

УДК 661.961

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ СИНТЕЗА АММИАКА

<sup>1</sup>Дрючкова А.А., студентка гр. ХНБ-161, IV курс, <sup>1</sup>Суровая В.Э., к.х.н., доцент  
<sup>2</sup>Михайлов В.А., инженер ККР ЦЗЛ

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.  
Горбачева, г. Кемерово  
<sup>2</sup>ПАО «Кокс», г. Кемерово

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) применяют в производстве азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ), мочевины ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ), нитрата аммония ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ),  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , а также уротропина, аммофоса, возможно использование аммиака как удобрение в жидком виде и хладагента. Производство аммиака предполагает выпуск его в виде раствора двадцатипятипроцентного, который называется аммиачная вода или просто в жидком. Известно, что транспортировка водного раствора аммиака возможна в баллонах из стали, железнодорожных цистернах и автомобильных, водным транспортом, в танкерах, магистральным трубопроводам. Сегодня, мировое потребление аммиака растет, с ростом использования минеральных удобрений в с/х.

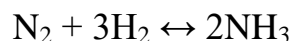
Потребление аммиака коррелирует с глобальным спросом на удобрения. Например, в 2014 г. около 77% потребляемого во всем мире аммиака было использовано в производстве удобрений. При этом более 60% пришлось на производство карбамида, около 10% – на производство аммиачной селитры.

В 2015 г. примерно половина всего аммиака потреблялась в Азии, причем около трети – в Китае. Вторым по объемам рынком остаются Соединенные штаты Америки (восемнадцать млн.т.), Индия (семнадцать млн.т.), Российская Федерация (одиннадцать с половиной млн.т.), Индонезия (пять с половиной млн.т.). Таким образом, перечисленные выше страны потребляют около двух третей потребляемого в мире аммиака [1].

Баланс мирового рынка аммиака практически не меняется: потребление на 90% продолжает обеспечиваться внутренним производством, а доля мировой торговли составляет соответственно 10% (около 20 млн т). Крупнейшими нетто-экспортерами являются Тринидад и Тобаго, Россия и Индонезия, а крупнейшими нетто-импортерами – США, Индия и Южная Корея.

Китайский рынок аммиака сегодня является практически профицитным: ожидается, что китайские мощности не будут загружены больше чем на 60%, общий уровень недоиспользованных мощностей в Китае в 2016 г. Составил сорок млн.т. в год аммиака. Впервые получил аммиак в чистом виде английский ученый Дж. Пристли (Priestley) в 1774 г.

Сегодня, в промышленности получают аммиак прямым синтезом из азота и водорода. В 1908 году предложил данный способ немецким химиком Ф. Габером (Haber) [1,2]:



Физико-химические основы данного процесса, согласно принципу Ле-Шателье нужно увеличить давление и снизить температуру. Теплосодержание указанной системы при 29,4 МПа составляет 52,38 кДж/моль при 500°C и 51,29 кДж/моль при 400°C. Катализатором данной реакции является железо, активированное оксидом калия (II), оксидом алюминия, оксидом кальция и т.д. Соединения содержащие серу и кислород являются каталитическими ядами [2].

Синтетический  $\text{NH}_3$  получают несколькими способами, которые отличаются по давлению системы: низкого (~10 МПа), среднего (25–30 МПа) и высокого (50–100 МПа) давления [1].

При давлении 3 – 4 МПа осуществляется паровая конверсия получения аммиака. Необходимо учитывать тот материал из которого изготавливаются трубы печей, они выдерживают не выше 850°C. Соотношение Пар – Газ на входе соответствует 3÷4 для уменьшения содержания остаточного метана. Шахтный реактор парокислородной конверсии – это вертикальный аппарат, внутри которого находится катализатор [3]. На вход реактора поступает смесь из природного газа, пара и кислорода в соотношении 1 : 0.6 : 1÷2 [4].

Когда давление тридцать МПа и температура пятьсот градусов Цельсия содержание аммиака в газовой смеси около тридцати процентов. Ввиду того, что производство осуществляется при значительных объемных скоростях (около 15000 ч<sup>-1</sup>) для увеличения производительности катализатора, равновесие в системе не достигается.

Итак, мы выяснили, что основным сырьем для производства водорода в получении  $\text{NH}_3$  является природный газ, перерабатываемый методом двухступенчатой паровой конверсии; менее десяти процентов приходится на коксовый газ, и водород, полученный электролизом воды [1, 2], существуют и другие способы получения водорода [5]. Производительность по аммиаку составляет 200 и 420 тыс. т/год.

Многих исследователей различного профиля привлекает производство аммиака и сопутствующих газов [3 – 6].

В настоящее время те предприятия, которые получают водород и аммиак, использующие из синтез-газа исключительно водород, предопределено потребляют синтез-газ намного больше, чем другие предприятия, которые научились использовать синтез-газ для производства не только водорода, но и оксид и диоксид углерода. Интересна практика других производств, которые получают метанол из синтез-газа, они потребляют синтез-газ в два раза больше, чем все другие предприятия.

Из вышеизложенного, следует, что проектирование совместных предприятий по производству метанол-водород и метанол-аммиак, является очень актуальным направлением, ввиду комплексного использования

природного газа, что в свою очередь приведет к увеличению степени переработки природного газа. Важен экологический аспект, снижение потребления природного газа позволит уменьшить выбросы диоксида углерода [4].

Датская каталитическая компания «Haldor Topsøe» использует процесс Low Energy, предриформинг, в которой обычная схема получения аммиака модернизирована. Компания «ICI» использует процессы: AMV (давление синтеза 8–11 МПа) и LCA (давление синтеза 8 МПа); в последнем используется первичный риформинг с газовым обогревом.

Существуют технологии производства с снижением нормы заполнения катализатором (процесс LAC фирмы «Linde», в два раза уменьшено количество катализатора), или применяют новейшие катализаторы, на основе рутения (процесс КААР/KRES фирмы «Kellogg Brown & Root»). Интересно производство без первичного риформинга КААР/KRES с давлением 9 МПа, процесс Megammonia компании «Lurgi» с давлением 20 МПа.

В 2016 г. в Республике Татарстан на заводе по получению минеральных удобрений ООО «Менделеевсказот» по проекту компании «Haldor Topsøe» был построен новый комплекс «Аммоний» (АО «Аммоний»). Сборку технологических линий обеспечил консорциум из японских компаний «Mitsubishi Heavy Industries» («МНН»), «Sojitz Corp.» и китайской компании «China National Chemical Engineering Co.». Завод будет выпускать 2050 т аммиака и до 680 т в сутки метанола. Предполагается, что нефтяной гигант ПАО «Нижнекамскнефтехим» станет первой площадкой потребителей метанола. Карбамид и нитрат аммония станут получать, для нужд сельского хозяйства из аммиака. Азотную продукцию планируется продавать в Россию (30%) и в страны СНГ, Европы и Северной Америки (70%) [1].

### Список литературы.

1. Карпов К. А. Технологическое прогнозирование развития производств нефтегазохимического комплекса / Под ред. проф. И. А. Садчикова. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 492 с.
2. Матвеева Э. Ф. Методика обучения химии. Первоначальные знания по химическим производствам. – СПб.: Издательство «Лань», 2020. – 180 с.
3. Гущин А.Д., Семенов В.П. Каталитическая конверсия природного газа. – М.: Химия, 1970. – 186 с.
4. Мещеряков Г.В., Комиссаров Ю.А. Конверсия природного газа для совместных производств метанол – водород, метанол – аммиак // Вестник МИТХТ, – 2011, Т.6, № 4. – С. 72 – 76.
5. Михайлов В.А., Суровая В.Э. Микробная установка производства водорода // сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия Молодая», 2017.
6. Суровой Э.П., Суровая В.Э., Бугерко Л.Н. Кинетические закономерности взаимодействия наноразмерных пленок висмута с аммиаком // Журнал физической химии. 2013. Т. 87. № 6. С. 1020-1026.