

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»

Кафедра АХТС и ЭКМ

Доклад
ассистента Литвиненко А.А.
на тему:

**Оптимизация абсорбционного метода
очистки отходящих газов от оксидов
азота в производстве азотной кислоты**

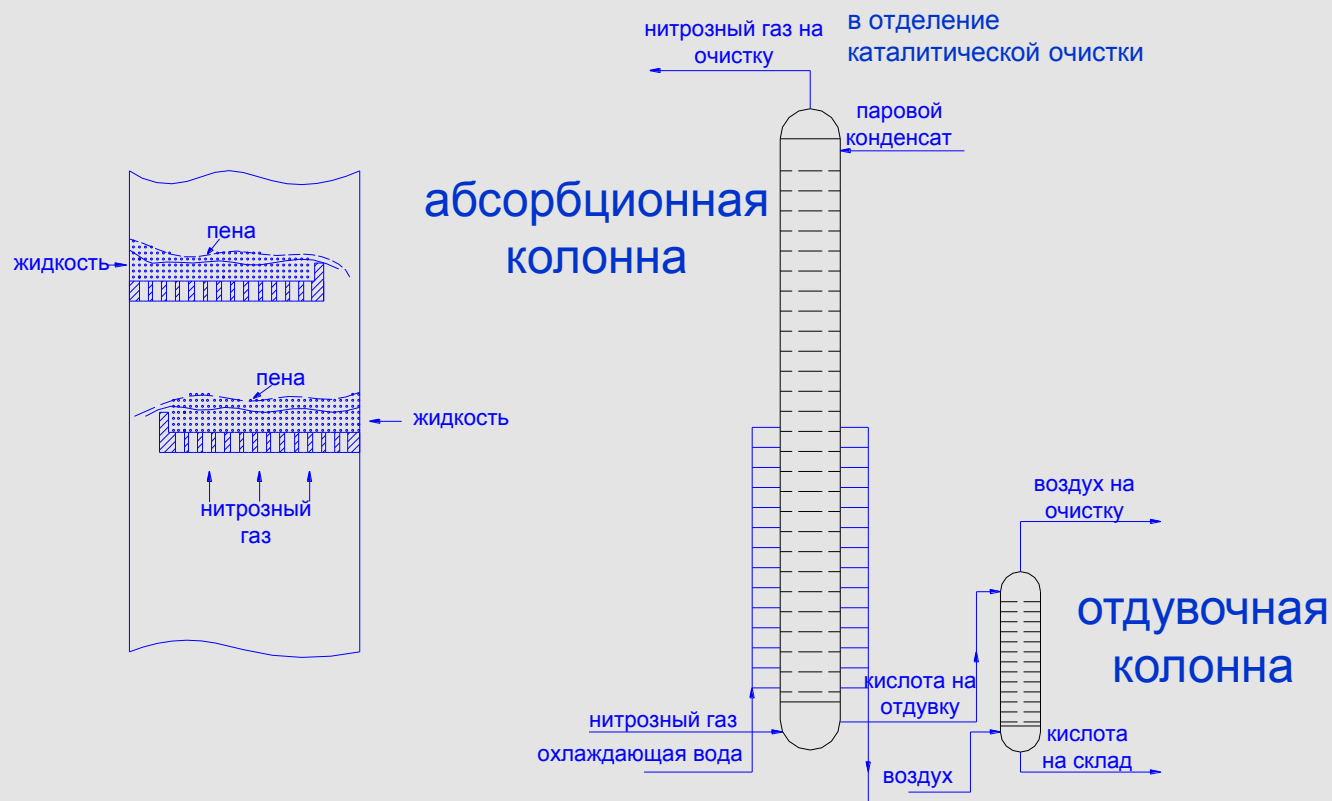
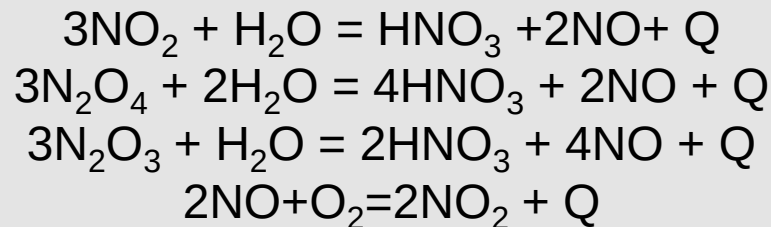


Рисунок 1 Разрез абсорбционной колонны (слева) схема абсорбционной колонны (справа)

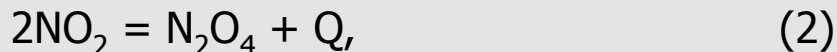
Реакции, происходящие при абсорбции оксидов азота в колонне синтеза



При окислении NO кислородом воздуха образуется диоксид азота

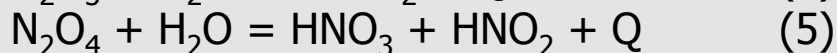
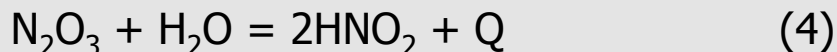


который может полимеризоваться до N_2O_4 и взаимодействовать с NO с образованием оксида азота III (N_2O_3):

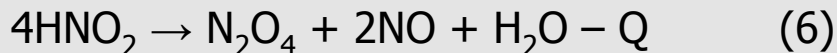


В реальных условиях непрерывно протекающих процессов окисления и кислотообразования равновесие не достигается, поэтому в газах присутствуют все указанные оксиды азота – NO, NO_2 , N_2O_3 и N_2O_4 .

Присутствующие в нитрозных газах контактного окисления аммиака ди-, три- и тетраоксиды азота (NO_2 , N_2O_3 и N_2O_4) способны взаимодействовать с водой. Так, триоксид образует с водой азотистую кислоту, а тетраоксид – азотистую и азотную кислоты:



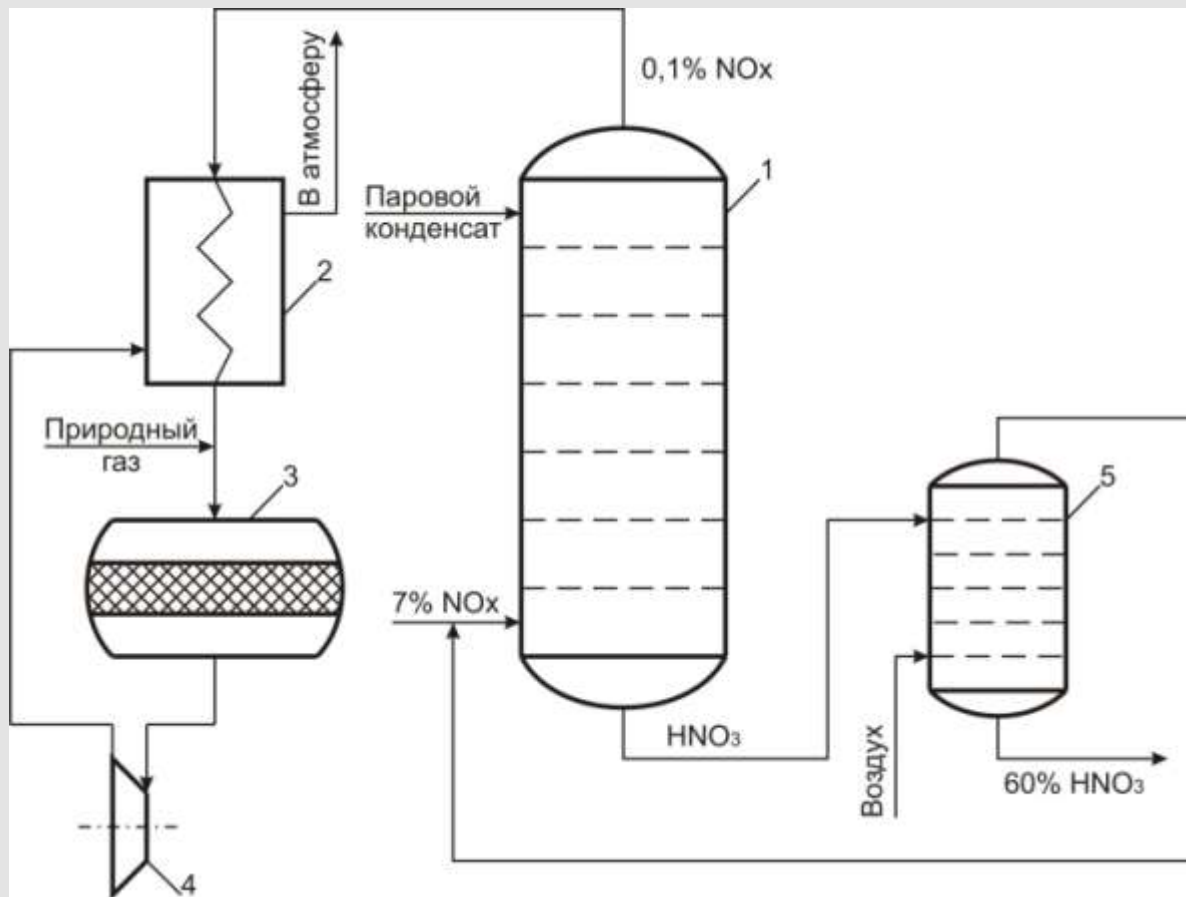
Азотистая кислота – неустойчивое соединение и в растворах азотной кислоты разлагается:



Суммарный процесс разложения с учетом протекания обратных реакций (5) и (6) можно записать в виде:



Образующийся оксид азота NO в растворах примерно до 56-57%-ной азотной кислоты частично окисляется в жидкой фазе до NO_2 , а в основном в газовой – после выделения из раствора.

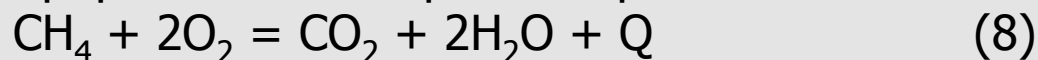


1 - абсорбционная колонна 2 – подогреватель 3 - реактор каталитической очистки
4 - газовая турбина 5 - продувочная колонна

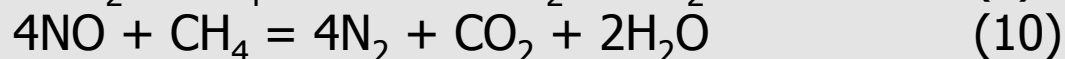
Рисунок 2 Существующая схема очистки отходящих газов от NOx

Процесс восстановления оксидов азота протекает в среде практически не содержащей кислорода. Поэтому **первой стадией** каталитической очистки является «**выжигание» кислорода**, которое определяется повышением температуры газовой среды. Оптимальное содержание кислорода на выходе из колонны не должно быть менее 3% O₂, что определяется условиями окисления NO до NO₂ (самой лимитирующей стадией всего процесса получения HNO₃).

При применении природного газа проходит реакция

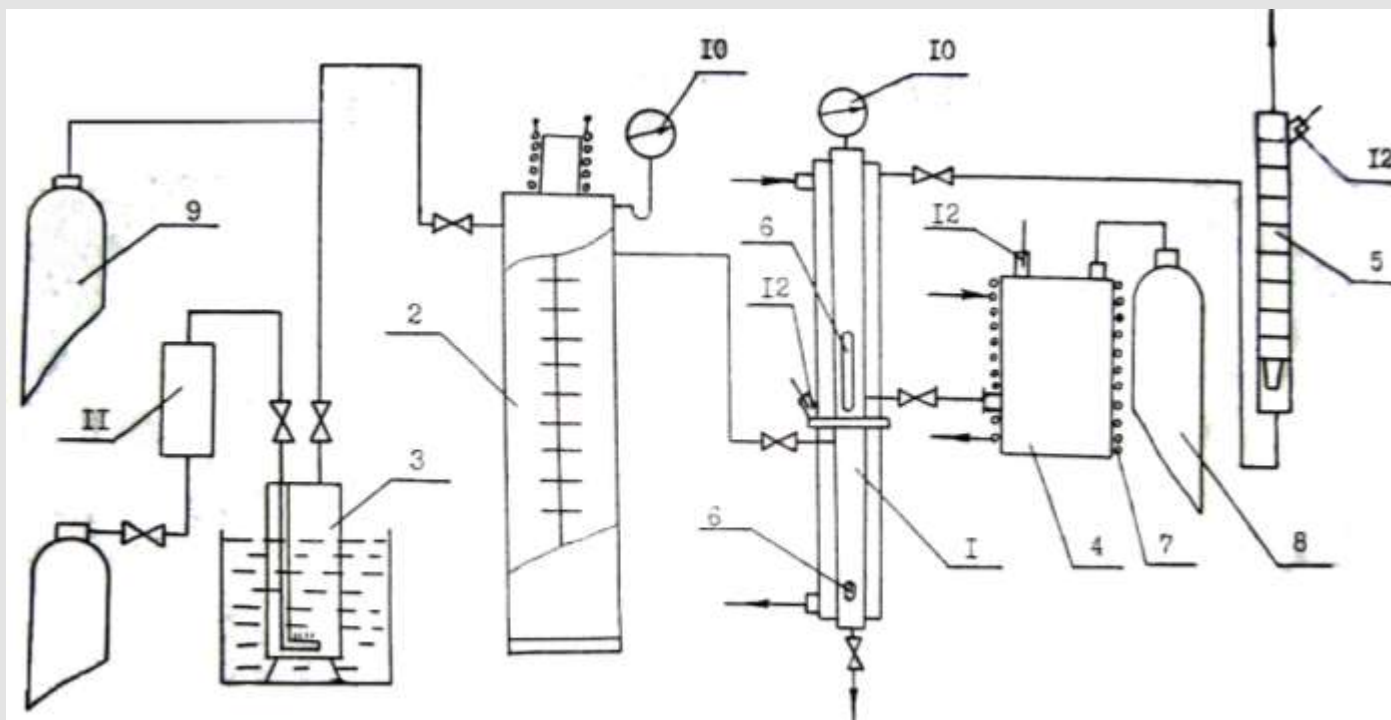


и только на **второй стадии идет восстановление NO и NO₂ до свободного азота (N₂)**:



В промышленности Украины в качестве катализатора используют таблетированный оксид алюминия, на который наносится 2% Pd. Процесс протекает при 700°C. Для достижения остаточной концентрации оксидов азота 0,002%–0,008% в процессе восстановления поддерживают примерно 10%-ный избыток природного газа против стехиометрического.

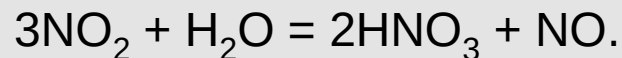
В агрегатах под давлением 0,716 МПа (**УКЛ**) на 1 т азотной кислоты расходуется **120 м³** природного газа и выдается на сторону **5,32 ГДж** пара, а в агрегатах под давлением 1,072 МПа (**АК-72**) – **82 м³** природного газа и выдается **4,99 ГДж** пара. Однако, рост стоимости природного газа заставляет изыскивать другие способы очистки от NO_x.



- 1 - абсорбционная колонна 2 – смеситель 3 – испаритель 4 – напорный бак
 5 – ротаметр 6 – смотровое стекло 7 – змеевик 8 – баллон с азотом
 9 – баллон с NO_x 10 – манометры 11 – фильтр 12 – термометры

Рисунок 3 Схема экспериментальной установки

Суммарный процесс абсорбции характеризуется уравнением:



Эта реакция является обратимой и условия прямой и обратной реакции различны. Нами установлено, что под давлением 3,5–15атм. 60%-ная кислота только физически поглощает 2–0,05%-ные окислы азота с образованием сольватов типа $\text{HNO}_3 \cdot \text{NO}_x$.

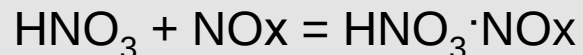
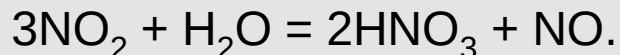


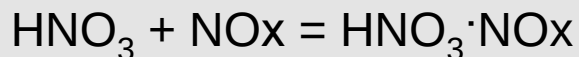
Таблица 1 Зависимость концентрации N_2O_4 в жидкой фазе от концентрации газа на входе

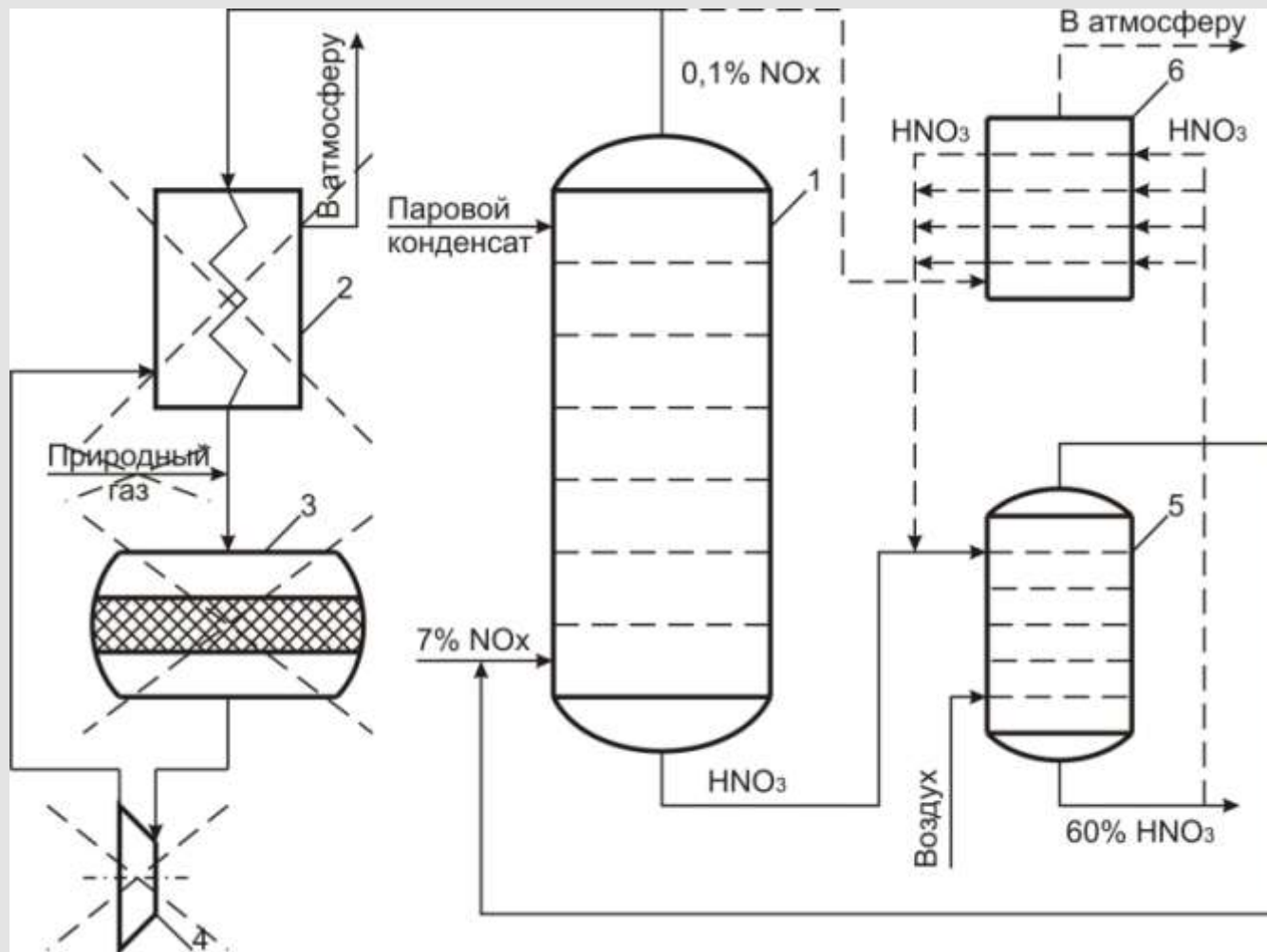
№ п/п	Концентрация газа на входе, %об.	Степень окисленности, α , д.е.	Концентрация до поглощения		Концентрация после поглощения	
			$C_{HNO_3}, \%$	$C_{N_2O_4}, \%$	$C_{HNO_3}, \%$	$C_{N_2O_4}, \%$
1	1,0	0,5	58,6	0,02	59,0	0,35
2	0,5	0,5	58,6	0,02	58,9	0,25
3	0,08	0,5	58,6	0,02	58,8	0,20
4	1,0	0,5	58,6	0,38	58,6	0,38
5	0,5	0,5	58,6	0,25	58,65	0,252
6	0,08	0,5	58,6	0,20	58,7	0,22

Суммарный процесс абсорбции характеризуется уравнением:



Эта реакция является обратимой и условия прямой и обратной реакции различны. Нами установлено, что под давлением 3,5–15 атм. 60%-ная кислота только физически поглощает 2–0,05%-ные окислы азота с образованием сольватов типа $HNO_3 \cdot NO_x$.





1 - абсорбционная колонна 2 – подогреватель 3 - реактор каталитической очистки
 4 - газовая турбина 5 - продувочная колонна 6 - абсорбционная колонка

Рисунок 5 Предлагаемая схема очистки отходящих газов от NO_x

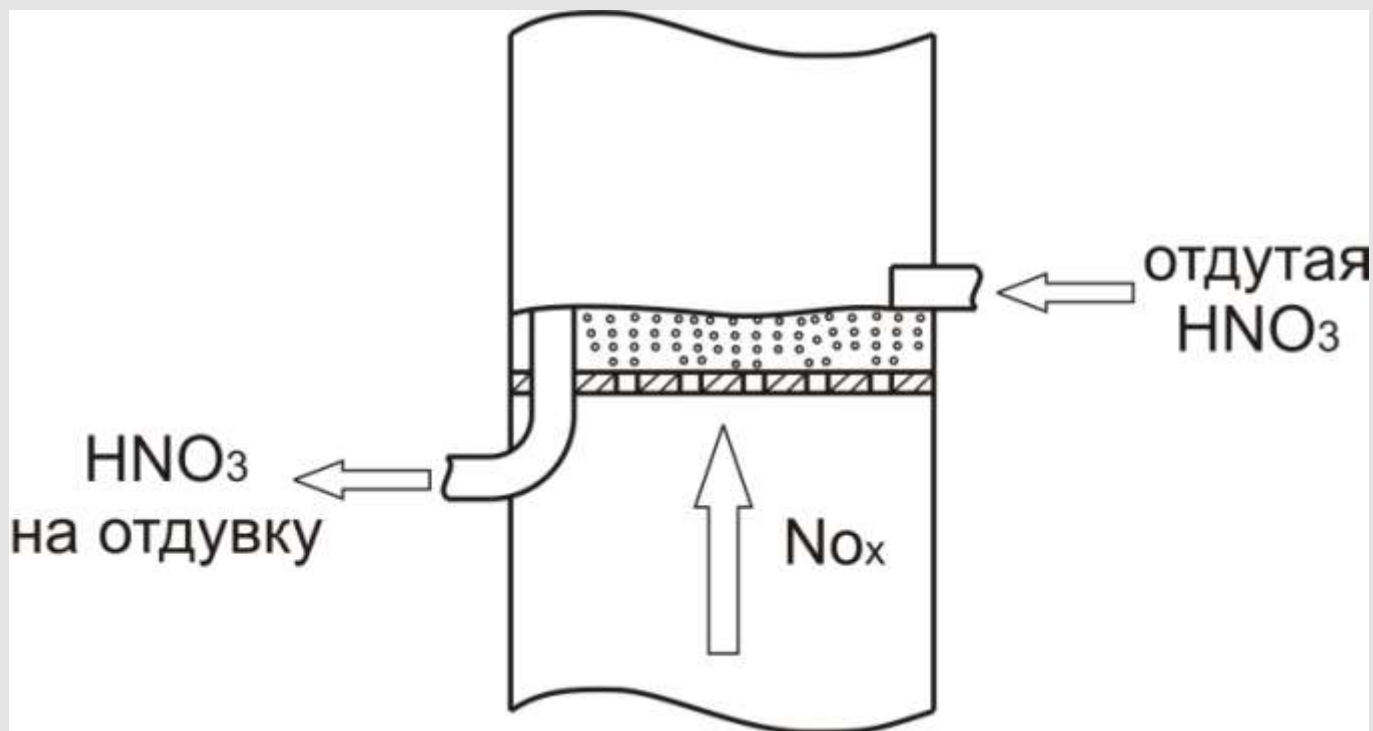


Рисунок 3 Разрез абсорбционной колонки для поглощения
низкоконцентрированного нитрозного газа

Спасибо за внимание