



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Техника и технологии пищевых производств»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения курсового  
проекта по дисциплине

# **«Расчёт и конструирование машин пищевой промышленности»**

Авторы

Механцева И.Ю.,  
Рябов А.А

Ростов-на-Дону, 2016



## Аннотация

В методических указаниях определены цели и задачи курсового проектирования, закрепляющего знания курса дисциплины «Расчёт и конструирование машин пищевой промышленности», развивающего умение и навыки решения конструкторских и технологических задач, инженерных расчётов, а также готовящего обучающихся к выполнению дипломных проектов

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Техника и технологии пищевых производств» Механцева И.Ю.

старший преподаватель кафедры «Техника и технологии пищевых производств»  
Рябов А.А.



## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| 1 Задачи и тематика КП.....   | 4  |
| 2 Состав и объём КП.....  | 5  |
| Рекомендации к выполнению разделов КП .....   | 6  |
| 2.1 Технология производства пищевого продукта (должен<br>быть указан вид продукта)..... | 6  |
| 2.2 Анализ машин – аналогов. ....   | 7  |
| 2.3 Разработка технического задания на .....<br>проектирование.....                     | 7  |
| 2.4 Разработка функциональной схемы машины и<br>технологический расчет .....            | 7  |
| 2.5 Разработка кинематической схемы и ее расчет.....                                    | 10 |
| 2.6 Энергетический расчет .....   | 12 |
| 2.7 Специальные расчеты .....   | 13 |
| 3 Графическая часть. ....   | 14 |
| 4 Приложения .....  | 17 |
| Приложение 1.....   | 17 |
| Приложение 2.....   | 19 |
| Приложение 3.....   | 21 |
| Приложение 4.....   | 22 |
| Приложение 5.....   | 30 |
| Приложение 6.....   | 31 |
| Приложение 7.....   | 35 |
| Список использованных источников .....  | 38 |

## 1 ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КП

Курсовой проект - самостоятельная работа обучающегося, целью и задачами которой являются закрепление знаний курса дисциплины «Расчёт и конструирование машин пищевой промышленности», развитие умения и навыков решения конструкторских и технологических задач, инженерных расчётов, а так же подготовка студентов к выполнению дипломных проектов [5]

Тематика курсовых проектов весьма разнообразна и может включать широкую номенклатуру машин пищевого производства [Приложение 1]

Тема курсового проекта формулируется как «Машина (аппарат) для выполнения определённой технологической операции с заданной производительностью»

## 2 СОСТАВ И ОБЪЁМ КП

КП состоит из графической части (3-4 листа формата А1) и пояснительной записки ПЗ (25-40 листов формата А4)

Графическая часть в соответствии с заданием может включать:

- функциональную схему машины или аппарата
- кинематическую схему
- сборочный чертёж машины или аппарата (чертёж общего вида сложных машин может быть заменён ГЧ либо принципиальной схемой), либо чертежом рабочих органов машины.
- чертёж сборочной единицы
- чертежи деталей высокой группы сложности.

Таблица 1

Состав и объём ПЗ.

| Состав  | Объем,<br>с | Примечание                   |
|---|-------------|------------------------------|
| Титульный лист  | 1           |                              |
| Задание   | 1           |                              |
| Содержание  | 1 – 2       | Приложение 2                 |
| Введение  | 1 – 2       |                              |
| Основная часть  |             |                              |
| - Технология производства пищевого продукта                       | 4 – 6       |                              |
| - Анализ машин-аналогов   | 4 – 6       |                              |
| - Разработка технического задания на проектирование               | 1 – 2       |                              |
| - Разработка функциональной схемы машины и технологический расчет | 4– 10       | Приложение 4<br>Приложение 5 |
| - Разработка кинематической схемы и ее расчет                     | 3 – 5       | Приложение 6                 |
| - Энергетический расчет   | 1 – 2       |                              |

|                                  |       |              |
|----------------------------------|-------|--------------|
| - Специальные расчеты            | 1 – 2 |              |
| Заключение                       | 1     |              |
| Список использованных источников | 1     |              |
| Спецификации                     |       | Приложение 7 |
| Всего листов                     | 25-40 |              |

### Рекомендации к выполнению разделов КП

Пояснительная записка

**Титульный лист** – стандартный, выдается на кафедре, не нумеруется

**Задание** – стандартное, выдается на кафедре, не нумеруется

**Содержание** – перечень наименований всех разделов, подразделов с указанием номера страницы (**Приложение 2**)

На первом листе содержания выполняется **основная надпись** ПЗ

**Полное наименование машины на титульном листе, в основной надписи ПЗ и в тексте ПЗ должно быть одинаковым**

Обозначение изделия и всех конструкторских документов (**Приложение 3**) по ГОСТ [17] указывается в соответствующей графе основной надписи (ПЗ, спецификаций, чертежей и т.д.)

**Введение** – кратко отражает актуальность темы, подтвержденную показателями состояния и развития пищевой отрасли, связанной с темой проекта, и завершается формулированием цели проекта. [7]

## 2.1 Технология производства пищевого продукта (должен быть указан вид продукта)

Раздел включает:

- описание продукта, требование к его качеству по ГОСТ, техническому регламенту или другой нормативной документации;
- описание исходного сырья, его физико-механических свойств, его технологических свойств, обуславливающих требования к его переработке;
- описание технологического процесса, представление его общей схемы как перечня операций;

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

- описание операции, выполняемой заданной машиной с выделением технологических требований к материалу до и после операции.

### 2.2 Анализ машин – аналогов

Раздел включает:

- перечень или классификацию машин, предназначенных для выполнения заданной операции;
- краткое описание устройства и работы машин – аналогов, включая базовую модель;
- таблицу технических характеристик с указанием марок машин, анализ показателей и обоснование выбора базовой модели

### 2.3 Разработка технического задания на проектирование

Раздел включает:

- наименование машины, её обозначение, назначение с техническими требованиями, обеспечивающими выполнение заданной операции, место в технологическом процессе;
- состав машины и требования к конструктивному устройству;
- принцип действия рабочих органов и описание работы машины

### 2.4 Разработка функциональной схемы машины и технологический расчет

Раздел включает:

- Разработку функциональной схемы машины согласно техническому заданию.
- Схема приводится и в записке, и в графической части проекта. В записке на схеме указываются конструктивные и кинематические параметры, которые присутствуют в расчетах. [18, 7]
- расчет конструктивных, кинематических и силовых параметров рабочих органов машины и прочих, которые влияют на технологический процесс. [14]
- Важнейшей характеристикой машины является производительность. В курсе «Расчет и конструирование машин пищевой промышленности» обучающиеся знакомились с основными видами производительности

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

- действительная (фактическая);
- теоретическая;
- технологическая. [12]

Теоретическая производительность машины определяется количеством продукции, которую могла бы выпустить машина в единицу времени при бесперебойной и непрерывной работе.

Действительная производительность, являясь функцией от теоретической, зависит еще также и от условий эксплуатации машины и условий организации производства.

Отношение действительной производительности к теоретической называется коэффициентом использования машины.

Технологическая производительность определяется тем количеством продукции, которое выпущено машиной, не имеющей потерь на холостые ходы, подходы и выстои. К таким относятся машины непрерывно-поточного действия. Для них теоретическая производительность одновременно является и технологической.

В технической документации и расчётных формулах под производительностью обычно подразумевается **теоретическая** [12].

В задании студенту указана **теоретическая** производительность машины.

Технологический расчет включает в себя определение следующих параметров пищевого оборудования:

- размеров рабочих органов, рабочих объемов, и их характеристик;
- скорости рабочих органов;
- технологических сил<sup>1</sup>, работы или мощности, потребной для переработки пищевого продукта.

Исходные данные:

- производительность машины;
- состав машины и конструктивное устройство её частей, и, следовательно, форма рабочих органов;

---

<sup>1</sup> технологические силы - силы производственного сопротивления, на преодоление которых затрачивается работа, необходимая для выполнения технологического процесса. Величина этих сил зависит от многих факторов: физико-механических свойств технологического материала, вида, скорости и режимов его обработки и их определение служит для дальнейшего расчета мощности, прочности и других характеристик машины.



## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

– технологические свойства пищевого продукта и режимы его обработки берутся студентом из ТЗ и предыдущих разделов ПЗ курсового проекта.

В общем виде связь производительности с определяемыми параметрами:

$$Q = \frac{V_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}}} = \frac{V_{\text{раб}} \cdot u}{L}$$

Первая часть формулы, которая определяет  $Q$  или рабочий объем  $V_{\text{раб}}$  через  $t$  пребывания, требуемое для осуществления того или иного технологического процесса, обычно применяется при расчете аппаратов. Вторая часть формулы содержит скорость движения рабочего органа  $u$  и путь  $L$ , и применима для расчета машин.

Расчетные формулы для каждого типа машин, связывающие заданную производительность с конструктивными параметрами, даны в источнике литературы. [14, 15]. Там же приведены расчеты или обоснованный выбор скорости воздействия рабочих органов или рабочей среды на обрабатываемый продукт. Режимы воздействия должны исключать отрицательные последствия обработки и снижения пищевой ценности продукта.

Исходя из скорости воздействия рабочих органов и найденных или принятых из конструктивных соображений размеров рабочих органов, вычисляются необходимые скорости движения самих рабочих органов.

Зная конструктивные и кинематические характеристики рабочих органов, можно определить технологические (полезные) затраты мощности [15].

К ним относятся затраты мощности на валу рабочего органа.

В общем виде мощность, затрачиваемая на механическую обработку продукта, составляет:

– при поступательном движении рабочих органов машины:

$N_n = R \cdot u_1$ , где  $R$  – сила воздействия рабочего органа на обрабатываемый продукт, или сила сопротивления продукта,  $u_1$  – линейная скорость рабочего органа относительно продукта, м/с

– при вращательном движении рабочих органов маши-

ны:  $N_B = M_B \cdot \omega_B$ , где  $M_B$ -вращающийся момент, Нм;  $\omega_B$  - угловая скорость рабочего органа относительно продукта,  $c^{-1}$ .

Силы сопротивления- это технологические силы, на преодоление которых затрачивается работа, необходимая для выполнения технологического процесса. Обычно технологические силы определяют экспериментальным или расчетным путем на этапах предварительных исследований. Их значения берутся в качестве справочных или рекомендованных.

Для студентов необходимые расчеты и рекомендации для определения потребной мощности заданного типа пищевого оборудования приведены в источнике [14], а пример разработки функциональной схемы машины и её технологический расчет в **Приложении 4**.

## 2.5 Разработка кинематической схемы и ее расчет

Исходными данными для построения кинематической схемы являются:

- техническое задание (технические требования к машине)
- функциональная схема и технологический расчет.

Разработка кинематической схемы оборудования заключается в оптимальном выборе передающих устройств, осуществляющих передачу движения от источника энергии к рабочему органу устройства.[11]

В качестве источника движения наибольшее распространение в пищевом оборудовании нашли асинхронные электродвигатели различных типоразмеров [8].

Для выбора электродвигателя должны быть известны:

- требуемая мощность;
- условия эксплуатации (график нагрузки и пр.)

Требуемую мощность предварительно задают по расчетной нагрузке<sup>2</sup>, учитывая КПД всего привода. Тип и марку электродвигателя выбирают по каталогу [8], задавая частоту враще-

---

<sup>2</sup> Силы, вращающий момент или мощность на валу рабочего органа, определенные в технологическом расчете. При необходимости рассчитываются или задаются силы трения и динамические силы. Как правило, студентами эти силы учитываются с помощью коэффициентов, принимаемых с учетом проектирования оборудования заданного типа [3, 8]

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

ния предпочтительно из ряда синхронных частот 750,1000,1500,3000  $\text{МИН}^{-1}$ . [11]

Рабочий орган машины может совершать виды движения: вращательное, поступательное, сложное.

Также надо учесть, сколько рабочих органов, как они расположены в пространстве.

Для передачи вращательного движения в плоскости используют ременные, цепные, зубчатые передачи.

При передачи движения в разных плоскостях принимают комплекс механических передач, редуктор.

Для преобразования одного вида движения в другой применяют исполнительные механизмы: эксцентрикковые, реечные передачи, передачи гайка-винт и т.д. [12]

Студент выбирает передающие устройства и, при необходимости, исполнительные механизмы, то есть выстраивает кинематическую цепь машины, которую рассчитывает:

-определяет общее передаточное отношение:

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{р.о}}}$$

где  $n_{\text{дв}}$ -частота вращения ротора электродвигателя,  $\text{МИН}^{-1}$ ;  $n_{\text{р.о}}$ -частота вращения рабочего органа,  $\text{МИН}^{-1}$

-разбивает по ступеням (передачам).

Общее передаточное отношение [8] согласно справочным данным<sup>3</sup>:

$$i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_i$$

где  $i_i$ - передаточное отношение  $i$ -той ступени привода.

-определяют конструктивные размеры каждого передаточного механизма. Для зубчатых и цепных передач- это определение числа зубьев, для ременных- определение расчетного диаметра шкивов и т.д.[1, 8].

<sup>3</sup> следует учесть, что каждая передача характеризуется определенным интервалом передаточного отношения с кинематической точки зрения, а с точки зрения компоновки- межосевым расстоянием.

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

– определение частоты вращения каждого звена, каждого передаточного механизма (каждого вала) кинематической цепи. При необходимости - определение скоростей исполнительных механизмов- реек, плунжеров, кривошипно-шатунных и т.д.

Кинематический расчет является исходным для энергетического расчета, а также при необходимости для силового расчета машины или отдельных исполнительных механизмов.

Пример в **приложении 6**.

### 2.6 Энергетический расчет

Энергетический расчет, как правило, сводится к определению мощности электродвигателя. [8, 14]

Исходными данными являются:

– технологические силы или затраты энергии на полезную работу или потребная мощность на валу рабочего органа (при указаниях в расчетах [14]) с учетом сил непроизводственного сопротивления;

– расчеты кинематической цепи всех элементов привода.

Мощность электродвигателя определяется по формулам:

$$N_{дв} = \frac{F \cdot v}{\eta_{общ}} = \frac{M_B \cdot \omega_B}{\eta_{общ}} = \frac{A}{\eta_{общ} \cdot t} = \frac{N_{р.о.}}{\eta_{общ}}$$

Где:

F- рабочая сила, Н

v- линейная скорость рабочего органа относительно продукта, м/с

$M_B$ - вращающийся момент, Нм

$\omega_B$ -угловая скорость рабочего органа,  $c^{-1}$

A- работа рабочих органов, Нм

t- время работы рабочих органов, с

N- мощность, потребная рабочим органам, Вт

$\eta_{общ}$ - коэффициент полезного действия (КПД) всего привода, равный произведения частных КПД передач, входящих в привод:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_i,$$

где  $\eta_i$  - КПД  $i$ -той передачи.

По найденной мощности двигателя уточняют его тип и марку, предварительно выбранные в п.5, при необходимости делая перерасчет кинематической цепи.

## 2.7 Специальные расчеты

К ним относятся необходимые теплотехнические, гидравлические и прочие расчеты, которые могут быть как основными для определенного вида оборудования, так и вспомогательными, что зависит от задания на проектирование.

Рекомендации к расчетам, как правило, можно найти в учебной литературе и технической документации.

### 3 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

При выполнении графической части курсового проекта студент должен использовать и соблюдать правила ЕСКД и другие государственные стандарты [7, 16, 17, 18, 19].

Состав графической части проекта - в п. 2.

В проекте разрабатываются две схемы:

- комбинированная функциональная С2
- кинематическая функциональная К2.

Количество схем на оборудование должно быть минимальным, но в совокупности они должны содержать сведения в объеме, достаточным для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта [19].

Схема функциональная выполняется студентом как схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных элементах, устройствах, функциональных группах.

Схемами функциональными пользуются для изучения принципов работы машин и аппаратов, а также при их наладке, контроле и ремонте.

Элемент схемы - составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в оборудовании и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение и собственные условные графические обозначения [19], а устройство-совокупность элементов, представляющих единую конструкцию (подающие устройство, выпускное устройство и т.д.).

Кинематическая схема представляет собой чертеж, на котором дано изображение всех элементов привода от электродвигателя до рабочих органов, их соединение и взаимоположение, направленное на осуществление, управление, регулирование и контроль заданных законов движения.

Схемы - функциональную и кинематическую выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное положение составных частей не учитывают или учитывают приближенно.

Графическое обозначение элементов (устройств) и соединяющие их линии связи располагают так, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре оборудования и взаимодействия его составных частей.

Графическое обозначение элементов (устройств) в

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

кинематической схеме принимают согласно ЕСКД [16], а в функциональной схеме применяют нестандартизированные условные обозначения и упрощенные внешние очертания с соответствующими пояснениями.

Элементы (устройства) должны иметь обозначения в соответствии со стандартами, могут быть буквенными и цифровыми. Каждому кинематическому элементу, изображенному на схеме, присваивают порядковый номер, начиная от источника движения. Валы нумеруются римскими цифрами, остальные элементы (передающие устройства) - арабскими.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы, оформляют в виде таблицы. В кинематических схемах в перечень элементов входят только передающие устройства (шкив, редуктор, зубчатое колесо и т.д.).

На схемах помещают различные технические данные (материальные потоки в машине, обозначение валов и их частоты вращения и т.д.).

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы машины, которое обеспечивают возможности её сборки и контроля;
- техническую характеристику;
- технологические требования;
- размеры и предельные отклонения, которые должны быть выполнены по данному чертежу,
- номера позиций составных частей;
- габаритные, установочные и присоединительные размеры, которые являются справочными.

Основным конструкторским документом являются:

- спецификация;
- чертеж деталей.

Поэтому все составные части сборочного чертежа СБ нумеруют в соответствии с номерами позиций в спецификации.

Спецификация оформляется по ЕСКД ГОСТ 2.108-68 и состоит из разделов:

- документация;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

– материалы.

Пример – в **приложении 7**

Чертежи деталей содержат её изображение и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.



## 4 ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Тематика курсовых проектов

Тема курсового проекта формулируется как «Машина (или аппарат) для выполнения определенной технологической операции с заданной производительностью».

|    | <b>Машина</b>                              | <b>Пример *</b>                       |
|----|--|---------------------------------------|
| 1  | Вибрационный сепаратор по типу А1-БСК      | с.62,рис.2.16,рис.2.17                |
| 2  | Триерный блок по типу ЗАВ-10               | с.90,рис.3.4,рис.3.5,рис.3.6          |
| 3  | Дисковый триер по типу А9-УТ2К-6           | с.98,рис.3.9,рис.3.10                 |
| 4  | Наждачная обочная машина по типу ЗНМ-5     | с.117,рис.4.9                         |
| 5  | Обочная машина по типу Р1-БОС              | с.115,рис.4.7,рис.4.8                 |
| 6  | Щеточная машина по типу А1-БЩМ-12          | с.122,рис.4.11,рис.4.12               |
| 7  | Энтолейтор по типу РЗ-БЭЗ                  | с.126,рис.4.14                        |
| 8  | Машина для увлажнения зерна по типу А1-БШУ | с.194,рис.7.5,рис.7.6                 |
| 9  | Вальцовый станок по типу ЗМ2               | с.234,рис.9.1,рис.9.2                 |
| 10 | Вальцовый станок по типу А1-БЗМ            | с.239,рис.9.3,рис.9.4,рис.9.5,рис.9.6 |
| 11 | Вальцовый станок по типу Р6-БЗ-5Н          | рис.9.8, рис.9.9,рис.9.10,рис.9.11    |
| 12 | Вальцовый станок по типу ВС                | с.255,рис.9.16                        |
| 13 | Центробежный измельчитель по типу ИЦ-1     | с.269,рис.9.28,рис.9.29               |
| 14 | Вымольная машина по типу А1-БВГ            | с.272,рис.9.31                        |
| 15 | Жмыхоломач по типу А1-ДЖП                  | с.283,рис.10.3                        |

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

|    |   |   |
|----|---|---|
| 16 | Молотковые дробилки серии 2Д  | с.293,рис.10.9                            |
| 17 | Дробилки типа ММ  | с.289,рис.10.7                            |
| 18 | Шелушильно-шлифовальная машина по типу А1-ЗШН-3                           | с.309,рис.11.2                            |
| 19 | Шелушильный станок по типу 2ДШС-3   | с.313,рис.11.5                            |
| 20 | Рассев по типу ЗРШ  | с.340,рис.12.1,рис.12.2,рис.12.3,рис.12.4 |
| 21 | Виброцентрофугал по типу РЗ-БЦА   | с.401,рис.12.46                           |
| 22 | Падди-машина по типу ТА/1   | с.410,рис.12.51                           |
| 23 | Пресс-гранулятор по типу Б6-ДГВ   | с.527,рис.15.3                            |
| 24 | Питатель-смеситель по типу Б6-ДГВ   | с.528,рис.15.4                            |
| 25 | Смеситель одновальный периодического действия для комбикормов по типу СТК | с.497                                     |
| 26 | Бурат по типу ЦМБ-3   | с.77,рис.2.30                             |

\* Демский А.Б., Веденьев В.Ф.

Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов. –М.: Де Ли принт, 2005. -760с.

## Приложение 2

### Пример 1

## Содержание

|   |  |
|---|--|
| Введение.....   |  |
| 1 Технология производства рисовой крупы.....  |  |
| 1.1 Описание рисовой крупы и требований к ее качеству.....                            |  |
| 1.2 Технологические свойства исходного сырья (зерен риса).....                        |  |
| 1.3 Технологический процесс производства рисовой крупы.....                           |  |
| 1.4 Требования к операции шелушения зерен риса.....                                   |  |
| 2 Анализ машин аналогов.....  |  |
| 2.1 Классификация машин, предназначенных для выполнения операции шелушения.....       |  |
| 2.2. Обзор современных машин - аналогов.....  |  |
| 2.3 Выбор базовой модели.....   |  |
| 3 Разработка технического задания на проектирование .....                             |  |
| 4 Разработка функциональной схемы машины шелушильной и ее технологический расчет..... |  |
| 4.1 Разработка функциональной схемы.....  |  |
| 4.2 Технологический расчет.....   |  |
| 5 Разработка кинематической схемы машины шелушильной и ее расчет.....                 |  |
| 6 Энергетический расчет.....  |  |
| Заключение.....   |  |
| Список использованных источников.....   |  |
| Приложение (спецификации).....  |  |

|           |      |          |         |      |                                      |                          |      |        |
|-----------|------|----------|---------|------|--------------------------------------|--------------------------|------|--------|
|           |      |          |         |      | <b>РКМП.77.00.00.000 ПЗ</b>          |                          |      |        |
| Изм.      | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                                      |                          |      |        |
| Разраб.   |      | Иванов   |         |      | Машина шелушильная для<br>зерна риса | Лит.                     | Лист | Листов |
| Провер.   |      | Петров   |         |      |                                      |                          | 4    | 46     |
| Реценз.   |      |          |         |      |                                      | <b>ДГТУ Кафедра ТТПП</b> |      |        |
| Н. Контр. |      |          |         |      |                                      |                          |      |        |
| Утверд.   |      | Тв-      |         |      |                                      |                          |      |        |

## Приложение 2 Пример 2

### Содержание

Введение.....

1. Подготовка семян подсолнечника для производства растительного масла

1.1 Требования к подготовке семян подсолнечника для производства растительного масла

1.2 Описание исходного сырья - семян подсолнечника

1.3 Описание технологического процесса подготовки семян подсолнечника для производства растительного масла

1.4 Описание операции очистки семян подсолнечника от примесей, выполняемой воздушно-ситовым сепаратором

2. Обзор конструкций машин-аналогов для очистки семян подсолнечника

2.1 Классификация воздушно-ситовых сепараторов.....

2.2 Обзор машин - аналогов .....

2.3 Выбор базовой модели

3. Разработка технического задания на проектирование.....

4. Разработка функциональной схемы и технологический расчёт сепаратора воздушно-ситового

4.1 Разработка функциональной схемы согласно ТЗ.....

4.2 Технологический расчёт.....

5. Разработка кинематической схемы сепаратора воздушно-ситового и её расчёт

6. Энергетический расчёт.....

Заключение.....

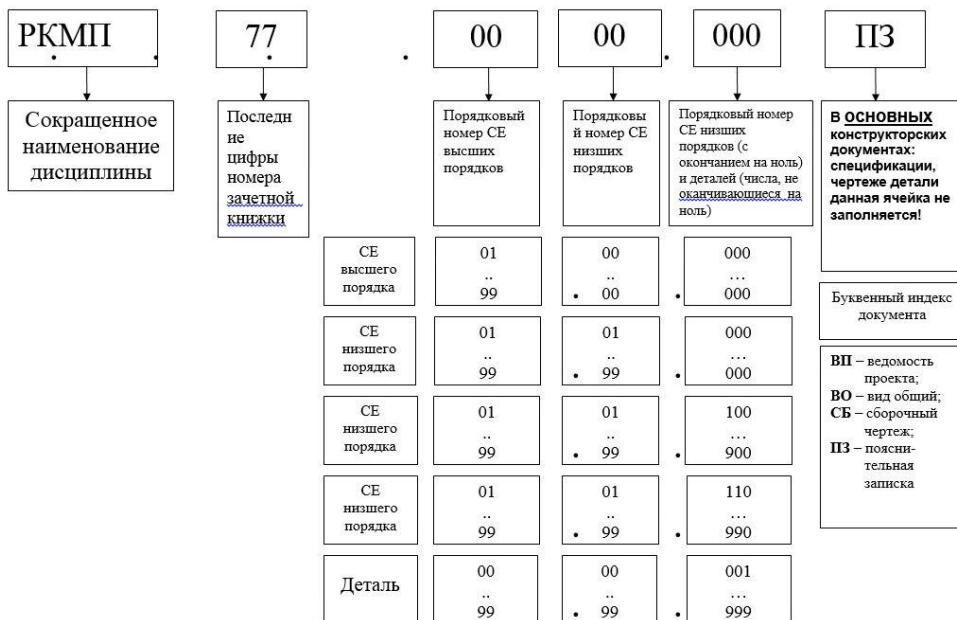
Список использованных источников.....

Приложения (Спецификация)

|             |             |                 |                |             |                             |             |               |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------------------|-------------|---------------|
|             |             |                 |                |             | <b>РКМП.77.00.00.000 ПЗ</b> |             |               |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                             |             |               |
| Разраб.     |             | Иванов          |                |             | <i>Лит.</i>                 | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| Провер.     |             | Петров          |                |             |                             | 4           | 46            |
| Реценз.     |             |                 |                |             | <b>ДГТУ Кафедра ТТПП</b>    |             |               |
| Н. Контр.   |             |                 |                |             |                             |             |               |
| Утверд.     |             | Туполь-         |                |             |                             |             |               |

### Приложение 3

#### Обозначение конструкторских документов курсового проекта



## Приложение 4

### 4. Разработка функциональной схемы и технологический расчёт сепаратора воздушно-ситового.

#### 4.1 Разработка функциональной схемы согласно ТЗ.

Для разработки функциональной схемы определим состав устройств сепаратора, осуществляющих заданные функции

Табл. 4.1 Функции сепаратора и осуществляющие их устройства.

| Функция                                | Устройство                                       |
|--|--|
| Подача                                 | Приёмная камера с питателем                      |
| Пневмосепарирование, осаждение относов | Пневмоканал 1 и 2 продувки, аспирационные камеры |
| Сепарирование по ширине и толщине      | Ситовый кузов с ситами                           |
| Выделение металлической примеси        | Магнитный уловитель                              |
| Вывод и сбор фракций                   | Лотки  |

Исходя из ТЗ, производительности и вида перерабатываемого продукта выбираем следующую компоновку рабочих органов и вспомогательных устройств машины (рис. 4.1).

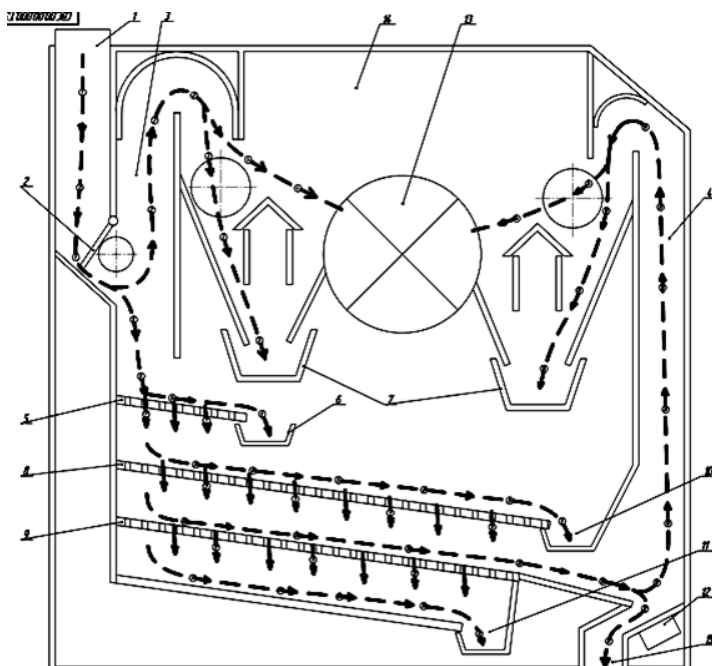


Рис 4.1 Функциональная схема сепаратора

Сепаратор состоит из аспирационного устройства, ситового кузова, загрузочного и выгрузных устройств. В состав аспирационного устройства входят: два вентилятора, два пневмоканала, две осадочные камеры. Ситовый кузов включает три сита: приемное, сортировочное, подсевное.

Исходными данными для расчёта являются заданная производительность  $Q=1000$  кг/час и требования к очистки семян подсолнечника.

#### 4.2 Технологический расчёт

Для проведения технологического расчёта принимаем расчётную схему (рис. 4.2)

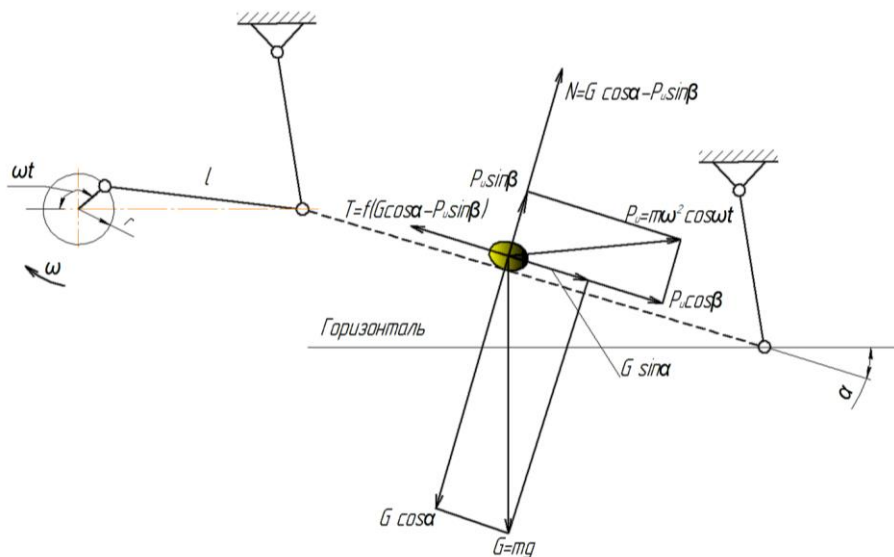


Рис. 4.2. Расчетная схема сепаратора  
(случай  $\alpha = \beta$ )

$r$  – радиус кривошипа (эксцентриситет, амплитуда колебаний сита);

$l$  – длина шатуна, при этом  $l \gg r$  (в 50 и более раз);

$\omega$  – угловая скорость кривошипа;

$G$  – сила тяжести ( $G = m \cdot g$ ;  $m$  – масса частицы,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>);

$P_i$  – сила инерции;

$F$  – сила трения;

Исходные данные для расчёта конструктивных параметров сепаратора воздушно ситового для обработки семян подсолнечника:

$Q$  – производительность 1000 кг/час (0,28кг/сек);

$\alpha$  – угол наклона сита к горизонту 140°;

$\beta$  – угол между плоскостью сита и направлением колебаний

110°;

$\rho$  – объёмная масса подсолнечника 760 кг/м<sup>3</sup>;



## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

$f$  – коэффициент трения подсолнечника по ситы 0,14.  
 Исходя из конструктивных соображений принимаем радиус кривошипа  $r=7$  мм  
 Подбор сит  
 Исходя из требований к очистке выбираем размеры отверстий в ситах:  
 Приёмное сито -  $\varnothing 15$  мм.  
 Сортировочное сито -  $\varnothing 8$  мм.  
 Подсевное сито -  $\varnothing 5$  мм.  
 Расположение отверстий в ситах выбираем как показано на рис 4.3

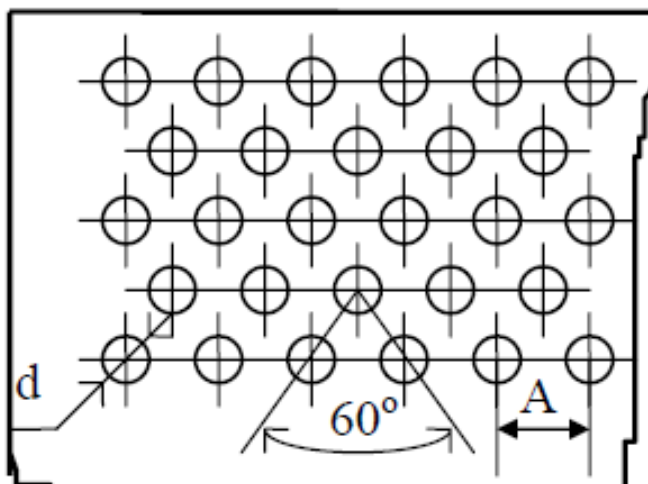


Рис 4.3 Форма расположения отверстий в ситах

Расчет ведем по подсевному ситы. Для подсевных сит рекомендуемое значение  $q$  (удельной нагрузке на 1 см ширины сита, кг/с) – 0,012-0,017

2. Габаритные размеры сита (В и L)

Рабочая ширина:

$$B' = \frac{Q}{q}$$

где  $Q$  – производительность по исходному продукту, кг/с;  
 $q$  – удельная нагрузка на 1 см ширины сита, кг/с.

$$B' = \frac{0,28}{0,012} = 23,3(\text{см}) = 233(\text{мм})$$

Конструктивная ширина сита:

$$B = 1,2 \cdot B'$$

$$B = 1,2 \cdot 233 = 280 \text{ (мм)}$$

Длину сита определим из рекомендуемого соотношения

$$L = (2,3 - 2,8) \cdot B'$$

$$L = 280 \cdot 2,5 = 700 \text{ (мм)}$$

### 4.3 Расчёт кинематической характеристики.

Условия сепарирования на плоских ситах, установленных под углом  $\alpha$  и совершающих возвратно-поступательное движение от эксцентрикового привода – движение частиц вверх-вниз по сити без подбрасывания.

Рассчитаем частоту вращения эксцентрикового вала  $n_в$  привода сит, обеспечивающую перемещение частиц **вверх** по сити

$$n_в = 30 \sqrt{\frac{\text{tg}(\varphi + \alpha)}{r}}$$

$$n_в = 30 \sqrt{\frac{\text{tg}(20^\circ + 14^\circ)}{0,007}} = 294 \text{ мин}^{-1} \quad \text{где } \varphi = 20^\circ \text{ соответ-}$$

ствует  $f = 0,14$ .

Рассчитаем частоту вращения эксцентрикового вала  $n_n$  привода сит, обеспечивающую перемещение частиц вниз по сити.

$$n_n = 30 \sqrt{\frac{\text{tg}(\varphi - \alpha)}{r}}$$

$$n_n = 30 \sqrt{\frac{\text{tg}(20^\circ - 14^\circ)}{0,007}} = 116 \text{ мин}^{-1}$$

Определим условие, исключающее подбрасывание зерна на сите

$$n_n \leq \frac{30}{\sqrt{r \cdot \text{tg} \alpha}} \leq \frac{30}{\sqrt{0,007 \cdot \text{tg} 14^\circ}} \leq 717,7 \text{ мин}^{-1}, \text{ и установим}$$

пределы частоты вращения эксцентрика:  $294 < n < 718$ .

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

Принимаем частоту вращения эксцентрика  $n = 300 \text{ мин}^{-1}$ .

Рассчитаем среднюю скорость транспортирования продукта по решетку

Среднюю скорость перемещения частиц по сепарирующей поверхности решета определим по зависимости приведенной в работе [14]:

$$v = r \cdot \omega \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{\varepsilon \cdot Z}{\sin \varepsilon} \right)^2} \cdot \left[ \frac{2}{\pi} \cdot f \cdot \operatorname{tg} \beta \left( \operatorname{tg} \varepsilon - \varepsilon + \frac{\pi}{2} \right) - 1 \right],$$

где  $\varepsilon = \pi \frac{K}{K-1}$ ,

$$K = \frac{Z_-}{Z_+},$$

$$Z_+ = \frac{g}{r \cdot \omega^2} \operatorname{tg}(\varphi - \beta),$$

$$Z_- = -\frac{g}{r \cdot \omega^2} \operatorname{tg}(\varphi + \beta),$$

Подставим значения в вышеприведенные выражения:

$$Z_+ = \frac{9,8}{0,007 \cdot 32^2} \operatorname{tg}(20^\circ - 11^\circ) = 0,216$$

$$Z_- = -\frac{9,8}{0,007 \cdot 32^2} \operatorname{tg}(20^\circ + 11^\circ) = -0,821,$$

$$K = \frac{-0,821}{0,216} = -3,8,$$

$$\varepsilon = \pi \frac{-3,8}{-3,8-1} = 2,48 \text{ рад } (135,5^\circ).$$

Для найденного значения  $\varepsilon$  определим его функции:

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

$$\sin \varepsilon = \sin 135,5^\circ \approx \cos(135,5^\circ - 90^\circ) \approx 0,701,$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \operatorname{tg} 135,5^\circ = -0,982,$$

Рассчитаем среднюю скорость перемещения частиц по сепарирующей поверхности решета

$$v = 0,007 \cdot 32 \cdot 0,982 \cdot (-0,54) \sqrt{1 - \left( \frac{2,363 \cdot 0,183}{0,701} \right)^2} \cdot \left[ \frac{2}{\pi} \cdot 0,14 \cdot 0,194 \cdot \left( -0,982 - 2,363 + \frac{\pi}{2} \right) - 1 \right]$$

$$v = 0,095 \text{ м/с.}$$

#### 4.4. Проверочный расчёт производительности

Выполним проверочный расчёт производительности сепаратора исходя из рассчитанных конструктивных и кинематических параметров сепаратора.

$Q = V' \cdot h \cdot v \cdot \rho$ , где  $V'$  – расчетная ширина ситового кузова,  $V' = 0,233 \text{ м}$ ;

$h$  – заданная начальная толщина слоя продукта поступающего на сепарирующую поверхность сита в технологически допустимых пределах,  $h = 0,015 \text{ м}$ ;

$\rho$  – плотность (объемный вес)  $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$ .

$$Q = 0,280 \cdot 0,015 \cdot 0,095 \cdot 760 = 0,25 \text{ (кг/с)} = 908 \text{ кг/час}$$

Полученная производительность с запасом удовлетворяет требованиям качественного осуществления технологического процесса

Рассчитаем массу груза балансира для уравнивания ситового кузова:

$$m_2 = \frac{m \cdot r}{R}, \text{ где } m \text{ – масса ситового корпуса с продуктом;}$$

$R$  – радиус положения центра тяжести груза, принятый из конструктивных соображений.

Суммарная масса ситового корпуса, определяется исходя из того, что его конструкция имеет приёмное, подсевное и сортировочные сита, каждое со своим слоем обрабатываемого материала, и, учитывая данные его параметров, принимаем  $m = 150 \text{ кг}$ .

$$m_2 = \frac{150 \cdot 0,007}{0,15} = 7 \text{ кг}$$

Для того, чтобы избежать значительных неуравновешенных сил, действующих в вертикальном направлении и являющихся

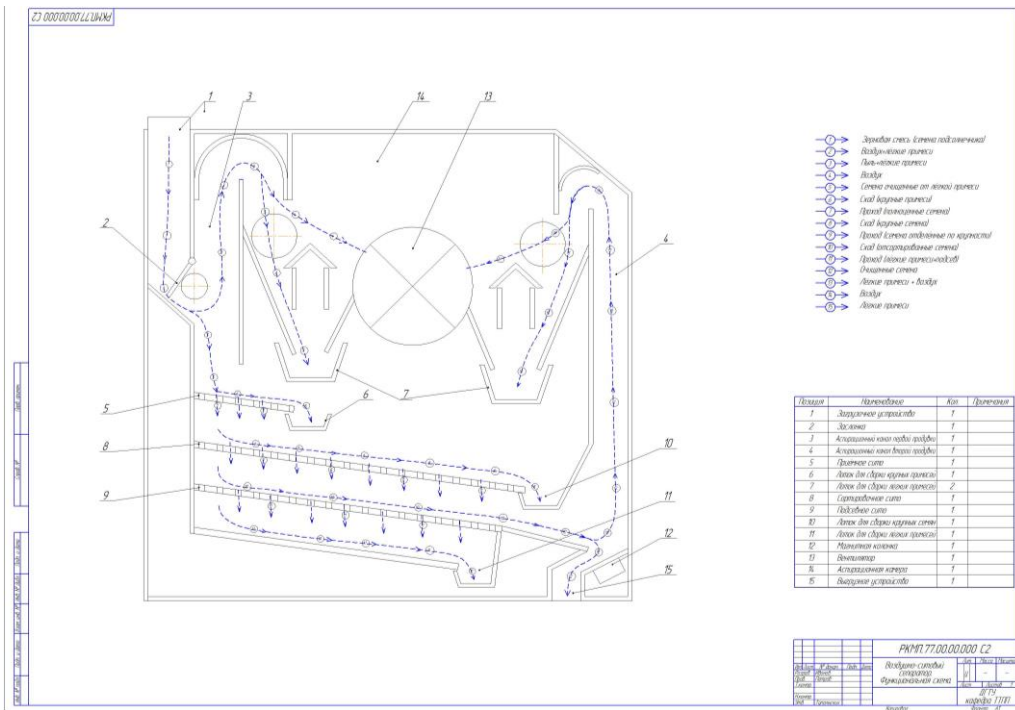


## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

вредными, массу вращающихся грузов берут меньше и силу инерции кузова уравнивают приблизительно до 60%, т.е. до значения  $7 \cdot 0,6 \approx 4,2$  кг.

## Приложение 5

### Функциональная схема



## Приложение 6

### Разработка кинематической схемы и ее расчет

Исходными данными для построения кинематической схемы являются:

1. техническое задание (технические требования к машине)
2. функциональная схема и технологический расчет.

Разработка кинематической схемы сепаратора заключается в оптимальном выборе передающих устройств, осуществляющих передачу движения от источника энергии к рабочим органам устройства – вентиляторам и ситовому корпусу.[11]

В качестве источника движения наибольшее распространение в пищевом оборудовании нашли асинхронные электродвигатели различных типоразмеров [8].

Для выбора электродвигателя должны быть известны:

1. требуемая мощность на привод валов вентиляторов и ситового корпуса;
2. условия эксплуатации (график нагрузки и пр.)

Требуемую мощность предварительно задаем по расчетной нагрузке<sup>4</sup>, учитывая КПД всего привода. Тип и марку электродвигателя выбираем по каталогу [8], задавая частоту вращения предпочтительно из ряда синхронных частот 750,1000,1500,3000  $\text{МИН}^{-1}$ . [11]

Рабочие органы сепаратора совершают следующие виды движения: вентиляторы - вращательное, ситовый корпус – колебательное в горизонтальной плоскости.

Также надо учесть, как рабочие органы расположены в пространстве.

Для передачи вращательного движения в плоскости используем ременные, передачи, для преобразования вращательного движения в возвратно – поступательное на валу привода ситового корпуса установим эксцентрик.

---

<sup>4</sup> Силы, вращающий момент или мощность на валу рабочего органа, определенные в технологическом расчете. При необходимости рассчитываются или задаются силы трения и динамические силы. Как правило, студентами эти силы учитываются с помощью коэффициентов, принимаемых с учетом проектирования оборудования заданного типа [3, 8]

## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

В сепараторе крутящий момент необходимо передать на вал с двумя вентиляторами и эксцентриковый вал, приводящий в движение ситовый корпус, подвешенный к раме на четырех подвесках.

Исходные данные для расчета:

$N_1$  – мощность на рабочем валу вентилятора

$N_1 = 1,28$  кВт

$N_2$  - мощность, необходимая на колебание ситового корпуса

$N_2 = 255$  Вт

$n_1$  – частота вращения вала вентилятора

$n_1 = 1500$  мин<sup>-1</sup>;

$n_2$  – частота вращения эксцентрикового вала

$n_2 = 300$  мин<sup>-1</sup>.

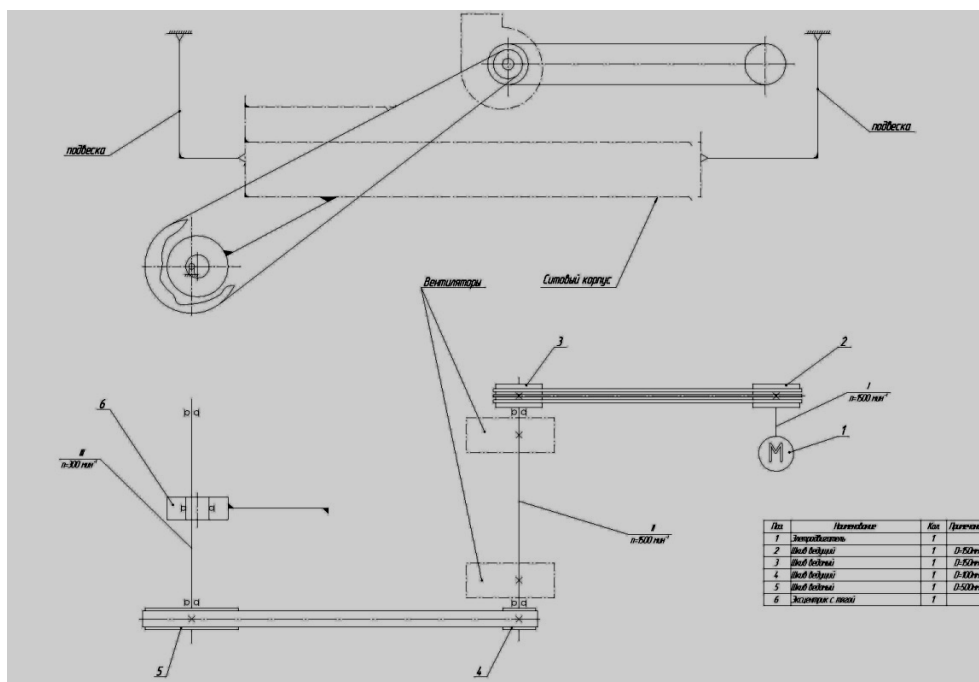


Рисунок 5.1 Кинематическая схема сепаратора.

$d_2$  – диаметр ведомого шкива,  $d_2 = 150$  мм

Исходя из компоновки и функциональной схемы и её расчёта выбираем привод вентилятора и ситового корпуса от одного электродвигателя. Предварительно выбираем марку элек-



## Расчет и конструирование машин пищевой промышленности

тродвигателя по суммарной мощности вентилятора и ситового корпуса, равной 2,2 кВт.

Из справочника (8) выбираем асинхронный двигатель 4А90L4 с большей ближайшей мощностью  $N = 2,2$  кВт,

$$n_{\text{дв}} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

$$N_{\text{дв}} = 2,2 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{дв}} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

Крутящий момент передается от вала электродвигателя на вал вентиляторов и передаточное отношение равно:

$$i_1 = \frac{n_{\text{дв}}}{n_1} = \frac{1500}{1500} = 1$$

где  $n_{\text{дв}}$  - частота вращения ротора электродвигателя,  
 $n_1$  - частота вращения рабочего органа, мин<sup>-1</sup>

На эксцентриковый вал, передающий колебательное движение ситовому корпусу крутящий момент передается от вала вентилятора.

Передаточное число второй ступени,  $i_2$  равно:

$$i_2 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{300} = 5$$

В качестве передач выбираем ременные передачи.

Определим диаметры шкивов на валу с вентиляторами и на эксцентриковом валу.

Определим диаметры шкивов на валу с вентиляторами.

В соответствии с рекомендациями [8] минимальный диаметр шкива должен быть более 100 мм. Принимаем шкив диаметром 150мм.

$$d_1 = 150 \text{ мм}.$$

Диаметр второго шкива легко определить из соотношения

$$i_1 = \frac{d_2}{d_1}$$

Передаточное число равно 1 следовательно:

$$d_1 = d_2$$

Тогда диаметр второго шкива:

$$d_2 = 150 \text{ мм}.$$

Уточним передаточное отношение с учетом относительного

скольжения  $S$ , которое принимаем равным 0,01;

$$U_1 = \frac{d_1}{d_2 * (1 - S)};$$

$$U_1 = \frac{150}{150 * (1 - 0,01)} = 0,99$$

Отклонение передаточного числа от требуемого технологического передаточного числа составляет менее 5%, что вполне допустимо.

Определим диаметр шкива на эксцентриковом валу.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{300} = 5$$

Передаточное число равно 5, следовательно:  $\frac{d_3}{d_4} = 5$

В соответствии с рекомендациями минимальный диаметр шкива должен быть более 75мм. Принимаем шкив диаметром 100мм.

$$d_3 = 100 \text{ мм.}$$

Диаметр второго шкива  $d_4$  легко определить из соотношения:

$$d_4 = 5 \cdot d_3$$

$$d_4 = 5 \cdot 100 = 500 \text{ мм.}$$

## Приложение 7

### Спецификации

Пример 1.

|               |           | Формат     |                      | Обозначение            | Наименование                  | Кол-во                   | Примечание   |      |        |
|---------------|-----------|------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|------|--------|
|               |           | Экз        | Лист                 |                        |                               |                          |              |      |        |
| Листы чертежа |           |            |                      |                        | <i>Документация</i>           |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      | РКМП.77.00.00.000 ВО   | Вид общий                     | 1                        |              |      |        |
|               | Слайд №   |            |                      |                        |                               | <i>Сборочные единицы</i> |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 1 РКМП.77.01.00.000           | Рама                     | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 2 РКМП.77.02.00.000           | Питатель                 | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 3 РКМП.77.03.00.000           | Камера аспирационная     | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 4 РКМП.77.04.00.000           | Корпус ситовый           | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 5 РКМП.77.05.00.000           | Привод сепаратора        | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 6 РКМП.77.06.00.000           | Привод вентилятора       | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 7 РКМП.77.07.00.000           | Вал с вентиляторами      | 1            |      |        |
|               |           |            |                      |                        | 8 РКМП.77.08.00.000           | Канал пневмосепарирующий | 1            |      |        |
|               |           |            |                      | 9 РКМП.77.09.00.000    | Крепление                     | 4                        |              |      |        |
|               |           |            |                      | 10 РКМП.77.10.00.000   | Ограждение                    | 1                        |              |      |        |
|               |           |            | 11 РКМП.77.11.00.000 | Ящик электроаппаратуры | 1                             |                          |              |      |        |
| Листы сборки  |           |            |                      |                        | <i>Детали</i>                 |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      | 15 РКМП.77.00.00.001   | Крышка                        | 1                        |              |      |        |
|               |           |            |                      | 16 РКМП.77.00.00.002   | Люк                           | 1                        |              |      |        |
|               |           |            |                      | 17 РКМП.77.00.00.003   | Кожух                         | 1                        |              |      |        |
| Листы сборки  |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
| Итого № листа |           |            |                      |                        | <b>РКМП.77.00.00.000</b>      |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
|               |           |            |                      |                        |                               |                          |              |      |        |
|               | Изм. Лист | № докум.   | Подп.                | Дата                   | Сепаратор<br>воздушно-ситовый |                          | Лист         | Лист | Листов |
|               | Разраб.   | Иванов     |                      |                        |                               |                          |              | 1    | 2      |
|               | Проб.     | Петров     |                      |                        |                               |                          | ДГТУ         |      |        |
|               | Н.контр.  |            |                      |                        |                               |                          | Кафедра ТТПП |      |        |
|               | Этв.      | Гурьевских |                      |                        | Копировал                     |                          | Формат А4    |      |        |





## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основная литература

1. Хозяев И.А. Проектирования технологического оборудования пищевых производств: учебное пособие СПб Лань 2011, <http://e.lanbook.com>
2. С.Т.Антипов и др.: Под ред. В.А. Панфилова Машины и аппараты пищевых производств. Высшая школа М., Изд КолосС. Рек. МО РФ 2009
3. Демский А.Б., Веденьев В.Ф. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов. –М.: Де Ли принт, 2005. - 760с.
4. Кошевой Е.П. Практикум по расчетам технологического оборудования пищевых производств.- СПб: ГИОРД, 2007, - 232с.
5. Курочкин А.А. и др. Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции. - М.: КолосС, 2006.-424с.
6. Курочкин А.А. и др. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств. - М.: КолосС, 2006.-320с.
7. Правила оформления и требования к содержанию курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ. ДГТУ, Ростов-на-Дону, 2014

### Дополнительная литература

8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т – М.,Машиностроение 2000
9. Демский А.Б. Оборудование для производства муки и крупы. - М.: Агропромиздат, 1990.
10. Драгилев А.И., Дроздов В.С. Технологические машины и аппараты пищевых производств: Для студентов 17.06-М.: Колос, 2001
11. Зайчик Ц.Р. и др. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств. Учебное пособие.- М.: ДеЛи принт, 2004.-152с.
12. Лунин О.Г. и др. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1990.-269с.
13. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование

МАПП. – М., 2004г.-352с.

14.14. Расчет рабочих органов машин для предприятий по хранению и переработки зерна. Учеб.пособие. – Ростов-н/Д, Издательский центр ДГТУ, 2001 г, - 82 с.

15.Соколов А.Я. и др. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. М.: Колос 1984 г.

16.ГОСТ 2.703-68 ЕСКД Правила выполнения кинематических схем.

17.ГОСТ 2.201-80 ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов.

18.ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы (расчеты).

19.ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.