\text{п}} = \frac{2\Delta P}{\rho_2 w_{\text{п}}^3}$$

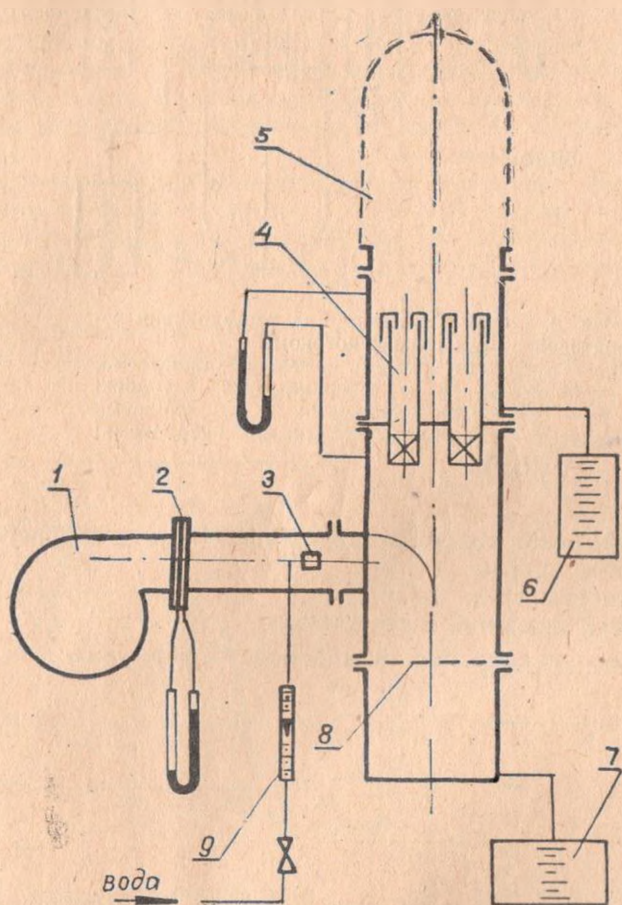


Рис. 1. Схема установки для исследования сепараторов с восходящим потоком:

- 1 — вентилятор; 2 — камерная диафрагма;
- 3 — форсунка; 4 — сепарационный патрубкок;
- 5 — тканевый фильтр; 6—7 — баки для жидкости; 8 — успокаивающая решетка; 9 — ротаметр.

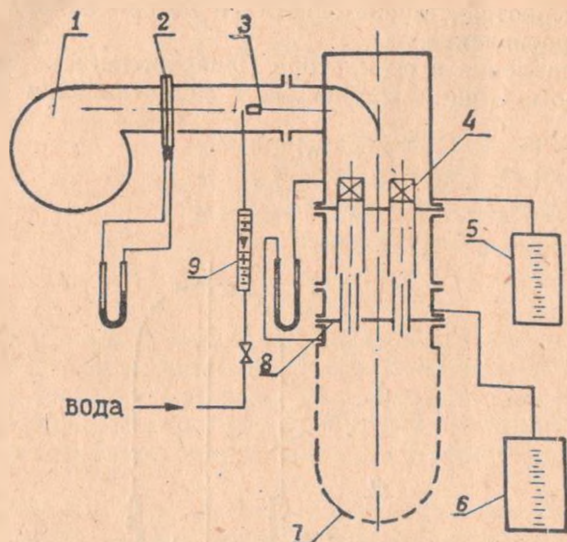


Рис. 2. Схема установки для исследования сепараторов с нисходящим потоком:

- 1 — вентилятор; 2 — камерная диафрагма;
 3 — форсунка; 4 — сепарационный патрубкок;
 5—6 — бачки для жидкости; 7 — тканевый
 фильтр; 8 — тарелка с отбойными патрубками;
 9 — ротаметр.

где ξ_n — коэффициент сопротивления, отнесенный к скорости газа в трубке W_n^2 ;

ρ_2 — плотность газа, $кг/м^3$;

ΔP — потеря давления в сепараторе.

Степень улавливания рассчитывалась по формулам:

$$\eta_2 = \frac{L_1}{L_1 + L_2 + L_3}$$

$$\eta_n = \frac{L_2}{L_2 + L_3}$$

$$\eta_1 = \frac{L_1 + L_2}{L_1 + L_2 + L_3}$$

где L_1 — количество жидкости, отделенное до прямоточно-центробежных элементов;

L_2 — количество жидкости, отделенное в прямоточно-центробежных элементах;

L_3 — количество жидкости, унесенное из сепаратора;

η_2 — степень предварительного отделения жидкости за счет инерционных и гравитационных сил;

η_n — степень улавливания прямоочными центробежными элементами, %;

η_0 — общая степень улавливания сепаратора, %.

Исследования, проведенные на одноэлементных конструкциях обоих типов сепараторов, показали высокую эффективность их работы. Степень улавливания была не менее 99,5% при скорости газа в патрубке выше 6 м/сек. и атмосферном давлении. Причем, у сепаратора, выполненного по первому варианту, верхний предел скорости не достигнут. Сепаратор по 2-му варианту полностью улавливает капли до скорости 26 м/сек. При этом ниже 12 м/сек. сепарация происходит только за счет гравитационных сил. При дальнейшем увеличении скорости влияние этих сил уменьшается.

Сравнительные испытания многоэлементных сепараторов в лабораторных условиях показали, что для восходящего потока количество патрубков существенно не влияет на эффективность улавливания.

Характерной особенностью многоэлементного сепаратора с восходящим потоком является то, что в диапазоне скоростей в патрубке 0—2 м/сек. сепаратор работает как гравитационно-инерционный, и жидкость в центробежные патрубки практически не поступает.

При увеличении скорости в патрубке до 12—21 м/сек. окончательная сепарация происходит в центробежных патрубках, степень

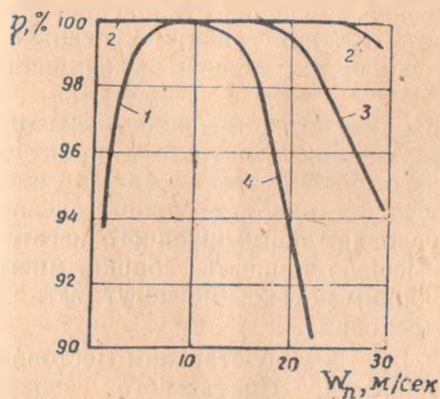


Рис. 3. Зависимость степени улавливания от скорости в патрубке:

1 — одноэлементный сепаратор с нисходящим потоком; 2 — одноэлементный сепаратор с восходящим потоком; 3 — многоэлементный сепаратор с восходящим потоком; 4 — многоэлементный сепаратор с нисходящим потоком и перетоком 0,5 мм.

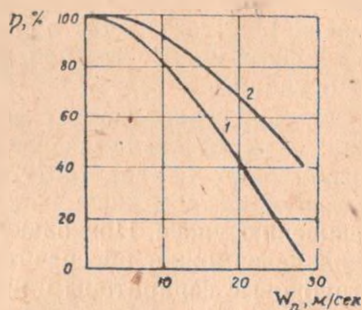


Рис. 4. Зависимость степени улавливания от скорости в патрубке:

1 — многоэлементный сепаратор с нисходящим потоком без перетока; 2 — многоэлементный сепаратор с нисходящим потоком и перетоком (до 2 мм).

отделения в которых даже при скорости 21 м/сек составляет 99,1%.

Исследования показали, что снижение эффективности улавливания при скоростях больше 21 м/сек происходит только за счет вторичного уноса из межпатрубкового пространства. У одноэлементного патрубка жидкость в основном сливается на тарелку. Небольшая часть жидкости подхватывается газом, прорывающимся под отбойный колпачок, и отбрасывается на стенку корпуса аппарата, где и осаждается, т. е. происходит дополнительная сепарация. У многоэлементного сепаратора этого не происходит. При этом наибольший вторичный унос наблюдается из центра тарелки.

Сопrotивление многопатрубкового сепаратора несколько выше, чем однопатрубкового, что объясняется взаимным влиянием потоков на входе и выходе из патрубков.

Сепаратор с нисходящим потоком без перетока газа из межпатрубкового пространства показал неудовлетворительную работу на всех скоростях.

Сепаратор по 5-му варианту, т. е. многоэлементный с нисходящим прямоком и перетоком газа из межпатрубкового пространства при монтаже с отклонением от соосности не более 0,5 мм показал хорошую работу до скорости $W_n = 14$ м/сек. Степень улавливания при этом была $\eta = 99-100\%$. При дальнейшем увеличении скорости степень улавливания снижается и при $W_n = 21$ м/сек составляет 91%.

В реальных условиях изготовление многопатрубкового сепаратора с такой точностью практически невозможно. Поэтому был испытан вариант с монтажом патрубков, имеющих отклонение от соосности 1—2 мм, чтобы приблизить условия работы к реальным. Из графика видно, что при всех скоростях степень улавливания резко упала.

Если в сепараторах с восходящим потоком точность изготовления узла отвода жидкости сепарационного патрубка практически не влияет на его работу, то изготовление такого же узла с той же точностью при нисходящем потоке приводит к значительному увеличению уноса. Поскольку в условиях промышленного изготовления невозможно обеспечить высокую точность сборки, многопатрубковые сепараторы с нисходящим потоком не могут быть рекомендованы для серийного изготовления.

С сентября 1970 г. по июнь 1971 г. на Пролетарском месторождении Перещепинского газового промысла Полтавского газопромыслового управления проведены монтаж и испытания газосепаратора ГСВИ-1000-64. Работа выполнена согласно заданию Мингазпрома М-65-69 лабораторией добычи и подготовки газа УкрНИИ газа совместно с БТИ им. С. М. Кирова. Опытный образец газосепаратора изготовлен Черновицким машиностроительным заводом.

Упомянутый газосепаратор, имеющий секцию тонкой очистки, состоящую из прямоточно-центробежных патрубков, включающих в себя неподвижные тангенциальные завихрители потока газа и

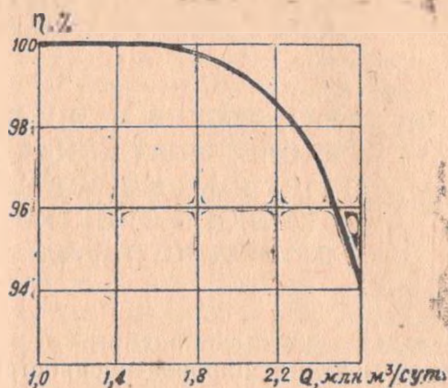


Рис. 5. Зависимость степени улавливания конденсата от величины расхода природного газа.

узлы отвода отсепарированной жидкости, подключен параллельно горизонтальным жалюзийным блокам Пролетарского промысла. При испытаниях определялось удельное количество отсепарированной жидкости на газосепараторе при различных режимах его работы в соответствии с программой испытаний, утвержденной Главгаздобычей Мингазпрома СССР.

Давление и температура сепарации поддерживались в пределах соответственно: $P_{\text{сеп}} = 50-54 \text{ кг/см}^2$ и $t_{\text{сеп}} = 4,5-5,5^\circ \text{C}$.

Зависимость степени улавливания конденсата от величины расхода газа видна на рис. 5.

Надежность газосепаратора при давлении сепарации $P_{\text{сеп}} = 50-54 \text{ кг/сек}^2$ и температуре сепарации $t_{\text{сеп}} =$ от $-4,5$ до $-5,5^\circ \text{C}$ подтверждена в течение месячной работы. Контрольный осмотр аппарата свидетельствует о его пригодности к дальнейшей эксплуатации.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать к внедрению: при производительности по газу до 1 млн. м³/сутки — одноэлементные прямоточные сепараторы с нисходящим потоком; при производительности более 1 млн. м³/сутки — многоэлементные сепараторы с восходящим потоком.

