

Н.А. МОРОЗ, ст. препод., УкрГАЗТ, г. Харьков, Украина,
М.И. ВОРОЖБИЯН, докт. техн. наук, проф.,
УкрГАЗТ, г. Харьков, Украина,
А.Я. ЛОБОЙКО, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
Н.Б. МАРКОВА, научн. сотрудн., НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина
В.С. БАГДАСАРЯН, канд. техн. наук, научн. сотрудн.,
НИП «Энерготехнология», г. Москва, Россия

АБСОРБЦИЯ ОКСИДОВ АЗОТА ВОДОЙ, АКТИВИРОВАННОЙ ПОСРЕДСТВОМ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИИ

Наведені результати досліджень по визначенню ефективності впливу кавітованої води на ступінь переробки оксидів азоту в азотну кислоту. Одержані результати свідчать про позитивний вплив кавітаційної обробки води на процес кислотоутворення в промисловій абсорбційній колоні виробництва азотної кислоти.

Приведенные результаты исследований по определению эффективности влияния кавитированной воды на степень переработки оксидов азота в азотную кислоту. Полученные результаты свидетельствуют о позитивном влиянии кавитированной обработки воды на процесс кислотообразования в промышленной абсорбционной колонне производства азотной кислоты.

The results of investigation as for determination of the efficiency of the influence of cavitated water on the degree of treatment of nitrogen oxides for nitric acid are shown. The results obtained testify about positive influence of cavitation treatment of water on the process of acid formation in industrial absorption column of nitric acid production.

Воздействие на воду высоких давлений и температур, возникающих вследствие высвобождения энергии вблизи схлопывающегося потока кавитационных микропузырьков, приводит к нарушению связей в группах (кластерах) молекулярной структуры, а сами молекулы становятся подвижнее. Эта подвижность влияет на увеличение амплитуды колебательных движений молекул (атомов), изменение фаз колебаний соседних молекул, возбуждение электронов у H^+ и O^- при переходе их на более высокий потенциальный уровень энергии [1]. Данное энергетическое состояние в совокупности с образованием свободных водородных связей, существующее достаточное время, следует называть активным. Указанное изменение физико-химических свойств воды является на данный момент экспериментально установленным

фактом [2]. В воде и водных растворах происходят сложные физико-химические процессы, которые можно использовать для интенсификации технологических процессов различных отраслей промышленности.

Поглощение оксидов азота, как с целью переработки их в абсорбционной колонне, так и как способ очистки отходящих газов, содержащих NOx, является весьма распространенным процессом. Интенсифицировать данный процесс достаточно сложно, а существующие способы требуют значительных капитальных вложений. Весьма интересно влияние на механизм протекания процессов в жидкой фазе активированной воды, в том числе при подаче ее на абсорбцию NOx. Так, например, в процессе кислотообразования при производстве HNO₃ весьма важным является возможность ускорения жидкофазных процессов, в том числе и окислительных, с целью уменьшения регенерации NO из жидкой фазы в газ, что увеличивает степень переработки.

Для интенсификации абсорбционных процессов, особый интерес представляет вопрос использования кавитационного режима, при котором наблюдается изменению физико-химических свойств воды и водных растворов. Суть гидродинамической кавитации может быть сведена к действию двух механизмов: распространению ударных волн вблизи схлопывающегося кавитационного пузырька и ударному действию кумулятивных микроструек при несимметричном коллапсе кавитационных пузырьков. При этом давление и температура достигают значительных величин, делая локальную область около полости пузырька уникальным реактором для проведения различных реакций и процессов [3].

Нами были проведены исследования по определению влияния кавитированной воды на процесс кислотообразования на лабораторной установке, представленной на рис 1. Данные исследования проводились на базе ЗАО «Северодонецкое объединение «Азот» в промышленных условиях с подачей в абсорбционную колонну 1 газа из технологической схемы производства HNO₃. На орошение абсорбционной колонны из емкости 3 подавали либо обычную воду, либо воду, которую пропускали через кавитатор 2. С помощью вентилей 8 – 12 регулировали режим по газу, через расходомеры 6 и 11 устанавливали расход потоков жидкой фазы. Через пробоотборные точки 15, 16 осуществлялся отбор жидкой фазы на анализ. Отбор проб газа велся через пробоотборные точки 13 и 16. Основной задачей данных исследований было определение влияния кавитированной воды на степень абсорбции оксидов азота. Исследования проводились в двух режимах – подача кавитированной

(1-й режим) и некавитированной воды (2-й режим) на орошение абсорбционной колонны при одинаковых технологических параметрах.

Первая серия экспериментов проводилась в такой последовательности: жидкая фаза (некавитированная вода) из емкости 3 центробежным насосом 4 подавалась по трубопроводу на орошение абсорбционной колонны, вентилем 8 на трубопроводе добивались необходимого расхода подаваемой жидкости, контролируемого расходомером 11. Нитрозный газ подавался в нижнюю часть колонны, расход его контролировался ротаметром 6.

Образовавшаяся в абсорбционной колонне азотная кислота отбиралась для анализа из нижней части колонны. Отработанный нитрозный газ выводился из колонны на очистку и далее в атмосферу.

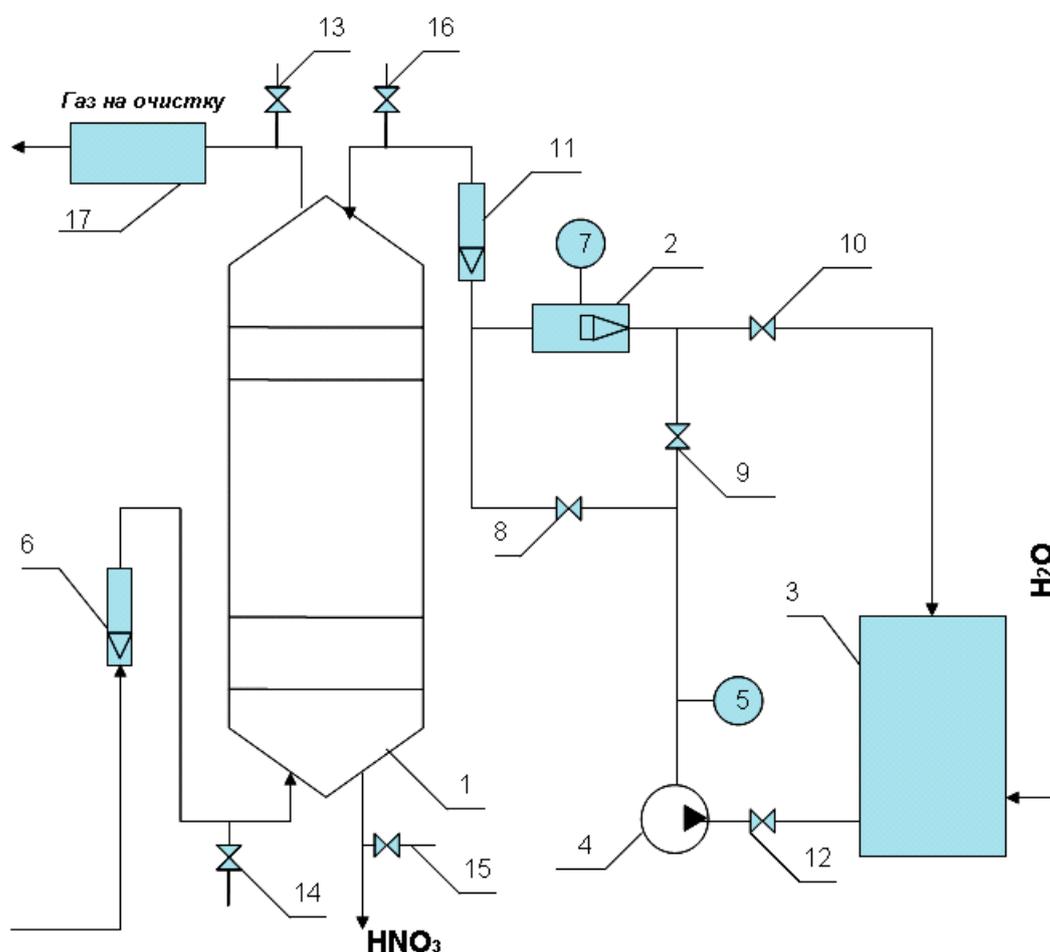


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – АК; 2 – кавитатор; 3 – емкость; 4 – центробежный насос; 5 – манометр;
- 6 – расходомер газовой фазы; 8, 9, 10, 12 – вентили; 7 – вакуумметр;
- 11 – расходомер жидкой фазы; 13, 14 – пробоотборные точки газовой фазы;
- 15, 16 – пробоотборные точки жидкой фазы; 17 – ловушка.

Вторая серия экспериментов отличалась от первой – подачей кавитированной воды на орошение в абсорбционную колонну. Жидкая фаза из емкости 3 центробежным насосом 4 подавалась через кавитатор 2, вентилем 9 на трубопроводе добивались необходимого расхода подаваемой жидкости, контролируемого расходомером 11. Манометром 5 контролировали давление, создаваемое насосом 4. Режим кавитации определяли по показаниям вакуумметра 7. Исследования проводились в следующих диапазонах технологических параметров: давление подаваемого газа – атмосферное, линейная скорость газового потока – 0.3 м/с, концентрация NO_x – 6,5 – 7 об. %, концентрация подаваемой кислоты – от 20 до 45 масс. %, температура – 8 – 10 °С.

В результате проведенных исследований были получены экспериментальные данные, которые представлены в таблице. Нами были просчитаны равновесные значения степени переработки NO_2 в HNO_3 для указанных диапазонов концентраций кислоты, которые также приведены в таблице.

Таблица

Результаты экспериментальных исследований

№ опыта	Газ на входе в абсорбционную колонну		Кислота, масс. %						Равновесная степень переработки, %	Экспериментальная степень переработки, %	Режим абсорбции
			исходная			продукционная					
	NO_x об. %	Окисленность, %	C_{HNO_3}	$C_{\text{N}_2\text{O}_4}$	$C_{\text{HNO}_3}^{\text{i} \delta \text{a.}}$	C_{HNO_3}	$C_{\text{N}_2\text{O}_4}$	$C_{\text{HNO}_3}^{\text{i} \delta \text{a.}}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6,50	78	20,5	0,04	20,46	21,1	0,11	20,98	71,0	39,1	без кавитации
2			20,5	0,04	20,46	22,4	0,13	22,26	70,5	47,0	с кавитацией
3			20,5	0,04	20,46	22,6	0,14	22,45	70,9	47,3	с кавитацией
4	6,78	75	37,1	0,06	37,05	38,7	0,18	38,55	57,5	31,4	без кавитации
5			37,1	0,06	37,05	39,9	0,21	39,73	57,0	42,1	с кавитацией
6			37,1	0,06	37,05	39,1	0,20	38,93	57,3	42,0	с кавитацией
7	6,45	82	40,8	0,09	40,73	42,5	0,22	42,33	53,5	24,8	без кавитации
8			40,8	0,09	40,73	43,8	0,22	43,59	53,3	38,1	с кавитацией

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9			40,8	0,09	40,73	44,0	0,27	43,8	53,1	38,5	с кавитацией
10	6,84	80	44,6	0,11	44,52	46,1	0,26	45,85	48,2	9,1	без кавитации
11			44,6	0,11	44,52	48,5	0,38	48,23	48,4	35,4	с кавитацией
12			44,6	0,11	44,52	48,4	0,4	48,11	48,3	35,2	с кавитацией

На основании приведенных результатов получена зависимость степени переработки оксидов азота от концентрации азотной кислоты (рис. 2).

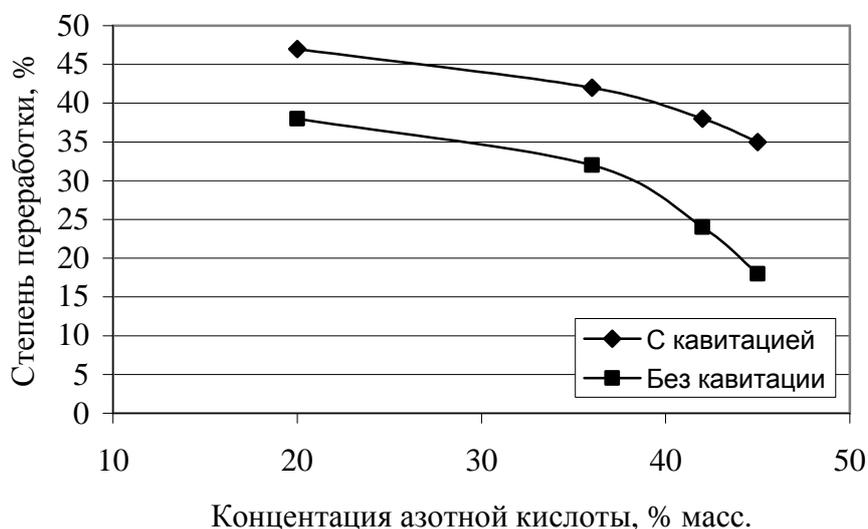


Рис. 2. Зависимость степени переработки оксидов азота от концентрации азотной кислоты

Анализ полученных данных свидетельствует о влиянии эффекта кавитации на степень переработки NO_x в сторону ее увеличения, а также отмечено неоднозначное влияние кавитации при подаче в абсорбционную колонну растворов азотной кислоты различной концентрации, что иллюстрируется приведенными графическими зависимостями.

Исследования в данном направлении продолжаются для всесторонней оценки данного эффекта на показатели процесса кислотообразования.

Список литературы: 1. Калашиников Я.А. Физическая химия веществ при высоких давлениях / Я.А. Калашиников. – М.: Высшая школа, 1987. – 241 с. 2. Дейли Р. Кавитация / Р. Дейли, Ф. Дж. Хэттит. – М.: Мир, 1985. – 680 с. 3. Ивченко В.М. Кавитационная технология / В.М. Ивченко, В.А. Кулагин, А.Ф. Немчин. – Красноярск: Красноярский ун-т, 1990. – 200 с.