

УДК 661.531

<https://doi.org/10.24411/2310-8266-2018-10403>

# Современное состояние и перспективы развития производства аммиака в России

**М.Х. Сосна, М.А. Голдобина**

Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, 119991, Москва, Россия

E-mail: dr.michael.sosna@gmail.com

E-mail: goldobina.m@mail.ru

**Резюме:** В статье представлена хронология развития производства аммиака на территории России, приведены основные технологические решения, оказывающие влияние на энергетические показатели процесса. Дана оценка современному состоянию промышленных мощностей синтеза аммиака. Рассмотрены проекты 2018 года и реализуемые в них технологии, которые позволяют получить значительный прирост производства аммиака в России. А также даны рекомендации по дальнейшему возможному пути усовершенствования энергетики процесса.

**Ключевые слова:** аммиак, производство аммиака, синтез аммиака, синтез-газ, конверсия природного газа.

**Для цитирования:** Сосна М.Х., Голдобина М.А. Современное состояние и перспективы развития производства аммиака в России // НефтеГазоХимия. 2018. № 4. С. 17–21. DOI:10.24411/2310-8266-2018-10403

## CONTEMPORARY STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF AMMONIA PRODUCTION IN RUSSIA

**Michael Kh. Sosna, Maria A. Goldobina**

Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 119991, Moscow, Russia

E-mail: dr.michael.sosna@gmail.com

E-mail: goldobina.m@mail.ru

**Abstract:** The article presents a chronology of the ammonia production development in Russia, the main technological solutions that affect the energy performance of the process. An assessment of the current state of the industrial capacity of ammonia synthesis is given. The projects of 2018 and the technologies implemented in them are considered, which will make it possible to obtain a significant increase in ammonia production in Russia. In addition, recommendation on a further possible way of improving the process energy were given.

**Keywords:** ammonia, ammonia production, ammonia synthesis, synthesis gas, natural gas conversion.

**For citation:** Sosna M.Kh., Goldobina M.A. CONTEMPORARY STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF AMMONIA PRODUCTION IN RUSSIA. Oil & Gas Chemistry. 2018, no. 4, pp. 17–21. DOI:10.24411/2310-8266-2018-10403

Сегодня на долю Российской Федерации (РФ), по экспертным оценкам, приходится до 10% мирового производства аммиака, значительная часть которого уходит на экспорт.

Основные промышленные производства по выпуску аммиака были созданы в СССР в виде крупнотоннажных энерготехнологических агрегатов проектной мощностью 1360–1420 т/сут. Традиционная схема крупнотоннажного агрегата аммиака приведена на рис. 1 [1].

На территории РФ к 1991 году эксплуатировались 32 отечественных и импортных агрегата суммарной мощностью ~11,5 млн т в год. К настоящему моменту из них сохранились и эксплуатируются 30 агрегатов. Два агрегата в Кемерово и Ангарске были выведены из эксплуатации как по техническим (Кемерово), так и экономическим (Ангарск) причинам.

В Ангарске сохранено малотоннажное производство аммиака на попутных газах нефтепереработки годовой производительностью ~100–150 тыс. т.

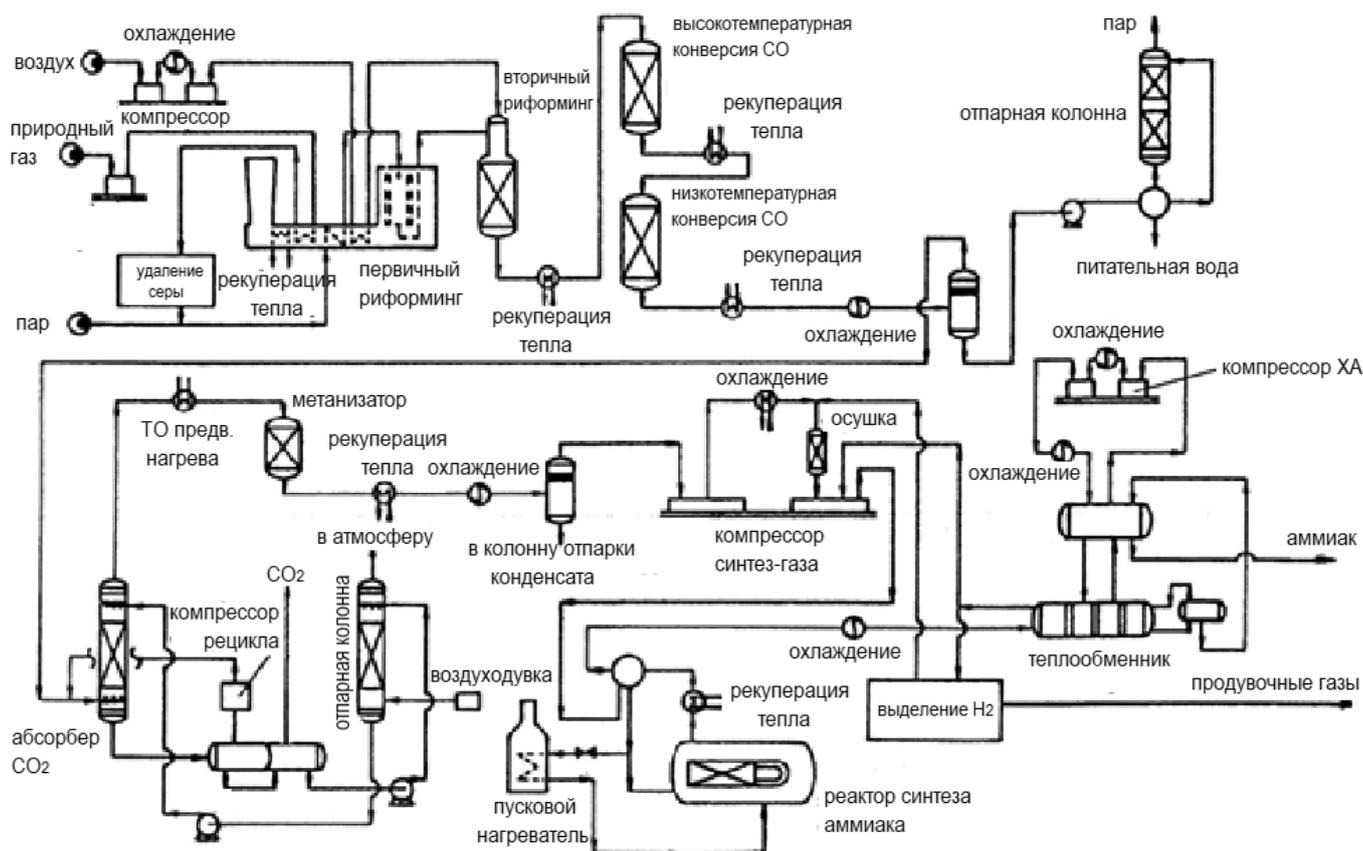
Следует отметить, что одним из типов крупнотоннажных агрегатов, строившихся в СССР, были агрегаты мощностью 600 т/сут с использованием электрических приводов для технологических компрессоров и насосов. Таких установок было построено 14. К настоящему времени сохранилось в лучшем случае три агрегата. В РСФСР таких агрегатов не было.

С 1992 по 2015 год развитие производства аммиака в РФ шло по пути модернизации действующих агрегатов за счет внедрения усовершенствований на отдельных технологических стадиях и модернизации действующего оборудования. К числу таких усовершенствований следует отнести:

- переход на тонкостенные центробежно-литые трубы из сплава с добавкой ниобия;
  - выделение водорода из продувочных газов синтеза аммиака с возвратом в технологический процесс;
  - замену хемосорбента на стадии очистки конвертированного газа от CO<sub>2</sub> на новый растворитель (МДЭА активированный) с более низким расходом энергии на регенерацию абсорбента и без образования коррозионно-активных смол;
  - замена аксиальной насадки колонны синтеза аммиака на радиальную насадку с применением мелкозернистого катализатора синтеза аммиака;
  - увеличение глубины утилизации тепла дымовых газов после трубчатой печи;
  - использование на стадии трубчатой конверсии смешанного никелевого катализатора сложной формы;
  - уменьшение соотношения пар:газ при осуществлении процесса трубчатой паровой конверсии;
  - реконструкцию основного динамического оборудования;
  - переход на распределенную систему управления агрегатов, что позволило сократить число внеплановых аварийных остановок агрегатов;
  - переход на двухгодичный цикл капитальных ремонтов.
- За счет реализации упомянутых выше и ряда других усовершенствований удалось повысить суточную производи-

Рис. 1

Технологический процесс производства аммиака по технологии Kellogg, 1360 млн т/сут



тельность агрегатов примерно на 25% с одновременным снижением энергетических затрат (расход природного газа) на производство тонны аммиака. Выпуск аммиака к 2015 году достиг ~14,5 млн т, а удельный расход природного газа — 1120  $\text{нм}^3/\text{т}$  аммиака (энергоёмкость с учетом затрат на пуски и остановки агрегатов 39,8 ГДж/т аммиака) [2].

К 2015 году потенциал усовершенствования действующих аммиачных агрегатов без кардинального изменения принципов действующей энерготехнологии был практически реализован.

В течение 2015–2016 годов в рамках следующего этапа развития производства аммиака в РФ были пущены два новых производства с суточной мощностью ~2000 т аммиака (ОАО «АКРОН» в Великом Новгороде и АО «Аммоний» в Новоменделеевске).

Годовое производство аммиака в 2017 году оценивается в ~17млн т.

Часть введенных в эксплуатацию агрегатов планировалась еще при советской власти, поэтому технологические решения к моменту начала нового строительства были уже определены.

Согласно имеющейся информации, к 2024 году предполагается увеличить производство аммиака до 24 млн т, что может быть выполнено только за счет строительства 8–10 новых агрегатов.

С учетом сроков проведения всех стадий проектных работ: по выбору приемлемых для новых агрегатов технологий; подготовки коммерческого контракта; проектирования и утверждения в инспектирующих органах документации; изготовления оборудования и строительства агрегата,

можно предположить, что для вновь вводимых аммиачных производств, принципиальный выбор поставщика и технологии заказчиком уже сделан.

К настоящему времени в мировой практике производства как синтез-газа, так и собственно синтеза аммиака появились новые технологические процессы [2].

К ним можно отнести:

- повышение чистоты синтез-газа за счет применения на стадии конверсии природного газа избытка воздуха с последующим выделением этого избытка в процессе низкотемпературной конденсации (рис. 2);
- отказ от применения трубчатых печей с переходом к конверторам с газовым обогревом (рис. 3);
- проведение процесса синтеза аммиака в радиальной колонне при давлении 9 МПа (рис. 4) и конденсации всего продукционного аммиака с применением искусственного холода.

Все эти усовершенствования целесообразно учитывать как при проектировании новых агрегатов, так и при выработке концепции для дальнейшей модернизации действующих производств аммиака.

Часть этих новых технических решений реализована в новых агрегатах производства аммиака, вводимых в эксплуатацию в РФ в 2018 году.

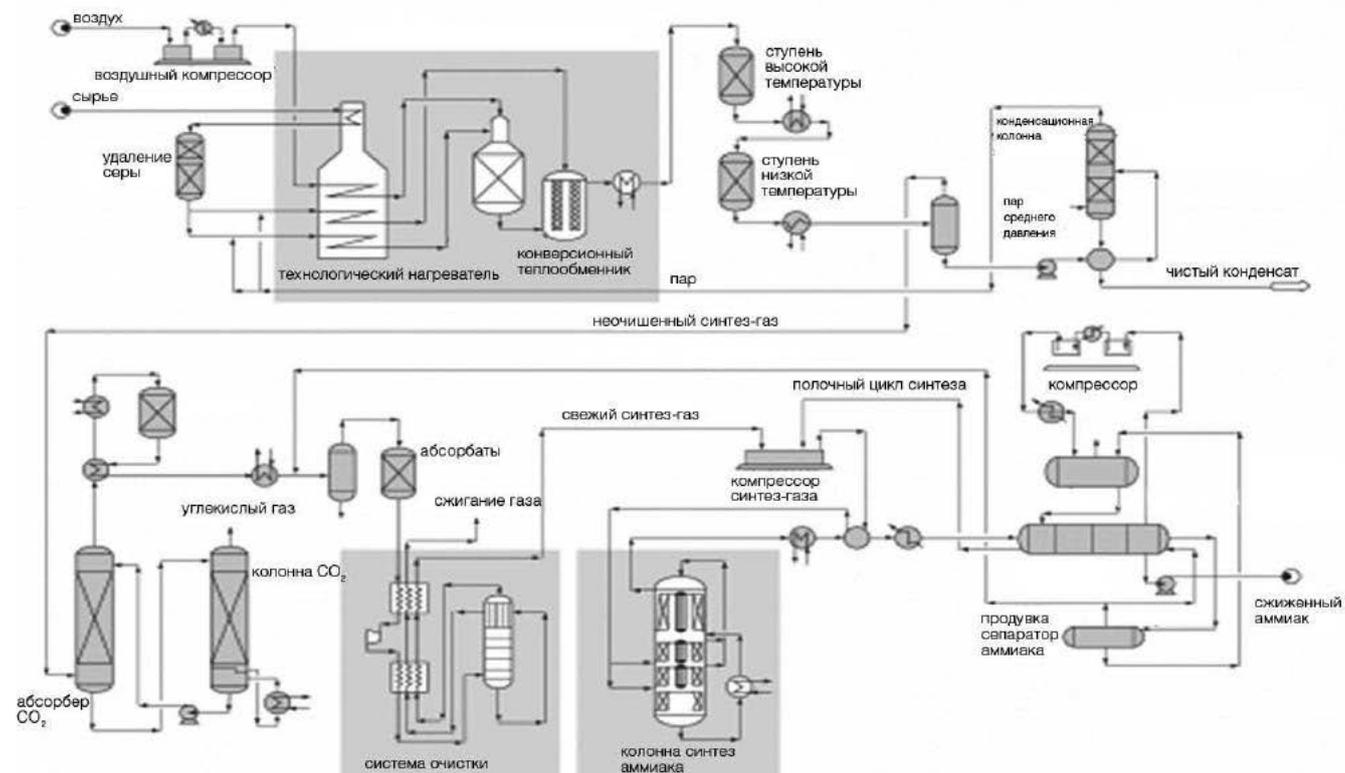
Так, в ПАО «КуйбышевАзот» введен агрегат по производству аммиака и водорода мощностью ~1450 т  $\text{NH}_3/\text{сут}$  и 200 тыс.  $\text{м}^3 \text{H}_2/\text{сут}$  для производства капролактама по технологии фирмы Linde [3].

На Дорогобужском заводе ПАО «АКРОН» совместно с фирмой KBR проводится модернизация крупнотоннажного агрегата по производству аммиака с применением трубча-



Рис. 4

Схема технологического процесса производства аммиака по технологии KAAPlus



того конвертора с газовым охлаждением для повышения мощности [4, 5].

На площадке ПАО «ЕВРОХИМ» в городе Кингисеппе проводятся пусконаладочные работы агрегата по производству аммиака мощностью ~1 млн т/год по технологии KBR с блоком конденсации избыточного азота [6].

На площадке ПАО «ЩекиноАзот» по технологии Haldor Topsoe пущено совместное производство метанола и аммиака [7].

### Реконструкция действующих производств аммиака

Приведенные выше технические решения, использованные при разработке производств аммиака нового поколения, базируются в основном на совершенствовании технологических решений, позволяющих перераспределить потребляемые механические мощности между отдельными стадиями процесса.

Так, при переходе от традиционной схемы производства аммиака (см. рис.1) к схеме с конденсацией избыточного азота, (см. рис. 2) практически двукратно возрастают затраты энергии на сжатие технологического воздуха. При этом удельные затраты на сжатие синтез-газа до давления собственно синтеза аммиака сокращаются на ~5%.

Переход от технологической схемы на рис. 2 к схеме на рис. 4 уменьшает затраты энергии на сжатие синтез-газа, но одновременно увеличивает затраты на конденсацию аммиака и прокачку циркуляционного газа.

С учетом того, что все агрегаты производства аммиака относятся к разряду энерготехнологических [1], для них можно применить систему уравнений

$$A + B = 1;$$

$$A \cdot \eta_{\text{тех}}^E + B \cdot \eta_{\text{энерг}}^E = \eta_{\text{агрегата}}^E,$$

где  $A$  – доля природного газа, идущего на технологию;  $B$  – доля природного газа, идущего на выработку энергии;  $\eta_{\text{тех}}^E$ ,  $\eta_{\text{энерг}}^E$ ,  $\eta_{\text{агрегата}}^E$  – эксергетические коэффициенты полезного действия соответственно технологической, энергетической частей и всего агрегата.

Поскольку большинство усовершенствований в схемах на рис. 2–4 можно отнести к технологическим усовершенствованиям ( $\eta_{\text{тех}}^E$ ), нами предлагается усовершенствовать энергетическую схему энерготехнологического агрегата за счет перехода с паросилового цикла получения механической энергии на парогазовый, имеющий значительно более высокий эксергетический КПД ( $\eta_{\text{энерг}}^E$ ). При этом основным усовершенствованием в предлагаемой схеме в сравнении со схемой на рис. 3 является использование газотурбокомпрессорного агрегата в качестве привода компрессора синтез-газа для сжатия с 2,5 до 28 МПа.

При этом блок теплоиспользования для выработки энергетического и технологического пара давлением 4,2 МПа размещается на дымовых газах после газовой турбины газотурбокомпрессорного агрегата.

В предлагаемом варианте трубчатая печь заменяется на трубчатый конвертор с газовым обогревом конструкции фирмы Kellogg.

В качестве одного из вариантов при наличии на площадке избыточного технического кислорода может быть применена схема без конденсации избыточного азота с использованием трубчатого конвертора с газовым обогревом по схеме «ТАНДЕМ» [7].

Ожидаемая энергоемкость производства с учетом затрат на пуски и остановки агрегата оценивается как ~ 30 ГДж/т  $\text{NH}_3$ .

Действующие крупнотоннажные агрегаты по производству аммиака в РФ, реконструкция которых началась в 90-х годах XX века, к 2024 году потребуют дорогостоящего капитального ремонта с возможной заменой оборудования. К этому времени должна быть готова техническая документация, обеспечивающая возможность проведения нового этапа модернизации более 30 агрегатов по производству аммиака. Объем капитальных вложений на вто-

рой этап модернизации оценивается примерно в 100 млн долл. на 1 агрегат или 3 млрд долл. на весь проект.

Из указанной суммы 10% составляет оплата проектных и инженеринговых услуг. Исходя из этой цифры затрат целесообразно рассмотреть возможность разработки и опытно-промышленной проверки предлагаемого варианта реконструкции за счет средств специально организованного «пула» отечественных производителей аммиака.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников Е.Я. Справочник азотчика: кн. 1. Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. Очистка технологических газов. Синтез аммиака: 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1986. 512 с.
2. Сосна М.Х., Касым О.Н. Основные тенденции в развитии технологии производства аммиака // НефтеГазХимия. 2017. №. 4. С. 17-21.
3. КуйбышевАзот и Linde запустили производство аммиака и водорода в Тольятти URL: <http://www.rupec.ru/news/38448/> (дата обращения 20.11.2018)
4. KBR и Акрон заключили контракт на поставку оборудования для аммиачного завода «Дорогобуж». URL: <http://www.chemmarket.info/ru/news/view/35276/> (дата обращения 23.11.2018)
5. Акрон намерен вложить в модернизацию производства аммиака на Дорогобуже \$75 млн URL: <http://rupec.ru/news/35735/> (дата обращения 23.11.2018)
6. АО «МКХ «ЕвроХим» Годовой отчет и финансовая отчетность за 2017 год. URL: [http://www.eurochemgroup.com/wp-content/uploads/2018/10/2017\\_RUEMO\\_Annual-report\\_2.pdf](http://www.eurochemgroup.com/wp-content/uploads/2018/10/2017_RUEMO_Annual-report_2.pdf) (дата обращения 21.11.2018).
7. ЩекиноАзот ввел в эксплуатацию комплекс метанола/аммиака и дал старт проекту М-500. URL: <http://rupec.ru/news/38869/> (дата обращения 21.11.2018)
8. Appl M. Ammonia principles and industrial practice // Future. 1999. Т. 245, p. 12.

## REFERENCES

1. Mel'nikov YE.YA. *Fiziko-khimicheskiye svoystva gazov i zhidkostey. Proizvodstvo tekhnologicheskikh gazov. Ochistka tekhnologicheskikh gazov. Sintez ammiaka* [Physical and chemical properties of gases and liquids. Production of process gases. Cleaning process gases. Ammonia synthesis]. Moscow, Khimiya Publ., 1986. 512 p.
2. Sosna M.KH., Kasym O.N. Major trends in the development of ammonia production technology. *NefteGazoKhimiya*, 2017, no. 4, pp. 17-21 (In Russian).
3. *Kuybyshevazot i Linde zapustili proizvodstvo ammiaka i vodoroda v Tol'yatti* (Kuibyshevazot and Linde launched the production of ammonia and hydrogen in Togliatti) Available at: <http://www.rupec.ru/news/38448/> (accessed 20 November 2018).
4. *KBR i Akron zaklyuchili kontrakt na postavku oborudovaniya dlya ammiachnogo zavoda «Dorogobuzh»* (KBR and Akron signed a contract for the supply of equipment for the Dorogobuzh ammonia plant) Available at: <http://www.chemmarket.info/ru/news/view/35276/> (accessed 23 November 2018)
5. *Akron nameren vlozhit' v modernizatsiyu proizvodstva ammiaka na Dorogobuzhe \$75 mln* (Akron intends to invest \$ 75 million in the modernization of ammonia production at Dorogobuzh) Available at: <http://rupec.ru/news/35735/> (accessed 23 November 2018)
6. *AO «MKHK «YevroKhim» Godovoy otchet i finansovaya otchetnost' za 2017 god* (MCC EuroChem JSC Annual Report and Financial Statements for 2017) Available at: [http://www.eurochemgroup.com/wp-content/uploads/2018/10/2017\\_RUEMO\\_Annual-report\\_2.pdf](http://www.eurochemgroup.com/wp-content/uploads/2018/10/2017_RUEMO_Annual-report_2.pdf) (accessed 21 November 2018).
7. *ShchekinoAzot vvel v ekspluatatsiyu kompleks metanola/ammiaka i dal start proyektu M-500* (ShchekinoAzot commissioned a methanol / ammonia complex and launched the M-500 project) Available at: <http://rupec.ru/news/38869/> (accessed 21 November 2018)
8. Appl M. Ammonia principles and industrial practice. *Future*, 1999, vol. 245, p. 12.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Сосна Михаил Хаймович**, д.т.н., проф. кафедры газохимии, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина.

**Голдобина Мария Андреевна**, магистрант кафедры газохимии, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина.

**Michael Kh. Sosna**, Dr. Sci. (Tech.), Prof. of the Department of Gaschemistry, Gubkin Russian State University of Oil and Gas.

**Maria A. Goldobina**, Undergraduate of the Department of Gaschemistry, Gubkin Russian State University of Oil and Gas.

