

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПО ТЕМЕ «ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ АММИАКА»

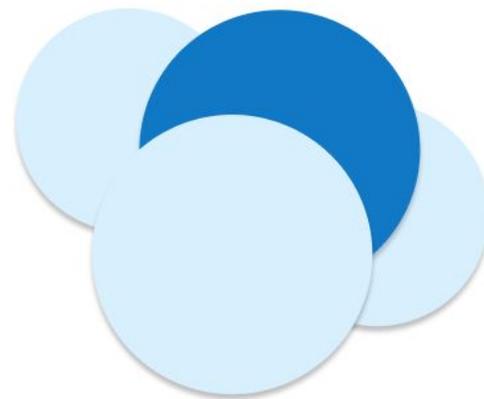
Выполнили: студенты 191 группы

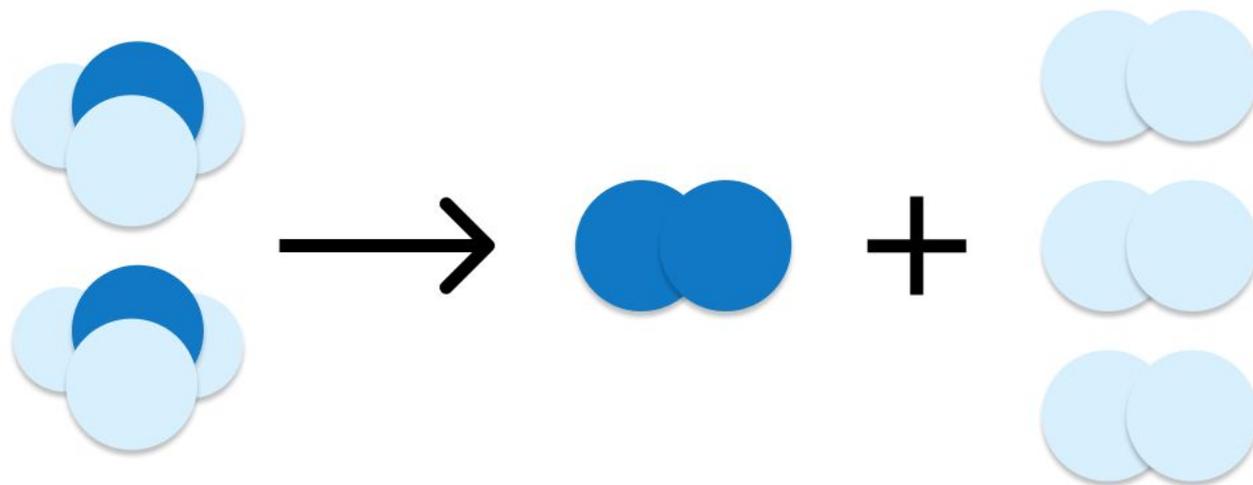
Додин И.И.

Ситдикова Д.А.

Содержание

- Введение
- Сырьё. Аммиак
- Продукты. Водород
- Продукты. Азот
- Физико-химические характеристики
исследуемого процесса
- Технологическая схема
- Выводы
- Источники





Разложение аммиака – реакция, в результате которой из аммиака образуются водород и азот

Сырье. Аммиак



В промышленности получают из азота и водорода.
Метод был разработан Фрицем Габером.



Компания	2007, тыс.т
ОАО «Тольяттиазот»	2 403,3
ОАО НАК «Азот»	1 514,8
ОАО «Акрон»	1 114,2
ОАО «Невинномысский азот»	1 087,2

Крупные производители аммиака

Транспортировка



Продукты. Водород



3

Получение аммиака
и хлороводорода

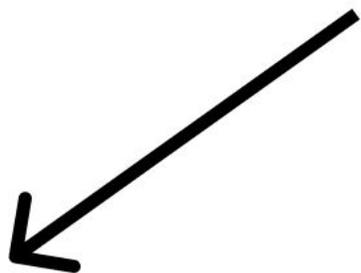
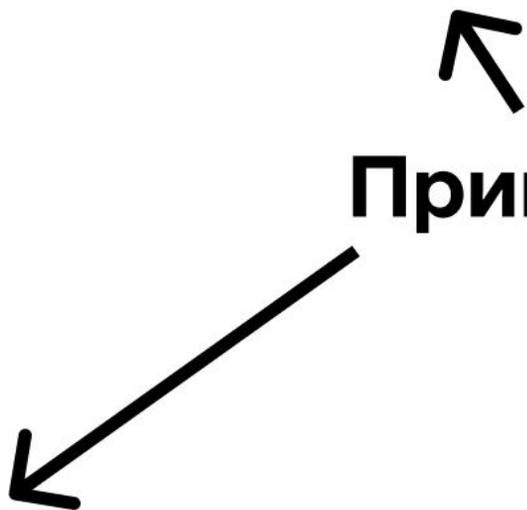
В качестве топлива в
ракетных двигателях

Применение водорода

Резка и сварка
металлов

Получение
органических
веществ

Восстановление
металлов из оксидов



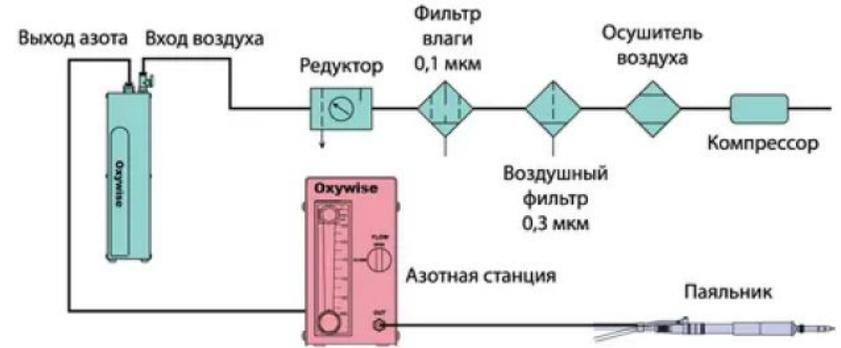
Продукты. Азот



Электроника

4

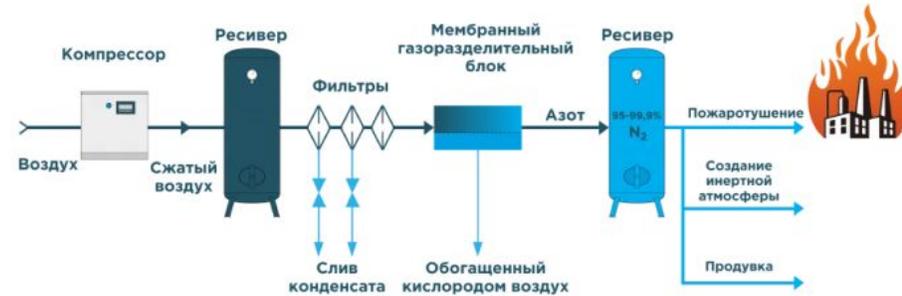
Металлургия
(травление металлов)



Коксохимическое
производство

Применение азота

Очистка



Пожаротушение



Физико-химические характеристики

5

Формула	<input type="text" value="NH3(g)"/>	Сост.	<input type="text" value="(g)"/>	Кл. точности	<input type="text" value="2-C"/>	P(ст.) = 1	<input type="text" value="атм"/>
Название	<input type="text" value="Ammonia"/>	Мол. масса	<input type="text" value="17,0304"/>	<input type="text" value="г/моль"/>			
Реакция	<input type="text" value="NH3(g)=N(g)+3H(g)"/>		DHR	<input type="text" value="1157,85999"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>		
<hr/>							
$\Delta H(0)$	<input type="text" value="-38,946"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>	$C_p(298)$	<input type="text" value="35,63"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>		
$\Delta H(298)$	<input type="text" value="-45,94"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>	$S(298)$	<input type="text" value="192,659"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>		
$S(яд.)$	<input type="text" value="26,648"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>	$H(298)-H(0)$	<input type="text" value="10,043"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>		

Формула	<input type="text" value="N2(g)"/>	Сост.	<input type="text" value="(g)"/>	Кл. точности	<input type="text" value="1-C"/>	P(ст.) = 1	<input type="text" value="атм"/>
Название	<input type="text" value="Dinitrogen"/>	Мол. масса	<input type="text" value="28,0134"/>	<input type="text" value="г/моль"/>			
Реакция	<input type="text" value="N2(g)=2N(g)"/>		DHR	<input type="text" value="941,64001"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>		
<hr/>							
$\Delta H(0)$	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>	$C_p(298)$	<input type="text" value="29,124"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>		
$\Delta H(298)$	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>	$S(298)$	<input type="text" value="191,498"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>		
$S(яд.)$	<input type="text" value="18,641"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>	$H(298)-H(0)$	<input type="text" value="8,67"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>		

Формула	<input type="text" value="H2(g)"/>	Сост.	<input type="text" value="(g)"/>	Кл. точности	<input type="text" value="1-A"/>	P(ст.) = 1	<input type="text" value="атм"/>
Название	<input type="text" value="Dihydrogen"/>	Мол. масса	<input type="text" value="2,0158"/>	<input type="text" value="г/моль"/>			
Реакция	<input type="text" value="H2(g)=2H(g)"/>		DHR	<input type="text" value="432,07001"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>		
<hr/>							
$\Delta H(0)$	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>	$C_p(298)$	<input type="text" value="28,836"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>		
$\Delta H(298)$	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>	$S(298)$	<input type="text" value="130,57001"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>		
$S(яд.)$	<input type="text" value="11,552"/>	<input type="text" value="Дж/моль * К"/>	$H(298)-H(0)$	<input type="text" value="8,468"/>	<input type="text" value="кДж/моль"/>		

Физико-химические характеристики

6

$$U = \left(\frac{K1}{P} \right) \cdot \left(\left(\frac{P_{NH_3}}{P_{H_2}^{1.5}} \right)^{0.25} - \frac{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^{1.5}}{P_{NH_3} \cdot KP} \right) \quad \text{- кинетическое уравнение}$$

$$K1 = 18.56 \cdot 10^9 \cdot e^{\frac{-142630}{8,31 \cdot T}} \quad \text{- уравнение Аррениуса}$$



T	DG(T)	DCp(T)	DH(T)	DS(T)	DF(T)
C	кДж/моль	Дж/моль*К	кДж/моль	Дж/моль*К	Дж/моль*К
300	-25,5766	29,1983	102,1465	222,8442	180,5262
400	-48,0869	23,6943	104,7856	227,1003	187,1483
500	-70,9533	18,8962	106,9091	230,049	192,518
600	-94,0668	14,8129	108,5888	232,0972	196,9408
700	-117,3519	11,3852	109,8936	233,5153	200,6308
800	-140,7551	8,5216	110,8846	234,487	203,7433
900	-164,2386	6,1144	111,6131	235,1376	206,3935
1000	-187,7748	4,0467	112,1188	235,5525	208,6689
1100	-211,3431	2,1964	112,4297	235,7884	210,6362
1200	-234,9277	0,4384	112,5612	235,8816	212,3475
1300	-258,5156	-1,2297	112,5192	235,8547	213,8433
1400	-282,0958	-2,592	112,3258	235,7359	215,1557

Изменение
характеристик
в зависимости
от температуры

Физико-химические характеристики

7

- Эндотермическая реакция, требующая 383 кДж/моль
- Процесс проводят при повышенной температуре в диапазоне 850-950°C
- С ростом температуры степень диссоциации аммиака возрастает
- Используются катализаторы марок ТК и СА

Катализатор марки ТК



Физико-химические характеристики

8

Характеристики катализатора марки ТК:

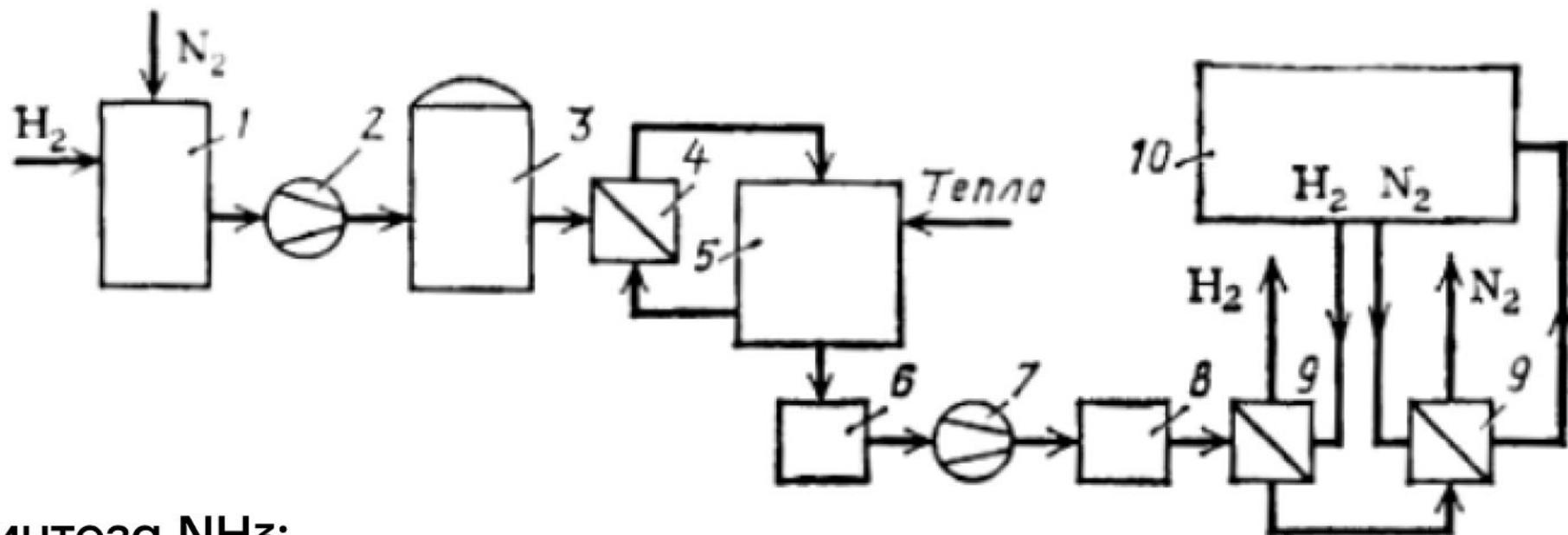
Марка	ТК-100	ТК-200
Форма гранул*	Цилиндр с внутренними каналами	Рифленое кольцо
Форма каналов	Секторы	
Размеры гранул, мм*		
диаметр внешний	19,0-21,0	10,0-16,0
диаметр внутренний	-	2,5-3,5
длина	-	15,0-20,0
Соотношение внешний диаметр : длина гранулы	1:1	-
Число внутренних каналов в грануле	5-7	1
Насыпная плотность, г/см ³ , в пределах	0,85-0,95	0,4-0,6
Массовая доля потерь при прокаливании, %, не более	2,0	5,0
Содержание примесей, % масс., не более		
Na ₂ O+K ₂ O	2,5	0,8
Fe	0,3	0,4
Содержание основного вещества Al ₂ O ₃ , % масс., не менее	-	99,0
Механическая прочность на раздавливание, кг/гран., не менее		
Осевая	80,0	10,0
Радиальная	20,0	3,0
Массовая доля частиц менее 1 мм, %, не более	0,5	0,5
Удельная поверхность, м ² /г, не менее	-	100
Общий объем пор, см ³ /г, не менее	-	0,4

Характеристики катализатора марки СА:

Показатель	СА-1 (окисленный)		СА-1В (восстановленный)	
	гранулированный	дробленный	гранулированный	дробленный
Внешний вид	Гранулы округлой формы чёрного цвета	Зёрна неправильной формы чёрного цвета	Гранулы округлой формы чёрного цвета	Зёрна неправильной формы чёрного цвета
Содержание, % мас. железа мет.	Не нормируется	Не нормируется	72	72
оксида железа II (FeO)	32–38	32–38	Не норм-ся	Не норм-ся
калия (K ₂ O)	0,7–1,8	0,7–1,0	0,7–2,2	0,7–1,2
алюминия (Al ₂ O ₃)	3,0–4,0	3,0–4,0	3,5–5,2	3,5–5,2
кальция (CaO)	2,0–3,0	2,0–3,0	2,5–4,0	2,5–4,0
кремния (SiO ₂), не более	2,2	0,7	2,8	0,9
Плотность насыпная, г/см ³	2,0–3,0	2,5–3,0	1,5–2,4	1,8–2,4

Технологическая схема

9



1 – установка синтеза NH_3 ;

2 – компрессор для дальнего транспортирования NH_3 ;

3 – хранилище для NH_3 ; 4 – испаритель жидкого NH_3 ;

5 – реактор для крекинга NH_3 (940-1020 K) на железном катализаторе;

6 – предварительный холодильник; 7 – компрессор:

8 – емкость сжатой азотно-водородной смеси; 9 – теплообменник;

10 – ожижитель (отделение H_2 от N_2)

- Процесс необходимо проводить при повышенных температурах и давлении 0,1МПа
- В качестве катализатора используются никель, катализаторы марок ТК и СА
- Рекомендуется дополнительно использовать блок очистки от примесей

Список использованной литературы

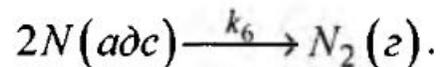
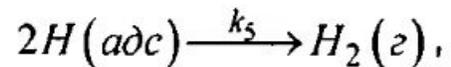
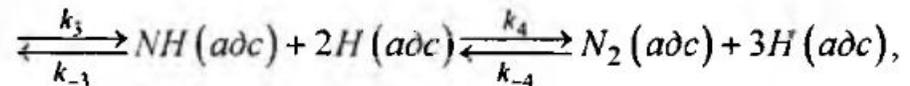
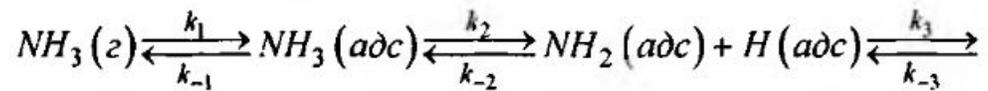
- Карапетьянц М. Х. Общая и неорганическая химия. — М.: Химия, 1981.
- Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. — М.: Высшая школа, 2001.
- Трифонов Д. Н., Трифонов В. Д. Как были открыты химические элементы. — М.: Просвещение, 1980.
- Некрасов Б. В. Основы общей химии. Т. 1. — М.: Химия, 1973.
- Малина И. К. Синтез аммиака // Книга для чтения по неорганической химии. Пособие для учащихся. Ч. II. — М.: Просвещение, 1975.
- Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. изд./Д. Ю. Гамбург, В. П. Семенов, Н. Ф. Дубовкин, Л. Н. Смирнова; под ред. Д. Ю. Гамбурга, Н. Ф. Дубовкина. — М.: Химия, 1989.



**ГЕТЕРОГЕННОСТЬ
ПРОЦЕССА
РАЗЛОЖЕНИЯ АММИАКА**

ЛИМИТИРУЮЩАЯ СТАДИЯ

Реакция разложения NH_3 на каталитической поверхности может быть выражена следующей последовательностью молекулярных шагов

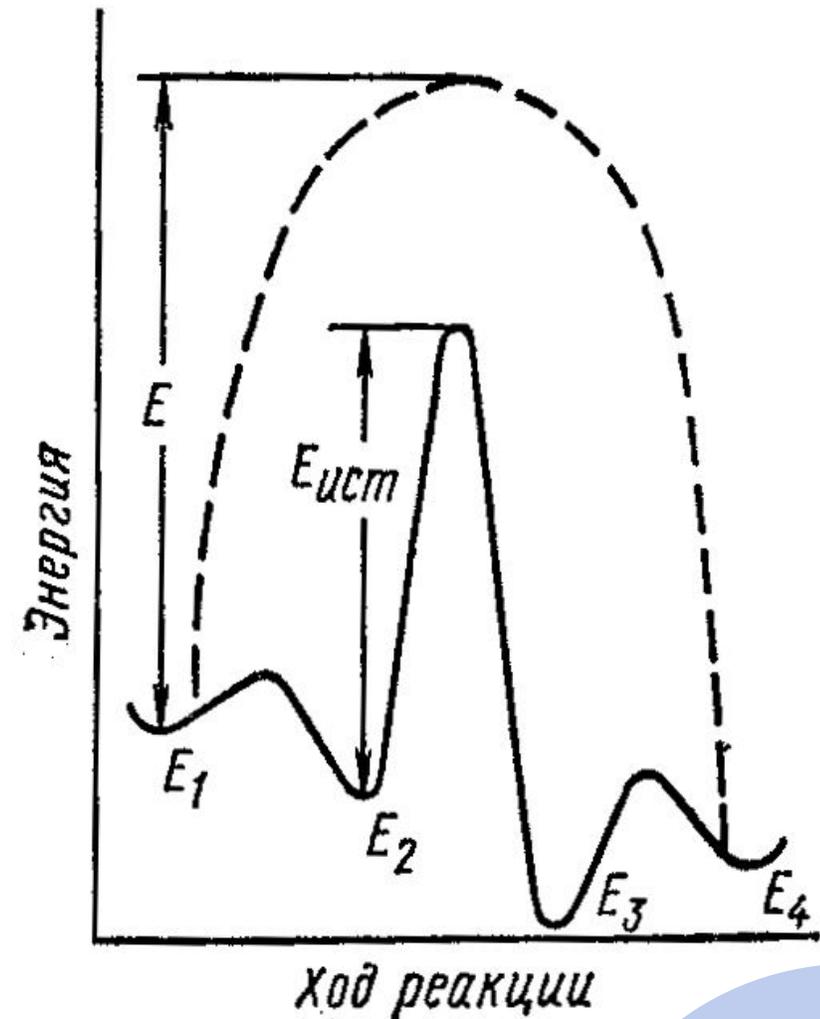


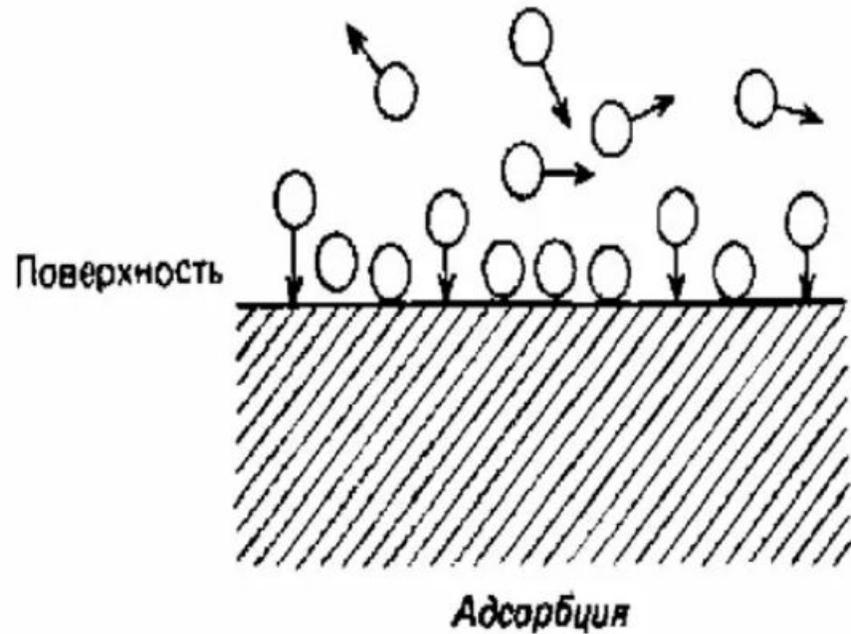
Общая скорость гетерогенного каталитического процесса определяется скоростями отдельных стадий и лимитируется самой медленной из них.

Общая скорость процесса разложения аммиака лимитируется адсорбцией, происходящей во внешнедиффузионной области.

Соответственно, разложение аммиака является быстрой реакцией 1-го порядка.

Основное сопротивление процесса сосредоточено в газовой фазе.





На поверхности катализатора образуется “пленка” из молекул аммиака, происходит разрыв связей и образование молекул водорода и азота.