**Контрольная работа №1 по**

**Процессам и аппаратам пищевых производств**

**Студента 3 курса ФБО ВГТА (г. Калуга)**

**Специальность 260601**

**Картанова Андрея Игоревича**

**Шифр 09-741**

*Задача № 1.*

 Определить необходимую длину песколовки шириной b для осаждения из промышленных стоков примесей минерального и органического происхождения, если в ней осветляется V сточных вод, их температура t , минимальный размер улавливаемых частиц d , плотность частиц ρт . Скорость движения стоков в песколовке v . Действительную скорость осаждения принять вдвое меньше теоретической. Описать методы интенсификации процесса осаждения.

Значения **V , b** и **v** принять по предпоследней цифре шифра:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **V.**102, м3/с | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,0 | 4,4 |
| **B ,** м |  0,3 |  0,35 |  0,4 |  0,45 |  0,5 |  0,55 |  0,6 |  0,65 |  0,7 |  0,75 |
| **v ,** м/с | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |

Значения **t , d** и **ρт** принять по последней цифре шифра:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **t ,** 0С | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| **d.**106, м | 75 | 72 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 |
| **ρт ,** кг/м3 | 1550 | 1600 | 2120 | 1800 | 1750 | 1700 | 2230 | 2350 | 2700 | 1900 |

Решение задачи

Воспользуемся уравнением расхода

,

где b.h –площадь поперечного сечения потока.

Тогда

.

Здесь v - скорость движения жидкости в песколовке

b -ширина песколовки

V – расход жидкости

 м

Определим физические свойства жидкости для t=14оС

 ρс=1000 кг/м3, μс=1,31.10-3 Па.с (приложение 1)

## Рассчитаем число Архимеда

,

,

следовательно, режим осаждения ламинарный. Для расчета скорости осаждения воспользуемся формулой Стокса

,

 м/с.

Найдем действительную скорость осаждения частиц

 м/с.

Находим время пребывания частиц в песколовке

 c

Найдем длину песколовки

*l=*v.τ=1,4.5,72=8 м.

Рассмотрим способы интенсификации процесса осаждения.

Для ускорения процесса необходимо увеличть температуру, так как с повышением температуры согласно формуле Стокса уменьшается вязкость и увеличивается скорость осаждения частиц; а также увеличить размер осаждающихся частиц путем добавления специальных веществ - флокулянтов.

*Задача № 2.*

Определить продолжительность разделения объема *V* суспензии через 1 м2 фильтра, если при лабораторных исследованиях в подобных условиях с 1 м2 фильтра собрано фильтрата: *q*1 через *τ*1, *q*2 через *τ*2,*q*3 через *τ*3, *q*4 через *τ*4 после начала фильтрования. Привести схему рамного фильтр-пресса, описать его устройство и работу.

Значение *V* принять по предпоследней цифре шифра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предпоследняя цифра шрифта | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *V* ⋅ 103, м3 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 21 | 19 |

Соответствующие значения *τ*и *q* принять по последней цифре шифра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шрифта | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *q*1 ⋅ 103, м3/м2 | 7,5 | 4,6 | 4,6 | 7,6 | 4,6 | 7,6 | 2,3 | 3,6 | 3,7 | 4,6 |
| *τ*1,с | 47 | 53 | 40 | 59 | 54 | 92 | 15 | 40 | 30 | 20 |
| *q*2 ⋅ 103, м3/м2 | 13,7 | 16,8 | 13,7 | 23,0 | 13,7 | 13,6 | 7,1 | 15,1 | 15,0 | 16,8 |
| *τ*2,с | 115 | 195 | 175 | 290 | 190 | 189 | 78 | 115 | 135 | 160 |
| *q*3 ⋅ 103, м3/м2 | 23,0 | 23,0 | 19,8 | 29,2 | 19,8 | 23,0 | 15,1 | 20,9 | 20,9 | 26,2 |
| *τ*3,с | 281 | 320 | 320 | 405 | 300 | 385 | 152 | 205 | 240 | 360 |
| *q*4 ⋅ 103, м3/м2 | 29,2 | 29,2 | 26,2 | 35,3 | 26,2 | 29,2 | 21,0 | 26,9 | 26,9 | 32,2 |
| *τ*4,с | 448 | 470 | 500 | 600 | 455 | 559 | 277 | 315 | 365 | 540 |

решения задачи

Определение констант процесса фильтрования выполним по традиционной методике .

Из графика  м2/с,

K – константа, учитывающая режим процесса фильтрования и физико-химические свойства осадка и жидкости, м2/с;

*С* – константа, характеризующая гидравлическое сопротивление фильтрованной перегородки, м3/м2.

Решим основное уравнение процесса фильтрования при постоянном перепаде давления  при найденных значениях констант *К* и *С*.

Найдем приращения удельных объемов фильтрата Δ*q*1, Δ*q*2, Δ*q*3, Δ*q*4 и приращения времени отбора известных объемов фильтрата Δ*τ*1, Δ*τ*2,Δ*τ*3, Δ*τ*4:

Δ*q*1 = *q*1 = 4,6 ⋅ 10-3 м3/м2;

Δ*q*2 = *q*2 – *q*1 = (16,8 – 4,6) ⋅ 10-3 = 12,2 ⋅ 10-3 м3/м2;

Δ*q*3 = *q*3- *q*2 = (23-16,8) ⋅ 10-3 = 6,2 ⋅ 10-3 м3/м2;

Δ*q*4 = *q*4- *q*3 = (29,2 – 23) ⋅ 10-3 = 6,2 ⋅ 10-3 м3/м2

и

Δ*τ*1 = *τ*1 = 53 с;

Δ*τ*2 = *τ*2 - *τ*1 = 195 – 53 = 142 с;

Δ*τ*3 = *τ*3 - *τ*2 = 320 – 195 = 125 с;

Δ*τ*4 = *τ*4 - *τ*3 = 470 – 320 = 150 с.

Для построения графической зависимости  вычислим отношения :

 ;

 

 

  .

Строим график зависимости (рисунок 1).

, тогда

,

, отсюда

 м3/м2,  м3/м2.

Т.к. удельная производительность не может быть отрицательной, то *q* = *q*1 = 1,86 ⋅ 10-4 м3/м2.

При постоянной движущей силе процесса фильтрования объем фильтрата *V*, проходящий через 1 м2 фильтрованной поверхности за время τ и время процесса фильтрования связаны уравнением

.

Подставив в него найденные константы процесса фильтрования *К* и *С*, определим продолжительность процесса фильтрования

с = = 2 мин 9 с.

Фильтр-пресс состоит из ряда чередующихся друг с другом плит и полых рам. Между рамами и плитами помещают фильтровальный пористый материал, пропускающий жидкость (фильтрат) и задерживающий твердые частицы, образующие на его поверхности осадок. После заполнения пространства рамы осадком фильтр разбирают, осадок удаляют, заменяют фильтровальный материал и вновь плотно сжимают плиты с рамами.

На рисунке 3 изображены плиты и рамы фильтр-пресса, а на рисунке 2 – схема работы плиточно-рамного фильтр-пресса [2].

4

5

6

7

2

**A**

3

1

**B**

9

8

1- средний канал; 5 – рама;

2,9 – каналы; 6 – канал для отвода фильтрата;

3 – пространство между плитами; 7 – кран;

4- плиты; 8 – боковой канал.

Рисунок 2 – Схема работы плиточно-рамного фильтр-процесса

**Рисунок 3 –Схема работы плиточно – рамнго фильтр – пресса**:

А – стадия фильтрования, В – стадия промывки;

1 – средний канал;

2, 9 – каналы;

3 – пространство между плитами;

4 – плиты;

5 – рама;

6 – канал для отвода фильтрата;

7 – кран;

8 – боковой канал

А – плита, Б – рама;

1 – гладкая поверхность плиты;

2 – желобок;

3 – фильтровальная перегородка;

4 – канал для удаления фильтрата и промывной жидкости;

5 – отверстия для прохода суспензии;

6 – отверстия для прохода промывной жидкости.

Рисунок 3 – Плиты и рамы фильтр-пресса

*Задача № 3.*

Определить мощность электродвигателя мешалки диаметром *d* для перемешивания суспензии слоем *H*, если плотность жидкой фазы *ρ*, а ее вязкость *μ*. Объемное содержание твердых частиц в суспензии x, плотность твердых частиц *ρч*. Окружная скорость лопастей мешалки *w*.

Значения *d*, *H*, *w*, *x* и тип мешалки принять по предпоследней цифре шифра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предпоследняя цифра шифра: | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *d*, м | 1,00 | 0,60 | 0,80 | 0,70 | 0,30 | 0,60 | 0,95 | 0,40 | 0,25 | 0,50 |
| *H*, м | 2,0 | 1,7 | 2,2 | 1,4 | 1,1 | 2,0 | 1,9 | 1,2 | 1,0 | 1,8 |
| *w*, м/с | 4,0 | 5,2 | 6,3 | 3,5 | 11,5 | 7,1 | 2,9 | 8,0 | 12,5 | 7,9 |
| *x*, % об. | 5 | 9 | 15 | 6 | 10 | 18 | 7 | 22 | 12 | 25 |
| Тип мешалки | лопастная  | пропеллерная | турбинная | лопастная | пропеллерная | турбинная | лопастная | турбинная | пропеллерная  | турбинная |

Значения ρ, μ и ρч принять по последней цифре шифра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *ρ*, кг/м3 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1080 | 1130 | 1180 | 1210 |
| *μ*, Па⋅с | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,050 | 0,075 | 0,080 | 0,090 | 0,100 | 0,125 | 0,085 |
| *ρч*,кг/м3 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1650 | 1800 | 1700 | 1900 | 2000 | 1850 |

Пример решения задачи

Суспензией называется жидкая неоднородная система, состоящая из жидкой фазы и равномерно распределенной в ней твердой фазы.

Определим плотность и вязкость суспензии [1].

Плотность

,

где *x* = 9 % (0,09) – объемное содержание твердых частиц в суспензии; *ρ*тв = *ρ*ч = 1700 кг/м3 – плотность твердых частиц; *ρ*ж = *ρ*= 1080 кг/м3 – плотность жидкой фазы.

Тогда5

 кг/м3.

Т.к. объемная концентрация твердой фазы в суспензии меньше 10 %, то динамическую вязкость суспензии определим по формуле Бачинского А.И. [1]

,

где = *μ* = 0,090 Па⋅с – вязкость жидкой фазы.

Тогда

Па⋅с.

Определим скорость вращения мешалки из выражения

,

где *w* – окружная скорость лопастей пропеллерной мешалки, м/с; n – частота вращения мешалки, ; *d* – диаметр мешалки;

*w* = 5,2 м/с (по условию) .

Тогда

  .

Для пропеллерных мешалок в аппаратах без перегородок диаметр аппарата *D* = 3*d* = 0,30⋅3=0,9 м.

Т.к. , то мешалка отличается от геометрически подобных мешалок (для которых проведены исследования и в литературе представлены значения коэффициентов мощности С) и следует определить поправку по формуле [9]

.

Рассчитаем модифицированный критерий Рейнольдса:

.

По графику зависимости коэффициента сопротивления *С* от критерия Рейнольдса [1] для пропеллерной мешалки в аппарате без перегородок (кривая 6) *С* = 0,30 (приложение 2).

Мощность на перемешивание в рабочий период

ND =0,3\*0,35\*12,2083\*1082,741\*1,127=1618,488 Вт = 1,1618488 кВт

Лопасти пропеллерных мешалок изогнуты по профилю судового винта. Пропеллер обычно имеет три лопасти. Диаметр пропеллера равен 0,25 – 0,3 диаметра аппарата. Скорость вращения пропеллера составляет 160 – 1000 об/мин.

Пропеллерные мешалки создают интенсивные осевые потоки, способствующие лучшему перемешиванию суспензии.

*Задача 4*.

Определить коэффициент теплоотдачи от стенки трубки конденсатора к охлаждающей воде, если средняя по длине температура стенки tс, внутренний диаметр трубки d, температура воды на входе и выходе из трубки равны соответственно t1 и t2 и средняя скорость воды v.

Определить также количество передаваемой теплоты и длину трубки.

Значения tс, t1 и t2 принять по предпоследней цифре шифра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| tс, оС | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1080 | 1130 | 1180 | 1210 |
| t1, оС | 0,025 | 0,040 | 0,065 | 0,050 | 0,075 | 0,080 | 0,090 | 0,100 | 0,125 | 0,085 |
| t2 оС | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1650 | 1800 | 1700 | 1900 | 2000 | 1850 |

Значения d и υ принять по последней цифре шифра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| d∙103, м | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 |
| υ,м/с | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |

Пример решения задачи.

Определим среднюю температуру воды

 оС

По приложению 1 [2] определим теплофизические свойства воды

 при tср= 20 оС

ρ=998 кг/м3 плотность воды

μ= 1·10-3 Па·с динамический коэффициент вязкости

λ=0,599 Вт/(м·К) коэффициент теплопроводности

с=4190 Дж/(кг·К) коэффициент теплоемкости

Рr= 7,02 число Прандтля

Определим режим течения, критерий Рейнольдса равен



Т.к. Re>10000, то режим течения турбулентный и критериальное уравнение для расчета критерия Нуссельта имеет вид

,

где Prст=3,26 - число Прандтля, определенное при tс=55 оС

Nu=0,021·239520,8·7,020,43(7,02/3,26)0,25=187,5

Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде

 Вт/(м2·К)

Расход воды

 кг/с

Количество отдаваемого тепла с учетом потерь в окружающую среду

0,752·4190·(32-8)·1,04=78646 Вт

χ=1,03-1,05 – коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду.

Удельный тепловой поток

2808·(55-20)=98280 Вт/м2

Длина трубки

 м

Список литературы

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 2004.
2. Практикум по процессам и аппаратам пищевых производств: Учеб пособие/ А.В. Логинов, Л.Н. Ананьева, Ю.В. Красовицкий, С.В. Энтин; Воронеж. Гос. Технол. Акад. Воронеж, 2003.336 с.
3. Асмолова Е.В. Процессы и аппараты пищевых производств (руководство по изучению курса) [Текст] : учеб. пособие / Е.В. Асмолова, Ю.В. Красовицкий, А.В. Логинов; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж : ВГТА, 2007 – 308 с.