

## СОДЕРЖАНИЕ

	С.
Введение	6
1 Литературный обзор	7
2 Технологический раздел	16
3 Экономический раздел	37
4 Раздел автоматизации технологического процесса	54
5 Безопасность и экологичность проекта	71
6 Механический раздел	89
Заключение	98
Список использованных источников	99

## 1. Литературный обзор

На сегодняшний день общая картина в мире по производству кормовых белков не благоприятна. Особенный дефицит белка заметен в России. Основным источником белкового продукта является соевый шрот. Однако природные условия нашей страны не подходят для выращивания сои. Специалистам приходится искать другие способы. Одним из перспективных путей получения полноценного белкового кормового продукта является белок на газе (гаприн).

Метанотрофные бактерии в подходящих условиях активно перерабатывают природный газ, быстро размножаются и наращивают свою биомассу, богатую ценным белком, витаминами и иными биологически активными веществами.

Еще в восьмидесятых годах в московском институте ВНИИсинтезбелок (ныне ГосНИИсинтезбелок) была создана технология получения из этой биомассы отличного белково-витаминного кормового продукта гаприна.

Исследования в области микробиологического синтеза белка на метане были начаты почти одновременно с разработкой процессов культивирования микроорганизмов на жидких углеводородах. Однако из-за низких выходов биомассы и трудностей конструктивного оформления технологического процесса разработка методов микробиологического получения белка на природном газе долго время находилась на стадии лабораторных исследований [1].

В результате выделения активных культур метанотрофов, а также достижения определенных успехов в разработке технологии непрерывного культивирования, стало возможным получать сравнительно высокие урожаи бактерий при таких скоростях протока, которые обеспечивают экономически приемлемую продуктивность процесса (1 г биомассы/л.час). В дальнейшем

Таблица 1.1 – Составы газовых смесей для выращивания метаноокисляющих микроорганизмов

Вид микроорганизма	Состав газа % об.				
	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух
Meth. methanooxidans	65	30	5	-	-
Ps. methanica	25-45	45	2-10	-	-
Ps. methanica	10-90	20	0,3	-	-
Methanomonas	40	10	5-10	40-45	-
Methanomonas methanica	33,3	-	-	-	66,7
Bacillus sp.	40	40	5	15	-
Смешанная культура	25	-	-	-	75

При выращивании смешанной культуры метаноокисляющих бактерий рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium* в ферментере с циркуляцией газовой смеси в замкнутой системе была получена концентрация биомассы в культуральной жидкости 1,2 г СБ/л за 38 ч, выход биомассы — 0,6 г СБ на 1 л потребленного метана [4]. В начале ферментации содержание метана и кислорода составляло соответственно 25 и 16%, введение в установку в экспоненциальной фазе роста культуры свежей метано-воздушной смеси, содержащей около 5% кислорода, продлило логарифмическую фазу роста микроорганизмов и сократило время культивирования. Максимальная удельная скорость роста равнялась 0,077 ч<sup>-1</sup>, а средняя продолжительность генерации составила 9,9 ч при концентрации метана 19-22%, концентрации кислорода 9— 13% и значении рН 6,7—7,1. В расчете на 1 л потребленного метана (0,715 г) было получено 0,59 г биомассы, что составляет 82,6%. Расход метана

и кислорода на 1,8 г сухого вещества, полученного в опыте, составил соответственно 2,18 и 5,47 г. Молярное соотношение потребленных метана и кислорода 1 : 1,2, массовое — 1 : 2,5 [4].

цинка, 0,001% сульфата меди, но стимулируется присутствием 0,00025—0,3% хлористого натрия. Молибден, вольфрам, цинк и марганец в концентрации от 0,0001 до 0,00001 % угнетают рост метанооксиляющих бактерий, но стимулируют развитие бактерий, окисляющих пропан. Свинец в указанных концентрациях тормозит рост тех и других микроорганизмов. Медь в концентрации 0,00001% улучшает рост бактерий, окисляющих метан, и угнетает развитие бактерий, использующих пропан. Добавки кобальта (10—150 мг/л) увеличивают скорость роста спороносных бактерий рода *Bacillus*, потребляющих метан [4].

При выращивании метанооксиляющих бактерий смешанные культуры этих микроорганизмов развиваются на среде с метаном лучше, чем чистые. Часто после нескольких пассажей на минеральную среду с метаном чистые культуры полностью теряют способность расти только за счет углеводорода.

Установлено, что рост метанооксиляющих бактерий улучшается при внесении в среду небольшого количества вытяжки из почвы, экстракта агар-агара, дрожжевого автолизата, пиридоксина, тиамина, биотина, аскорбиновой кислоты и других аминокислот.

### 1.3 Условия культивирования

Специфика культивирования микроорганизмов на газообразных углеводородах состоит в том, чтобы питательные вещества (газ и кислород), находящиеся в газообразном состоянии, переместить из пузырьков, рассеянных по всей жидкой фазе, к стенкам растущих клеток для дальнейшего переноса их в область локализации ферментов, осуществляющих метаболические реакции.

Для увеличения поверхности контакта газа с жидкостью при культивировании в стационарных условиях на жидких и твердых минеральных средах рекомендуется вносить в питательную среду песок,

исследования, оптимальные пределы рН и температуры для конкретных видов микроорганизмов различаются.

Так, максимальное поглощение метана культурой *Methanomonas carbonatophila* наблюдается при сравнительно низком значении начального рН (около 6,5) и температуре культивирования 30—36° С. Для роста *Methanomonas methanooxidans* оптимальными параметрами процесса роста являются рН 6,1, температура 30° С. *Pseudomonas propanica* лучше всего растет при температуре 30° С на средах с начальным рН от 6,6 до 6,8. *Pseudomonas methanica* при выращивании на среде с нитратом натрия лучше растет в интервале рН от 6,6 до 8,0, на среде с сернокислым аммонием оптимум рН сдвигается в кислую зону.

Отдельные культуры микобактерий, усваивающих газообразные углеводороды, имеют более широкий начальный диапазон рН — от 4 до 10. Так, *M. rubrum* var *propanicum* и *M. lacticolura* наиболее интенсивно растут при рН 7—8,5, культура *M. flavum* v. *methanicum* при рН 9,5 растет так же хорошо, как и при рН 7 [4].

Оптимальная температура роста микроорганизмов зависит от физиологических особенностей данного штамма и от условий его обитания. Среди микроорганизмов, окисляющих газообразные и жидкие углеводороды, встречаются термотолерантные виды, развивающиеся при температурах 32—55° С и выдерживающие кратковременный прогрев до 70—80° С.

Использование метана для получения белка одноклеточных имеет ряд преимуществ по сравнению с жидкими углеводородами: большие запасы природного газа, хорошая его транспортабельность, возможность получения готового продукта без дополнительной очистки от субстрата.

К сожалению, на сегодняшний день заводы по получению гаприна демонтированы и корма для животных приходится закупать в Европе. Учитывая, что в России большие газовые запасы недр, по некоторым данным они составляют до 40% мировых. Внедрение микробиологического производства белка одноклеточных на Российских предприятиях сулит не только экономический эффект, но и способно обеспечить продовольственную безопасность страны.

Развитие некоторых метанооксиляющих бактерий стимулируется присутствием 0,00025-0,3% NaCl. Медь в концентрации 0,00001% улучшает рост бактерий, окисляющих метан [4].

Установлено, что рост метанооксиляющих бактерий улучшается при внесении в среду небольшого количества вытяжки из почвы, экстракта агарагара, дрожжевого автолизата, пиридоксина, тиамин, биотин, аскорбиновой кислоты и других аминокислот.

Метан в качестве субстрата обладает рядом преимуществ по сравнению с жидкими углеводородами:

- большие запасы природного газа;
- хорошая его транспортабельность;
- возможность получения готового продукта без дополнительной очистки от субстрата.

2.1.1. Приготовление раствора питательных солей и подача в ферментер газообразного источника углерода и кислорода

В состав питательной среды входят метан и кислород, которые закачиваются ферментер через собственную систему подводящих трубопроводов. Подается раствор микроэлементов, сухие соли и вода. Далее растворы питательных солей проходят через установку непрерывной стерилизации и подаются в ферментер.

2.1.2 Выращивание биомассы в производственных ферментерах

Выращивание смешанной культуры метанооксиляющих бактерий рода *Pseudomonas* и *Mycobacterium* осуществляется в производственных ферментерах Ф-63-1К-01 [6]. Процесс ферментации происходит непрерывно при рециркуляции газовой фазы через жидкую фазу (суспензия бактерий в растворе питательных солей). Ферментер выполнен в виде вертикальной цилиндрической емкости с эллипсоидными днищами, обычно работает под давлением. Метан и кислород подаются в аппарат в нижнюю часть колонны. Выращивание биомассы происходит при  $t = 30^{\circ}\text{C}$  и  $\text{pH} 6,7 - 7,1$ . Перед засевом в ферментер подаются от установки непрерывной стерилизации

движется сушильный агент – смесь топочных газов и атмосферного воздуха. При сушке в распыленном состоянии удельная поверхность испарения достигает столь большой величины, что процесс завершается через 15-20 секунд. Температура теплоносителя перед сушкой 260-450°C. Бактериальная суспензия после плазмолиза поступает на распылительный механизм, где высокооборотным диском распыливается до мелкодисперсного состояния и высушивается в потоке сушильного агента. Основное количество высушенных клеток сепарируется в конической части сушильной камеры и выводится через разгрузочное устройство в тракт пневмотранспорта.

Готовый продукт по пневмотранспорту непрерывно подается в отделение упаковки. В отделении упаковки поступает после разгрузочных циклонов и шлюзовых питателей.

Готовый продукт запаковывается в бумажные мешки и подается на стол пакетирования, откуда поддоны с мешками отвозятся на склад готового продукта или непосредственно в железнодорожные вагоны.

## 2.2 Расчет материального баланса стадии ферментации

Исходные данные:

Производительность установки по производству гаприна:

$$Q = 1000 \text{ т/год.}$$

Расход метана на 1,8 г сухого вещества составил 2,18 г [4]. Отсюда следует, что для производства 1000 т гаприна необходимо 1211,1 т метана.

$$2,18 \text{ г} - 1,8 \text{ г}$$

$$x - 1000 \text{ т/год}$$

$$X = \frac{2,18 \cdot 1000}{1,8} = 1211,1 \text{ т/год};$$

Расход кислорода на 1,8 г сухого вещества составил 5,47 г [4]. Отсюда следует, что для производства 1000 т гаприна необходимо 3038,89 т кислорода.

$$X = \frac{4249,99 \cdot 0,02}{100} = 0,85 \text{ т/год};$$

Расход общего количества питательных солей:

$$\sum m_{\text{пит. солей}} = 4,2 + 4,2 + 0,21 + 0,21 + 0,85 = 9,67 \text{ т/год};$$

Расход воды:

Известно, что для 2,3 г [9] питательных солей необходимо 1 л воды. Отсюда следует, что для 9,67 т/год питательных солей необходимо 4204,3 т/год воды.

$$X = \frac{1000 \cdot 9,67}{2,3} = 4204,3 \text{ т/год};$$

Таблица 2.1 – Материальный баланс стадии ферментации

Приход		Расход	
Компонент	Массовый расход, т/год	Компонент	Массовый расход, т/год
Метан	1211,1	Бактериальная суспензия	8463,96
Воздух (O <sub>2</sub> )	3038,89		
Вода	4204,3		
Питательные соли	9,67		
Итого	8463,96	Итого	8463,96

## 2.4 Расчет материального баланса стадии сушки

Количество сухих веществ при влажности 10%:

$$\frac{900 \cdot 100}{90} = 1000 \text{ т/год.}$$

Количество упаренной влаги:

$$4500 - 1000 = 3500 \text{ т/год.}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Материальный баланс стадии сушки

Приход		Расход	
Компоненты	Массовый расход, т/год	Компоненты	Массовый расход, т/год
Бактериальная суспензия	4500	Товарный гаприн	1000
		Упаренная влага	3500
Итого	4500	Итого	4500

Общий материальный баланс производства сводим в таблице 2.4

Таблица 2.4 – Общий материальный баланс производства

Приход		Расход	
Компоненты	Массовый расход, т/год	Компоненты	Массовый расход, т/год
Метан	1211,10	Товарный гаприн	1000
Питательные соли	9,67	Фугат	3963,96
Воздух	3038,89	Вода, испаряемая на сушке	3500
Вода	4204,30		
Итого	8463,96	Итого	8463,96

### 2.5.1 Характеристика ферментера и основных исходных данных потоков.

Определяется количество ферментеров:

$$N = \frac{V}{V_{\phi}} = \frac{16,4}{63} = 1, \quad (2.4)$$

где N – количество ферментеров,

$V_{\phi}$  – объем ферментера, м<sup>3</sup>;

V – объемный расход культуральной жидкости,

P – плотность культуральной жидкости, т/м<sup>3</sup>;

M – массовый расход культуральной жидкости, т/год;

$$V = M \cdot p, \quad (2.5)$$

$$V = 15,8 \cdot 1,036 = 16,4 \text{ м}^3;$$

Производительность данного ферментера по АСВ:

$$G = g \cdot V_p, \quad (2.6)$$

где g – продуктивность, кг/м<sup>3</sup>·ч;

$V_p$  – рабочий объем ферментера, м<sup>3</sup>;

$$G_p = 6 \cdot 44 = 264 \text{ кг АСВ/ч.}$$

Общая производительность ферментеров по АСВ.

$$G_0 = n \cdot G_p = 1 \cdot 264 = 264 \text{ кг АСВ/ч} = 2090,88 \text{ т/год.} \quad (2.7)$$

Проверка  $2090,88 > 900$

Выбранное количество аппаратов обеспечивает заданную производительность.

Определение теплоты в процессах ферментации.

Приход тепла.

Тепловой эффект реакции.

$$Q_1 = q \cdot G_p, \quad (2.8)$$

где q – удельное тепловыделение бактерий, кДж/кг АСВ.

$$Q_1 = 25800 \cdot 264 = 6811200 \text{ кДж/ч.}$$

Тепло, вносимое газами:

Поверхность теплообмена ферментера:

$$F = \frac{Q_5}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2.14)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи,  $k = 320 - 580 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$  [8];

$\Delta t_{cp}$  – средний температурный напор;

$$\begin{array}{c} \leftarrow \begin{array}{cc} 30 & 24 \end{array} \\ \begin{array}{cc} 34 & 34 \end{array} \rightarrow \end{array} \quad \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}, \quad (2.15)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(34 - 24) - (34 - 30)}{2,3 \cdot \lg \frac{34 - 24}{34 - 30}} = 6,56^\circ \text{C},$$

$$Q'_5 = \frac{Q_5}{4,19} \cdot 1,163, \quad (2.16)$$

$$Q'_5 = \frac{6264380,32}{4,19} \cdot 1,163 = 1738776,68 \text{ кВт}$$

$$F_p = \frac{1738776,68}{580 \cdot 6,56} = 456,99 \text{ м}^2,$$

$$F_{cm} = 100 \cdot 5 = 500 \text{ м}^2,$$

$$F_p < F_{ст}$$

## 2.7 Стадия сушки.

Исходные данные:

Состав природного газа [12]:

$\text{CH}_4$  – 94%;

$\text{C}_2\text{H}_6$  – 1%;

$\text{C}_3\text{H}_8$  – 5%.

Производительность по суспензии 4500 т/год=568,20 кг/ч  
(таблица 2.3).

Температура теплоносителя на входе в сушилку 315 °С.

Температура теплоносителя на выходе 87 °С.

Температура дрожжевой суспензии 88 °С.:

Низшая (температурная) теплота сгорания топлива  $Q_p^H = 50343,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Энтальпия сушильного агента на входе в сушилку  $I_1 = 6743,12 \text{ кДж/кг}$ .

Энтальпия сушильного агента на выходе из сушилки

$$I_2 = 1849,22 \text{ кДж/кг}.$$

Определяем количество распылительных сушилок:

$$n = \frac{W}{W_c}, \quad (2.19)$$

где  $W$  – количество испаряемой влаги;

$W_c$  – производительность сушилки по испаряемой влаге, кг/ч.

$$n = \frac{441,91}{500} = 1 \text{ сушилка}$$

Характеристика сушилки представлена в таблице 2.7.

$$W = 441,91 \text{ кг/ч};$$

$$I_H = 6743,12 \text{ кДж/кг};$$

$$I_K = 1849,22 \text{ кДж/кг}.$$

$$G_{CA} = \frac{126,26 \cdot 2,93 \cdot 87 + 441,91 \cdot 2657,5 + 250 \cdot 441,91 - 568,20 \cdot 50 \cdot 3,5}{6743,12 - 1849,22} = 248,80 \text{ кг/ч}.$$

$$Q_{CA} = 248,80 \cdot 6743,12 = 1677688,25 \text{ кДж/ч}.$$

Расход тепла:

Тепло, уносимое сухим продуктом, кДж/ч:

$$Q_\partial = G_K \cdot I_\partial = G_K \cdot C_\partial \cdot \theta_2, \quad (2.23)$$

$$Q_\partial = 126,26 \cdot 2,93 \cdot 87 = 32184,93 \text{ кДж/ч}.$$

Тепло, уносимое теплоносителем, кДж/ч:

$$Q'_{CA} = G_{CA} \cdot I_{t=87}, \quad (2.24)$$

$$Q'_{CA} = 248,80 \cdot 1849,22 = 460085,93 \text{ кДж/ч}.$$

Тепло, уносимое испаряемой влагой, кДж/ч:

$$Q_W = W \cdot I_W, \quad (2.25)$$

где  $W$  – количество испаряемой влаги, кг/ч;

$I_W$  – энтальпия водяного пара при температуре выхода водяного пара из сушилки, кДж/кг. Определяется из таблицы свойств водяного насыщенного пара в зависимости от температуры,  $I_W = 2657,5$  кДж/кг.

$$Q_W = 441,91 \cdot 2657,5 = 1174375,82 \text{ кДж/ч}.$$

Потери тепла в окружающую среду, кДж/ч:

$$Q_n = q \cdot W, \quad (2.26)$$

где  $q$  – удельные потери тепла в окружающую среду, кДж/ч.

$$q = 125 - 250 \text{ кДж/кг}.$$

$$Q_n = 250 \cdot 441,91 = 110477,5 \text{ кДж/ч}.$$

## 2.8 Выбор насосов

Подбираем насосы таким образом, чтобы обеспечить заданную производительность и необходимый напор [13].

Для подачи любой жидкости экономически более выгодна установка одного насоса. Насосная установка должна состоять из двух одинаковых насосов (рабочего и резервного) с одинаковыми характеристиками.

В таблице 2.8 приведен подбор насосов

Таблица 2.8 – Назначение и характеристика насосов

Назначение насосов	Марка	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Кол-во, шт
Насос для подачи раствора питательных солей	X 50-32-125a	10,5	14	1
Насос для подачи суспензии на центрифугирование	AX 50-32-160	12,5	32	1
Насос для подачи суспензии на плазмолиз	X 50-32-125a	10,5	14	1
Насос для откачки суспензии на сушку	AX 50-32-160	12,5	32	1

Результаты расчета

$Q_1=6811200$

$Q_2=28535.8$

$Q_3=120686.7$

$Q_4=696042.3$

$Q_5=6264380.3$

$F=457$

$F_{ct1}=500.$

Таблица 2.9 - Идентификаторы

В программе	Наименование параметра	Единица измерения
q	удельное тепловыделение бактерий	кДж/кг
G1	Производительность одного ферментера	кг АСВ/ч
t1	Температура воздуха, входящего в ферментер	°С
p1	Плотность воздуха	кг/м <sup>3</sup>
V1	Объемный расход входящих газов	м <sup>3</sup> /ч
n	Количество ферментеров	шт
C	Теплоемкость суспензии	кДж/кг
tc	Температура суспензии на входе в ферментер	°С
t2	Температура выходящего воздуха из ферментера	°С
p2	Плотность суспензии	кг/м <sup>3</sup>
V2	Объемный расход культуральной жидкости	м <sup>3</sup> /ч
K	Коэффициент теплопередачи	Вт/м <sup>2</sup> град
Fct	Стандартная поверхность теплообмена	м <sup>2</sup>
Q1	Тепловой эффект реакции	кДж/ч
Q2	Тепло, вносимое воздухом	кДж/кг
Q3	Тепло, вносимое потоком жидкости или суспензии	кДж/ч
Q4	Тепло, уносимое с воздухом	кДж/ч

### 3. Экономический раздел

#### 3.1. Маркетинговые исследования производства кормовых белков.

Белки различают:

- животного происхождения: рыбная мука;
- растительного происхождения: соевый и подсолнечный шроты.

Рыбная мука готовится из рыбных отходов и содержит много протеинов и незаменимых аминокислот. Рыбная мука богата витаминами группы В и микроэлементами. Согласно ГОСТ 2116—82 в рыбной муке должно содержаться до 12% влаги, не менее 48% протеина и не более 10% жира. Содержание поваренной соли не должно превышать 5%. Допускается при выработке муки из жирного сырья и при включении в ее состав антиоксидантов содержание жира увеличивать до 22%, а количество влаги сокращать до 8%. Более ценной является нежирная мука, так как она лучше сохраняется. Рыбная мука должна быть рассыпчатой, без комков и плесени. Запах ее специфический, рыбный, без затхлости. Мука высшего и I сортов сухая, рыхлая, легко рассыпается после сжатия в руке. Цвет муки может варьироваться от светло-серого до темно-желтого, однако чем темнее мука, тем ниже ее пищевая ценность. Испорченная мука приобретает ржавый оттенок. Срок хранения нестабилизированной антиокислителем рыбной муки не должен превышать 6 мес, стабилизированной — 1 год.

#### Шрот соевый - ГОСТ 12220-96

По общему содержанию белков и их биологической ценности соевый шрот является самым качественным растительным сырьем в производстве комбикормов.

Соевый шрот вырабатывается из семян сои при производстве масла. Никакой химии, семена этой известной во всем мире питательной культуры отдают при переработке только свою "маслянистую" часть, оставляя в отходах вполне съедобные даже на наш, человеческий вкус, расплюснутые "лепестки" зерен. Это и есть соевый шрот, в котором помимо протеина

### 3.1 Производство сои.

Семена сои сегодня являются основным промышленным источником растительного масла в мире одним из важнейших источников белковых продуктов пищевого и кормового назначения. Мировое производство сои увеличивается очень высокими темпами. За последние 30 лет оно возросло более чем на 400% и составило в 2003-04 году 188,8 млн т.

Согласно апрельской 2005 г. оценке USDA в 2004-2005 году оно возросло до 219,2 млн т, что составило 57% от ожидаемого общего объема производства масличных семян (382,8 млн т) [14]. В том числе, согласно прогнозу, валовой объем производства сои в основных странах-производителях составил: США- 85,5 млн т; Бразилия- 54,0 млн т; Аргентина- 39,0 млн т; Китай – 18,0 млн т.

В ближайшие годы прогнозируется дальнейший рост производства сои в мире за счёт увеличения производства сои в Южной Америке и некоторых других регионах.

Данные по производству сои в мире представлены в таблице 3.1. [18]

Таблица 3.1 - Производство сои в мире в 1990-2005гг.

Год	Производство, т						
	Австралия и Океания	Азия	Африка	Европа	Северная и Центральная Америка	Южная Америка	Мир
1990	77413	77413	77413	77413	77413	77413	77413
1995	27247	27247	27247	27247	27247	27247	27247
1996	44606	44606	44606	44606	44606	44606	44606
1997	74000	74000	74000	74000	74000	74000	74000
1998	54000	54000	54000	54000	54000	54000	54000
1999	108800	108800	108800	108800	108800	108800	108800
2000	104800	104800	104800	104800	104800	104800	104800
2001	49000	49000	49000	49000	49000	49000	49000
2002	63000	63000	63000	63000	63000	63000	63000
2003	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000
2004	74000	74000	74000	74000	74000	74000	74000
2005	56000	56000	56000	56000	56000	56000	56000

после очистки может быть использовано населением в чистом виде.

В 2004 г. по предварительной оценке на российских предприятиях было выработано 23,60 тыс. т соевого масла. Основные объемы соевого масла были произведены на ОАО «Иркутский МЖК» - 11,11 тыс. т соевого масла (в 2003 г. – 18,05 тыс. т) и на ОАО МЖК «Хабаровский» - 6,52 тыс. т соевого масла (в 2003 г – 6,2 тыс. т).

В Краснодарском крае было выработано 2,69 тыс. т соевого масла. Максимальные объемы импорта соевого масла в Россию отмечались в 2001-2002 гг., когда удельный вес соевого масла в общей структуре импорта растительных масел в Россию составлял 43-45%.

В последние годы импорт соевого масла в Россию уменьшился. Если в 2002г. было ввезено 473 тыс. т соевого масла, то в 2003 г. объемы импорта снизились до 152 тыс. т, а в 2004 г. упали до 80 тыс. т. Основные потребители соевого шрота в России – это птицеводческие предприятия. Это связано с тем, что соя, в отличие от зерна, в полной мере обеспечивает потребности в белке птиц, которым из-за их повышенной репродуктивности он необходим больше, чем скоту.

Фактическое потребление соевого шрота сегодня в стране с учетом импорта составляет около 500-600 тыс. т в год. В 2003 г. было импортировано 324,5 тыс. т соевого шрота, а в 2004 г., по предварительной оценке, порядка 460 тыс. т. Если исходить из оптимальной структуры рациона кормления птицы и ее поголовья, потребность в шроте превышает 1 млн т в год. Для получения такого объема шрота необходимо переработать 1,4 млн т соевых семян.

Рисунок 3.3 – Импорт соевого шрота в России 1987-2005 [19]



### 3.1.1 Производство сои в США

С 60-х до конца 90-х годов прошлого века мировой рост производства масличных в значительной мере определялся расширением производства сои в США. В 1964 году мировое производство сои составило 29 млн. т. или 3/4 общего производства масличных. В 2004 г. ожидалось, что общее производство сои достигнет 199 млн. т. с уменьшением доли сои до чуть менее 60 % от всего производства масличных в мире [14]. Площади, занятые соей в США, постепенно распространялись к северу и на запад от дельты Миссисипи и юго-восточных штатов на центральные и среднезападные равнины. Такая экспансия была вызвана целым рядом факторов. В первую очередь это связано с успешной селекционной работой, в результате которой были выведены менее теплолюбивые и более устойчивые к болезням, вредителям и засухе сорта. Вторым фактором стало появление в 1990-е годы стойких к гербицидам сортов сои, которые легко приспособивались к агропрактике (малозатратного менеджмента), которая позволяет уменьшить затраты и делает более эффективным использование влаги в зерновых культурах. Третий фактор - изменения в политике государства и осуществление на основе федеральных законов в 1996 году

### 3.1.2 Рост производства бразильской сои

В конце 1990-х годов рост производства сои переместился из США в Южную Америку, особенно в Бразилию, что связано с получением и освоением в этот период новых высокоурожайных тропических сортов. Начиная с 1990 года, производство сои здесь выросло на 330 % с 16 млн. т до почти 53 млн. т в 2002 году. В дальнейшем этот рост был поддержан девальвацией бразильского реала, привлекательными экспортными ценами, достаточным государственным и частным финансированием сельского хозяйства и доступностью больших и дешевых земельных участков.

Большая часть этого прироста произошла за счет экстенсивного хозяйствования на внутренних равнинах страны (саваннах), известных как Серрадо. Расширение площадей под соей произошло в то самое время, когда центральное бразильское правительство осуществляло ряд политических и экономических реформ. При этом федеральные власти много инвестировали в модернизацию дорог, мостов и водных путей сообщения с целью снизить транспортные затраты на перевозку грузов из внутренних регионов страны к побережью Атлантического океана на 30-50 % [14]. Амазонка остается относительно неиспользуемой транспортной артерией с возможностью принимать большие океанские суда на расстояние до 1800 км в глубь территории Бразилии.

В 2003-2004 г. производство сои в Бразилии выросло до 60 млн. т и страна стала крупнейшим мировым экспортером сои с рекордными объемом в 26,7 млн. тонн. Рост площадей под соей вызывает некоторые опасения относительно возможной экологической деградации бассейна реки Амазонки, но ожидается, что дальнейший рост площадей продолжится до 136 млн. га в области Серрадо. Сейчас Бразилия использует для выращивания сои около 21 млн. га. В Бразилии дифференцированные экспортные пошлины стимулируют экспорт семян сои по сравнению с соевым шротом или соевым маслом, препятствуя развитию внутреннего

### 3.2 Производство рыбной муки

Рыбная мука является ценным источником белка в кормах для животных. Для ее производства используются различные виды рыб. А для производства тонны этой продукции требуется примерно 5 т рыбы.

Основными странами-производителями рыбной муки являются Чили, Перу, Дания, Норвегия, Исландия и США. Международным Валютным Фондом (МВФ) и Мировым банком Республика Чили была признана самой стабильной и безопасной для инвестиций страной в Южной Америке. Так в конце 2004 года в городе Сантьяго, столице Чили, прошел форум Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС), результатом которого стало заключение ряда соглашений между Чили и Россией, в частности, о совместном проекте по строительству совместных рыбоперерабатывающих заводов [20].

За сентябрь 1998 г. мировое производство рыбной муки за первое полугодие составило 1285 тыс.

В 1998 г. упало производство в таких странах Южной Америки, как Перу и Чили. Связано это с тем, что основным объектом промысла в этих странах является анчоус. Основным районом лова анчоуса является зона экваториального течения Эль-Ниньо в Тихом океане. Примерно один раз в семь лет наблюдается аномальное изменение температуры течения, которое приводит к существенному изменению климатических условий в странах Южной Америки и Юго-Восточной Азии. Аномалия Эль-Ниньо 1997-1998 гг. была признана учеными разных стран наиболее тяжелой в XX в., которая привела к существенному снижению промысла анчоусов и, соответственно, как видно из таблицы, резкому падению производства рыбной муки.

Мировой рынок отреагировал на падение производства повышением цен на рыбную муку. Так в июне 1998 г. цена стандартной муки производства Чили на условиях поставки FOB Кальяо составляла 725 долл. США за тонну, в то время как в июне 1997 г. в период начала аномального

Ряд регионов России до кризиса 17 августа производил крупномасштабные закупки рыбной муки и концентратов в Европе. До кризиса цены на российскую рыбную муку колебались в пределах 3,6-3,8 руб./кг, в начале же 1999 г. цены достигли 14-18 руб./кг [20].

### 3.3 Производство подсолнечного шрота

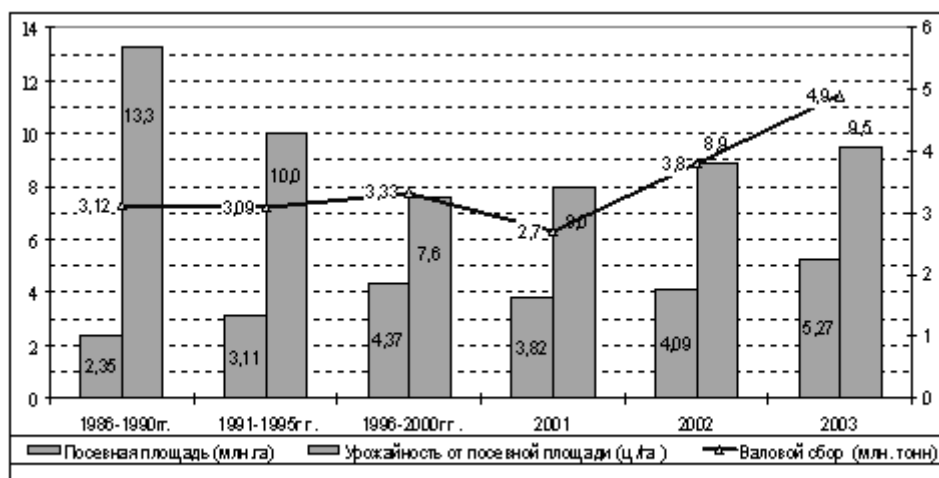
По производству подсолнечного шрота Россия входит в тройку лидеров. Эта тройка выглядит следующим образом - Аргентина, Российская Федерация, Украина. Мировое годовое производство подсолнечного шрота составляет более 9 млн. тонн, из них более 40 % приходится на долю вышеуказанных стран. В РФ производится ежегодно более 1 млн. тонн подсолнечного шрота, и практически весь потребляется на внутреннем рынке, недостающие объемы шрота периодически импортируются из Украины.

Сырьевой базой отрасли являются семена масличных растений. К основным возделываемым в России культурам относятся подсолнечник, соя, рапс. Их доля в посевных площадях под всеми масличными культурами в 2003 г. составила около 99%. Семена других масличных культур - льна, горчицы, клещевины, рыжика, сурепицы производятся в небольших объемах.

Одной из основных проблем масложировой отрасли в РФ в настоящее время является ограниченная сырьевая база. Нарращивание посевных площадей под подсолнечником далее практически невозможно, поскольку под культурой заняты даже зоны маргинальной продуктивности, а доля данной культуры в главных районах его выращивания давно превосходит рациональные пределы.

Поэтому основной стратегической задачей всего вертикального комплекса является повышение урожайности культуры. Средняя урожайность подсолнечника в России составляет всего около 8 ц/га по сравнению с 17 в Аргентине, 10 на Украине, 16 в Венгрии и ЕС.

Рисунок 3.5 Динамика посевных площадей, урожайности и валового сбора семян подсолнечника в РФ в 1996-2002 гг [21].



Источник: доценка ИКАР на основе данных МСХ РФ.

В 90-х гг. Россия стала одним из 3-х крупнейших экспортеров подсолнечника (наряду с Украиной и Аргентиной). В отдельные годы "зависимость" мирового рынка от России была исключительно высока, поскольку на страну приходилось до 39% мирового экспорта подсолнечника, как это было в 1996 г. В то же время Россия одновременно выступала крупным нетто-импортером растительного масла.

С конца 90-х годов ситуация стала быстро меняться, поскольку ряд

Рисунок 3.7 - Производство подсолнечного шрота в России 1987-2005 [22]



Рисунок 3.8 - Импорт подсолнечного шрота в России 1987-2005 [22]



### Вывод

Успешно работающие птицеводческие предприятия предпочитают покупать импортный комбикорм во время дефицита отечественных кормового зерна и комбикормов, вместо того, чтобы вкладывать средства в развитие отечественной комбикормовой промышленности. Однако наблюдаемая сейчас тенденция может вскоре измениться ввиду роста мировых цен на комбикормовую продукцию, что не может не повлиять на местное производство сои, подсолнечника и рыбной муки.

#### 4.1 Анализ технологического процесса как объекта управления

Характеризуя процесс производства гаприна с позиции автоматизации можно выделить в производстве два основных этапа:

- выращивание биомассы клеток в аппаратах;
- выделение клеток из питательной среды и их дальнейшая переработка в товарный белково – витаминный кормовой продукт.

Первый из этапов определяет производительность предприятия. Огромное значение имеет здесь контроль и регулирование состава питательных солей, компонентов, субстрата посредством изменения потоков в ферментер, поддержание на заданном уровне давления в ферментере, подачи воздуха, строгое соблюдение температурного режима культивирования.

Второй этап производства определяет в основном качество выпускаемого продукта - содержание в нем остаточных углеводов, влаги, содержание белка, витаминов, цвет продукта, его запах. Определяющим на этом этапе становится контроль и регулирование температуры процессов термообработки и сушки конечного продукта.

Если на этих стадиях температура превышает норму, то может произойти подгорание продукта, в результате чего снизится содержание витаминов, аминокислот, белков. Продукт приобретает коричневый цвет и запах горелой органики.

В случае проведения вышеперечисленных процессов при низком давлении они будут протекать не интенсивно, что приведет к снижению производительности и переходу энергии.

На основе вышеприведенной краткой характеристики производства можно сформулировать следующие основные требования к системам автоматического регулирования и контроля:

- высокая надежность;
- устойчивое регулирование;
- качество регулирование;

Таблица 4.1- Выбор и обоснование параметров контроля и регулирования

Наименование параметра	Место нахождения параметра	Оптимальное значение	Обоснование параметра регулирования	Управляющее воздействие
1	2	3	4	5
Температура	Ферментер	30±2 °С	Незначительное отклонение температуры от оптимального значения ведет за собой резкое падение продуктивности микроорганизмов	Подача оборотной воды в теплообменник ферментеров
Температура	Секция плазмолиза	90±2 °С	При данной температуре идет плазмолиз клеток	Подача греющей воды
Температура	Топка печи	400 °С	Понижение температуры горения не рекомендуется во избежание неполного сгорания топлива	Подача топлива в топку печи
Температура	Сушильная камера	350±5 °С	При данной температуре идет полное высушивание конечного продукта, при ее повышении возможно подгорание продукта	Подача теплоносителя в сушилку

Продолжение таблицы 4.1

Наименование параметра	Место нахождения параметра	Оптимальное значение	Обоснование параметра регулирования	Управляющее воздействие
1	2	3	4	5
Давление,	Ферментер	4 МПа	Понижение давления замедляет биохимические реакции, что приводит к уменьшению выхода биомассы, повышение приводит к снижению роста микроорганизмов, выхода биомассы, уменьшению содержания белка	-

Расходомер может использоваться и для агрессивных растворов кислот и щелочей.  $d=50...1820\text{мм}$ , погрешность 1,5% [25].

#### 4.3.4 Датчики уровня

В качестве датчика уровня используется преобразователь уровня переменного перепада давлений Сапфир 22Р для нейтральных и агрессивных жидкостей с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. В аппаратах с агрессивными жидкостями соприкасающиеся детали выполнены из стали Х18Н10Т. Пределы измерений 0,16 кПа ...16 МПа, погрешность измерений 0,25% [26].

#### 4.3.5 Датчики рН

Для измерения величины рН используется промышленный рН – метр ПМП, предназначенный для контроля рН в различных средах, в том числе кристаллизующихся, содержащих фтор, взвешенные частицы. Диапазон измерения 0 -14 ед. рН, в температурных пределах от 5 до 120 °С. Выходной сигнал 4-20 мА, основная погрешность 0,2...0,3% [27].

#### 4.3.6 Регулятор

В качестве регулятора на установке используется комплекс универсальных микропроцессорных технических средств управления “Ремиконт Р-130”. “Ремиконт Р-130” – это комплекс универсальных микропроцессорных технических средств широкого назначения, который может применяться при автоматизации самых разнообразных технологических процессов. “Ремиконт Р-130” относится к классу многоканальных средств управления, рассчитанный на решение задач автоматического регулирования и логического управления. “Ремиконт Р-130” позволяет, с одной стороны, экономично управлять небольшими агрегатами, и, с другой, – собирать достаточно разветвленные системы управления разной сложности из нескольких контроллеров, используя

#### 4.3.7 Дисплейная станция

Дисплейная микропроцессорная станция “Димиконт ДС-130” используется в качестве элемента рабочего места оператора-технолога и оператора-наладчика. С помощью ДС-130 можно конфигурировать контроллеры, записывать конфигурацию на носители, выполнять наладку систем регулирования, а также выполнять функцию устройства верхнего уровня управления – сбора, первичной обработки и отображения данных о процессах и объекте, ведения истории процесса управления с записью на носители, документирование информации с выводом на печать, дистанционное управление и другое.

Дисплейная станция ДС-130 предназначена для работы с контроллером Р-130 и представляет собой программно-технический комплекс, состоящий из ПЭВМ, совместимой с ЭВМ/АТ/ХТ, укомплектованной цветным дисплеем типа ЕОА, принтером, клавиатурой общего назначения и специальным пакетом программ.

Технические характеристики ДС-130: число обслуживаемых колец – до 16, число контроллеров в кольце – до 15, скорость обмена информацией – 4800 байт.

#### 4.3.8 Вспомогательные преобразователи

Для преобразования унифицированного непрерывного сигнала постоянного тока 4..20 мА в унифицированный пропорциональный пневматический сигнал 20..100 кПа, поступающий к исполнительному механизму от регулятора, используется электропневматический преобразователь ЭПП – 1221. Основная погрешность 0,5% [28].

#### 4.4.2 Контроль и регулирование температуры

Температура среды воспринимается термопреобразователем ТХАУ Метран-271 МП (поз. 9-1) и преобразуется в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20мА, который поступает на дисплейную станцию ДС-130, где происходит регистрация и отображение параметра, и на входную шину регулятора Р-130 (поз.9-2). Регулирующее воздействие с выходной шины Р-130 преобразуется в стандартный пневматический сигнал 0,02...0,1МПа в электропневмопреобразователе ЭПП-1221 (поз. 9-3) и далее поступает на исполнительный механизм регулирующего клапана GX (поз. 9-4).

Позиции 11, 13, 23, 26 и 28 аналогичны по приборному оформлению позиции 9.

#### 4.4.3 Контроль и регулирование уровня

Регулирование уровня в емкости осуществляется следующим образом: величина уровня определяется преобразователем измерительного уровня переменного перепада давлений Сапфир 22Р (поз. 2-1), после которого унифицированный токовый сигнал поступает на дисплейную станцию ДС-130, где происходит регистрация и отображение параметра, и на входную шину регулятора Р-130 (поз. 2-2). Регулирующее воздействие с выходной шины Р-130 преобразуется в стандартный пневматический сигнал 0,02...0,1МПа в электропневмопреобразователе ЭПП-1221 (поз. 2-3) и далее поступает на исполнительный механизм регулирующего клапана GX (поз. 33-4).

Позиции 7, 27 и 28 аналогичны по приборному оформлению позиции 2.

#### 4.5.3 Сигнализация и блокировка давления в ферментере

Сигнализация давления в ферментере осуществляется следующим образом. Величина избыточного давления измеряется измерительным преобразователем 3051 CG (поз. 17-1), после которого унифицированный токовый сигнал 4...20 мА поступает на дисплейную станцию ДС-130, где происходит регистрация, отображение и сигнализация параметра и на входную шину регулятора Р-130 (поз. 17-2), преобразуется в стандартный пневматический сигнал 0,02...0,1 МПа в электропневмопреобразователе ЭПП-1221 (поз. 17-3) и далее поступает на исполнительный механизм отсечного клапана 3351 (поз.17-4). В случае превышения давления больше 80% включается предупредительная сигнализация. Если давление продолжает повышаться и достигает 90%- включается блокировка. Происходит прерывание потока газа в ферментер.

#### 4.6 Спецификация на средства автоматизации

Спецификация на средства автоматизации приведена в таблице 4.2

		давлений, выходной сигнал 4-20 мА, пределы измерений 0,16 кПа...16 МПа, погрешность измерений 0,25%		
17-1	Давление	Преобразователь избыточного давления с выходным сигналом 4-20 мА, предел измерений 0,012...13800 кПа, допускаемая приведенная погрешность 0,075%	3051 CG	1
12-1	pH	Датчик с диапазоном измерения 1-14 ед. pH, в температурных пределах от 5 до 120°C. Выходной сигнал 4-20 мА	ПМП	1
10-1	Регулирование расхода по времени	Универсальный таймер реального времени двухканальный	ОВЕН УТ- 1	1
Все позиции	Расход Температура Уровень	Регулятор, комплекс универсальных микропроцессорных	Ремиконт-130	8

## 5 Раздел безопасности и экологичности проекта

В последние годы все большее внимание уделяется безопасности людей на производстве и в повседневной жизни. Даже повседневная жизнь человека полна опасностей, не говоря уже об обстановке на производстве. Каждый день происходят аварии, падают самолеты, горят здания, установки, взрываются объекты и при этом гибнут люди.

Чрезвычайные ситуации на производстве вызваны, как правило, несоблюдением норм по технике безопасности, халатностью обслуживающего персонала, грубейшими ошибками при проектировании объекта, нарушением эксплуатации и норм СНиП, применением изношенного оборудования и т.д.

Высокие темпы развития микробиологической промышленности требуют всемерного внимания к организации техники безопасности, созданию безопасных и безаварийных условий труда на предприятиях отрасли. Человек, участвующий в производственном процессе, потенциально подвергается различным видам опасности, к которым могут быть отнесены контакты с химическими и агрессивными жидкостями, высокие температура и давление в аппаратах и трубопроводах и т.д. Поэтому постоянный контроль и строгое соблюдение технологической дисциплины, технологического регламента, соблюдение при этом правил и норм техники безопасности и производственной санитарии – одно из гарантированных условий безопасности.

Ряд промежуточных и конечных продуктов, получаемых на микробиологических предприятиях, обладают пожаро- и взрывоопасными свойствами, что требует надежных мер предосторожности при работе с ними, а также установления сигнализирующих и извещающих устройств, которые срабатывают при малейшей опасности возникновения пожара или взрыва [30].

Несоблюдение требований безопасности производства может привести к производственным травмам, а экологической безопасности – к загрязнению

непрерывной стерилизации стерильный раствор питательных солей, микроэлементов, вода.

Основным опасным фактором на этой стадии является статическое электричество, которое может возникнуть при протекании культуральной жидкости по трубам, в результате чего появится вероятность возникновения пожароопасной ситуации.

### 3) Центрифугирование и плазмолиз суспензии биомассы

Сгущение суспензии производится на центрифуге, после чего подается для плазмолиза в нагреватель при температуре 90 – 110 °С.

Основными опасными факторами являются термические ожоги при соприкосновении с горячими поверхностями оборудования; шум, создаваемый центрифугой.

### 5) Сушка и упаковка готовой продукции

Сушка осуществляется в распылительных сушилках при температуре 260-450°С. Готовый продукт по пневмотранспорту непрерывно подается в отделение упаковки, где запаковывается в бумажные мешки.

В отделении сушки происходит образование дрожжевой пыли в распылительной сушилке, на тракте транспортирования готового продукта создаются условия возникновения взрывоопасных смесей пыли и воздуха. При упаковке готового продукта опасным фактором является большое пылевыведение, что отрицательно сказывается на здоровье рабочих, вызывая астму, поэтому рабочие должны пользоваться респираторами.

Также на всех стадиях производства опасными факторами являются значительный шум и вибрация, создаваемые насосами, компрессорами, и поражение электрическим током в случае выхода из строя изоляции.

Меры предосторожности: герметизация емкостей, вентиляция при перекачке сырья и упаковки продукта; применение индивидуальных средств защиты от шума, вибрации, вредных химических веществ, влаги, пыли, микроорганизмов; наличие аварийных емкостей и средств пожаротушения.

Отделение сушки	Б	В- Па	ПА	Т2
Отделение упаковки	Б	В- Па	ПА	Т2

Для обеспечения противопожарной защиты обеспечить выполнение следующих мероприятий (по ВУПП-88): создать сеть противопожарного водопровода, закольцованную сетями завода, иметь лафетные стволы в количестве одной штуки на площадку, подсоединенное к сети противопожарного водопровода, насосное отделение оборудовать системой пенотушения, питающейся из емкости пенообразования, расположенной в специальном помещении и работающей под давлением воздуха с колонн.

Для тушения пожара вокруг установки предусмотреть кольцевую сеть противопожарного водопровода с пожарными гидрантами на расстоянии не более 100м друг от друга, а также лафетные стволы.

Вокруг печей предусмотреть систему паровой завесы. Колонны оборудовать устройством для водяной завесы с кольцевыми оросительными трубами.

Оснастить установку первичными средствами пожаротушения небольших очагов возгорания, такими как огнетушители ОПУ-5, ОПУ-10, вода, песок, асбестовое полотно, багор, лопата и т.д. Для тушения электрических агрегатов, находящихся под напряжением, использовать углекислые огнетушители ОУ-5.

Для извещения о пожаре на установке предусмотреть пожарные извещатели.

### 5.3 Электробезопасность

Технологическое оборудование установки по производству гаприна снабжено электроприводами, причем пусковые устройства, щиты управления устанавливаются непосредственно в цехах производства. При этом возникает вероятность поражения работающих электрическим током при нарушении условий эксплуатации электрооборудования, повреждении изоляции или защитного заземления.

вводе его в эксплуатацию и после ремонта. Результаты измерения фиксировать в журнале.

Электрооборудование на производстве выбирается согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ).

В производственных помещениях взрывоопасной зоны класса В-Ia, В-IIa установить электродвигатели взрывозащищенного исполнения, в помещениях с нормальной средой - защищенного исполнения [31].

В соответствии с классом помещений по ПУЭ пусковую аппаратуру выполнить:

- в помещениях взрывоопасной зоны - взрывозащищенного исполнения;
- в помещениях с нормальной средой - защищенного исполнения.

#### 5.4 Освещение

Для создания безопасных условий работы в производственных помещениях необходимо создать условия по максимальному использованию естественного света. При нехватке естественного освещения предусмотреть использование искусственных источников света. Оптимальная освещенность способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность. Недостаточное освещение ухудшает зрение рабочих и может явиться причиной производственного травматизма [31].

Освещение производственных, служебных и бытовых помещений осуществить по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». Минимальная освещенность должна быть:

- 1) в производственных помещениях – 50 лк;
- 2) в операторной – 200 лк;
- 3) в насосных и санузлах – 30 лк;
- 4) в коридорах – 20 лк.

В дневное время производственные помещения освещать естественным светом через окна в наружных стенах. Искусственное освещение применять в

Помещения обеспечить приточно-вытяжной вентиляцией. В ферментационном отделении предусмотреть постоянно действующую общеобменную вентиляцию с кратностью воздухообмена 6. Вытяжку оснастить осевыми вентиляторами.

В зоне приготовления питательных сред предусмотреть приточно-вытяжную вентиляцию с кратностью воздухообмена 6 за счет компенсации вытяжной системы аспирации.

На проектируемом производстве предусмотреть аварийную вентиляцию в производственных помещениях, относящихся по взрыво-пожароопасности к категориям Б и В. Аварийная вентиляция должна обеспечить ликвидацию последствий отклонения в технологическом режиме, аварий оборудования и коммуникаций и в других случаях, вызывающих внезапное изменение состояния воздушной среды в помещении, угрожающем взрывом, пожаром, отравлением персонала. Для аварийной вентиляции в проекте предусмотрено использовать центробежные вентиляторы, которые располагаются снаружи здания на фундаментах, площадках на покрытиях зданий. Кратность воздухообмена согласно СНиП 2.04.05-91\* «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В таблице 5.2 приведены кратности воздухообмена систем вентиляции производственных и бытовых помещений и маркировка вентиляторов.

Таблица 5.2 – Кратность систем вентиляции производственных и бытовых помещений

Наименование помещений	Система вентиляции	Кратность воздухообмена, час*	Тип, марка, исполнение вентилятора
Отделение приготовления питательных солей	Вытяжная	6	Центробежный 99-55n:14с нормального исполнения
Отделение выращивания культуры	Вытяжная	6	Центробежный 99-55n:14с нормального исполнения

- скорость движения воздуха 0,1-0,4 м/с.

Для уменьшения накопления пыли в производственных помещениях необходимо:

- окрасить внутренние поверхности стен и потолков эмалью ХВ-786, силикатной, ПВА или масляной краской, или выложить глазурованной плиткой;

- пол выложить керамической плиткой, кроме того допускается настилка линолеума.

## 5. 7 Водоснабжение и канализация

Качество воды, предназначенной для хозяйственно-питьевых нужд и душевых устройств, должно соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям и нормам для питьевого водоснабжения.

Устройство канализации и водоснабжения всех зданий и сооружений предприятия выполнить согласно СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения", СНиП 2.04.01-2000 «Внутренний водопровод и канализация зданий» и СНиП 2.04.03-86 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

Предусмотреть на предприятии отдельные системы водоснабжения:

1) хозяйственно-питьевое водоснабжение - подача доброкачественной воды для хозяйственно-бытового потребления;

2) производственное водоснабжение - подача воды на технологические нужды;

3) противопожарное водоснабжение – для ликвидации пожаров на предприятии.

В цехах с повышенной теплонапряженностью разместить питьевые фонтанчики. В бытовых помещениях иметь душевые и раковины с горячей и холодной водой.

воздуховоды присоединить к вентилятору брезентовыми манжетами из прорезиненной ткани; выхлопные трубы вентиляторов оборудовать глушителями. Для снижения шума и вибрации рекомендуется осуществить правильную планировку территории и производственных помещений, а также использовать естественные и искусственные преграды, препятствующие распространению шума [30].

### 5.9 Средства индивидуальной защиты

При производстве гаприна обслуживающий персонал подвергается воздействию вредных химических веществ, влаги, пыли, микроорганизмов. Для уменьшения вредного воздействия на работающих необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.023-84 «Средства индивидуальной защиты»: спецодежда, спецобувь, фартуки, перчатки, рукавицы, специальные головные уборы, маски, защитные очки, противогазы, респираторы, защитные пасты, мази.

При наличии в воздухе рабочей зоны вредных веществ в количестве, превышающем предельно допустимую концентрацию, необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты органов дыхания, которые подразделяются на два основных типа: фильтрующие и изолирующие.

Для защиты органов дыхания от пыли в отделениях приготовления питательной среды и сушки готовых продуктов применять противопылевые фильтрующие респираторы «Снежок-П» (ТУ 84-1013-84). В данных отделениях использовать противопылевую спецодежду.

Для защиты от белковой пыли использовать противопылевые респираторы. При больших концентрациях пыли (более 200 мг/м<sup>3</sup>) и различных физических нагрузках применять респиратор Ф-62ш; при легких и средней тяжести работах и концентрации пыли, не превышающей 200 мг/м<sup>3</sup>, использовать респиратор У-2к. Для одноразового использования при небольших концентрациях пыли использовать респиратор типа «Лепесток».

Для уменьшения расхода свежей воды на охлаждение аппаратов использовать оборотную воду. Промстоки с конденсатора сбрасывать в оборотную систему водоснабжения и направлять на очистные сооружения завода. Температура производственных сточных вод при сбросе в канализацию не должна превышать 40<sup>0</sup>С. Канализационная сеть на всем протяжении должна быть закрытой. Канализационные колодцы должны быть закрыты крышками и иметь указатели с номером колодца. На открытых площадках допускается устройство лотков для отвода атмосферных осадков.

Сброс токсичных продуктов, а также пожаро- и взрывоопасных продуктов из технологических аппаратов и емкостей в канализационные сети, даже в аварийных случаях, запрещается. Не допускается сброс в промышленную канализацию различных потоков сточных вод, смешение которых может привести к реакциям, сопровождающимся выделением тепла, образованием горючих и вредных газов, а также твердых осадков.

Во избежание проникновения в почву химических веществ предусмотреть:

- асфальтирование или бетонирование площадок с бортиками для хранения кислот, щелочей и др.;
- использование обвалования наружных складов хранения горючих и легковоспламеняющихся веществ и другого оборудования с покрытием поверхности, огражденной обвалованием, стойкими к этим веществам, материалами;
- захоронение вредных отходов в спецконтейнерах или могильниках, обеспечивающих невозможность проникновения в почву;
- максимально возможное асфальтирование территории с использованием стоков ливневой канализации.

Для очистки сточных вод применить механический и биологический способы. Биологическую очистку стоков осуществить в аэротенках при интенсивной аэрации. Очищенную воду со степенью очистки по БПК 99-99,5% после отделения активного ила сбросить в водоем или вернуть в производство.

- средства связи для должностных лиц;
- технические средства массовой информации (радио, телевидение, радио-трансляционные сети, почта и т.д.);
- электрические сирены, световые табло и указатели;
- вспомогательные средства (колокола, сигнальные ракеты и флажки, гудки транспортных средств, удары в рельсы и др.).

Для оповещения населения об опасности используют предупредительный сигнал оповещения о ЧС «Внимание всем!», за которым следует передача информации о чрезвычайной ситуации.

Сигнал «Внимание всем!» передается в виде записи или голосом по радио, телевидению, радиотрансляционным сетям и через громкоговорящие устройства. Этот сигнал дублируется включением сирен, протяжными гудками транспорта или хозяйственных объектов, частыми ударами в колокол, рельс и другие звучащие предметы, сигнальными ракетами. По этому сигналу население должно подготовиться к прослушиванию экстренного сообщения о чрезвычайной ситуации.

Вслед за сигналом «Внимание всем!» передается речевая информация о виде возможной или случившейся чрезвычайной ситуации, а также сообщение о порядке действия населения в сложившейся ситуации. Периодически сигнал «Внимание всем!» и информация о порядке действий населения в чрезвычайной ситуации повторяются. Причем, в повторных передачах учитывается изменение обстановки [31].

Координация планов и мероприятий гражданской обороны и по ликвидации ЧС в целом с экономическими планами производится в рамках бюджетов РФ, субъектов федерации, а также федеральных органов исполнительной власти. Финансирование мероприятий по ликвидации ЧС производится также за счет средств организаций, находящихся в зоне ЧС, страховых фондов и других источников [30].

Порядок сбора информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обмена этой информацией между органами

## 6 Механический раздел

### 6.1 Механический расчет

Целью механического расчета микробиологического оборудования является определение размеров отдельных элементов, обеспечивающих безопасную эксплуатацию машин и аппаратов за счет достаточной механической прочности, плотности разъемных соединений, устойчивости к сохранению формы и необходимой долговечности.

При выполнении дипломного проекта механический расчет производится только для основного оборудования проектируемого цеха или участка. При этом следует с максимальной возможностью использовать стандартизованные или нормализованные размеры отдельных элементов оборудования.

Все сосуды и аппараты, работающие под давлением, должны проектироваться, изготавливаться и эксплуатироваться в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Эти правила распространяются на:

- сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа (без учета гидростатического давления);
- цистерны и бочки для перевозки сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает 0,07 МПа;
- сосуды, цистерны для хранения, перевозки сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел без давления, но опорожняемые под давлением газа свыше 0,07 МПа;
- баллоны, предназначенные для перевозки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа [32].

Эти правила не распространяются на:

- приборы парового и водяного отопления;
- сосуды и баллоны емкостью не выше 25 л, у которых произведение емкости в литрах на рабочее давление в мегапаскалях составляет не более 20;
- сосуды из неметаллических материалов;
- трубчатые печи независимо от диаметра труб и т.д.

Расчетное давление  $p_r$  – максимальное допускаемое рабочее давление, на которое производится расчет на прочность и устойчивость элементов аппарата при максимальной их температуре. Расчетное давление принимают, как правило, равным рабочему давлению или выше [32].

Расчетное давление может быть выше рабочего в следующих случаях:

1. если во время действия предохранительных устройств давление в аппарате может повыситься более чем на 10% от рабочего, то расчетное давление должно быть равно 90% от давления в аппарате при полном открытии предохранительного устройства;

2. если на элемент действует гидростатическое давление от столба жидкости в аппарате, значение которого свыше 5% от расчетного, то расчетное давление этого элемента соответственно повышается на значение гидростатического давления.

Для элементов аппарата с отдельными пространствами, имеющими разные давления, за расчетное давление принимается каждое из них (без учета других). Допускается производить расчет на разность давлений, если при эксплуатации в любом случае надежно обеспечивается наличие давлений во всех пространствах.

Расчетным давлением при гидравлическом или пневматическом испытании аппарата является пробное давление.

Пробное давление – избыточное давление, на которое аппарат испытывается на прочность и плотность после его изготовления и периодически при эксплуатации.

Условное (номинальное) давление  $p_y$  – избыточное рабочее давление при температуре элемента 20 °С (без учета гидростатического давления). Для более высоких температур элементов аппарата условное давление снижается соответственно уменьшению прочности конструкционного материала.

Условные давления применяются при стандартизации аппаратов и их отдельных элементов.

### 6.1.3 Исходные данные:

Номинальный объем аппарата	63 м <sup>3</sup>
Внутренний диаметр	3200 мм
Исполнение корпуса	эллиптическое днище и эллиптическая съемная крышка
Частота вращения мешалки	196 об/мин
Потребляемая мощность	90 кВт
Давление в корпусе:	
Избыточное $P_i$	4 МПа
Остаточное $P_o$	0,1 МПа
Уровень жидкости в корпусе $H_{ж}/D$	1
Параметры среды:	
Водный раствор	
Температура	30 °С
Плотность	1020 кг/м <sup>3</sup>

Расчетное наружное давление при проверке стенок корпуса на устойчивость определяется по формуле:

$$P_{рн} = P_{и} - P_{о} = 4,0 - 0,1 = 3,9 \text{ МПа, где} \quad (6.4)$$

$P_{и}$  – избыточное давление,

$P_{о}$  – остаточное давление в корпусе.

Допускаемое напряжение для выбранного материала определяется по формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot [\sigma]^* = 0,9 \cdot 240 = 216 \text{ МПа,} \quad (6.5)$$

где  $[\sigma]^*$  – нормативное допускаемое напряжение, МПа,

$\eta$  – коэффициент, учитывающий пожароопасность и взрывоопасность среды в аппарате.

Для взрыво- и пожароопасных сред  $\eta = 0,9$ .

Прибавка для компенсации коррозии  $C$  к расчетным толщинам конструктивных элементов, находящихся в контакте с агрессивной средой, определяется по формуле:

$$C = \Pi \cdot Lh = 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ мм,} \quad (6.6)$$

где  $\Pi$  – скорость коррозии в рабочей среде, мм/год,

$Lh$  – срок службы аппарата, количество лет.

#### 6.1.6 Оболочки, нагруженные внутренним давлением

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки

$$S = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \psi \cdot [\sigma] - P_p} + C + C_1 = \frac{4,032 \cdot 3,2}{2 \cdot 1 \cdot 216 - 4,032} + 0,002 + 0,00026 = 0,033 \text{ м,} \quad (6.7)$$

при  $\frac{S - C}{D} < 0,1$ ,

где  $\psi$  – коэффициент прочности продольного сварного шва,

$C_1$  – дополнительная прибавка на округление до стандартной толщины листа.

где допускаемое давление из условия устойчивости

$$[P_e] = \frac{1,8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{ny \cdot B_1 \cdot L} \cdot \left( \frac{100 \cdot (S - C)}{D} \right)^{2,5}, \quad (6.16)$$

а допускаемое давление из условия прочности

$$[P_p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + S - C}, \quad (6.17)$$

$$B_1 = \min \left\{ 1,0; 8,15 \cdot \frac{D}{L\epsilon} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - C)}} \right\}, \quad (6.18)$$

$$B_1 = 8,15 \cdot \frac{3,2}{6,8} \cdot \sqrt{\frac{3,2}{100 \cdot (0,045 - 0,002)}} = 3,3,$$

$$B_1 = 1$$

$$[P_e] = \frac{1,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2,01 \cdot 10^5 \cdot 3,2}{2,4 \cdot 1 \cdot 6,8} \cdot \left( \frac{100 \cdot (0,045 - 0,002)}{3,2} \right)^{2,5} = 0,148 \text{ МПа},$$

$$[P_p] = \frac{2 \cdot 216 \cdot (0,045 - 0,002)}{3,2 + 0,045 - 0,002} = 5,7 \text{ МПа},$$

$$[P] = \frac{5,7}{\sqrt{1 + \left( \frac{5,7}{0,148} \right)^2}} = 0,148 \text{ МПа};$$

Толщина стенки стандартного эллиптического днища, работающего под наружным давлением, определяется по формуле:

$$S_3 = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot C}{510} \cdot \sqrt{\frac{ny \cdot P_{рн}}{10^{-6} \cdot E}}; \frac{P_{рн} \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\} + C + C_1, \quad (6.19)$$

$$S_{31} = \frac{0,9 \cdot 0,002}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 3,9}{10^{-6} \cdot 2,01 \cdot 10^5}} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ м},$$

$$S_{32} = \frac{3,9 \cdot 3,2}{2 \cdot 216} = 0,029 \text{ м},$$

$$S_3 = 29 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} + 0,26 \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ м}.$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорян А.Н. Биосинтез на природном газе /А.Н. Григорян, Л.А. Горская. – М.,1975. – 101 с. – (Главное управление микробиологической промышленности при СМ СССР).
2. Sheehan В.Т. Production of bacterial cells from methane / В.Т. Sheehan, М.Ј. Johnson Appl. Microbiol, 1971. – 515 с.
3. Naguib M. Overall metabolic regulations in cultures of the obligate methane-oxidizing strain M102 / M. Tokyo.: Naguib Proc.Int.Sympos. Microbial growth on C<sub>1</sub> compounds, 1975. – 212 с.
4. Грачева И.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и жиров/ И.М. Грачева, И.Н Гаврилова, Л.А. Иванова. – М.: Пищевая Пром-сть,1980.-448 с.
5. Денисов А.К. Кормовой дрожжевой белок: состав и свойства/ А.К. Денисов// Животноводство России. – 2007. – №3. – С. 5– 8.
6. Ферментационные аппараты для процессов микробиологического синтеза/ А.Ю. Винаров, Л.С. Гордеев, А.А. Кухаренко, В.И. Панфилов. – М.: ДеЛи Принт, 2005. – 278 с.
7. Основы проектирования предприятий микробиологической промышленности: Учебное пособие для ВУЗов/ В.М. Кантере, М.С. Мосичев, М.И. Дорошенко и др. –М.: Агропромиздат,1990. –304 с.
8. Бортников И.И. Машины и аппараты микробиологических производств: Учебное пособие для ВУЗов/ И.И. Бортников, А.М. Босенко. – М.: Высшая школа, 1982. –288 с.
9. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии/ В.Ф. Гальченко. – М.:2001. – 186 с.
10. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф Павлов., П.Г. Романков, А.А. Носков – М.: «РусМедиаКонсалт», 2004. – 576 с.

24. Приборы и средства автоматизации. Каталог. – М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ. – 2004. – Т.2. – Приборы для измерения давления, перепада давления и разряжения. – С.41.
25. Приборы и средства автоматизации. Каталог. – М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ. – 2004. – Т.3. – Приборы для измерения расхода и количества жидкости, газа, пара и учета тепловой энергии. – С.44.
26. Приборы и средства автоматизации. Каталог. – М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ. – 2004. – Т.4. – Приборы для измерения и регулирования уровня жидкости и сыпучих материалов. – С.55.
27. Приборы и средства автоматизации. Каталог.- М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ. – 2004. – Т.5. – Приборы для определения состава и свойств газа, жидкости, твердых и сыпучих веществ. - С.81.
28. Приборы и средства автоматизации. Каталог.- М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ. – 2004. – Т.7. – Приборы регулирующие. Сигнализаторы температуры, давления, уровня. Датчики-реле, исполнительные механизмы. – С.130.
29. Расходомеры. Счетчики. Клапаны. Регуляторы. Тематический каталог №3, выпуск 3. // Группа предприятий Метран. – С.241.
30. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В.Белов, А.В.Ильницкая, А.Ф.Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В.Белова. 3-е изд., испр. и доп. – М.:Высш.шк., 2001. – 485 с.
31. Штур В.Б., Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие./ В.Б. Штур, И.Р. Киреев.– Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. – 55 с.
32. Михайличенко А.И. Основы проектирования химических производств: Учебник для ВУЗов/ А.И. Михайличенко. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 332 с.