

**УДК 661.56**

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ АГРЕГАТОВ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ ПО СХЕМЕ АК-72**

**Кибешев Р.Н., магистрант, ХНм-171, II курс**

**Тихомирова А.В., к.х.н., доцент**

**Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово**

Разработанный в 70-х годах прошлого столетия агрегат азотной кислоты АК-72 включает в себя следующие основные стадии технологического процесса [1]:

- испарение жидкого аммиака;
- подготовка аммиачно-воздушной смеси и окисление газообразного аммиака;
- утилизация тепла реакции окисления аммиака;
- охлаждение и промывка нитрозных газов, сжатие нитрозных газов;
- абсорбция оксидов азота;
- каталитическая очистка и рекуперация энергии хвостовых газов.

Производство азотной кислоты осуществляется методом каталитического окисления аммиака кислородом воздуха при давлении 0,42 МПа и абсорбции оксидов азота конденсатом водяного пара при давлении 1,1 МПа [2]. Особенностью агрегата АК-72 является применение высокотемпературной каталитической очистки выхлопных газов от оксидов азота с помощью природного газа и подача горячих выхлопных газов в газовую турбину без предварительного охлаждения [2].

Проектная мощность агрегата АК-72 – 47,9 т мнг./час.

Многолетний опыт эксплуатации агрегата АК-72 выявил ряд недостатков его аппаратурно-технологического оформления, в частности:

- конструктивные недостатки машинного агрегата ГТТ-12, являющегося определяющим узлом для стабильной работы агрегата АК-72, вследствие чего КПД входящих в его состав машин, главным образом высокотемпературной газовой турбины, ниже проектных. Недостатки ГТТ-12 отрицательно влияют не только на производительность агрегата АК-72, но и на перерасход энерго-ресурсов: водяного пара и природного газа;
- жесткая параметрическая связь по температурам и содержанию кислорода между стадиями абсорбции, очистки выхлопного газа и газовой турбиной, которая проявляется тем, что для поддержания стабильных оборотов машины необходимо стабилизировать температуру в реакторе каталитической очистки, а это в свою оче-

редь зависит от поддержания концентрации кислорода в выхлопном газе после абсорбционной колонны в узких пределах [1];

- использование на стадии каталитической очистки выхлопного газа дорогостоящего палладийсодержащего катализатора АПК-2;
- образование и выброс в атмосферу продуктов неполного сгорания метана в реакторе каталитической очистки;
- низкая степень абсорбции оксидов азота по сравнению с другими агрегатами.

На основании анализа указанных выше недостатков можно определить основные направления комплексной модернизации агрегата АК-72, которые позволят устранить или снизить негативное влияние этих факторов на стабильную работу, экологические характеристики и энергопотребление агрегата:

1. Реконструкция машинного агрегата ГТТ-12 с целью улучшения технологических параметров и повышения энергоэффективности. Реконструкция ГТТ-12 направлена в первую очередь на повышение КПД высокотемпературной газовой турбины, а также на обеспечение требуемых характеристик воздушного компрессора и нитрозного нагнетателя для достижения производительности агрегата АК-72 на уровне не ниже 55 т мнг./ч.
2. Замена высокотемпературного способа очистки выхлопного газа с использованием природного газа на низкотемпературную селективную каталитическую очистку выхлопного газа. Селективная каталитическая очистка выхлопного газа основана на восстановлении оксидов азота аммиаком при температуре 240-340 °С на алюмованадиевом или алюмомедьцинковом катализаторе.

Основными преимуществами перевода агрегата АК-72 на низкотемпературную селективную очистку являются:

- разрыв жесткой параметрической связи между основными стадиями технологического процесса;
- снижение потребления природного газа;
- исключение образования продуктов неполного сгорания метана;
- исключение использования дорогостоящего палладийсодержащего катализатора АПК-2.

Сложность перевода агрегата АК-72 на низкотемпературную селективную очистку заключается в необходимости изменения схемы нагрева выхлопного газа перед высокотемпературной газовой турбиной и реактором каталитической очистки. Возможны различные варианты схемного решения данного узла:

- с сохранением в схеме существующего подогревателя выхлопных газов ПВГ-1200, в котором нагрев выхлопного газа осуществляется за счет сжигания топливного природного газа;

- с исключением из схемы подогревателя ПВГ-1200 и использованием для подогрева выхлопного газа тепла нитрозных газов, выходящих из котла-утилизатора, как это реализовано в агрегатах азотной кислоты по схеме с единым давлением УКЛ-7.

Поскольку указанные варианты существенно различаются по технико-экономическим показателям (расход природного газа и выработка пара 4,0 МПа), то данное техническое решение должно прорабатываться для каждой отдельно взятой производственной площадки с учетом парового и энергетического баланса всего завода.

3. Обеспечение более глубокой степени абсорбции оксидов азота. Низкая степень абсорбции оксидов азота является следствием нескольких факторов, в частности: снижением давления на стадии абсорбции вследствие износа ГТТ-12, ухудшением отвода реакционного тепла из-за выхода из строя охлаждающих змеевиков абсорбционной колонны. Указанные факторы можно устранить путем замены изношенного оборудования на такие же конструкции.

Принципиальным техническим решением, направленным на обеспечение более глубокой степени абсорбции, может быть использование холода испарения жидкого аммиака для отвода тепла на верхних тарелках (с 11-й по 25-ю) вместо использования его для охлаждения нитрозного газа перед нагнетателем. Охлаждение указанных тарелок абсорбционной колонны заохлажденной водой, поступающей из узла испарения аммиака, позволяет снизить содержание оксидов азота в выхлопном газе после колонны с 700 до 400 млн-1 долей при проектной производительности агрегата АК-72 [1, с. 293]. Для обеспечения высокой степени абсорбции при работе существующей колонны на производительности, превышающей проектную, необходимо обеспечить давление на стадии абсорбции не менее 1,2 МПа, что достигается путем реконструкции нитрозного нагнетателя.

Рассмотренные в настоящей работе направления модернизации агрегата АК-72 позволяют достичь следующих технических показателей:

- обеспечить стабильную работу агрегата АК-72 на производительности не менее 55 т мнг./ч;
- значительно улучшить экологические характеристики агрегата, путем обеспечения содержания вредных примесей в выхлопном газе после стадии каталитической очистки:  
NO<sub>x</sub> – не более 50 ppm.  
NH<sub>3</sub> – не более 50 ppm.  
CO - ~0 ppm.
- снизить потребление природного газа на 15-40 м<sup>3</sup>/т мнг. (в зависимости от организации подогрева выхлопного газа перед реактором каталитической очистки и газовой турбиной).

Учитывая постоянный рост спроса на продукцию азотных предприятий, а также удорожание энергетических ресурсов и ужесточение экологических

требований к выбросам вредных веществ, реализация рассмотренных в настоящей статье мероприятий является привлекательной как с технической, так и с экономической точек зрения.

### Список литературы

1. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единично мощности/Под ред. В.М. Олевского. — М.: Химия, 1985. — 400 с.
2. Справочник азотчика. Производство разбавленной и концентрированной азотной кислоты: Производство азотных удобрений: Материалы, компрессоры и газгольдеры производств азотной кислоты и удобрений: Энергоснабжение производств связанного азота и органических продуктов: Техника безопасности производств связанного азота и органических продуктов. 2-е изд. Перераб. — М., Химия, 1987. — 464 с.