

# Методы получения сухого льда

*A method for obtaining solid carbon dioxide involving chemical separation of the initial gas mixture and the method of freezing out without chemical separation are considered.  
Advantages of the freezing out method as compared to traditional ones are shown.*

Сухой лед (твердый диоксид углерода) в виде блоков, брикетов или гранул применяют в качестве охлаждающего средства при транспортировке скоропортящихся продуктов, в торговле мороженым, для замораживания птицы и рыбы.

Он может быть использован в лабораторной практике, а также в машиностроении (например, при производстве стального и чугуна). Кроме того, сухой лед может служить реагентом для вызывания искусственных осадков.

Диоксид углерода в виде снега применяют для охлаждения мясного фарша, замораживания мелкоштучных продуктов, а также нежных плодов и ягод. Используют его и при дроблении, помоле и консервации карбида кальция. Жидкий диоксид углерода применяют в сварочном производстве для создания защитной газовой среды, в пищевой промышленности – при газировании напитков, для охлаждения продуктов струей дросселируемой жидкости, а также для заправки средств пожаротушения. Он может быть использован при нефтедобыче, в технологии создания разлагаемых в окружающей среде полимеров. В газообразном виде диоксид углерода может служить «газовым удобрением» в сельскохозяйственном производстве (теплицы). Его применяют также в технологии интенсивного производства биомассы.

Твердый диоксид углерода получают из газовых смесей в установках, работающих по разомкнутому холодильному циклу. Рассмотрим два основных метода получения твердого диоксида углерода: традиционный – на основе химического разделения исходной газовой смеси и метод вымораживания без химического разделения газовой смеси.

**Традиционный метод.** Отечественная технология основана на химическом методе извлечения газообразного диоксида углерода из дымовых газов. Газообразный диоксид углерода сжимается в компрессоре до 6...7 МПа, конденсируется и подвергается многоступенчатому дросселированию с получением в конце процесса твердого диоксида углерода в виде снега, который прессуют в блоки. Удельные показатели такой установки (на 1 т сухого льда) приведены в таблице.

Зарубежная технология принципиально та же, что и отечественная. По данным зарубежных производителей твердого диоксида углерода, значительно снижена металлоемкость установки путем интенсификации теплообмена в ее химической части, а также уменьшен расход электроэнергии в результате совершенствования конструкций компрессоров и насосов. Удельные показатели установок, работающих по зарубежной технологии, даны в таблице.

**Метод вымораживания диоксида углерода из газовой смеси.** При получении твердого диоксида углерода методом вымораживания могут быть использованы, например, следующие исходные смеси с предельным содержанием диоксида углерода, %:

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Сбросные дымовые газы    | 10 |
| отопительных котельных   |    |
| Сбросные дымовые газы    | 30 |
| известково-обжигательных |    |
| и карбидных печей        |    |
| Биогаз                   | 40 |

Рассмотрим схему установки с использованием сбросных дымовых газов. Охлажденная газовая смесь сжимается до 0,3 МПа в компрессоре 1 (см. рисунок), охлаждается в водяном теплообменнике 2 с удалением водяного конденсата в каплеуловителе 3. В парных регенераторах 4 газовая смесь охлаждается до температуры насыщения диоксида углерода. При расширении газовой смеси в турбодетандере 5 диоксид углерода кристаллизуется и в виде кристаллической пыли отделяется от потока в сепараторе 6. Снегообразный диоксид углерода либо прессуется в блоки прессователем 7, либо оживает в оживителе 8. Холодный газовый поток возвращается в один из генераторов для охлаждения насадки, а затем выводится из контура машины.

При использовании других исходных смесей в схему установки до компрессора вносят изменения, определяемые видом смеси.

Работы по созданию турбокомпрессорных установок, основанных на методе получения сухого льда вымораживанием, в нашей стране проводятся с 1972 г. Накоплен достаточный теоретический и экспериментальный материал, который защищен рядом авторских свидетельств.

Промышленную проверку разработанная технология прошла на Ленхладокombинате № 1 в 1985–1991 гг., а также на хладокомбинате № 3 г. Екатеринбурга в 1997 г.

В данной области техники Россия имеет пока приоритет в мире. Как показал экономический анализ, при использовании такой технологии себестоимость получения 1 т сухого льда значительно ниже.

| Показатель<br>(на 1 т сухого льда)                        | Традиционный метод       |                       | Метод<br>выморажи-<br>вания |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|                                                           | Отечественная технология | Зарубежная технология |                             |
| Металлоемкость*                                           | 25                       | 10...15               | 5...8                       |
| Расход электроэнергии, кВт·ч                              | 600...800                | 270                   | 1280                        |
| Расход топлива на процесс десорбции, кг условного топлива | 750...1000               | 760                   | Нет                         |
| Расход воды, м³                                           | 170...220                | 380                   | 40                          |
| Расход абсорбента, кг                                     | 8                        | 6...8                 | Нет                         |

\*Металлоемкость приведена в тоннах на 1 т суточной производительности.

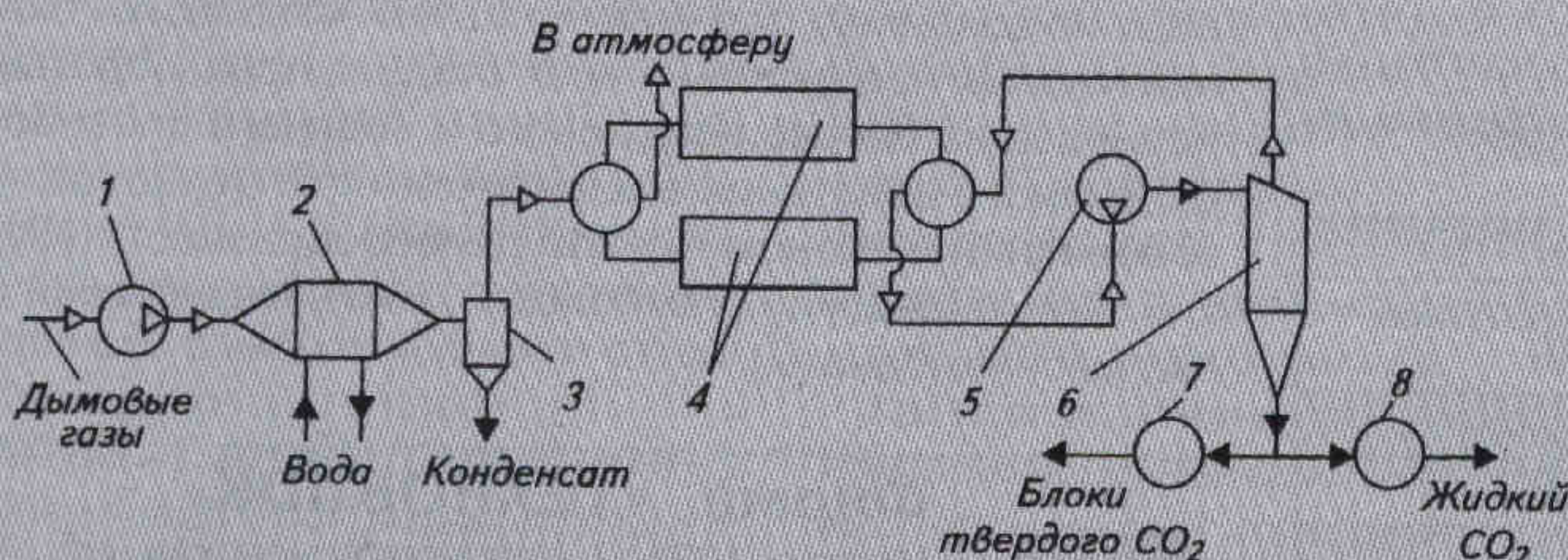


Схема установки, работающей по методу вымораживания диоксида углерода из газовой смеси