

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Кафедра нефтехимии и химической технологии

КР принята с оценкой	
Соблюдение графика	
Оформление	
Мат.модель	
Расчет мат.баланса	
Расчет тепл.баланса	
Защита	
Итоговая	

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине «Химический процесс»

**Расчет материального и теплового баланса процесса получения
дихлорэтана хлорированием этилена**

направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных
материалов»

Студент гр. БТПи-17-01

М.Р. Валеев

Доцент кафедры НХТ

Н.В. Заиченко

Уфа 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Уфимский государственный нефтяной технический университет"
Кафедра нефтехимии и химической технологии

ЗАДАНИЕ

на выполнение курсовой работы (КР)

Студент Валеев Малик Рамилович

группа БТПи -17-01

1 Дисциплина "Химический процесс"

2 Тема КР "Расчет материального и теплового баланса процесса получения дихлорэтана хлорированием этилена"

3 Вариант 3.26

4 Исходные данные:

Производительность установки	3125 кг/ч
Состав технического хлора, % об.:	
хлор	95
углекислый газ	2
кислород	2,5
азот	0,5
Состав технического этилена, % об.:	
этилен	96
этан	2,5
метан	1
пропилен	0,5
количество образующегося трихлорэтана	3 % масс. от количества дихлорэтана
Избыток C_2H_4 , % масс.	5
Конверсия, %	
пропилена	100
хлора	100
Потери дихлорэтана, % масс.	3

5 Содержание КР:

- математическая модель химического процесса на уровне химической реакции для реакции (1) и (2);
- механизм химической реакции;
- блочная схема химического процесса;
- расчет материального баланса;
- расчет теплового баланса;
- заключение.

6 Календарный график выполнения КР

№ пп.	Наименование раздела КР	Срок сдачи, не позднее
1	Математическая модель, механизм химической реакции, блочная схема химического процесса	01.05.2020
2	Расчет материального и теплового балансов	10.05.2020
3	Защита	по графику

7 Защита КР – 38-40 недели

Задание выдал руководитель КР:

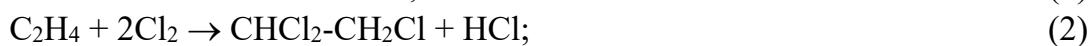
Доцент кафедры НХТ Н.В. Заиченко Дата выдачи

Задание получил:

Студент _____ Дата получения задания _____
(подпись) (инициалы, фамилия)

Описание процесса для составления операторной схемы и расчетов

Газообразный хлор и этилен после осушки разделяют и подают в барботажный реактор, заполненный продуктами реакции. Растворяясь в продуктах, газы реагируют друг с другом:



Температуру поддерживают не выше 50 °С с помощью выносного холодильника. Унесенные из реактора продукты конденсируют и отделяют, газы промывают водой и сбрасывают в атмосферу. Жидкие продукты нейтрализуют раствором щелочи в противоточном экстракторе и направляют на ректификацию.

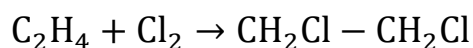
СОДЕРЖАНИЕ

1 Математическая модель химического процесса на уровне химической реакции для реакции (1) и (2).....	5
2 Механизм химической реакции.....	7
3 Блочная схема химического процесса.....	8
4 Расчет материального баланса.....	9
5 Расчет теплового баланса.....	13
Заключение.....	19
Список использованных источников.....	20

1 Математическая модель химического процесса на уровне химической реакции для реакции (1) и (2)

Математическое моделирование на уровне химической реакции заключается в исследовании химической реакции, лежащей в основе химического процесса. Химическая реакция протекает в молекулярном масштабе, и ее механизм и свойства не зависят от масштабов объема, в котором она проводится. Результатом исследований на этом уровне является кинетическая модель химической реакции – зависимость скорости реакции от условий протекания, независимо от того как они созданы.

Реакцию (1)



представим в виде:



Реакция является необратимой. Так как реакция протекает в газовой фазе, концентрации будут заменены на парциальные давления. Выразим скорость химической реакции:

$$r = k p_A p_B \quad (1.2)$$

$$p_A = p_{A0} \cdot (1 - x_A) \quad (1.3)$$

$$p_B = p_{B0} \cdot (1 - x_B) \quad (1.4)$$

С учетом полученных уравнений, запишем кинетическую модель:

$$r_1 = k_1 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0} \cdot (1 - x_B) \quad (1.5)$$

Реакцию (2)



представим в виде:



Реакция является необратимой. Так как реакция протекает в газовой фазе, концентрации будут заменены на парциальные давления. Выразим скорость химической реакции:

$$r = k p_A p_B^2 \quad (1.7)$$

$$p_A = p_{A0} \cdot (1 - x_A) \quad (1.8)$$

$$p_B = p_{B0} \cdot (1 - x_B) \quad (1.9)$$

С учетом полученных уравнений, запишем кинетическую модель:

$$r_2 = k_2 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0}^2 \cdot (1 - x_B)^2 \quad (1.10)$$

Так как реакции (1) и (2) являются сложно-параллельными появляется характеристика сложной реакции, связанная с соотношением скоростей образования продуктов. Поэтому модель строится как зависимость, связывающая дифференциальную селективность с влияющими параметрами реакции. Запишем уравнения дифференциальной селективности по двум реакциям:

$$S_1 = \frac{r_1}{r_1 + r_2} = \frac{k_1 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0} \cdot (1 - x_B)}{k_1 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0} \cdot (1 - x_B) + k_2 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0}^2 \cdot (1 - x_B)^2} \quad (1.11)$$

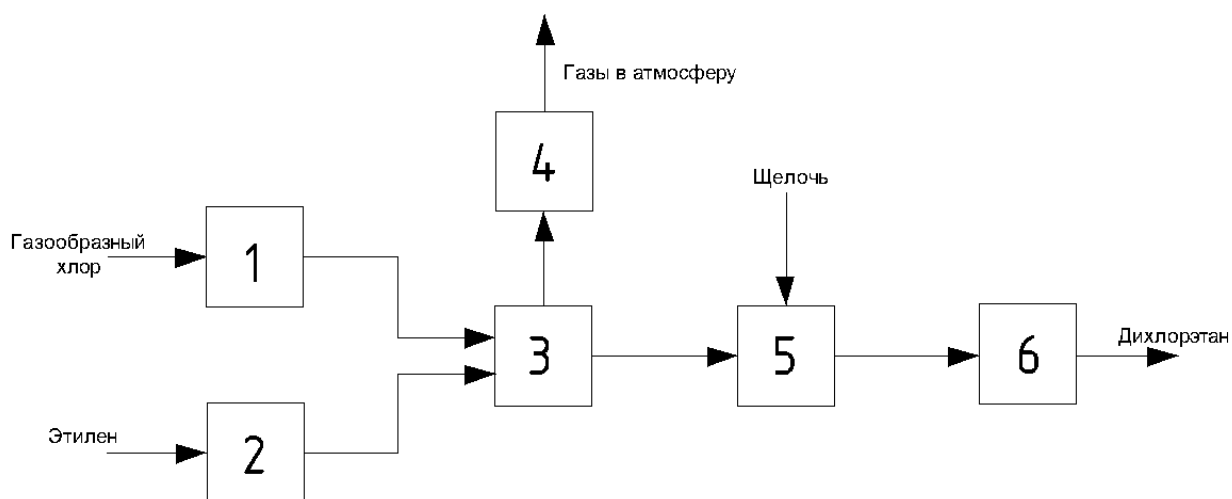
$$S_2 = \frac{r_2}{r_1 + r_2} = \frac{k_2 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0}^2 \cdot (1 - x_B)^2}{k_1 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0} \cdot (1 - x_B) + k_2 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0}^2 \cdot (1 - x_B)^2} \quad (1.12)$$

Принимаем С как целевой продукт, тогда запишем отношения дифференциальных селективностей:

$$S_{1/2} = S_1 / S_2 = \frac{k_1 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0} \cdot (1 - x_B)}{k_2 \cdot p_{A0} \cdot (1 - x_A) \cdot p_{B0}^2 \cdot (1 - x_B)^2} = \frac{k_1}{k_2} (p_{B0} \cdot (1 - x_B))^{-1} \quad (1.13)$$

3 Блочная схема химического процесса

Газообразный хлор и этилен после блока осушки отдельно подают в барботажный реактор, заполненный продуктами реакции. Растворяясь в продуктах, газы реагируют друг с другом. Температуру поддерживают не выше 50 °С с помощью выносного холодильника. Унесенные из реактора продукты конденсируют и отделяют в сепараторе, газы промывают водой и сбрасывают в атмосферу. Жидкие продукты нейтрализуют раствором щелочи в противоточном экстракторе и направляют в ректификационную колонну.



1 – блок осушки хлора; 2 – блок осушки этилена; 3 – реакторный блок; 4 – блок очистки отходящих газов; 5 – блок нейтрализации и экстракции жидких продуктов; 6 – блок ректификации

Рисунок 3.1 – Структурная (блочная) схема процесса получения дихлорэтана

4 Расчет материального баланса

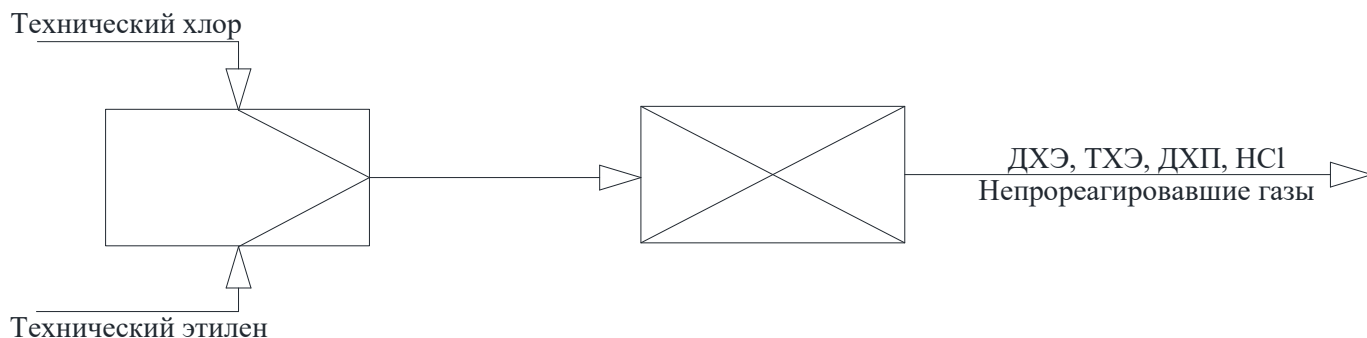


Рисунок 4.1 – Схема материального баланса процесса получения дихлорэтана.

Таблица 4.1 – Материальный баланс производства дихлорэтана хлорированием этилена (производительность установки – 3125 кг/ч)

Приход			Расход		
Компонент	кг/ч	% масс.	Компонент	кг/ч	% масс.
1 Технический этилен, в том числе:	988,91	29,04	1 Товарный $C_2H_4Cl_2$	3125	90,46
C_2H_4	948,68	27,85	2 $C_2H_3Cl_3$	93,75	2,71
C_2H_6	26,47	0,78	3 HCl	25,63	0,74
CH_4	6,35	0,19	4 $C_3H_6Cl_2$	19,941	0,58
C_3H_6	7,41	0,22	5 Газовый поток, в том числе:	190,07	5,50
2 Технический хлор, в том числе:	2416,91	70,96	CH_4	6,35	0,18
Cl_2	2353,41	69,10	CO_2	30,70	0,89
CO_2	30,70	0,90	O_2	27,91	0,81
O_2	27,91	0,82	N_2	4,88	0,14
N_2	4,88	0,14	C_2H_6	26,47	0,77
			6 Потери $C_2H_4Cl_2$	93,75	2,71
Итого	3405,82	100,00	Итого	3454,40	100,00

Найдем количество образующегося ТХЭ

$$G_{\text{ТХЭ}} = 0,03 \cdot G_{\text{ДХЭ}} = 0,03 \cdot 3125 = 97,75 \text{ кг/ч}$$

Найдем количества вещества ДХЭ и ТХЭ

$$\nu_{\text{ДХЭ}} = \frac{G_{\text{ДХЭ}}}{M_{\text{ДХЭ}}} = \frac{3125}{99} = 31,57 \text{ кмоль/ч}$$

$$\nu_{\text{ТХЭ}} = \frac{G_{\text{ТХЭ}}}{M_{\text{ТХЭ}}} = \frac{97,75}{133,5} = 0,70 \text{ кмоль/ч}$$

Зная, что $\nu_{\text{ДХЭ}} = \nu_{\text{этилен}}$ по первой реакции и $\nu_{\text{ТХЭ}} = \nu_{\text{этилен}}$ по второй реакции, следовательно, можно найти массы затрачиваемого этилена

$$G_{\text{этилен}} = \nu_{\text{этилен}} \cdot M_{\text{этилен}}$$

$$G_{\text{этилен}} = 31,57 \cdot 28 = 883,84 \text{ кг/ч} - \text{по первой реакции}$$

$$G_{\text{этилен}} = 0,70 \cdot 28 = 19,66 \text{ кг/ч} - \text{по второй реакции}$$

Аналогично с хлором, $\nu_{\text{ДХЭ}} = \nu_{\text{хлор}}$ по первой реакции и $2 \cdot \nu_{\text{ТХЭ}} = \nu_{\text{хлор}}$ по второй реакции, следовательно можно найти массы затрачиваемого хлора

$$G_{\text{хлор}} = \nu_{\text{хлор}} \cdot M_{\text{хлор}}$$

$$G_{\text{хлор}} = 31,57 \cdot 71 = 2241,16 \text{ кг/ч} - \text{по первой реакции}$$

$$G_{\text{хлор}} = 1,40 \cdot 71 = 99,72 \text{ кг/ч} - \text{по второй реакции}$$

Найдем суммарный расход этилена с учетом избытка

$$G_{\text{этилен}} = (883,84 + 19,66) \cdot 1,5 = 948,68 \text{ кг/ч}$$

Тогда суммарный объем этилена составит:

$$V_{\text{этилен}} = \frac{G_{\text{этилен}}}{M_{\text{этилен}}} \cdot 22,4 = \frac{948,68}{28} \cdot 22,4 = 758,941 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объем потока технического этилена:

$$V_{\text{т.э.}} = \frac{V_{\text{этилен}}}{x_{\text{этилен}}^{\text{об}}} = \frac{758,941}{0,96} = 790,546 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Зная объемный состав потока технического этилена, найдем объемы компонентов смеси. По индивидуальным объемам можно найти массовые расходы компонентов смеси по уравнению:

$$G_{\text{компонента}} = \frac{V_{\text{компонента}}}{22,4} \cdot M_{\text{компонента}}$$

Таблица 4.2 – Компоненты смеси потока технического этилена

Компонент	V, м³/ч	G, кг/ч
C ₂ H ₄	758,941	948,68
C ₂ H ₆	19,764	26,47
CH ₄	7,906	6,35
C ₃ H ₆	3,953	7,41
Итого	790,564	988,91

Для третьей реакции, исходя из известного количества поступившего пропилена, получим:

$$\nu_{\text{пропилен}} = \frac{G_{\text{пропилен}}}{M_{\text{пропилен}}} = \frac{7,41}{42} = 0,18 \text{ кмоль/ч} = \nu_{\text{хлор}} = \nu_{\text{ДХП}}$$

Массы веществ соответственно:

$$G_{\text{хлор}} = \nu_{\text{хлор}} \cdot M_{\text{хлор}} = 0,18 \cdot 71 = 12,53 \text{ кг/ч}$$

$$G_{\text{пропилен}} = \nu_{\text{пропилен}} \cdot M_{\text{пропилен}} = 0,18 \cdot 42 = 7,41 \text{ кг/ч}$$

$$G_{\text{ДХП}} = \nu_{\text{ДХП}} \cdot M_{\text{ДХП}} = 0,18 \cdot 113 = 19,94 \text{ кг/ч}$$

Суммарный расход хлора составит:

$$G_{\text{хлор}} = 2241,16 + 99,72 + 12,53 = 2353,41 \text{ кг/ч}$$

$$V_{\text{хлор}} = \frac{G_{\text{хлор}}}{M_{\text{хлор}}} \cdot 22,4 = \frac{2353,41}{71} \cdot 22,4 = 742,484 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объем потока технического хлора:

$$V_{\text{т.х.}} = \frac{V_{\text{хлор}}}{x_{\text{хлор}}^{\text{об}}} = \frac{742,484}{0,95} = 781,562 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Зная объемный состав потока технического хлора, найдем объемы компонентов смеси. По индивидуальным объемам можно найти массовые расходы компонентов смеси по уравнению:

$$G_{\text{компонента}} = \frac{V_{\text{компонента}}}{22,4} \cdot M_{\text{компонента}}$$

Таблица 4.3 – Компоненты смеси потока технического хлора

Компонент	V, м³/ч	G, кг/ч
Cl ₂	742,484	2353,41
CO ₂	15,631	30,70
O ₂	19,539	27,91
N ₂	3,908	4,88
Итого	781,562	2416,91

Найдем массовый расход образовавшейся соляной кислоты по второй реакции:

$$v_{\text{ТХЭ}} = v_{\text{HCl}} = 0,70 \text{ кмоль/ч}$$

$$G_{\text{HCl}} = v_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{HCl}} = 0,70 \cdot 36,5 = 25,63 \text{ кг/ч}$$

Потери дихлорэтана составили:

$$G_{\text{ДХЭ}}^{\text{потери}} = 0,03 \cdot 3125 = 93,75 \text{ кг/ч}$$

5 Расчет теплового баланса

Тепловой баланс процесса получения дихлорэтана хлорированием этилена приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Тепловой баланс производства дихлорэтана

Материальный поток и его компоненты	Масса потока, кг/ч	Температура потока, К	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Величина теплового потока, кДж/ч
1 Приход				
C ₂ H ₄	948,68	323	1,5582	499781
C ₂ H ₆	26,47	323	1,7567	15832
CH ₄	6,35	323	1,9883	4202
C ₃ H ₆	7,41	323	1,5212	3831
Cl ₂	2353,41	323	0,4766	370587
CO ₂	30,70	323	0,8439	8764
O ₂	27,91	323	0,9175	8154
N ₂	4,88	323	1,0393	1648
Тепло реакции (1)	-	-	-	102494
Тепло реакции (2)	-	-	-	2897
Тепло реакции (3)	-	-	-	548
Итого	3405,82			1018738
2 Расход				
C ₂ H ₄ Cl ₂	3125,00	426	0,6924	921809
C ₂ H ₃ Cl ₃	93,75	426	0,5135	20508
HCl	25,63	426	0,7805	8523
C ₃ H ₆ Cl ₂	19,94	426	0,8588	7295
CH ₄	6,35	426	2,3891	6465
CO ₂	30,70	426	0,9839	12869
O ₂	27,91	426	0,9633	11455
N ₂	4,88	426	1,0603	2206
C ₂ H ₆	26,47	426	2,2850	25766
Итого	3360,65	-	-	1016898

Для составления теплового баланса понадобятся термодинамические свойства веществ при стандартных условиях, приведенные в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Термодинамические свойства веществ при 298 К [4]

Вещество	ΔH°_{298} , кДж/моль	c_p , кДж/(моль · К)	c , кДж/(кг · К)
C ₂ H ₄	52,28	43,63	1,5582
C ₂ H ₆	-84,67	52,7	1,7567
CH ₄	-74,85	35,79	1,9883
C ₃ H ₆	20,41	63,89	1,5212
Cl ₂	0	33,84	0,4766
CO ₂	-393,51	37,13	0,8439
O ₂	0	29,36	0,9175
N ₂	0	29,1	1,0393
C ₂ H ₄ Cl ₂ *	-84,67	52,7	0,5323
C ₂ H ₃ Cl ₃ *	-84,67	52,7	0,3948
HCl	-92,3	29,16	0,7989
C ₃ H ₆ Cl ₂ *	-103,9	75,51	0,6682
<p>* данные для данных веществ отсутствуют в справочной литературе, поэтому: -для ДХЭ и ТХЭ примем справочные значения этана -для ДХП примем справочные значения пропана</p>			

Уравнение теплового баланса в общем виде:

$$\sum Q_{np} = \sum Q_{расх} \quad (5.1)$$

Для данного аппарата уравнение теплового баланса будет иметь вид:

$$Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2, \quad (5.2)$$

где Q_1 - количество теплоты, вносимое в аппарат газообразными веществами, кДж/ч;

Q'_1 - количество теплоты, уносимое из аппарата выходящими продуктами реакции и непрореагировавшими исходными веществами в газообразном виде, кДж/ч;

Q_2 - количество теплоты, выделяющееся в результате экзотермической реакции, кДж/ч;

Q'_2 - количество теплоты, выделяющееся в результате эндотермических реакций, кДж/ч.

Теплоемкости веществ, участвующих в процессе, для данной температуры в К рассчитаем по формуле:

$$c_p = a + bT + cT^2, \quad (5.3)$$

где a , b , c - коэффициенты, которые можно найти в справочнике, их значения представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Константы расчета удельной теплоемкости [4]

Вещество	a	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^6$	$c' \cdot 10^{-5}$
C_2H_4	4,196	154,59	-81,09	0
C_2H_6	4,494	182,26	-74,86	0
CH_4	17,45	60,46	-1,117	0
C_3H_6	3,305	235,86	-117,6	0
Cl_2	36,69	1,05	0	-2,52
CO_2	44,14	9,04	0	-8,53
O_2	31,46	3,39	0	-3,77
N_2	27,87	4,27	0	0
$C_2H_4Cl_2^*$	4,494	182,26	-74,86	0
$C_2H_3Cl_3^*$	4,494	182,26	-74,86	0
HCl	26,53	4,6	0	1,09
$C_3H_6Cl_2^*$	-4,8	307,3	-160,16	0

* данные для данных веществ отсутствуют в справочной литературе, поэтому:

-для ДХЭ и ТХЭ примем справочные значения этана

-для ДХП примем справочные значения пропана

Найдем теплоемкости веществ, входящих в аппарат по уравнению (5.3) при 323 К. Результаты расчета приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Теплоемкости входящих в аппарат реагентов

Вещество	c_p , кДж/(моль·К)	c , кДж/(кг·К)
C_2H_4	45,67	1,63
C_2H_6	55,55	1,85
CH_4	36,86	2,05
C_3H_6	67,22	1,60
Cl_2	34,61	0,49
CO_2	38,88	0,88
O_2	28,94	0,90
N_2	29,25	1,04

Аналогично будут определяться теплоемкости продуктов, уходящих из аппарата при 426 К. Результаты расчетов приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Теплоемкости уходящих из аппарата продуктов

Вещество	c_p , кДж/(моль·К)	c , кДж/(кг·К)
$C_2H_4Cl_2$	68,55	0,69
$C_2H_3Cl_3$	68,55	0,51
HCl	28,49	0,78
$C_3H_6Cl_2$	97,04	0,86
CH_4	43,00	2,39
CO_2	43,29	0,98
O_2	30,83	0,96
N_2	29,69	1,06
C_2H_6	68,55	2,29

Количество теплоты, приносимое сырьем и уносимое продуктами, рассчитывают по формуле:

$$Q = c \cdot G \cdot T, \quad (5.4)$$

где G – количество вещества;

c - средняя теплоемкость вещества;

t – температура, К.

Определим тепло, приносимое реагентами:

$$Q_{C_2H_4} = 1,63 \cdot 323 \cdot 948,68 = 499781 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{C_2H_6} = 1,85 \cdot 323 \cdot 26,47 = 15823 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{CH_4} = 2,05 \cdot 323 \cdot 6,35 = 4202 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{C_3H_6} = 1,60 \cdot 323 \cdot 7,41 = 3831 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{Cl_2} = 0,49 \cdot 323 \cdot 2353,41 = 370587 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{CO_2} = 0,88 \cdot 323 \cdot 30,70 = 8764 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{O_2} = 0,90 \cdot 323 \cdot 27,91 = 8154 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{N_2} = 1,04 \cdot 323 \cdot 4,88 = 1648 \text{ кДж/ч}$$

Найдем тепло, уносимое продуктами реакции:

$$Q_{C_2H_4Cl_2} = 0,69 \cdot 426 \cdot 3125 = 921809 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{C_2H_3Cl_3} = 0,53 \cdot 426 \cdot 93,75 = 20508 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{HCl} = 0,78 \cdot 426 \cdot 25,63 = 8523 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{C_3H_6Cl_2} = 0,86 \cdot 426 \cdot 19,94 = 7295 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{CH_4} = 2,39 \cdot 426 \cdot 6,35 = 6465 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{CO_2} = 0,98 \cdot 426 \cdot 30,70 = 12869 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{O_2} = 0,96 \cdot 426 \cdot 27,91 = 11455 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{N_2} = 1,06 \cdot 426 \cdot 4,88 = 2206 \text{ кДж/ч}$$

$$Q_{C_2H_6} = 2,29 \cdot 426 \cdot 26,47 = 25766 \text{ кДж/ч}$$

Тепловой эффект реакции будем рассчитывать по формуле:

$$\Delta H_{298}^0 = \sum (v_i \Delta H_{f,298}^0)_{\text{прод}} - \sum (v_i \Delta H_{f,298}^0)_{\text{исх}} \quad (5.5)$$

Величину теплового эффекта, учитывая температуру в зоне реакции (426 К), рассчитаем по формуле Кирхгофа:

$$\Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \Delta a \cdot (T - 298) + \frac{\Delta b}{2} \cdot (T^2 - 298^2) + \frac{\Delta c}{3} \cdot (T^3 - 298^3) - \Delta c' \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right) \quad (5.6)$$

где Δa , Δb , Δc , $\Delta c'$ - разности соответственных коэффициентов уравнения

(5.3) для продуктов реакции и исходных веществ. Значения этих коэффициентов рассчитываются по формуле (5.7):

$$\Delta a = \sum (v_i a_i)_{\text{прод}} - \sum (v_i a_i)_{\text{исх}} \quad (5.7)$$

Коэффициенты Δb , Δc , $\Delta c'$ рассчитываются аналогично уравнению (5.7).

Для реакции (1):

$$\Delta H_{298}^0 = 1 \cdot (-84,67) - (1 \cdot 0 + 1 \cdot 52,28) = -136,95 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta a = 1 \cdot 4,494 - (1 \cdot 36,69 + 1 \cdot 4,196) = -36,392,$$

$$\Delta b = 1 \cdot 0,18226 - (1 \cdot 0,00105 + 1 \cdot 0,15459) = 0,02662,$$

$$\Delta c = 1 \cdot (-0,00007486) - (1 \cdot 0 + 1 \cdot (-0,00008109)) = 0,00000623,$$

$$\Delta c' = 1 \cdot 0 - (1 \cdot (-252000) + 1 \cdot 0) = 252000,$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{426} = & -136,95 + (-36,392) \cdot (426 - 298) + \frac{0,02662}{2} \cdot (426^2 - 298^2) + \\ & + \frac{0,00000623}{3} \cdot (426^3 - 298^3) - 252000 \cdot \left(\frac{1}{426} - \frac{1}{298} \right) = -3201,98 \text{ кДж/моль}. \end{aligned}$$

Реакция (1) экзотермическая, протекает с выделением тепла.

$$Q_{(1)} = 101073 \text{ кДж/ч}.$$

Аналогичный расчет произведем для реакций (2) и (3):

Реакция (2) экзотермическая, протекает с выделением тепла.

$$Q_{(2)} = 2858 \text{ кДж/ч}$$

Реакция (3) экзотермическая, протекает с выделением тепла.

$$Q_{(3)} = 541 \text{ кДж/ч}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе курсовой работы был рассмотрен процесс получения дихлорэтана хлорированием этилена и произведен расчет материального и теплового балансов этого процесса.

Относительные погрешности расчета материального и теплового балансов:

$$\delta = \frac{|G_{\text{прих}} - G_{\text{расх}}|}{G_{\text{прих}}} \cdot 100\% = \frac{|3405,82 - 3454,40|}{3405,82} \cdot 100\% = 1,43 \% \%,$$

$$\delta = \frac{|Q_{\text{прих}} - Q_{\text{расх}}|}{Q_{\text{прих}}} \cdot 100\% = \frac{|1018738 - 1016898|}{1018738} \cdot 100\% = 0,04 \%.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учебник для вузов / Н. Н. Лебедев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. – 592 с.
- 2 Заиченко Н. В. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Химический процесс» / Н. В. Заиченко, Е. Г. Ильина // У.: УГНТУ, 2018. – 72 с.
- 3 Татевский В.М. Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов – Москва, 1960. – 414 с.
- 4 Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя, А. М. Пономаревой. – 9-е изд. – Спб.: Специальная Литература, 1998. – 232 с.