

УДК 622.411.33

**Е.А. Ельчанинов, Н.П. Удалова, Е.А. Ельчанинова,  
О.О. Посеряева**

## **ОБОГАЩЕНИЕ МЕТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ МЕТАНОМ ДО КОНЦЕНТРАЦИЙ, ТРЕБУЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫМИ УСТАНОВКАМИ**

*Рассмотрены способы и средства обогащения метановоздушных смесей дегазационных и вентиляционных систем для наиболее эффективной утилизации шахтного метана. Выбраны наиболее эффективные технологии для обогащения МВС метаном до требуемых концентраций.*

*Ключевые слова: метан, адсорбция, мембрана, газоразделение, абсорбция, обогащение.*

---

**Р**есурсы метана в угольных пластах в пересчете на условное топливо занимает по разным оценкам третье-четвертое место среди запасов горючих ископаемых на земном шаре после угля, нефти и природного газа.

Принимая во внимание то, что метан — экологически чистое, высокоэнергетическое топливо, а также хорошее химическое сырье, его необходимо извлекать и использовать для улучшения топливно-энергетического баланса страны, повышая безопасность добычи угля и улучшая экологию.

В связи с этим разрабатываются способы и средства повышения концентрации метана в МВС дегазационных и вентиляционных систем с применением мембранного, сепарационного, сепарационно-мембранного, вихревого, адсорбционного, абсорбционного методов. Созданы, изготовлены и испытаны лабораторные образцы установок разделения (обогащения) МВС.

Цель: обеспечить эффективную утилизацию шахтного метана с концентрацией 0,3—3,5 %; 4,0-25 %;

25-50 % и более 50 % с использованием по следующим направлениям:

— 0,3-3,5 % — для сжигания в топках котлов и для получения рабочего тела в выносных камерах горения для ГТУ, для выработки тепла и электроэнергии;

— 4,0-25 % — для сжигания в топках и для использования в газодизелях и ДВС;

— 25-50 % — использование в энергетических и химических установках для получения энергии и химических продуктов;

— 50 и более — для быта, химии и энергетики.

В силу того, что извлекается метан не стабильного качества — концентрация, дебит, давление и примеси — он не может быть на прямую использован как энергоноситель или исходный ресурс для химических технологических установок.

Обогащение может быть осуществлено несколькими путями:

- добавлением метана из центральных газопроводов;
- разделением бинарных газовых потоков с выделением потока с по-

вышенной концентрации метана и воздушного потока с минимальным содержанием метана;

- получение газогидратов метана из газозвушной смеси с низшим содержанием в ней метана;

- низкотемпературное разделение МВС с получением 98-99 % метана в газообразном или жидком виде;

- механическое разделение мембранными, центробежными, центробежно-мембранными и вихревыми установками;

- адсорбционными и абсорбционными методами с использованием жидких углеводородных сорбентов;

- выделение метана сорбентами.

Обогащение из государственных газопроводов может быть осуществлено только при наличии магистрального газопровода. Шахты, как правило, не имеют подвода газа от государственных газопроводов, поэтому данный способ может найти применение в единичных случаях.

Получение газогидратов технически решается, но экономически пока не выгодно. С изменением цен на энергосителн, очевидно, этот способ обогащения и утилизации метана метановоздушных смесей, в перспективе, найдет свою область применения.

Установки, работающие на принципе молекулярных мембран, как показали наши исследования, не достаточно эффективны для разделения метана и кислорода. Эти установки могут дать надежный эффект лишь в случае формирования основного процесса дополнительными технологическими мероприятиями.

Наибольший эффект может быть достигнут с помощью центробежных вихревых аппаратов. Существующие центробежные аппараты для обогащения метановоздушных смесей экономически не приемлемы.

Оценив все возможные варианты аппаратов обогащения метановоздушных смесей, был сделан вывод о необходимости разработки аппаратов, использующих комбинации принципов: мембранно-центробежный, центробежно-вихревой, центробежно-сепарационный, которые позволяют выделять и повышать концентрацию метана из вентиляционных и не кондиционных дегазационных потоков до 2,5-3 %, что позволяет использовать их в газовых турбинах для получения электроэнергии и тепла.

Существует необходимость обогащения метановоздушных смесей с концентрацией метана ниже 25 %, которое может быть решено методом безнагревной адсорбции, с доведением концентрации  $CH_4$  до 33-65 %. В качестве адсорбента применяются активированные угли. Полученная метановоздушная смесь может быть использована для сжигания в котельных, теплоагрегатах, дизелях, турбинах, но не может быть передана в государственные газопроводы и принята для транспортирования на значительные расстояния.

По этим соображениям разработанные технологические решения обеспечивающие низкотемпературное разделение смеси с получением метана в газообразном виде концентрацией 98-99 % с давлением 0,4 МПа и дальнейшим дожатием его на АГНКС до 25 МПа с целью использования в качестве моторного топлива и второй вариант — низкотемпературное разделение смеси с получением метана в жидком виде и дальнейшей регазификацией:

- с давлением 25 МПа для использования в качестве моторного топлива;

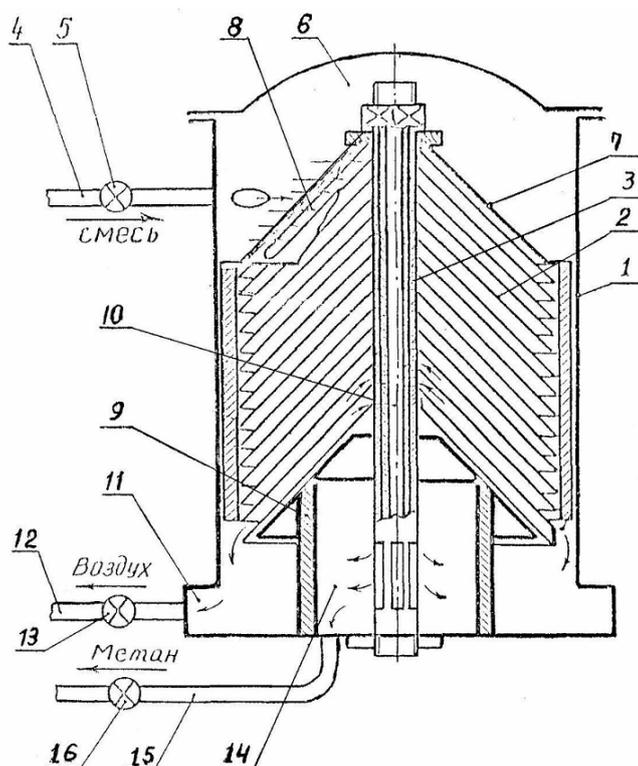
- с давлением 0,6 МПа для снабжения населенных пунктов.

Компоновка технологической линии осуществляется стандартным оборудованием. Энергопотребление уста-

Таблица 3

**Характеристика метанообогащительных аппаратов**

Тип аппарата	Коэффициент потерь энергии	Рабочее давление	Коэф. повышения концентрации метана, %	Степень извлечения метана, %
Мембранный аппарат с цилиндрическим модулем	10 %	0,2 – 0,3	1,2	10
Мембранный аппарат со спиральным модулем	20 %	0,2 – 0,7	1,8	30
Газораспределительные сепараторы:				
центробежный	10 %	0,02 – 0,2	1,3	20
центробежно-мембранный	5 %	0,02 – 0,1	4,0	80
вихревой	5 %	0,02 – 0,1	7,2	80

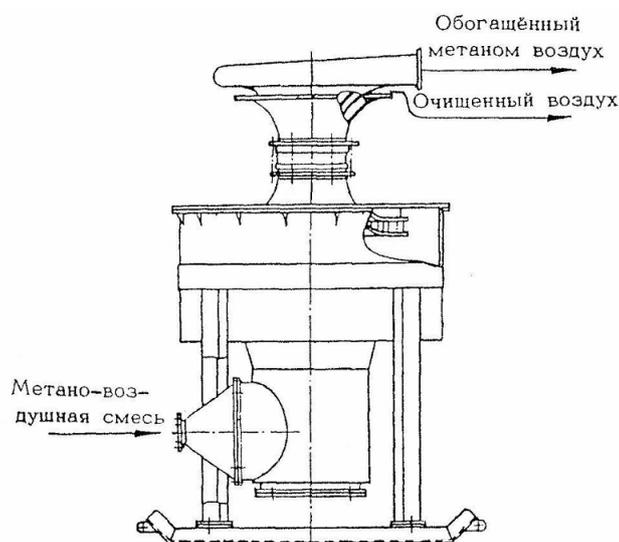


**Рис. 1. Общий вид газоразделительного сепаратора:** 1 — корпус сепаратора; 2 — пластина; 3 — вертикальный коллектор для метана; 4 — канал для поступления исходной смеси; 5 — клапан; 6 — внутренняя часть сепаратора; 7 — мембрана; 8 — канал для МВС; 9 — переборки; 10 — мембранный слой; 11—13 — выход очищенного воздуха; 14—16 — выход обогащенного метана

новок 800 кВт. Объем метана, получаемого из метановоздушной смеси 925 м<sup>3</sup>/ч и 475 м<sup>3</sup>/ч азота.

Обогащение некондиционной газовой смеси методом короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА) под давлением 1,5 кг/см<sup>2</sup> с начальной концентрацией горючего газа 16-25 % обогащается за цикл продолжительностью 3 мин. до концентрации 33-65 %. В качестве адсорбента КБА используется серийно выпускаемые водокольцевые вакуумнасосы и другое стандартное оборудование. С помощью этого метода можно получить газоздушную смесь с концентрацией метана 50 % и более.

Такая смесь пригодна для использования в коммунальном хозяйстве. Метод КБА может найти широкое применение в районах, не обеспеченных природным газом.



**Рис. 2. Общий вид вихревой газоразделительной установки**

Характеристика метанообогащительных аппаратов представлена в табл. 3.

Общий вид сепарационного газоразделителя, представлен на рис. 1 разработан в ИГД им. А.А. Скочинского, экспериментальный образец изготовлен на дочернем предприятии ЦИАМ «Алитет». Установка рассчитана на производительность от 50 до 100 м<sup>3</sup>/мин.

Для подготовки и обогащения больших потоков метановоздушных смесей создана вихревая газоразделительная установка, общий вид которой представлен на рис. 2, опытно промышленный образец изготовлен

фирмой «Алитет» и вращательным заводом им Миля. Установка предназначена для подготовки и обогащения метановоздушных потоков от 300 и более м<sup>3</sup>/мин. С ее помощью можно все вентиляционные потоки, выдаваемые из шахт центральными вентиляторами, очищать на 85-90 % от примесей метана и пыли.

Следующим звеном в подготовке к использованию метановоздушных смесей является обеспечение необходимого давления в транспортном трубопроводе от источника

до потребителя метановоздушной смеси. Для этих целей ИГД им. А.А.Скочинского совместно с институтом теплофизики СО РАН и его дочерним предприятием «Экодом» созданы струйные аппараты. В настоящее время изготовлено два аппарата по 10 м<sup>3</sup>/мин. на заводе «Калибр» Москва и прошли испытания на стенде МВТУ им. Баумана, применены на шахте «Комсомольская» ПО «Воркутауголь». По полученным результатам применения ведется разработка струйного аппарата производительностью 25 м<sup>3</sup>/мин и более.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чекалов Л.Н., Талакин О.Г. и др. Тезисы докладов 2 Всесоюзной конференции по мембранным методам разделения смесей. Владимир 1977, с.251-253.

2. Проблемы разработки угольных пластов, извлечения и использования шахтного

метана в Печорском бассейне. – М.: НИЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, 2002, – 350 с.

3. Банков В. И., Примак Н. В. Скорость проникания при селективном мембранном газоразделении//ИФЖ. 2008. Т. 81. № 3. с. 421—426. **ИФЖ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ельчанинов Е.А., Удалова Н.П., Ельчанинова Е.А., Посеряева О.О. — Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru.