

**Е.В. Черняшов<sup>1</sup>, А.Н. Гаврилюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ОАО «Гродно Азот»

Гродно, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

Минск, Беларусь

## **ПРОБЛЕМЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБАМИДА НА СТАДИИ КОМПРЕМИРОВАНИЯ ЭКСПАНЗЕРНОГО ГАЗА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*Аннотация.* Рассмотрены проблемы, возникающие при производстве карбамида. Установлено, что для исключения образования отложений на лопатках компрессора и снижения шероховатостей на проточной части динамической машины целесообразно установить перед стадией компримирования экспанзерного газа стадию очистки. Кроме того, с целью снижения уноса капель из газоочистной установки стоит установить каплеуловитель и тарельчатый сепаратор.

**E.V. Chernyashov<sup>1</sup>, A.N. Hauryliuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>JSC "Grodno Azot", Grodno Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University

Minsk, Belarus

## **PROBLEMS IN UREA PRODUCTION AT THE STAGE OF EXPANSION GAS COMPRESSION AND WAYS FOR THEIR SOLUTION**

*Abstract.* The problems arising in the production of urea are considered. It has been found that in order to exclude the formation of deposits on the compressor blades and reduce roughness on the flow part of the dynamic machine, it is advisable to install a purification stage before the expansion gas compression stage. In addition, in order to reduce the entrainment of droplets from the gas cleaning plant, it is necessary to install a drop catcher and a disc separator.

Сырьем для получения карбамида являются жидкий аммиак и газообразный диоксид углерода, поступающие из аммиачного производства. В них содержатся инертные по отношению к основному процессу примеси: водород, метан, аргон, азот и другие газы, присутствие которых оказывает отрицательное влияние на выход карбамида при синтезе. А если учесть, то обстоятельство, что для создания и непрерывного возобновления пассивирующей пленки на хромоникельмолибденовых сталях, применяемых в производстве карбамида, в диоксид углерода дозируют кислород воздуха, то в

отдельных узлах схемы возникает возможность образования взрывоопасных смесей [1].

Существенное увеличение единичных мощностей установок по производству карбамида до 1500-2000 т/сутки, а в перспективе до 4000-5000 т/сутки предполагает ужесточение требований по содержанию в сырье как инертных примесей (из-за них растут убытки от снижения эффективности процесса), так и горючих газов, поскольку возрастает опасность и последствия взрыва [1].

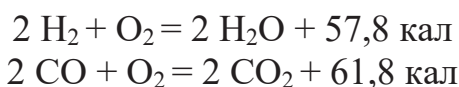
Характер и содержание примесей в диоксиде углерода зависят от способов его получения. Диоксид углерода в производстве аммиака отделяют от синтез-газа путем абсорбции водными растворами органических или неорганических оснований. Выделенный таким образом  $\text{CO}_2$  содержит примеси компонентов синтез-газа ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ), а также сернистых соединений из углеводородного сырья. [1]

В качестве примесей в диоксиде углерода, поступающем на установку карбамида, могут присутствовать сероводород и органические сернистые соединения. Наличие соединений серы в диоксиде углерода (особенно  $\text{H}_2\text{S}$ ) крайне нежелательно, так как в их присутствии резко усиливается коррозия оборудования. Сероводород увеличивает скорость коррозии углеродистой стали во влажной среде в сотни раз. Неоднократно наблюдались случаи резкого повышения скорости коррозии хромоникельмолибденовых сталей под воздействием, содержащихся в диоксиде углерода сернистых соединений. В этих случаях происходит разрушение пассивирующей окисной пленки на поверхности хромоникельмолибденовых сталей и начинается активное коррозионное растрескивание. Допустимое содержание сернистых соединений в диоксиде углерода: не более 1 мг/нм<sup>3</sup> [1].

При этом газы, инертные по отношению к реакции синтеза карбамида, снижают степень превращения сырья в карбамид. Практически не растворимые в жидкой фазе, они способствуют увеличению относительного объема газовой фазы и перераспределению аммиака между жидкой и газовой фазами, снижению его избытка в жидкой фазе и, как следствие, к уменьшению равновесной степени превращения. При этом снижается средняя плотность реакционной среды и уменьшается время пребывания реагирующих веществ в реакторе синтеза карбамида. Увеличение содержания инертных примесей повышает энергопотребление процесса производства карбамида [1].

Как правило, очистку CO<sub>2</sub> от горючих газов осуществляют путем их выжигания на катализаторе в присутствии кислорода. Основы этого метода были разработаны в шестидесятые годы двадцатого века [1].

Процесс очистки диоксида углерода от горючих примесей осуществляют на платиновом, палладиевом или рутениево-палладиевом катализаторе в присутствии кислорода по следующим реакциям:



Температура процесса очистки зависит от состава горючих примесей в исходном газе. Минимальная температура инициирования каталитического окисления окиси углерода и водорода составляет 120 °С. [1]

Одной из используемых схем в промышленности по выжиганию водорода является схема выжига при давлении не более 2,45 МПа и с температурой не более 176 °С (проект компании Хемопроект) [2].

Реактор выжигания водорода представляет собой аппарат емкостного типа, заполненный платиновым катализатором на оксиде алюминия. Катализатор уложен между двумя слоями наполнителя – шариков оксида алюминия диаметром 6 мм. Верхний слой наполнителя прижат решеткой. Объем катализатора в реакторе 0,780 м<sup>3</sup> [2].

В нижней части на выходе из реактора для предотвращения уноса частиц наполнителя и катализатора установлена металлическая сетка с отверстиями (2 x 2) мм [2].

При прохождении диоксида углерода через реактор на поверхности катализатора происходит процесс каталитического окисления водорода (и других горючих газов) кислородом воздуха с выделением тепла [2].

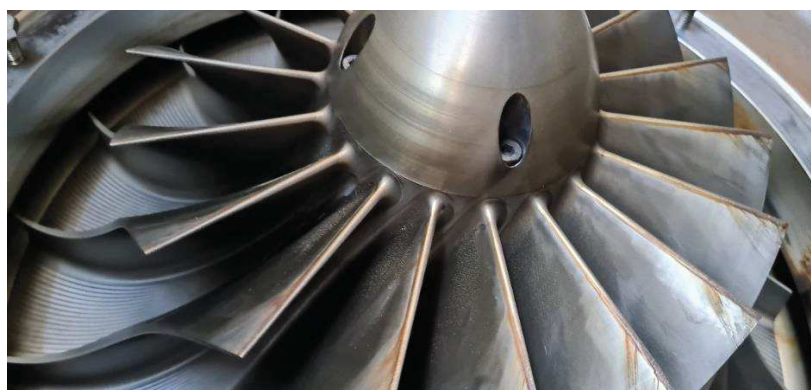
Влияние реагентов, участвующих в очистке углекислого газа на производстве аммиака, на работу компрессора.

Согласно данным протокола испытаний – Налет с внутренних поверхностей ступеней компрессора CO<sub>2</sub> поз. К-102, рег.№ 750ф/21, ЦЗЛ ОАО Гродно Азот, 2021 [3]. Основными компонентами отложений на лопатках центробежного компрессора углекислого газа были: K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 24,8%, KHCO<sub>3</sub> – 61,8%. Также в небольшом количестве присутствовали ионы натрия, кальция, магния, железа, хрома, никеля, марганца, меди, ванадия, алюминия в виде карбонатов и гидрокарбонатов. Данные соединения налипают на поверхности лопаток турбокомпрессора, теплообменного оборудования и трубопроводов в виде кристаллоподобного налета серого цвета, либо в

виде «битумных» пятен. Характер налета может свидетельствовать о наличии в большей или меньшей степени органических соединений (поглотителя на стадии очистки углекислого газа в производстве аммиака – моноэтаноламина и диэтаноламина, продукты разложения которого оседают на лопатках компрессора).



**Рис. 1- Налет на поверхности лопаток турбокомпрессора в виде кристаллического соединения (цех карбамид-3 ОАО Гродно Азот – 2021 год).**



**Рис. 2- Налет на поверхности лопаток турбокомпрессора в виде «битумных» пятен (цех карбамид-3 ОАО Гродно Азот – 2022 год).**

Реагенты с производства аммиака попадают на рабочие поверхности турбокомпрессора в виде взвешенных капель водного раствора. Причина попадания во всасывающий трубопровод возможна из-за нарушения режима улавливания на стадии очистки экспанзерного газа в цехе по производству аммиака. Вред, причиняемый загрязненным газом, зависит от размера взвешенных частиц и приводит к следующим повреждениям:

| Категория повреждений                   | Диапазон частиц |
|---|-----------------|
| Эрозия                                  | >5-10 мкм       |
| Загрязнение и результирующие дисбалансы | ~ 0,1-5 мкм     |

|  |            |
|--|------------|
| Засорение теплообменников и их компонентов | ~0,1-5 мкм |
| Влажная коррозия                           | ~0,1-5 мкм |

Отложения на лопатках компрессора влияют не только на экономическую составляющую (увеличение энергопотребления), но и как фактор снижения надежности работы компрессора из-за увеличения шероховатости поверхности проточной части турбокомпрессора [4].

Для исключения образования отложений на лопатках компрессора и снижения шероховатостей на проточной части динамической машины предлагается установить перед стадией компремирования экспанзерного газа стадию очистки. Которая должна представлять собой полый, либо оснащенный массообменными устройствами, скруббер, орошаемый циркуляционной водой. Для повышения эффективности процесса очистки необходимо оснастить установку холодильником циркуляционной воды. С целью снижения уноса капель из газоочистной установки стоит установить каплеуловитель и тарельчатый сепаратор.

Данная мера позитивно повлияет на энергопотребление стадии компремирования экспанзерного газа, т.к. снизится влияние побочных продуктов на лопатки компрессора.

### **Список использованных источников**

1. Сергеев Ю.А., Кузнецов Н.М., Чирков А.В.; С 32 Карбамид: свойства, производство, применение: Монография. - Нижний Новгород: Кварц, 2015.
2. Промышленный технологический регламент №41/4 цеха карбамид 3 очереди.
3. Протокол испытаний – Налет с внутренних поверхностей ступеней компрессора СО2 поз. К-102, рег.№ 750ф/21, ЦЗЛ ОАО Гродно Азот, 2021.
4. Ольховский Г.Г. и др. Очистка компрессоров установки ГТ-25-7 00 на ТЭЦ-2 Киевэнерго. "Электрические станции" №1, 1971.