

УДК 661.971

Технологии получения оксида углерода

Малащук А.М.

Научный руководитель – ст. препод. Прокопеня И.Н.

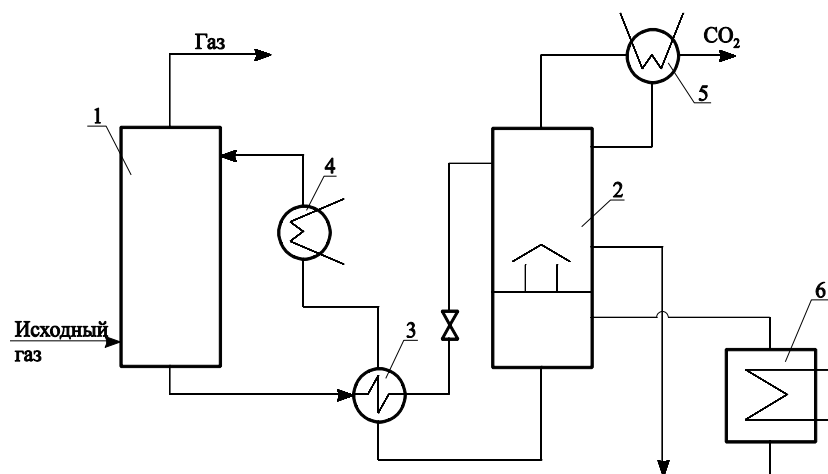
Оксид углерода (*углекислый газ, диоксид углерода, двуокись углерода, угольный ангидрид*) — CO_2 , бесцветный газ (в нормальных условиях), без запаха, со слегка кисловатым вкусом [1]. Концентрация углекислого газа в атмосфере Земли составляет в среднем 0,0395 %. Плотность при нормальных условиях $1,97 \text{ кг/м}^3$. При атмосферном давлении диоксид углерода не существует в жидком состоянии, переходя непосредственно из твёрдого состояния в газообразное. Твёрдый диоксид углерода называют сухим льдом. При повышенном давлении и обычных температурах углекислый газ переходит в жидкость, что используется для его хранения. В больших количествах CO_2 попадает в атмосферу с дымовыми газами, или как побочный продукт химических процессов, например, при разложении природных карбонатов (известняк, доломит) или при производстве алкоголя.

Абсорбционная технология производства. В установках для получения CO_2 из уходящих газов чаще всего используют абсорбционный метод. В качестве абсорбента применяется 30 процентный водный раствор моноэтаноламина (МЭА), который способен абсорбировать CO_2 содержащийся в дымовых газах. Принципиальная схема абсорбционной установки представлена на рисунке 1. Дымовые газы направляются в абсорбер. Насыщенный углекислым газом абсорбент направляется в регенератор, в котором путем подогрева раствора выделяется CO_2 , а восстановленный абсорбент вновь направляется в абсорбер. Поскольку моноэтаноламин абсорбирует только CO_2 при улавливании происходит предварительная очистка. Эффективность улавливания CO_2 , составляет 85-95%. Далее газ подвергается очистке до уровня, предусмотренного ГОСТ 8050-85 для соответствующего сорта. Для высшего сорта объемное содержание CO_2 , должно составлять не менее 99,8%. Для приложений, где требуется особо чистый газ (фармацевтическая промышленность, микроэлектроника), его дополнительно очищают до требуемых кондиций.

Двуокись углерода поставляется в газообразном (по трубам), сжиженном (в баллонах или изотермических цистернах) или твердом виде. Твердая двуокись углерода (сухой лед) изготавливается из жидкой или газообразной двуокиси углерода и выпускается в виде блоков или гранул.

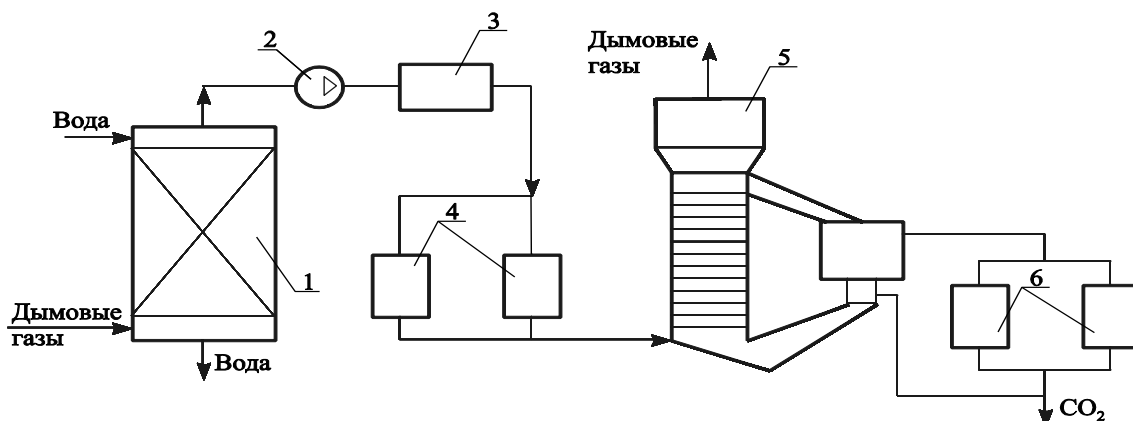
Адсорбционная технология производства. На рисунке 2 приведена принципиальная схема извлечения CO_2 из дымовых газов на базе эффекта термопсевдооживления слоя цеолита. Дымовые газы проходят скруббер, где они охлаждаются примерно до 40–45 °С, затем газодувкой подаются в холодильник газа (охлаждение до 0–5 °С) и далее, через силикагелевые колонки, где продукты сгорания осушаются до точки росы минус 40 °С, они поступают в адсорбционно-десорбционный блок. Охлажденные и осушенные дымовые газы проходят через адсорбционно-десорбционный блок 5, затем либо сбрасываются в атмосферу, либо служат сырьем для экзогаза. Диоксид углерода через блок осушки 6 подается к потребителю. Активированный цеолит через холодильник возвращается в адсорбер [2].

Технология физического разделения (глубокого охлаждения). Это технология основана на различии температур фазовых переходов компонентов газовой смеси. В процессе постепенного охлаждения из дымовых газов можно последовательно выделить водяные пары и целевой продукт – углекислый газ. Конструктивно такую технологию можно реализовать с помощью системы вихревых труб [5] (рис. 3) или путем охлаждения потока в поверхностных теплообменниках до температур, ниже температуры насыщения двуокиси углерода, соответствующей парциальному давлению в газовой смеси (рис. 4а), а также путем вымораживания в объеме газового потока (рис. 4б), расширяющегося в турбодетандере регенеративной газовой холодильной машины с понижением температуры до состояния насыщения диоксида углерода, превращающегося за проточной частью турбогенератора в снежную кристаллическую пыль [4, 5].



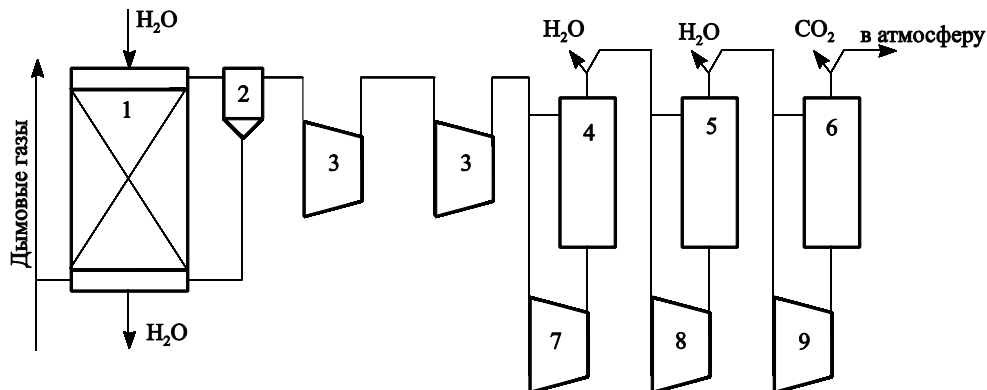
1 – абсорбер; 2 – регенератор; 3 – теплообменник; 4 – холодильник раствора; 5 – холодильник парогазовой смеси; 6 – кипятильник

Рисунок 1 – Принципиальная схема абсорбционной установки



1 – мокрый скруббер; 2 – газодувка; 3 – холодильник, 4 – блок осушки дыма (силикагелевые фильтры); 5 – адсорбционно-десорбционный блок; 6 – блок осушки CO₂

Рисунок 2 – Принципиальная схема адсорбционной углекислотной установки

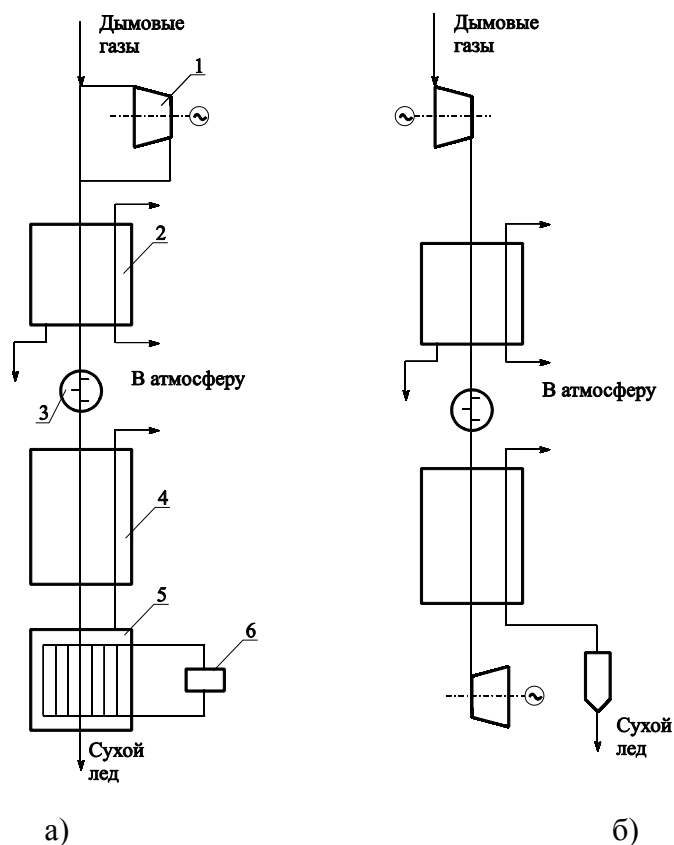


1 – мокрый скруббер; 2 – влагоотделитель; 3 – двухступенчатый компрессор; 4–6 – вихревые трубы; 7–8 – компрессоры

Рисунок 3 – Принципиальная схема получения CO₂ с применением вихревых труб

Технология получения диоксида углерода (с применением вихревых труб) из дымовых газов приведена в [3]. Дымовые газы на входе в блок вихревых труб должны иметь температуру ~ 40 °С и давление ~ 2 МПа. В результате вихревого эффекта в трубах происходит разделение газового потока на две части: «холодный» и «горячий» поток. «Горячий» поток направляется в систему рециркуляции, а «холодный» – в компрессор следующей вихревой

трубы. На рисунке 3 показана схема установки с тремя вихревыми трубами. После первой ступени температура «холодного» потока достигает ~ 263 К, что приводит к выделению влаги. После второй ступени параметры этого потока: $T \approx 233$ К и $p \approx 3$ ата, что приводит к вымораживанию окислов азота. И достигаемые после третьей ступени параметры ($T \approx 193$ К и $p \approx 0,1$ МПа) позволяют выделить диоксид углерода.



1 – компрессор; 2 – холодильник; 3 – осушитель; 4 – регенератор, 5 – холодильник (вымораживатель); 6 – холодильная установка; 7 – детандер; 8 – сепаратор; а – с поверхностным теплообменником; б – с детандером

Рисунок 4 – Принципиальные схемы установок по технологии глубокого охлаждения

Литература

1. Получение углекислого газа из дымовых газов котельной [Электронный ресурс], URL: <http://kursak.net/poluchenie-uglekislogo-gaza-iz-dymovyx-gazov-kotelnoj/>
2. Седнин В.А. Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами: Учеб. метод. пособие / В.А.Седнин. – Мн.: БНТУ, 2018.- 76 с.
3. Титов, В.Д. Исследование процесса вымораживания двуокиси углерода из дымовых газов / В.Д. Титов // Холодильная техника. – 1976. - №10. – С. 22-27.
4. Щелкунов, В.Н. Экспериментальное исследование процесса вымораживания диоксида углерода из бинарных смесей / В.Н. Щелкунов, Н.З. Руденко, Ю.В. Шостак // Холодильная техника. - 1986. - №5. - С. 21-26.
5. Вихревые аппараты / А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин, Ю.В. Чижиков.– М.: Машиностроение, 1985. – 251 с.