**1. Исходные данные для расчета**

1. В холодильник-конденсатор поступает 5000 нм³/ч нитрозных газов.
2. Состав газа на входе, %об.: NO – 2, NO2 – 8,35, O2 – 1,92, N2 – 70,80, Н2О – 16,93.
3. Давление в системе 7,5 атм.
4. Степень превращения окислов азота при абсорбции – 0,98.
5. В расчете теплового баланса определить количество охлаждающей воды.
6. Температура нитрозного газа на входе в холодильник – конденсатор – 160ºС.
7. Температура нитрозного газа на выходе из холодильника–конденсатора – 40ºС.
8. Степень конденсации водяных паров – 90 %.

**2. Материальный баланс холодильника-конденсатора**

Цель материального баланса: определение состава нитрозного газа после холодильника-конденсатора.

Таблица 1. Состав нитрозных газов, поступающих в холодильник-конденсатор

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состав | м3/ч | кг/ч | кмоль/ч | % (об.) |
| NO | 100 | 133,8 | 4,46 | 2 |
| NO2 | 417,5 | 857,44 | 18,64 | 8,35 |
| O2 | 96 | 137,152 | 4,286 | 1,92 |
| N2 | 3540 | 4425,008 | 158,036 | 70,80 |
| H2O | 846,5 | 680,22 | 37,79 | 16,93 |
| Всего | 5000 | 6233,62 | 223,212 | 100 |

В холодильнике – конденсаторе образуется конденсат, содержащий 40%-ную HNO3 , что соответствует степени превращения окислов азота 25 %.

Условно пересчитываем окислы азота, содержащиеся в нитрозном газе, на NO2:

(NO+ NO2)=4,46+18,64=23,1 кмоль/ч

1. Количество конденсата.

Количество двуокиси азота, превращенной в азотную кислоту, составит:

23,1\*0,25=5,775 кмоль/ч

На образование азотной кислоты по реакции

4 NO2 + O2 +2Н2О = 4HNO3 - 73600 кДж

расходуется воды: 5,775 / 2 = 2,887 кмоль/ч.

Количество сконденсировавшейся воды x, пошедшей на образование 40%-ной HNO3 , можно вычислить по уравнению:



36382,5=14553+720x

x= 30,32 кмоль/ч

Всего сконденсировалось воды:

2,887 + 30,32 = 33,21 кмоль/ч

В газе осталось водяных паров:

37,79 – 33,21 =4,58 кмоль/ч

Количество образовавшейся 40%-ной HNO3 :

5,775 + 30,32 = 36,095 кмоль/ч

2. Количество и состав газа после холодильника.

На образование HNO3 пошло кислорода:

5,775\*0,25 = 1,444 кмоль/ч

В газе осталось:

кислорода

4,286 - 1,444=2,842 кмоль/ч

окислов азота

23,1 – 5,775=17,325 кмоль/ч

Таблица 2. Состав нитрозных газов, выходящих из холодильника-конденсатора

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состав | м3/ч | кг/ч | кмоль/ч | % (об.) |
| NO | 99,904 | 133,8 | 4,46 | 2,44 |
| NO2 | 288,176 | 591,79 | 12,865 | 7,04 |
| O2 | 63,661 | 90,944 | 2,842 | 1,55 |
| N2 | 3540,006 | 4425,008 | 158,036 | 86,46 |
| H2O | 102,592 | 82,44 | 4,58 | 2,51 |
| Всего | 4094,339 | 5323,982 | 182,783 | 100 |

Таблица 3. Состав конденсата

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состав | м3/ч | кг/ч | кмоль/ч | %(об.) |
| HNO3 | 129,36 | 363,825 | 2,05 | 39,99 |
| H2O | 679,17 | 545,76 | 37,73 | 60,01 |
| Всего | 808,53 | 909,585 | 39,78 | 100 |

**3. Сводный материальный баланс холодильника–конденсатора**

Таблица 4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПРИХОД | | | | | РАСХОД | | | | |
| В-во | м3/ч | кг/ч | кмоль/ч | %(об.) | В-во | м3/ч | кг/ч | кмоль/ч | %(об.) |
| NO | 100 | 133,8 | 4,46 | 2 | NO | 99,904 | 133,8 | 4,46 | 2,01 |
| NO2 | 417,5 | 857,44 | 18,64 | 8,35 | NO2 | 288,176 | 591,79 | 12,865 | 5,78 |
| O2 | 96 | 137,152 | 4,286 | 1,92 | O2 | 63,661 | 90,944 | 2,842 | 1,28 |
| N2 | 3540 | 4425,01 | 158,036 | 70,80 | N2 | 3540,01 | 4425,01 | 158,04 | 71,06 |
| H2O | 846,5 | 680,22 | 37,79 | 16,93 | H2O | 102,592 | 82,44 | 4,58 | 2,06 |
|  |  |  |  |  | H2O  конд-ат | 679,17 | 545,76 | 37,73 | 16,96 |
|  |  |  |  |  | HNO3  конд-ат | 129,36 | 363,825 | 2,05 | 0,92 |
| Всего | 5000 | 6233,62 | 223,212 | 100 | Всего | 4902,873 | 6233,57 | 222,39 | 100 |

Неувязка материального баланса составляет:



Она не превышает 1 %, соответственно материальный баланс рассчитан верно.

*Тепловой баланс холодильника – конденсатора*

Цель теплового баланса: расчёт тепловых потоков.

1. Теплоту, приносимую с нитрозным газом, находим по формуле,

,

где ni – количество вещества исходных реагентов, кмоль/ч (материальный баланс);

ci – средняя удельная теплоемкость компонентов, кДж / (кмоль К);

tвх,i – температура входного потока, ºС.

Находим среднюю теплоёмкость компонентов нитрозного газа по формулам:



 кДж / (кмоль К)



 кДж / (кмоль К)



 кДж / (кмоль К)



 кДж / (кмоль К)



 кДж / (кмоль К)

Таблица 3. Средняя теплоёмкость нитрозного газа

|  |  |
| --- | --- |
| Компоненты | Теплоёмкость, |
| NО | 30,53 |
| N2 | 29,44 |
| NO2 | 39,86 |
| O2 | 29,78 |
| H2O | 34,15 |

Рассчитаем среднюю теплоёмкость нитрозного газа по правилу аддитивности:

;

.

Q1 =223,212\*31,136\*160 = 1111988,613 кДж/ч = 308,89 кВт.

1. Теплоту, поступающую за счет конденсации паров воды, определяем как:

Q2 = (2780 – 4,18\*40) 33,21\*18 = 1561879,584 кДж/ч = 433,85 кВт.

где 2780 кДж / кг – теплота конденсации водяного пара.

1. Теплоту при образовании азотной кислоты находим по формуле, кДж:

,

где q – теплота образования безводной HNO3 (по реакции), кДж; q=73600 кДж;

m – количество образовавшейся кислоты, кмоль/ч.( материальный баланс)

Q3 = кДж/ч = 29,52 кВт.

Теплота, выделяющаяся при разбавлении безводной кислоты до 40%-ной HNO3:

Q4 = 28400 \* 5,775 = 164010 кДж/ч = 45,56 кВт.

где 28400 – теплота разбавления азотной кислоты, кДж / моль.

Теплоту, отводимую нитрозным газом из конденсатора, находим по формуле, кДж:



где nj – количество вещества продуктов реакции, кг/ч, (материальный баланс); cj – средняя удельная теплоемкость компонентов, кДж / (кмоль К);

tкон,j – температура выходного потока, ºС.

 кДж / (кмоль К)

 кДж / (кмоль К)

 кДж / (кмоль К)

 кДж / (кмоль К)

 кДж / (кмоль К)

Таблица 3. Средняя теплоёмкость нитрозного газа

|  |  |
| --- | --- |
| Компоненты | Теплоёмкость, |
| NО | 30,12 |
| N2 | 29,18 |
| NO2 | 37,09 |
| O2 | 28,45 |
| H2O | 33,59 |

.

Q5 =182,787\*29,859\*40 = 218313,481 кДж/ч = 60,64 кВт.

Теплоту, отводимую с кислотой из холодильника – конденсатора находим как:

Q6 = кДж/ч = 30,73 кВт.

[3,041 – теплоемкость 40%-ной HNO3 при 40 ºС, кДж / (кг К)].

По разности между количествами приходящей и расходуемой теплоты определяем теплоту, отводимую охлаждающей водой:

Q7 = (308,89 + 433,85 + 29,52 + 45,56) – (60,64 + 30,73) = 726,45 кВт.

Таблица 5. Тепловой баланс холодильника–конденсатора

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПРИХОД | | | РАСХОД | | |
| Поток | кВт | % | Поток | кВт | % |
| Q1 | 308,89 | 37,77 | Q5 | 60,64 | 7,41 |
| Q2 | 433,85 | 53,05 | Q6 | 30,73 | 3,76 |
| Q3 | 29,52 | 3,61 | Q7 | 726,45 | 88,83 |
| Q4 | 45,56 | 5,57 |  |  |  |
| Всего | 817,82 | 100 | Всего | 817,82 | 100 |