

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО Кемеровский технологический институт пищевой  
промышленности (университет)

Кафедра: «Машины и аппараты пищевых производств»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
Студента группы ПМз-01  
Бескостина Кирилла Евгеньевича

На тему: «Проект жаровни в линии производства растительного  
масла прессовым способом производительностью 80 тонн в сутки  
по семенам подсолнечника»  
Спец часть: Расчет и модернизация жаровни.

Кемерово 2016

В данном дипломном проекте рассмотрена линия по производству растительного масла прессовым способом, а также произведён подбор оборудования для проведения технологического процесса. Предложена модернизация шестичанной жаровни, позволяющая интенсифицировать тепло-массообменный процесс. Что приводит к более полному раскрытию клеточной структуры семян и позволит извлекать 30,5 % масла из семян от общей перерабатываемой массы семечки подсолнечника в замен 30 % до модернизации.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Введение

- 1 Литературно-патентный обзор
  - 1.1 Шнековая жаровня Ж – 68
  - 1.2 Барабанная жаровня МП – 21
  - 1.3 Жаровня Ж – 6
  - 1.4 Жаровня ZSL
  - 1.5 Жаровня Е8 – МЖА
  - 1.6 Пятичанная жаровня ФП
  - 1.7 Шестичанная жаровня ЕТП – 20
- 2 Техничко-экономическое обоснование
- 3 Описание технологического процесса
  - 3.1 Характеристика сырья для производства растительного масла
  - 3.2 Машинно – аппаратурная схема производства растительного масла
  - 3.3 Основное оборудование, входящее в линию производства растительного масла
    - 3.3.1 Виброцентробежный сепаратор А1-БЦС-100
    - 3.3.2 Центробежная семенорушка А1-МЦП
    - 3.3.3 Вальцовый станок Б6-МВА
    - 3.3.4 Маслопресс ЕТП-20
  - 3.4 Анализ линии производства с точки зрения технологического потока
- 4 Расчет оборудования специальной части
  - 4.1 Описание единицы оборудования
  - 4.2 Определение конструктивных параметров жаровни
  - 4.3 Определение мощности привода мешалки
  - 4.4 Определение поверхности нагрева чанов жаровни
  - 4.5 Кинематический расчет привода вала мешалки
  - 4.6 Расчет ременной передачи
  - 4.7 Расчет фланцевого соединения
  - 4.8 Расчет диаметра вала мешалки
  - 4.9 Расчет зубчатой цилиндрической передачи на ЭВМ
  - 4.10 Расчет зубчатой конической передачи на ЭВМ

## 5 Монтажный проект

5.1 Компоновка и анализ помещений

5.2 Расчет фундамента и болтов для крепления жаровни

5.2.1 Расчет фундамента для жаровни

5.2.2 Расчет фундаментных болтов для крепления жаровни

5.3 Расчет фундамента и болтов для крепления маслопресса

5.3.1 Расчет фундамента для маслопресса

5.3.2 Расчет фундаментных болтов для крепления маслопресса

5.4 Сетевой график монтажа оборудования

## 6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Условия труда

6.2 Потенциальные опасности и вредности проектируемого объекта

6.3 Безопасность производственного оборудования и технологических процессов

## 7 Экология

7.1 Источники и виды выбросов

7.2 Защита водоемов от загрязнений

7.3 Методы очистки сточных вод

7.4 Защита воздушной среды от загрязнений

## 8 Экономическая часть

8.1 Расчет условно годовой экономии

8.2 Расчет годового экономического эффекта

Заключение

Список используемой литературы

Приложение

## ВВЕДЕНИЕ

Растительные жиры – продукты, получаемые из растительного сырья: сои, подсолнечника, арахиса, кукурузы, хлопчатника, пальмы, рапса, маслин, льна, клещевины, а также маслосодержащих отходов пищевых производств – отрубей, зародышей злаков, фруктовых косточек [27].

Для извлечения растительных масел из семян используют прессовый и экстракционный способы, причем наиболее перспективным является высокоэффективный экстракционный способ, так как он дает возможность получить большой выход масла. Отходами производства растительных масел являются обезжиренные остатки (жмых и шрот) и оболочки семян, использование которых имеет большое народнохозяйственное значение. Жмых и шрот – это ценные компоненты комбикормов для сельскохозяйственных животных, содержащие большое количество белка.

Подсолнечное масло – один из лучших видов растительного жира. Оно имеет низкую температуру застывания и высокий процент полезных для здоровья полиненасыщенных жирных кислот. В России это самое популярное, "народное", из всех растительных масел.

Рафинированное подсолнечное масло – прозрачное, золотистого или светло-желтого цвета, при хранении не выделяет осадка.

Нерафинированное масло имеет более темный цвет и насыщенный запах. При хранении образует осадок (стеарины и фосфолипиды (воски и парафины) - выпадают в осадке, при низкой температуре и со временем). Срок хранения – меньше, чем у рафинированного.

Если масло имеет запах жареных семечек – проводился отжим при высоких температурах (при этом - появляются канцерогены). Предпочтительнее, полезнее – первый холодный отжим (получение прессовым способом при температурах не более 90 градусов).

В подсолнечном масле содержание олеиновой кислоты может колебаться от 15 до 65%, леноливой – от 20 до 75% (чаще, в пределах 45 - 60 %). Чем южнее и суше климат районов культивирования подсолнечника, тем устойчивее местное масло к окислению, так как в маслах южных районов содержится больше предельных и олеиновой кислот. Лучшее растительное масло – с южных степей.

Подсолнечное масло имеет в своём составе намного больше сильнейшего природного антиоксиданта (антиоксиданта) – альфа-токоферола (витамин Е), чем все другие доступные массовому потребителю масла (свыше 60 мг на 100 г.)

В народной медицине целебные свойства подсолнечного масла используются для лечения легочных заболеваний, тромбофлебита, заболеваний кишечника и печени (пить натощак или в овощных салатах).

Используется в качестве основного сырья при производстве маргарина и майонеза, а также при изготовлении овощных и рыбных консервов, в домашних условиях – в основном для заправки салатов и супов. Рафинированное масло используется и для жарки [27].

# 1 ЛИТЕРАТУРНО – ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

Жарение мезги проводится как непосредственно в жаровнях, так и последовательно, сначала в пропарочно - увлажнительных аппаратах (шнеках), а затем в собственных жаровнях [1].

Для удовлетворения условий правильной подготовки мезги и соблюдения правил технологического режима жарения пропарочно – увлажнительные аппараты и жаровни в конструктивном отношении должны отвечать следующим требованиям [13]:

а) непрерывность товарного потока с момента питания аппарата или жаровни свежим материалом и кончая подачей мезги на пресс;

б) тонкое и равномерное распределение воды или пароконденстат по все массе обрабатываемой мятки;

в) тщательное перемешивание мятки и мезги с целью равномерного подогрева и увлажнения;

г) удобство компоновки пропарочно – увлажнительного аппарата, жаровни и одного или двух шнековых прессов;

д) возможность регулировки частоты вращения мешалок и количества подаваемого и выгружаемого материала;

е) автоматическое поддержание заданной температуры и влажности мезгина главных участках процесса жарения;

ж) экономии занимаемой площади рабочего помещения, удобство обслуживания, контроль за процессом и ремонт.

Существующие в настоящее время конструкции пропарочно – увлажнительных аппаратов и собственно жаровень лишь частично удовлетворяют изложенным требованиям.

Применяющиеся конструкции жаровенных агрегатов можно разбить на три типа: шнековые, барабанные и чанные.

## 1.1 Шнековая жаровня Ж – 68

Шестичанная жаровня Ж-68 (рисунок 1.1) предназначена для тепловой обработки мятки семян подсолнечника, хлопчатника, сои, арахиса, льна, конопли и других масличных культур с целью обеспечения наиболее выгодных условий отжима масла на шнековых маслопрессах [1, 15].

Шестичанная жаровня Ж-68 входит в комплект маслоотжимного агрегате МПЖ-68, который включает в себя одну жаровню Ж-68 и два маслопресса МП-68 общей производительностью 150 тонн/сутки по переработке семян подсолнечника и 160 тонн/сутки по переработке высокосортных семян хлопчатника.

Возможна работа жаровни с одним маслопрессом, а также работа жаровни с другими типами маслопрессов.

После очистки от металлических примесей, увлажнения и частичного подогрева продукт (мятка) поступает в верхний чан шестичанной жаровни.

В чанах мятка подвергается сушке и активному перемешиванию. Удаление паров, выделяющихся из мятки, производится с помощью аспирационного устройства.

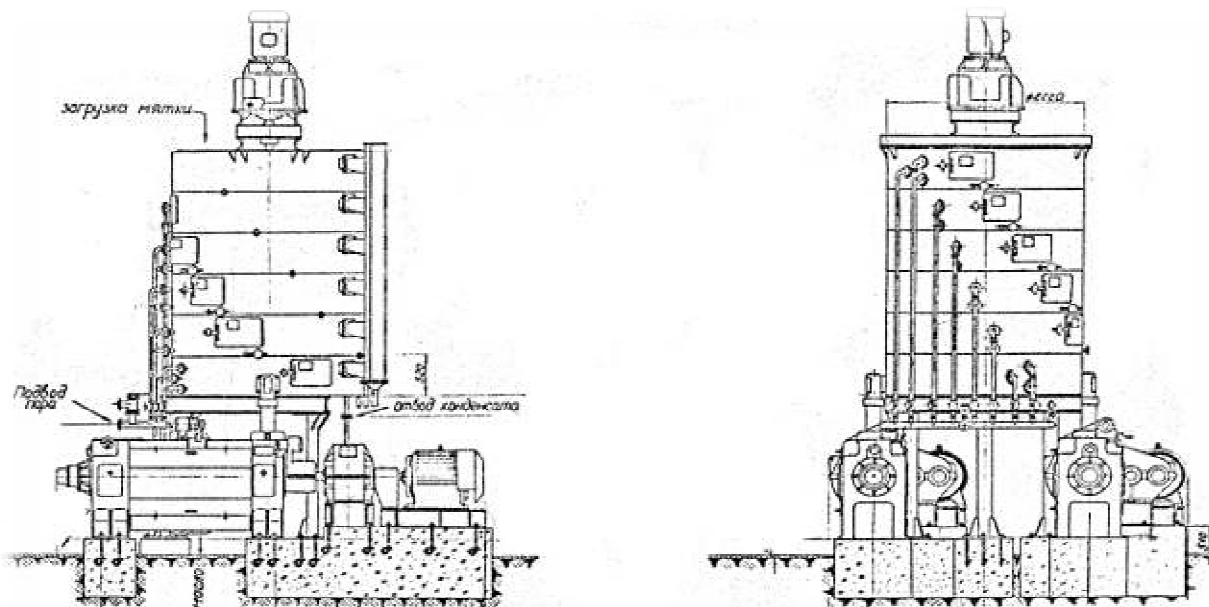


Рисунок 1.1 Шнековая жаровня Ж – 68

Степень аспирации каждого чана регулируется заслонками. Нагрев днищ и стенок производится глухим паром, подаваемым в паровую рубашку каждого чана от общего коллектора под давлением  $6 \text{ кгс/см}^2$ . При этом можно производить отключение подачи пара в обогревательную полость обечаек.

Перемешивание мезги и перепуск её из чана в чан осуществляется ножами, закрепленными на вертикальном валу жаровни.

Уровень мезги в чанах меняется от чана к чану. В верхнем чане для лучшего пропаривания мезги уровень наибольший - 350 мм, а в нижнем чане, где происходит поджаривание мезги уровень наименьший – 200 мм.

Необходимый уровень мезги в каждом чане поддерживается автоматически перепускными клапанами. Регулировка степени влажности, выходящей из жаровни мезги, может производиться, кроме аспирационной трубы, с помощью специальных душирующих устройств, расположенных в верхнем и нижнем чанах.

Температура мезги в верхнем и нижнем чанах контролируется с помощью термометров сопротивления и логометра.

Подготовленная в жаровне мезга с определенными техническими параметрами поступает через два выпускных окна нижнего чана и в приемные трубы питателей маслопрессов.

## 1.2 Барабанная жаровня МП – 21

Барабанные жаровни входят в агрегат шнек пресса МП – 21 и более чем шнековые удовлетворяют требованиям технологии жарения и приготовления мезги [2].

Барабанная жаровня шнек-пресса МП-21 (рисунок 1.2) представляет собой цилиндр с внутренним диаметром 920 мм с паровой рубашкой, рассчитанной на работу с паром давлением до 7 атм. ( $68,7 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ). Поверхность нагрева жаровни  $10,25 \text{ м}^2$ . Внутри жаровни расположена лопастная мешалка, делающая 32 об/мин. Во вращение мешалка приводится от электродвигателя мощностью 8 кВт через редуктор и цепь. В верхней части барабана жаровни расположен приемный патрубок с питательно-увлажнительным шнеком. Шнек приводится в движение от вала мешалки через цепь и храповой механизм, с помощью которого можно изменять частоту вращения питательного шнека от 0 до 6,35 об/мин. В нижней части жаровни расположен выпускной патрубок со шнеком, подающий материал из цилиндрической жаровни в темперированный сборник. Для отвода влажного воздуха имеются трубы.

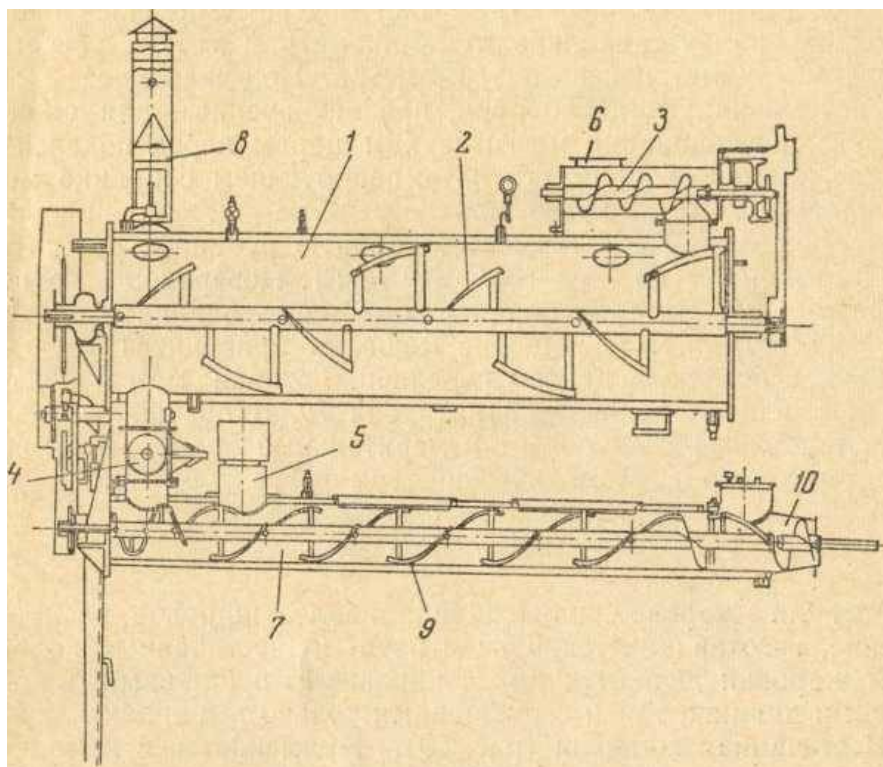


Рисунок 1.2 Барабанная жаровня МП – 21

В жаровне пресса происходит основная подготовка масличного материала путем нагрева глухим паром. В случае необходимости в месте падения сырья из питательного шнека можно подавать воду или острый пар внутрь



жаровни. В обечайке жаровни устанавливаются манометр и датчик регистрирующего манометрического термометра. Под жаровней расположен нагревающий сборник, предназначенный для окончательного подсушивания мезги сухим паром перед подачей ее в пресс. При необходимости в нагревающем сборнике можно увлажнить мезгу водой или острым паром. Сборник внутренним диаметром 351 мм имеет паровую рубашку, рассчитанную на давление до 7 атм. ( $68,7 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ). Поверхность нагрева сборника  $4 \text{ м}^2$ . Внутри сборника имеется мешалка, делающая 84,4 об/мин. Во вращение мешалка приводится от вала жаровни с помощью цепной передачи. Готовая мезга подается в пресс через конический патрубок. В обечайке сборника установлены контрольно-измерительные приборы: манометр, термометр и автоматический регулятор.

### 1.3 Жаровня Ж – 6

Для сушки ядра применяют жаровни с паровым обогревом днища (рисунки 1.3). Промышленность выпускает жаровни с количеством чанов от 3 до 6. Чаны располагают вертикально один над другим со смещением (по часовой стрелке) на  $20^\circ$ , они имеют общий вертикальный вал с ножами на нем. В днище каждого чана устроена паровая рубашка, в которую подается острый пар от общего коллектора под давлением  $5 \text{ кгс/см}^2$ . Для отвода конденсата устанавливают конденсатоотводчики. В боковых стенках чанов имеются монтажные и смотровые люки, а также аспирационные окна [1].

Перемешивание ядра в жаровне осуществляется горизонтально расположенными ножами, соединенными на вертикальном валу. Ножи в основном изготовляют из чугуна и устанавливают под углом  $30\text{—}35^\circ$  к горизонту.

Вертикальный вал получает вращение от электродвигателя 1 через редуктор 2, расположенный над верхним чаном 3. В местах прохождения вала через днища первого, второго, четвертого и шестого чанов располагаются чугунные стаканы с бронзовыми втулками, предназначенными для уплотнения. В этих втулках имеются каналы и отверстия для ввода консистентной смазки через колпачковые масленки, расположенные с наружной стороны чанов. Вертикальный вал жаровни соединен с входным валом редуктора продольно-носвертной соединительной муфтой, служащей одновременно в качестве предохранительной.

При попадании металла под ножи и заклинивании их срезаются болты, соединяющие половинки муфты. Для предотвращения пригорания ядра к днищу зазор между ним и ножом не должен превышать 2 мм.

Для перепуска ядра от верхних чанов к нижним в каждом из них имеется отверстие, где установлено перепускное устройство в виде секторного перепуска или клапана Линка. К клапанам привинчивается поплавковый щит, на валике которого вне чана закреплен рычаг, показывающий уровень ядра в чане жаровни. С повышением уровня ядра в чане поплавок щит поднимает

ется и перекрывает перепускное устройство; с уменьшением количества ядра щит опускается и в чан поступает новая партия ядра. Толщину слоя ядра в чане регулируют грузом, закрепляемым на рычаге.

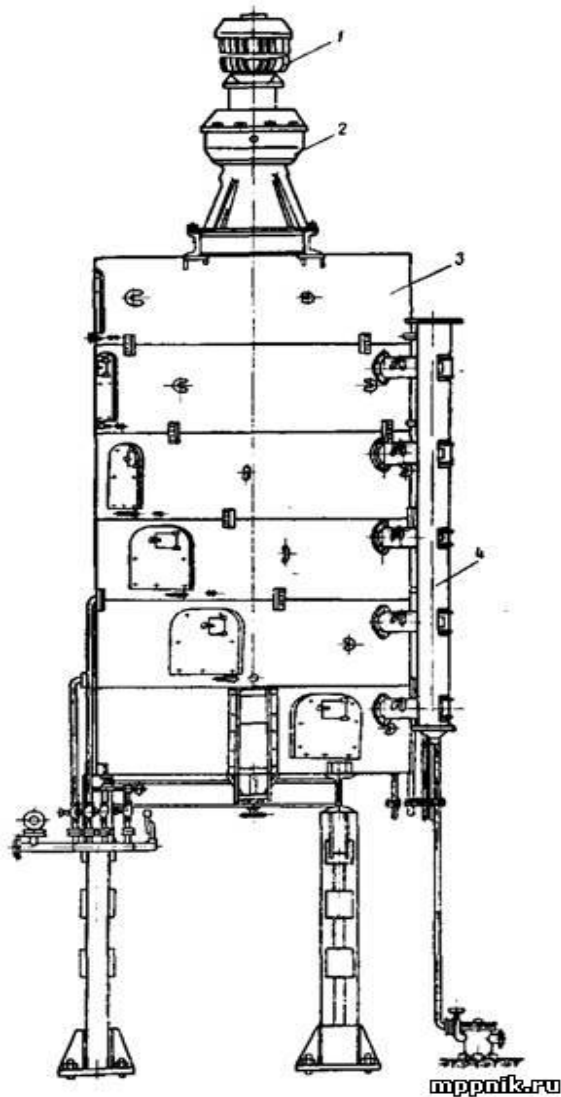


Рисунок 1.3 Чанная жаровня Ж-6

Для удаления паров, образующихся при сушке ядра, в обечайке каждого чана имеются вентиляционные окна, которые соединяются с вентиляционной трубой 4 патрубками. В них расположены заслонки для регулирования степени аспирации чанов.

Вентиляционная труба выводится через крышу наружу, а при принудительной вентиляции ее соединяют с вентилятором.

#### Техническая характеристика жаровни Ж-6

Производительность в сутки по ядру, т

40

Количество чанов	6
Диаметр чана (внутренний), мм	2200
Высота чана, мм	528
Рабочее давление пара, кгс/см <sup>2</sup>	5
Общая поверхность нагрева жаровни, м <sup>2</sup>	2,0
Скорость вращения валов жаровни, об/мин	15—16
Мощность электродвигателя привода жаровни, кВт	20

Для обеспечения нормальной работы жаровни необходимо поддерживать заданную температуру ядра на выходе из жаровни посредством автоматического регулятора температуры РДП, расположенного в нижнем чане; регулярно следить за наличием смазки в масленках и своевременно смазывать детали; перепускные клапаны, вентиляционные каналы и заслонки питателей периодически очищать от налипшей массы; теплоизлучающие поверхности покрыть теплоизоляцией; ядро подавать на жаровню равномерно, не превышая ее производительности.

При увеличении нагрузки на электродвигатель или внезапной его остановке необходимо выключить питание электродвигателя, прекратить подачу ядра, перекрыть подачу пара во все чаны.

После устранения дефектов перед пуском следует проверить состояние ядра в чанах и в случае порчи его разгрузить чаны через крышки люков.

#### 1.4 Жаровня ZSL

Жаровни ZSL (рисунок 1.4) – одна из основных машин, входящих в состав оборудования для производства растительного масла. Данное оборудование предназначено для влаготепловой обработки мятки ( жарение) с целью облегчения отделения масла (уменьшения сил молекулярного взаимодействия между маслом и твердыми частицами мятки) [2].

Жарение мятки осуществляется следующим образом: производится увлажнение и нагревание мятки, затем пропаривание с доведением температуры и влажности до требуемых величин, затем высушивание увлажненной мятки с доведением ее температуры и влажности до эффективных для пресования величин. В результате достигаются оптимальные условия для отжима масла:

- снижение вязкости масла для улучшения его вытекания
- инактивация ферментной системы мятки;
- достаточная пластичность мезги для брикетирования жмыховой ракушки.

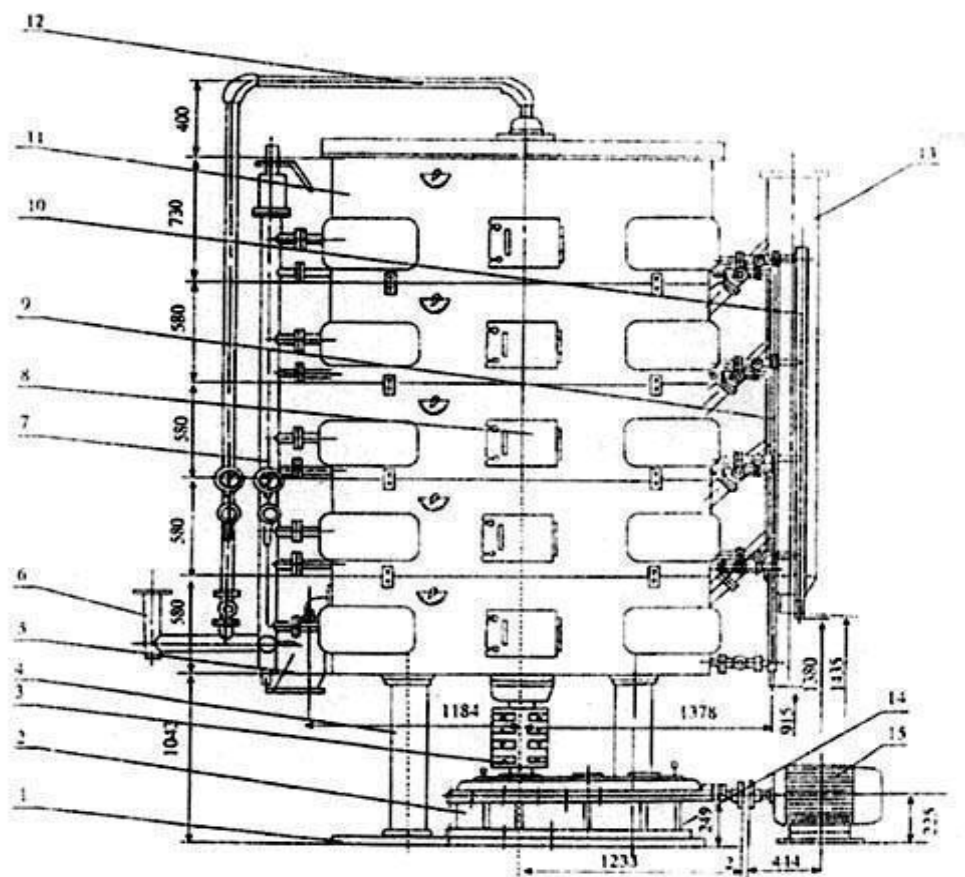


Рисунок 1.4 Чанная жаровня ZSL

Данный аппарат состоит из загрузочного устройства, собственно парового котла, паротрубной системы, водо - конденсационной трубной обвязки, экрана парового котла, выгрузного устройства, перепускных клапанов, трубной обвязки выпуска пара, смотрового отверстия, системы трансмиссии. Трансмиссия отличается компактной структурой, высоким КПД коробки передач, стабильной работой и низкой шумностью.

Внутренний диаметр жаровни в зависимости от модели и составляет 1500, 1800, 2100, 2400, 2500, 2800, 3000 или 3600 мм. Каждый чан жаровни оборудован скреперами для равномерного перемешивания мятки, приводимыми в движение от главного вала, соединенного с редуктором. Устройство впрыска острого пара находится под скреперами и вращается вместе с ним, что обеспечивает равномерное пароувлажнение мятки. Паровой котел оборудован устройством отвода избыточной влаги, образующейся в мятке при пароувлажнении. Каждый чан имеет свой перепускной клапан для контроля подачи мятки, внутренний датчик уровня подачи материала, внешний бегунок показа высоты слоя материала. Выгрузное устройство находится в днище нижнего чана.

Рабочими органами жаровни являются как боковые стенки каждого чана, так и их днище. Пар от бойлера подается на головку 6, от нее на парораспределительную трубу 7 и паровпускные трубы 12. Пар поступает одновре-

менно и в паровую рубашку и к днищу каждого чана для нагрева, а также через 12 прямой пар поступает непосредственно в жаровню для выравнивания влажности мятки. Промежуточный отвод пара от боковых стенок осуществляется через 10, а от днища - через 9. Окончательно пар отводится через паротвод 13.

### 1.5 Жаровня Е8 – МЖА

Жаровня Е8-МЖА (рисунок 1.5) разработана и изготавливается ПО «Роспродмаш». Входит в комплект выпускаемого мини маслозавода. Жаровня предназначена для влаготепловой обработки мятки семян подсолнечника [17].

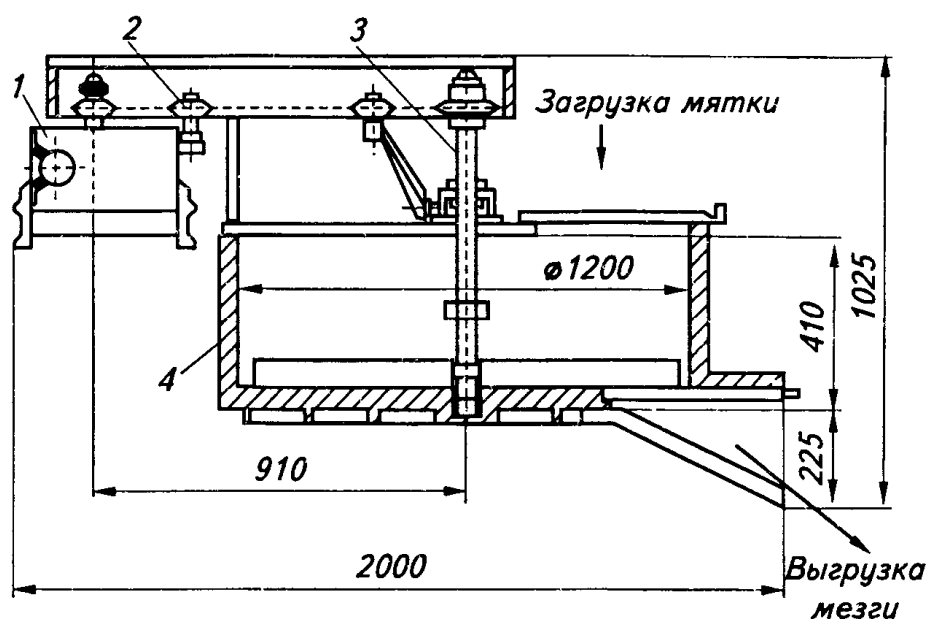


Рисунок 1.5 Жаровня Е8-МЖА

Конструкция жаровни состоит из привода, цепной передачи, вала-мешалки и чана. Чан закрыт двумя крышками, на одной из которых имеется отверстие для засыпки мятки. Жарение происходит за счет тепла, получаемого в процессе сжигания лузги в печи. Перемешивание мятки осуществляется валом-мешалкой и двумя рыхлителями. Вращение вала-мешалке передается от привода через цепную передачу. В днище чана имеется закрываемый заслонкой люк, через который выходит масляная масса. Как правило, в маслоцехе устанавливается четвертая жаровня, предназначенная для выравнивания температуры продукта, поступающего из трех предыдущих жаровен.

### 1.6 Пятичанна жаровня ФП

Пятичанные жаровни (рисунок 1.6) отличаются от шестичанных тем, что в них перепускные клапаны для мезги выполнены в виде заслонок, яв-

ляющихся вместе с тем и поплавками [3]. Внутренний диаметр чана 2000 мм, высота его 718 мм. Мешалки делают 35 об/мин.

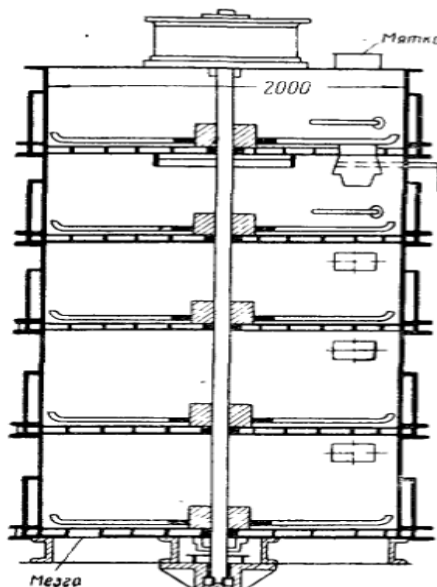


Рисунок 1.6 Пятичанная жаровня ФП

Поверхность нагрева всех рубашек обечаек  $13,10 \text{ ж}^2$ , а всех днищ—  $15,14 \text{ м}^2$ . Рабочее давление в рубашках 5 атм. ( $49 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ). Положительным в конструкции пятичанной жаровни является более высокий слой мезги в чанах, обеспечивающий лучшее само пропаривание ее, что особенно важно при переработке семян хлопчатника. Производительность жаровни 80 т в сутки подсолнечных семян при потребляемой мощности 24 кВт.

#### 1.7 Шестичанная жаровня ЕТП – 20

Шестичанная жаровня ЕТП – 20 применяется в комплекте с форпрессами и обогревается паром через рубашки днищ. Чаны диаметром 2,2 м и высотой 528 мм расположены друг над другом так, что выточки днища верхнего чана плотно входят в пазы нижнего. Это придает жаровне необходимую плотность и устойчивость. Рубашки рассчитаны на рабочее давление до 5 атм. ( $49,0 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ). Поверхность нагрева рубашек днищ  $22 \text{ м}^2$  [2].

На валу жаровни в каждом чане расположены мешалка, состоящие из двух ножей, закрепленных на валу. Вал, делающий 32 об/мин, приводится во вращение от электродвигателя 1 мощностью 28 кВт через редуктор. Вал редуктора и вал жаровни соединяются с помощью продольно-свертной муфты. Перепуск мезги из одного чана в другой производится с помощью клапанов, к которым прикрепляется щиток с рычагом, являющийся указателем уровня мезги в чане.

Так как жаровня предназначена для обслуживания двух форпрессов, то в нижнем чане предусматриваются два боковых выхода с шиберами. Выбрасываемая мешалкой из жаровни мезга направляется в приемные воронки форпрессов. Для очистки жаровни, отвода влажного воздуха и отбора проб в чанах имеются соответствующие лючки. Пар для обогрева чанов жаровни подводится через верхние патрубки, а конденсат выводится через нижние патрубки каждого чана. Производительность жаровни 100 т семян в сутки.

На рисунке 1.7 представлена шестичанная жаровня сварной конструкции, изготавливаемая заводом им. Э. Тельмана в ГДР в комплекте с новым форпрессом ЕТП-20. Эта жаровня имеет паровые рубашки в днищах и обечайках, охватывающих весь чан по высоте. Внутренний диаметр чанов 2200мм, внутренняя высота чана 488 мм, поверхность нагрева 40 м<sup>2</sup>. Установленная мощность электродвигателя 30 кВт. Производительность до 100 т мятки в сутки. Рабочее давление в рубашках 6 атм. ( $58,9 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$ ).

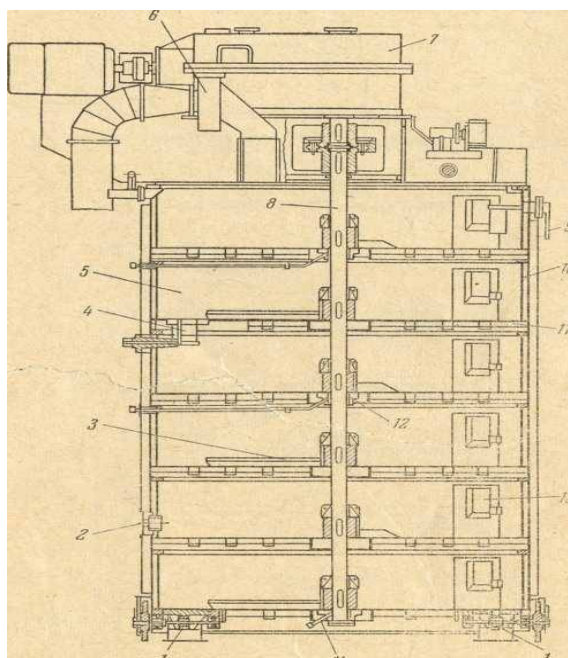


Рисунок 1.7 Жаровня ЕТП - 20

Жаровня имеет сегментные перепускные клапаны, вытяжную трубу с подключенным к ней вентилятором. Герметизация чанов позволяет отсасывать водяные пары без излишнего просасывания воздуха. Верхние и нижние чаны снабжены паровыми и водяными трубкам.

## 2 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Масложировая промышленность – отрасль пищевой промышленности, включающая производство растительных масел, гидрогенизацию и расщепление жиров, производство маргарина, майонеза, глицерина, хозяйственного мыла и моющих средств на жировой основе, олифы и некоторых других продуктов [13].

Для извлечения растительных масел применяют прессовый и экстракционный способы [27].

Прессовый способ используют для предварительного (форпрессование) и окончательного съема масла. Применяют шнековые прессы, которые можно разделить на 3 группы: прессы для предварительного съема масла (форпрессы), прессы для окончательного отжима (экспеллеры), прессы двойного назначения [1].

Мною была рассмотрена линия производства растительного масла одностадийным способом. Для этого способа характерна предварительная подготовка мятки перед отжимом в прессе. Подготовка мятки заключается в пропаривании ее острым паром с последующим подсушиванием, осуществляемой в жаровне.

В данной линии производства применяется маслоотжимной агрегат, состоящий из прессы ЕТП-20 и жаровни.

В ходе литературного обзора мною были выделены следующие недостатки рассматриваемой жаровни:

- недостаточное раскрытие клеточной структуры семян, связанная с низкой интенсивностью тепло-массообменных процессов, происходящих в жаровне и как следствие низкая степень извлечения масла при последующем прессовании;
- большой расход теплоносителя.

Для устранения перечисленных недостатков мною была предложена модернизация, заключающаяся в следующем.

Предлагается добавить дополнительную рубашку в днище каждого из чанов для подвода греющего пара, в прежней конструкции рубашка располагается только по обечайке. Также предлагается заменить систему подвода острого пара в первый чан жаровни, в котором осуществляется влаготермическая обработка. В рассматриваемой конструкции пар подводится с помощью коллектора, расположенного внутри чана и производящего подачу острого пара на поверхность обрабатываемой мятки. Заменяем данную конструкцию на конструкцию подачи пара в полые валы, на которые установлены ножи для перемешивания мятки, непосредственно в обрабатываемую массу.

Предложенные модернизации позволят интенсифицировать тепло-массообменный процесс. Что приводит к более полному раскрытию клеточной структуры семян и позволит извлекать 30,5 % масла из семян от общей перерабатываемой массы семечки подсолнечника в замен 30 % до модернизации.



### 3 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

#### 3.1 Характеристика сырья для производства растительного масла

Растительные масла - сложные смеси органических веществ - липидов, выполняемых из тканей растений (подсолнечника, хлопчатника, льна, клещевины, рапса, арахиса, оливок и др.) В России выпускают следующие виды растительных масел: рафинированное (дезодорированное и недезодорированное), гидратированное (высший, I и II сорт), нерафинированное (высший, I и II сорт). Согласно стандарту в готовом масле определяют органолептически следующие показатели: прозрачность, запах и вкус, цветное и кислотное число, влагу, наличие фосфоросодержащих веществ, йодное число и температуру вспышки экстракционного масла [2, 13].

Сырьем для производства растительных масел служат в основном семена масленичных культур, а также мякоть плодов некоторых растений. По содержанию масла семена подразделяют на три группы [2]:

- 1) высокомасличные (свыше 30%; подсолнечник, арахис, рапс),
- 2) среднемасличные (20...30 %; хлопчатник, лен),
- 3) низкомасличные (до 20 %; соя).

В России основной масличной культурой является подсолнечник. Плод подсолнечника - семянка, состоящая из кожуры (лузги) и белого семени (ядра), покрытого семенной оболочкой. На долю лузги приходится 22...56 % от общей массы семянки. Содержание масла в семенах подсолнечника превышает 50 % и в чистом ядре составляет 70 %.

В практике производства растительных масел существуют два принципиально различных способа извлечения масла [2]:

- 1) механический отжим масла прессованием,
- 2) растворение масла в легколетучих органических растворителях - экстракция.

Эти два способа производства растительных масел используются самостоятельно, либо в сочетании одного с другим [24].

В настоящее время для извлечения масла сначала используют способ прессования, при котором получают 3/4 всего масла, а затем - экстракционный способ с помощью которого извлекают остальное масло.

Прессуют масло на непрерывно действующих прессах шнекового типа (форпрессах и экспеллерах). При увеличении давления частицы мезги сближаются, масло отжимается, а прессуемый материал уплотняется в монолитную массу жмых (ракушку). При этом в жмыхе остается 5...8 % масла (от массы жмыха).

Процесс очистки масла от нежелательных групп липидов и примесей называют рафинацией. Механическая рафинация включает различные физические методы: отстаивание, фильтрацию и центрифугирование.

### 3.2 Машинно – аппаратурная схема производства растительного масла

Производство растительного масла состоит из следующих стадий [1,16]:

- 1) очистки и сушки семян;
- 2) отделения чистого ядра и его измельчения;
- 3) пропарки и жарения мезги;
- 4) извлечения масла (прессование);
- 5) очистки масла;
- 6) хранения.

Машинно-аппаратурная схема линии производства растительного масла из семян подсолнечника методом прессования представлена на рисунке 3.1.

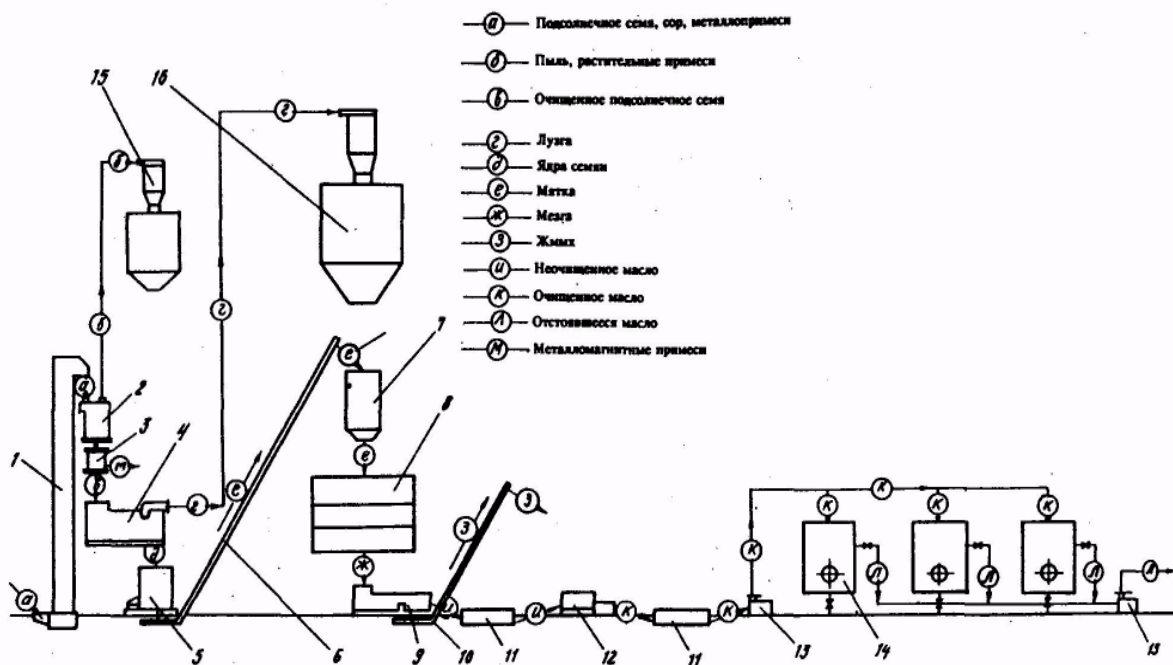


Рисунок 3.1 – Машинно – аппаратурная схема линии производства растительного масла из семян подсолнечника

1-элеватор; 2 – сепаратор; 3 – колонка магнитная; 4 – машина рушально – веечная; 5 – станок вальцовый; 6, 10 – конвейеры скребковые цепные; 7 – накопитель для мятки; 8 – жаровня; 9 – пресс шнековый; 11 – бак; 12 – фильтр – пресс; 13 насос; 14 – бак; 15 – бункер для лузги с циклоном; 16 – бункер для пыли.

Поступающие на обработку семена подсолнечника из силоса перемещаются элеватором 1 в сепаратор 2, а также в магнитную колонку 3, так как

семена подсолнечника могут содержать большое количество примесей. Примеси растительного происхождения и метало примеси, отделяемые на сепараторах, собирают в бункер 15 и используют в комбикормовом производстве.

Очищенные от примесей семена подают в рушально-веечную машину 4.

Дальнейшая переработка семян заключается в максимальном отделении оболочки от ядра.

Этот процесс предусматривает две самостоятельные операции:

- 1) шелушение (обрушивание) семян,
- 2) отделение оболочки от ядра (отвеиванием).

Рушанка, получаемая из семян после мельницы, представляет собой смесь, состоящую из частиц различных по массе, форме, парусности и размерам. В рушанке присутствуют целые ядра, их осколки, разнообразные по величине и форме частиц оболочки и, наконец, целые семена - недоруш. Поэтому для отделения оболочки от ядра в основном применяют аспирационные веялки - воздушно-ситовые сортирующие машины. Полученная пыль поступает в бункер 16 [1].

После машины 4 ядра семян подсолнечника измельчают на вальцовом станке 5. Процесс измельчения может осуществляться за один либо за два - предварительно и окончательно.

При измельчении происходит разрушение клеточной структуры ядер подсолнечника, что необходимо для создания оптимальных условий для наиболее полного и быстрого извлечения масла при дальнейшем прессовании. Продукт измельчения - мезга со станка 5 с помощью цепного скребкового конвейера 6 поступает в накопительную емкость для мятки 7. Далее продукт измельчения поступает в жаровню 8, в которой за счет влажностно-тепловой обработки достигается оптимальная пластичность продукта и создаются условия для облегчения отжима масла на прессах. При жарении влажность мезги понижается до 5...7 %, а температура повышается до 105...115 °С.

Из шнекового пресса 9, в который после жаровни подается мезга, выходят два продукта: 1) масло, содержащее значительное количество частиц ядра и потому очищаемое в фильтре-прессе 12 и 2) жмых, содержащий 6,0...6,5% масла, которое необходимо извлечь из него.

Поэтому в дальнейшем гранулы жмыха скребковым цепным конвейером 10 подается на дальнейшую экстракцию.

Неочищенное масло после прессования поступает в промежуточный бункер 11. После очистке в фильтре –прессе 12 очищенное масло переходит в бункер 11, откуда перекачивается насосом 13 в баки 17 для отстаивания. Отстоявшееся масло идет на дальнейшую реализацию [1].

### 3.3 Основное оборудование, входящее в линию производства растительного масла

#### 3.3.1 Виброцентробежный сепаратор А1-БЦС-100

Виброцентробежный сепаратор А1-БЦС-100 (рисунок 3.2) предназначен для очистки семян от разнообразных примесей (крупных, мелких, легких). Он состоит из двух половин, каждая из которых, включает в себя два унифицированных воздушно-ситовых блока, установленных на общей станине [1].

Блоки попарно соединены в верхней части отстойниками, входные лотки — сборниками фракций. Каждый блок имеет рычаги управления режимом пневматической очистки семян и изменения величины загрузки. Половины сепаратора соединены болтами.

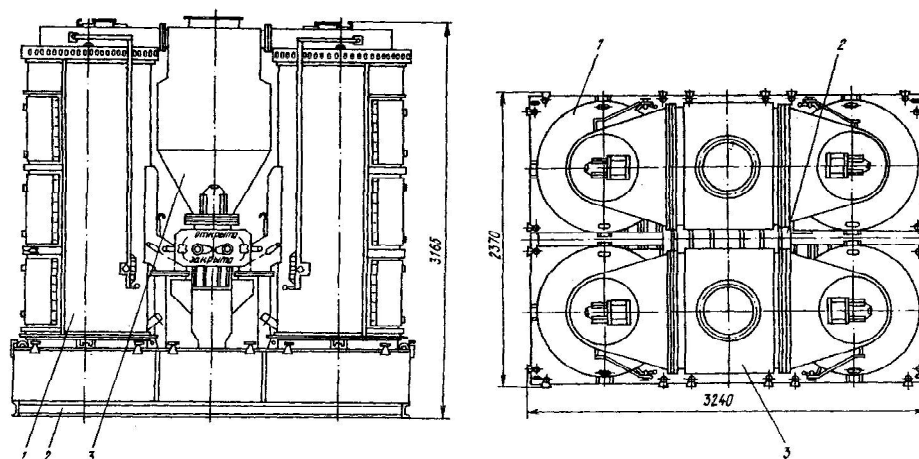


Рисунок 3.2 - Сепаратор А1-БЦС-100

1 – блок зерноочистительный, 2 – рама, 3 - отстойник

#### Техническая характеристика сепаратора А1-БЦС-100

Производительность по зерну, т/ч	100
Эффективность очистки, %	60-80
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	10000
Установленная мощность, кВт	9
Частота вращения сит, с <sup>-1</sup>	1,78
Амплитуда колебаний сит, мм	6
Диаметр решет (внутренний), мм	615
Площадь сит в одном блоке, м <sup>2</sup>	2,6
Габаритные размеры, мм	3240×2370×3165
Масса, кг	5000

### 3.3.2 Центробежная семенорушка А1-МЦП

В настоящее время разработана и создана центробежная семенорушка высокой производительности А1-МЦП (рисунок 3.3). Принцип работы рушки основан на методе однократного направленного удара семян о деку [1].

Рушка центробежная А1-МЦП представляет из себя агрегат, состоящий из следующих основных частей: ротора, деки, подшипниковой опоры, станины, кожуха, обечайки.

Сама рушка состоит из корпуса 1, смонтированного на станине 2, распределительного устройства 3, рабочих дисков 4 с радиальными направляющими каналами 5, футерованными вкладышами из износостойкой керамики, кольцевой деки 6. Диски в сборе представляют собой ротор, который крепится на вертикальном валу 13. Вал с ротором вращается в подшипниках 12. Два патрубка корпуса 1 при монтаже соединяются с двумя циклонами 8, имеющими внутри цилиндрическое сито 9, отводящие точки масляной пыли 11 и рушанки 16.

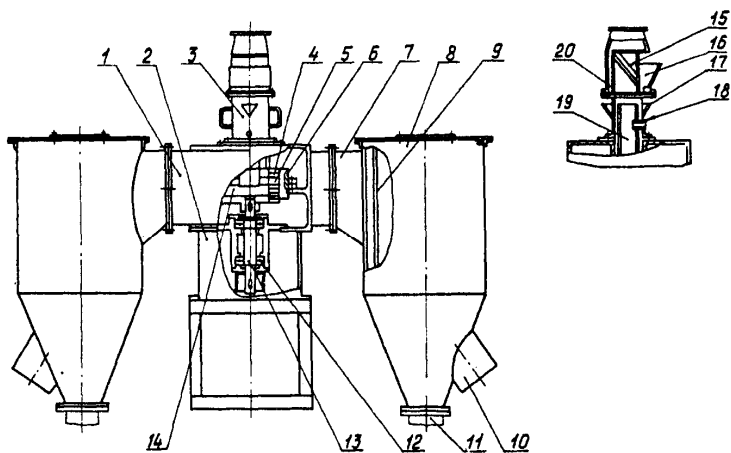


Рисунок 3.3 - Центробежная семенорушка А1-МЦП

Распределительное устройство 3 включает в себя цилиндрическую камеру с расположенной в ней предохранительной решеткой 15, цилиндрический патрубок 19, к внешней поверхности которого прикреплена кольцевая перегородка 14, отделяющая верхнюю рабочую зону ротора от нижней. Цилиндрический патрубок снабжен трубками 18 для всасывания воздуха в нижнюю рабочую зону. В верхней части цилиндрической камеры 20 имеются отверстия для всасывания воздуха в верхнюю рабочую зону, прикрытые карманами 17.

Для извлечения крупных примесей, задержанных решеткой 15 камеры 20, против нее выполнено отверстие, которое сбоку прикрывается шарнирно-прикрепленным карманом 16.

Рушка работает следующим образом [28].

Семена подсолнечника непрерывным потоком поступают на предохранительную наклонную решетку, где равномерно распределяются тонким слоем по всей ее площади, быстро просыпаются через нее, чему способствует дополнительно всасываемый воздух, поступающий через отверстие цилиндрической камеры, расположенной против предохранительной решетки.

Крупные однородные примеси, задержанные решеткой, скатываются вниз, собираясь в кармане 16.

Затем семена движутся в направлении каналов 5 рабочих дисков 4 верхней и нижней рабочих зон вместе с всасываемым воздухом через патрубки 18 и отверстия, прикрытые карманами 17.

Из радиальных каналов 5, футерованных вкладышами из износостойкой керамики, семена подсолнечника выбрасываются на кольцевую деку 6. При этом происходит обрушивание их за счет однократного направленного удара вдоль большой оси семени. Рушанка по тангенциальным патрубкам 7 из корпуса 1 поступает в цилиндрическое сито 9, расположенное внутри циклона 8. При движении рушанки нисходящей спиралью по цилиндрическому сити 9 происходит отделение из нее части маслянистой пыли. Затем она, просеиваясь через сито, поступает в кольцевое пространство между ним и циклоном 8, откуда отводится по течке 11 в линию ядра. По течке 10 рушанка поступает на аспирационную вейку [28].

Ниже приведена техническая характеристика рушки А1-МЦП.

#### Техническая характеристика рушки А1-МЦП

Производительность техническая (по семенам подсолнечника), т/сут.	200
Номинальная установленная мощность, кВт	15
Частота вращения ротора, с <sup>-1</sup>	38,3; 40,0; 41,6; 43,3
Диаметр диска ротора, мм	380
Число параллельно работающих дисков	4
Число радиальных каналов в диске	15
Масса рушки, кг	550
Габаритные размеры, мм	1430×850×1310

#### 3.3.3 Вальцовый станок Б6-МВА

В настоящее время вместо пятивалкового станка ВС-5 выпускают вальцовый станок Б6-МВА, конструкция которого (рисунок 3.4) содержит следующие основные составные части [1]:

- станина, состоящая из плиты основания 8 и колонн 9 и 10, предназначенная для установки основных узлов станка;

- питатель 12, который предназначен для подачи и равномерного распределения по всей длине первого межвалкового прохода поступающего на измельчение ядра масличных семян;

- механизмы рабочих органов, предназначенные для измельчения ядра масличных семян и состоящие из четырех расположенных один под другим валков 2 диаметром 400 мм и рабочей длиной 1250 мм с подшипниками, направляющих листов 3, скребков 4, механизма регулирования межвалкового зазора 5, пружинного устройства 11;

- привод, состоящий из двух электродвигателей 1 (левого и правого), натяжное устройство 6 и поликлиновые ремни 7.

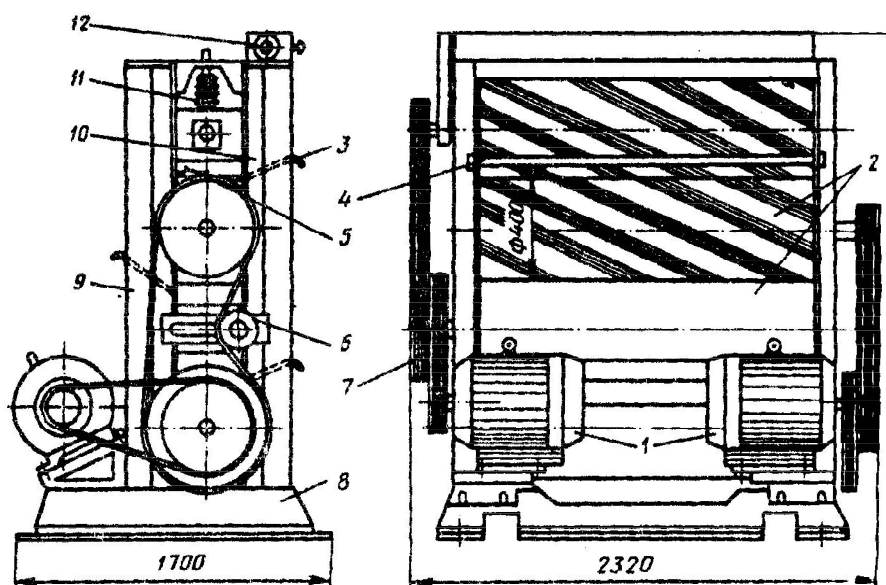


Рисунок 3.4 - Вальцовый станок Б6-МВА

Передачи и вращающиеся валки закрывают ограждениями, что является элементом техники безопасности работы на станке.

Вальцовый станок работает следующим образом. Масличный материал, подаваемый на измельчение валковым питателем диаметром 120 и длиной 1230 мм, вращающимся с частотой 68,7 об/мин, распределяется на направляющий лист первого межвалкового прохода.

Первая (верхняя) пара валков выполнена рифленой и имеет дифференциал частот вращения валков (1-й верхний валок 229 об/мин, 2-й валок — 239 об/мин), что позволяет эффективно проводить предварительное измельчение исходного масличного материала.

Дальнейшее измельчение производят при прохождении материалом последовательно межвалковых зазоров второго и третьего проходов. Нижние два валка гладкие, вращаются с одинаковой частотой (244 об/мин). Величину рабочих межвалковых зазоров можно регулировать при помощи клинового

механизма, расположенного между корпусами подшипников валков. Принята последовательно уменьшающаяся величина межвалкового зазора по ходу движения материала и станке.

Налипающий на валки продукт счищают специальными скребками. Измельченный продукт (мятку) после последнего (третьего) прохода с помощью двух направляющих щитков выводят из станка. Особенности эксплуатации станка заключаются в следующем. Для управления станком имеется специальный пульт. При пуске станка последовательно включают питание пульта управления, затем включают электродвигатели станка, и после этого включают подачу семян, отрегулировав с помощью питателя поступление их из бункера равномерным потоком по всей длине валка. Остановку станка производят в обратном порядке.

Обязательным при работе станка является Наличие крепления ограждений, находящихся в исправном техническом состоянии.

#### Техническая характеристика вальцового станка Б6-МВА

Производительность по семенам подсолнечника, т/сут.	100
Проход мятки через сито 0,1 мм, %, не менее	60
Мощность электродвигателя 2x15, кВт	30
Масса машины, кг	7080
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	4,1
Габаритные размеры, мм	2322×1700× 2395

#### 3.3.4 Маслопресс ЕТП-20

Маслопресс ЕТП-20 (рисунок 3.5) изготавливается фирмой СКЕТ (ФРГ). Этот маслопресс является шнековым прессом и способен работать как в режиме форпрессования, так и в режиме окончательного прессования. Это обеспечивается изменением геометрии шнекового вала путем смены комплекта шнековых витков (при этом изменяют зазоры между зерными пластинками), а также изменением частоты вращения шнекового вала от 25—32 до 5—9 об/мин. путем замены шестерен редуктора [27].

Маслопресс состоит из станины 3, выполненной литой из чугуна, на которой смонтированы все главные узлы. На станине установлен зееер 1. В поперечном сечении каждая ступень зееерного барабана состоит из стяжных скоб (из толстой листовой стали), имеющих осевой разъем, зееерных планок, набранных цилиндрической поверхностью и опирающихся на кромку центрального отверстия стяжных скоб. Внутри зееера установлен шнековый вал. Для регулирования размера выходной ели имеется регулировочный конус 2. Привод шнекового вала 4 состоит из двигателя мощностью 55 кВт, ременной



передачи и набора шестерен. Для подачи мезги в прессе имеется шнековый питатель с самостоятельным приводом 5 [20].

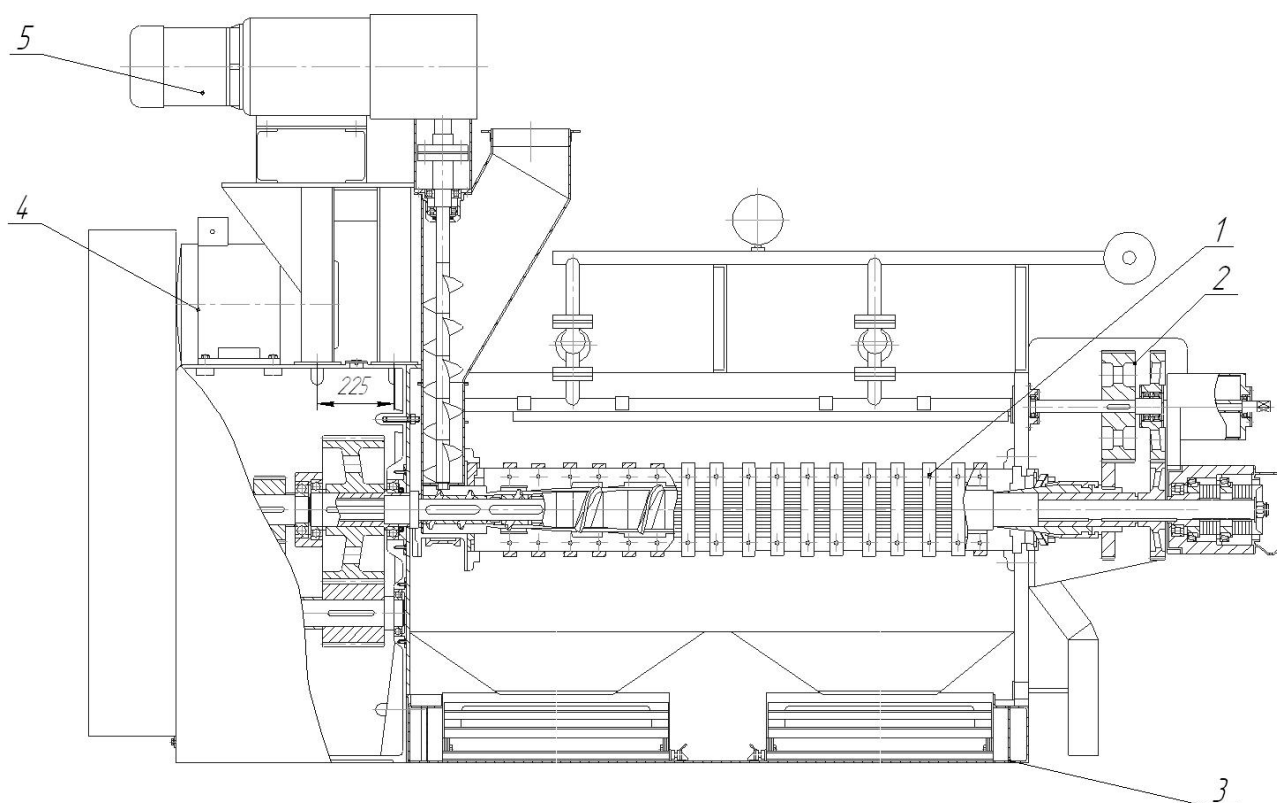


Рисунок 3.5 Маслопресс ЕТП-20

1 – зер, 2 – регулировочный конус, 3 – станина, 4 – привод, 5 – привод питателя

Особенностью пресса ЕТП-20 является удлиненный зер. Шнековый вал можно подогреть и охладить путем подачи соответствующего агента (пара или воды) в имеющийся в нем канал. Ширина выходной щели пресса регулируется конусом, который перемещается от механической передачи, связанной со шнековым валом. Для подачи мезги в прессе имеется шнековый питатель с самостоятельным приводом [27].

#### 3.4 Анализ линии производства с точки зрения технологического потока

Классификация операций по морфологическим признакам приведена в таблице 3.1. Схема строения технологического потока приведена на рисунке 3.6. Схема формы технологического потока изображена на рисунке 3.7. Операторная модель приведена на рисунке 3.8 [18].

Таблица 3.1 – Классификация операций по морфологическим признакам

Позиция	Классы операций			
	I	II	III	IV
2. Сепаратор		+		
3. Колонка магнитная		+		
4. Машина рушально – веечная		+		
5. Станок вальцовый		+		
8. Жаровня	+			
9. Пресс шнековый		+		
12. Фильтр - пресс	+			

Как видно из таблицы 3.1, технологический поток относится к I классу.

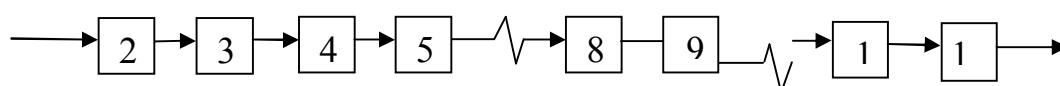


Рисунок 3.6 Схема строения технологического потока

Как видно из рисунка 3.2, технологический поток имеет строения с полужесткой связью.

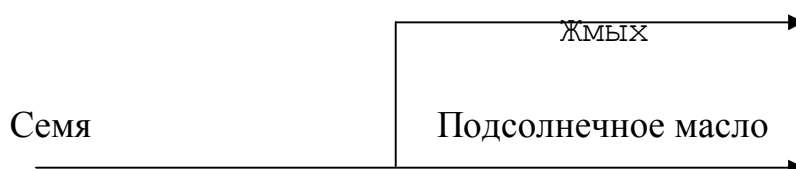


Рисунок 3.7 Схема формы технологического потока

Как видно из рисунка 3.3, технологический поток имеет разветвленную расходящуюся форму [18].

Для операторной модели (рисунок 3.8) приведены следующие обозначения:

А – подсистема образования промежуточного продукта, имеющая операторы: I – отделение лузги, II – сепарирование и отчистка;

В – подсистема образования промежуточного продукта (мезги) , имеющая операторы: I – влажностно - тепловой обработки, II – измельчения;

С – подсистема образования готового продукта с заданными показателями качества, имеющая операторы: I – хранение, II – отстаивание, III – выжим масла.

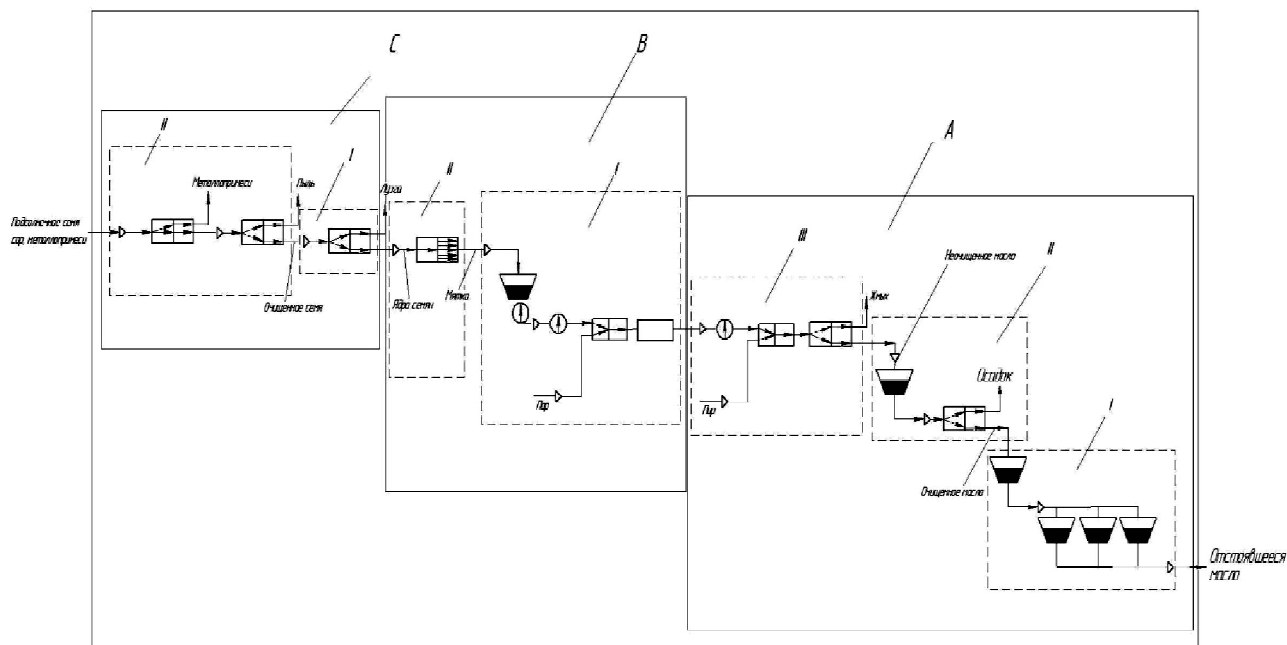


Рисунок 3.8 Операторная модель

## 4 РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЧАСТИ

### 4.1 Описание единицы оборудования

Повсеместно распространенным аппаратом для проведения операции влаготепловой обработки мятки, и особенно второго этапа жарения (сушки), является чанная жаровня [1].

Хотя в настоящее время для оснащения высокопроизводительных шнековых прессов стали применяться чанные жаровни с большим диаметром чана и большим числом чанов (до семи), в конструкции чанных жаровен нет принципиальных изменений, поэтому рассмотрим конструкцию наиболее распространенной шестичанной жаровни.

Общий вид шестичанной жаровни пресса ЕТП-20 представлен на рисунке 4.1. Жаровня состоит из шести чанов 1, установленных друг над другом с отставание в горизонтальной плоскости  $20^\circ$ . Мешалки 2, представляющей собой вал с закрепленными на ней лопастями для перемешивания мезги внутри чана. Сверху последний чан закрыт крышкой 3, на которой установлен привод мешалки на раме 4. Вся конструкция опирается на опору 5.

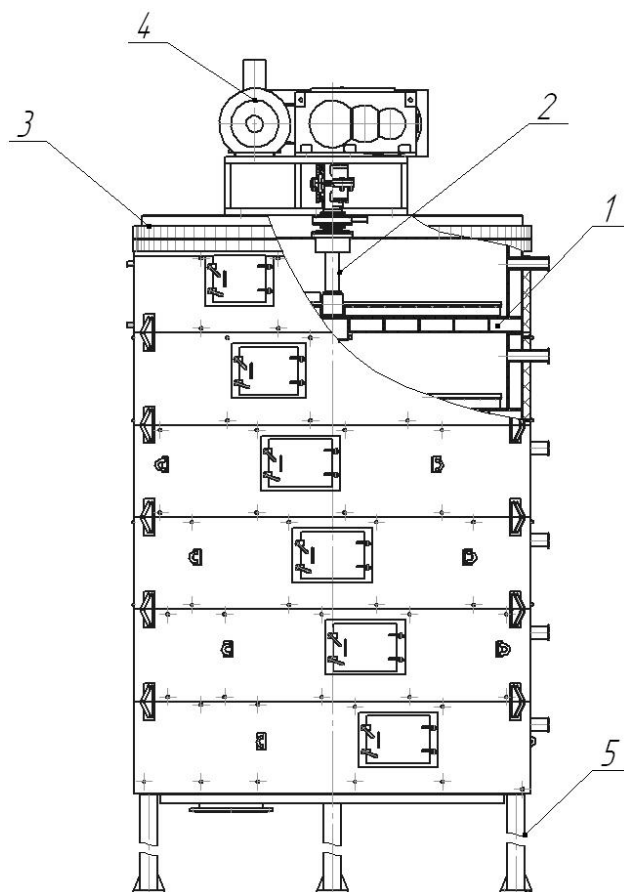


Рисунок 4.1 Шестичанная жаровня

Основным элементом жаровни являются чаны, в которых можно организовать проведение обоих этапов процесса жарения. Учитывая разновременность протекания во времени этапов жарений, обычно выделяют для этапа увлажнения один верхний чан, а для этапа сушки - все остальные чаны.

Основными частями чана являются днище и обечайка. Кондуктивный теплоподвод к обрабатываемому в чане материалу через стенки чана производится от конденсирующегося в рубашке водяного пара.

Для перепуска материала из чана в днищах предусмотрены перепускные отверстия размером 650 x 200 мм. Автоматический перепуск с поддержанием заданного уровня материала в чанах обеспечивается перепускными клапанами Линка.

При кондуктивном теплоподводе наибольшую температуру приобретают слои материала, примыкающие к греющей поверхности. Если не осуществлять отвод прогретого материала, то интенсивность теплопередачи уменьшится, так как снизится движущая сила процесса (разность температур), и появится опасность пригорания материала к поверхности нагрева.

Для устранения указанных отрицательных явлений по геометрической оси чанов проходит вал, к которому в каждом чане крепятся двухлопастные мешалки, называемые ножами. Нижняя плоскость ножей проходит практически вплотную к днищу, поверхность которого, в связи с этим, протачивается на станке. Рабочая передняя плоскость ножей, которая при вращении мешалки непосредственно оказывает давление на слой обрабатываемого материала, наклонена к горизонтальной плоскости под углом от 45°. В месте закрепления ножей на валу для предохранения их от проворачивания имеется шпонка.

Для отвода паров, образующихся при сушке мезги в чанах жаровни, имеется аспирационная система, которая представляет собой трубу-стояк, соединенную индивидуально с каждым чаном. Тягав аспирационной системе естественная.

Рассмотренная нами конструкция жаровни имеет существенный недостаток - недостаточное раскрытие клеточной структуры семян, связанная с низкой интенсивностью тепло-массообменных процессов, происходящих в жаровне и как следствие низкая степень извлечения масла при последующем прессовании;

Для устранения этого недостатка мною была предложена модернизация, заключающаяся в следующем.

Предлагается добавить дополнительную рубашку в днище каждого из чанов для подвода греющего пара, в прежней конструкции рубашка располагается только по обечайке. Также предлагается заменить систему подвода острого пара в первый чан жаровни, в котором осуществляется влаготермическая обработка. В рассматриваемой конструкции пар подводится с помощью коллектора, расположенного внутри чана и производящего подачу острого пара на поверхность обрабатываемой мятки. Заменяем данную конст-

рукцию на конструкцию подачи пара в полые валы, на которые установлены ножи для перемешивания мятки, непосредственно в обрабатываемую массу.

Предложенные модернизации позволят интенсифицировать тепло-массообменный процесс. Что приводит к более полному раскрытию клеточной структуры семян и позволит извлекать 30,5 % масла из семян от общей перерабатываемой массы семечки подсолнечника в замен 30 % до модернизации.

#### 4.2 Определение конструктивных параметров жаровни

Для определения геометрических параметров чана жаровни необходимо знать время жарения мятки. Как указывалось ранее, процесс жарения в чанной жаровне протекает в два периода: увлажнение и сушка мятки. Увлажнение занимает 15-20% всего времени жарения, сушка – 85-80%. Для определения времени сушки мятки можно воспользоваться формулой [2]

$$\tau_{\text{суш}} = \frac{2,3 \cdot (\lg \omega_{\text{Н}} - \lg \omega_{\text{К}})}{K}, \text{ мин.}, \quad (4.1)$$

где  $\omega_{\text{Н}}$  – начальная влажность мятки, %,  
 $\omega_{\text{К}}$  – конечная влажность мезги, %,   
 $K$  – постоянный коэффициент,  $\text{мин}^{-1}$

Для определения коэффициента  $K$  воспользуемся номограммой, представленной на рисунке 4.2. Для определения коэффициента сушки на шкале 1 выбирается высота слоя мятки в чане (высоту слоя мятки принимаем 300 мм). Из этой точки проводят прямую на шкалу 3 через шкалу 2 (принятая температура греющей поверхности или пара). На шкале 3 читаем величину коэффициента сушки при  $n=32$  об/мин мешалки. Если запроектированная частота вращения мешалки иная (для принятой нами жаровни 30 об/мин), то из полученной точки на шкале 3 проводят горизонтальную прямую до шкалы 5 и отмечают полученную точку (б).

Затем отрезок на дополнительной шкале 6, соответствующий разности между 32 об/мин и принятой частотой вращения мешалки, переносят в полученную точку б на шкале 5, откладывая его вверх или вниз по шкале от точки б. Если частота вращения мешалки принята менее 32 об/мин, то отрезок откладывают вверх от точки, при большей частоте - вниз.

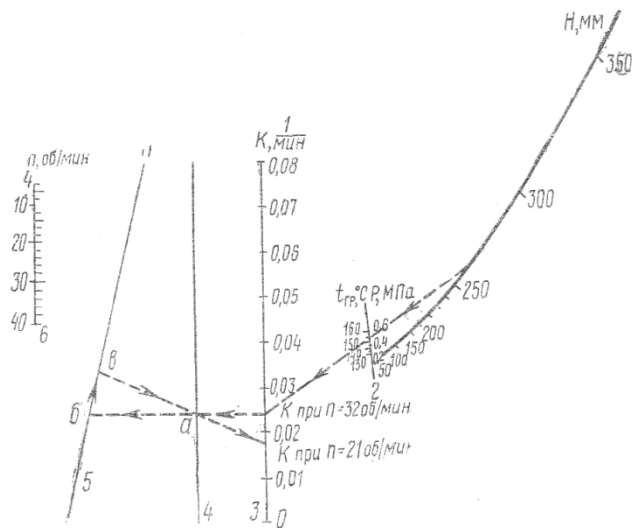


Рисунок 4.2 Номограмма для определения коэффициента сушки при жарении

Из вновь полученной точки в проводят прямую так, чтобы она проходила через точку, а на вспомогательной шкале 4; пересечение проводимой прямой со шкалой 3 даст значение коэффициента сушки при принятой частоте вращения мешалки. По методике определяем коэффициент  $K = 0,0074 \text{ мин}^{-1}$

$$\tau = \frac{2,3 \cdot (\lg 12,5 - \lg 6,5)}{0,0074} = 88,3$$

Зная время сушки определяем общее время жарения в жаровне по формуле

$$\begin{aligned} \tau &= 1,2 \cdot \tau_{\text{суш}}, \text{ мин} \\ \tau &= 1,15 \cdot 883 = 100, \end{aligned} \quad (4.2)$$

Далее задаемся производительностью чанной жаровни (80 т/сут.) и количеством чанов (6 шт.). Определяем количество мятки в одном чане по формуле

$$Q = \frac{\Pi}{\tau \cdot y}, \text{ кг} \quad (4.3)$$

где  $\Pi$  – производительность, кг/ч (работает жаровня 7 часов в сутки),  
 $y$  – количество чанов, шт.

$$Q = \frac{11430}{1,66 \cdot 6} = 1148$$

Объем мятки, находящейся в чане определяем по формуле

$$V = \frac{Q}{\rho}, \text{ м}^3 \quad (4.4)$$

где  $\rho$  – плотность мятки, кг/м<sup>3</sup>

$$V = \frac{1148}{1100} = 1,04$$

Определяем диаметр чана жаровни по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot l}}, \text{ м}^3 \quad (4.5)$$

где  $l$  – высота слоя мятки в чане, м

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,04}{3,14 \cdot 0,3}} = 2,11$$

Принимаем диаметр чана жаровни равным 2,2 м.

#### 4.3 Определение мощности привода мешалки

Мощность привода мешалки может быть определена по приближенному эмпирическому уравнению [1,2]

$$N = z \cdot \rho^V \cdot (0,523 \cdot \sqrt{n} - 1) \cdot n \cdot L^{3,1} \cdot H^{2,25} \cdot b \cdot \sin \alpha \cdot (0,11 - 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot \tau) \cdot \vartheta, \text{ кВт} \quad (4.6)$$

где  $z$  – количество чанов, шт.,

$\rho^V$  – объемная масса мезги, кг/м<sup>3</sup>,

$n$  – частота вращения ножей, об/мин

$L$  – длина ножей, м,

$H$  – высота слоя мятки над ножом, м,

$b$  – высота ножа, м,

$\alpha$  – угол наклона ножа к горизонту, град.,

$\vartheta$  – коэффициент формы лопасти



$$N = 6 \cdot 2550 \cdot (0,523 \cdot \sqrt{30} - 1) \cdot 30 \cdot 1^{3,1} \cdot 0,21^{2,25} \cdot 0,09 \cdot \sin 45 \\ \cdot (0,11 - 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 6000) \cdot 1 = 24,8$$

#### 4.4 Определение поверхности нагрева чанов жаровни

Для определения поверхности нагрева жаровни необходимо составить тепловой баланс жаровни. Составим тепловой баланс чанов, где происходит сушка мятки, за исключением первого, в котором происходит увлажнение мятки. Приведем схему теплового баланса жаровни [2, 11, 16].

Приход тепла:

- 1) с сухим жирным веществом мятки;
- 2) с влагой в мятке;
- 3) с воздухом;
- 4) с глухим паром.

Проведем расчет статей прихода тепла. Количество тепла, поступающего с мяткой, в виде сухого жирного вещества мятки определяется по формуле

$$Q_1 = G_{с.в.} \cdot C_{с.в.} \cdot t_1, \text{Дж} \quad (4.7)$$

где  $G_{с.в.}$  – масса сухого жирного вещества, кг,

$C_{с.в.}$  - теплоемкость сухого жирного вещества, Дж/кг·°С,

$t_1$  – начальная температура мятки

Масса сухого жирного вещества  $G_{с.в.}$ , кг может быть определена по формуле

$$G_{с.в.} = П - G_{в.}, \text{кг}, \quad (4.8)$$

где  $П$  – часовая производительность, кг,

$G_{в.}$  – масса влаги, кг,

Масса влаги  $G_{в.}$ , кг определяется по формуле

$$G_{в.} = П \cdot \omega'_H, \text{кг} \quad (4.9)$$

где  $\omega'_H$  - влажность мятки, поступившей из первого чана на сушку, %,

$$G_{в.} = 11430 \cdot 0,2 = 2286, \\ G_{с.в.} = 11430 - 2286 = 9144 \\ Q_1 = 9144 \cdot 1765 \cdot 50 = 80,7 \cdot 10^7$$

Количество тепла, поступающего с влагой в мятку, определяется по формуле

$$Q_2 = G_{\text{в.}} \cdot C_{\text{в.}} \cdot t_1, \text{ Дж} \quad (4.10)$$

где  $C_{\text{с.в.}}$  - теплоемкость воды, Дж/кг·°С,

$$Q_2 = 2286 \cdot 4200 \cdot 50 = 48 \cdot 10^7$$

Количество тепла, поступающего с воздухом, определяется по формуле

$$Q_3 = L \cdot C_{\text{воз.}} \cdot t_1, \text{ Дж} \quad (4.11)$$

где  $L$  – количество воздуха, необходимого для уноса испарившейся влаги, кг,

$C_{\text{воз.}}$  - теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С,

Количество воздуха, необходимого для уноса испарившейся влаги  $L$ , кг определяется по формуле

$$L = \frac{p_{\text{в.}} \cdot R_{\text{п.}} \cdot W}{p_{\text{п.}} \cdot R_{\text{в.}}}, \text{ кг} \quad (4.12)$$

где  $p_{\text{в.}}$  – парциальное давление воздуха, атм.,

$R_{\text{п.}}$  – газовая постоянная для водяного пара,

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

$p_{\text{п.}}$  - парциальное давление водяного пара, атм.,

$R_{\text{в.}}$  - газовая постоянная для воздуха

Количество испаряемой влаги  $W$ , кг/ч определяется по формуле

$$W = \Pi \cdot \frac{\omega'_{\text{н.}} - \omega_{\text{к.}}}{100 - \omega_{\text{к.}}}, \text{ кг} \quad (4.13)$$

$$W = 11430 \cdot \frac{20 - 6,5}{100 - 6,5} = 1650$$

$$L = \frac{0,75 \cdot 47,1 \cdot 1650}{0,25 \cdot 29,27} = 7966,9$$

$$Q_3 = 7966,9 \cdot 1008 \cdot 50 = 40,15 \cdot 10^7$$

Количество тепла, поступающего с глухим паром, определяется по формуле

$$Q_4 = i_{\text{п.}} \cdot P, \text{ Дж} \quad (4.14)$$

где  $i_{\Pi}$  – энтальпия, вводимого пара, Дж/кг,  
 $P$  – расход пара, кг,

$$Q_4 = 27,5 \cdot 10^5 \cdot P$$

Расход тепла:

- 1) с сухим жирным веществом мезги;
- 2) с влагой в мезге;
- 3) уносимое отходящим воздухом;
- 4) уходящее с конденсатом глухого пара;
- 5) уносимое испаряющейся влагой;
- 6) теплопотери.

Проведем расчет статей расхода тепла. Количество тепла, уносимое с мяткой, в виде сухого жирного вещества мятки определяется по формуле

$$Q_5 = G_{\text{с.в.}} \cdot C_{\text{с.в.}} \cdot t_2, \text{ Дж} \quad (4.15)$$

где  $t_2$  – конечная температура мятки

$$Q_5 = 9144 \cdot 1765 \cdot 105 = 129,1 \cdot 10^7$$

Количество тепла, уносимое с влагой в мятке, определяется по формуле

$$Q_6 = G_{\text{в.}}' \cdot C_{\text{в.}} \cdot t_2, \text{ Дж} \quad (4.16)$$

где  $G_{\text{в.}}'$  – количество влаги, кг

Количество влаги  $G_{\text{в.}}'$ , кг определяется по формуле

$$\begin{aligned} G_{\text{в.}}' &= G_{\text{в.}} - W, \text{ кг}, \\ G_{\text{в.}}' &= 2286 - 1650 = 636, \\ Q_6 &= 636 \cdot 4200 \cdot 105 = 28 \cdot 10^7 \end{aligned} \quad (4.17)$$

Количество тепла, уносимое отходящим воздухом, определяется по формуле

$$Q_7 = L \cdot C_{\text{воз.}} \cdot t_{\text{ср.}}, \text{ Дж} \quad (4.18)$$

где  $t_{\text{ср.}}$  – средняя температура, град.

$$Q_7 = 7966,9 \cdot 1008 \cdot 77,5 = 62,2 \cdot 10^7$$

Количество тепла, уходящее с конденсатом глухого пара, определяется по формуле

$$Q_8 = q_K \cdot P, \text{ Дж} \quad (4.19)$$

где  $q_K$  – теплосодержание конденсата, Дж

$$Q_8 = 6,3 \cdot 10^5 \cdot P$$

Количество тепла, уносимое испаряющейся влагой, определяется по формуле

$$\begin{aligned} Q_9 &= i_{\text{п}} \cdot W, \text{ Дж} \\ Q_9 &= 27,5 \cdot 10^5 \cdot 1650 = 45,4 \cdot 10^7 \end{aligned} \quad (4.20)$$

Количество теплотерь определяется по формуле

$$\begin{aligned} Q_{10} &= 0,02 \cdot Q_4, \text{ Дж} \\ Q_{10} &= 0,02 \cdot 27,5 \cdot 10^5 = 5,5 \cdot 10^4 \cdot P \end{aligned} \quad (4.21)$$

Приравняв, обе статьи баланса получим уравнение

$$168,85 \cdot 10^7 + 27,5 \cdot 10^5 \cdot P = 219,3 \cdot 10^7 + 6,85 \cdot 10^5 \cdot P$$

Решая уравнение относительно  $P$ , найдем расход глухого пара

$$P = \frac{219,3 \cdot 10^7 - 168,85 \cdot 10^7}{34,35 \cdot 10^5} = 491 \text{ кг/ч}$$

Общая поверхность нагрева жаровни находится по формуле

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}}, \text{ м}^2 \quad (4.22)$$

где  $Q$  - количество тепла, передаваемого через стенку, Дж,  
 $K$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  
 $\Delta t_{\text{ср}}$  – средняя разность температур

Количество тепла, передаваемого через стенку  $Q$ , Дж определяем по формуле

$$Q = (i_{\text{п}} \cdot P - (Q_8 + Q_{10}))/3600, \text{ Вт} \quad (4.23)$$

$$Q = (27,5 \cdot 10^5 \cdot 491 - (3093 \cdot 10^5 + 2700,5 \cdot 10^5))/3600 \quad (4.23)$$

$$= 7709 \cdot 10^5$$

Коэффициент теплопередачи  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), определяем по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}} \quad (4.24)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$ ,

$\alpha_2$  – коэффициент теплоотдачи от стенки к мезге,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$ ,

$\delta$  – толщина стенки, 001 м,

$\lambda$  – теплопроводность материала стенки, Вт/(м·°С),

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1,6 \cdot 10^4} + \frac{0,01}{46,4} + \frac{1}{2,09 \cdot 10^2}} = 1,97 \cdot 10^2$$

Средняя разность температур  $\Delta t_{\text{ср}}$  находится по формуле

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{Н}} - \Delta t_{\text{К}}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\text{Н}}}{\Delta t_{\text{К}}}}, \text{°С}, \quad (4.25)$$

$$\Delta t_{\text{Н}} = t_{\text{П}} - t_1, \text{°С}, \quad (4.26)$$

$$\Delta t_{\text{К}} = t_{\text{П}} - t_2, \text{°С}, \quad (4.27)$$

где  $t_{\text{П}}$  – температура насыщения пара при давлении 0,6 МПа

$$\Delta t_{\text{Н}} = 158 - 50 = 108,$$

$$\Delta t_{\text{К}} = 158 - 105 = 53$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{108 - 53}{2,3 \cdot \lg \frac{108}{53}} = 77,4$$

$$F = \frac{2,14 \cdot 10^5}{1,97 \cdot 10^2 \cdot 77,4} = 14,5$$

Полученная поверхность нагрева жаровни относится к пяти чанам сушки. Общая же поверхность нагрева жаровни будет равна 17,4 м<sup>2</sup>.

#### 4.5 Кинематический расчет привода вала мешалки

Кинематическая схема привода вала мешалки представлена на рисунке 4.3. Привод осуществляется от электродвигателя, клиноременной передачи и двухступенчатого цилиндрическо-конического редуктора [1].

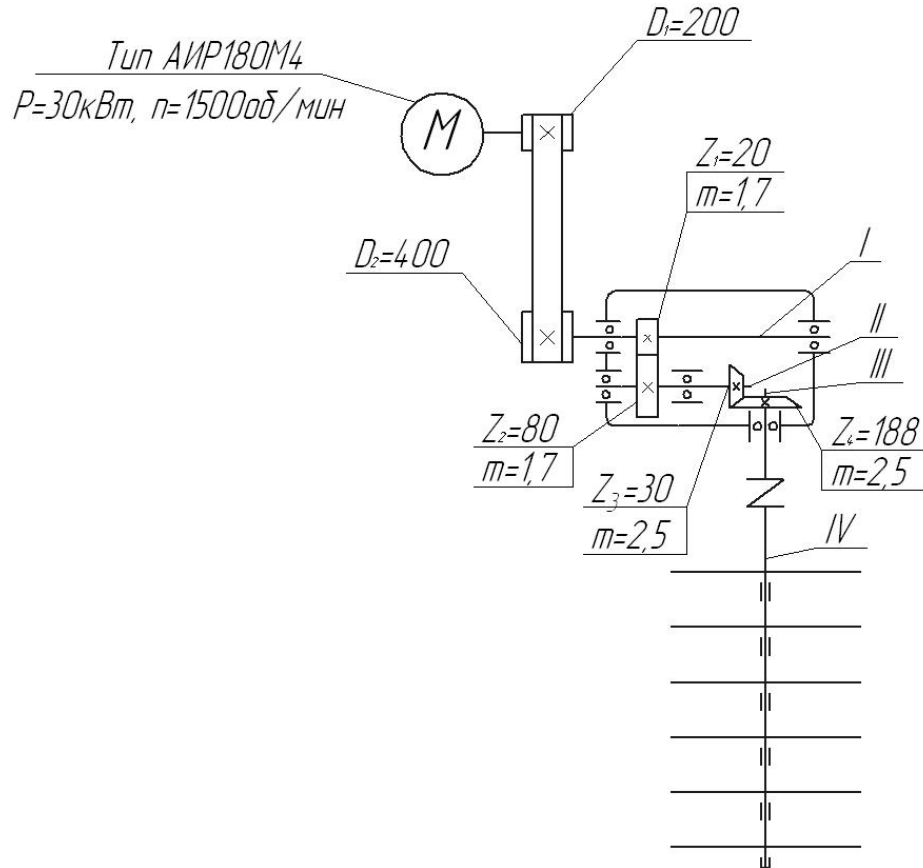


Рисунок 4.3 Кинематическая схема привода вала мешалки

Общее КПД привода определяется по формуле [5]

$$\eta_{\text{прив.}} = \eta_{\text{рем.}} \cdot \eta_{\text{цил.}} \cdot \eta_{\text{кон.}} \cdot \eta_{\text{муф.}} \cdot \eta_{\text{под.}}^3 \quad (4.28)$$

где  $\eta_{\text{рем.}}$  – КПД ременного вариатора скорости,  
 $\eta_{\text{цил.}}$  – КПД зубчатой цилиндрической передачи,  
 $\eta_{\text{кон.}}$  – КПД зубчатой конической передачи,  
 $\eta_{\text{муф.}}$  – КПД муфты,  
 $\eta_{\text{под.}}$  – КПД подшипника

$$\eta_{\text{прив.}} = 0,96 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,99^4 = 0,86$$

Зная мощность, необходимую для проведения процесса и общее КПД привода можно определить мощность требуемого электродвигателя привода  $P_{дв}$ , кВт по формуле

$$P_{дв} = \frac{N}{\eta_{прив.}}, \text{ кВт} \quad (4.29)$$
$$P_{дв} = \frac{24,8}{0,86} = 28,8$$

Принимаем электродвигатель марки АИР180М4 ( $P=30\text{кВт}$ ,  $n_{дв}=1500\text{об/мин}$ ).

Определяем передаточные отношения передач, входящих в привод. Передаточное число первой передачи  $U_1$  определяется по формуле

$$U_1 = \frac{D_2}{D_1}, \quad (4.30)$$

где  $D_1$  – диаметр ведущего шкива, мм,  
 $D_2$  – диаметр ведомого шкива, мм,

$$U_1 = \frac{400}{200} = 2$$

Передаточное число второй передачи  $U_2$  определяется по формуле

$$U_2 = \frac{z_2}{z_1}, \quad (4.31)$$

где  $z_1$  – число зубьев ведущего колеса,  
 $z_2$  – число зубьев ведомого колеса,

$$U_2 = \frac{80}{20} = 4$$

Передаточное число третьей передачи  $U_3$  определяется по формуле

$$U_3 = \frac{188}{30} = 6,26$$

Определяем общее передаточное число привода

$$U_{общ} = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3, \quad (4.32)$$

$$U_{\text{общ}} = 2 \cdot 4 \cdot 6,26 = 50,08$$

Определяем частоты вращения вала передачи  $n_i$ , об/мин

$$n_1 = \frac{n_{\text{дв}}}{U_1}, \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (4.33)$$

$$n_1 = \frac{1500}{2} = 750$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_2}, \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (4.34)$$

$$n_2 = \frac{750}{4} = 187,5$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U_3}, \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (4.35)$$

$$n_3 = \frac{187,5}{6,26} = 29,95,$$

$$n_4 = n_3 = 29,95 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Определим на сколько полученное значение вращения вала мешалки от привода отличается от требуемого

$$\Delta n = \left| \frac{n_4 - n}{n_4} \right| \quad (4.36)$$

$$\Delta n = \left| \frac{29,95 - 30}{29,95} \right| = 0,0016$$

То есть разница между полученным и требуемым значением вращения емкости не превышает 0,16 %, что удовлетворяет требованиям.

Определяем угловые скорости вращения валов передачи  $\omega_i$ ,  $\text{с}^{-1}$  по общей формуле

$$\omega_i = \frac{\pi \cdot n_i}{30}, \text{с}^{-1} \quad (4.37)$$

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,5,$$

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 187,5}{30} = 19,6,$$

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 29,95}{30} = 3,14$$

$$\omega_4 = \omega_3 = 3,14 \text{ с}^{-1}$$

Определяем мощность на каждом валу привода.



Мощность на валу электродвигателя  $P_{эл.дв.}=30$  кВт

Мощность на остальных валах  $P_i$ , кВт определяется по формуле

$$\text{Вал I} \quad P_I = P_{эл.дв.} \cdot \eta_{рем.} \cdot \eta_{под}, \text{ кВт}, \quad (4.38)$$

$$D_I = 30 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 28,5,$$

$$\text{Вал II} \quad D_{II} = D_I \cdot \eta_{дв.} \cdot \eta_{ш.}, \quad (4.39)$$

$$D_{II} = 28,5 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 27,66,$$

$$\text{Вал III} \quad D_{III} = P_{II} \cdot \eta_{дв.} \cdot \eta_{ш.}, \quad (4.40)$$

$$D_{III} = 27,66 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 26,56,$$

$$\text{Вал IV} \quad D_{IV} = P_{III} \cdot \eta_{дв.} \cdot \eta_{ш.}, \quad (4.41)$$

$$D_{IV} = 26,56 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 25,77$$

Определяем вращающий момент на валах передачи  $T_i$ , Н•м по общей формуле

$$T_i = \frac{P_i \cdot 10^3}{\omega_i}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (4.42)$$

$$T_1 = \frac{28,5 \cdot 10^3}{78,5} = 388,8,$$

$$T_2 = \frac{27,66 \cdot 10^3}{19,6} = 1411,2,$$

$$T_3 = \frac{26,56 \cdot 10^3}{3,14} = 8458,6,$$

$$T_4 = \frac{25,77 \cdot 10^3}{3,14} = 8207$$

#### 4.6 Расчет ременной передачи

Произведем расчет ременной передачи для привода вала мешалки [5].

Диаметр меньшего шкива определяется по формуле

$$d_1 = 3 \dots 4 \cdot \sqrt[3]{T_1}, \text{ мм}, \quad (4.43)$$

где  $T_1$  – крутящий момент на ведущем валу, Н•м,

$$d_1 = 3 \cdot \sqrt[3]{388,8 \cdot 10^3} = 198,7$$

Полученный результат округляем до стандартного значения по ГОСТ 17383-73,  $d_1 = 200$ , мм

Диаметр ведомого шкива определяется по формуле

$$d_2 = d_1 \cdot U \cdot (1 - \varepsilon), \text{мм}, \quad (4.44)$$

где  $U$  – передаточное отношение ременной передачи,  
 $\varepsilon$  – коэффициент скольжения,

$$d_2 = 200 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01) = 396$$

Полученный результат округляем до стандартного значения по ГОСТ 17383-73,  $d_2 = 400$ , мм

Межосевое расстояние  $a_{\min}, a_{\max}$  определяют в интервале по формуле

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + T_0, \quad (4.45)$$

$$a_{\max} = d_1 + d_2, \quad (4.46)$$

где  $T_0$  – высота сечения ремня

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (200 + 400) + 6 = 336,$$

$$a_{\max} = 200 + 400 = 600$$

Так как технически расположить привод, так чтобы межосевое расстояние ременной передачи было в пределах посчитанного выше затруднительно, располагаем привод по месту. В связи с этим межосевое расстояние будет принято  $a=850$  мм.

Длину ремня определяют по формуле

$$L = 2 \cdot a + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a}, \text{мм}, \quad (4.47)$$

$$L = 2 \cdot 850 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (200 + 400) + \frac{(400 - 200)^2}{4 \cdot 850} = 2785,9$$

Полученный результат округляем до стандартного значения по ГОСТ 1284.1-89,  $L_p = 2800$ , мм. Принимаем ремень Б-2800Т ГОСТ 1284.1-89.

Уточняем межосевое расстояние по формуле

$$a = 0,25 \cdot \left[ (L_p - w) + \sqrt{(L_p - w)^2 - 2 \cdot y} \right] \text{мм}, \quad (5.48)$$

где  $L_p$  – расчетная длина ремня, мм

$$w = 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2), \quad (4.49)$$

$$y = \left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)^2, \quad (4.50)$$

$$w = 0,5 \cdot 3,14 \cdot (200 + 400) = 942,5,$$

$$y = \left(\frac{400 - 200}{2}\right)^2 = 10000,$$

$$a = 0,25 \cdot \left[ (2800 - 942,5) + \sqrt{(2800 - 942,5)^2 - 2 \cdot 10000} \right] = 927$$

Угол обхвата меньшего шкива определяется по формуле

$$\alpha_1^0 = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{a}, \quad (4.51)$$

$$\alpha_1^0 = 180 - 57 \frac{400 - 200}{850} = 167,3$$

Число ремней для передачи заданной мощности определяется по формуле

$$Z = \frac{P \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_Z}, \quad (4.52)$$

где  $P_0$  - мощность, допускаемая для передачи одним ремнем, кВт,

$C_L$  - коэффициент, учитывающий влияние длины ремня,  $C_L = 1,05$  для ремня типа Б при длине 2800 мм,

$C_p$  - коэффициент режима работы,  $C_p = 1,1$  для режима работы средней тяжести,

$C_\alpha$  - коэффициент угла обхвата,  $C_\alpha = 0,97$  при угле обхвата  $167,3^\circ$ ,

$C_Z$  - коэффициент, учитывающий число ремней в передаче,  $C_Z = 0,95$

$$Z = \frac{30 \cdot 1,1}{11,7 \cdot 1,05 \cdot 0,97 \cdot 0,95} = 2,91$$

Принимаем количество ремней  $Z = 3$

Расчетную скорость ремня определяем по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60}, \text{ м/с}, \quad (4.53)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,2 \cdot 1500}{60} = 15,7$$

Предварительное натяжение ветвей клинового ремня определяется по формуле

$$F_0 = \frac{850 \cdot P \cdot C_p \cdot C_L}{Z \cdot V \cdot C_\alpha} + \theta \cdot V^2, \text{Н}, \quad (4.54)$$

где  $\theta$  - коэффициент, учитывающий центробежную силу,  $\theta = 0,3 \frac{(H \cdot c^2)}{M^2}$   
для ремня типа Б

$$F_0 = \frac{850 \cdot 30 \cdot 1,1 \cdot 1,05}{3 \cdot 15,7 \cdot 0,97} + 0,3 \cdot 15,7^2 = 718,6$$

Силу действующую на валы определяем по формуле

$$F_B = 2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \text{Н}, \quad (4.55)$$

$$F_B = 2 \cdot 718,6 \cdot 3 \cdot \sin \frac{167,3}{2} = 4285,1$$

Число пробегов ремня определяем по формуле

$$\lambda = \frac{V}{L}, \text{с}^{-1}, \quad (4.56)$$

$$\lambda = \frac{15,7}{2800} = 0,0056$$

Коэффициент, учитывающий влияние передаточного отношения определяют по формуле

$$C_U = 1,5 \cdot \sqrt[3]{U - 0,5}, \quad (4.57)$$

$$C_U = 1,5 \cdot \sqrt[3]{2 - 0,5} = 1,71$$

Рабочий ресурс ремней, ч

$$H_0 = N_{0и} \cdot \frac{L_p}{60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1}, \text{ч.}, \quad (4.58)$$

где  $N_{0и}$  - базовое число циклов,  
 $L_p$  - расчетная длина ремня, м,  
 $d_1$  - диаметр меньшего шкива, м,  
 $n_1$  - частота вращения, об/мин,

$$H_0 = 4,7 \cdot 10^6 \cdot \frac{2800}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 1500} = 232720$$

#### 4.7 Расчет фланцевого соединения

Рассчитываем фланцевое соединение крышки с первым чаном жаровни [4]. Диаметр аппарата 2400 мм. Давление в места установки фланцевого соединения отсутствует, а температура не более 85<sup>0</sup>С. Толщина стенки аппарата  $\delta=10$  мм.

Ориентировочно принимаем внутренний диаметр фланца 2400 мм, наружный диаметр привалочной поверхности 2420 мм, наружный диаметр фланца 2500 мм; диаметр болтовой окружности  $D_6 = 2470$  мм; толщину фланца  $\delta=75$ мм; размер выступа привалочной поверхности 10мм; толщину прокладки  $\delta_n = 4$ мм; диаметр болта  $d = 20$  мм.

Из этих данных находим ширину прокладки

$$b = \frac{D_{\text{пр.п.}} - D_{\text{ф}}}{2}, \text{ мм} \quad (4.59)$$

где  $D_{\text{пр.п.}}$  – диаметр привалочной поверхности фланца, мм,  
 $D_{\text{ф}}$  – внутренний диаметр фланца, мм,

$$b = \frac{2420 - 2400}{2} = 10$$

Принимаем приварочные поверхности плоскими с двумя рисками. Приведенная и эффективная ширина соответственно будет равна

$$b' = 0,5 \cdot b, \text{ мм}, \quad (4.60)$$

$$b_0 = 2,48 \cdot \sqrt{b}, \text{ мм}, \quad (4.61)$$

$$b' = 0,5 \cdot 10 = 5,$$

$$b_0 = 2,48 \cdot \sqrt{10} = 7,8$$

Расчетный диаметр прокладки, таким образом, будет равен

$$D_{\text{пр}} = D_{\text{пр.п.}} - 2 \cdot b_0, \text{ мм}, \quad (4.62)$$

$$D_{\text{пр}} = 2420 - 2 \cdot 7,8 = 2404$$

В качестве прокладочного материала выбираем поранит, находим коэффициент удельного давления ( $m=2,0$ ) и посадочное напряжение (1,1МПа).

Нагрузка на боты от затяжки находим по формуле

$$Q_{\text{б}} = \pi \cdot D_{\text{б}} \cdot b_0 \cdot \sigma_{\text{п}}, \text{ Н}, \quad (4.63)$$

где  $\sigma_{\text{п}}$  - посадочное напряжение прокладки

$$Q_{\text{б}} = 3,14 \cdot 2,47 \cdot 0,0055 \cdot 5,2 \cdot 10^6 = 221928,4$$

Болты будем изготавливать из стали 10. При значении предела прочности болтов равного  $G=300$  МПа, допустимое напряжение будет равно

$$[G] = \frac{G}{[S]}, \text{ МПа}, \quad (4.64)$$

где  $[S]$  – коэффициент запаса прочности

$$[G] = \frac{300}{6,5} = 46,2$$

Допустимую нагрузку на один болт определяем по выражению

$$q_{\text{б}} = 0,785 \cdot (d - \delta_{\text{с}})^2 \cdot [G], \text{ Н} \quad (4.65)$$

$$q_{\text{б}} = 0,785 \cdot (0,0198 - 0,0008)^2 \cdot 46,2 \cdot 10^6 = 2610,1$$

Количество болтов определяется по формуле

$$n = \frac{Q_{\text{б}}}{q_{\text{б}}}, \quad (4.66)$$

$$n = \frac{221928,4}{2610,1} = 85,1$$

Принимаем количество болтов, равное 40.

Фланцы изготавливаем из стали 40Х, для которой можно принять  $[\sigma_{\text{п}}]=102$  МПа. Тогда толщина фланца по формуле

$$\delta_{\text{ф}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{б}} \cdot (D_{\text{нар.}} - D_{\text{б}}) \cdot D_{\text{б}}}{n \cdot (\pi \cdot D_{\text{нар.}} - n \cdot d) \cdot [\sigma_{\text{п}}] \cdot d}}, \text{ м}, \quad (4.67)$$

$$\delta_{\text{ф}} = \sqrt{\frac{221928,4 \cdot (2,5 - 2,47) \cdot 2,47}{80 \cdot (3,14 \cdot 2,5 - 80 \cdot 0,02) \cdot 102 \cdot 10^6 \cdot 0,02}} = 0,068$$

Толщину фланца окончательного принимаем (в соответствии со стандартом) равной 75 мм.

#### 4.8 Расчет диаметра вала мешалки

Так как для подачи острого пара в первый чан будет использоваться вал, необходимо выполнить в нем отверстие, которое неизбежно приведет к уменьшению прочности и жесткости вала. Вследствие этого необходимо провести расчет требуемого диаметра вала, ослабленного внутренним отверстием.

В каждом из чанов вал закреплен в двух подшипниковых опорах сверху и снизу и при этом на каждой мешалке затрачивается одинаковое количество мощности. В виду этого достаточно проверить вал в одном из чанов. Проверку на прочность, жесткость и виброустойчивость будем проводить в первом чане, так как здесь вал ослаблен отверстием.

Определим внешние моменты, передаваемые мешалкой  $M_i$ , кгс · м, по формуле [4]

$$M_i = 973,6 \frac{N_i}{n}, \text{ кгс} \cdot \text{м}, \quad (4.68)$$

Тогда:

$$M_1 = 973,6 \frac{5}{30} = 162,3$$

Находим полярный момент сопротивления вала, требуемый по условию прочности по формуле

$$W_p = \frac{[M_k]_{max}}{[\tau]}, \text{ см}^3, \quad (4.69)$$

где  $[\tau]$  – допускаемое напряжение при кручении, кгс/см<sup>2</sup>,

Допускаемое напряжение при кручении  $[\tau]$ , кгс/см<sup>2</sup> определяется по формуле

$$[\tau] = \frac{\tau_{пред.}}{[n]}, \text{ кгс/см}^2, \quad (4.70)$$

где  $\tau_{пред.}$  – предел текучести при сдвиге, кгс/см<sup>2</sup>,  
 $[n]$  – коэффициент запаса прочности,

$$[\tau] = \frac{1960}{3,5} = 560$$

$$W_p = \frac{16230}{560} = 28,9$$

Тогда диаметр вала, с внутренним отверстием можно определить по формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_p}{0,2(1 - c^4)}}, \text{ см,} \quad (4.71)$$

где  $c$  - отношение диаметра отверстия в валу к диаметру вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{28,9}{0,2(1 - 0,111^4)}} = 5,23$$

Проведем расчет вала мешалки на жесткость.  
Находим полярный момент инерции по формуле

$$J_p = \frac{[M_K]_{max}}{\vartheta \cdot G}, \text{ см}^4, \quad (4.72)$$

где  $\vartheta$  - наибольший угол закручивания, рад/см,

$$J_p = \frac{16230}{0,436 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^5} = 465,3$$

Тогда диаметр вала с внутренним отверстием можно определить по формуле

$$d = \sqrt[4]{\frac{J_p}{0,1(1 - c^4)}}, \text{ см,} \quad (4.73)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{465,3}{0,1(1 - 0,111^4)}} = 8,26$$

Проведем расчет диаметра вала мешалки из условия виброустойчивости.

Условие виброустойчивости вращающегося вала, то есть условия, ко-



гда прогиб вала близок к допускаемому, для жестких валов выглядит следующим образом:

$$\omega \leq 0,7 \cdot \omega_{кр.}, \quad (4.74)$$

где  $\omega$  – рабочая угловая скорость вала,  $c^{-1}$ ,  
 $\omega_{кр.}$  – критическая угловая скорость вала,  $c^{-1}$

Критическую угловую скорость вала  $\omega_{кр.}$   $c^{-1}$  можно определить по формуле

$$\omega_{кр.} = \sqrt{\frac{I}{\delta_{11} \cdot m}}, c^{-1} \quad (4.75)$$

где  $I$  – момент сечения поперечного сечения вала,  
 $\delta_{11}$  – прогиб вала, м,  
 $m$  – масса мешалки, кг

Момент сечения вала  $I$  с отверстием

$$I = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_0^4)}{32}, \quad (4.76)$$

где  $d$  – диаметр вала, м  
 $d_0$  – диаметр отверстия, м

Вал с мешалкой представим в виде вала с приложенной в центре нагрузкой. Исходя из этого, определим значение прогиба вала  $\delta_{11}$ , м

$$\delta_{11} = \frac{0,0625 \cdot L}{3 \cdot E}, \quad (4.77)$$

где  $L$  – длина вала, м,  
 $E$  – модуль продольной упругости, Па

Приравняв выражения 5.74 и 5.75 и подставив недостающие множители получим формулу для определения диаметра вала

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot m \cdot 0,0625 \cdot L \cdot \omega^2}{3 \cdot E \cdot \pi \cdot 0,7^2}} + d_0^4, \text{ м}, \quad (4.78)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 5 \cdot 0,0625 \cdot 0,55 \cdot 3,14^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,14 \cdot 0,7^2}} + 0,01^4 = 0,003$$

Принимаем конечный диаметр вала для мешалки 90 мм.

#### 4.9 Расчет зубчатой цилиндрической передачи на ЭВМ

Расчет зубчатой цилиндрической передачи, передающей вращающий момент с первого вала редукторана промежуточный вал привода мешалки. Расчеты представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Проектный расчет зубчатой цилиндрической передачи

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>		
Число зубьев	80	20
Модуль, мм	1,75	
Угол наклона зубьев	0°00'00"	
Угол профиля исходного контура	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба	1	
Коэффициент радиального зазора	0,25	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	0,38	
Ширина зубчатого венца, мм	20	20
Коэффициент смещения исходного контура	-0,5965	+0,5965
Степень точности	7-С	7-С
<i>Определяемые параметры</i>		
Передаточное число	0,25	
Межосевое расстояние, мм	87,5	
Делительный диаметр, мм	140	35
Диаметр вершин зубьев $D_a$ , мм	141,41225	40,58775
Диаметр впадин зубьев $D_f$ , мм	133,53725	32,71275
Диаметр начальной окружности $D_w$ , мм	140	35
Угол зацепления	19°59'60"	
<i>Контролируемые и измерительные параметры</i>		
Постоянная хорда, мм	1,75634	3,09832
Высота до постоянной хорды, мм	0,3865	2,23003
Радиус кривизны профиля $R_{os}$ , мм	24,87594	7,63394
Радиус кривизны активного профиля зуба в нижней точке, мм	18,03492	3,99325
Условие $R_{os} > R_{op}$	выполнено	выполнено
Число зубьев в длине общей нормали	8	4
Длина общей нормали, мм	39,99345 -0,07 -0,17	19,28605 -0,055 -0,125

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Радиус кривизны профиля Row, мм	19,99672	9,64303
Радиус кривизны профиля Roa, мм	25,93352	11,89184
Условие Row < Roa	выполнено	выполнено
Диаметр ролика Dr, мм	2,846	5,431
Угол профиля на окружности центра ролика	18°22'45"	38°28'29"
Диаметр окружности через центр ролика, мм	138,62829	42,01044
Радиус кривизны профиля Rop, мм	20,43202	10,35331
Условие Rop < Roa	выполнено	выполнено
Размер по роликам, мм	141,47429	47,44144
Условие Dd + Dr > Da	выполнено	выполнено
Условие Dd - Dr > Df	выполнено	выполнено
Нормальная толщина, мм	1,98901	3,50877
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>		
Коэффициент наименьшего смещения Xmin	-3,67911	-0,16978
Условие X > Xmin	выполнено	выполнено
Радиус кривизны в граничной точке профиля Rol, мм	15,77267	3,92078
Условие отсутствия интерференции Rol < Rop	выполнено	выполнено
Условие отсутствия подрезания Rol > 0	выполнено	выполнено
Нормальная толщина на поверхности вершин, мм	1,47077	0,7347
Коэффициент перекрытия	1,52889	

#### 4.10 Расчет зубчатой конической передачи на ЭВМ

Расчет зубчатой конической передачи, передающей вращающий момент с промежуточный вала редуктора на выходной вал привода мешалки. Расчеты представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Проектный расчет зубчатой конической передачи

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Исходные данные</i>		
Число зубьев	188	30
Внешний окружной модуль, мм	2,5	
Межосевой угол передачи	90°00'00"	
Угол профиля исходного контура	20°00'00"	
Коэффициент высоты головки зуба	1	
Коэффициент радиального зазора	0,2	
Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой	0,2	
Степень точности	7-С	7-С
Ширина зубчатого венца, мм	10	
Коэффициент смещения	-0,3185	+0,3185
Коэффициент изменения расчетной толщины зубьев	-0,0601	+0,0601
Радиус закругления вершины реза, мм	0,7599	
<i>Определяемые параметры</i>		
Число зубьев плоского колеса	190,37857	
Внешнее конусное расстояние, мм	237,97321	
Среднее конусное расстояние, мм	232,97321	
Средний окружной модуль, мм	2,44747	
Средний делительный диаметр, мм	460,12494	73,42419
Внутренний окружной модуль, мм	2,39495	
Угол делительного конуса	80°56'01"	9°03'59"
Передаточное число	0,15957	
Внешняя высота головки зуба, мм	1,70375	3,29625
Внешняя высота ножки зуба, мм	3,79625	2,20375
Внешняя высота зуба, мм	5,5	5,5
Внешняя окружная толщина зуба, мм	3,19712	4,85686
Угол ножки зуба	0°54'50"	0°31'50"
Угол головки зуба	0°31'50"	0°54'50"
Угол конуса вершин	81°27'51"	9°58'50"
Угол конуса впадин	80°01'10"	8°32'09"
Внешний делительный диаметр, мм	470	75
Внешний диаметр вершин зубьев, мм	470,53696	81,51013
Расстояние от вершины до плоскости внешней окружности вершин зубьев, мм	35,81754	234,48057

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Измерительные параметры</i>		
Расчет внешней постоянной хорды зуба и высоты до постоянной хорды		
Внешняя постоянная хорда зуба, мм	2,82313	4,11211
Высота до внешней постоянной хорды зуба, мм	1,18998	2,54791
Расчет внешней делительной толщины зуба по хорде и высоты до хорды		
Половина внешней угловой толщины зуба	0,00107	0,06132
Внешняя делительная толщина зуба по хорде	3,19712	4,65395
Высота до внешней делительной хорды зуба	1,70461	3,36763
Расчет делительной толщины зуба по хорде и высоты до хорды в любом сечении по ширине зубчатого венца		
Преднамеренное смещение измерительного сечения, мм	0	0
Конусное расстояние до измерительного сечения, мм	237,97321	237,97321
Окружная толщина зуба в измерительном сечении, мм	3,19712	4,65686
Толщина зуба по хорде в измерительном сечении, мм	3,19712	4,65395
Высота зуба до хорды в измерительном сечении, мм	1,70461	3,36763

Наименование параметра	Ведущее колесо	Ведомое колесо
<i>Проверка качества зацепления по геометрическим показателям</i>		
Проверка отсутствия подрезания зубьев		
Минимальное число зубьев шестерни, свободное от подрезания		1,8361
Коэффициент наименьшего смещения у шестерни		-0,77687
Отсутствие подрезания зуба шестерни	выполнено	
Проверка по минимальному числу зубьев шестерни	выполнено	
Проверка внешней окружной толщины зуба на поверхности вершин		
Число зубьев эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	1193,03904	30,37956
Делительный диаметр внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса, мм	2919,93093	74,35315
Диаметр вершин зубьев внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса, мм	2923,33843	80,94565
Угол профиля зуба в точке на окружности вершин зубьев внешнего эквивалентного цилиндрического зубчатого колеса	20°10'58"	30°19'36"
Внешняя окружная толщина зуба на поверхности вершин, выраженная в долях модуля	0,79956	0,72295
Проверка коэффициента торцевого перекрытия		
Коэффициент торцевого перекрытия	1,72163	

## 5 МОНТАЖНЫЙ ПРОЕКТ

### 5.1 Компоновка и анализ помещений

В этом разделе приводятся метод проектирования предприятия пищевой промышленности, а также производится комплекс предпроектных и проектных работ [9].

Компоновка – это схематический план здания с изображением на нем цехов, отделений, участков, вспомогательных и служебно-бытовых помещений.

Компоновка помещений должна выполняться с учетом следующих требований:

1) Последовательность и максимальная прямолинейность производственного потока;

2) Склады основного сырья, экспедиции, приемные отделения и т.п. должны располагаться по периметру здания с выходом на улицу;

3) Для сокращения протяженности кабельных линий, трубопроводов, воздуховодов необходимо располагать трансформаторные подстанции, насосные, вентиляционные камеры и т.п. как можно ближе к участкам, где потребление соответствующих видов носителей энергии максимально.

4) Необходимо исключить перемещения персонала через помещения, в которых не находится их рабочее место;

5) Участки, где выполняются подготовительные операции, склады промежуточного хранения и созревания полуфабрикатов должны быть расположены как можно ближе к основным производственным участкам;

Для правильного анализа помещений цехов для производства растительного масла и удобной компоновки цехов устанавливаем функциональные связи отделений.

Функциональные связи позволяют проверить, все ли помещения и технологические схемы учтены при компоновке здания и системы здания, определить по каким направлениям следует осуществлять объединение и непосредственное примыкание помещений друг к другу.

Функциональные связи помещений цехов для производства растительного масла представляем в виде таблицы 5.1 [19].

Выявленные функциональные связи в таблице 5.1 группируем попарно рисунок 5.1.

Затем на основании этих данных составляется безразмерная принципиальная схема для компоновки производственного здания рисунок 5.2, которая служит ориентиром при составлении окончательной компоновки.

Объединение производственных помещений в корпуса должно обеспечивать максимально удобную связь с обслуживающим и подсобным хозяйством и бытовыми помещениями предприятия [9].

Таблица 5.1 - Функциональные связи прессового цеха

№	Наименование отделения	Номер отделения															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Склад сырья	●															
2	Сушильно-очистительное отделение		●														
3	Прессовый цех			●													
4	Цех разлива				●												
5	Склад готовой продукции					●											
6	Склад тары						●										
7	Склад жмыха							●									
8	Экспедиция								●								
9	Лаборатория									●							
10	Моечное отделение										●						
11	Склад моечных средств											●					
12	Ремонтная мастерская												●				
13	Службно-бытовые помещения													●			

1-2	1-10																
2-1	2-3	2-10	2-12	2-13													
3-2	3-4	3-5	3-7	3-9	3-10	3-12											
4-3	4-5	4-6	4-9														
5-3	5-4	5-8															
6-4																	
7-3																	
8-5																	
9-3	9-4																
10-1	10-2	10-3	10-11														
11-10																	
12-2	12-3	12-13															
13-2	13-12																

Рисунок 5.1 – Парные функциональные связи прессового цеха

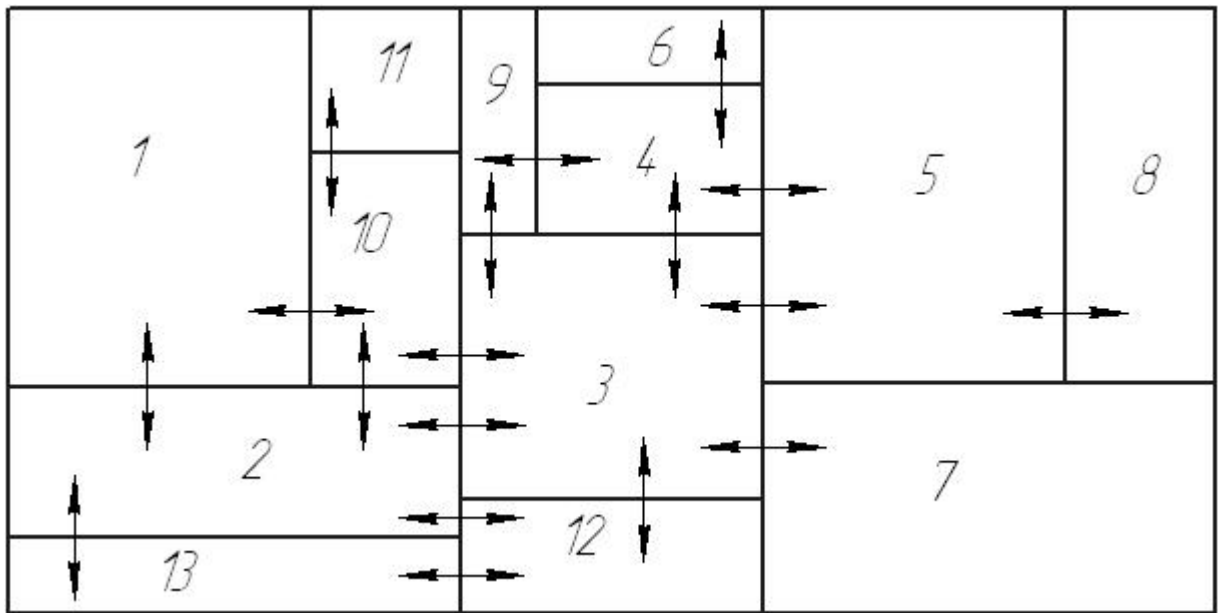


Рисунок 5.2 – Принципиальная схема компоновки цехов

## 5.2 Расчет фундамента и болтов для крепления жаровни

### 5.2.1 Расчет фундамента для жаровни

Масса жаровни заполненной продуктом 13000 кг (вес 130 кН). Фундаментная площадка (сплошная плита) для жаровни представлена на рисунке 5.3.

Определим площадь подошвы фундаментной площадки по формуле [7]

$$F = (a + 2 \cdot \Delta)(b + 2 \cdot \Delta), \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

где  $a, b$  - расстояния между осями опор, м,  
 $\Delta$  - припуск на каждую сторону, 0,1 - 0,2, м,

$$F = (2,31 + 2 \cdot 0,2)(2,31 + 2 \cdot 0,2) = 5,42$$

Объем фундамента под машиной, давящего на грунт  $V, \text{ м}^3$ , вычисляется по формуле

$$V = F \cdot H, \text{ м}^3 \quad (5.2)$$

где  $H$  - высота площадки, м,

$$H = H_1 + H_2, \text{ м}, \quad (5.3)$$

где  $H_1$  – высота наземной части фундамента, м,  
 $H_2$  – глубина заложения фундамента, м,

$$i = 0,3 + 0,5 = 0,8$$

$$V = 5,42 \cdot 0,8 = 4,336$$

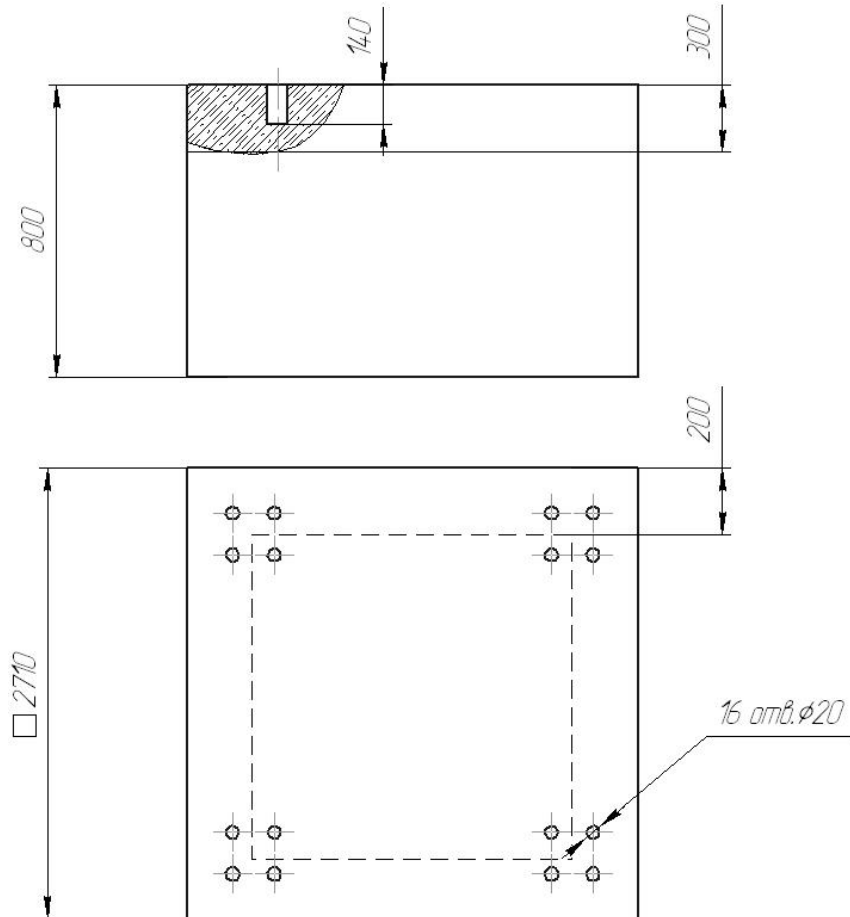


Рисунок 5.3 Фундамент под жаровни

Вес площадки  $G_{пл}$ , кН вычисляется по формуле

$$G_{пл} = V \cdot \gamma, \text{ кН} \quad (5.4)$$

где  $\gamma$  - удельный вес бетона,  $\text{кН/м}^3$ .  $\gamma = 20 \text{кН/м}^3$

$$G_{пл} = 4,336 \cdot 20 = 86,7$$

Фактическое давление на грунт  $P$ , кПа вычисляется по формуле



$$P = \frac{(G_M + G_{nl})}{(\alpha \cdot F)} \leq [R_n] = 200, \text{ кПа} \quad (5.5)$$

где  $\alpha$  - коэффициент уменьшения динамичности,  $\alpha = 1$

$$D = \frac{(130 + 86,7)}{(1 \cdot 5,42)} = 40 < [R_n] = 200$$

Что меньше допустимой нормативной нагрузки на грунт, следовательно, статическая прочность фундамента обеспечена.

Динамический расчет фундамента [7].

Вертикальную составляющую неуравновешенных сил инерции  $P_z$ , кН, принимаем равной весу машины  $G_M$ , кН

$$P_z = P_M = 130 \text{ кН}$$

Фактическое давление на грунт  $P_\phi$ , кПа при наличии вертикальной составляющей рассчитывают по формуле

$$P = \frac{(G_M + G_{nl} + P_z)}{(\alpha \cdot F)} \leq [R_n], \quad (5.6)$$

$$P = \frac{(130 + 86,7 + 130)}{(1 \cdot 5,42)} = 64$$

Условие выполняется.

Амплитуда вынужденных вертикальных колебаний  $A_z$ , м, определяется по формуле

$$A_z = K \cdot \frac{P_z}{G_0(N_z - n^2)} \leq [A_z] = 0,0002 \dots 0,0003 \text{ м} \quad (5.7)$$

где  $G_0$  – вес фундамента и машины, Н,

$K$  – коэффициент,  $K=90 \text{ м/мин}^2$ ,

$N_z$  – частота вертикальных колебаний,  $\text{мин}^{-1}$ ,

$n$  – частота вращения массивной детали, вызывающей динамику рабочего органа,  $\text{об/мин}$ ,

$[A_z]$  – допускаемая амплитуда вертикальных колебаний, м

Частота вертикальных колебаний  $N_z$ ,  $\text{мин}^{-1}$ , определяется по формуле

$$N_z = K_1 \cdot \sqrt{\frac{C_z \cdot F}{G_0}}, \quad (5.8)$$

где  $K_1$  – коэффициент,  $K_1=9,55 \text{ мин}^{-1}$ ,  
 $C_z$  – коэффициент упругости перекрытия,  $\text{Н/м}^2$ , определяется по формуле

$$C_z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{F}}, \quad (5.9)$$

$$C_z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{5,42}} = 1,37 \cdot 10^4,$$

$$N_z = 9,55 \cdot \sqrt{\frac{1,37 \cdot 10^4 \cdot 5,42}{216700}} = 5,6$$

$$A_z = 90 \cdot \frac{130000}{216700(5,6 - 30^2)} = -0,06$$

Условие выполняется.

Амплитуда перемещений в горизонтальной плоскости  $A_x$ , м определяется по формуле

$$A_x = K \cdot \frac{P_x}{G_0(N_x^2 - n^2)} \leq [A_x] = 0,0002 \dots 0,0003 \text{ м} \quad (5.10)$$

где  $N_x$  – частота собственных горизонтальных колебаний,  $\text{мин}^{-1}$ ,  
 $[A_x]$  – допускаемая амплитуда горизонтальных колебаний, м,  
 $P_x$  – горизонтальная составляющая неуравновешенных сил инерции, проектных расчетах можно принять  $P_x=P_z$ ,

Частота собственных горизонтальных колебаний  $N_x$ ,  $\text{мин}^{-1}$ , определяется по формуле

$$N_x = K_1 \cdot \sqrt{\frac{C_x \cdot F}{G_0}}, \quad (5.11)$$

где  $C_x$  – коэффициент упругости перекрытия при сдвиговых смещениях,  $\text{Н/м}^2$ ,

$$C_x = 0,5 \cdot C_z, \quad (5.12)$$

$$C_x = 0,5 \cdot 1,37 = 0,685 \cdot 10^4,$$

$$N_x = 9,55 \cdot \sqrt{\frac{0,685 \cdot 10^4 \cdot 5,42}{216700}} = 3,95$$

$$A_x = 90 \cdot \frac{130000}{216700(3,95^2 - 30^2)} = -0,06$$

Условие выполняется.

При проверке на резонанс найдем отношение вынужденных и собственных колебаний системы “фундаментная площадка - машина” по формулам

$$0,7 \geq n / N_z \geq 1,3, \quad (5.13)$$

$$0,7 \leq 5,35 \geq 1,3,$$

$$0,7 \geq n / N_x \geq 1,3, \quad (5.14)$$

$$0,7 \leq 7,6 \geq 1,3$$

Расчет показал, что система работает вне зоны резонанса.

### 5.2.2 Расчет фундаментных болтов для крепления жаровни

Материал шпилек болтов принимаем сталь 09Г2С ГОСТ380-89  $[\sigma_p]$  =170МПа, марка бетона М150, принимаем количество болтов  $z=16$  [25].

Для данного болта и способа его установки находим:

$X=0,65$ ,  $K_{ст}=2,2$ ,  $H=7d$ .

Необходимое усилие предварительной затяжки фундаментных болтов  $P_3$ ,  $H$  вычисляют по формуле

$$P_3 = K_{ст} \cdot P(1 - x), \quad (5.15)$$

где  $P$ - динамическая нагрузка ( $P=G_M=130кН$ )

$$D_\zeta = 2,2 \cdot 130000(1 - 0,65) = 100100$$

Необходимую площадь сечения болтов по прочности  $S$ ,  $м^2$  вычисляют по формуле

$$S = \frac{P_3 + xP}{z[\sigma_p]}, \quad (5.16)$$

$$S = \frac{100100 + 0,65 \cdot 130000}{16 \cdot 170 \cdot 10^6} = 0,68 \cdot 10^{-4}$$

Принимается болт с резьбой диаметром М20 с  $S = 2,25 \cdot 10^{-4} м^2$

Проверяем сечение болта на выносливость.

Расчетное сопротивление болта  $[\sigma_d]$ , Па вычисляют из формулы

$$[\sigma_d] = \frac{0,278[\sigma_p] \cdot \alpha}{\mu} \quad (5.17)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий число циклов нагружения, при  $10^6$  циклах  $\alpha = 1,25$ ,

$\mu$  - коэффициент, учитывающий масштабный фактор, для болтов  $M < 16$ ,  $\mu = 1$

$$[\sigma_d] = \frac{0,278 \cdot 170 \cdot 10^6 \cdot 1,25}{1} = 59,08 \cdot 10^6$$

Необходимую площадь сечения болта  $S_d$ ,  $m^2$  вычисляют по формуле

$$S_d = \frac{P_3 + xP}{z[\sigma_p]}, \quad (5.18)$$

$$S_d = \frac{100100 + 0,65 \cdot 130000}{16 \cdot 59,08 \cdot 10^6} = 1,95 \cdot 10^{-4}$$

Окончательно принимаем болт с резьбой диаметром M20.

Глубину заделки болтов  $H$ , мм вычисляют по формуле

$$H = 7d, \quad (5.19)$$

$$H = 7 \cdot 20 = 140$$

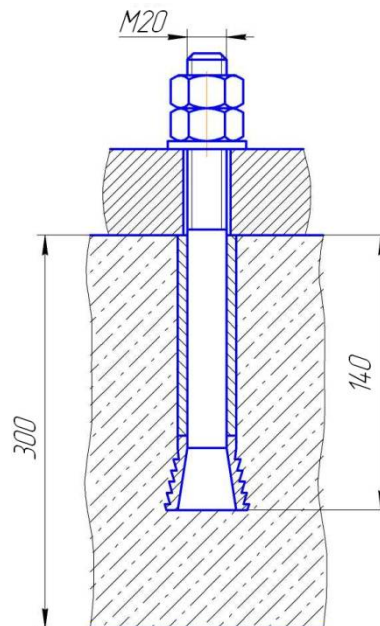


Рисунок 5.4 Эскиз фундаментного болта

### 5.3 Расчет фундамента и болтов для крепления маслопресса

#### 5.3.1 Расчет фундамента для маслопресса

Масса маслопресса, заполненного продуктом 10000 кг (вес 100 кН).  
Фундаментная площадка (сплошная плита) для маслопресса представлена на рисунке 5.5.

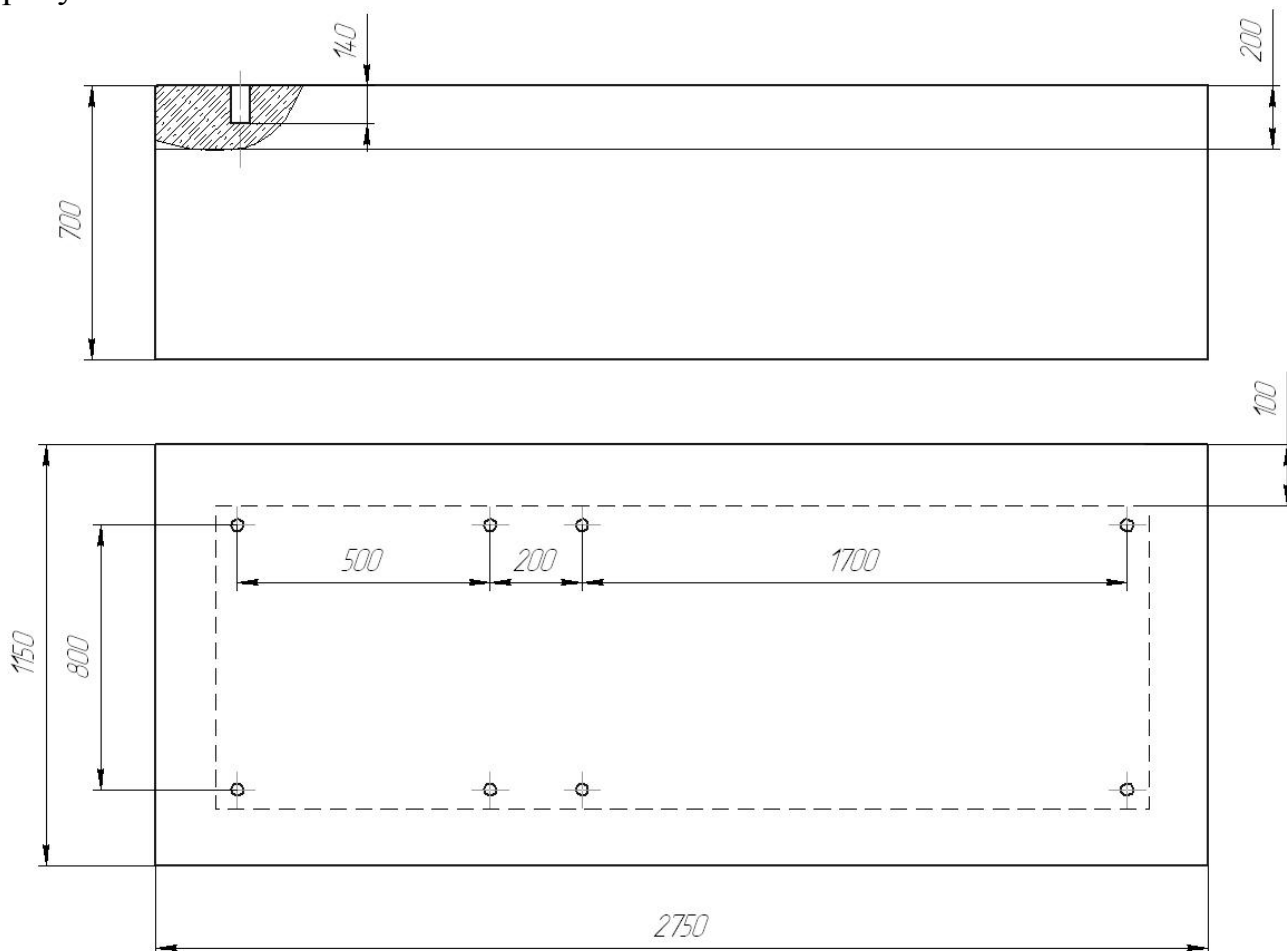


Рисунок 5.5 Фундаментная площадка под маслопресс

Определим площадь подошвы фундаментной площадки по формуле (5.1)

$$F = (2,550 + 2 \cdot 0,1)(0,95 + 2 \cdot 0,1) = 3,16$$

Объем фундамента под машиной, давящего на грунт  $V$ ,  $\text{м}^3$ , вычисляется по формуле (5.2)

$$V = 3,16 \cdot 0,7 = 2,21$$

Вес площадки  $G_{пл}$ , кН вычисляется по формуле (5.4)

$$G_{i\ddot{e}} = 2,21 \cdot 20 = 44,3$$

Фактическое давление на грунт  $P$ , кПа вычисляется по формуле (5.5)

$$D = \frac{(100 + 44,3)}{(0,9 \cdot 3,16)} = 50,7 < [R_n] = 200$$

Что меньше допустимой нормативной нагрузки на грунт, следовательно, статическая прочность фундамента обеспечена.

Динамический расчет фундамента.

Вертикальную составляющую неуравновешенных сил инерции  $P_z$ , кН, принимаем равной весу машины  $G_M$ , кН

$$P_z = P_M = 100 \text{ кН}$$

Фактическое давление на грунт  $P_{\phi}$ , кПа при наличии вертикальной составляющей рассчитывают по формуле (5.6)

$$P = \frac{(100 + 44,3 + 100)}{(0,9 \cdot 3,16)} = 86$$

Условие выполняется.

Амплитуда вынужденных вертикальных колебаний  $A_z$ , м, определяется по формуле (5.7)

$$C_z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{7,1}} = 1,2 \cdot 10^4,$$

$$N_z = 9,55 \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot 10^4 \cdot 3,16}{144300}} = 4,9$$

$$A = 90 \cdot \frac{100000}{144300(4,9 - 9^2)} = -1,1$$

Условие выполняется.

Амплитуда перемещений в горизонтальной плоскости  $A_x$ , м определяется по формуле (5.10)

$$C_x = 0,5 \cdot 3,8 = 0,6 \cdot 10^4,$$

$$N_x = 9,55 \cdot \sqrt{\frac{0,6 \cdot 10^4 \cdot 3,16}{144300}} = 3,5$$

$$A_x = 90 \cdot \frac{100000}{144300(3,5^2 - 9^2)} = -0,9$$

Условие выполняется.

При проверке на резонанс найдем отношение вынужденных и собственных колебаний системы “фундаментная площадка - машина” по формулам

$$\begin{aligned} 0,7 \leq 1,8 \leq 1,3, \\ 0,7 \leq 2,6 \leq 1,3 \end{aligned}$$

Расчет показал, что система работает вне зоны резонанса.

### 5.3.2 Расчет фундаментных болтов для крепления маслопресса

Материал шпилек болтов принимаем сталь 09Г2С ГОСТ380-89  $[\sigma_p]$  =170МПа, марка бетона М150, принимаем количество болтов  $z=16$  [7].

Для данного болта и способа его установки находим:

$$X=0,65, K_{ст}=2,2, H=7d.$$

Необходимое усилие предварительной затяжки фундаментных болтов  $P_z$ , Н вычисляются по формуле (5.15)

$$D_c = 2,2 \cdot 10000(1 - 0,65) = 77000$$

Необходимую площадь сечения болтов по прочности  $S$ ,  $m^2$  вычисляют по формуле (5.16)

$$S = \frac{77000 + 0,65 \cdot 10000}{16 \cdot 170 \cdot 10^6} = 0,52 \cdot 10^{-4}$$

Принимается болт с резьбой диаметром М20 с  $S = 2,25 \cdot 10^{-4} i^2$

Проверяем сечение болта на выносливость.

Расчетное сопротивление болта  $[\sigma_d]$ , Па вычисляются из формулы (5.17)

$$[\sigma_d] = \frac{0,278 \cdot 170 \cdot 10^6 \cdot 1,25}{1} = 59,08 \cdot 10^6$$

Необходимую площадь сечения болта  $S_d$ ,  $m^2$  вычисляют по формуле (5.18)

$$S_d = \frac{77000 + 0,65 \cdot 100000}{16 \cdot 59,08 \cdot 10^6} = 1,5 \cdot 10^{-4}$$

Окончательно принимаем болт с резьбой диаметром М20.

Глубину заделки болтов Н, мм вычисляют по формуле (5.19)

$$H = 7 \cdot 20 = 140$$

#### 5.4 Сетевой график монтажа оборудования

Для правильного решения вопросов, возникших по организации и управлению монтажных и ремонтных работ, применяют метод сетевого планирования. С этой целью строят сетевой график, представляющий графическую модель производственного процесса, на котором отображается технологическая последовательность выполнения всех монтажных работ [8].

Сетевое планирование обеспечивает руководителей и исполнителей на всех участках работы информацией, которая необходима им для принятия решений по организации, планированию и управлению.

Структура сетевого графика, определяющая взаимозависимость работ и событий, называется его типологией. Основными элементами сетевого графика является работа и событие их взаимосвязь и определяет структуру графика.

Основное оборудование цеха производства растительного масла: пресс и жаровня.

Работы, выполняемые в процессе монтажа оборудования, минимальный и максимальный срок выполнения монтажных работ, а также резерв времени представлены в таблице 5.2.

Сетевой график монтажа представлен на рисунке 5.4.

Таблица 5.2 – Работы, выполняемые в процессе монтажа

№ п. п.	Наименование работ	Шифр работ	Продолжительность работ		Резерв времени
			Min	Max	
0	Приемка и ревизия оборудования	0-1	8	8,3	0,3
1	Расконсервирование оборудования	1-2	8	10	4
2	Транспортирование оборудования в цех	2-3	8	10	0,5
3	Изготовление опалубок	1-6	10	10,5	0,5
4	Разметка фундамента	1-7	5	6	1
5	Фиктивная работа	6-8	8	10	2
6	Рытье котлована	7-8	3	3,15	0,15
7	Сборка жаровни	3-4	7	12	2
8	Фиктивная работа	4-18	-	-	-
9	Сборка пресса	3-5	6	10	1,5
10	Фиктивная работа	5-18	-	-	-
11	Установка опалубок	8-9	2,3	2,8	0,3



12	Заливка бетона	9-10	6	7	0,5
13	Застывание бетона	10-11	24	30	1
14	Разметка отверстий под болты	11-12	3	3,6	0,2
15	Изготовление отверстий	12-13	3	2	0,5
16	Установка болтов	13-14	4	5	0,4
17	Зачиканивание болтов	14-15	2	2,5	0,2
18	Выверка	15-16	1	1,5	0,1
19	Отделка фундамента	16-17	1	0,5	0,1
20	Приемка фундамента	17-18	1	1,6	0,2
21	Монтаж жаровни	18-19	1	2,5	0,3
22	Фиктивная работа	19-21	-	-	-
23	Монтаж прессы	18-20	1	2	0,5
24	Фиктивная работа	20-21	-	-	-
25	Испытание без нагрузки	21-22	1,8	2	0,5
26	Испытание под нагрузкой	22-23	2	2,3	0,5
27	Сдача в эксплуатацию	23-24	2	2,3	0,2

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1 Условия труда

Предприятие по производству растительного масла располагается в городе Новосибирск. Помещение прессового цеха в плане 18\*18 метров, расположено в двухэтажном здании, с покрытием из железобетонных ребристых плит.

Объёмно-планировочные конструктивные решения производственных зданий и сооружений принимаем в соответствии с требованиями СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания».

Согласно СП 44.13330.2011 основные производственные процессы по санитарной характеристике относятся к 4 группе, так как помещение требует основных условий соблюдения чистоты.

Согласно СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» [11] выбираем нормы площади и объема производственного помещения на одного рабочего. Определяем периодичность уборки производственного помещения.

Класс помещения по электроопасности - с повышенной опасностью, так как имеются токопроводящие полы. Характеристики помещения сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Характеристика помещения проектируемого цеха, отделения

Цех, отделение	Тип здания и этажность	Строительные размеры, м	Площадь и объем производственного помещения на одного работающего				Периодичность уборки производственного помещения
			м <sup>2</sup>		м <sup>3</sup>		
			норма	факт	норма	факт	
Прессовый цех	Двухэтажное кирпичное	18*18*14,2	4,5	54	25	383,4	Не реже одного раза в смену

Согласно СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87\*» [15] определяем группу производственного процесса, нормативные значения площадей санитарно-бытовых помещений и количества санитарно-технических устройств.

Результаты анализа номенклатуры и оборудования санитарно-бытовых помещений приведены в таблице 6.2.

Одним из важнейших элементов условий труда является освещение. Правильно выполненная система освещения играет существенную роль в снижении производственного травматизма, уменьшая потенциальную опасность многих производственных факторов, создает благоприятные условия труда, способствует повышению производительности труда и улучшению качества продукции.

Таблица 6.2 – Номенклатура и оборудование санитарно-бытовых помещений

Цех	Количество работающих в максимальную смену		Группа производственного процесса	Санитарно-бытовые помещения			Санитарно-технические устройства		
	жен	муж		Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>		Наименование	Количество, шт	
					факт	норма		факт, шт	норма чел/ед
Прессовый цех	4	8	4	Гардероб	9	1	Унитазы	2/2	18/12
				Душевые	1,62	0,81	Писсуары	1	18/12
				Санузел	1,92	0,96	Умывальники	1	7
							Душ	2/2	2/48

Оптимальные параметры видимого света по интенсивности, спектральному составу и режиму освещения зависят от требований организма к конкретной деятельности, а также от характера и интенсивности одновременно воздействующих других факторов среды – акустических, цветовых, пространственно – планировочных и др.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости.

Согласно ВНТП 20-91 [14] и СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*» [16] определяем группу административного района, разряд зрительной работы, показатели освещения.

Результаты анализа освещения производственных помещений приведены в таблице 6.3.

В качестве источника освещения принимаем светильник типа ПВЛМ-2х40-22 с люминесцентными лампами марки ЛД-40 ГОСТ 6825-91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения» [17].

Таблица 6.3 – Освещение производственных помещений

Цех	Группа административного района	Разряд и подразряд зрительной работы	Искусственное освещение				Тип ламп и исполнение светильников	Естественное освещение, %		Совмещённое освещение, %	
			Освещённость, лк		Коэффициенты			При верхнем и комбинированном	При боковом	При верхнем и комбинированном	При боковом
			Комбинированное освещение		Ослеплённости	Пульсации					
			Всего	В т.ч. общего							
Прессовый цех	1	IVв	400	200	200	40	ЛБЦ-40, ПВЛ 2x40	4	1,5	2,4	0,9

Согласно ГОСТ 12.1.005-88\* [12] и СанПиН 2.2.4.548-96 [13] определяем оптимальные и допускаемые параметры метеорологических условий производственного помещения. Результаты анализа параметров метеорологических условий производственного помещения приведены в таблице 6.4.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88\* [12], СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [19] и СП 56.13330.2011 «Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001» [20] определяем тип и особенности систем вентиляции.

Результаты анализа систем вентиляции приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.4 – Параметры метеорологических условий

Период года	Категории работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
			Выше/ниже оптимальной						Выше/ниже оптимальной
Холодный	Пб	21-23	25-17	20-24	14-23	60-40	65	0,1	0,2
Тёплый	Пб	20-24	27-16	19-23	17-28	60-40	70	0,1	0,2

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются для постоянных рабочих мест. Категория работ Пб была выбрана для рабочих которые

обслуживают такие машины как: машина рушально-веечная, вальцовый станок, жаровня, пресс шнековый.

Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязнённого или перегретого воздуха и подача чистого воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды.

Приток воздушного потока осуществляется механической вентиляцией. В тёплый период допускается естественный приток воздуха в рабочую зону. Подачу проточного воздуха от системы механической вентиляции осуществляют воздухораспределители типа ВЭП непосредственно в рабочую зону. Системы вентиляции на данном предприятии указаны в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Рекомендуемые системы вентиляции в производственных, подсобных и складских помещениях

Помещение, отделение, цех	Основные выделяющиеся вредности	Системы вентиляции		
		Вытяжная	Приточная	
			В холодный период года	В тёплый период года
Прессовый цех	Тепловыделение Т	механическая общеобменная из верхней зоны и местные отсосы	механическая сосредоточенная подачей воздуха в верхнюю и рабочую зону	естественная
	Влаговыведение Вл	механическая общеобменная из верхней зоны		
	Масловыделение М	местные отсосы		

На данном предприятии используется как искусственная, так и естественная системы вентиляции. Последняя используется в большинстве случаев в тёплое время года.

Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [21] определяем температуру холодной пятидневки, среднесуточную температуру наружного воздуха в холодный период, продолжительность холодного периода, тип системы отопления, а так же температуру теплоносителя, после чего производим расчет требуемого количества тепла.

Результаты анализа системы отопления приведены в таблице 6.6.

Требуемое количество тепла  $Q_{тр}$ , МВт, рассчитывают по формуле

$$Q_{тр} = g_0 \cdot a \cdot (t_b - t_n^{cp}) \cdot V_{от} \cdot n \cdot \tau, \quad (6.1)$$

где  $g_0$  - удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С),

$$(g_0 = 0,47);$$

$a$  – поправочный коэффициент, ( $a = 1$ );

$t_b$  - температура воздуха внутри помещения, °С, ( $t_b = 20$  °С);

$t_n^{cp}$  - температура наружного воздуха средняя за отопливаемый период, °С;

$V_{от}$  - объем всех отопливаемых помещений, м<sup>3</sup>;

$n$  - продолжительность отопливаемого периода, сутки;

$\tau$  - число часов работы отопительной системы в сутки, ( $\tau = 24$  часа).

$$Q_{тр} = 0,47 \cdot 1 \cdot (20 - (-8,7)) \cdot 3834 \cdot 243 \cdot 24 = 302, \text{ МВт}$$

Таблица 6.6 – Параметры системы отопления

Цех, отделение	Температура холодной пятидневки, °С	Среднесуточная температура наружного воздуха в холодный период, $t_n^{cp}$ , °С	Продолжительность сезона, $n$ , сут	Система отопления	Требуемое количество тепла, МВт	Температура теплоносителя, °С
Прессовый цех	-39	-8,7	243	Водяная	302	не более 150

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [22], ГОСТ 12.2.033-78 «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» [23] и ГОСТ 22269-76 «Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования» [24] определяем эргономические требования к рабочим местам рабочих.

Результаты анализа эргономических условий труда приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Общие эргономические требования

Цех, отделение	Профессия	Категория работ	Рабочая поза	Высота рабочей поверхности, мм, при организации рабочего места						Высота расположения средств отображения информации, мм		
				Стоя			Сидя			Пол работающего		
				М	Ж	М и Ж	М	Ж	М и Ж	М	Ж	М и Ж
Прессовый цех	оператор пресса	II а	стоя	980	930	955	-	-	-	1410	1320	1365
	оператор измельчения		сидя	-	-	-	750	700	725	1150	1120	1135
	фильтровщик		стоя	980	930	955	-	-	-	1410	1320	1365
	оператор дистилляции		стоя	980	930	955	-	-	-	1410	1320	1365

## 6.2 Потенциальные опасности и вредности проектируемого объекта

В ходе технологического процесса на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- подвижные части механического оборудования, перемещаемые предметы и тара;
- повышенная подвижность воздуха;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях инструмента, оборудования, инвентаря, тары;
- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

Технологическая схема производства с указанием опасных и вредных факторов производства приведена на рисунке 6.1.

В ходе технологического процесса возможны следующие вредности и опасности:

- тепловыделение происходит непосредственно около жаровни;
- вибрация происходит от следующих видов оборудования: сепараторов, машины рушально-веечной, вальцового станка, скребковых конвейеров;

- шум возникает из-за работы: скребковых конвейеров, машины рущально - веечной;

Локальные травмирующие опасности:

- механическая травма возникает при контакте с вальцевыми станками;

Опасные аварии, возможные на предприятии:

- пожар возникает при не соблюдении техники безопасности, при работе с жаровней

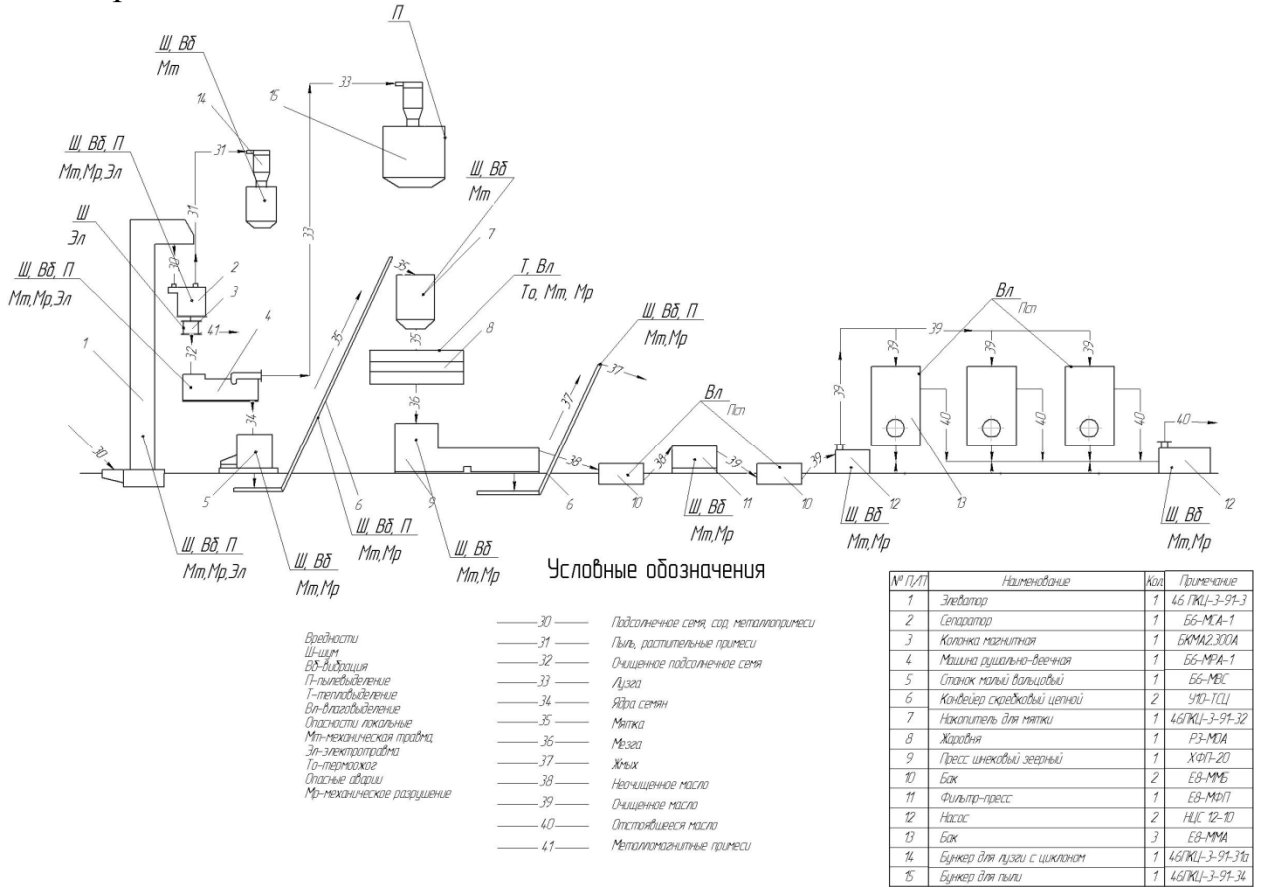


Рисунок 6.1 – Технологическая схема производства растительного масла

Выбор технических средств обеспечения безопасности должен осуществляться на основе выявления вредных факторов, специфических для данного технологического процесса, а так же изучения каждого выявленного фактора и зоны его действия.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74\* «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [25] определяем вредные производственные факторы и их воздействие на организм человека, после чего выбираем индивидуальные средства защиты.



Таблица 6.8 – Физико-химическая и санитарно-гигиеническая характеристика веществ

Цех	Вещество	Источник выделения	ПДК в рабочей зоне мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности, агрегатное состояние	Токсическое действие	Средства защиты (тип, марка)
Цех мойки	Щелочь	Моющие растворы	2 мг/м <sup>3</sup>	Аэрозольное состояние	поражение центральной нервной системы раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей	Спец-одежда

Результаты анализа вредных производственных факторов приведены в таблице 6.9. В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74\* [25] определяем опасные производственные факторы и средства защиты оборудования. Результаты анализа опасных производственных факторов приведены в таблице 6.10.

Таблица 6.9 – Вредные производственные факторы и средства защиты

Цех, отделение	Наименование	ПДУ, доза	Действие на организм человека	Индивидуальные средства защиты
Прессовый цех	влаговыделения, тепловыделения	$\varphi \leq 75\%$ , $t < 27^\circ\text{C}$	быстрое утомление, головная боль, сонливость, сердечно-сосудистые осложнения, перегрев, возможен тепловой удар	спецодежда
	вибрация	92 дБ	вибрационная болезнь рук (дистрофические нарушения в мышцах, нарушения вегетативно-сосудистой регуляции)	спецобувь, рукавицы с демпфирующей прокладкой
	шум	ПС-75	неспецифические изменения нервной и сердечно-сосудистой систем. Расстройство слуха	защитные наушники

Таблица 6.10 – Опасные производственные факторы и средства защиты оборудования

Наименование оборудования	Опасности		КИП и предохранительные приборы	Средства и способы защиты
	Локальные	Опасные аварии и инициаторы взрыва		
Элеватор	Мт, Эл	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	заземление, защитное ограждение, специальное покрытие пола
Сепаратор	Мт, Эл	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	заземление, защитное ограждение, специальное покрытие пола
Магнитная колонка	Эл	-	система автоматической индикации и сигнализации	заземление, защитное ограждение, специальное покрытие пола
Машина ручально-веечная	Мт, Эл	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	заземление, защитное ограждение, специальное покрытие пола
Станок малый вальцовый	Мт	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	защитное ограждение
Конвейер скребковый	Мт	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	защитное ограждение
Жаровня	То, Мт	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	Теплоизоляция, защитное ограждение, специальное покрытие пола
Пресс	Мт, Эл	Мр	система автоматической индикации и сигнализации	заземление, защитное ограждение, специальное покрытие пола
Фильтр пресс	Псп	-	-	защитное ограждение, специальное покрытие пола

### 6.3 Безопасность производственного оборудования и технологических процессов

В соответствии со стандартом производственное оборудование должно обеспечивать требования безопасности при монтаже, эксплуатации, ремонте, транспортировании и хранении, при использовании отдельно или в составе агрегатов, линий, систем.

Производственное оборудование в процессе эксплуатации не должно загрязнять окружающую среду выбросами вредных веществ выше установленных норм; должно быть пожаро- и взрывобезопасным; не должно создавать опасности в результате воздействия влажности, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низких давлений и температур, агрессивных веществ и других факторов.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию и процессам определены ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [26] и ГОСТ 12.3.002-75 «Процессы производственные. Общие требования безопасности» [32].

Результаты анализа взрывопожароопасных свойств веществ и материалов, используемых в производстве, приведены в таблице 6.11

Таблица 6.11 – Взрывопожароопасные свойства веществ и материалов, используемых в производстве

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Параметры технологического процесса			НКПВ, ВКПВ, %, или г/м <sup>3</sup>	Температура самовоспламенения, °С	Величина мин энергии зажигания, мДж	Максимальное давление взрыва, кПа	Источники инициирования взрыва
		t, °С	P, кПа	v, м/с					
масло подсолнечное	жидкость	70	100	0,003	-	370	-	-	механическая искра, статическое электричество, короткое замыкание

Степень взрывозащиты электрооборудования (технологическое оборудование и светильники) соответствует – IP 54 согласно ГОСТ Р 51330.0-99 «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования» [28].

Результаты анализа средств пожаротушения представлены в таблице 6.13.

Таблица 6.12 – Характеристика взрывозащиты оборудования и степени его защиты

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Параметры технологического процесса			НКПВ, ВКПВ, %, или г/м <sup>3</sup>	Температура самовоспламенения, °С	Величина min энергия зажигания, мДж	Максимальное давление взрыва, кПа	Источники инициирования взрыва
		t, °С	P, кПа	v, м/с					
Полиэтилен	Твердый	-	-	-	20	380	10	600	Искры различной природы
Древесина	Твердый	-	-	-	30	255	-	520	Искры различной природы

Таблица 6.13 – Характеристика средств пожаротушения

Цех	Горючее вещество	Класс и подкласс пожара	Степень огнестойкости здания	Категория помещения по пожаровзрывоопасности	Первичные средства пожаротушения (огнетушители)		Автоматические средства пожаротушения
					Тип	Кол-во	
Прессовый	электроустановки	Е	II	В	углекислотный 5л	2	ОСП-2
					порошковый 5л	2	
	масло подсолнечное	В 1			хладоновый 2л	4	

Требования к молниезащите зданий и сооружений установлены РД 34.21.122.-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» и СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» и представлены в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Сведения о молниезащите здания и сооружения

Район расположения цеха	Среднегодовая продолжительность гроз, п	Вид объекта	Тип зоны молниезащиты	Категория молниезащиты	Тип молниезащиты
Новосибирск	40-60	4	Промышленное здание, П-П	I	стержневой

В разделе произведен анализ условий труда в цехе экстракции, выделены вредные и опасные производственные факторы. Рекомендовано мероприятия по улучшению условий труда.

## 7 ЭКОЛОГИЯ

### 7.1 Источники и виды выбросов

С увеличением производства растительных масел и других масложировых продуктов возрастает количество выбросов в атмосферу предприятиями масложировой промышленности.

Анализ выбросов в атмосферу приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Анализ выбросов в атмосферу предприятиями масложировой промышленности РФ

Выброшено, тыс. т			Уловлено и обезврежено, тыс. т		
2000г.	2002-2003 гг.	2005г.	2000 г.	2002-2003 гг.	2005 г.
53,6	50,0	71,2	41,5	39,5	56,4

Данные указаны для полноценных маслопрессовых и маслоэкстракционных заводов.

### 7.2 Защита водоемов от загрязнений

По характеру загрязнений воды, сбрасываемые масложировыми предприятиями, можно разделить на две основные группы:

- 1) условно чистые воды для охлаждения в теплообменном оборудовании через закрытую поверхность;
- 2) сточные воды, образующиеся в процессе производства.

Воды первой группы характеризуются повышенной температурой и относятся к чистым. Степень их загрязненности зависит, прежде всего, от качества воды, применяемой с целью охлаждения. Воды этой группы не должны смешиваться с производственными сточными водами, которые нуждаются в более тщательной очистке.

Воды второй группы относятся к стокам, сильно загрязненным органическими веществами (жирами, органическими кислотами, альдегидами и т.д.), которые находятся в виде взвешенных веществ и эмульсий. Количество и качество производственных сточных вод в отдельных цехах неодинаковы, что обусловлено различиями в технологических процессах.

Сточные воды, отводимые из цеха экстракции, имеют температуру около 40°C. Они мутные, имеют желто-молочную окраску и отличаются резким запахом прогорклого жира. Окисляемость этих сточных вод в среднем 200 мг/дм<sup>3</sup> и содержание жира - 200-2625,6 мг/дм<sup>3</sup>. Присутствующие

в сточной воде органические азотистые вещества после нейтрализации сточных вод легко переходят в состояние гниения.

### 7.3 Методы очистки сточных вод

Очистка сточных вод, образующихся на различных стадиях производства, является завершающей технологической операцией переработки масел и жиров. Способы очистки подбираются для каждого цеха (отделения) применительно к конкретным условиям с учетом состава и количества загрязнений сточных вод.

Методы, применяемые для очистки производственных сточных вод, можно разделить на четыре группы: механические, химические, физико-химические, биологические [10].

В комплекс очистных сооружений, как правило, входят сооружения механической очистки. В зависимости от требуемой степени очистки они могут дополняться сооружениями химической, биологической либо физико-химической очистки, а при более высоких требованиях в состав очистных сооружений включаются сооружения глубокой очистки. Перед сбросом в водоем очищенные сточные воды обеззараживают. Образующийся на всех стадиях очистки осадок или избыточная биомасса поступает на сооружения по обработке осадка. Очищенные сточные воды направляют в оборотные системы водообеспечения промышленных предприятий, на сельскохозяйственные нужды или сбрасывают в водоем. Обработанный осадок утилизируют, уничтожают или складывают.

Механические методы очистки. Механическую очистку применяют для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей. Как правило, она используется для предварительной очистки, т.е. для подготовки сточных вод к биологической или физико-химической очистке, и обеспечивает снижение содержания взвешенных веществ до 90%, органических - до 20%. Механические методы предусматривают очистку сточных вод путем отстаивания, процеживания, центрифугирования и фильтрования. Содержащиеся в очищаемой воде грубодисперсные частицы и коллоидные примеси с плотностью, превышающей плотность воды, осаждаются под действием сил тяжести в отстойниках, жироловушках различного типа. Жироловушки бывают цеховые и дворовые, по форме прямоугольные или цилиндрические. Внутри жироловушек устанавливаются поперечные перегородки, не достигающие до дна. Назначение их - изменение скорости движения и увеличение времени пребывания сточных вод в жироловушке с целью более полного отделения примесей. Цеховые жироловушки по размерам значительно меньше дворовых, и продолжительность отстаивания промстоков в них составляет 5-10 мин. Дворовые жироловушки рассчитываются на время пребывания в них стоков не менее 2 ч. Всплывающие на поверхность жировые и другие примеси,

отделяемые от основной массы сточных вод вручную, с помощью специальных скребков или пневматических устройств, собираются в специальный сток жироловушки или бак, откуда периодически откачиваются на мыловаренный завод, уловленный жир или масла перетапливают и используют для получения технических жиров, масел, а также как кормовые добавки, а осевший шлам подвергают сжиганию [10].

Для очистки сточных вод от частиц суспензий можно использовать фильтрацию через различные ткани или зернистые материалы (фильтры).

Наиболее эффективным с точки зрения качества очистки этих вод является метод ультрафильтрации, представляющий собой супертонкую фильтрацию через полимерную пористую пленку (мембрану). Технологическая организация процесса разделения позволяет получать в результате два потока: очищенный и сконцентрированный, содержащий концентрат жиров и масел. Степень очистки воды составляет не менее 99 %, а содержание органики в ней обусловлено наличием растворимых веществ, в основном мыла, глицерина и т. д. Их при необходимости также можно удалить, применяя более тонкопористые мембраны (обратный осмос и нанофильтрацию).

В настоящее время в связи с действующими жесткими требованиями к защите окружающей среды, с учетом разработки и производства эффективных мембран, а также наличием оборудования настало время внедрения ультрафильтрации на предприятиях масложировой отрасли [10].

Концентрация жиров в исходной воде колеблется в пределах 10000-30000 мг/дм<sup>3</sup>, но в результате только первой стадии ультрафильтрации снижается до 150-300 мг/дм<sup>3</sup>. Установка работает периодически: накопленные исходные стоки из емкости при температуре 55°C поступают на установку, из которой выходит очищенная вода и подконцентрированный поток, который возвращается в емкость. Такая многократная циркуляция приводит к накоплению в концентрате жиров до концентрации 8-15% по массе, после чего емкость опорожняется. Данный концентрат вывозится на мыловаренный завод по выгодной цене, что существенно снижает эксплуатационные расходы.

Производительность установки составляет 1,5 м<sup>3</sup>/час, при этом она занимает площадь примерно 20 м<sup>2</sup> с зонами обслуживания (без баков). Потребляемая мощность – 7-10 кВт, масса – 1000 кг.

Для более тонкой очистки стоков от растворенных органических соединений и следов масел, а также для целей умягчения и обессоливания воды выпускается оборудование с мембранными элементами в виде рулонов.

Эффективность очистки с применением механических методов невелика (для жироловушек не превышает 60 %). Поэтому после механической очистки сточных вод следует использовать другие методы для выведения из них тонкодиспергированных, коллоидных и растворенных примесей [10].



Повышение эффективности работы сооружений механической очистки сточных вод позволяет сохранить объемы последующих сооружений и соответственно снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

Биологический метод очистки основан на биологическом окислении содержащихся в сточных водах органических соединений.

Биологическое окисление осуществляется микроорганизмами (биоценозом), включающими множество различных бактерий. Такое разнообразие обусловлено наличием в очищаемой воде органических веществ различных классов.

Нормальный процесс биологического окисления органических загрязнений сточных вод должен обеспечиваться целым рядом условий. Если эти условия не соблюдаются, необходимо их корректировать: изменять температурный режим за счет подогрева и охлаждения сточных вод; осуществлять их нейтрализацию; при недостатке биогенных элементов в сточную воду добавлять их искусственно в виде суперфосфата, аммиачной воды, аммофоса и др. Биологическое окисление примесей сточных вод естественным образом включено в общий биологический круговорот биосферы. Каким бы сложным не было вещество, в природе находятся микроорганизмы, способные расщепить его полностью или частично. Таким образом, процессы биологического окисления в сооружениях далеко не всегда идут до конца, т.е. до образования  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . В воде после биологической очистки могут появляться вещества (промежуточные продукты), которых не было в исходной сточной воде, иногда даже более токсичные для водоемов, чем первоначальные соединения. Поэтому определение состава промежуточных и конечных продуктов процесса биологического окисления органических веществ – большая и очень сложная проблема, решение которой применительно к очистке сточных вод находится лишь в начальной стадии. Необходимость решения диктуется повышенными требованиями к стандартному состоянию водоемов, предупреждению из загрязнения и истощения.

Физико-химические методы очистки играют значительную роль при обработке производственных сточных вод. Они применяются и как самостоятельные, и в сочетании с механическими и биологическими методами очистки. В последние годы область применения физико-химических методов очистки расширяется, причем наиболее эффективно применение этих методов при локальной очистке сточных вод промышленных предприятий. К физико-химическим способам очистки относятся коагуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, диализ и т.д. [10].

Флотация - служит для очистки производственных сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества, жиры, масла.

Различают следующие способы флотационной обработки сточных вод:

- флотация с выделением воздуха из раствора (вакуумные и напорные установки);

- флотация с механическим диспергированием воздуха (им-пелерная), осуществляемая путем механического диспергирования воздуха с помощью вращающейся турбины;

- флотация с подачей воздуха через пористые материалы;

- электрофлотация.

Применение того или иного способа флотации зависит от состава сточных вод, необходимой степени очистки и обосновывается технико-экономическими расчетами.

Для полной очистки жиросодержащих сточных вод рекомендуется применять два метода очистки: биофлотационный способ и способ напорной флотации [10].

Бесфлотационный способ очистки сточных вод. Масложиросодержащие сточные воды, к которым относятся промывная вода после щелочной нейтрализации, мойки зажиренной аппаратуры, стирки промасленных салфеток, рекомендуется обрабатывать раствором хлористого кальция. При этом образуются не растворимые в воде кальциевые мыла. Эти мыла в момент образования и выдержки адсорбируют на себе жировые частицы, которые вместе с кальциевыми мылами легко отделяются от воды фильтрацией.

Напорная флотация. Сточные воды обрабатываются специальным реагентом (коагулянтом) и воздухом под давлением. В качестве коагулянта используется сернокислый алюминий, который в результате гидролиза образует гидроксид алюминия, обладающий свойством адсорбировать на своей поверхности загрязнения. Мельчайшие пузырьки воздуха, выделяющиеся из жидкости при снижении давления, прилипают к жировым частицам и выносят их на поверхность сточных вод. Очистку можно производить в одну или две ступени.

Оба этих метода применяют на крупнотоннажных маслозаводах и жирокOMBинатах.

Главными условиями для очистки методом флотации являются контакт достаточного количества пузырьков воздуха с удаляемыми веществами и их способность прочно закрепить частицы веществ.

На практике чаще всего используется рециркуляционный метод флотации, при котором часть оттока циркулирует и смешивается с притоком. Этот метод имеет ряд преимуществ перед другими методами очистки: хлопья, имеющиеся в притоке или образовавшиеся на предыдущем этапе, не разрушаются при разрежении и не ухудшают результат флотации; значительно снижается опасность возникновения нарушений (закупорка вентиляционных клапанов и т.д.); можно на некоторое время увеличить расход воздуха, что позволяет избежать неэкономичного непрерывного режима работы.

Высокие результаты при обработке многих разновидностей сточных вод дает метод флотации с механической обработкой газом. При помощи быстровращающегося звездообразного ротора воздух и вода всасываются и проводятся через неподвижный корпус отверстиями или шлицами. При этом воздух разбивается на маленькие пузырьки. Сточная вода с подлежащими удалению загрязняющими веществами всасывается ротором. Благодаря более высокой по сравнению с флотацией с понижением давления плотности пузырьков воздуха способ может эффективно использоваться при очистке масложирсодержащих сточных вод.

Электрофлотация также применяется в масложировой промышленности. При подаче напряжения между электродами происходит электролитическое разложение воды на водород и кислород. Образующиеся пузырьки газа имеют большую способность к сцеплению с твердым веществом или частицами грязи и успешно используются для получения эффекта флотации. Напряжение требуется от 8 до 10 В.

Установки для переработки сточных вод должны быть просты в обслуживании, легко применимы к меняющимся производственным условиям и приемлемы с точки зрения капиталовложений и производственных затрат.

Флотационные установки могут иметь круглую или прямоугольную форму. При флотации с понижением давления используются установки с круглым или прямоугольным бассейном. Основным отличием является зона притока, которая у флотационных установок должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечить оптимальный контакт между пузырьками воздуха и удаляемыми частицами. Важное значение имеет глубина бассейна, так как флотатор должен быть свободным от турбулентности, а пузырьки воздуха должны покрывать всю осветляющую поверхность, для чего необходимо определенное расстояние между поверхностью воды и зоной притока. Неудовлетворительные результаты очистки обусловлены большой высотой плоских бассейнов, слишком высокими пороговыми напряжениями стока чистой воды и неправильной конструкцией зоны притока [10].

Рекомендованы следующие параметры: для флотационных установок круглой формы диаметр бассейна от 3 до 20 м, в особых случаях - 24 м, максимальная глубина бассейна от 2,5 до 3,5 м; при прямоугольной форме ширина бассейна от 2 до 6 м, длина от 5 до 25 м, глубина от 2 до 3,5 м. Пороговая нагрузка от 30 до 40 м<sup>3</sup>/(м·ч). Если поперечное сечение, необходимое при прямоугольной флотации, делится на две части меньшей ширины, то условия протекания во флотаторе становятся более свободными от турбулентности и более стабильными.

Для известных круглых или прямоугольных бассейнов используются следующие параметры: нагрузка на осветляемую поверхность 6-8 м/ч, доля рециркуляции в притоке 20 - 50 %, рабочее давление 500 - 600 кПа (5-6 атм.).

Удаление жиров из сточных вод - важный вопрос технологии очистки воды. Известно, что жировые частицы прикрепляются к пузырькам во многих случаях по электростатическому механизму, в соответствии с которым силы электрического притяжения или отталкивания играют определенную роль. Процессом селективной электрической флотации можно управлять, добавляя в сточную воду реагенты, влияющие на формирование электрического заряда частиц и пузырьков. Процесс происходит с наибольшей эффективностью при использовании одного из электролизных газов, например водорода или кислорода, поверхности пузырьков которых всегда имеют определенный электрический заряд.

Технологическая схема обработки воды приведена на рисунке 7.1

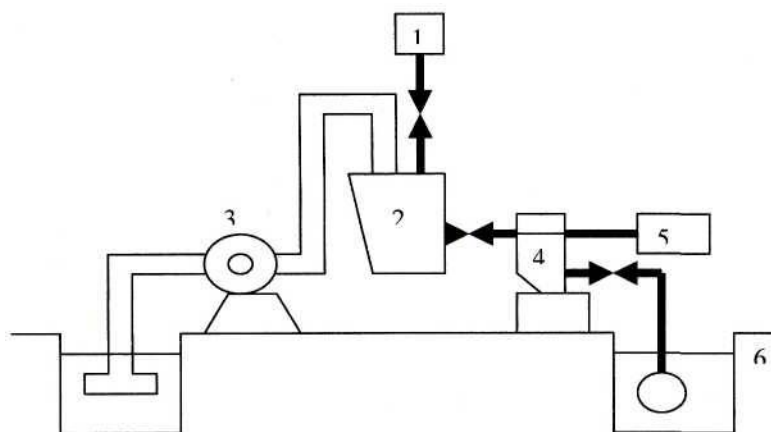


Рисунок 7.1 – Технологическая схема обработки воды

В линию входят дозатор реагентов 1, смесительный бак 2, подкачивающий насос 3, диафрагменный электролизер 4, бак для сбора шлама 5. Сточные воды обезжириваются методом селективной электролитической флотации. Очищенная вода сбрасывается в канализационный люк 6. Шлам, образовавшийся на поверхности обрабатываемой воды в диафрагменном электролизере, периодически сбрасывается специальным скребком в бак 5. Образовавшийся шлам можно утилизировать, сжигая его в смеси с нефтепродуктами в местных котельных.

Значительную долю отходов при производстве жиров составляют промывные воды, поэтому рациональная обработка их является важной технической задачей.

Промывные воды - слабоконцентрированные растворы мыла и нейтрального жира. Они содержат 0,8 - 3 % общего жира, в том числе до 50 % нейтрального. Состав промывных вод зависит от природы и качества перерабатываемого жира, но, главным образом, от качества работы на линиях рафинации. При небрежных спусках промывной воды из вакуум-промывных аппаратов, срывах гидрозатворов, превышении противодавления на сепараторах уносится значительное количество нейтрального жира.

Нейтральный жир содержится в промывной воде в заэмульгированном виде, а также в виде прослоек нейтрального жира в воде.

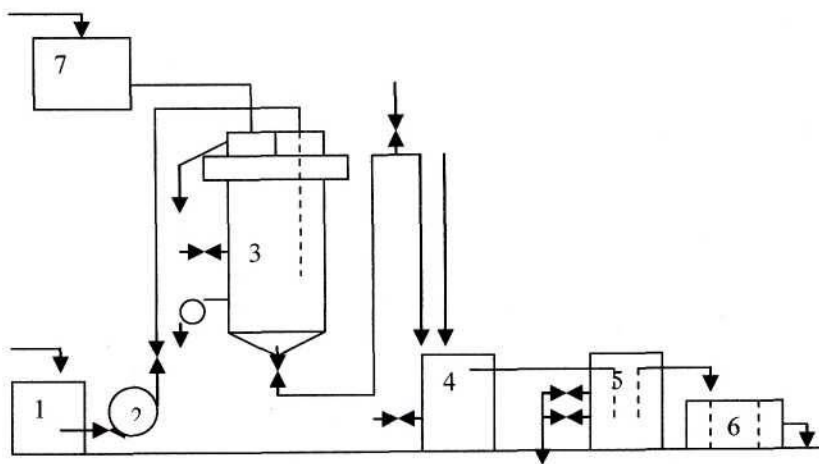
Обычно промывные воды направляются в жироловушку и затем перекачиваются на раскисление в периодически работающие чаны. Смесь нейтрального жира и эмульсии из жироловушек собирается в специальные аппараты, где нагревается до 80-90 °С и обрабатывается сухой солью для разрушения эмульсии.

Существует и другой способ обработки эмульсионных слоев: в эмульсионные жиры добавляется раствор поваренной соли, смесь эмульсии и водного раствора соли при перемешивании подается в сепаратор для отделения нейтрального жира.

Принципиальная схема обработки промывных вод показана на рисунке 7.2 [10].

Промывные воды самотеком с линии рафинации собираются в коробку 1, и когда она заполнится, автоматически включается насос 2, который откачивает промывные воды в бак-отстойник 3 вместимостью 10 м<sup>3</sup>. Чтобы улучшить отделение нейтрального жира, необходимо создать максимальную разность удельных весов жира и водно-мыльной фазы. Это достигается путем ввода раствора NaCl с массовой долей равной 0,3-0,5 % и нагревания промывной воды в баке до 85 - 90 °С. Пар для нагревания подается в змеевики бака 7. Температура воды регулируется регулятором. Нейтральный жир и жировая эмульсия собираются в верхней части отстойника 3.

Периодически поверхность бака-отстойника орошается концентрированным раствором хлорида натрия с массовой долей равной 8-10%. Выделившийся нейтральный жир из бака 7 по шарнирной трубе поступает на переработку.



1 - коробка; 2 - насос; 3 - бак-отстойник; 4 - чан; 5 - чан-отстойник;  
6 - жироловушка; 7 - бак.

Рисунок 7.2 – Технологическая схема обработки промывных вод

Промывная вода, практически не содержащая нейтрального жира, по переливной трубе из нижней части отстойника самотеком поступает на раскисление в чан 4, в который подается серная кислота. Перемешивание и поддержание температуры в пределах 85-90 °С ведется острым паром. Из чана 4 раскисленная вода самотеком поступает в чан-отстойник 5. Отстоявшиеся жирные кислоты периодически спускаются из верхней части чана 4 в сборник жирных кислот, а кислая вода из нижней части чана стекает в жироловушку 6, нейтрализуется в последней секции содой и сбрасывается в канализацию. Кислотность воды из чана поддерживается в пределах 0,15 - 0,35 %.

Производительность такой установки составляет 80 т перерабатываемых промывных вод в сутки. Предотвращается переход в soapstock около 50 т пищевого жира в год. Мыложиродержащие сточные воды I потока очищают таким образом: сточные воды поступают в реактор-турбулизатор, интенсивно смешиваются с раствором хлорида кальция с образованием кальциевых мыл. После 15-ти минутной экспозиции и медленного перемешивания в экспозиторе заканчивается процесс адсорбции образовавшимися кальциевыми солями нейтрального жира, частично красящих и других неомыляемых веществ, а также происходит укрупнение хлопьев кальциевых мыл - формирование осадка. Эта смесь поступает на фильтрацию. Очищенные сточные воды подлежат сбросу в канализацию, продукт очистки используется в качестве добавок в рацион сельскохозяйственных животных.

Характеристика сточных вод I потока приведена в таблице 7.2

Таблица 7.2 – Характеристика сточных вод I потока

Наименование загрязнителей	До очистки	После очистки
Взвешенные вещества	14000 мг/дм <sup>3</sup>	100 мг/дм <sup>3</sup>
Общее солесодержание	100 мг/дм <sup>3</sup>	3600 мг/дм <sup>3</sup>
Жиродержащие вещества	20000 мг/дм <sup>3</sup>	55 мг/дм <sup>3</sup>
БПК <sub>полн</sub>	12000 мг/дм <sup>3</sup>	120 мг/дм <sup>3</sup>
ХПК	28000 мг/дм <sup>3</sup>	150 мг/дм <sup>3</sup>
рН	6,5-7,5	6,5-7,5

Зажиренные сточные воды II потока перед сбросом в канализационную сеть поступают в контрольные цеховые жироловушки, из которых они собираются в отдельный коллектор и подаются в промежуточную емкость усреднителя. Для усреднения и накопления стока существуют две жироловушки, в которых кроме накопления и усреднения стоков происходит предварительная очистка сточных вод. Эффективность очистки составляет 30 %. Из промежуточных емкостей усредненный сток поступает в другую

промежуточную емкость, из которой забирается насосами и подается на двухступенчатую очистку. Результаты предварительной очистки зажиренных сточных вод II потока представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Химический состав сточных вод II потока

Наименование	До жироловушки	После жироловушки
Взвешенные вещества	585 мг/дм <sup>3</sup>	410 мг/дм <sup>3</sup>
Общее солесодержание	100 мг/дм <sup>3</sup>	100 мг/дм <sup>3</sup>
Жиродержащие вещества	700 мг/дм <sup>3</sup>	490 мг/дм <sup>3</sup>
БПК <sub>полн</sub>	500-600 мг/дм <sup>3</sup>	350-420 мг/дм <sup>3</sup>
ХПК	900-1100 мг/дм <sup>3</sup>	630-770 мг/дм <sup>3</sup>
рН	6,5-7,5	6,5-7,5
T, °С	24-30	24-30

Технологическая схема очистки сточных вод масложировой промышленности представлена на рисунке 7.3 [10].

Зажиренные сточные воды поступают в емкость-усреднитель для зажиренных сточных вод и самотеком поступают в промежуточную емкость, из которой забираются насосами и подаются на первую ступень очистки — жироловушки.

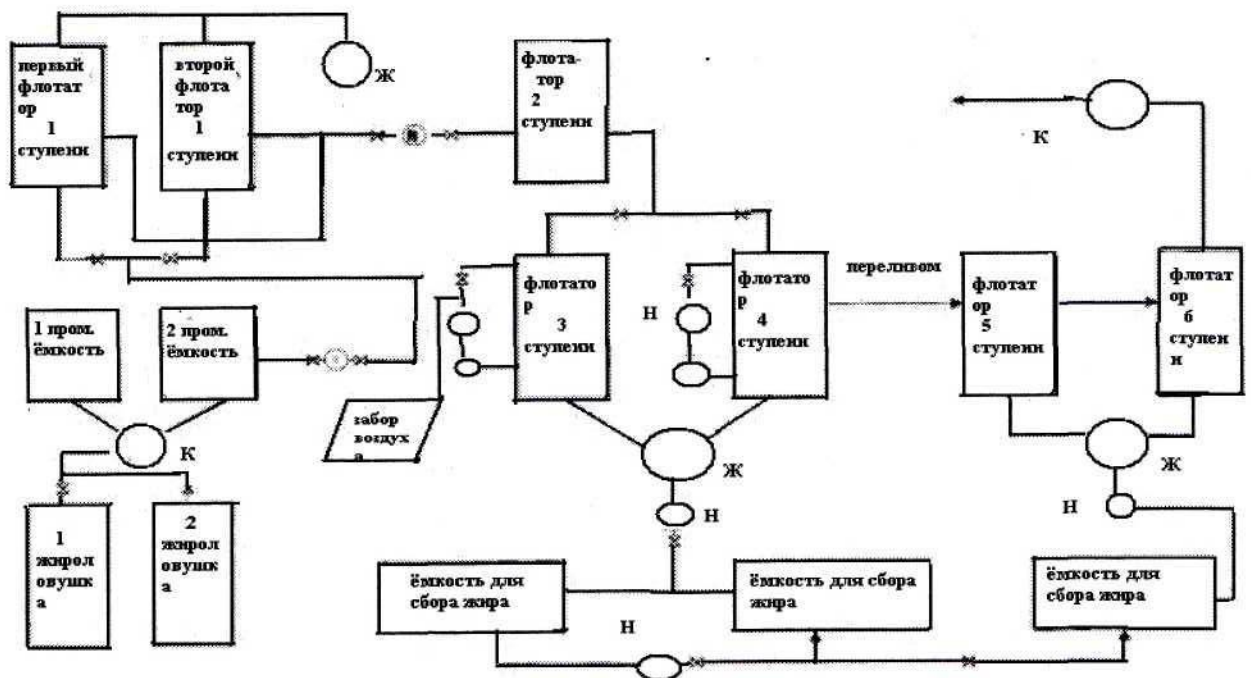


Рисунок 7.3 – Технологическая схема очистки сточных вод масложировой промышленности

На пути от промежуточной емкости до жироловушки производится насыщение сточных вод воздухом при помощи эжектора, установленного между всасывающим и напорным трубопроводами насоса. Стоки, насыщенные воздухом через напорный бак, подаются к жироловушке, для каждой жироловушки предназначен свой напорный бак. Зажиренные сточные воды, прошедшие очистку на жироловушках, самотеком поступают в промежуточную емкость, откуда забираются насосами и через напорный бак подаются на флотаторы. Для каждого флотатора предназначен один напорный бак. Насыщение зажиренных сточных вод воздухом производится при помощи эжектора. Зажиренные сточные воды, прошедшие очистку, после флотаторов, соединяются с неочищенными бытовыми сточными водами предприятия и поступают на городские очистные сооружения.

Всплывающий жир с поверхности жироловушек и жир в смеси с сернокислым алюминием с поверхности флотатора при помощи скребкового механизма собирается в пеноотводящий лоток, откуда самотеком поступает в пеносборник. Из пеносборников жир забирается насосами, подается в жиросборники и отправляется на мыловаренное производство. С целью расслоения жира и воды предусматривается подогрев в пеносборниках после жироловушек и флотаторов острым паром.

Для увеличения степени очистки на II ступени локальных очистных сооружений вводят раствор коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$  с массовой долей, равной 10 %, считая по безводному продукту. Расчетная доза коагулянта принимается  $150 \text{ мг/дм}^3$ . Место ввода рабочего раствора коагулянта – всасывающий трубопровод насоса, подающего воду из промежуточной емкости на II ступень очистки.

Эффективность очистки на локальных очистных сооружениях составляет 75 - 80 %. В настоящее время сточные воды с различных производств масложировой промышленности объединяются в один поток с последующей его очисткой классическими реагентными физико-химическими методами, главным недостатком которых является невозможность утилизации продукта очистки. Общий сток с различными загрязнениями всегда получается трудно очищаемым.

Показатели качества воды после очистных сооружений приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Показатели качества воды после очистных сооружений

Показатели	Содержание
Взвешенные вещества	до $40 \text{ мг/дм}^3$
Общее солесодержание	$100 \text{ мг/дм}^3$
Жировые вещества	до $40 \text{ мг/ дм}^3$
ХПК	$250-350 \text{ мг/дм}^3$
БПК <sub>полн</sub>	$150-200 \text{ мг/дм}^3$
pH	6,5
T, °C	24-30



Для достижения нормативных показателей сброса общего стока в канализацию экономически выгодно локально очистить самый сильнозагрязненный малообъемный сток одного производства, а не весь большой общий поток. Необходима локальная (цеховая) очистка, когда каждый цех очищает «свои» сточные воды, извлекает из них «свои» ценные компоненты и возвращает их в производство без изменения их физико-химических свойств.

Безреагентные мембранные технологии находят все большее применение в масложировой промышленности [33]. Разделение смесей мембранным способом производится при минимальных затратах энергии. Достоинством мембранных процессов, осуществляемых под давлением, является возможность их использования для одноступенчатого разделения смесей на коллоидном, молекулярном и ионном уровнях и даже для более тонкого разделения на основе разного заряда частиц и их молекулярной природы.

Жировые вещества почти не обладают осмотическим давлением, поэтому успешно выделяются из водного раствора ультрафильтрацией под давлением до 6 атм. Низкомолекулярные жирные кислоты и другие сопутствующие вещества, обладающие незначительным осмотическим давлением, также могут быть выделены нанофильтрацией. При больших осмотических давлениях (например, осмотическое давление морской воды - 25 бар) применяется обратный осмос.

В настоящее время в России наблюдается тенденция технического переоснащения заводов. Изменение технологии влечет за собой изменение качества образующихся производственных сточных вод. Они становятся более концентрированными, меняется их минеральный, биологический и органический состав, что вызывает необходимость внедрения системы локальных очистных сооружений.

В зависимости от санитарно-химических показателей загрязнения сточных вод предприятиями масложировой отрасли разрабатываются технологические схемы, ведется подбор оборудования для системы очистки, которая соответствует жестким российским природоохранным нормативам.

Многие проблемы, связанные с высокой загрязненностью стоков, позволяет решить биологический метод очистки, учитывающий следующие показатели: ВПК (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода), ПОУ (полный органический углерод), содержание азота (N), фосфора (P). Биомасса преобразует загрязнения в водную, минеральную и газовую составляющие.

#### 7.4 Защита воздушной среды от загрязнений

В соответствии с характером вредных примесей различают методы очистки воздуха от аэрозолей и от газо- и парообразных примесей. Все мето-

ды очистки определяются в первую очередь физико-химическими свойствами примесей, их агрегатным состоянием, дисперсностью, химическим составом [10].

Методы очистки от аэрозолей по их основному принципу можно разделить на: механические, электростатические, звуковую и ультразвуковую коагуляцию.

Механическая очистка газов включает сухие и мокрые методы. К сухим относится гравитационное осаждение, инерционное и центробежное пылеулавливание, фильтрация. В большинстве промышленных газоочистительных установок комбинируется несколько методов очистки, причем конструкции очистных аппаратов весьма многочисленны.

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запыленного газа с малой скоростью без изменения направления потока. Гравитационное осаждение действительно лишь для крупных частиц, диаметром более 50-100 мкм, степень очистки не превышает 40-50%. Метод пригоден для предварительной грубой очистки.

Инерционное пылеулавливание основано на стремлении взвешенных частиц сохранять первоначальное направление движения при изменении направления газового потока. Чаще всего применяют жалюзийные пылеулавливатели с большим числом щелей (жалюзи). Частицы пыли с размером меньше 20 мкм в жалюзийных аппаратах не улавливаются. Степень очистки в зависимости от дисперсности частиц составляет 20-70%. Помимо низкой эффективности недостаток этого метода – быстрое истирание или забивание щелей.

Центробежные методы очистки газов основаны на действии центробежной силы, возникающей при вращении очищаемого газового потока в очистном аппарате (циклоне) или при вращении частей самого аппарата (ротоклоны).

Циклоны применяются в промышленности для осаждения твердых аэрозолей. Газовый поток подают в цилиндрическую часть циклона тангенциально, он описывает спираль по направлению к дну конической части и затем меняет направление движения на  $180^{\circ}$  и устремляется вверх на выход через турбулизованное ядро потока у оси циклона. По конструкции циклоны подразделяются на циклические, конические и прямоточные. Под действием центробежной силы частицы пыли прижимаются к внутренним стенкам наружного цилиндра и скатываются в пылесборник. Циклоны широко применяются для улавливания частиц размерами более 10 мкм, то есть при грубой и средней очистке газа от аэрозолей.

В ряде случаев для очистки газового потока от взвесей применяются фильтры. В таких устройствах газовый поток проходит через волокно (фильтрующий материал), при этом частицы, обладающие инерцией, сталкиваются с ним и захватываются. В зависимости от фильтрующего

материала фильтры разделяются на: тканевые (хлопок, шерсть, химические волокна, и др.); волокнистые (стекловолокно, хлопок с асбестом, асбоцеллюлоза); зернистые (керамика, металлокерамика, пластмасса).

Наиболее совершенными и универсальными аппаратами для очистки выбросов от взвешенных частиц являются электрические фильтры, в основе работы которых лежит осаждение взвешенных частиц под действием электрических сил. Улавливание пыли в электрофильтрах включает следующие стадии: электрическая зарядка взвешенных в газе частиц; движение заряженных частиц к электродам; осаждение их на электродах и удаление осажденных частиц с электродов. Промышленные электрофильтры состоят из ряда заземленных пластин или труб, через которые пропускают очищаемый газ. Между осадительными электродами подвешены проволочные коронирующие (создают поле высокого напряжения 25-100 кВ) электроды. Степень очистки от аэрозолей – выше 90%. Недостатки этого метода – высокая себестоимость (капиталовложения и эксплуатационные расходы) и значительный расход энергии – до 0,1-0,5 кВт на 1000 м<sup>3</sup> очищаемого газа.

Фильтрация – весьма распространенный метод тонкой очистки газов. Ее преимущества – сравнительно низкая стоимость оборудования и высокая эффективность (до 99,9%) тонкой очистки. Недостатки – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

Методы «мокрой» очистки газовых выбросов от аэрозолей.

Мокрая очистка газов от аэрозолей основана на промывке газа жидкостью (обычной водой) при возможно более развитой поверхности контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью. Этот универсальный метод очистки газов от частиц пыли, дыма и тумана любых размеров наиболее распространен на заключительной стадии механической очистки (особенно для газов, подлежащих охлаждению). С этой целью применяют орошаемые циклоны (центробежные скрубберы); пенные аппараты; скрубберы Вентури.

Для увеличения размера частиц в аэрозолях можно применять методы звуковой и ультразвуковой коагуляции а также предварительной электризации, но при этом концентрация частиц аэрозоля должна быть не менее 2 мг/м<sup>3</sup>.

Рекуперация паров растворителя из газо-воздушных смесей

Пары растворителя из газо-воздушных смесей улавливаются в так называемых дефлегмационных установках. В этих установках для конденсации паров растворителя могут применяться три способа: а) конденсация охлаждением или сжатием; б) конденсация жидким адсорбентом; в) конденсация твердым адсорбентом.

Применение того или иного способа обуславливается техническими и экономическими соображениями. Так, для обработки газо-воздушных смесей

со значительными концентрациями паров летучего растворителя предпочитают применять конденсацию охлаждением, или компримированием; для средних концентраций— конденсацию жидким адсорбентом и для малых — конденсацию твердым адсорбентом.

Дефлегматоры охлаждения. Улавливание летучих, растворителей путем охлаждения газо-воздушной смеси основано на том, что все жидкости при данной температуре имеют при насыщении определенную упругость пара, зависящую только от характера жидкости. Содержание паров растворителя в воздухе над поверхностью конденсирующейся или испаряющейся жидкости определяется исключительно величиной упругости пара и температурой воздуха. Получить значительную конденсацию паров растворителя с помощью воды невозможно. Поэтому современные дефлегматоры маслоэкстракционных установок работают при температурах минус 10—15°, получаемых при помощи рассола (преимущественно CaCl<sub>2</sub>).

Схема дефлегмационной установки шнековых экстракторов и применяемая при этом аппаратура приведена на рисунке 7.4.

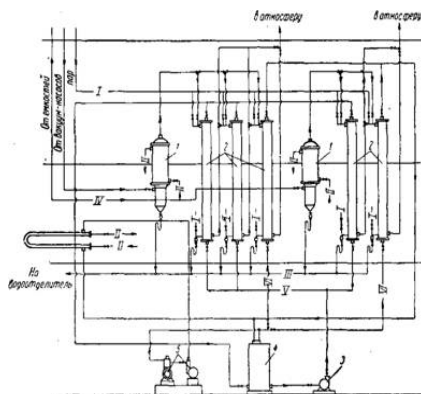


Рисунок 7.4 – Схема дефлегмационной установки шнековых экстракторов.

Смесь паров растворителя и воздуха из сборников, ресиверов, вакуум-насосов через охладитель газо-воздушной смеси 1 направляется на три дефлегматора 2, работающие последовательно. Из всех других аппаратов (мисцеллосборников, водоотделителей, бензиновых резервуаров и т. д.) смесь паров растворителя и воздуха (IV) проходит через аналогичный охладитель 1 и далее через два отдельных дефлегматора 2, работающих последовательно. Сконденсировавшиеся пары бензина и воды отводятся по линии, на водоотделитель, а воздух—в атмосферу. Все дефлегматорные колонки, кроме последних в системе, охлаждаются рассолом, циркуляция которого осуществляется при помощи насоса 3 по линиям V. Последние в системе дефлегматоры работают при непосредственном испарении аммиака в межтрубном пространстве, поступающего из компрессора 5 мощностью 20000 ккал/час холода по линиям VI. Пары аммиака из рефрижератора 4 и последних в системе дефлегматоров после охлаждения в холодильнике направляются в компрессор 5. Вода для охладителей подается по линиям II, а по линиям I подводит-

ся пар к колонкам для их разогрева (они могут обледенеть). При отогреве обледеневших колонн батареи переводятся на параллельную работу, чему способствует установленная коммуникация.

Дефлегмационная установка Де - Смета. В де - флегмационной установке Де-Смета газо-воздушная смесь охлаждается в конденсаторе смешения. В связи с необходимостью поддержания в экстракторе и других аппаратах экстракционного цеха небольшого разрежения, дефлегмационная установка Де-Смета снабжается пароэжектором. Аналогичными установками снабжаются экстракционные линии Лурги, Френча. и т. д. Установка Де-Смета на наших заводах работает по следующей схеме. Газо-воздушная смесь, засасываемая из окончательного конденсатора с помощью пароэжектора 1 (рисунок 7.5), поступает в дефлегматор орошения 2, где смесь орошается холодной водой через форсунку 3. Сконденсировавшиеся пары растворителя и воды отсюда через фонарь 4 отводятся на водоотделитель, а несконденсировавшиеся проходят на колонну 5 поверхностного охлаждения, производимого рассолом  $\text{CaCl}_2$ . Образовавшийся при этом конденсат отводится через фонарь 4 на водоотделитель, а несконденсировавшаяся смесь направляется дальше в колонну 6. Охлаждающий рассол из колонны 5 направляется в резервуар оборотного рассола 7. В колонне 6 газо-воздушная смесь для окончательного улавливания паров растворителя

Еще раз орошается рассолом, который вместе с конденсатом сливается в резервуар 7. Растворитель, отстоявшийся в резервуаре 7, отводится в водоотделитель, а рассол направляется к насосу 8, который нагнетает его в испаритель аммиака 9. Охладившись в испарителе 9, рассол напором того же насоса накачивается в дефлегмационную систему. Пары аммиака по выходе из испарителя 9 направляются в компрессор 10. Компримированные пары аммиака из компрессора с температурой  $80-100^\circ$  направляются в холодильник 11, а из него в испаритель 9, совершая таким образом круговорот. Температура рассола в испарителе при работе установки должна поддерживаться в пределах от минус  $15^\circ$  до минус  $20^\circ$ . При работе необходимо следить, чтобы рассол сохранял щелочную реакцию, для чего периодически в него добавляется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и двуххромовокислый калий.

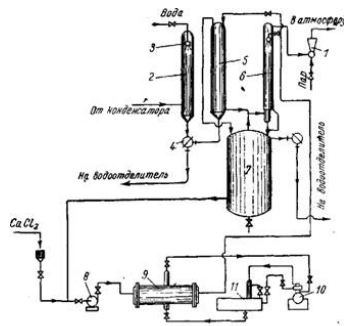


Рис. 7.7. Дефлегмационная установка Де-Смета.

Рисунок 7.5 Установка Де-Смета

## 8 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

### 8.1 Расчет условно годовой экономии

Модернизация оборудования – это частичное улучшение конструкции оборудования в целях повышения производительности, обеспечения условий труда и повышения качества продукции. Может осуществляться за счет средств амортизационного фонда или средств фонда накопления предприятия.

В данной дипломной работе модернизируем перемешивающий механизм жаровни и рубашку жаровни ЕТП -20, которые позволят улучшить раскрытие клеточной структуры семян, что приведет к увеличению выпуска получаемой продукции и его качества.

Расчет капитальных затрат на модернизацию выполняют путем составления сметы затрат, состоящей из следующих экономических элементов [6]:

- сырье и материалы;
- покупные изделия и полуфабрикаты;
- топливо и энергия;
- заработная плата рабочих с отчислениями на социальное страхование;
- прочие расходы.

Статья «Сырье и материалы» содержит расчет стоимости профильного и листового проката и т.п., материалов, из которых своими силами будут изготавливаться узлы и детали. (таблица 8.1)

Таблица 8.1 – Расчет стоимости сырья и материалов

Наименование материала	Единицы измерения	Кол-во единиц	Оптовая цена за единицу (руб.)	Общая стоимость (руб.)
1	2	3	4	5
Лист алюминиевый $3 \times 1950 \times 3000$ ГОСТ 19903–74 $12X18H10T$ ГОСТ 5582–75	м <sup>2</sup>	5	670	3350
Лист алюминиевый $3 \times 1400 \times 1400$ ГОСТ 19903–74 $12X18H10T$ ГОСТ 5582–75	м <sup>2</sup>	5	420	2100
$32 \times 4$ ГОСТ 19704–74 Уголок $См3$ ГОСТ 380–94	м	12	94	1128
$40 \times 4$ ГОСТ 19704–74 Уголок $См3$ ГОСТ 380–94	м	5	136	680
$100 \times 16$ ГОСТ 19704–74 Уголок $См3$ ГОСТ 380–94	м	5	702	3510

Швеллер $\frac{10 \text{ ГОСТ } 8240-72}{\text{Ст3 ГОСТ } 380-94}$	м	14	424	5936
Труба $40 \times 2,5 \text{ ГОСТ } 9941-72$	м	2	400	800
Итого				17504
Итог с транспортными расходами 4%				18204

В статью «Покупные изделия и полуфабрикаты» входит электродвигателей, муфт, подшипников, ножей, решеток, болтов, гаек, электродов для сварки ремней и т.п., которые будут приобретаться в готовом виде со стороны и использоваться для изготовления оборудования (таблица 8.2)

Таблица 8.2 – расчет покупных изделий.

Наименование изделия	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Общая стоимость, руб.
1	2	3	4
Подшипник 8000 ГОСТ6874-75	2	350	700
Сопло 35 ГОСТ 8752-70	2	140	280
Герметик	1	950	950
Шайба ГОСТ 6402-70			
12	8	12	80
16	12	10,5	126
27	8	11	88
Шайба ГОСТ 11872-73			
27	6	20	120
Шпонка ГОСТ 8788-70			
10x9x25	6	20	120
8x7x40	6	23	138
Проволока сварная МР-3 ГОСТ 9466-80	150	3	450
Итого			3052
Итог с транспортными расходами (4%)			3174,1

«Топливо и энергия». В статье учитывается стоимость всех видов топлива и энергии, необходимых для изготовления оборудования.

Таблица 8.3 – Расчет стоимости топлива и энергии.

Вид оборудования	Потребляемая мощность, кВт	Отработано, час.	Тариф за энергию, руб./кВт.–час	Общая стоимость, руб.
1	2	3	4	5
Токарно-винторезный станок 1К62	4.5	8	4.7	169,2
Вертикально-сверлильный станок 2Б125	2.5	6	4.7	70,5
Вертикально – фрезерный станок	5	12	4.7	282
Сварочный аппарат (электродуговая сварка)	6	10	4.7	282
Итого:				803,7

Заработная плата рабочих, занятых изготовлением нового оборудования, определяется в зависимости от их тарифного разряда и количества отработанного времени (таблица 8.4).

Таблица 8.4 – Расчет заработной платы рабочих

Профессия рабочего	Разряд	Тарифная ставка, руб./час	Отработано, час	Основная з/пл., руб.	Дополнительная з/пл. $6=5*0,25$	Сумма, руб. $7=5+6$
1	2	3	4	$5=3*4$	6	7
Токарь	6	105	14	1470	367,5	1837,5
Фрезеровщик	5	95	12	1140	285	1425
Слесарь для монтажа	2	68	2	136	34	170
Сварщик	5	90	10	900	225	1125
Итого:						4557,5



Таблица 8.5 – Смета затрат на модернизацию

Статьи затрат	Сумма, руб.
Сырье и материалы	18204
Покупные изделия	3174,1
Топливо и энергия	803,7
Заработная плата основная и дополнительная с отчислениями на социальное страхование (30,2 %)	5933,9
Прочие (накладные) затраты (170% от п. 4)	10087,63
Капитальные затраты на модернизацию	38203

Капитальные затраты на модернизацию равны сумме всех элементов сметы затрат.

Условно годовая экономия представляет собой суммарную экономию всех производственных ресурсов, которую получает предприятие в результате использования модернизированного оборудования.

Экономию по сырью, основным и вспомогательным материалам определяют как разность между нормами их расхода на единицу продукции до и после мероприятия, умноженную на годовой выпуск продукции после внедрения мероприятия [6].

$$Эс = (Нс1 - Нс2) * Цс * Агод$$

где Нс1, Нс2 – норма расхода сырья в натуральном измерении на единицу продукции до и после внедрения модернизации;

Цс – цена единицы сырья подсолнечника, 27000 руб./т.

Расчет объема производства представлен в таблице 8.6.

Таблица 8.6 - Расчет объема производства и реализации продукции

Вид продукции	Производительность ведущего оборудования, т/сут	Годовой фонд времени работы оборудования, сут	Планируемая переработка подсолнечника, т
Растительное масло	80	344	27520

$$Эс = (0,7 - 0,695) * 27000 * 27520 = 3\,715\,200 \text{ руб.}$$

Дополнительный расход амортизационных отчислений и затрат на текущий ремонт и содержание оборудования рассчитывается исходя из нормативов и величины капитальных вложений по базовому и новому оборудованию, представлен в таблице 8.6.

8.6 Таблица амортизационных отчислений

Наименования ОФ	Норматив	Величина, руб.
1	2	3
Текущий ремонт и содержание оборудования	4%	1528
Амортизация оборудования	15%	5731
Итого		7259

Расчет условно-годовой экономии представлен в табл. 8.7.

8.7- Сводная таблица условно-годовой экономии

Статьи затрат	Экономия, руб.	Дополнительный расход, руб.
1. Сырье	3 715 200	
4. Амортизационные отчисления		1528
5. Расходы на технический ремонт		5731
Итого	3 715 200	7259
Условно- годовая экономия	3707941	

## 8.2 Расчет годового экономического эффекта

Экономический эффект от модернизации действующего оборудования достигается, в большинстве случаев, за счет увеличения объема и качества выпускаемой продукции [6]

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \Delta\Pi - K_{\text{мод.}}$$

где-  $\Delta\Pi$ - прирост прибыли, включающий в себя условно годовую экономию, прибыль от повышения качества продукции и другие виды единовременной прибыли, руб.

$K_{\text{мод.}}$ - дополнительные капитальные вложения на модернизацию.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 3707941 - 38203 = 3669738$$

Определяем коэффициент экономической эффективности капитальных вложений [6]

$$K_{\text{эф}} = \frac{\Delta\Pi}{K_{\text{мод.}}} = \frac{3707941}{38203} = 97$$

Срок окупаемости капитальных вложений, год

$$T_{ок} = K_{мод}/\Delta\P$$

$$T_{ок} = 38203/3707941 = 0.01$$

В таблице 8.8 представлены результаты экономических расчётов внедряемого проекта.

Таблица 8.8 - Результаты экономической эффективности

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение
1	2	3
1. Производительность завода в сутки по семенам подсолнечник	тонн	80
2. Капитальные вложения	руб.	38203
3. Себестоимость единицы продукции	руб.	64
4. Годовой экономический эффект	руб.	3 669 738
5. Срок окупаемости капитальных вложений	год	0.01
6. Коэффициент экономической эффективности		97

Вывод:

В данном разделе рассчитан годовой экономический эффект от внедрения предложенной модернизации для предприятия по производству растительного масла, который составил 3 669 738 рублей, а коэффициент экономической эффективности капиталовложений в проект составил 97, что подтверждает эффективность и целесообразность внедрения проекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассмотрена линия по производству растительного масла прессовым способом, а также произведён подбор оборудования для проведения технологического процесса.

В работе шестичанной жаровни были выявлены узкие места, которые необходимо исключить путем модернизации действующего оборудования. Основой для решения данной задачи послужили материалы литературно-патентного обзора.

В дипломном проекте были проведены расчеты: технологический, конструктивный, прочностной, на ЭВМ и другие.

Произведена компоновка цехов, в которых размещена данная линия, имеется монтажный расчет и расчет крепления шестичанной жаровни к фундаментной площадке.

Наряду с этим были выявлены опасные и вредные факторы, которые имеют место при обслуживании всех единиц оборудования. Такие как поражение электрическим током; падение на скользком полу; механические травмы и другое.

В экономической части приведен расчет стоимости затрат на проведение модернизаций, рассчитан срок окупаемости и экономический эффект от предложенных модернизаций.

Также в данном дипломном проекте были предложены методы очистки сточных вод, которые образуются на производстве в связи с мойкой оборудования и различными аварийными выбросами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошевой Е. П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. – СПб: ГИОРД, 2001. – 368 с.
2. Масликов В. А. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 439 с.: ил.
3. Гавриленко И. В. Оборудование для производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 312 с.: ил.
4. Петров В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. – Кемеровский Технологический Институт Пищевой Промышленности. – Кемерово, 2002. – 136 с.
5. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
6. Даниленко М. И., Кирюхина А. Н. Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта. – Кемеровский Технологический Институт Пищевой Промышленности. – Кемерово, 2001. – 25 с.
7. Технологическое оборудование. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств: - учебно-методическое пособие/ А. Ф. Сорокопуд, В. И. Петров; Кемеровский Технологический Институт Пищевой Промышленности. – 2-е изд., испр. и доп. – Кемерово, 2006. – 108с.
8. Петров В. И. Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание оборудования; Кемеровский Технологический Институт Пищевой Промышленности. – Кемерово, 2003. – 160с.
9. Петров В. И. Основы проектирования предприятий пищевой промышленности. Учебное пособие; Кемеровский Технологический Институт Пищевой Промышленности. – Кемерово, 2003. – 120с.
10. Оборудование для очистки воздушных выбросов и сточных вод пищевых предприятий: Учеб. пособие / А. М. Гавриленко, Е. А. Рулыка. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 120 с.: ил.
11. Кошевой Е. П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств. – СПб: ГИОРД, 2005. – 232 с.: ил.
12. Руднев С. Д. Правило оформления выпускных квалификационных работ Кемеровского Технологического Института Пищевой Промышленности: методические указания для студентов всех форм обучения. – Кемеровского Технологического Института Пищевой Промышленности. – Кемерово, 2004. – 28 с,
13. Технология производства растительных масел/ В. М. Копейковский, С. И. Данильчук, Г. И. Гарбузова и др. / Под ред. В. М. Копейковского. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.

14. Алексеев Н. Д. Оборудование жиродобывающих производств. Пищепромиздат, 1943.
15. Оборудование предприятий масложировой промышленности / Б. Н. Чубинидзе, В. Х. Паронян, А. В. Луговой и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 725 с.: ил.
16. Белобородов В. В. Основные процессы производства растительных масел. – М.: Пищепромиздат, 1966. – 478 с.
17. Техника пищевых производств малых предприятий. Учеб. Пособие / С.Т. Антипов, В.Е. Добромиров, А.И. Ключников и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2007. – 696 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
18. Панфилов В.А. Теория технологического потока. – 2 – е изд., исправл. и доп. – М.: КолосС, 2007. – 319 с.: ил.
19. Электронный ресурс: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=1249>
20. Электронный ресурс: <http://1aya.ru/paper/art-51460.leaf-7.php>
21. Электронный ресурс: <http://refwin.ru/551770213.html#3>
22. Электронный ресурс: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-217987.html?page=4#1>
23. Электронный ресурс: <http://inethub.olvi.net.ua/ftp/library/share/homelib/spec51/...>
24. Электронный ресурс: <http://bestreferat.ru/referat-188664.html>
25. Электронный ресурс: <http://www.referat.ru/download/4Psx7Yx0iIManUh1aoOldw!!/ref-...>
26. Электронный ресурс: [http://fullref.ru/job\\_d64fd2a23b7a63d5b96b5a2605b4cd97.html](http://fullref.ru/job_d64fd2a23b7a63d5b96b5a2605b4cd97.html)
27. Электронный ресурс: <http://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0a65635b2ad78b5c43...>
28. Электронный ресурс: <http://dlib.rsl.ru/rsl01003000000/rsl01003028000/rsl01003028...>
29. Электронный ресурс: <http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004146000/rsl01004146...>
30. Электронный ресурс: <http://bib.convdocs.org/v3018/?download=1#10>
31. Электронный ресурс: <http://kubsau.ru/upload/iblock/72f/72f8154617805f7a86f08f346...>
32. Электронный ресурс: <http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002851000/rsl01002851...>
33. Электронный ресурс: <http://dlib.rsl.ru/rsl01003000000/rsl01003306000/rsl01003306...>
34. Электронный ресурс: <http://davaiknam.ru/text/podsolnechnoe-maslo>
35. Электронный ресурс: <http://tekhnosfera.com/ochistka-zhirsoderzhaschih-stochnyh-v...>
36. Электронный ресурс: [http://studopedia.net/8\\_24985\\_sistemi-ochistki-vozduha.html](http://studopedia.net/8_24985_sistemi-ochistki-vozduha.html)