

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський промислово-економічний коледж
Київського національного університету технологій та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора з НР
_____Л.РОСЛАВЕЦЬ

30 08 2019р.

**Методичне забезпечення
практичних занять з дисципліни
«Обладнання підприємств галузі»
Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

Уклав

Т. СЕМЕРНЯ

Розглянуто на засіданні
циклової комісії
спеціальних механічних
та загально-технічних дисциплін
Протокол №1 від 30 08 2019 року
Голова циклової комісії

Т. СЕМЕРНЯ

Інструкція для виконання практичної роботи № 1

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів, які навантаженні внутрішнім тиском (циліндрична обичайка та еліптичне днище)

1 Мета:

1.1 Розрахунок товщини стінок обичайки та еліптичного днища хімічних машин і апаратів, які навантаженні внутрішнім тиском

1.2 Визначення припустимого тиску.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Розрахункова товщина стінки гладкої циліндричної обичайки

$$S_R = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi - P}, \quad (1.1)$$

де P – робочий тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр апарата, м;

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу обичайки і днища при розрахунковій температурі, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва.

Еліптичні днища - застосовують для апаратів під тиском.

Поперечний переріз днища являє собою половину еліпса. Еліпс характеризується безупинно мінливими радіусами кривизни, завдяки чому в днищі не спостерігається концентрації напруг, що створюється при різкій зміні профілю днища.

Для того що б віднести зварений шов від закругленої частини і не навантажувати його згинаючими напругами, днище забезпечують циліндричним бортом висотою 25—50 мм.

Розрахункова товщина стінки для еліптичних та напівсферичних днищ

$$S_{1R} = \frac{P \cdot R}{2[\sigma] - 0,5P}, \quad (1.2)$$

де $R = D$ – для еліптичних днищ;

$R = 0,5D$ – для напівсферичних днищ.

Сталеві днища виготовляють штампованим з цільного листа, для них $\varphi = 1$.

Виконавча товщина стінки елемента

$$S \geq S_R + c_1 + c_2 + c_3, \quad (1.3)$$

де c_1 - добавка для компенсації корозії і ерозії, м

$$c_1 = \nu \tau_B \quad (1.4)$$

- v - швидкість корозії, мм/рік;
- τ_b – термін роботи апарата, рік;
- c_2 – додаток з рахунок мінусового допуску, м;
- c_3 – технологічний додаток, м.

4 Хід роботи

- 4.1 Визначити допустимі напруження для матеріалу апаратури у відповідності до заданої температури
- 4.2 Визначити коефіцієнт міцності зварного шва
- 4.3 Визначити розрахункову товщину обичайки
- 4.4 Визначити виконавчу товщину стінки обичайки
- 4.5 Визначити допустимий тиск, який може витримати обичайка
- 4.6 Визначити розрахункову товщину днища
- 4.7 Визначити виконавчу товщину стінки днища
- 4.8 Визначити допустимий тиск, який може витримати днище

5 Висновки

6 Контрольні питання

- 6.1 Що входить у сучасне хімічне підприємство?
- 6.2 Як досягається інтенсифікація технологічних процесів і як підвищити надійність машин і апаратів?
- 6.3 По яких принципах класифікується хімічне устаткування?
- 6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати товщину стінки циліндричної обичайки та еліптичного днища апарата навантаженого внутрішнім тиском за даними табл.1.1,

де D – внутрішній діаметр апарата, м;

P – робочий тиск, МПа;

t – робоча температура, $^{\circ}C$;

v - швидкість корозії, мм/рік;

τ_b - термін роботи апарата, років;

Таблиця 1.1

№ варіан.	D	P	v	t	τ_b	марка сталі	Характеристика зварних швів
1	2	3	4	5	6	7	8
1,16	1,0	1,6	0,05	100	15	ВСт3	Автоматична, 2х ст, контроль до 50%
2,17	1,2	1,4	0,1	180	12	16ГС	Автоматична, 2х ст, контроль до 50%
3,18	1,4	2,5	0,1	160	10	20	Автоматична, 2х ст, контроль до 50%
4,19	1,4	2,0	0,2	160	10	16ГС	Полуавтоматична, 2х ст, контроль до 100%
5,20	1,6	1,8	0,2	150	10	10Г2	Ручна, з подваркой кореня, 100% контроль

1	2	3	4	5	6	7	8
6,21	1,8	1,0	0,05	190	15	08x18H10T	Ручна, з подваркою кореня, 100% контроль
7,22	2,0	0,9	0,08	120	10	12x18H10T	Ручна, з подваркою кореня, 100% контроль
8,23	0,6	2,5	0,1	200	10	09Г2С	Ручний, однобічна, контроль 50%
9,24	0,8	3,2	0,1	120	15	20К	Ручний, однобічна, контроль 50%
10,25	0,4	6,2	0,09	80	10	08x22H6T	Ручний, однобічна, контроль 50%
11,26	2,2	0,4	0,08	60	12	ВСт3	Автоматична, 2х ст, контроль до 100%
12,27	2,4	0,6	0,07	250	18	12x18H10T	Автоматична, 2х ст, контроль до 100%
13,28	1,0	3,0	0,12	100	20	20К	Ручний, однобічна, контроль 50%
14,29	0,8	0,8	0,1	140	15	ВСт3	Ручний, однобічна, контроль 50%
15,30	0,5	0,3	0,09	140	10	12x18H10T	Ручний, однобічна, контроль 50%

Література

- 1 Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. Г., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуда и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.зв. проф. М.Ф. Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4 Лацинский А.А. Конструирование сваренных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 2

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів, які навантаженні внутрішнім тиском (циліндрична обичайка та конічне днище)

1 Мета:

- 1.1 Розрахунок товщини стінок обичайки та конічного днища хімічних машин і апаратів, які навантаженні внутрішнім тиском
- 1.2 Визначення припустимого тиску .

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
- 2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Конічні днища роблять з відбортованим краєм, що істотно знижує місцеві напруження. Звичайно радіус відбортовки $r=0,15D$. Допускається застосування невідбортованих конічних днищ і конічних переходів для апаратів, при куті $2\alpha \leq 45^\circ$ і $2\alpha \leq 60$. У горизонтальних апаратах під налив і під тиском до 0,07 МПа застосовують конічні невідбортовані днища з кутом $2\alpha=140^\circ$.

Товщина стінки конічного днища

$$S_R = \frac{P \cdot D_p}{(2[\sigma] \cdot \varphi - P) \cdot \cos \alpha}, \quad (2.1)$$

де P – робочий тиск, МПа;

D_p — розрахунковий діаметр конічної обичайки, м. Звичайно приймають

$$D_p = D;$$

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу обичайки і днища при розрахунковій температурі, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

α – половина кута при вершині конуса.

Виконавча товщина стінки елемента

$$S \geq S_R + c_1 + c_2 + c_3, \quad (2.2)$$

де c_1 - добавка для компенсації корозії і ерозії, м

c_2 – додаток з рахунок мінусового допуску, м;

c_3 – технологічний додаток, м.

4 Хід роботи

4.1 Визначити допустимі напруження для матеріалу апаратури у відповідності до заданої температури

4.2 Визначити коефіцієнт міцності зварного шва

4.3 Визначити розрахункову товщину обичайки

4.4 Визначити виконавчу товщину стінки обичайки

4.5 Визначити допустимий тиск, який може витримати обичайка

4.6 Визначити розрахункову товщину днища

4.7 Визначити виконавчу товщину стінки днища

4.8 Визначити допустимий тиск, який може витримати днище

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Яким вимогам повинні задовольняти хімічні машини й апарати?

6.2 С чого починають конструювання апарата?

6.3 Які вимоги пред'являються до перевезення хімічного устаткування?

6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати товщину стінки циліндричної обичайки та конічного днища апарата навантаженого внутрішнім тиском за даними табл.2.1,

де D – внутрішній діаметр апарата, м;

P – робочий тиск, МПа;
 t – робоча температура, $^{\circ}\text{C}$;
 2α – кут при вершині конуса.
 c_1 - добавка для компенсації корозії і ерозії, мм

Таблиця 2.1

№ варіан.	D	P	2α	t	c_1	марка сталі	Характеристика зварних швів
1,16	1,0	0,2	90	120	1,0	20К	Автоматична, 2х ст, контроль до 50%
2,17	1,2	0,4	120	100	1,0	09Г2С	Автоматична, 2х ст, контроль до 50%
3,18	1,4	2,5	90	80	2,0	16ГС	Автоматична, 2х ст, контроль до 50%
4,19	1,6	0,8	90	150	2,0	12x18H10T	Полуавтоматична, 2х ст, контроль до 100%
5,20	1,8	1,2	90	200	1,5	16ГС	Ручна, з подваркой кореня, 100% контроль
6,21	2,0	1,0	120	200	1,2	09Г2С	Ручна, з подваркой кореня, 100% контроль
7,22	2,2	0,4	120	150	1,0	20	Ручна, з подваркой кореня, 100% контроль
8,23	2,4	0,2	120	120	1,0	10Г2	Ручний, однобічна, контроль 50%
9,24	0,8	0,8	90	140	2,0	ВСтЗ	Ручний, однобічна, контроль 50%
10,25	0,6	1,2	90	120	2,0	08x18H10T	Ручний, однобічна, контроль 50%
11,26	0,5	0,7	90	100	1,0	16ГС	Автоматична, 2х ст, контроль до 100%
12,27	0,4	0,5	120	150	1,0	12x18H10T	Автоматична, 2х ст, контроль до 100%
13,28	1,2	0,2	120	100	2,0	20К	Ручний, однобічна, контроль 50%
14,29	1,6	0,6	120	140	1,5	ВСтЗ	Ручний, однобічна, контроль 50%
15,30	2,0	1,2	90	140	1,0	12x18H10T	Ручний, однобічна, контроль 50%

Література

- 1 Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. Г., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуда и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.зв. проф. М.Ф. Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4 Лацинский А.А. Конструирование сваренных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 3

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів, які навантаженні внутрішнім тиском (плоскі кругли а та кришки)

1 Мета:

1.1 Розрахунок товщини стінок плоских круглих днищ та кришок хімічних машин і апаратів, які навантаженні внутрішнім тиском

1.2 Визначення припустимого тиску.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Розрахункова товщина стінки плоских круглих днищ та кришок

$$S_R = K \cdot K_0 \cdot D_R \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma] \cdot \varphi}}, \quad (3.1)$$

де K - коефіцієнт конструкції;

K_0 – коефіцієнт ослаблення днища одиночним отвором “ d ”;

P – робочий тиск, МПа;

D_R – розрахунковий діаметр днища та кришки, м;

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу днища та кришки при розрахунковій температурі, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва.

Коефіцієнт ослаблення днища одиночним отвором “ d ”

$$K_0 = \sqrt{1 + \frac{d}{D_R} + \left(\frac{d}{D_R}\right)^2}, \quad (3.2)$$

де d - діаметр отворів, м

Виконавча товщина стінки елемента

$$S \geq S_R + c_1 + c_2 + c_3, \quad (3.3)$$

де c_1 - добавка для компенсації корозії і ерозії, м

c_2 – додаток з рахунок мінусового допуску, м;

c_3 – технологічний додаток, м.

4 Хід роботи

4.1 Визначити допустимі напруження для матеріалу днища у відповідності до заданої температури

4.2 Визначити коефіцієнт міцності зварного шва

4.3 Визначити розрахункову товщину стінки плоского круглого днища

4.4 Визначити виконавчу товщину стінки плоского круглого днища

4.5 Визначити допустимий тиск, який може витримати плоске кругле днище

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Коли при виготовленні хімічних апаратів використовують сірі чавуни?

6.2 Коли при виготовленні хімічних апаратів використовують леговані сталі?

6.3 Що таке біметал і де він використовується?

6.4 Зварювання сталевих апаратів?

6.5 Розв'язання задачі.

Розрахувати товщину стінки плоского круглого днища, навантаженого внутрішнім тиском за даними таблиці 3.1,

де P – робочий тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр апарата, м;

d – діаметр центрального отвору, м;

k – коефіцієнт, враховуючий конструкцію днища;

t – робоча температура, $^{\circ}\text{C}$;

c – добавка для компенсації корозії і ерозії, мм.

Таблиця 3.1

№ варіанту	P	D	d	k	t	c	марка сталі
1	2	3	4	5	6	7	8
1,13,25	0,02	1,4	0,1	0,53	150	2,0	20
2,14,26	0,03	1,2	0,15	0,5	150	2,0	16ГС
3,15,27	0,04	1,0	0,08	0,41	200	2,0	09Г2С
4,16,28	0,05	0,8	0,05	0,45	200	1,0	16ГС
5,17,29	0,06	0,6	0,05	0,53	150	1,0	ВСт 3 СП
6,18,30	0,07	0,5	0,05	0,5	150	1,0	09Г2С
7,19,31	0,08	0,4	0,04	0,41	250	2,0	12Х18Н10Т
8,20,32	0,09	0,309	0,04	0,45	100	2,0	08Х18Н10Т
9,21,33	0,1	0,359	0,05	0,41	100	2,0	08Х18Н10Т
10,22,34	0,15	0,406	0,05	0,5	180	1,0	16ГС
11,23,35	0,2	0,207	0,05	0,53	120	1,0	ВСт 3 СП
12,24,36	0,25	0,257	0,05	0,45	150	1,0	16ГС

Література

1 Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. Г., Высшая школа, 1978.

2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78).

Сосуда и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств.

Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.зв. проф. М.Ф. Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

4 Лацинский А.А. Конструирование сваренных химических аппаратов.

Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 4

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском (циліндрична обичайка)

1 Мета:

1.1 Розрахунок товщини стінок циліндричної обичайки днища хімічних машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском

1.2 Визначення допустимого тиску .

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Розрахунок стінок, які навантаженні зовнішнім тиском проводиться відповідно до методики, що викладена в ГОСТІ 14249-80 за допомогою монограми.

Допустимий зовнішній тиск $[p]$, МПа

$$[p] = \frac{[P_p]}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_p]}{[P_E]}\right)^2}}, \quad (4.1)$$

де $[P_p]$ - допустимий тиск з умови міцності, МПа

$$[P_p] = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{D + (S - c)}, \quad (4.2)$$

$[P_E]$ - допустимий тиск за умови збереження форм в діапазоні пружності, МПа

$$[P_E] = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{l} \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right]^2 \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}}, \quad (4.3)$$

B_1 - безмірний коефіцієнт

$$B_1 = \min \left\{ 1, 0, 8, 15 \cdot \frac{D}{l} \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - c)}} \right\}, \quad (4.4)$$

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу обичайки і днища при розрахунковій температурі, МПа;

S - виконавча товщина стінки елемента, м

$$S \geq S_R + c, \quad (4.5)$$

S_R - розрахункова товщина стінки елемента, м

Товщина стінки циліндричної обичайки S_R , м

$$S_R = \max \left\{ K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot P \cdot D}{2[\sigma]} \right\}, \quad (4.6)$$

де K_2 – коефіцієнт конструкції [4, с 21];

c - добавка для компенсації корозії і ерозії, м;

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

- 4.2 Визначити допустимі напруження для матеріалу апаратури у відповідності до заданої температури.
- 4.3 Визначити розрахункову товщину циліндричної обичайки.
- 4.4 Визначити виконавчу товщину стінки циліндричної обичайки.
- 4.5 Визначити допустимий тиск, який може витримати циліндрична обичайка.

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Застосування кольорових металів в хімічному машинобудуванні та конструктивні особливості апаратів.

6.2 Розрахунок циліндричної обичайки хімічних машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском.

6.3 Розрахунок еліптичного днища хімічних машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском.

6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати товщину стінки циліндричної обичайки апарата, який навантажений зовнішнім тиском за даними табл. 4.1,

де D – внутрішній діаметр апарата, м;

P – зовнішній робочий тиск, МПа;

t – робоча температура, $^{\circ}\text{C}$;

c – добавка для компенсації корозії і ерозії, мм;

l – довжина циліндричної частини, м.

Таблиця 4.1

№ варіан.	D	P	t	c	l	марка сталі
1,16	1,6	0,1	150	1,0	1,1	ВСтЗ
2,17	1,4	0,1	170	1,0	1,2	09Г2С
3,18	1,2	0,6	120	2,0	1,7	ВСтЗ
4,19	1,0	0,5	60	1,2	2,0	16ГС
5,20	1,8	0,4	30	1,1	2,0	12Х18Н10Т
6,21	2,0	0,2	40	0,5	1,3	16ГС
7,22	2,2	0,3	180	0,5	1,8	16ГС
8,23	2,4	0,1	200	0,8	2,5	08Х18Н10Т
9,24	0,4	0,6	160	1,2	2,8	08Х18Н10Т
10,25	0,5	0,3	140	1,8	2,5	12х18Н10Т
11,26	0,6	0,4	130	2,0	3,2	08Х18Н10Т
12,27	0,8	0,1	100	1,4	4,8	09Г2С
13,28	1,6	0,1	150	1,5	1,8	20
14,29	1,2	0,1	170	1,0	1,1	20
15,30	0,8	0,1	300	1,0	1,6	16ГС

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4 Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 5

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском (еліптичне днище)

1 Мета:

- 1.1 Розрахунок товщини стінок еліптичного днища хімічних машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском
- 1.2 Визначення допустимого тиску .

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
- 2.2 Учбові посібники
- 2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Розрахунок стінок, які навантаженні зовнішнім тиском проводиться відповідно до методики, що викладена в ГОСТІ 14249-80 за допомогою монограми.

Допустимий зовнішній тиск $[p]$, МПа

$$[P] = \frac{[P_p]}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_p]}{[P_E]}\right)^2}} \quad (5.1)$$

де $[P_p]$ - допустимий тиск з умови міцності, МПа

$$[P_p] = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{R + (S - c)} \quad (5.2)$$

$[P_E]$ - допустимий тиск за умови збереження форм в діапазоні пружності, МПа

$$[P_E] = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{K_{\text{э}} \cdot R} \right]^2 \quad (5.3)$$

де $R = D$ – для еліптичних днищ;

$K_{\text{э}}$ – коефіцієнт , для еліптичних днищ $K_{\text{э}} = 0,9$;

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу обичайки і днища при розрахунковій температурі, МПа;

S - виконавча товщина стінки елемента, м

$$S \geq S_R + c, \quad (5.5)$$

S_R - розрахункова товщина стінки елемента, м

Товщина стінок еліптичних днищ, які навантаженні зовнішнім тиском, м

$$S = \max\left\{\frac{\kappa_3 \cdot R}{320} \sqrt{\frac{p}{10^{-6} E}}; \frac{p \cdot R}{2[\sigma]}\right\} \quad (5.6)$$

4 ХІД РОБОТИ

- 4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.
- 4.2 Визначити допустимі напруження для матеріалу апаратури у відповідності до заданої температури.
- 4.3 Визначити розрахункову товщину еліптичного днища.
- 4.4 Визначити виконавчу товщину стінки еліптичного днища.
- 4.5 Визначити допустимий тиск, який може витримати еліптичне днище.

5 Висновки

6 Контрольні питання

- 6.1 Як визначають спробний тиск при гідравлічному іспиті?
- 6.2 Як проводяться іспити гасом ?
- 6.3 Чому конструктор зобов'язаний знати основні методи іспиту і випробування апаратів?
- 6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати товщину стінки еліптичного днища апарата, які навантажений зовнішнім тиском за даними табл. 5.1,

де D – діаметр, м;

P – зовнішній робочий тиск, МПа;

t - робоча температура, °С;

c- добавка для компенсації корозії і ерозії, мм.

Таблиця 5.1

№ варіан.	D	P	t	c	марка сталі	№ варіан	D	P	t	c	марка сталі
1,16	1,6	0,1	150	1,0	ВСт3	9,24	0,4	0,6	160	1,2	08X18H10T
2,17	1,4	0,1	170	1,0	09Г2С	10,25	0,5	0,3	140	1,8	12x18H10T
3,18	1,2	0,6	120	2,0	ВСт3	11,26	0,6	0,4	130	2,0	08X18H10T
4,19	1,0	0,5	60	1,2	16ГС	12,27	0,8	0,1	100	1,4	09Г2С
5,20	1,8	0,4	30	1,1	12X18H10T	13,28	1,6	0,1	150	1,5	20
6,21	2,0	0,2	40	0,5	16ГС	14,29	1,2	0,1	170	1,0	20
7,22	2,2	0,3	180	0,5	16ГС	15,30	0,8	0,1	300	1,0	16ГС
8,23	2,4	0,1	200	0,8	08X18H10T						

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

4 Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 6

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів, які навантаженні зовнішнім тиском (конічна обичайка)

1 Мета:

1.1 Розрахунок товщини стінок конічної обичайки хімічних машин і апаратів, яке навантажено зовнішнім тиском.

1.2 Визначення допустимого тиску .

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості:

Розрахунок стінок, які навантаженні зовнішнім тиском проводиться відповідно до методики, що викладена в ГОСТІ 14249-80 за допомогою монограми.

Допустимий зовнішній тиск $[p]$, МПа

$$[p] = \frac{[P_p]}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P_p]}{[P_E]}\right)^2}}, \quad (6.1)$$

де $[P_p]$ - допустимий тиск з умови міцності, МПа

$$[P_p] = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{D / \cos \alpha + (S - c)}, \quad (6.2)$$

$[P_E]$ - допустимий тиск за умови збереження форм в діапазоні пружності, МПа

$$[P_E] = \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D_p}{l_p} \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{D_p} \right]^2 \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D_p}}, \quad (6.3)$$

B_1 - безмірний коефіцієнт

$$B_1 = \min \left\{ 1, 0, 8, 15 \cdot \frac{D_p}{l_p} \sqrt{\frac{D_p}{100 \cdot (S - c)}} \right\}, \quad (6.4)$$

D_p - розрахунковий діаметр, м

$$D_p = \max \left\{ \frac{D + D_0}{2 \cos \alpha}; \frac{D}{\cos \alpha} - 0,31(D + D_0) \sqrt{\frac{D + D_0}{(S - c)100}} \operatorname{tg} \alpha \right\}, \quad (6.5)$$

l_p – розрахункова довжина, м

$$l_p = \frac{D - D_0}{2 \sin \alpha}, \quad (6.6)$$

$[\sigma]$ – напруга, що допускається, для матеріалу обичайки і днища при розрахунковій температурі, МПа;

S- виконавча товщина стінки елемента, м

$$S \geq S_R + c, \quad (6.7)$$

S_R - розрахункова товщина стінки елемента, м

Товщина стінки конічної обичайки (днища) S_R , м

$$S_R = \max \left\{ K_2 \cdot D_p \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot P \cdot D}{2[\sigma]} \right\}, \quad (6.8)$$

де K_2 – коефіцієнт конструкції [4, с 21];

c - добавка для компенсації корозії і ерозії, м.

4 Хід роботи:

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити допустимі напруження для матеріалу апаратури у відповідності до заданої температури.

4.3 Визначити розрахункову товщину конічного днища.

4.4 Визначити виконавчу товщину стінки конічного днища.

4.5 Визначити допустимий тиск, який може витримати днище.

5 Висновки

6 Контрольні питання:

6.1 Застосування неметалевих матеріалів органічного походження в хімічному машинобудуванні

6.2 Застосування неметалевих матеріалів неорганічного походження в хімічному машинобудуванні

6.3 Коли застосовують конічні днища?

6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати товщину стінки конічного днища, навантаженого зовнішнім тиском за даними табл. 6.1,

де D – внутрішній діаметр апарата, м;

P – зовнішній робочий тиск, МПа;

t - робоча температура, °С;

c- добавка для компенсації корозії і ерозії, мм;

D_0 - внутрішній діаметр нижнього штуцера, м;

2α - кут при вершині конуса.

Таблиця 6.1

№ вар.	D	P	t	c	марка сталі	2α	D_0
1	2	3	4	5	6	7	8
1,16	1,0	0,2	120	1,0	20	90	0,1
2,17	1,2	0,4	100	1,0	09Г2С	120	0,15
3,18	1,4	0,6	80	2,0	16ГС	90	0,2
4,19	1,6	0,8	150	2,0	12Х18Н10Т	90	0,4
5,20	1,8	1,2	200	1,5	16ГС	120	0,5
6,21	2,0	1,0	200	1,2	09Г2С	120	0,4
7,22	2,2	0,4	150	1,0	20	120	0,6
8,23	2,4	0,2	120	1,0	16ГС	120	0,4

1	2	3	4	5	6	7	8
9,24	0,8	0,8	140	2,0	ВСт 3	120	0,1
10,25	0,6	1,2	120	2,0	08X18Н10Т	120	0,05
11,26	0,5	0,7	100	1,0	16ГС	90	0,1
12,27	0,4	0,5	150	1,0	08X18Н10Т	120	0,05
13,28	2,4	0,1	200	0,8	ВСт 3	120	0,4
14,29	1,6	0,1	150	1,5	20	90	0,2
15,30	0,4	0,5	150	1,0	08X18Н10Т	120	0,05

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4 Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 7

Тема: Конструювання і розрахунок основних вузлів і деталей машин і апаратів

1 Мета:

1.1 Розрахунок найбільш припустимого діаметру вирізу в тонкостінному апараті, не потребує додаткового зміцнення

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості:

Обичайки, переходи, днища апаратів, що знаходяться під внутрішнім чи зовнішнім тиском, можуть бути ослаблені отворами: це знижує міцність відповідних елементів і викликає необхідність зміцнення отворів. Основні способи зміцнення отворів: вварювання штуцера з більш товстою стінкою, приварювання накладного кільця, чи відбортуння отворів. Розрахунок на міцність при укріпленні отворів в даних елементах необхідно виконувати у відповідності ГОСТ 24756-81 „Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстия”.

Не треба додаткового укріплення для одиночних отворів при підвищенні товщини стінки посудини, якщо виконується умова $d_R \leq d_0$

$$d_0 = 2 \left[\frac{S-c}{S_R} - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_R \cdot (S-c)}, \quad (7.1)$$

де d_R – розрахунковий діаметр отвору

$$d_R = d + 2c, \quad (7.2)$$

D_R – розрахунковий діаметр елемента, що має отвір

$D_R = D$ – для циліндричної обичайки

$D_R = 2R$ – для сферичних днищ

$D_R = \frac{D_R}{\cos \alpha}$ – для конічних днищ

$D_R = 0,5D$ – для еліптичних днищ

S_R – розрахункова товщина стінки елемента, що змінюється, визначається по ГОСТ 14249-80

Основний принцип даної методики в тому, що сумарна розрахункова площа перерізу елементів в зоні отвору повинна бути не менше ніж розрахункова площа вирізного отвору.

4 Хід роботи:

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити найбільший діаметр вирізу, що не потребує додаткового укріплення

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1 Основні вимоги до апаратів призначених для футерування

6.2 Випробування хімічних апаратів і машин

6.3 Вимоги техніки безпеки, пожежо- та вибухобезпеки та герметичності до хімічних апаратів.

6.4 Розв'язання задачі.

Визначити найбільший припустимий діаметр вирізу в тонкостінному апараті, не потребуючий додаткового зміцнення за даними табл.7.1,

де D – внутрішній діаметр апарата (для конічного переходу - діаметр по центрі отвору, що врізається), м

S - виконавча товщина стінки обичайки (переходу, днища), мм

S_R – розрахункова товщина стінки обичайки (переходу, днища), мм

c_1 - добавка для компенсації корозії і ерозії, мм

Таблиця 7.1

№ варіанту	D	S	S_R	c_1	Місце вирізу
1	2	3	4	5	6
1,16	1,0	8	5,3	1,0	Еліптичне днище
2,17	1,2	10	5,7	1,0	Конічне днище $\alpha=45^\circ$
3,18	1,4	8	4,3	1,0	Циліндрична обичайка
4,19	1,6	10	7,1	0,05	Еліптичне днище
5,20	1,8	8	4,2	0,05	Конічне днище $\alpha=45^\circ$
6,21	2,0	10	4,9	0,05	Циліндрична обичайка
7,22	2,2	12	7,7	1,0	Циліндрична обичайка
8,23	2,4	12	7,5	2,0	Еліптичне днище
9,24	2,6	16	12,1	2,0	Еліптичне днище

1	2	3	4	5	6
10,25	2,8	18	10,3	1,0	Конічне днище $\alpha=45^0$
11,26	0,4	4	0,21	0,05	Циліндрична обичайка
12,27	0,6	4	0,8	1,0	Циліндрична обичайка
13,28	0,8	3,2	0,5	1,0	Циліндрична обичайка
14,29	1,8	10	4,4	0,05	Конічне днище $\alpha=45^0$
15,30	2,0	12	5,0	1,0	Еліптичне днище

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 8

Тема: Розрахунок укріплень отворів в стінках апарата.

1 Мета:

- 1.1 Розрахунок товщини підкладного листа.
- 1.2 Визначення умови укріплення.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
- 2.2 Учбові посібники
- 2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості:

Для апаратів, що працюють під внутрішнім тиском при зміцненні отвору зі штуцером накладним кільцем, повинне бути виконана умова

$$\begin{aligned} & [(l_{1R} + S_{2R} + S - S_R - c) \cdot (S_1 - S_{1R} - c) + l_{2R} \cdot (S_1 - 2c)] \\ & + (S_2 + S - 0,875S_R - c) \cdot \sqrt{D_R(S_{2R} + S - c)} \geq (0,5d + c) \cdot S_R \end{aligned} \quad (8.1)$$

де l_{1R} , l_{2R} – довжина штуцера, м (рис 8.1);

S_{2R} – розрахункова товщина накладного листа, м;

S – товщина стінки апарата, м;

S_R – розрахункова товщина стінки апарата, м;

c – добавка для компенсації корозії і ерозії, м;

S_1 – товщина стінки штуцера, м;

S_{1R} – розрахункова товщина стінки штуцера, м;

D_R – внутрішній діаметр апарата, м;
 d – внутрішній діаметр штуцера, м.

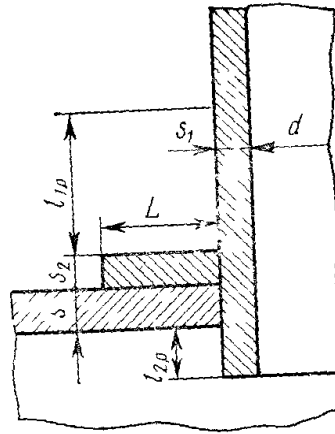


Рисунок 8.1 Розрахункові розміри для зміцнення отворів

Розрахункова товщина накладного листа S_{2R}

при $l \geq \sqrt{D(S_2 + S - c)}$ приймають $S_{2R} = S_2$;

при $l \geq \sqrt{D_R(S_2 + S - c)}$ приймають $S_{2R} = n \cdot S_2$, (n визначається за графіком (1, ст. 74)

Зовнішня довжина штуцера l_{1R} , м

$$l_{1R} \leq 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2c) \cdot (S_1 - c)} \quad (8.2)$$

Внутрішня довжина штуцера l_{2R} , м

$$l_{2R} \leq 0,5 \cdot \sqrt{(d + 2c) \cdot (S_1 - 2c)} \quad (8.3)$$

Розрахунковий діаметр елемента, що має отвір D_R

$D_R = D$ – для циліндричної обичайки

$D_R = 2R$ – для сферичних днищ

$D_R = \frac{D_R}{\cos \alpha}$ – для конічних днищ

$D_R = 0,5D$ – для еліптичних днищ

Розрахункова товщина стінки штуцера S_{1R} , м

$$S_{1R} = \frac{P(d + 2c)}{2[\sigma] - P} \quad (8.4)$$

4 Хід роботи:

- 4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.
- 4.2 Визначити зовнішню довжину штуцера.
- 4.3 Визначити внутрішню довжину штуцера.
- 4.4 Визначити товщину підкладного листа.
- 4.5 Визначити умови укріплення.

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

- 6.1 Варіанти приварки штуцерів
- 6.2 Для чого призначені штуцера?

6.3 Існуючі способи компенсації ослаблення стінки отворами.

6.4 Розв'язання задачі.

Перевірити умова зміцнення штуцера за даними табл. 8.1,

де D – внутрішній діаметр апарата (для конічного переходу - діаметр по центрі отвору, що врізається), м

S - виконавча товщина стінки обичайки (переходу, днища), мм

S_R – розрахункова товщина стінки обичайки (переходу, днища), мм

c - добавка для компенсації корозії і ерозії, мм

P – робочий тиск в апараті, МПа;

t - температура середовища, °С;

S_1 - товщина стінки штуцера, м;

d - внутрішній діаметр штуцера, м.

Таблиця 8.1

№ варіан.	D	P	t	c	S	S_R	S_1	d	Місце вирізу	марка сталі
1,16	0,8	0,1	200	1,0	3,2	0,5	2	320	Циліндрична обичайка	ВСт 3
2,17	2,0	0,5	150	1,0	12	5,0	4	310	Еліптичне днище	08X18H10T
3,18	1,8	0,1	150	0,05	10	4,4	3	500	Конічне днище $\alpha=45^\circ$	20
4,19	0,6	0,5	150	1,0	4	0,8	2	260	Циліндрична обичайка	08X18H10T
5,20	1,4	0,6	80	1,0	8	4,3	4	170	Циліндрична обичайка	16ГС
6,21	1,2	0,4	100	1,0	10	5,7	5	200	Конічне днище $\alpha=45^\circ$	09Г2С
7,22	1,6	0,8	150	0,05	10	7,1	5	140	Еліптичне днище	12X18H10T
8,23	1,8	1,2	200	0,05	8	4,2	3	330	Конічне днище $\alpha=45^\circ$	16ГС
9,24	2,0	1,0	200	0,05	10	4,9	3	360	Циліндрична обичайка	09Г2С
10,25	2,2	0,4	150	1,0	12	7,7	5	210	Циліндрична обичайка	20
11,26	2,4	0,2	120	2,0	12	7,5	7	150	Еліптичне днище	16ГС
12,27	2,6	0,8	140	2,0	16	12,1	10	110	Еліптичне днище	ВСт 3
13,28	2,8	1,2	120	1,0	18	10,3	8	500	Конічне днище $\alpha=45^\circ$	08X18H10T
14,29	0,4	0,7	100	0,05	4	2,1	2	100	Циліндрична обичайка	16ГС
15,30	1,0	0,2	120	1,0	8	5,3	5	70	Еліптичне днище	20

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4 Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 9

Тема: Розрахунок опор горизонтальних та вертикальних апаратів.

1 Мета:

- 1.1 Розрахунок опор горизонтальних та вертикальних апаратів
1.2 Перевірка опори

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
2.2 Учбові посібники
2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Установка апарата на фундамент або спеціальні несучі конструкції здійснюється за допомогою опор.

Вертикальні апарати встановлюють на підвісних лапах або на стійках, якщо він розташовується з низу приміщення. Колонні апарати з відношенням Н/Д>5, як правило мають юбочну (циліндричну чи конічну) опору. Горизонтальні апарати встановлюють на седлових опорах. Усі вище згадані опори для сталевих апаратів стандартизовані: ГОСТ 26665-79, ГОСТ 26467-78, ГОСТ 261276-75. Опори вибирають по даним стандарту і розраховують обичайку апарата, на яку діють місцеві навантаження від опор.

Обрані опори перевіряються на:

- необхідну площу підшви

$$F_d > F, \quad (9.1)$$

де F_d - дійсна площа виробничої опори, м²

$$F_d = a(b - f_{\max}), \quad (9.2)$$

F - площа підшви лапи, виходячи із максимально допустимого питомого тиску на бетон, м²

$$F = Q/[q], \quad (9.3)$$

- напругу в ребрі з умови міцності на стиск і стійкість

$$\sigma = \frac{2.24 \cdot g}{k \cdot z \cdot S_1 \cdot l_0} \leq [\sigma_0], \quad (9.4)$$

де k – коефіцієнт, значення якого приймаються по графіку [1, с 78]

S_1 – товщина ребра, м;

Z - число ребер в опорі;

l_0 – виліт ребра, м

$$l_0 = 0,5(b + F_{\max} + S_0 + S_H), \quad (9.5)$$

S_0 – товщина стінки опори без врахування корозії, м;

S_H – товщина підкладного листа.

- міцність зварених швів

$$\tau_{cp} = \frac{Q}{0,7 \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}} \leq [\tau_{cp}], \quad (9.6)$$

де $h_{ш}$ – катет шва, м;

$l_{ш}$ – довжина шва, м

$$l_{ш} = 4(h + S_1), \quad (9.7)$$

h – висота опори, м

- міцність стінки апарата під опорою - лапою

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_T}\right)^2 + \frac{0,8\sigma_u}{A \cdot \sigma_T} \leq 1, \quad (9.8)$$

де σ_m – максимальне мембранне напруження від основних навантажень і реакцій опори, МПа

$$\sigma_m = \sigma_{m0} \pm \frac{K_1 + Q \cdot l_0}{D \cdot S_0^2}, \quad (9.9)$$

σ_{m0} – максимальне мембранне напруження від основного навантаження, МПа

$$\sigma_{m0} = \max\{\sigma_{mox}; \sigma_{moy}\}, \quad (9.10)$$

σ_{mox} – осьова напруга від внутрішнього тиску в апараті, МПа

$$\sigma_{mox} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot S_0} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot S_0}, \quad (9.11)$$

σ_{moy} – окружне напруження від внутрішнього тиску

$$\sigma_{moy} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S_0}, \quad (9.12)$$

K_1 – коефіцієнт [4, с 292];

σ_u – максимальне напруження згину від реакції опори

$$\sigma_u = K_2 \cdot Q \cdot l_0 / h \cdot S_0^2, \quad (9.13)$$

K_2 – коефіцієнт [4, с 292];

σ_T – границя текучості матеріалу, МПа.

4 Хід роботи:

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити навантаження на одну опору

4.3 Вибрати опори - лап по стандарту

4.4 Перевірити обрані опори

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Основні положення Держтехнагляду з устроїв і безпеки при експлуатації судів, які працюють під тиском.

6.2 Стандартизація в хімічному машинобудуванні. Дайте приклади стандартних вузлів деталей.

6.3 Види навантажень хімічних апаратів напруження в стінках обичайки.

6.4 Розв'язання задачі

Для вертикального апарата вибрати по ОСТ 26-665-79 опори і виконати перевірочний розрахунок. Дані для вибору опори взяти з табл. 9.1,

де G- сила ваги апарата, МН

V- геометрична ємність апарата, м³

n- кількість опор

S- товщина стінки апарата, мм

P- внутрішній тиск в апараті, МПа

D- внутрішній діаметр апарата, м

Таблиця 9.1

№ варіанту	G	V	n	S	P	D	марка сталі опори
1,16	0,016	6,3	4	10	0,2	1,8	ВСт3
2,17	0,033	10,0	4	14	0,6	2,0	ВСт3
3,18	0,0025	0,16	2	6	0,4	0,6	ВСт3
4,19	0,012	1,0	2	8	0,5	1,0	ВСт3
5,20	0,018	1,6	2	8	0,6	1,2	16ГС
6,21	0,022	2,5	3	10	0,8	1,4	09Г2С
7,22	0,032	4,0	3	12	1,0	1,6	ВСт3
8,23	0,328	5,0	4	12	0,6	3,2	ВСт3
9,24	0,14	25	4	12	0,3	2,8	ВСт3
10,25	0,04	20	4	10	0,2	2,6	ВСт3
11,26	0,035	6,5	3	10	0,5	1,8	ВСт3
12,27	0,02	2,5	3	8	1,0	1,4	ВСт3
13,28	0,016	1,4	2	8	0,4	1,0	16ГС
14,29	0,038	4,2	3	12	1,2	1,8	ВСт3
15,30	0,024	2,2	3	10	1,0	2,0	09Г2С

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78).

Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств.

Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

4Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов.

Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 10

Тема: Розрахунок теплообмінних апаратів

1 Мета:

1.1 Вибір тиску теплообміннику по заданих умовах

1.2 Розрахунок деталей теплообмінника на міцність

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості:

Кожухотрубні теплообмінники стандартизовані. Вони виробляються для значного діапазону робочих параметрів і застосування при самих різноманітних умовах теплообміну між технологічними продуктами.

Конструктивно данні апарати виготовляються наступних типів:

Н – з жорстким закріпленням трубних ґраток.

К – з температурним компенсатором на корпус.

П – з плаваючою головкою.

V – з „ V ” образними трубами.

Вибір типу стандартного теплообмінного апарату в першу чергу визначається величинами напружень, які виникають в трубах на корпусі:

Теплообмінні апарати „Н” повинні задовольняти умови

$$\sigma_T = \frac{Q_T + Q'_T}{F_T} \leq [\sigma], \quad (10.1)$$

$$\sigma_K = \frac{Q_K + Q'_K}{F_K} \leq [\sigma],$$

Зусилля, що розтягує труби та кожухи: обумовлено температурною деформацією можна визначити за формулою:

$$Q_T = Q_K = \frac{\alpha_T \cdot t_T - \alpha_K \cdot t_R}{\frac{1}{F_T \cdot E_T} + \frac{1}{E_K \cdot F_K}}, \quad (10.2)$$

де α_T α_K – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу трубок і кожуха;

t_T , t_K – робоча температура елементів, $^{\circ}\text{C}$;

E_T , E_K - модуль пружності матеріалу трубок і кожуха, МПа;

F_T - площа поперечного перетину трубного пучка, м^2

$$F_T = \pi(d_n - S_T) \cdot S_T \cdot n, \quad (10.3)$$

F_K – площа поперечного перетину кожуха, м^2

$$F_K = \pi(D + S_K) \cdot S_K, \quad (10.4)$$

Зусилля, що розтягує трубки теплообмінника, МН

$$Q'_T = \frac{Q'}{1 + \frac{E_K \cdot F_K}{E_T \cdot F_T}}, \quad (10.5)$$

Зусилля, що розтягує кожух теплообмінника, МН

$$Q'_K = \frac{Q'}{1 + \frac{F_T \cdot E_T}{F_K \cdot E_K}}, \quad (10.6)$$

де P' - сумарне зусилля, що розтягує, МН

$$Q' = Q'_T + Q'_K = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - \pi \cdot d_n^2) \cdot P_K + \frac{\pi}{4} \cdot n \cdot d_6^2 \cdot P_T, \quad (10.7)$$

P_K, P_T – тиск у трубах і міжтрубному просторі теплообмінника, МПа;

n – число трубок в апараті;

d_6 – внутрішній діаметр труби, мм;

Температура трубок та кожуха визначається з теплового розрахунку або приблизно її можна прийняти середній температурі теплоносіїв.

У теплообмінних апаратах типу „Н” та „К” необхідно перевірити надійність закріплення трубок у трубних ґратах

$$\frac{Q_T + Q'_T}{\pi \cdot d_H \cdot n \cdot S} \leq [P], \quad (10.8)$$

де S – товщина трубної ґрати, м

$$S = S_R + 2c_1 + c_2 + c_3$$

S_R – розрахункова товщина трубних ґрат, м

$$S_R = \max \left\{ \frac{C_M \cdot D}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,2P_M}{[\sigma] \cdot \psi}}; \quad 1,1 \cdot K_1 \cdot C_T \cdot D \cdot \sqrt{\frac{0,2P_T}{[\sigma] \cdot \psi}} \right\}, \quad (10.9)$$

$\psi = \frac{t - d_H}{t}$ - коефіцієнт ослаблення ґрати отворами

$[P]=15$ МПа при закріпленні труб розвальцевкою без відбортовки у гладких отворах.

$[P]=40$ МПа при розвальцовці з відбортовкою і отворів з канавками.

4 Хід роботи:

4.1 Визначити зусилля в кожусі і трубах апарата, що обумовлені температурними деформаціями

4.2 Визначити зусилля, що розтягує трубки та кожух теплообмінника та обумовлені тиском в апараті

4.3 Визначити напруження в трубах та кожуху теплообмінника

4.4 Визначити розрахункову товщину трубної ґрати

4.5 Визначити виконавчу товщину трубної ґрати

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1 Краєві та розпірні сили в вузлах спряження оболонок. Чому вони менш небезпечні при пластичному матеріалі

6.2 Що таке розрахунковий тиск і температура

6.3 Класифікація й основні вимоги до конструкції теплообмінників.

6.4 Розв'язання задачі.

Визначити можливість застосування теплообмінника з нерухомими трубними ґратами (типа “Н”) за даними табл.10.1,

де D – діаметр кожуха апарата, м;

$d_H \times S_T \times l$ – сортамент труб, мм;
 n – число труб;
 S_k - толщина стінки кожуха, мм;
 P_M - тиск в кожухе, МПа;
 t_k – температура в кожухе, C^0 ;
 P_T - тиск в трубках, МПа;
 t_T - температура в трубках, C^0 .

Таблиця 10.1

№ варіан.	D	Матеріал кожуха	d_H	S_T	l	Матеріал труб	n	S_k	P_K	t_k	P_T	t_T
1,16	1,0	ВСт3СП	30	3,0	4000	20	200	5	0,6	80	0,4	130
2,17	1,0	20К	20	2,0	5000	16ГС	220	6	0,7	90	0,5	140
3,18	1,2	16ГС	25	2,5	4500	20К	180	4	0,5	70	0,3	120
4,19	1,4	20	20	2,0	3500	20	210	5	0,4	80	0,2	130
5,20	1,4	16ГС	25	2,5	4000	16ГС	210	6	0,7	90	0,5	140
6,21	1,4	16ГС	25	2,5	4300	16ГС	220	4	0,6	70	0,4	120
7,22	1,6	10Г2	20	2,0	5000	20К	250	5	0,5	80	0,3	130
8,23	1,8	16ГС	20	2,0	3800	20	200	6	0,4	90	0,2	140
9,24	1,8	08x18Н10Т	20	2,0	3900	16ГС	190	4	0,7	70	0,5	120
10,25	2,0	12x18Н10Т	25	2,5	4000	16ГС	220	5	0,6	80	0,4	130
11,26	2,2	20	25	2,5	4500	20К	210	6	0,5	70	0,3	140
12,27	0,6	09Г2С	25	2,5	4200	20К	200	4	0,4	70	0,2	130
13,28	0,8	20К	30	3,0	4300	20	220	5	0,7	80	0,5	140
14,29	0,8	ВСт3СП	30	3,0	4400	16ГС	240	6	0,6	90	0,4	120
15,30	0,4	08x22Н6Т	30	3,0	5000	16ГС	210	5	0,5	70	0,3	130

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 11

Тема: Розрахунок резервуарів

1 Мета:

- 1.1 Розрахунок товщини стінок горизонтальних циліндричних резервуарів
- 1.2 Перевірка умови міцності

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості:

Горизонтальні циліндричні резервуари зазнають дії внутрішнього тиску і вагових навантажень. Корпус резервуара необхідно перевіряти на стійкість при вигині і на місцеву стійкість у місцях установки опор.

При розрахунку горизонтальних резервуарів на вигин резервуар розглядають як балку, що лежить на опорах і навантажену рівномірно розподіленим навантаженням (рис. 11.1)

$$q = \frac{G}{L}, \quad (11.1)$$

де G — вага апарата разом із вмістом;

L — довжина апарата.

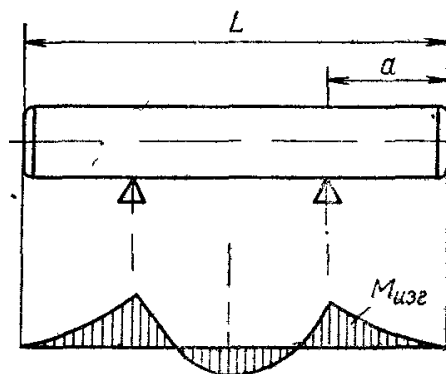


Рисунок 11.1 Епюра згинальних моментів у горизонтальному резервуарі на двох опорах

У середині резервуара згинальний момент

$$M_1 = \frac{G(L - 4a)}{8}, \quad (11.3)$$

де a — довжина кінців апарата, консольно виступаючих за опору.

Згинальний момент над опорою

$$M_2 = \frac{q \cdot a^2}{2}. \quad (11.4)$$

Після визначення моментів M_1 і M_2 перевіряють міцність стінки при спільній дії вигину і тиску.

Меридіональні напруги в середині резервуара

$$\sigma_{M1} = \frac{pD}{4(S - c)} + \frac{1,275M_1}{D^2(S - c)} \quad (11.5)$$

над опорою

$$\sigma_{M2} = \frac{pD}{4(S-c)} + \frac{1,275M_2}{D^2(S-c)}; \quad (11.6)$$

Якщо складові напруги від тиску і ваги мають різні знаки, то повинні виконуватися умови стійкості

$$\frac{pD}{4(S-c)} - \frac{1,275M_1}{D^2(S-c)} \leq 0,1E \frac{S-c}{D}; \quad (11.7)$$

$$\frac{pD}{4(S-c)} - \frac{1,275M_2}{k_1 D^2(S-c)} \leq 0,1E \frac{S-c}{D}; \quad (11.8)$$

де k_1 - коефіцієнт враховуючу ефективну площу обичайки в перетині над опорою. При установці над опорою кільця твердості $k_1 = 1$. Коли зміцнювальні елементи відсутні, значення k_1 визначають за графіком у залежності від кута охоплення опори (рис. 11.2).

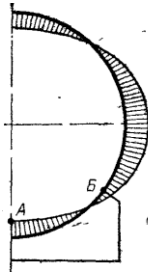


Рисунок 11.2 Епюра кільцевих згинаючих напруг

При відношенні $D/(S-c) \geq 300$ або у випадку роботи резервуара під вакуумом необхідно перевіряти обичайку на місцеву стійкість.

У корпусі горизонтального резервуара поряд з меридіональними напругами діють кільцеві, котрі прагнуть деформувати круглу оболонку і додати їй форму еліпса.

Кільцеві напруги розраховуються:

- для нижньої точки опори А напруга

$$\sigma_K = \frac{k_2 \cdot Q}{2(S-c)l_{\text{эф}}}$$

- для крайньої точки опори Б:

при $L/D \geq 4$

$$\sigma_K = \frac{Q}{(S-c)^2} \cdot \left[\frac{S-c}{4l_{\text{эф}}} + 1,5k_3 \right]$$

при $L/D < 4$

$$\sigma_K = \frac{Q}{(S-c)^2} \cdot \left[\frac{S-c}{4l_{\text{эф}}} + 6k_3 \frac{L}{D} \right]$$

де k_2, k_3 — коефіцієнти, обумовлені графіками, у залежності від кута обхвату ємності опорою;

$l_{\text{эф}}$ - ефективна довжина обичайки;

$$l_{\text{эф}} = \min \left\{ +1,1\sqrt{D(S-c)}; b+30(S-c) \right\}$$

b — ширина опори

l - довжина між опорами

Наприкінці розрахунку перевіряють умови міцності:

$$\sigma_{M1} \leq \varphi[\sigma];$$

$$\sigma_{M2} \leq \varphi[\sigma];$$

$$\sigma_K \leq \varphi[\sigma].$$

4 Хід роботи:

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити товщини стінки резервуару

4.3 Перевірити умову міцності

5 Висновки:

6 Контрольні питання:

6.1 Призначення резервуарів.

6.2 Чому при конструюванні прагнуть максимально збільшити обсяг резервуарів?

6.3 Класифікація резервуарів за формою та по способу установки

6.4 Розв'язання задачі

Розрахувати горизонтальний циліндричний резервуар, що спирається на двох опорах. Дані взяти з табл. 11.1,

де G - сила ваги резервуара, кН

V - геометрична ємність апарата, м³

P - внутрішній тиск в апараті, МПа

D - внутрішній діаметр резервуара, м

L – довжина резервуара, м

L_0 – довжина між опорами, м

b – ширина опори, мм

φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi = 0,9$

t – робоча температура, С⁰

c_1 - добавка для компенсації корозії і ерозії, $c_1=1$ мм

γ - питома вага рідини, $\gamma=12500$ Н/м³

Таблиця 11.1

№ варіанту	G	V	L	L ₀	P	D	b	t	марка сталі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,16	16	16	4,12	3,1	0,2	1,8	400	20	ВСт3
2,17	33	10	4,8	4,4	0,6	2,0	500	30	ВСт3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,18	25	16	2,98	1,6	0,4	2,6	600	40	ВСтЗ
4,19	12	10	2,5	1,8	0,5	2,0	400	50	ВСтЗ
5,20	18	16	2,6	1,8	0,6	2,2	500	20	16ГС
6,21	22	25	3,78	2,1	0,8	2,4	600	30	09Г2С
7,22	32	24	3,52	2,2	1,0	2,6	400	60	ВСтЗ
8,23	28	25	4,7	3,2	0,6	3,2	500	20	ВСтЗ
9,24	14	25	4,56	3,2	0,3	2,8	600	40	ВСтЗ
10,25	40	20	4,28	3,1	0,2	2,6	400	30	ВСтЗ
11,26	35	26	3,44	2,1	0,5	1,8	500	60	ВСтЗ
12,27	20	25	3,76	2,8	1,0	2,4	600	20	ВСтЗ
13,28	16	14	2,25	1,8	0,4	2,0	400	30	16ГС
14,29	38	20	3,9	2,2	1,2	1,8	500	40	ВСтЗ
15,30	24	22	3,65	2,1	1,0	2,0	600	20	09Г2С

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 12

Тема: Розрахунок на міцність апаратів високого тиску

1 Мета:

- 1.1 Розрахунок товщини стінки апарат високого тиску та товщини днища.
- 1.2 Розрахунок кришок і затворів апаратів високого тиску.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
- 2.2 Учбові посібники
- 2.3 Мікрокалькулятор.

3 Теоретичні відомості

Норми та методика розрахунку на міцність встановлені СТ СЭВ 3027-81. Розрахунок товщини стінки циліндричної однослойної обічайки

$$S_R = 0,5 \cdot D_B \cdot (\beta - 1), \quad (12.1)$$

де β - коефіцієнт товстостінності.

$$\ln \beta = \frac{P}{[\sigma] \cdot \varphi}, \quad (12.2)$$

де P – робочий тиск, МПа;

$[\sigma]$ – допустиме напруження;

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \quad (12.3)$$

де σ^* – нормативно допустиме напруження, МПа

$$\sigma^* = \min\left(\frac{\sigma_s}{n_s}; \frac{\sigma_T}{n_T}\right), \quad (12.4)$$

де σ_s, σ_T – межа міцності та текучести;

η – коефіцієнт умови експлуатації, $\eta=1$ – середовище не токсичне, $\eta=0,9$ – дані відсутні

$\varphi = 0,91$ – для вуглецевих на низьколегованих сталей; $\varphi = 0,85$ – для середньо-легованих сталей; $\varphi = 1$ – для багато-слойних посудів

Виконавча товщина стінки сосуда

$$S \geq S_R + C, \quad (12.5)$$

де C – добавка на корозію.

Розрахункова товщина для плоского та слабовипуклого днища, м

$$S_R = 0.45 \cdot k_0 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]}}, \quad (12.6)$$

де k_0 – коефіцієнт послаблення отворами.

$$k_0 = \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{\sum d_i}{D}\right)^3}{1 - \frac{\sum d_i}{D}}}, \quad (12.7)$$

Для випуклих днищ при $\frac{H}{D} \geq 0,25$:

$$S_R = \frac{P \cdot D}{4 \cdot [\sigma] \cdot \varphi} \cdot \frac{D}{2H}, \quad (12.8)$$

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку апаратів високого тиску

4.2 Визначити допустимі напруження

4.3 Визначити коефіцієнт товстостінності

4.4 Розрахунок товщини циліндричної обічайки

4.5 Розрахунок товщини днища апарата

4.6 Розрахунок затвора

4.7 Розрахунок шпильок

4.8 Розрахунок кришки

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Класифікація і конструкція апаратів високого тиску.

6.2 Способи виготовлення корпусів апаратів високого тиску.

6.3 Матеріали, які використовуювані для виготовлення даних апаратів.

6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати на міцність для апарата високого тиску обичайку і днище за даними табл 12.1,

де D – внутрішній діаметр апарата, м;

P – робочий тиск, МПа;

t – робоча температура, С;

$c=2$ мм - добавка для компенсації корозії і ерозії;

d – діаметр отвору в днище, мм.

Таблиця 12.1

№ вар.	D	P	t	d	днище	марка сталі	№ вар.	D	P	t	d	днище	марка сталі
1,16	0,4	40	500	20	випукле	12X18H10T	9,24	0,8	70	300	60	випукле	09Г2С
2,17	1,0	50	250	70	плоске	20	10,25	1,8	50	250	50	слабовипукле	22К
3,18	2,0	10	200	80	слабовипукле	22К	11,26	0,6	60	180	40	плоске	09Г2С
4,19	2,8	60	200	90	плоске	09Г2С	12,27	0,5	30	300	20	плоске	20
5,20	0,3	30	300	60	плоске	20	13,28	2,4	40	200	80	плоске	08X18H10T
6,21	1,2	20	250	50	випукле	20	14,29	1,6	30	200	50	слабовипукле	22К
7,22	2,2	20	200	80	плоске	12X18H10T	15,30	0,4	30	300	30	плоске	08X18H10T
8,23	3,0	10	20	70	слабовипукле	09Г2С							

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

Інструкція для виконання практичної роботи № 13

Тема: Конструкції затворів і ущільнення апаратів високого тиску

1 Мета:

1.1 Вивчення конструкції затворів і ущільнення апаратів високого тиску.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Затвори і ущільнення апаратів високого тиску в загальному випадку складається з ущільнюючих елементів - корпусу, кришки та прокладки поміж ними (обтюратора), деталі кріплення. Найбільш поширені конструкції затворів з плоскою металевою прокладкою, з “дельта” - обтюратором, двоконусним обтюратором, мета застосування яких встановлюється ОСТ 26-1046-74. “Сосуды и аппараты высокого давления. Нормы и методы расчета на прочность”.

Розрахунок зусилля , з яким необхідно пригорнути кришку апарата високого тиску до його корпусу, щоб забезпечити герметичність затвора Q , МН

$$Q = Q_D + Q_B, \quad (13.1)$$

де Q_D — рівнодіюча сил внутрішнього тиску, МН;

Q_B — осьова складова рівнодіючої внутрішнього тиску, МН.

Розрахунок рівнодіючої внутрішнього тиску на кришку

$$Q_D = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot P, \quad (13.2)$$

де D – внутрішній діаметр обтюратора, м;

P – робочий тиск, МПа

Розрахунок осьової складової рівнодіючої внутрішнього тиску на обтюраторне кільце

$$Q_B = 0,5 \cdot \pi \cdot K_3 \cdot D \cdot h_{cp} \cdot P \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (13.3)$$

де $K_3 = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив попереднього затягування;

h_{cp} – висота обтюратора по середній лінії ущільнювальної поверхні обтюраторного кільця, м;

α - кут конусності ущільнювальних поверхонь

Розрахунок осьової складової рівнодіючої внутрішнього тиску на дельтообразний обтюратор

$$Q_B = 0,5 \cdot \pi \cdot D \cdot h_o \cdot P \cdot \operatorname{tg} \alpha_k, \quad (13.4)$$

де h_o – висота обтюратора , м;

α_k - кут конусності ущільнювальних поверхонь кришки і корпусу затвора з дельтоподібним обтюратором

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку зусилля , з яким необхідно пригорнути кришку апарата високого тиску до його корпусу, щоб забезпечити герметичність затвора

4.2 Визначити рівнодіючу внутрішнього тиску на кришку

4.3 Визначити осьову складову рівнодіючої внутрішнього тиску

4.4 Визначити зусилля , з яким необхідно пригорнути кришку апарата високого тиску до його корпусу, щоб забезпечити герметичність затвора

4.5 Привести ескіз конструкції затвора з двуконусним обтюратором та ескіз конструкції затвора з дельтоподібним обтюратором.

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Дайте формулу для визначення ширини кільця обтюратора.

6.2 Зона застосування різного типу обтюраторів.

6.3 Затвори та ущільнення апаратів високого тиску, їх устрій та область використання.

6.4 Розв'язання задачі.

Визначити розрахункове зусилля, з яким необхідно притиснути кришку апарата високого тиску до його корпусу, щоб забезпечити герметичність затвора, за даними табл.13.1,

де P – розрахунковий тиск в апараті, МПа

h_{cp} – висота обтюратора за середню лінією ущільнювальної поверхні, мм

D – внутрішній діаметр обтюратора, мм

h_0 – висота дельтоподібного обтюратора, мм

$\alpha=30^\circ$ - кут конусності ущільнювальних поверхонь

$\alpha_k=47^\circ$ - кут конусності ущільнювальних поверхні кришки і конуса затвора з дельтоподібним обтюратором

Таблиця 13.1

№ задачі	P	D	h_{cp}	h_0	Обтюратор
1,21	30	306	24,5		двоконусний
2,22	70	1239		33,0	Дельтоподібний
3,23	30	306	26,5		Двоконусний
4,24	50	529		21,8	Дельтоподібний
5,25	40	406	24,5		Двоконусний
6,26	50	319		16,6	Дельтоподібний
7,27	20	507	31		Двоконусний
8,28	40	829		27,0	Дельтоподібний
9,29	10	607	28		Двоконусний
10,30	40	629		23,0	Дельтоподібний
11,31	20	807	28		Двоконусний
12,32	40	1039		31,0	Дельтоподібний
13,33	40	1009	35		Двоконусний
14,34	50	424		19,7	Дельтоподібний
15,35	30	1210	48		Двоконусний
16,36	70	1039		31,0	Дельтоподібний
17,37	40	1411	57		Двоконусний
18,38	60	1613	64		Двоконусний
19,39	30	1814	66		двоконусний
20,40	20	2015	75		двоконусний

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78).

Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

4Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 14

Тема: Розрахунок колон на міцність з урахуванням вітрового навантаження

1 Мета:

1.1 Розрахунок зусиль від вітрового навантаження

1.2 Методика розрахунків апаратів колонного типу з урахуванням вітрового навантаження.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор.

3 Теоретичні відомості

Апарати колонного типу, які мають висоту більш ніж 10м при $H > 1,5D_{\min}$, а також висоту менш ніж 10м, при $H/D_{\min} > 5$ (де D_{\min} –найменш зовнішній діаметр апарата) і при умові що ці апарати знаходяться на відкритому повітрі, їх необхідно розраховувати на вітрове навантаження. Методика визначення розрахункових зусиль, які виникають в елементах апаратів колонного типу, визначено в ОСТ 26-487-72

Розрахунок включає слідуєчі етапи:

1 Визначення розрахункових зусиль від вітрового навантаження.

Період власних коливань

$$T = 1,79 \cdot H \sqrt{\frac{Q_{MAX}}{q} \left(\frac{H}{E \cdot I} + 4 \cdot \varphi_0 \right)}, \quad (14.1)$$

де H – висота колони, м;

Q_{max} – максимальна вага колони при гідравлічному випробуванні, Н;

I – момент інерції поперечного перерізу апарата, m^4 ;

E – модуль пружності матеріалу корпусу, МПа;

φ_0 – кут повороту опорного перетину фундаменту.

$$I = \frac{\pi}{64} (D_H^4 - D^4), \quad (14.2)$$

де D_H – зовнішній діаметр, м;

D – внутрішній діаметр, м.

$$\varphi_0 = \frac{1}{C_\varphi \cdot I_\varphi}, \quad (14.3)$$

де C_φ - коефіцієнт пружного нерівномірного стиску ґрунту, MH/m^3 ;

I_{φ} - екваторіальний момент інерції площі підшви фундаменту, m^4 .

$$I_{\varphi} = 0,065 \cdot D_K^4, \quad (14.4)$$

де D_K – зовнішній діаметр опорного кільця, м.

Вітрове навантаження P, H

$$P = \beta \cdot C \cdot q_B \cdot D_H \cdot H, \quad (14.5)$$

де q_B – вітровий напір, H/m^2 [1 с. 150];

β - коефіцієнт збільшення швидкісного напору вітру за рахунок динамічного впливу, який викликаний поривами вітру

$$\beta = 1 + \zeta \cdot m, \quad (14.6)$$

де ζ - коефіцієнт динамічності [1 с. 151];

m – коефіцієнт пульсації швидкісного напору вітру, в залежності від висоти колони [1 с. 151].

Вітровий момент M_B, Hm

$$M_B = P \cdot \frac{H}{2} \quad (14.7)$$

2 Вибір опори

Максимальне приведені навантаження $Q_{MAX}^{ПРИБ}$, МН

$$Q_{MAX}^{ПРИБ} = \frac{4 \cdot M^1}{D} + Q_{MAX} \quad (14.8)$$

$$M^1 = M_B + M, \quad (14.9)$$

де M – зовнішній момент із боку кран – укосини, яка установлена на колоні і піднімається вантажах при монтажних роботах, Мнм

Мінімальна приведені навантаження $Q_{MIN}^{ПРИБ}$, МН

$$Q_{MIN}^{ПРИБ} = \frac{4 \cdot M^1}{D} + Q_{MIN} \quad (14.10)$$

3 Перевірка стійкості корпусу колони.

Умова стійкості при роботі колони під внутрішнім тиском

$$\frac{Q_{MAX}}{[Q]} + \frac{M_{ИЗГ}}{[M]} \leq 1, \quad (14.11)$$

де $[Q]$ – допустима осьова стискаюча сила, МН;

$[M]$ – допустимий згинаючий момент, Мнм.

$$[Q] = \pi \cdot D \cdot (S - c) \cdot \varphi_c [\sigma], \quad (14.12)$$

$$\varphi_c = \frac{1}{1 + 23 \left[\frac{\sigma_T}{E} \cdot \frac{D}{2(S - c)} \right]^2} \quad (14.13)$$

$$[M] = 0,785 \cdot \varphi_H \cdot [\sigma] D^2 \cdot (S - c) \quad (14.14)$$

$$\varphi_H = \frac{1}{1 + 15 \left[\frac{\sigma_T}{E} \cdot \frac{D}{2(S - c)} \right]^2} \quad (14.15)$$

4 Хід роботи

- 4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку
- 4.2 Визначити розрахункові зусилля від вітрових навантажень
- 4.3 Вибрати опори
- 4.4 Провірити на стійкість корпус колонні
- 4.5 Скласти схему навантаження на опору апарата

5 Висновки

6 Контрольні питання

- 6.1 Класифікація колонних і башених апаратів.
- 6.2 Тарілчасті колони. Конструкція й основні вузли
- 6.3 Насадочні колони. Типи насадок.
- 6.4 Розв'язання задачі.

Провести розрахунок на міцність насадочної колони, яка установлена у II розрахунковому районі по вітровому навантаженню за даними табл. 14.1, де D – внутрішній діаметр колони, м;

S – товщина обичайки корпусу колони, мм

$c=1$ мм - добавка для компенсації корозії і ерозії;

H – висота колони, м;

Q_{\max} – максимальна вага колони при гідравлічному випробуванні, Н;

Q_{\min} – мінімальна вага колони, Н;

$D_k=600$ м - зовнішній діаметр опорного кільця;

$M=1655$ Нм – зовнішній момент з боку кран-укосини, яка установлена на колоні і піднімається вантажах при монтажних роботах

Таблиця 14.1

№ варіан.	D	S	H	Q_{\min}	Q_{\max}	марка сталі корпусу
1,16	0,4	4	7500	7720	13200	12X18H10T
2,17	0,6	5	7850	7670	13400	20
3,18	0,5	3	7720	7780	13500	22К
4,19	0,7	6	7620	7690	13100	09Г2С
5,20	0,3	3	7830	7660	13200	20
6,21	0,4	5	7525	7850	13600	20
7,22	0,6	4	7620	7980	13200	12X18H10T
8,23	0,5	5	7720	7770	13400	09Г2С
9,24	0,7	3	7930	7860	13500	09Г2С
10,25	0,3	4	7250	7750	13100	22К
11,26	0,4	5	7880	7740	13200	09Г2С
12,27	0,6	3	7830	7820	13600	20
13,28	0,5	6	7620	7780	12900	08X18H10T
14,29	0,7	3	7520	7650	12800	22К
15,30	0,4	30	300	30	12700	08X18H10T

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.
- 4Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 15

Тема: Механічний розрахунок обертових барабанів

1 Мета:

Розрахунок на міцність барабанів, що обертаються з двома опірними станціями.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор.

3 Теоретичні відомості

Товщину стінок барабану вибирають зі співвідношення

$$S = 0.007 \div 0.01 D_H, \quad (15.1)$$

де D_H – зовнішній діаметр барабану, м.

Потім барабан перевіряють на міцність по перетину, як балку, яка вільно лежить на 2-х опорах і навантажена рівномірно розподіленим навантаженням від ваги барабану, насадки, бандажів, матеріалу, що завантажується у барабан. Вага вінцевої шестерні розглядається як концентрована сила.

Умова міцності барабана

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma], \quad (15.2)$$

де $[\sigma]$ - допустиме напруження, МПа (для сталей Ст2,Ст3,10,15 без футерівки - $[\sigma]=5\dots10$ МПа, для апаратів з футерівкою – $[\sigma]=20$ МПа);

$M_{зг}$ - максимальний згинаючий момент, діючий на барабани, Н·м

$$M_{зг} = \frac{q_H \cdot L \cdot (2l_2 - L)}{8} + \frac{Q_B(l_2 - l_1)}{l_2}, \quad (15.3)$$

де L – довжина барабану, м;

l_2, l_1 – відстань між опорами та від опори до вінцевої шестерні, м;

Q_B – навантаження від вінцевої шестерні, Н;

q_H - лінійне навантаження, Н/м

$$q_H = \frac{mq}{L}, \quad (15.4)$$

де m - сумарна маса барабану, кг

$$m = m_K + m_M, \quad (15.5)$$

де m_K – маса корпусу барабана з насадкою, кг;

m_M – маса барабану, що знаходиться в сушарці, кг

$$m_M = \frac{\psi \cdot \rho_M \cdot L \cdot \pi \cdot D_B^2}{4}, \quad (15.6)$$

де ψ – коефіцієнт заповнення;

ρ_M – густина матеріалу в барабані, г/м³

Момент опору перерізу барабану W , м³

$$W = \frac{S_B \cdot \pi \cdot D_{CP}^2}{4}, \quad (15.7)$$

де D_{CP} – середній діаметр барабану, м

Умова жорсткості барабана

$$\varepsilon = \frac{Y_{\max}}{D_{CP}} \leq [\varepsilon], \quad (15.8)$$

де Y_{\max} – сумарний прогін під дією навантаження, м

$$Y_{\max} = \frac{D_{CP}^3}{E \cdot I} \cdot (0.04 \cdot q_1 + 0.002 \cdot q_2), \quad (15.9)$$

де E – модуль пружності, МПа ;

I – момент інерції одиничного кільця барабана, м⁴

$$I = 1 \cdot S_B^3 / 12 \quad (15.10)$$

q_1 – лінійне навантаження від маси оброблюваного матеріалу, Н/м

$$q_1 = q \cdot \frac{m_M}{L} \quad (15.11)$$

q_2 – лінійне навантаження від маси барабана, Н/м

$$q_2 = q \cdot \frac{m_K}{L} \quad (15.12)$$

Примітка 1 $[\varepsilon] = \frac{1}{300}$ - допустимий відносний привід для барабану з футерівкою.

Примітка 2 $[\varepsilon] = \frac{1}{200}$ - для барабану без футерівки.

Діаметр бандажів опорних та упорних роликів вибирають з каталогу, а потім перевіряють на контактну міцність.

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку

4.2 Розрахунок барабану на міцність

4.3 Розрахунок барабану на жорсткість

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Класифікація сушильних апаратів

6.2 Насадки барабанних установок.

6.3 Розв'язання задачі.

Виконати розрахунки барабана сушарки на міцність та жорсткість по даним таблиці 15.1,

де D_n – зовнішній діаметр барабана, м

S_B – товщина стінки барабана, мм

L – довжина барабана, м

l_1 – відстань від вінцевої шестерні до бандажа, м

ψ – коефіцієнт заповнення барабана

ρ_m – щільність оброблюваного матеріалу, кг/м^3

m_k – маса корпусу барабана з насадкою, кг

Q_B – навантаження від вінцевої шестерні, Н

l_2 – відстань між бандажами, м

Таблиця 15.1

№ варіант	D_n	S_B	L	l_1	l_2	ψ	Q_B	m_k	ρ_m
1, 11,21	2,8	20	16	2,5	9,3	0,21	93000	60500	1500
2, 12,22	2,5	16	14	2,5	8,2	0,15	72000	34200	2500
3, 13,23	2,2	12	16	1,2	9,3	0,18	20900	19700	1500
4, 14,24	2,0	10	10	1,2	5,9	0,21	18600	9600	2000
5, 15,25	1,6	8	12	1,1	7,0	0,25	11000	7000	2500
6, 16,26	1,2	6	10	0,9	5,9	0,18	7500	3000	2000
7, 17,27	1,0	5	6,0	0,8	3,5	0,15	5000	1300	600
8, 18,28	1,0	5	4,0	0,8	2,3	0,15	5000	900	600
9, 19,29	1,2	6	6,0	0,9	3,5	0,18	7500	1900	600
10, 20,30	1,6	8	8,0	1,1	4,7	0,18	11000	4800	2000

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

4Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 16

Тема: Механічний розрахунок центрифуг

1 Мета:

1.1 Розрахунок потужності центрифуг у період пуску

1.2 Розрахунок потужності центрифуг у період завантаження суспензії в ротор

1.3 Розрахунок потужності центрифуг у період вивантаження осадка

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Мета механічного розрахунку - це визначення потужності, затрачуваної на повідомлення кінетичної енергії суспензії, подаваної в ротор центрифуги.

Електродвигун, що повідомляє обертання ротору автоматичної центрифуги підбирається по найбільшій потужності, споживаною машиною у визначений період її роботи.

Потужність у період пуску центрифуги, кВт

$$N_{\text{п}} = N_{\text{р}} + N_1 + N_2, \quad (16.1)$$

де $N_{\text{р}}$ - потужність, яка витрачається на розгін ротора, кВт

$$N_{\text{р}} = \frac{m_{\text{р}} \cdot W^2}{2 \cdot 10^3 \cdot \tau_{\text{р}}}, \quad (16.2)$$

$m_{\text{р}}$ – маса ротора, кг;

W - окружна швидкість обертання ротора, м/с

$$W = \omega \cdot D / 2, \quad (16.3)$$

ω - кутова швидкість ротора, рад/с;

D – діаметр ротора, м;

$\tau_{\text{р}}$ - час розвантажування центрифуги, с;

N_1 - потужність, яка витрачається на тертя ротора об повітря, кВт

$$N_1 = 14 \cdot 10^{-6} \cdot (R_{\text{н}}^4 - r_6^4) \cdot L \cdot \omega^3, \quad (16.4)$$

$R_{\text{н}}$ - зовнішній радіус ротора, м;

r_6 - радіус борта центрифуги, м;

L - довжина ротора, м;

N_2 - потужність, яка витрачається на тертя в підшипниках, кВт

$$N_2 = \frac{f_{\text{т}} \cdot (P_1 d_1 + P_2 d_2)}{2 \cdot 10^3}, \quad (16.5)$$

$f_{\text{т}}$ - коефіцієнт тертя в підшипниках;

d_1, d_2 - діаметри шийок вала під підшипниками, м;

P_1, P_2 - динамічні навантаження на опори, Н

$$P_{1,2} = R_{1,2} \left(1 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\omega^2 \cdot R}{g} \right), \quad (16.6)$$

R_1, R_2 - статичні навантаження на опори, Н.

Потужність центрифуг у період завантаження суспензії в ротор, кВт

$$N_3 = N_{\text{с}} + N_1 + N_2, \quad (16.7)$$

де $N_{\text{с}}$ - потужності, яка витрачається на повідомлення кінетичної енергії суспензії, кВт

$$N_{\text{с}} = \frac{m_{\text{с}} \cdot W^2}{2 \cdot 10^3 \cdot \tau_3}, \quad (16.8)$$

$m_{\text{с}}$ – маса суспензії, що надійшла в ротор центрифуги за час завантаження, кг

$$m_c = m_{oc} \cdot \frac{1-y}{x_c}, \quad (16.9)$$

m_{oc} – маса осаду в роторі центрифуги, кг

$$m_{oc} = V_p \cdot \varphi \cdot \rho_{oc}, \quad (16.10)$$

V_p – робочий об'єм ротора, м³

$$V_p = 0,785(D^2 - D_1^2) L, \quad (16.11)$$

D_1 – діаметр борта центрифуги, м;

φ – коефіцієнт заповнення ротора;

ρ_{oc} – щільність осада, кг/м³

$$\rho_{oc} = \frac{\rho_{ТВ} \cdot \rho_{ж}}{\rho_{ж} + (\rho_{ТВ} - \rho_{ж})y}, \quad (16.12)$$

$\rho_{ж}$ – щільність рідини, кг/м³;

$\rho_{ТВ}$ – щільність твердої фази, кг/м³;

y – вологість осаду, кг/кг;

x_c – концентрація твердої фази у суспензії, кг/кг.

Потужність центрифуг у період вивантаження осада, кВт

$$N_B = N_{cp} + N_1 + N_2, \quad (16.13)$$

де N_{cp} – потужності, яка витрачається при зрізі осада, кВт

$$N_{cp} = \frac{P_{cp} \cdot W}{10^3}, \quad (16.14)$$

P_{cp} – зусилля зрізу, Н

$$P_{cp} = k l_n \delta, \quad (16.15)$$

k – питомий опір зрізу, МПа;

l_n – довжина ножа для зрізання осаду, м;

δ – товщина шару, що зрізується, за час розвантаження, м

$$\delta = \frac{R - R_{oc}}{n \cdot \tau_B}, \quad (16.16)$$

R_{oc} – внутрішній радіус осаду, м.

4 Хід роботи

4.1 Визначити щільність суспензії й осаду

4.2 Визначити масу осаду в роторі центрифуги і масу суспензії, що надійшла в ротор за час завантаження

4.3 Визначити потужність, яка витрачається на повідомлення кінетичної енергії суспензії

4.4 Визначити потужність, яка витрачається на тертя ротора об повітря

4.5 Визначити потужність, яка витрачається на тертя в підшипниках

4.6 Визначити потужність, яка витрачається при зрізі осада

4.7 Визначити споживані потужності центрифуг у період пуску, завантаження суспензії в ротор, вивантаження осада

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Конструкція і класифікація центрифуг

6.2 Технічна безпека при обслуговуванні центрифуг

6.3 Особливості розрахунку центрифуг

6.4 Розв'язання задачі.

Виконати розрахунки потужностей фільтруючої центрифуги за даними табл.16.1

де V_c – витрата суспензії, м³/ч

$\rho_{тв}$ – щільність твердої фази, кг/м³

D – діаметр ротора, м

D_1 – діаметр борта центрифуги, м;

S – товщина стінки обечайки ротора, мм

m_p – маса ротора, кг

n – частота обертів ротора, об/хв

d_1 d_2 – діаметри шийок вала під підшипники

Прийняти:

$t_b=150$ с - час розвантаження осадка;

$L=0,4$ м - довжина ротора;

$l_n=0,36$ м - довжина ножа;

$x_c=0,15$ кг/кг - концентрацію твердої фази у суспензії;

$y=0,1$ кг/кг - вологість осадка;

$\rho_{ж}=1000$ кг/м³ - щільність рідини;

$\varphi=0,6$ - коефіцієнт заповнення ротора;

$\kappa=3,0$ МПа - питомий опір зрізу осадка;

$l_2 = 0,6$ м, $l_1 = 0,25$ м, $l_3 = 0,4$ м - відстань між опорами.

Таблиця 16.1

№ варіанту	D	D_1	V_c	$\rho_{тв}$	S	m_p	n	d_1	d_2	Марка сталі ротора та допускаєма напруга
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,16	0,8	0,525	4,5	1500	10	290	1700	60	80	06xH28MДТ = 110МПа
2,17	0,8	0,524	5,0	2100	12	300	1700	65	75	08x22H6T= 175Мпа
3,18	0,8	0,526	5,5	1800	15	330	1700	70	90	СТ 3=120Мпа
4,19	0,8	0,525	6,0	2200	14	320	1700	80	100	12x18H10T = 134МПа
5,20	0,9	0,626	7,0	1450	15	400	1500	100	125	10x17H13M2T= 140МПа
6,21	0,9	0,623	7,5	2000	12	370	1500	90	110	09x15H8Ю = 360МПа
7,22	0,9	0,624	8,0	1600	10	350	1500	85	100	30 xГСА=360МПа
8,23	0,9	0,626	4,5	1700	14	390	1500	100	120	12x18H10T = 134МПа

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9,24	0,7	0,426	5,0	2200	15	290	1600	80	100	06xH28MДТ = 110МПа
10,25	0,7	0,423	5,5	1450	10	300	1600	100	125	08x22H6Т = 175Мпа
11,26	0,7	0,424	6,0	2000	16	330	1600	90	110	СТ 3=120Мпа
12,27	0,7	0,426	7,0	1600	18	320	1600	85	100	12x18H10Т = 134МПа
13,28	1,0	0,726	7,5	1700	10	400	1400	100	120	10x17H13M2Т = 140МПа
14,29	1,0	0,723	8,0	1600	14	370	1400	60	80	09x15H8Ю = 360МПа
15,30	1,0	0,724	9,0	2200	12	350	1400	65	85	30 xГСА=360МПа

Література

- 1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.
- 2Криворот А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. Л., Машиностроение, 1975.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

Інструкція для виконання практичної роботи № 17

Тема: Розрахунок валу центрифугі

1 Мета

- 1.1 Розрахунок обичайок центрифуг
- 1.2 Перевірка вала центрифуги на витривалість

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.3 Інструкція
- 2.4 Учбові посібники
- 2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Циліндрична обичайка ротора розтягується, в ній виникають розтягуючі напруження від дії центробіжної сили, яка прикладається до рідини, що заповнює ротор та до самого матеріалу ротора.

Напруга розриву, що виникає в стінці ротора, МПа

$$\sigma = \frac{P \cdot R}{S \cdot \psi}, \quad (17.1)$$

де P- сумарний розрахунковий тиск, МПа

$$P = P_{ж} + P_{ц}, \quad (17.2)$$

$P_{ж}$ - тиск рідини на стінку циліндра при дії центробіжної сили, МПа

$$P_{ж} = 0,5 \cdot \rho_{ж} \cdot \omega^2 \cdot R^2 \cdot \varphi, \quad (17.3)$$

$\rho_{ж}$ – щільність рідини, кг/м³;

R – радіус ротора, м;

φ – коефіцієнт заповнення ротора;

$P_{ц}$ - центробіжна сила, прикладена до елемента матеріалу ротора, МПа

$$P_{ц} = \rho_{м} \cdot S \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (17.4)$$

$\rho_{м}$ – щільність матеріалу ротора, кг/м³;

S - товщина стінки циліндричної обичайки ротора, м;

Ψ - коефіцієнт ослаблення барабана ротора отворами

$$\Psi = (t - d_0) / t, \quad (17.5)$$

t – шаг, мм;

d_0 - діаметр отвору, мм

Крім того вал ротора повинен задовольняти умови вібростійкості, а це означає, що частота його обертання не повинна наближатися до частоти власних коливань вала.

Умова вібростійкості твердого вала

$$\omega \leq 0,7 \omega_{кр}, \quad (17.6)$$

де ω - кутова швидкість ротора, рад/с;

$\omega_{кр}$ - критична швидкість вала, рад/с

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{1}{\delta_{11} \cdot m}}, \quad (17.7)$$

δ_{11} - коефіцієнт впливу, для консольного розташування вала

$$\delta_{11} = \frac{(l_2 + l_3) \cdot l_3^2}{3 \cdot E \cdot I}, \quad (17.8)$$

l_2 - відстань між опорами, м;

l_3 - відстань від підшипника до центра мас ротора і завантаження, м;

E - модуль подовжньої пружності матеріалу вала, Па;

I – осьовий момент інерції перетину вала, м⁴;

m - сума мас ротора і завантаження, кг.

4 Хід роботи

4.1 Визначити напруга розриву, що виникає в стінці ротора

4.7 Перевірити вал на вібростійкість

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Що таке розрахунковий тиск

6.2 Методика вибору допустимих напружень для хімічних апаратів.

6.3 Що таке критична швидкість і в чому полягає її небезпечність

6.4 Розв'язання задачі.

Виконати перевірку міцності вала й обичайки ротора за даними табл.17.1,

де $\rho_{тв}$ – щільність твердої фази, кг/м³;

D – діаметр ротора, м;
 D_1 – діаметр борта центрифуги, м;
 S – товщина стінки обечайки ротора, мм;
 m_p – маса ротора, кг;
 n – частота обертів ротора, об/хв;

Прийняти:

$\rho_{ж}=1000\text{кг/м}^3$ - щільність рідини;
 $\rho_{м}=7800\text{кг/м}^3$ - щільність матеріалу ротора;
 $\phi=0,6$ - коефіцієнт заповнення ротора;
 $\Psi=0,583$ - коефіцієнт ослаблення барабана ротора отворами;
 $x_c=0,15\text{кг/кг}$ - концентрація твердої фази у суспензії;
 $y=0,1\text{кг/кг}$ - вологість осадка;
 $L=0,4\text{м}$ - довжина ротора;
 $l_2 = 0,6\text{м}$, $l_3 = 0,4\text{м}$ - відстань між опорами .

Таблиця 17.1

№варіанту	D	D_1	$\rho_{тв}$	S	m_p	n	Марка сталі ротора та допускаєма напруга
1,16	0,8	0,525	1500	10	290	1700	06xH28MДТ = 110МПа
2,17	0,8	0,524	2100	12	300	1700	08x22H6Т= 175Мпа
3,18	0,8	0,526	1800	15	330	1700	СТ 3=120Мпа
4,19	0,8	0,525	2200	14	320	1700	12x18H10Т = 134МПа
5,20	0,9	0,626	1450	15	400	1500	10x17H13M2Т= 140МПа
6,21	0,9	0,623	2000	12	370	1500	09x15H8Ю = 360МПа
7,22	0,9	0,624	1600	10	350	1500	30 xГСА=360МПа
8,23	0,9	0,626	1700	14	390	1500	12x18H10Т = 134МПа
9,24	0,7	0,426	1500	15	290	1600	06xH28MДТ = 110МПа
10,25	0,7	0,423	2100	10	300	1600	08x22H6Т= 175Мпа
11,26	0,7	0,424	1800	16	330	1600	СТ 3=120Мпа
12,27	0,7	0,426	2200	18	320	1600	12x18H10Т = 134МПа
13,28	1,0	0,726	1450	10	400	1400	10x17H13M2Т= 140МПа
14,29	1,0	0,723	2000	14	370	1400	09x15H8Ю = 360МПа
15,30	1,0	0,724	1600	12	350	1400	30 xГСА=360МПа

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

Інструкція для виконання практичної роботи № 18

Тема: Розрахунок механічний перемішуючих пристроїв

1 Мета:

1.1 Визначення потужності для роботи перемішуючих пристроїв.

1.2 Розрахунок на міцність вузлів та деталей перемішуючого апарата.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Розрахунок мішалок в основному це розрахунок зусиль, діючих на лопості; потужності, що затрачуються на перемішування, перевірка валів на вібростійкість.

Тип пристрою, що перемішує, вибирають у залежності від в'язкості середовища і її виду

ГОСТ 20680 - 75 передбачає десять типів виконання вертикальних апаратів із пристроями, що перемішують.

Потужність, необхідна для перемішування N_M , Вт

$$N_M = \kappa_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_M^5 \quad (18.1)$$

де κ_N - критерій потужності, обумовлений по графіках, у залежності від величини відцентрового критерію Рейнольдса

$$Re_M = \frac{\rho \cdot n \cdot d_M^2}{\mu_c} \quad (18.2)$$

де μ_c - динамічна в'язкість, ПаС

ρ - щільність середовища, що перемішується, кг/м³

n - частота обертання мішалки, об/с.

d_M - діаметр мішалки, м

$$d_M = (0,85 \div 0,95)D \quad (18.3)$$

D- внутрішній діаметр апарата

Потужність, затрачувана на тертя в ущільненні N_T , Вт

$$N_T = 0,18N_M \quad (18.4)$$

Номінальна потужність на валу електродвигуна N_e , Вт

$$N_e = \frac{N_M + N_T}{\eta} \quad (18.5)$$

де η – ККД

Умова міцності якоря при вигині

$$\sigma = \frac{M_E}{W} \leq [\sigma_H] \quad (18.5)$$

де M_e – розрахунковий момент у місці приєднання якоря до ступіци

$$M_E = \sqrt{M^2 + 4 \cdot (M_{KP})^2} \quad (18.6)$$

$$M = 0,0813 \frac{N_e}{n}$$

$$M_{KP} = 0,0542 \frac{[(0,5d_M)^3 - (0,5d_M - b)^3] \cdot (h - b) \cdot N_M}{[(0,5d_M)^4 - (0,5d_M - b)^4] \cdot (1 + a) \cdot n}$$

де h – висота якоря, м

b - ширина якоря, м

$$b = 0,07d_M$$

$$a = \frac{b}{h \cdot \left[\left(\frac{0,5d_M}{0,5d_M - b} \right)^4 - 1 \right]}$$

Момент опору перетину якоря $W_e, \text{ м}^3$

$$W = \frac{(S - 2c) \cdot (b - 2c)^3 + (b - S) \cdot (S - 2c)^3}{6 \cdot (b - 2c)} \quad (18.7)$$

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити номінальну потужність на валу електродвигуна.

4.3 Визначити умови міцності якоря при вигині.

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Конструкція і характеристика апаратів з перемішувачими пристроями.

6.2 Конструктивні схеми приводів мішалок.

6.3 Ущільнення обертаючихся валів мішалок.

6.4 Розв'язання задачі.

Розрахувати потужність на валу електродвигуна та перевірити умови міцності якоря апаратів з перемішувачими пристроями при вигині за даними табл. 18.1, де D – внутрішній діаметр апарата, м

ρ - щільність середовища, що перемішується, кг/м^3

μ_c - динамічна в'язкість, $\text{Па}\cdot\text{с}$. $\mu_c = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

c - добавка для компенсації корозії і ерозії, мм

η – ККД. $\eta = 0,9$

Таблиця 18.1

№ варіан.	D	ρ	c	марка сталі	№ варіан.	D	ρ	c	марка сталі
1,16	0,8	1500	1,0	ВСт 3	8,23	1,8	1500	0,05	16ГС
2,17	2,0	1480	1,0	08Х18Н10Т	9,24	2,0	1480	0,05	09Г2С
3,18	1,8	1400	0,05	20	10,25	2,2	1400	1,0	20
4,19	0,6	1410	1,0	08Х18Н10Т	11,26	2,4	1410	2,0	16ГС
5,20	1,4	1450	1,0	16ГС	12,27	2,6	1450	2,0	ВСт 3
6,21	1,2	1420	1,0	09Г2С	13,28	2,8	1420	1,0	08Х18Н10Т
7,22	1,6	1430	0,05	12Х18Н10Т	14,29	0,4	1430	0,05	16ГС
					15,30	1,0	1500	1,0	20

Література

1 Генкин А.Е. Оборудование химических заводов. М., Высшая школа, 1978.

2 ГОСТ 14149-80 (СТ СЭВ 596 – 77, СТ СЭВ 1039-78 - СТ СЭВ 1041-78).

Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей редакцией д.т.н. проф. М.Ф.Михалева, Л., Машиностроение, 1984.

4 Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Л., Машиностроение, 1981.

Інструкція для виконання практичної роботи № 19

Тема: Аналіз роботи насосів

1 Мета:

1.1 Вивчення конструкції поршневого насосу

1.2 Розрахунок основних робочих параметрів насосу

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Модель поршневого насосу

2.3 Учбові посібники

2.4 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Основними параметрами, що характеризують роботу будь-якого насоса, є: Q — продуктивність (подача); H — напір; N — потужність, споживана насосом.

Насоси вибирають виходячи з кількості рідини, що перекачується, її характеристики (температури, тиску, густини) і з розрахунку необхідного напору.

У відповідних каталогах приводяться характеристики насосів при максимальній частоті обертання колеса n , яку не можна збільшити довільно, тому що при зміні її від n_1 до n_2 параметри насоса також змінюються за такими законами пропорційності

Повний напір насоса H , м

$$H = \frac{(p_H - p_B)}{g \cdot \rho} + H_r + h_{II}, \quad (19.1)$$

де p_H — абсолютний тиск на осі напірного трубопроводу за насосом, Па;

p_B — абсолютний тиск на осі всмоктувального трубопроводу перед насосом, Па;

ρ — густина рідини, що перекачується, кг/м^3 ;

g — прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

H_r — геометрична висота підйому рідини, м;

h_{II} — напір, затрачуваний на створення швидкості та на подолання тертя в напірному та всмоктувальному трубопроводі, м.

Повний напір насоса H , м

$$H = \frac{(p_H - p_B)}{g \cdot \rho} + \frac{(v_H^2 - v_B^2)}{2g} + Z, \quad (19.2)$$

де p_H — абсолютний тиск на осі напірного трубопроводу за насосом, Па;

p_B – абсолютний тиск на осі всмоктувального трубопроводу перед насосом, Па;

ρ — густина рідини, що перекачується, кг/м³;

g — прискорення вільного падіння, м/с²;

v_H - швидкість руху рідини в напірному трубопроводі, м/с;

v_B - швидкість руху рідини в всмоктувальному трубопроводі, м/с;

Z – відстань по вертикалі між крапками виміру тиску в нагнітальному й усмоктувальному трубопроводах (при горизонтальному розташуванні осі напору $Z=0$)

Швидкість руху рідини в всмоктувальному трубопроводі v_B , м/с

$$v_B = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_1^2}, \quad (19.3)$$

де d_1 -діаметр труби в всмоктувальному трубопроводі, м;

Q — продуктивність насоса, м³/с.

Швидкість руху рідини в напірному трубопроводі v_H , м/с

$$v_H = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_2^2}, \quad (19.4)$$

де d_2 -діаметр труби в напірному трубопроводі, м.

Вибір електродвигуна

Потужність електродвигуна, зазначена в каталогах, повинна бути трохи більше потужності на валу насоса через можливе його перевантаження.

Потужність на валу насоса N , кВт

$$N = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{1000 \cdot \eta}, \quad (19.5)$$

де η — коефіцієнт корисної дії насосної установки

Коефіцієнт корисної дії насосної установки η

$$\eta = \eta_H \cdot \eta_{II} \cdot \eta_D, \quad (19.6)$$

де η_H — коефіцієнт корисної дії насоса;

η_{II} — коефіцієнт корисної дії передачі;

η_D — коефіцієнт корисної дії двигуна.

Потужність електродвигуна $N_{ДВ}$, кВт

$$N_{ДВ} = k \cdot N, \quad (19.7)$$

де k - коефіцієнт запасу

Примітка – $k = 1,1-2$

Продуктивність поршневого насоса Q , м³/с

- простої дії та диференціального

$$Q = \eta_v \cdot \frac{F \cdot s \cdot n}{60}, \quad (19.8)$$

- подвійної дії

$$Q = \eta_v \cdot \frac{(2F - f) \cdot s \cdot n}{60}, \quad (19.9)$$

де η_v — коефіцієнт подачі ($\eta_v=0,8-0,9$);

- F – робоча площа поршня, м²;
- f - площа поперечного перетину штока, м²;
- s – хід поршня, м;
- n – частота обертання, хв⁻¹

4 Хід роботи

- 4.1 Намалюйте схему поршневого насоса. Поясніть принцип дії
- 4.2 Визначити вихідні дані для розрахунку
- 4.3 Визначити основні робочі параметри насоса

5 Висновки

- 5.1 Дата виконання

Література

- 1 Каталог-справочник. Насосы. - М.: Машиздат, 1970
- 2 Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. – М: Стройиздат, 1983
- 3 Черкасский В.М.Насосы, вентиляторы, компрессоры. –М.: Энергия, 1977

Інструкція для виконання практичної роботи № 20

Тема: Аналіз роботи обладнання для синтезу полікапроаміду

1 Мета:

- 1.1 Навчитись аналізувати та порівнювати роботу різних типів обладнання для синтезу ПКА

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
- 2.2 Учбові посібники

3 Теоретичні відомості

У виробництві ПА-волокон періодичний спосіб отримання полімерів в автоклавах майже не застосовується.

В промисловості застосовують два процеси отримання полімерів: періодичний і безперервний.

Безперервний може здійснюватись в двох варіантах: безперервне отримання полімера в розплаві з послідуочим литтям і гранулюванням; безперервне отримання полімера в розплаві з подачею його на формування.

Основні вимоги для обладнання: точність витримування параметрів: час процесу, рівномірний прогрів реакційної суміші в установлених межах, недопустимо стикання реакційної маси з киснем повітря. Деталі апаратів, що стикаються з реакційною масою, необхідно виготовляти із сталі 12Х18Н10Т.

В промисловості синтетичних волокон застосовують різні типи апаратів, які відрізняються продуктивністю, конструкцією, але в основному застосовують

АБП трьох типів: прямоточні, U-подібні, з концентричними переливними перетинками.

4 Хід роботи

4.1 На малювати прямоточний апарат безперервного поліамідування. Поясніть конструкцію та принцип роботи апарату.

4.2 На малювати АБП з концентричними перетинками. Поясніть конструкцію та принцип роботи апарату.

4.3 Порівняйте роботу двох апаратів (вказіть їх переваги та недоліки).

5 Висновки

Література

1 Браверман П.Ф., Чачхиани А.Б. Оборудование и механизация производства химических волокон.- М.: Машиностроение, 1975.

Інструкція для виконання практичної роботи № 21

Тема: Визначення продуктивності апаратів безперервного поліамідування

1 Мета:

1.1 Визначення продуктивності апаратів безперервного поліамідування.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Продуктивність апаратів безперервного поліамідування G , кг/добу

$$G = \frac{V_p \cdot \rho \cdot 24}{\tau}, \quad (21.1)$$

де V_p - робочий об'єм апарату, м³;

ρ – щільність полімеру, кг/м³;

τ - тривалість процесу поліамідування, год.

Для визначення необхідної кількості апаратів на задану виробничу програму необхідно враховувати коефіцієнт працюючого обладнання

$$K_{по} = \frac{\tau_{річн} - \tau_{пр}}{\tau_{річн}}, \quad (21.2)$$

де $\tau_{річн}$ - річний фонд робочого часу, год/рік

$\tau_{пр}$ - час простою апарату в капітальному і поточному ремонтах, год/рік

Час простою апарату в капітальному і поточному ремонтах $\tau_{пр}$, год/рік

$$\tau_{пр} = \frac{D_K}{i_K} + D_{пот} \cdot i_{п}, \quad (21.3)$$

де D_K - час простою в капітальному ремонті, год;

i_K - періодичність капітального ремонту, рік;

$D_{пот}$ - час простою в поточному ремонті, год;

$i_{п}$ - кількість поточних ремонтів на рік

Кількості апаратів N

$$N = \frac{Q}{G \cdot K_{по}} \quad (21.4)$$

де Q - добові витрати, кг/добу

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити продуктивність апаратів безперервного поліамідування .

4.3 Визначити необхідну кількість апаратів

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Способи одержання полікапроаміда безперервним процесом

6.2 Параметри технологічного процесу, які мають значення при роботі апаратів безперервної полімеризації.

Література

1 Фишман К.Е. Виробництво волокна капрон. – М. Хімія. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Інструкція для виконання практичної роботи № 22

Тема: Аналіз роботи обладнання для лиття і гранулювання

1 Мета:

1.1 Вивчити конструкції для лиття та гранулювання; проаналізувати їх роботу

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

3 Теоретичні відомості

Конструкції пристроїв для лиття полімерів з метою отримання гранул залежать від способу їх отримання. При періодичному способі отримання гранул застосовують щільні філь'єри.

При безперервному способі призначення литтьових пристроїв - забезпечити безперервний відбір завданої кількості полімера в одиницю часу. Литтьові пристрої виконуються у вигляді голівок.

Для формування і охолодження жилок застосовують ванни, в яких циркулює вода з $t=10-15^{\circ}\text{C}$.

Із ванни жилки витягуються вальцями, які забезпечують завдану швидкість формування жилки і живлять рубильний верстат.

Гранулювання жилок здійснюється на спеціальних верстатах. Для інтенсифікації процесів екстракції та сушки гранули отримують у формі циліндрів з діаметром не більше 1 мм і довжиною 1 - 2мм.

4 Хід роботи

4.1 На малюйте загальний вид литтьової голівки. Поясніть конструкцію голівки.

4.2 Дайте аналіз роботи рубильного верстату. За якою формулою розраховується довжина гранул?

5 Висновки

Література

1 Браверман П.Ф., Чачхиани А.Б. Оборудование и механизация производства химических волокон.- М.: Машиностроение, 1975.

Інструкція для виконання практичної роботи № 23

Тема: Аналіз роботи обладнання установок БЕС

1 Мета:

1.1 Вивчити конструкції обладнання та принцип дії установок БЕС різної потужності

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

3 Теоретичні відомості

Екстрагування проводять як в апаратах безперервної так і періодичної дії, але останні внаслідок малої продуктивності застосовують в малотоннажних виробництвах.

Сучасні екстрактори безперервної дії мають високу продуктивність 12 - 20 і 40 т/добу.

Технологічні процеси, що здійснюються в цих екстракторах принципово однакові. Апарати різної продуктивності відрізняються тільки по конструкції деяких основних вузлів і технологічній схемі циркуляції води.

Сушка являється однією з важливіших операцій що визначає якість готового грануляту і супроводжується структурними і хімічними змінами речовини. Для технологічних ліній безперервного процесу отримання ПКА застосовують сушарки де сушка здійснюється шляхом продувки гарячим азотом шарів грануляту, що повільно перемішується під дією ваги. Інтенсивність сушки підвищується з підвищенням температури азоту і швидкості проходження його через шар грануляту.

4 Хід роботи

4.1 На малювати апарат безперервної екстракції та сушки.

4.2 Поясніть конструкцію та принцип дії установки БЕС-12. Для виробництва яких асортиментів продукції застосовується ця установка?

4.3 Поясніть конструкцію та принцип дії установки БЕС - 20 М. Які переваги при застосуванні в виробництві модернізованого екстрактора?

5 Висновки

Література

1 Фишман К.Е., Хрузин Н.А. Производство волокна капрон. Химия. – М. 1967

Інструкція для виконання практичної роботи № 24

Тема: Конструювання і розрахунок екстрактора

1 Мета:

1.1 Визначення продуктивності екстрактора .

1.2 Розрахунок тривалості екстракції.

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Процес екстрагування полягає в обробці крихти полікапроаміда водою. Для екстрагування застосовують дистильовану воду, щоб виключити можливість забруднення полікапроаміда і екстрагуємих речовин (капролактаму, димерів і тримерів). Після обробки крихти водяний екстракт направляють на випарювання для регенерації капролактаму.

Екстрагування проводять в апаратах, які називаються екстракторами.

Відомі три види екстракторів:

- екстрактори з механічними пристроями, що перемішують, для перемішування грануляту в процесі промивання;
- екстрактори без пристроїв, що перемішують, у яких інтенсивна циркуляція промивної води забезпечує гарне відмивання грануляту від НМС;

- екстрактори безупинної дії.

Продуктивність екстрактора безупинної дії G , кг/м³

$$G = \frac{m \cdot 24}{\tau}, \quad (24.1)$$

де τ - тривалість екстракції, рік.;

m - маса крихти в апараті, кг

$$m = V_{\text{роб}} \cdot \rho, \quad (24.2)$$

де $V_{\text{роб}}$ - робочий обсяг екстрактора, м³;

ρ - насипна щільність крихти, кг/м³

Робочий обсяг екстрактора $V_{\text{роб}}$, м³

$$V_{\text{роб}} = V_{\text{Г}} \cdot k, \quad (24.3)$$

де $V_{\text{Г}}$ - геометричний обсяг

k - коефіцієнт заповнення апарата

$$V_{\text{Г}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \quad (24.4)$$

де d - діаметр екстрактора, м

h - висота екстрактора, м

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити робочий обсяг екстрактора.

4.3 Визначити масу крихти в апараті

4.4 Визначити тривалість екстракції (продуктивність екстрактора)

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Для чого проводиться екстрагування?

6.2 В чому полягає процес екстрагування?

6.3 Які фактори впливають на процес екстрагування?

6.4 Види екстракторів

Література

1 Фишман К.Е. Виробництво волокна капрон. – М. Хімія. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Інструкція для виконання практичної роботи № 25

Тема: Визначення продуктивності сушарок

1 Мета:

1.1 Визначення продуктивності сушарок

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення:

- 2.1 Інструкція
- 2.2 Учбові посібники
- 2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Продуктивність сушарки G , кг/добу

$$G = \frac{V \cdot \rho \cdot 24}{\tau}, \quad (25.1)$$

де V - робочий об'єм апарату, м³;

ρ – щільність грануляту ПКА, кг/м³;

τ - тривалість процесу сушки, год.

Кількості апаратів N

$$N = \frac{Q}{G \cdot K_{по}} \quad (25.2)$$

де Q - добові витрати, кг/добу

$K_{по}$ - коефіцієнт працюючого обладнання

$$K_{по} = \frac{\tau_{річн} - \tau_{пр}}{\tau_{річн}}, \quad (25.3)$$

де $\tau_{річн}$ - річний фонд робочого часу, год/рік

$\tau_{пр}$ - час простою апарату в капітальному і середньому ремонтах, год/рік

Час простою апарату в капітальному і середньому ремонтах $\tau_{пр}$, год/рік

$$\tau_{пр} = \frac{D_k}{i_k} + D_{ср} \cdot i_{ср}, \quad (25.4)$$

де D_k - час простою в капітальному ремонті, год;

i_k - періодичність капітального ремонту, рік;

$D_{ср}$ - час простою в середньому ремонті, год;

$i_{ср}$ - кількість середніх ремонтів на рік

4 Хід роботи

- 4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.
- 4.2 Визначити продуктивність сушарки.
- 4.3 Визначити необхідну кількість сушарок

5 Висновки

6 Контрольні питання

- 6.1 Сутність процесу сушки крихти
- 6.2 Конструкція і принцип роботи барабанної вакуумної сушилки
- 6.3 Збереження сухої крихти

Література

- 1 Фишман К.Е. Виробництво волокна капрон. – М. Хімія. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Інструкція для виконання практичної роботи № 26

Тема: Конструювання і розрахунок дозуючих насосів

1 Мета:

1.1 Визначення продуктивність дозуючого насоса

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Дозуючий насос призначений для безупинної і рівномірної подачі чи розчину розплаву з розчині - чи расплавопроводу до окремої фільтре формувальної машини.

Напірний насос призначений для безупинної і рівномірної подачі розплаву полімеру з расплавопроводу в камеру усмоктування дозуючого насоса з метою створення в цій камері визначеного тиску (підпору) розплаву. Один напірний насос може забезпечити розплавом від одного до чотирьох і більш дозуючих насосів.

На формувальних машинах застосовують два типи дозуючих насосів: поршневі і шестеренні (зубцюваті). Поршневі насоси застосовують винятково для дозування низков'язких формувальних розчинів, а зубцюваті — для дозування розчинів і розплавів полімеру будь-якої в'язкості.

Дозуючий насос характеризується величинами подачі, пульсації і нерівномірності потоку. *Подача насоса на зуб* — обсяг розчину чи розплаву, видавлений однією парою зчїпних зубів дозуючих зубчастих коліс за один оборот головного вала чи ведучого колеса насоса. *Пульсація подачі* — це коефіцієнт, що враховує нерівномірність подачі розчину чи розплаву полімеру однією парою зчїпних зубів дозуючих коліс за час перебування їх у зачепленні. *Нерівномірність подачі* чи розчину розплаву — це коефіцієнт, що враховує зміна подачі насоса за визначене число оборотів ведучого вала при зміні протитиску в камері нагнітання.

До дозуючого насосам пред'являються вимоги: подача розчину чи розплаву повинна бути постійної, не мінятися при зміні тиску в усмоктувальній і нагнітальній камерах; малі габаритні розміри, невелика маса і низька вартість; деталі повинні бути зносостійкими, матеріал — стійким до кислот, лугам і високим температурам; відсутність витоків розчину чи розплаву в місцях сполучення деталей; технологічність конструкції, надійність, зручність обслуговування.

При розрахунку насосів визначають подачу, пульсацію, нерівномірність, навантаження на вали й осі, потужність для приводу.

Подача насоса за один оборот ведучого дозуючого колеса

$$Q_1 = 4\pi \cdot b \cdot m \cdot r_d = 2\pi \cdot b \cdot m^2 \cdot z, \quad (26.1)$$

де b — довжина зуба;

m — модуль зачеплення;

r_d — радіус ділильної окружності;

z — число зубів ведучого дозуючого колеса.

Пульсація потоку розчину виражається коефіцієнтом, %

$$\delta = \frac{\pi^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot \cos^2 \alpha}{4 \cdot (z + 1)} \cdot 100 \quad (26.2)$$

де ε — коефіцієнт перекриття;

α - кут зачеплення.

Коефіцієнт нерівномірності подачі, %

$$\eta_k = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}} \cdot 100 \quad (26.3)$$

де Q_{\max} і Q_{\min} — максимальна і мінімальна подача насоса за визначене число оборотів головного вала насоса при різних протитисках.

Тиск на вал колеса 1

$$P_1 = \sqrt{(pbr_r - P_0)^2 + P_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} \quad (26.4)$$

Тиск на вісь колеса 2

$$P_2 = \sqrt{(pbr_r + P_0)^2 + P_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} \quad (26.5)$$

де p - робочий тиск (чи перепад тисків у камерах);

r_r - радіус окружності голівки дозуючого зубчастого колеса.

Потужність для привода

$$N = \frac{P \cdot v}{102} = \frac{p \cdot Q_1 \cdot n}{102 \cdot \eta} \quad (26.6)$$

де P — сумарний тиск розчину чи розплаву в нагнітальному каналі перетином S ;

n — частота обертання головного вала насоса.

Кількість розчину чи розплаву полімеру, необхідного для одержання в одиницю часу нитки заданої товщини

$$G = v \cdot T \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 / (10\alpha) \quad (26.7)$$

де v — теоретична швидкість намотування нитки на бобіну (ця швидкість дорівнює окружній швидкості фрикційного циліндра чи верхнього транспортуючого диска), м/с;

T — лінійна щільність нитки, намотуваної на бобіну, текс;

α — зміст полімеру в розчині чи розплаві, %;

$k_1 = 1 - 0,01 \beta$ — коефіцієнт, що враховує наявність вологи в готовій нитці;

β — зміст вологи в нитці, %;

$k_2 = 0,95 - 0,98$ — коефіцієнт, що враховує усадку нитки при намотуванні;

$k_3 = 0,98 - 0,99$ — коефіцієнт, що враховує прослизання тіла намотування по фрикційному циліндрі нитці чи по транспортуючому диску (при центрифугальному формованні);

$\kappa_4 = 0,98 - 1,00$ — коефіцієнт, що враховує кількість замасливателя, який наноситься на нитку.

Продуктивність дозуючого насоса

$$Q = \frac{G}{\rho} \quad (26.8)$$

де ρ — щільність розчину чи розплаву полімеру.

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити продуктивність дозуючого насоса

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Для чого застосовують дозуючий насос ?

6.2 Якими величинами характеризується дозуючий насос?

6.3 Види дозуючих насосів

6.4 Конструкція дозуючих насосів.

Література

1 Фишман К.Е. Производство волокна капрон. – М. Химия. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Інструкція для виконання практичної роботи № 27

Тема: Конструювання і розрахунок філь'єри

1 Мета:

1.1 Визначення основних розмірів філь'єри

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Філь'єри служать для поділу загального потоку розчину чи розплаву полімеру на окремі струмки, з яких потім формуються волокна.

Філь'єра для формування хімічних волокон з розчинів являє собою тонкостінний ковпачок (чашечку) із плоским чи сферичним дном, у якому маються отвори для виходу розчину полімеру.

Число отворів залежить від способу виробництва хімічного волокна і коливається в межах від 1 до 60 000.

Філь'єри для формування хімічних волокон з розплавів виготовляються у виді тонких круглих, сегментних і прямокутних пластин з числом отворів від 1 до 280.

Отвори у філь'єрах розташовують по концентричних окружностях, хрестоподібно групами, чи секторами в шаховому порядку.

Філь'єри для розчинів виготовляють видів: чашеподібні (ФЧ) і сферичні (ФСф), пластинчасті (ФП). По конструктивному оформленню чашеподібні філь'єри мають п'ять виконань, сферичні — два, пластинчасті - одне. Кожне виконання відрізняється формою і розташуванням отворів у дні.

Філь'єри для формування хімічних волокон з виготовляють типів: круглі, овальні, сегментні, прямокутні.

Філь'єри круглі виготовляють у п'ятьох виконаннях: I — гладкі, II — з кільцевою проточкою, III — із зовнішньою і внутрішньою проточками, IV- із внутрішньою проточкою, V — з отворами для фіксації.

Сегментні філь'єри виготовляють у сімох виконаннях у залежності від розташування отворів у філь'єрної пластині.

Філь'єри для розплавів виготовляють з коррозійно-стійкою сталі 1X21H5T (ДСТ 5632—61)

До філь'єр пред'являються високі технічні вимоги: краю капілярів не повинні мати зазублин і завалів; не площинність дзеркала філь'єри не повинна бути більш IX ступеня точності (ДСТ 10356—63).

Шорсткість поверхні круглих капілярів при діаметрі до 0,4 мм повинна бути не нижче 9-го класу чистоти, а при діаметрі понад 0,4 мм — не нижче 8-го класи. Шорсткість поверхні перехідного конуса і профільованих капілярів повинна відповідати класу чистоти не нижче 8-го, шорсткість робочої площини (дзеркала) філь'єри — не нижче 10-го, а верхньої площини — не нижче 7-го класу чистоти.

Термін служби філь'єри повинний бути не менш чотирьох місяців.

Товщина круглої філь'єри

$$S = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{3p}{[\sigma]}} \quad (27.1)$$

де $[\sigma]$ - напруга, що допускається, на розтягання матеріалу пластини;

R- радіус капіляра

Товщина прямокутної філь'єри

$$S = \sqrt[4]{\frac{192 \cdot (1 - \mu^2) \cdot p \cdot a^4}{0,01\pi^4 \cdot E \cdot (3 + 3\frac{a^4}{b^4} + 2\frac{a^2}{b^2})}} \quad (27.2)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона;

E - модуль пружності матеріалу оболонки

Товщина сегментної філь'єри

$$S = \sqrt[4]{\frac{3p \cdot (1 - \mu^2)}{0,02E \cdot (\frac{3}{a^4} + \frac{2}{a^2b^2} + \frac{3}{b^4})}} \quad (27.3)$$

Товщина стінки склянки чашеподібної філь'єри

$$S = \frac{p \cdot D}{2[\sigma]} \quad (27.4)$$

де D- діаметр філь'єри

Товщина стінки дна чашеподібної філь'єри розраховується по формулі (27.1)

Товщина стінки сферичної філь'єри

$$S = \frac{p \cdot R_c}{2[\sigma]} \quad (27.5)$$

$$R_c = \frac{D^2}{8H} + \frac{H}{2} \quad (27.6)$$

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити товщину філь'єри

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Для чого застосовують філь'єри?

6.2 Технічні вимоги, які пред'являються до філь'єр

6.3 Види філь'єри

6.4 Знайти товщину філь'єри

Таблиця 27.1

№ варіан.	[σ], МПа	H, мм	P, МПа	D, мм	Вид філь'єри
1,16	200	8	1,5	15	чашеподібна
2,17	150	6	1.5	16	сферична
3,18	150	6	1,6	20	чашеподібна
4,19	150	8	1.6	17	сферична
5,20	80	5	2	16	чашеподібна
6,21	100	7	2	18	сферична
7,22	150	7	1,7	17	чашеподібна
8,23	200	8	1,7	14	сферична
9,24	200	8	1	10	чашеподібна
10,25	150	6	1	15	сферична
11,26	120	8	1,2	20	чашеподібна
12,27	140	9	1,2	15	сферична
13,28	120	7	1,3	10	чашеподібна
14,29	100	5	1,4	13	сферична
15,30	120	6	1,4	15	чашеподібна

Література

1 Фишман К.Е. Производство волокна капрон. – М. Хімія. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Тема: Аналіз роботи машин формування

1 Мета:

1.1 Визначення конструкцію та принцип дії машин формування

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Інструкція

2.2 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Хімічні волокна усіх видів і типів формуються шляхом продавлювання грузлого прядильного розчину чи розплаву через отвори філь'єр у виді тонких, що безупинно впливають струмків, перетворення цих струмків рідини у волокна в ході фізико-хімічних чи фізичних процесів і прийому безупинно рухаються нескінченних волокон, з'єднаних у нитки, на прийомні механізми різних типів.

Існують два основних способи формування хімічних волокон, обумовлених середовищем, у якій струмка рідини перетворюються у волокна: спосіб сухого формування і спосіб мокрого формування.

При сухому формуванні тужавіння струмків рідини і перетворення їх у волокна відбувається в газоповітряному чи повітряному середовищі без зміни хімічного складу полімеру шляхом:

у газоповітряному середовищі — випаром із прядильного розчину летучих розчинників;

у повітряному середовищі — охолодженням прядильного розплаву і переходом його з рідкого стану у тверде.

При мокрому формуванні тужавіння струмків рідини і перетворення їх у волокно відбувається в рідкому середовищі — прядильній ванні в результаті взаємодії струмків прядильного розчину з різними реагентами, що входять до складу прядильної ванни. При цьому відбуваються фізико-хімічні процеси висаджування полімеру у виді волокон із прядильного розчину, а в ряді випадків йдуть і хімічні реакції, що приводять до зміни складу полімеру, що знаходиться в прядильному розчині.

Машини, застосовувані для проведення процесів формування хімічних волокон з розчинів чи розплавів, прийнято називати прядильними машинами.

Хімічні волокна формуються з прядильних розчинів чи розплавів у різному середовищі — рідкої, газоповітряної повітряної, з великим діапазоном швидкостей руху формуючого волокна — від 1 до 4000 м/хв, при температурах від -20 до $+300^{\circ}\text{C}$, з числом отворів в одній фільєре — від одного (мононитка) до декількох десятків тисяч.

Різноманіття типів хімічних волокон і розходження технологічних процесів їх формування обумовлюють і розмаїтість схем, типів і конструкцій машин для формування хімічних волокон.

У конструкції прядильної машини для формування хімічного волокна виділяють чотири основні групи робочих механізмів:

1 механізми чи пристрої для розподілу, дозування і подачі прядильного розчину чи розплаву до філь'єр.

2 механізми чи пристрої для формування волокна, у яких створюються і підтримуються умови, необхідні для одержання волокна зі струмків прядильного розчину чи розплаву при даному технологічному способі його виробництва.

3 механізми для витяжки формующогося волокна, що витягають напівзатверділі, що знаходяться ще в пластичному стані волокна; швидкісний режим цих механізмів і відповідні технологічні умови витяжки дають можливість одержувати волокна з різними фізико-механічними властивостями.

4 прийомні механізми машин, які призначені для намотування чи укладання одержуваного волокна в пакування різної форми і маси.

У залежності від конструкції і взаємного розташування цих основних механізмів чи будов прядильної машини можуть бути одне- чи двосторонніми, одне- чи багатопверховими, з рухом формуемого волокна знизу та верху вниз, у горизонтальному чи похилому напрямках.

Продуктивність

$$G = \frac{v_{\phi} \cdot T \cdot m \cdot n \cdot 60 \cdot 24 \cdot K_{\text{к.ч.}}}{10^6} \quad (28.1)$$

де v_{ϕ} – швидкість формування, м/хв;

T – лінійна щільність зформованої нитки;

m – кількість робочих місць на машині, шт.;

n – кількість ниток на одному робочому місці, шт.;

$K_{\text{к.ч.}}$ – коефіцієнт корисного часу.

4 Хід роботи

4.1 Ознайомиться з обладнанням для формування волокна.

4.2 Визначити продуктивність для однієї з машин

4.3 Зробить кінематичний розрахунок

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Основні способи формування хімічних волокон

6.2 Які машини називають прядильними

6.3 Основні групи робочих механізмів

Література

1 Фишман К.Е. Виробництво волокна капрон. – М. Хімія. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Інструкція для виконання практичної роботи № 29

Тема: Аналіз роботи крутильно - витягувальних машин

1 Мета:

1.1 Вивчити конструкції та принцип дії крутильно - витягувальних машин

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Інструкція

2.3 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Оскільки технічні нитки мають велику товщину, чим текстильні, при їхньому витягуванні вимагаються більш високі розтяжні зусилля. Крім того, кратність витяжки при витягуванні технічних ниток вище (5 замість 3,5—4,5).

У зв'язку з цим на витяжних машинах важкого типу крім обігріву верхнього витяжного диска застосований додатковий обігрів нитки, що витягається, за допомогою пари роликів, або утюжка, установлених на шляху нитки між верхніми і нижніми витяжними дисками.

При розігріві нитка, що витягається, стає термопластичною і процес витягування полегшується. Крім того, відбувається фіксація нитки, що запобігає її усадку при подальших теплових обробках, наприклад при гарячому промиванні.

На заводах капронового волокна для витяжки технічних ниток застосовують машини КВ-300-И, КВІ-250-И і КВШ-250-И.

Продуктивність

$$G = \frac{\nu \cdot T \cdot \tau \cdot n \cdot K_{\text{к.ч.}}}{10^6} \quad (29.1)$$

де ν – швидкість прийому, м/хв;

T – лінійна щільність нитки, текс;

n – кількість робочих місць на машині, шт.;

τ – тривалість роботи машини за добу, хв;

$K_{\text{к.ч.}}$ – коефіцієнт корисного часу.

4 Хід роботи

4.1 Ознайомиться з обладнанням для витягування нитки.

4.2 Визначити продуктивність для однієї з машин

4.3 Зробить кінематичний розрахунок

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Для чого проводиться витягування?

6.2 В чому полягає процес витягування?

6.3 Зміна властивостей волокна при витягуванні 5.1 Дата виконання

Література

1 Фишман К.Е. Виробництво волокна капрон. – М. Хімія. 1967

2 Гарф Е.В. Технические расчеты в производстве химических волокон. – М. Химия 1978

Інструкція для виконання практичної роботи № 30

Тема: Аналіз роботи внутрішньозаводських транспортних механізмів

1 Мета:

1.1 Вивчити конструкції та принцип дії транспортних механізмів

2 Матеріально-технічне та навчально-методичне забезпечення

2.1 Інструкція

2.3 Учбові посібники

2.3 Мікрокалькулятор

3 Теоретичні відомості

Вибір транспортних механізмів у кожному окремому випадку визначається розташуванням апаратів, розмірами цехів, станом перекриттів, а також ступенем механізації трудомістких транспортних операцій.

По організації і схемам дії транспорт підприємств хімічних волокон можна розділити на 4 групи: 1) на складах підприємства; 2) у хімічних цехах; 3) у прядильно-текстильних цехах; 4) ремонтна служба.

Склади підприємства можуть бути окремо коштують чи зблокованими з технологічними корпусами. Рекомендується блокувати склади, усіх видів технологічної сировини і готової продукції з відповідними їм технологічними цехами, тому що це зменшує обсяг внутрішнього вантажопотоку і дає можливість організації прямого переміщення вантажу: вагон → склад сировини → апарат → виробництво → склад готової продукції → вагон.

У хімічних цехах виробництва усіх видів і типів хімічних волокон по ходу технологічних процесів, від апарата до апарата, чи від установки до установки, переміщається велика кількість вантажів, в основному у виді сипучих тел.

Усі ці вантажі переміщаються по лініях постійних межопераційних передач між групами технологічних машин і апаратів без тари за допомогою різних механізмів безупинного транспорту і наприкінці процесу перетворюються у високов'язку рідину — прядильний розчин, що насосами по трубах перекачується в прядильні цехи, чи ж у гранулят полімеру, що передається туди ж пневматичним транспортом.

У прядильно-текстильних цехах виробництва хімічних волокон усіх видів, вироблених у формі ниток — мононити, текстильної нитки, корду і технічного волокна, необхідно переміщати в добу десятки і сотні тисяч пакувань і забезпечувати повернення проміжної тари.

Ремонтно-монтажний транспорт повинний забезпечувати виконання ремонту устаткування в діючих виробництвах при мінімальній витраті важкої фізичної праці. Тому ремонтно-монтажні роботи, при сучасних методах організації цілорічного планово-попереджувального ремонту, що виробляється вузловим і

агрегатним способами, повинні бути механізовані за допомогою постійних вантажопідійомних механізмів, а не підручними такелажними засобами.

4 Хід роботи

4.1 Визначити вихідні дані для розрахунку.

4.2 Визначити основні дані транспортних механізмів .

5 Висновки

6 Контрольні питання

6.1 Основні групи твердих технологічних вантажів.

6.2 Транспортні механізми безупинної дії

6.3 Транспортні механізми періодичної дії

Література

1 Браверман П.Ф., Чачхиани А.Б. Оборудование и механизация производства химических волокон. Машиностроение.- М. 1975

