



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА

Преподаватель – Усольцева Наталья Васильевна,
старший преподаватель НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ

2018

Задания для курсового проекта по дисциплине «Процессы и аппараты биотехнологии»

Расчет кожухотрубного теплообменника / испарителя / конденсатора паров

Вар.	ФИО студента	Тип аппарата	Производительность, т/ч	Среда	Содержание НК, % мас.	Температура, °С		Давление, ат.
						вход	выход	
1.		теплообменник	220	бензол	–	15	55	1,5
2.		теплообменник	200	метанол – вода	40	12	30	1,0
3.		испаритель	200	раствор хлорида натрия (20 % мас.)	–	26	$t_{\text{хип}}$	1,3
4.		испаритель	240	ацетон	–	14	$t_{\text{хип}}$	1,5
5.		теплообменник	175	раствор хлорида натрия (10 % мас.)	–	20	60	1,0
6.		конденсатор	110	уксусная кислота	–	$t_{\text{хип}}$	$t_{\text{хип}}$	0,8
7.		теплообменник	230	этанол – бензол	35	14	40	2,0
8.		конденсатор	150	ацетон – вода	45	$t_{\text{хип}}$	$t_{\text{хип}}$	1,0
9.		испаритель	220	уксусная кислота	–	13	$t_{\text{хип}}$	1,0

Параметры греющего пара (*температура, давление, влажность*) или охлаждающей воды (*начальная и конечные температуры*) подобрать самостоятельно.



Список литературы

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А.Г. Касаткин. – Изд. стер. – Москва: Альянс, 2014. – 750 с.
2. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А.А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Москва: Альянс, 2013. – 576 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / под ред. Ю.И. Дытнерского. – 5-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2010. – 493 с.
4. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – 3-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2008. – 752 с.
5. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник / А.А. Лашинский; под ред. А.Р. Толчинского. – 2-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2008. – 384 с.
6. Коган В.Б. Равновесие между жидкостью и паром: Справочное пособие / В.Б. Коган, В.М. Фридман, В.В. Кафаров; Академия Наук СССР, Всесоюзный институт научно-технической информации. – М. Л.: Наука, 1966. Кн. 1. – 1966. – 642 с.
7. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 721 с.
8. Процессы и аппараты химической технологии. Проектирование теплообменных аппаратов. Часть 1. Тепловой расчеты. Методические указания к курсовому проектированию для студентов химико-технологического факультета. – Томск: Изд.-во ТПУ, 2006. – 40 с.
9. Процессы и аппараты химической технологии. Проектирование теплообменных аппаратов. Часть 2. Гидравлический и конструктивно-механический расчеты. Методические указания к курсовому проектированию для студентов химико-технологического факультета. – Томск: Изд.-во ТПУ, 2006. – 28 с.



Пояснительная записка

- Титульный лист
- Задание
- Реферат
- Содержание
- Определения
- Обозначения и сокращения
- Введение
- Основная часть (расчетная часть)
- Заключение
- Список использованных источников
- Приложения (спецификация, чертежи)



Основная часть

- **Технологический расчет аппарата:**

- Тепловой расчет
- Выбор теплообменника

[3, с. 66-68]: Расчет кожухотрубчатого теплообменника

[3, с. 74-76]: Расчет кожухотрубчатого конденсатора

[3, с. 76-78]: Расчет кожухотрубчатого испарителя

- **Конструктивно-механический расчет [4, 9]:**

- Расчет толщины обечайки
- Расчет толщины днища и крышки
- Расчет штуцеров и фланцев
- Расчет опор аппарата

- **Гидравлический расчет**

[3, с. 68-70]: Расчет гидравлического сопротивления кожухотрубчатого теплообменника

- **Расчет толщины тепловой изоляции**

Перечень графического материала

Лист 1. Формат А1

- Чертеж общего вида аппарата
- Выносные элементы
- Схема расположения штуцеров, люков опор
- Таблица штуцеров
- Техническая характеристика
- Технические требования

Лист 2. Формат А4/А3

- Сборочная единица

ГОСТ 2.501-2013 Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения (Складывание чертежей)



Расчет теплообменника

Поверхность теплопередачи, м²: $F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t \cdot \tau}$ $F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$

1	Тепловая нагрузка, Q , Вт/м ²	тепловой баланс
2	Выбор ориентировочных значений коэффициентов теплопередачи, K_{op} , Вт/(м ² ·К)	выбор из справочных данных (K_{op1} , K_{op2})
3	Расчет ориентировочных значений поверхности теплопередачи, F_{op} , м ²	F_{op1} , F_{op2}
4	Расчет количества труб на один ход теплообменника	$Re = \frac{\omega \cdot d_3 \cdot \rho}{\mu} = \frac{G}{\pi \cdot n \cdot d_3 \cdot \mu}$ $n_1 = \frac{G}{\pi \cdot d_{31} \cdot \mu \cdot Re} \quad n_2 = \frac{G}{\pi \cdot d_{32} \cdot \mu \cdot Re}$
5	Выбор теплообменника	$F_{\partial 1}$, $F_{\partial 2}$ (ГОСТы) $F_{\partial 1} > F_{op1}$; $F_{\partial 2} > F_{op2}$; $n_{\partial 1} < n_{op1}$; $n_{\partial 2} < n_{op2}$
6	<p>Проверочный расчет выбранных теплообменников:</p> <ul style="list-style-type: none"> • расчет коэффициентов теплопередачи • расчет поверхности теплопередачи • расчет запаса поверхности теплопередачи 	<ul style="list-style-type: none"> • K_{p1}, K_{p2} • F_{p1}, F_{p2} $\Delta = \frac{F_{\partial} - F_p}{F_{\partial}} \cdot 100 = (5...15)\%$



Коэффициент теплопередачи

Ориентировочные значения коэффициентов теплопередачи [в Вт/(м²·К)]

Вид теплообмена	Вынужденное движение	Свободное движение
От газа к газу (при невысоких давлениях)	10—40	4—12
От газа к жидкости (газовые холодильники)	10—60	6—20
От конденсирующегося пара к газу (воздухоподогреватели)	10—60	6—12
От жидкости к жидкости (вода)	800—1700	140—340
От жидкости к жидкости (углеводороды, масла)	120—270	30—60
От конденсирующегося пара к воде (конденсаторы, подогреватели)	800—3500	300—1200
От конденсирующегося пара к органическим жидкостям (подогреватели)	120—340	60—170
От конденсирующегося пара органических веществ к воде (конденсаторы)	300—800	230—460
От конденсирующегося пара к кипящей жидкости (испарители)	—	300—2500



Теплообменники

Выбор теплообменника по рассчитанному значению поверхности теплопередачи F

ГОСТ 15118-79	Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе
ГОСТ 15119-79	Испарители кожухотрубчатые с неподвижными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе
ГОСТ 15120-79	Холодильники теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе
ГОСТ 15121-79	Конденсаторы кожухотрубчатые с неподвижными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Основные параметры и размеры
ГОСТ 15122-79	Теплообменники кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Основные параметры и размеры
ГОСТ 14246-79	Теплообменники кожухотрубчатые с плавающей головкой. Основные параметры и размеры
ГОСТ 14247-79	Конденсаторы кожухотрубчатые с плавающей головкой. Основные параметры и размеры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ РАСТВОРА ПРИ ЗАДАННОМ ДАВЛЕНИИ

Правило Бабо

$$\left(\frac{p}{p_0} \right)_t = K = const$$

p_0 – давление пара растворителя, Па

p – давление пара раствора, Па

Поправка В.Н. Стабникова

Отношение p/p_0							Поправка, $\pm \Delta t$, К
0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
Давление p , мм рт. ст.							
100	200	400	450	500	550	650	0,9
—	50	200	350	450	500	550	1,8
—	—	100	275	300	350	400	2,6
—	—	—	150	200	250	300	3,6

$$\Delta' = t_{\text{кип.р-р}} - t_{\text{кип.р-ль}} \pm \Delta t$$

Выделение тепла

$$\Delta' = t_{\text{кип.р-р}} - t_{\text{кип.р-ль}} + \Delta t$$

Поглощение тепла

$$\Delta' = t_{\text{кип.р-р}} - t_{\text{кип.р-ль}} - \Delta t$$



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КИПЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ЗАДАННОМ ДАВЛЕНИИ

Уравнение Антуана

$$\ln P_i = A - \frac{B}{T + C}$$

P_i – давление, мм рт. ст. (1 мм рт. ст. = 133,3 Па)

T – температура кипения, К

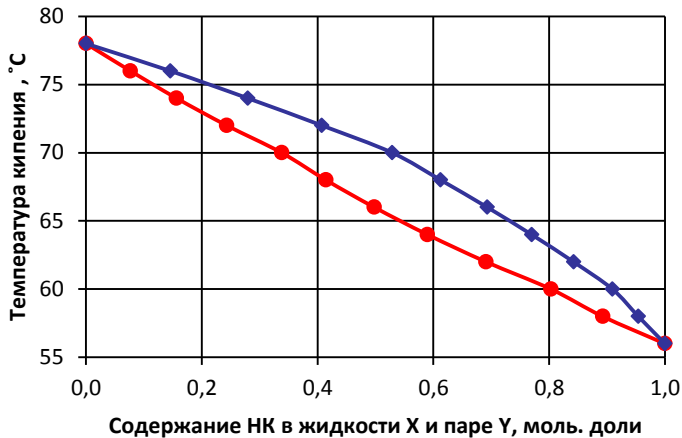
A, B, C – коэффициенты уравнения Антуана

*(Руд Р., Праустниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей /
Под ред. Б.И. Соколова. – Л.: Химия, 1982. – 591 с. Приложение А)*

$$T = \frac{B}{A - \ln P_i} - C, [K]$$



t-x,y диаграмма



—●— X —◆— Y

Перевод массовых долей
в мольные доли:

$$x_i = \frac{\bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\bar{x}_i}{M_i} \right)}$$

$$x_A = \frac{\frac{\bar{x}_A}{M_A}}{\frac{\bar{x}_A}{M_A} + \frac{1 - \bar{x}_A}{M_B}}$$

