Министерство Высшего Образования Российской Федерации

# Московский Государственный Университет

# Пищевых производств

**Кафедра: «биотехноогии, экологии и**

**сертификации пищевых**

**продуктов»**

**«Схема очистки воздуха, подаваемого в ферментер»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

**50–КП–95-ПТМ-13.Б/06.4.1**

**выполнил: студент**

**подпись**

**дата**

**преподаватель:**

**подпись**

**дата**

**Москва 1999г**

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
|  | Стр. |
| Введение …………………………………………………………………….  1. **Задание …………………………………………………….…………..** 2. **Описание технологической схемы ……………………………….** 3. **Расчетная часть …………………………..……………………………** 4. **Спецификация ……………………………….……………………….** 5. **Список использованной литературы …………...……………….** | 3  5  6  7  16  17 |

ВВЕДЕНИЕ

В современном микробиологическом производстве возрастают требования к степени очистки технологического воздуха, подаваемого для аэрации при культивировании микроорганизмов-продуцентов биологически активных веществ. Даже незначительное содержание посторонней микрофлоры в воздухе может привести к инфицированию и резкому снижению выхода продукта, так как при многосуточном цикле культивирования продуцента потребляется 50-80 тыс. м3/час воздуха.

В воздухе промышленных городов содержится пыль в концентрации от 5 до 100 мг/м3, что составляет 106-108 твердых частиц размером 5-150 мкм. Микроорганизмы осаждаются на частицах пыли, а также свободно витают в воздухе. Их содержание в воздухе зависит от времени суток, сезона и погоды и составляет до 2000 клеток в 1 м3. Свободно витающие вегетативные клетки быстро инактивируются, жизнеспособными остаются лишь споры. Состав микроорганизмов очень разнообразен, и величины микробных клеток неодинаковы. Определение размера клетки необходимо для обеспечения требуемой эффективности бактериальной очистки технического воздуха, которая осуществляется с помощью фильтрации. При фильтрации клетки микроорганизмов задерживаются на фильтрах, а очищенный воздух поступает в технологическую линию.

В отечественной и зарубежной промышленности применяют различные типы фильтров. . Процессы, приводящие к захвату частиц при фильтрации, делят на *ситовые* (с осаждением частиц при прямом касании, если размер просвета меньше диаметра частицы) и *неситовые*, к которым относятся *инерционное осаждение, диффузия*, а также *электростатическое притяжение.*

Поскольку с уменьшением размеров частиц эффективность инерционного осаждения снижается, а диффузионного возрастает, но более медленно, то существует диапазон размеров фильтруемых частиц, которые особенно трудно поддаются улавливанию. Это частицы размером до 0,3 мкм. Поэтому при проектировании фильтрующих систем в микробиологическом производстве в качестве расчетного размера принимают 0,3 мкм.

Однако до очистки воздуха от клеток микроорганизмов, наиболее трудно поддающихся улавливанию, необходимо осуществить предварительную очистку воздуха от пыли и других механических частиц размером до 150 мкм.

Полидисперсность задерживаемых при фильтрации частиц обусловливает создание многоступенчатой системы очистки технологического воздуха, состоящей из фильтра предварительной очистки, блока компрессора и каскадов биологических фильтров.

# ЗАДАНИЕ

Вариант № 7.

Рассчитать и спроектировать установку для очистки и стерилизации воздуха, поступающего в четыре ферментера объемом 50 м3, где происходит в стерильных условиях биосинтез лизина бактериями *Brevibacterium sp. 224.*  Избыточное давление в ферментере – 0,5 атм

1. Подобрать фильтр грубой очистки воздуха (масляный)
2. Подобрать компрессор и проверить давление воздуха.
3. Рассчитать теплообменник воздушного охлаждения.
4. Подобрать влагоочиститель
5. Подобрать основной и индивидуальный фильтры.
6. Определить сопротивление фильтров при скорости воздуха W=3 м/сек
7. Концентрацию пыли после масляного фильтра, если yн = 3,3 мг/м3, ε = 90 %, продолжительность работы фильтров.

# ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Систему фильтрации в целом можно охарактеризовать микробиологической надежностью (вероятностью удельного проскока первой жизнеспособной клетки) и суммарным перепадом давления в системе.

Многоступенчатая система очистки воздуха обеспечивает расчетную эффективность стерилизации воздуха.

Воздух на аэрацию в посевные и производственные ферментеры подается с помощью компрессора. Перед сжатием воздух проходит через специальный фильтр для очистки от механических примесей. Нагретый в процессе компреммирования сжатый воздух с давлением 4,123 МПа охлаждается в кожухотрубном теплообменнике и после него поступает в циклон.

Перед поступлением в ферментер воздух проходит частичную очистку от микроорганизмов в фильтре грубой очистки и полностью очищается от микроорганизмов в фильтре тонкой очистки. В ферментер очищенный воздух подается с помощью барбатера.

В фильтре грубой очистки воздух проходит через две непрерывно движущиеся сетки, смоченные маслом. Скорость первой сетки 16, второй – 7 см/мин. Сетки натянуты между ведущими и натяжными валами. Ведущие валы приводятся в движение электроприводом. При движении сетки проходят через масляную ванну, где с них смывается осевшая пыль.

Для тонкой бактериальной очистки воздуха применяются фильтры различных типов. Распространенными являются фильтры с тканью Петрянова. Она представляет собой сверхтонкие, беспорядочно сплетенные в виде полотен на марлевой или другой пористой основе волокна толщиной 1,5 мкм из перхлорвинила (ФПП-15). Эти синтетические материалы требуют стерилизации глухим паром, так как имеют ограниченную теплостойкость. Коэффициент проскока в этих фильтрах составляет не более 0,1 - 0,01%.

**РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ**

1. **Расход воздуа на 4 ферментера.**

Рабочий объем ферментера:



#### Выберем ферментер конструкции Гипромедпрома [ 5 ] стр. 246

#### Диаметр ферментера - 3215 мм

Высота ферментера - 11 524 мм

Объем жидкости в ферментере – 30 *м*3

Расход воздуха найдем из расчета 1*м*3 на 1 *м*3 среды в минуту.

Vв = 30 *м*3 /мин = 1800 *м*3 /час

Расход воздуха на 4 ферментера:

Vв = 1800 \* 4 = 7 200 *м*3 /час = 120 *м*3/мин

#### **Давление столба жидкости в ферментере:**

Высота столба жидкости в ферментере:



Нж=ρgh=9,81\*6914\*1,1\*103=74609 кгс/м2=732000 Па

#### **По скорости движения воздуха** (W=3 м/сек) **и производительности подберем фильтр тонкой очистки** [ 5 ] стр. 284 Таб. 20.

Для данной схемы выберем индивидуальный фильтр «Лайк» СП 6/17 ФПП-15

Площадь фильтрующей поверхности: F = 14 *м2*

При скорости воздуха W=3 м/сек скорость фильтрации υф = 108 *м*3 /час *м2*

Производительность данного фильтра – 1 836 *м*3 /час

##### Степень очистки – ε = 99,99 %

##### Сопротивление фильтрующего слоя – 28 мм вод ст = 274,4 Па

1. **Рассчет масляного фильтра.**

Коэффициент очистки воздуха масляным фильтром:



#### Выбираем фильтр масляный самоочищающийся типа ФШ с υф = 4 000 *м*3 /час *м2* [ 3 ]

#### Длительность работы фильтра – 150 час при удельной производительности фильтра

#### υф = 4 000 *м*3 /час *м2 из Таб.19* [ 5 ]

Потребная поверхность фильтра для очистки воздуха:



Гидродинамическое сопротивление масляного фильтра:



где δ - толщина фильтра, в см



ω - скорость воздуха перед входом в фильтр, м/сек

1. **Параметры воздуха, поступающего в компрессор:**

Удельный вес воздуха, поступающий в компрессор при 20 °С, ϕ0=65% и d0=9,7 г/кг с в:



где υ0 – удельный объем воздуха.



Тогда удельный вес воздуха



1. **Гидродинамическое сопротивление барбатера:**



1. Для данной схемы выбираем **влагоотделитель** объемом 60 м3
2. **Потери напора во всасывающем и нагнетательном трубопроводах.**
   1. **Потери напора во всасывающем трубопроводе.**

8.1.1.Потери напора на трение воздуха о стенки воздуховода на прямолинейных участках:

Количество прямолинейных участков с диаметром воздуховода d в= 0,5 м – 1

Длина прямолинейных участков с диаметром воздуховода d в= 0,5 м – 7 м

Количество прямолинейных участков с диаметром воздуховода d в= 0,2 м – 2

Длина прямолинейных участков с диаметром воздуховода d в= 0,2 м - 1 м

Гидравлический коэффициент сопротивления воздуховода:

Для прямолинейного участка с диаметром воздуховода d в= 0,5 м:



Для прямолинейных участков с диаметром воздуховода d в= 0,2 м



Потери напора на трение воздуха о стенки воздуховода на прямолинейных участках с d в= 0,5 м:



Потери напора на трение воздуха о стенки воздуховода на прямолинейных участках с d в= 0,2 м:



8.1.2. Потери напора в отводе диаметром 1 м всасывающего воздуховода:



Потери напора при переходе от воздуховода с d в= 0,5 м: к воздуховоду с d в= 0,2 м:



Суммарное сопротивление всасывающего воздуховода:

*Нвсас = Н1тр.в + Н1тр. + Нотв + Нпер + Нфил = 1,37+0,83+0,78+0,78+95,8 = 99,5 Н/м2*

**8.2. Потери напора в нагнетательном трубопроводе.**

8.2.1 Потери напора на трение воздуха о стенки воздуховода на прямолинейных участках:

Длина и количество прямолинейных участков нагнетательного воздуховода:

|  |  |
| --- | --- |
| длина, м | количество |
| 1 | 7 |
| 8 | 1 |
| 7,330 | 1 |

7,300м – длина воздуховода, проходящего внутри ферментера к барботеру. [ 5 ] стр. 246 рис. 76

Длина прямых участков нагнетательного воздуховода:

L = 1+8+7,330=16,33 м.



Местные потери сопротивления:



Общие потери давления на нагнетательном трубопроводе:

*Hнагн = Нтр.в. + Нотв + Нфил. г. оч. + 4Нфил. тон. оч. + Нбарб + Нж + Нф = 8,09 + 0,55 + 95,8 + 4* \* 274,4 + 0,78 + 732 \* 103 + 49050 ≈ 781000 Па

где Нф – избыточное давление в ферментере. Нф = 0,5 атм = 49050 Па

**8.3. Общие потери давления в нагнетательном и всасывающем трубопроводе.**

*Нпол = 1,1(Нвсас + Ннагн + Нп) =*  1,1 (781000 + 98,1 + 99,5) = 859373 Па = 8,7 кгс/см2

где Нп – потери давления, Нп = 10 кг/м3 \* 9,81 = 98,1 Па

1. **Выбор компрессора по каталогу.**

Компрессор «Егерь».

Производительность – 7800 м3/ч

Выходное давление – 9,0 кгс/см2

Число оборотов в мин – 8350

Потребная мощность привода машины – 700 кВт

Габаритные размеры: длина – 6150

ширина – 2000

высота – 1500

Для снабжения воздухом четырех ферментеров в схему включаются четыре компрессора.

1. **Расчет теплообменника к компрессорной установке.**

При сжатии воздуха до избыточного давления 9,0 кГ/см2 температура его повышается от 20°С дна всасывании до 144°С на выходе из воздуходувки. Перед подачей в ферментер воздух охлаждают до 30°С. Для охлаждения воздуха примем предварительно кожухотрубный теплообменник ТН с неподвижными трубными решетками.

диаметр корпуса ………………………….. 426/400 мм

диаметр и длина теплообменных труб….25/21 и 3500 мм

количество теплообменных труб ………..121

Воздух проходит внутри трубок, охлаждающая вода – по межтрубному пространству.

Параметры воздуха, поступающего в компрессор:

Р1=1 кГ/см2 ; t1=20°C ; ρ1=1,12 кг/м3; ϕ1=70% ; V1=7200 м3/ч

Параметры воздуха, выходящего из компрессора:

Р2=8,7 кГ/см2 ; t2=144°С ;

Производительность компрессора по сжатому воздуху:



Плотность сжатого воздуха на выходе из компрессора:



Количество тепла, отводимого от воздуха в холодильнике:



С2 – средняя теплоемкость воздуха при изменении его температуры от 144 до 30 °С (tср=87°С)

Расход воды на охлаждение воздуха



где 0,99 – коэффициент, учитывающий потерю тепла в окружающую среду излучением:

с – теплоемкость воды. 4190 Дж/кг К

Скорость движения воздуха в трубках:



где F – площадь сечения трубок теплообменника, F=0,042 м2

Объем воздуха при средней температуре 87°С:



Критерий Рейнольдса воздушного потока в трубках

Критерий Рейнольдса больше 2300 и меньше 10000, следовательно режим движения в трубках - ламинарный.

Коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке: α1=38,8 Вт/м2 град

Скорость движения воды в межтрубном пространстве:



Где F- проходное сечение межтрубного пространства – 0,0727 м2



При средней температуре воды

ρв=998 кг/м3 и γв = 0,998 т/м3

Критерий Рейнольдса потока охлаждающей воды в межтрубном пространстве теплообменника:



Где μ=0,001 Па с при средней температуре воды 20°С.

dэ – эквивалентный диаметр межтрубного пространства:



П – смоченный периметр межтрубного пространства. Он рассчитывается как

П = π(D + nd) = 3.14(0.4 + 132.0.025) = 11.65 м

В этой формуле D – внутренний диаметр кожуха, 0,4 м;

d – наружный диаметр трубы, 0,025 м

n – количество труб., 132

Коэффициент теплоотдачи от стенки к воде при ламинарном потоке в теплообменнике ( так как Re=2096<2300) α2=1604

Коэффициент теплопередачи от воздуха к охлаждающей воде:

Где δ = 0,002 м - толщина стенки труб и λ=58,15 Вт/(м2 град)



11. Определим среднюю логарифмическую разность температур сред в теплообменнике при противоточном движении:

144°С 30°С

25°С 15°С



**12. Потребная поверхность теплообмена**



**13. Подбираем теплообменник кожухотрубный** с поверхностью теплообмена 140 м2: [ 2 ]

число труб – 442

длина труб – 4м

число ходов – 2

d труб – 25х2 мм

d кожуха – 800 мм.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гинзбург А. С., Гребенюк С. М. И др. Лабораорный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств – М.:Агропромиздат, 1990. – 256 с.
2. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов: химическая технология – учебник для техникумов – Л.: Химия 1991 – 352с, ил.
3. Калунянц К. А. и др. Оборудование микробиологических производств: Агропромиздат, 1987.- 398 с.: ил.
4. Каталог оборудования микробиологической промышленности
5. Колосков С. П. Оборудование предприятий ферментной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1969 г., 383 с.