

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖ-  
ДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Кафедра «Техника и технологии пищевых производств»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для выполнения курсового  
проекта по дисциплине:  
**«Расчёт и конструирование машин пище-  
вой промышленности»**  
для бакалавров направления 15.03.02  
«Технологические машины и оборудование»,  
Профиль «Машины и аппараты пищевых производств»

Ростов-на-Дону  
2016 г.

Печатается по решению методической комиссии факультета МиОАПК

Составитель: к.т.н., доц. Механцева И.Ю., старш. преп. Рябов А.А.

УДК 631.36.664.7.002.5

Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине  
«Расчёт и конструирование машин пищевой промышленности» для бакалавров  
направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», Профиль  
«Машины и аппараты пищевых производств»

ДГТУ. Ростов-на-Дону, 2016г, 16 с.

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 так же готовящего обучающихся к выполнению дипломных проектов

## Содержание

1. Задачи и тематика КП .....	4
2. Состав и объём КП .....	4
2.1 Технология производства пищевого продукта (должен быть указан вид продукта) .....	5
2.2 Анализ машин – аналогов. ....	5
2.3 Разработка технического задания на проектирование. ....	6
2.4 Разработка функциональной схемы машины и технологический расчет. ....	6
2.5.Разработка кинематической схемы и ее расчет.....	8
2.6. Энергетический расчет. ....	9
2.7. Специальные расчеты. ....	11
3. Графическая часть.....	11
4. Список приложений. ....	13
5. Список использованных источников .....	14

## 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, 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 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;
- 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 познакомились с основными видами производительности

- 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;
- 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:

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

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  $v$  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:

---

<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.

$$N_n = R \cdot v_1,$$

где  $R$ - сила воздействия рабочего органа на обрабатываемый продукт, или сила сопротивления продукта, Н

$v_1$ -линейная скорость рабочего органа относительно продукта, м/с

- при вращательном движении рабочих органов машины:

$$N_{\text{в}} = M_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{в}}$$

где  $M_{\text{в}}$ -вращающийся момент, Нм

$\omega_{\text{в}}$ -угловая скорость рабочего органа относительно продукта,  $\text{с}^{-1}$

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 вращения 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.

---

<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]



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: эксцентриковые, 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].
- 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:

---

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

- технологические силы или затраты энергии на полезную работу или потребная мощность на валу рабочего органа (при указаниях в расчетах [14]) с учетом сил непроизводительного сопротивления;
- расчеты кинематической цепи всех элементов привода.

Мощность электродвигателя определяется по формулам:

$$N_{дв} = \frac{F \cdot v}{\eta_{общ}} = \frac{M_{в} \cdot \omega_{в}}{\eta_{общ}} = \frac{A}{\eta_{общ} \cdot t} = \frac{N_{р.о.}}{\eta_{общ}}$$

Где: F- рабочая сила, Н

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

$M_{в}$ - вращающийся момент, Нм

$\omega_{в}$ -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 произведению частных КПД передач, входящих в привод:

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

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 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;
- материалы.

**Пример – в приложении 7**

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

#### **4. Список приложений.**

Приложение 1

Тематика курсовых проектов

Приложение 2

Содержание (пример 1, 2)

Приложение 3

Обозначение конструкторских документов курсового проекта

Приложение 4

Разработка функциональной схемы машины и технологический расчет (пример)

Приложение 5

Функциональная схема с экспликацией (пример).

Приложение 6

Кинематическая схема (пример)

Приложение 7

Спецификация (пример 1, 2)

## 5. 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.: Агропромизуат, 1990.-269с.
13. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование МАПП. – М., 2004г.-352с.
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.

### Тематика курсовых проектов

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

№	Машина	Пример *
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 обоечная машина по типу ЗНМ-5	с.117,рис.4.9
5	Обоечная 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
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., Веденев В.Ф.

Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов.

—М.: Де Ли принт, 2005. -760с.

## 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).....	

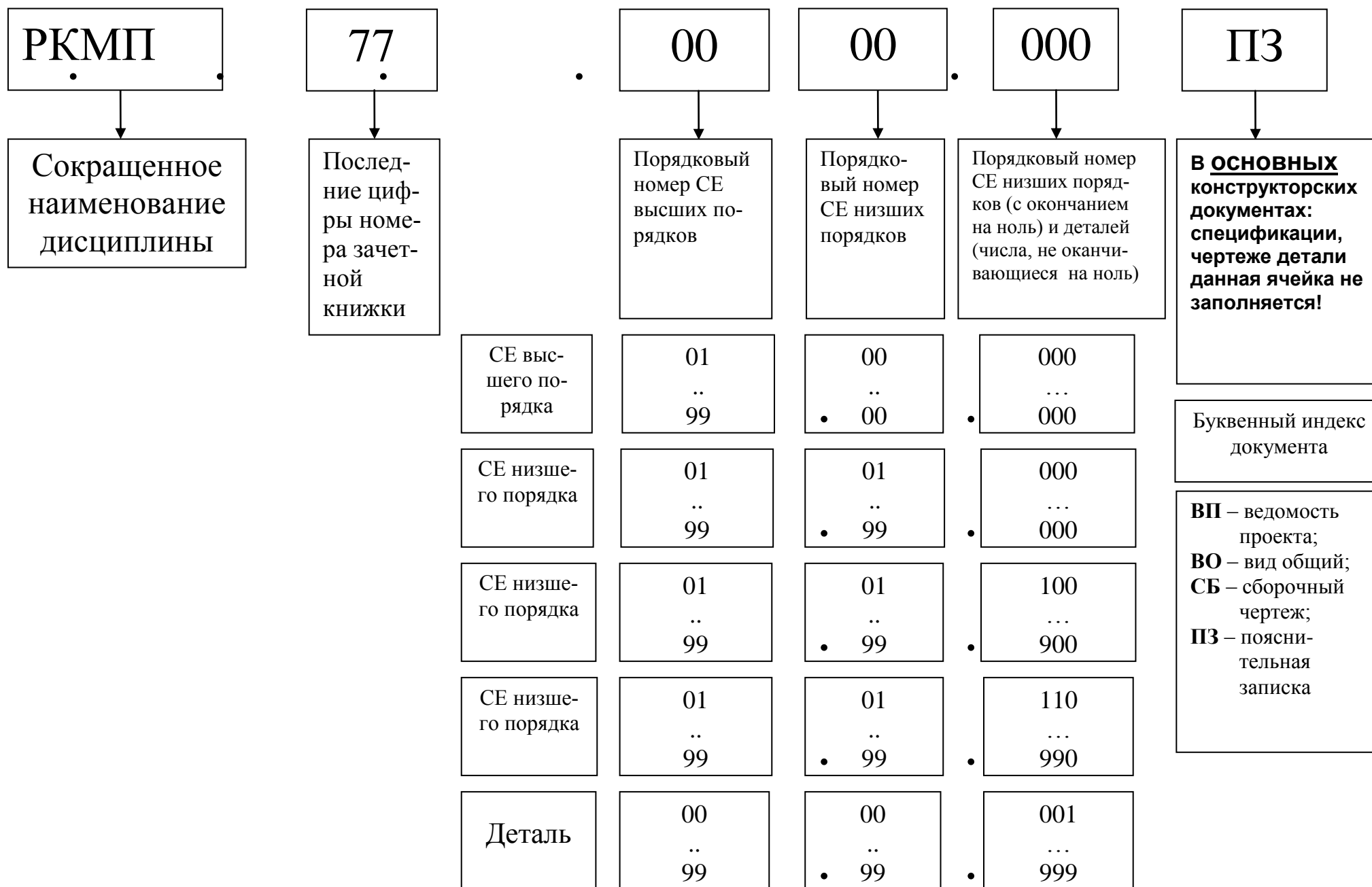
					<b>РКМП.77.00.00.000 ПЗ</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Иванов И.И.			Машина шелушильная для зерна риса 16	Лит.	Лист
Провер.		Петров П.П.					4
Реценз.						ДГТУ Кафедра ТТПП	
Н. Контр.							
Утверд.		Тупольских					



## 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)	

					РКМП.77.00.00.000 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Сепаратор воздушно-ситовый для переработки семян подсолнечника			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Иванов И.И.									
Провер.		Петров П.П.							4	46	
Реценз.								ДГТУ Кафедра ТТПП			
Н. Контр.											
Утверд.		Тупольских Т.И.									



### 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 от- носов	Пневмоканал 1 и 2 продувки, аспира- ционные 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)

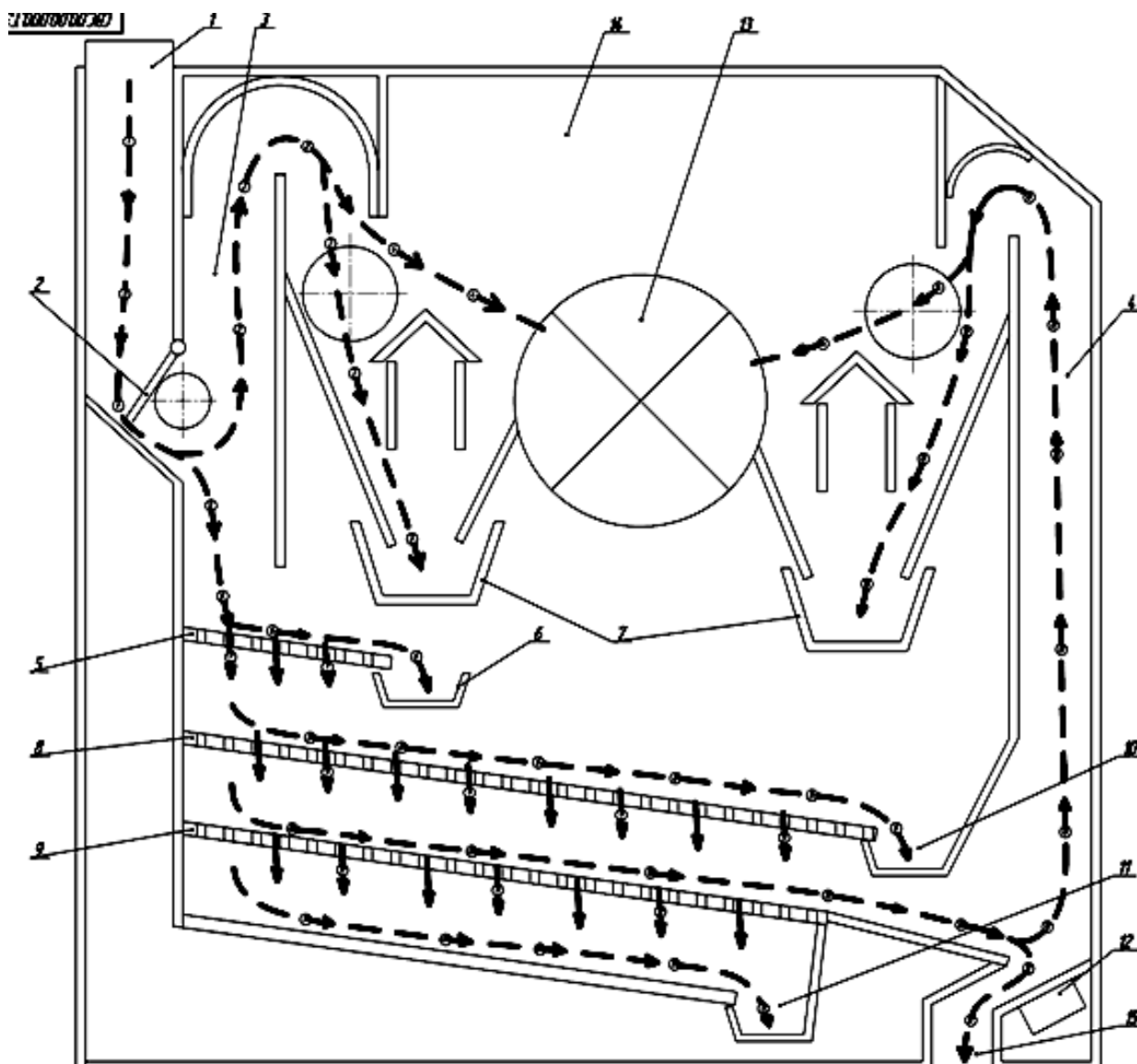


Рис 4.1 Функциональная схема сепаратора

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 очистке семян подсолнечника.

#### 4.2 Технологический расчёт

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

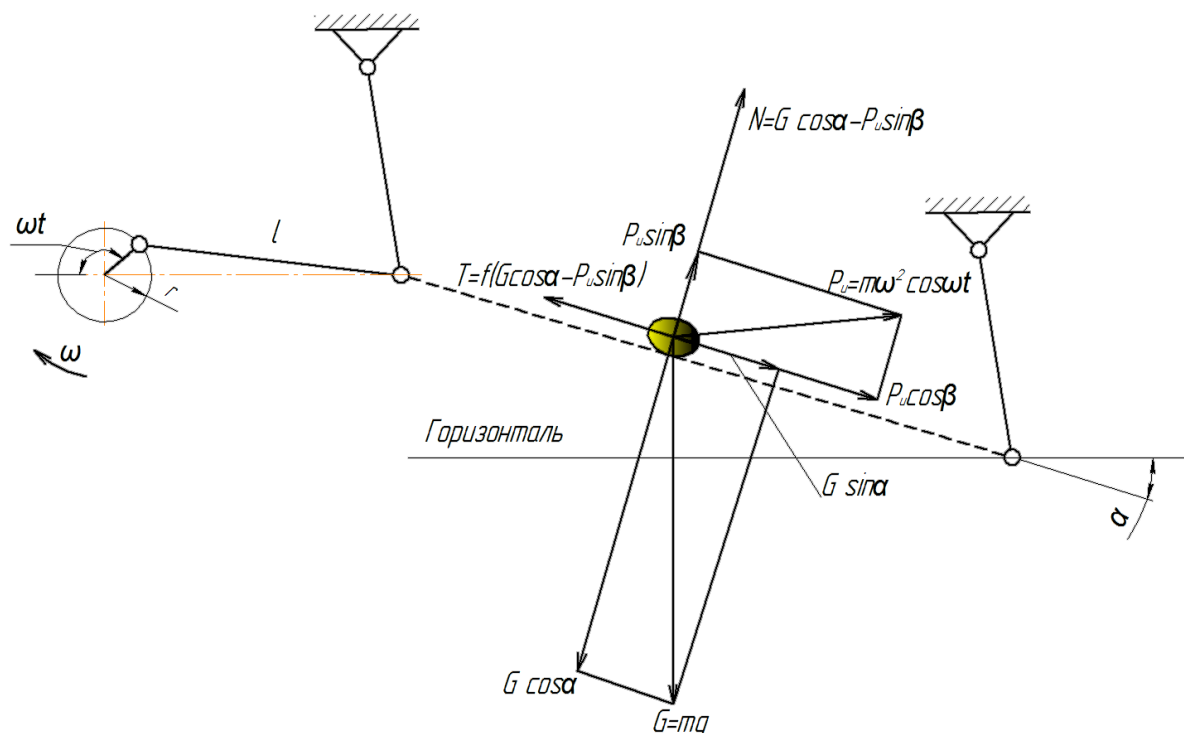


Рис. 4.2. Расчетная схема сепаратора (случай  $\alpha = \beta$ )

$r$  – 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,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ );

$P_i$  – 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>;

$f$  – коэффициент трения подсолнечника по ситу 0,14.

Исходя из конструктивных соображений принимаем радиус кривошипа  $r=7 \text{ мм}$

#### 1. Подбор сит

Исходя из требований к очистке выбираем размеры отверстий в ситах:

Приёмное сито -  $\varnothing 15 \text{ мм}$ .

Сортировочное сито -  $\varnothing 8$  мм.

Подсевное сито -  $\varnothing 5$  мм.

Расположение отверстий в ситах выбираем как показано на рис 4.3;

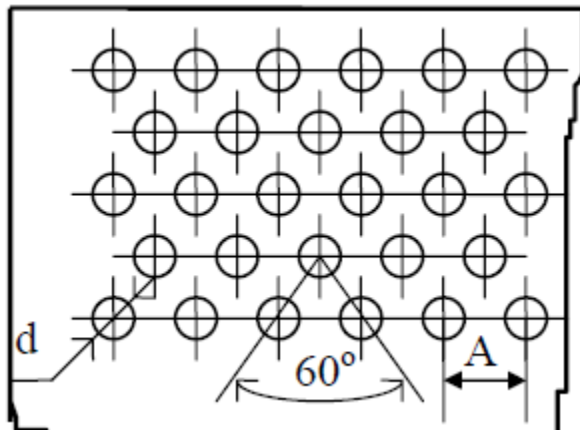


Рис 4.3 Форма расположения отверстий в ситах.

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

## 2. Габаритные размеры сита (B 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

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

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

## 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 ситы без подбрасывания.

Рассчитаем частоту вращения эксцентрикового вала  $n_e$  привода сит, обеспечивающую перемещение частиц **вверх** по ситы

$$n_e = 30 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)}{r}}$$

$$n_e = 30 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(20^\circ + 14^\circ)}{0,007}} = 294 \text{ мин}^{-1}$$

где  $\varphi = 20^\circ$  соответствует  $f = 0,14$ .

Рассчитаем частоту вращения эксцентрикового вала  $n_n$  привода сит, обеспечивающую перемещение частиц **вниз** по ситы

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

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

Определим условие, исключающее подбрасывание зерна на сите

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

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

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]:

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

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:

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

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

$$\cos \varepsilon = \cos 135,5^\circ = -0,713.$$

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. Проверочный расчёт производительности

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

$$Q = B' \cdot h \cdot v \cdot \rho$$

где  $B'$  – расчетная ширина ситового кузова,  $B' = 0,233 \text{ м}$ ;

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

$\rho$  – плотность (объёмный 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:

$$m_2 = \frac{m \cdot r}{R}$$

где  $m$  – масса ситового корпуса с продуктом;

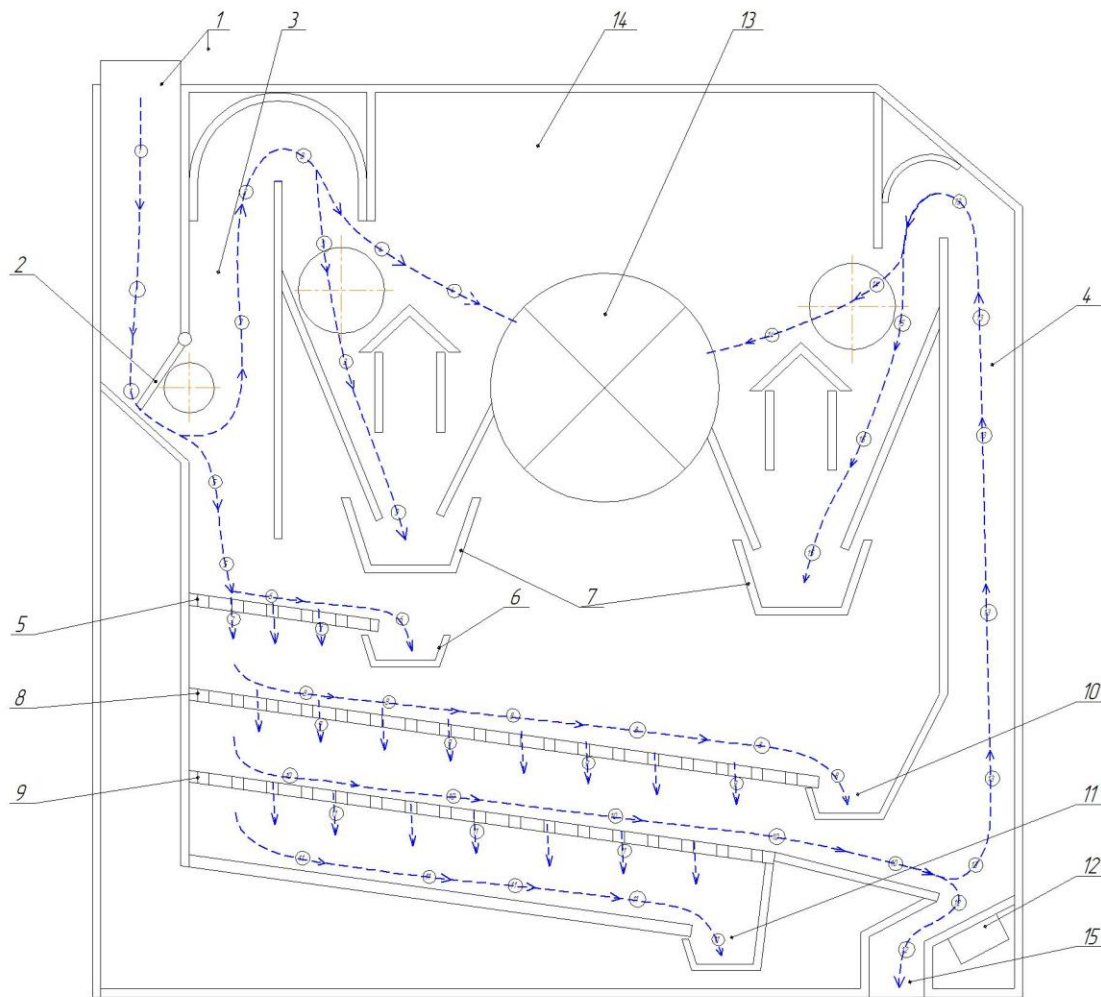
$R$  – радиус положения центра тяжести груза, принятый из конструктивных соображений.

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

### Функциональная схема с экспликацией



- |    |   |   |
|----|---|---|
| 1  | → | Зерновая смесь (семена подсолнечника)   |
| 2  | → | Воздух/легкие примеси                   |
| 3  | → | Пыль/легкие примеси                     |
| 4  | → | Воздух                                  |
| 5  | → | Семена очищенные от легкой примеси      |
| 6  | → | Сход (крупные примеси)                  |
| 7  | → | Проход (полноценные семена)             |
| 8  | → | Сход (крупные семена)                   |
| 9  | → | Проход (семена отделенные по крупности) |
| 10 | → | Сход (отсортированные семена)           |
| 11 | → | Проход (легкие примеси/подсея)          |
| 12 | → | Очищенные семена                        |
| 13 | → | Легкие примеси + воздух                 |
| 14 | → | Воздух                                  |
| 15 | → | Легкие примеси                          |

Позиция	Наименование	Кол.	Примечания
1	Загрузочное устройство	1	
2	Заслонка	1	
3	Аспирационный канал первой продувки	1	
4	Аспирационный канал второй продувки	1	
5	Приемное сито	1	
6	Лоток для сборки крупных примесей	1	
7	Лоток для сборки легких примесей	2	
8	Сортировочное сито	1	
9	Подсieveное сито	1	
10	Лоток для сборки крупных семян	1	
11	Лоток для сборки легких примесей	1	
12	Магнитная колонка	1	
13	Вентилятор	1	
14	Аспирационная камера	1	
15	Выгрузное устройство	1	

[illegible]

## 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 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:

- требуемая мощность на привод валов вентиляторов и ситового корпуса;
- 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 мин<sup>-1</sup>. [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.

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

$$N_1 = 1,28 \text{ кВт}$$

$N_2$  - мощность, потребная на колебание ситового корпуса

$$N_2 = 255 \text{ Вт}$$

$n_1$  – частота вращения вала вентилятора

$$n_1 = 1500 \text{ мин}^{-1};$$

$n_2$  – частота вращения эксцентрикового вала

$$n_2 = 300 \text{ мин}^{-1}.$$

<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]



$$i_1 = \frac{1500}{1500} = 1$$

где  $n_{\text{дв}}$  - частота вращения ротора электродвигателя,

$n_1$  - частота вращения рабочего органа,  $\text{мин}^{-1}$

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

Передаточное число второй ступени,  $i_2$  равно:

$$i_2 = \frac{n_1}{n_2}$$

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

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

### Спецификация (пример 1)

31

Формат Знач.	Плз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
			<u>Стандартные изделия</u>		
	21		Болт М5 х 20 ГОСТ 7798-70	8	
	22		Болт М8 х 20 ГОСТ 7798-70	6	
	23		Болт М8 х 30 ГОСТ 7798-70	12	
	24		Болт М10 х 28 ГОСТ 7798-70	4	
	25		Болт М10 х 30 ГОСТ 7798-70	24	
	26		Болт М12 х 30 ГОСТ 7798-70	6	
	27		Болт М12 х 35 ГОСТ 7798-70	4	
	28		Болт М16 х 40 ГОСТ 7798-70	4	
	29		Болт М16 х 50 ГОСТ 7798-70	4	
	30		Болт М16 х 80 ГОСТ 7798-70	16	
	31		Гайка М5 ГОСТ 5927-70	8	
	32		Гайка М8 ГОСТ 5927-70	18	
	33		Гайка М10 ГОСТ 5927-70	28	
	34		Гайка М12 ГОСТ 5927-70	10	
	35		Гайка М16 ГОСТ 5927-70	24	
	36		Шайба 5 ГОСТ 9649-78	8	
	37		Шайба 8 ГОСТ 9649-78	18	
	38		Шайба 10 ГОСТ 9649-78	28	
	39		Шайба 12 ГОСТ 9649-78	10	
	40		Шайба 16 ГОСТ 9649-78	24	
	41		Шпунг 1-5 х 18 ГОСТ 1145-80	6	
Итого № п/д					
Взам. инв. №					
Инв. № д/о					
Подп. и дата					
Лист					
№ докум.					
Дата					
<b>РКМП.77.00.00.000</b>					Лист 2



## Спецификация (пример 2)

		Пер. измен			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		Формат	Экз.	Лист						
Стор. №										
						<u>Документация</u>				
					РКМП.77.01.00.000 СБ	Сборочный чертёж				
						<u>Сборочные единицы</u>				
Подп. и дан.					1	РКМП.77.01.01.000	Корпус	1		
					2	РКМП.77.01.02.000	Воздуховод	1		
					3	РКМП.77.01.03.000	Патрубок	1		
					4	РКМП.77.01.04.000	Люк	4		
					5	РКМП.77.01.05.000	Люк	2		
					6	РКМП.77.01.06.000	Заслонка	1		
						<u>Детали</u>				
					4	РКМП.77.01.00.001	Крышка	1		
					10	РКМП.77.01.00.002	Крышка	1		
					11	РКМП.77.01.00.003	Противовес	1		
					12	РКМП.77.01.00.004	Кольцо	1		
					13	РКМП.77.01.00.005	Кольцо	1		
				14	РКМП.77.01.00.006	Шпилька	1			
				15	РКМП.77.01.00.007	Вертушка	10			
				16	РКМП.77.01.00.008	Накладка	1			
Инв. № подл.					РКМП.77.01.00.000					
		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Камера	Лист	Лист	Листов	
	Разраб.	Иванов						1	2	
	Проб.	Петров					ДГТУ каф. ТТПП			
Н.контр.										
	Утв.	Тупольских								

Копировал
Формат А4

[illegible]