

## **Внедрение активированного МДЭА на установке производства аммиака АМ-76. Технико-экономические расчеты**

До настоящего времени в азотной промышленности на установках по очистке кислых газов, в качестве абсорбента, в основном, применяется моноэтаноламин (МЭА). Анализ мировой практики показывает, что наблюдается тенденция по замене МЭА на более эффективный абсорбент - активированный метилдиэтаноламин (аМДЭА). При этом снижаются коррозионные процессы, используются более концентрированные растворы абсорбента, абсорбент не подвержен деградации, происходит экономия энергоресурсов.

На сегодняшний день, по согласованию всех заинтересованных сторон: РАО "Газпром", ОАО "Синтез", ООО "ВНИИГАЗ", работы по внедрению отечественного активированного МДЭА ведет ЗАО "Химтэк Инжиниринг". Нами, совместно со специалистами ДП ОАО "Газпром", ООО "ВНИИГАЗ", проведены расчеты. Целью расчетов было определение возможности использования активированного МДЭА вместо МЭА на установке по очистке конвертированного газа от  $\text{CO}_2$  в типовом агрегате производства аммиака АМ-76. Расчет производился на ЭВМ по программе "XYSIM" ("ХАЙСИМ") фирмы Hyprotech Ltd. (Канада).

В расчетах была применена стандартная схема подачи регенерированного раствора в абсорбер с разным остаточным содержанием  $\text{CO}_2$  (См., например, "Справочник азотчика", изд. "Химия", Москва, 1986 г. - стр. 260).

Проведенные исследования показали, что замена МЭА на активированный МДЭА возможна без серьезного изменения технологической схемы установки по очистке конвертированного газа от  $\text{CO}_2$  в агрегате производства аммиака АМ-76. Это обеспечит экономию материальных и энергоресурсов за счет снижения затрат на обслуживание и ремонт оборудования и значительную экономию средств на закупку абсорбента за счет снижения удельного расхода и более длительного срока его работы.

Наряду с отмеченными достоинствами технологического процесса мы предлагаем рассмотреть технико-экономические аспекты замены МЭА на активированный МДЭА на установках типа АМ-76.

Расчеты выполнены применительно к установке АМ-76 ОАО "Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова", с учетом того, что применение аМДЭА позволяет выключить из схемы следующее оборудование:

- 1) один десорбер;
- 2) один турбонасосный агрегат для подачи рабочего раствора;
- 3) узел регенерации и очистки МЭА от смол.

Для технико-экономической оценки предполагаемого к внедрению мероприятия принимаются те показатели и статьи затрат, которые претерпевают изменение при замене МЭА на аМДЭА.

Расчет произведен в ценах на 1 квартал 2000 г.

### **1. Ожидаемое (расчетное) изменение себестоимости аммиака по отдельным статьям затрат.**

#### 1.1. Снижение себестоимости аммиака за счет экономии энергии.

В таблице 1 показано, что норма расхода по содержанию  $\text{CO}_2$  в очищенном газе достигается при общем расходе раствора  $900 \text{ м}^3/\text{час}$ , что на 25% ниже существующего ( $1200 \text{ м}^3/\text{час}$ ). При этом раствор амина имеет уменьшенную теплоемкость, а также требуется меньшее количество пара на десорбцию. Это позволяет сэкономить не менее 35% потребляемой энергии в процессе очистки конвертированного газа от  $\text{CO}_2$ , что может привести к экономии природного газа в размере  $35 \text{ н.м.}^3$  на тонну аммиака.

$$C_1 = 0,035 * 395 = 13,8 \text{ руб/т,}$$

где  $395 \text{ руб.}$  - стоимость  $1000 \text{ н.м.}^3$  природного газа.

### 1.2. Снижение себестоимости аммиака от экономии эл.энергии.

Экономия эл.энергии достигается за счет частичного (~на 50%) отключения аппаратов воздушного охлаждения в связи с повышением температуры конвертированного газа на входе в абсорбер.

$$C_2 = ( 400 * 0,26 ) / ( 2 * 59,2 ) = 0,88 \text{ руб/т,}$$

где 400 - потребляемая мощность эл.двигателей АВО, квт.час;  
0, 26 - тариф 1 квт.час эл. энергии, руб.

### 1.3. Снижение затрат на проведение ремонтно-восстановительных работ на технологическом оборудовании блока сорбционной очистки конвертированного газа от диоксида углерода.

Учитывая относительную пассивность аМДЭА по отношению к материалам существующего оборудования, следует предположить, что не менее, чем в 2 раза сократятся затраты на ремонт оборудования, выходы из строя которого в настоящее время происходят в основном из-за коррозионной активности МЭА - раствора.

Финансовые затраты на ремонт оборудования приняты в среднем по 1 млн.руб. в год.

Ожидаемое снижение себестоимости аммиака по этой статье:

$$C_3 = ( 1 * 10^6 ) / ( 2 * 450 * 10^3 ) = 1,11 \text{ руб/т,}$$

где  $450 * 10^3$  - программа выпуска аммиака, т.

### 1.4. Исключение текущих затрат на термическое обезвреживание кубового остатка МЭА - не утилизируемых отходов производства.

Удельные затраты на термическое обезвреживание кубового остатка МЭА приняты 3 руб. на 1 кг отходов (сжигание в топке котла).

При выходе смолистых веществ 0,2 кг/т аммиака снижение затрат составит:

$$C_4 = 3 * 0,2 = 0,6 \text{ руб/т.}$$

### 1.5. Изменение затрат на вспомогательные материалы (поташ, каустик).

При работе на аМДЭА исключается необходимость применения поташа и каустика, которые в настоящее время используются для подавления избыточной кислотности при отгонке МЭА от смолистых веществ.

Ориентировочно расходуется 1 т поташа (цена 240 руб/т) и 21 т каустика (цена 2,35 тыс.руб/т), ожидаемая выработка аммиака на агрегате АМ-76 - 450 тыс.т:

$$C_5 = ( 1 * 240 + 21 * 2,35 * 10^3 ) / ( 450 * 10^3 ) = 0,11 \text{ руб/т (удешевление).}$$

### 1.6. Изменение текущих затрат на подпитку при замене МЭА на аМДЭА:

$$C_6 = ( 160 * 12000 - 40 * 35000 ) / ( 450 * 10^3 ) = 1,15 \text{ руб/т,}$$

где 160 т - расход МЭА на подпитку, при цене, равной 12000 руб/т;  
40 т - расход аМДЭА на подпитку, при цене, равной 35000 руб/т.

### 1.7. Всего по приведенным в пп.1.1 - 1.5 статьям затрат снижение себестоимости 1 т аммиака на агрегате АМ-76 от замены сорбента МЭА на аМДЭА составит:

$$C = 13,8 + 0,88 + 1,11 + 0,6 + 0,11 + 1,15 = 17,65 \text{ руб/т аммиака.}$$

## **2. Эффективность мероприятия в расчете на производственную мощность агрегата аммиака АМ-76, которая принята 450 тыс.т:**

$$\text{Э} = 17,65 * 450 * 10^3 = 7,94 \text{ млн.руб/год.}$$

### 3. Затраты на внедрение мероприятия.

На первой стадии выполнения работ по модернизации технологии сорбционной очистки конвертированного газа от диоксида углерода, которая заключается в замене моноэтаноламина на активированный метилдиэтанолмин, как таковых капитальных затрат на СМР не требует.

Однако, потребуется финансирование на приобретение сорбента аМДЭА, разовая загрузка которого на один агрегат аммиака АМ-76 составляет 600 м<sup>3</sup> 50%-й концентрации по амину, что в пересчете на 98% аМДЭА (товарный продукт) выразится примерно в 300 т.

При цене на аМДЭА, равной 35000 руб/т, разовые затраты на его приобретение составят:

$$K_1 = 300 * 35000 = 10,5 \text{ млн.руб.}$$

Однако, повторное использование на другом агрегате АМ-76 бывшего в употреблении МЭА-раствора, количество которого составит до 160 т в пересчете на 100%-ю концентрацию по амину, удешевят общие затраты на приобретение сорбентов:

$$K = 160 * 12000 = 1,92 \text{ млн.руб,}$$

где 12000 руб. - стоимость тонны МЭА.

Таким образом, дополнительные разовые затраты на приобретение сорбентов для агрегата аммиака АМ-76 при замене МЭА на аМДЭА составят:

$$K = K_1 - K = 10500000 - 1920000 = 8580000 \text{ руб.}$$

### 4. Срок окупаемости затрат на внедрение мероприятия по замене МЭА на аМДЭА:

$$n = K / \text{Э} = 8580000 / 7940000 = 1,1 \text{ год.}$$

С учетом вышеназванных преимуществ активированного МДЭА, срок окупаемости проекта составит примерно 1 год.

Таким образом, показано, что замена МЭА на активированный МДЭА на установках производства аммиака типа АМ-76 улучшает технико-экономические показатели установки.

N п/п	Наименование параметров	аМДЭА													
		Общая концентрация амина - 45% мас. ( 3,913 моль/л )													
1.	Кол-во тарелок, шт	17	17	17	17	17	18	18	19	19	19	20	21	23	
2.	Кол-во р-ра, м <sup>3</sup> /час	700	750	800	900	1000	800	800	700	750	800	700	700	700	
3.	Т-ра нас. амина, С°	76,2	75,5	74,3	72,2	70,4	74,8	72,4	78,2	76,5	74,9	78,3	78,3	78,3	
4.	Степень нас. амина, моль/моль	0,546	0,528	0,503	0,454	0,414	0,511	0,459	0,578	0,544	0,513	0,58	0,581	0,582	
5.	Содержание СО <sub>2</sub> в очищенном газе, % об.	1,3	0,67	0,43	0,259	0,182	0,07	0,031	0,092	0,014	0,003	0,0114	0,0008	0,0007	

N п/п	Наименование параметров	амДЭА										
		Общая концентрация амина - 40% мас. ( 3,478 моль/л )										
1.	Кол-во тарелок, шт	17	17	17	18	19	19	21	21	21	23	25
2.	Кол-во р-ра, м <sup>3</sup> /час	800	900	1000	1000	750	800	700	750	800	700	700
3.	Т-ра нас. амина, С°	73,2	71,2	69,5	69,1	75,8	74,4	76,3	76,0	74,4	76,3	76,4
4.	Степень нас. амина, моль/моль	0,556	0,51	0,465	0,538	0,611	0,678	0,626	0,614	0,578	0,626	0,627
5.	Содержание CO <sub>2</sub> в очищенном газе, % об.	0,84	0,41	0,26	0,0633	0,098	0,016	0,942	0,001	0,0009	0,94	0,936

Примечание:	1. Давление исходного газа - 2,7 МПа.
	2. Температура исходного газа - 40°С.
	3. Содержание CO <sub>2</sub> в исходном газе - 17% об.
	4. Содержание CO <sub>2</sub> в тонкорегенерированном амине (верхний поток) - 3 г/л; в полурегенерированном амине (средний поток) - 10 г/л.
	5. Соотношение потоков раствора, подаваемых в абсорбер, верх/середина = 50/50 %.
	6. Температура регенерирования амина - 50°С

	Область требуемой очистки газа
--	--------------------------------