

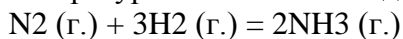
УДК 661.531

## Технологии производства аммиака

Боровой А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ЯРМОЛЬЧИК Ю.П.

Современный процесс получения аммиака основан на его синтезе из азота и водорода при температурах 380 - 450 °С и давлении 250 атм с использованием железного катализатора:

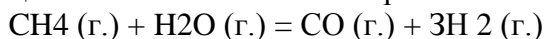


Азот получают из воздуха. Водород получают восстановлением воды (пара) с помощью метана из природного газа либо из лигроина. Лигроин (нафта) представляет собой жидкую смесь алифатических углеводородов, которая получается при переработке сырой нефти.

Работа современного аммиачного завода очень сложна. На рисунке 1 показана упрощенная схема действия аммиачного завода, работающего на природном газе. Эта схема действия включает восемь стадий.

1-я стадия. Удаление серы из природного газа. Это необходимо, поскольку сера представляет собой каталитический яд.

2-я стадия. Получение водорода восстановлением пара при 750 °С и давлении 30 атм с помощью никелевого катализатора:



3-я стадия. Впуск воздуха и сгорание части водорода в кислороде вводимого воздуха:

$2\text{H}_2 (\text{г.}) + \text{O}_2 (\text{г.}) = 2\text{H}_2\text{O} (\text{г.})$  В результате получается смесь водяного пара, монооксида углерода и азота. Водяной пар восстанавливается с образованием водорода, как на 2-й стадии.

4-я стадия. Окисление монооксида углерода, образующегося на стадиях 2 и 3, до диоксида углерода по следующей реакции «сдвига»:  $\text{CO} (\text{г.}) + \text{H}_2\text{O} (\text{г.}) = \text{CO}_2 (\text{г.}) + \text{H}_2 (\text{г.})$

Этот процесс проводится в двух «реакторах сдвига». В первом из них используется катализатор из оксида железа и процесс проводится при температуре порядка 400 °С. Во втором используется медный катализатор и процесс проводится при температуре 220 °С.

5-я стадия. Вымывание диоксида углерода из газовой смеси при помощи буферного щелочного раствора карбоната калия или раствора какого-либо амина, например этаноламина  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ . Диоксид углерода в конце концов сжижают и используют для производства мочевины, либо выпускают в атмосферу.

6-я стадия. После 4-й стадии в газовой смеси остается еще около 0,3% монооксида углерода. Поскольку он может отравлять железный катализатор во время синтеза аммиака (на 8-й стадии), монооксид углерода удаляют путем конверсии водородом в метан на никелевом катализаторе при температуре 325 °С.

7-я стадия. Газовую смесь, которая теперь содержит приблизительно 74% водорода и 25% азота, подвергают сжатию; при этом ее давление возрастает от 25-30 атм до 200 атм. Поскольку это приводит к повышению температуры смеси, ее сразу же после сжатия охлаждают.

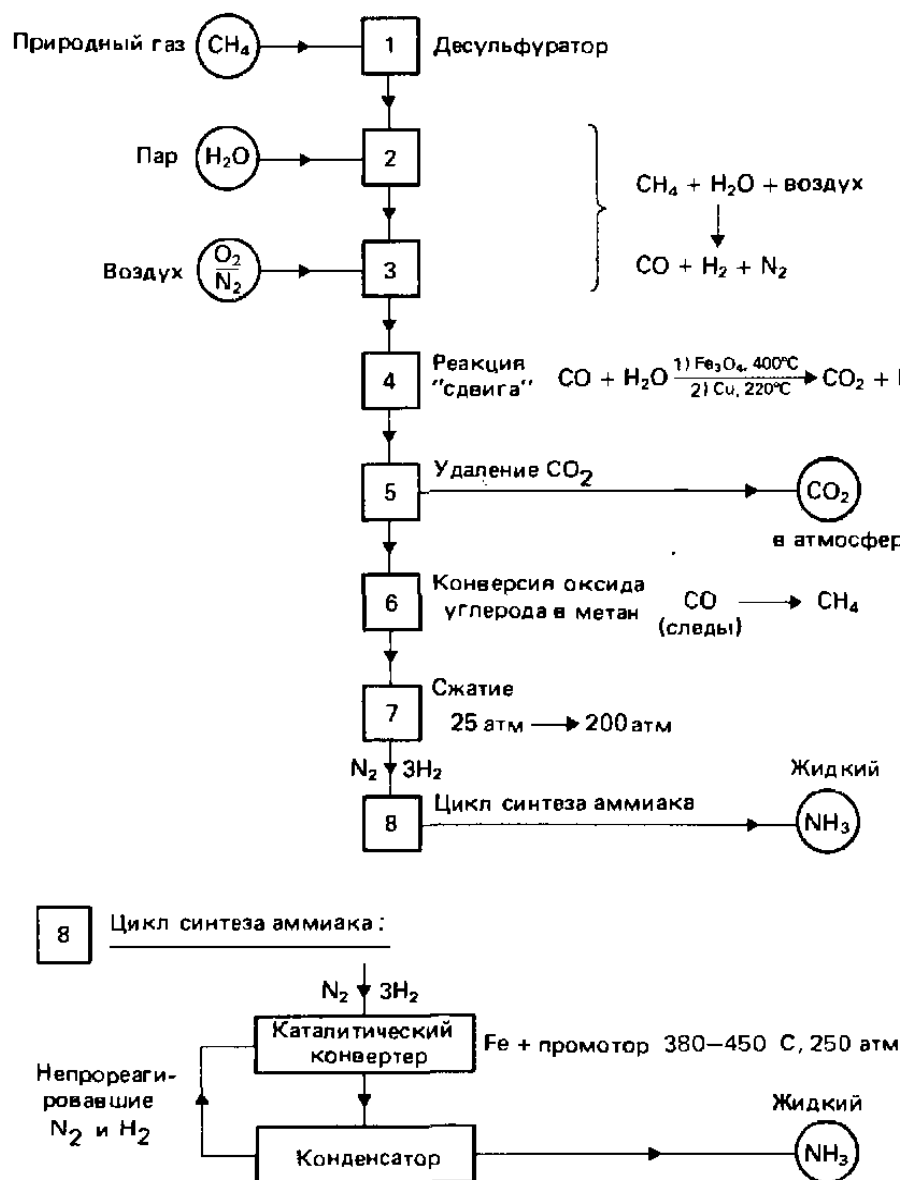


Рисунок 1 – Схема получения аммиака

8-я стадия. Газ из компрессора поступает теперь в «цикл синтеза аммиака». Схема, приведенная на рис. 1, дает упрощенное представление об этой стадии. Сначала газовая смесь попадает в каталитический конвертер, в котором используется железный катализатор и поддерживается температура 380-450°С. Газовая смесь, выходящая из этого конвертера, содержит не более 15% аммиака. Затем аммиак сжижают и направляют в приемный бункер, а непрореагировавшие газы возвращают в конвертер.

### Литература

1. Современный процесс производства аммиака [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.himikatus.ru/art/ch-act/0353.php> – Дата доступа: 06.05.2018