

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра теоретической механики и сопротивления материалов

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по
процессам и аппаратам пищевых производств
для студентов специальности 260601 (170600)**

Курган 2005

Кафедра: "Теоретическая механика и сопротивление материалов"

Дисциплина: "Процессы и аппараты пищевых производств"
(направление 655800, специальность 260601)

Составили: профессор, доктор техн. наук Пивень В.В. (теоретическая часть раздела 1);
доцент, канд. техн. наук Тютрин С.Г. (раздел 2, теоретическая часть раздела 3);
ст. преподаватель Уманская О.Л. (практическая часть разделов 1 и 3).

Утверждены на заседании кафедры 30 сентября 2004 г.

Рекомендованы методическим советом университета

"19" января 2005 г.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГИИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ

Цель работы:

1 Опытным путем определить расход энергии при механическом перемешивании при различных режимах работы исследуемой мешалки.

2 Определить коэффициенты, входящие в критериальное уравнение расхода энергии при механическом перемешивании в жидкой среде для мешалки исследуемого типа.

3 Расчетным путем определить расход энергии на перемешивание жидкости с другими физическими свойствами при различной угловой скорости мешалки.

Применяемые материалы и оборудование: лабораторная установка для перемешивания жидкостей, вода (10 л), термометр.

Основные теоретические положения

Одним из главных вопросов техники перемешивания является определение расхода энергии на привод мешалки при известных размерах ее конструкции, частоте вращения и физических свойствах жидкости. Процесс перемешивания при установленном режиме представляют общим критериальным уравнением

$$Eu_m = C(Re_m, Fr_m, \Gamma_1, \Gamma_2). \quad (1)$$

В случае геометрического подобия перемещивающих устройств и аппаратов обобщенная зависимость для определения расхода энергии при перемешивании будет иметь вид

$$\frac{N}{\rho n^3 d^5} = C \left(\frac{\rho n d^2}{\mu} \right)^k \left(\frac{n^2 d}{g} \right)^m, \quad (2)$$

где $Eu_m = \frac{N}{\rho n^3 d^5}$ – критерий Эйлера для перемешивания;

$Re_m = \frac{\rho n d^2}{\mu}$ – критерий Рейнольдса для перемешивания;

$Fr_m = \frac{n^2 d}{g}$ – критерий Фруда для перемешивания;

Γ_1, Γ_2 – симплексы геометрического подобия;

N – мощность на валу мешалки, Вт;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

μ – вязкость жидкости, Па·с;

n – частота вращения мешалки, об/с;

d – определяющий линейный размер (диаметр мешалки), м;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с².

В тех случаях, когда на поверхности однородной жидкости не образуется воронка (например, при установке отражательных перегородок), влияние силы тяжести будет пренебрежимо малым, и уравнение (2) можно упростить:

$$Eu_m = C \cdot Re_m^k. \quad (3)$$

В этом уравнении коэффициент C и показатель степени k определяют опытным путем.

Для обобщения опытных данных в виде степенной зависимости $Eu_m = C \cdot Re_m^k$ используют логарифмическую систему координат, в которой это уравнение представляет собой уравнение прямой линии:

$$\lg Eu_m = \lg C + k \lg Re_m.$$

Откладывая на графике (рисунок 1) рассчитанные на основании опытных данных значения $\lg Eu_m$ и $\lg Re_m$, проводят прямую линию, наклон которой определяет значение постоянной $k = \operatorname{tg} \alpha$. Так как угол расположен во второй четверти, то величина k будет отрицательной:

$$k = \operatorname{tg}(180 - \alpha) = -\operatorname{tg} \alpha = -\frac{ab}{bc}.$$

(Длины отрезков ab и bc измеряют на графике с учетом масштаба.)

Для любой точки прямой линии, проведенной на графике, постоянная C определяется из уравнения (3):

$$C = \frac{Eu_m}{Re_m^k}.$$

Критериальное уравнение с полученными значениями постоянных величин C и k можно применить для определения расхода энергии при перемешивании любой другой жидкости мешалкой, геометрически подобной ме-

шалке исследуемого типа в исследованной области изменения критериев Eu_m и Re_m^k .

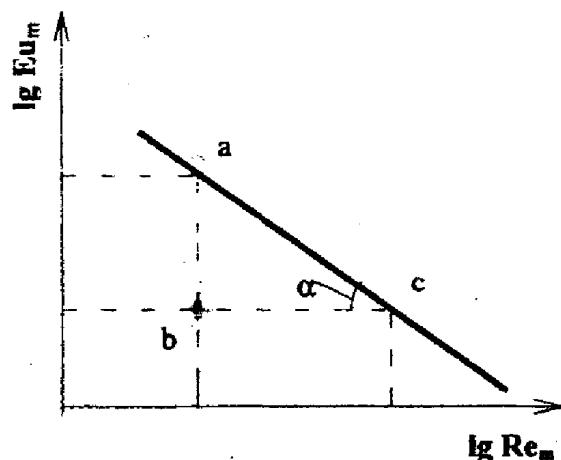


Рисунок 1

Описание установки

Экспериментальная установка (рисунок 2) смонтирована на стенде, рядом с которым расположен щит с приборами управления, контроля и измерений.

Основными элементами установки являются ёмкость 2, установленная на поворотном столе 1. Над столом на вертикальной стойке с подъёмным устройством 7 смонтировано приводное устройство с валом 4, на котором закреплена исследуемая мешалка. Внутри ёмкости 2 установлены съёмные отражательные перегородки 3. Поворотный стол 1 соединён гибкой нитью 5, закреплённой и уложенной на его окружности. Второй конец нити 5 присоединён к установленному на щите устройству для измерения окружных усилий. Приводное устройство состоит из ременной передачи, приводимой в движение электродвигателем постоянного тока 6, что позволяет изменять частоту вращения мешалки в широком диапазоне. Подъёмное устройство 7 служит для изменения положения мешалки по высоте и удобства замены её и ёмкости 2.

Ход работы

- 1 Ознакомиться с устройством установки и конструкцией мешалки. Начертить эскиз мешалки и ёмкости с указанием их размеров.
- 2 Залить в ёмкость 2 воду и измерить её температуру.
- 3 Убедиться в том, что гибкая нить 5 не провисает.

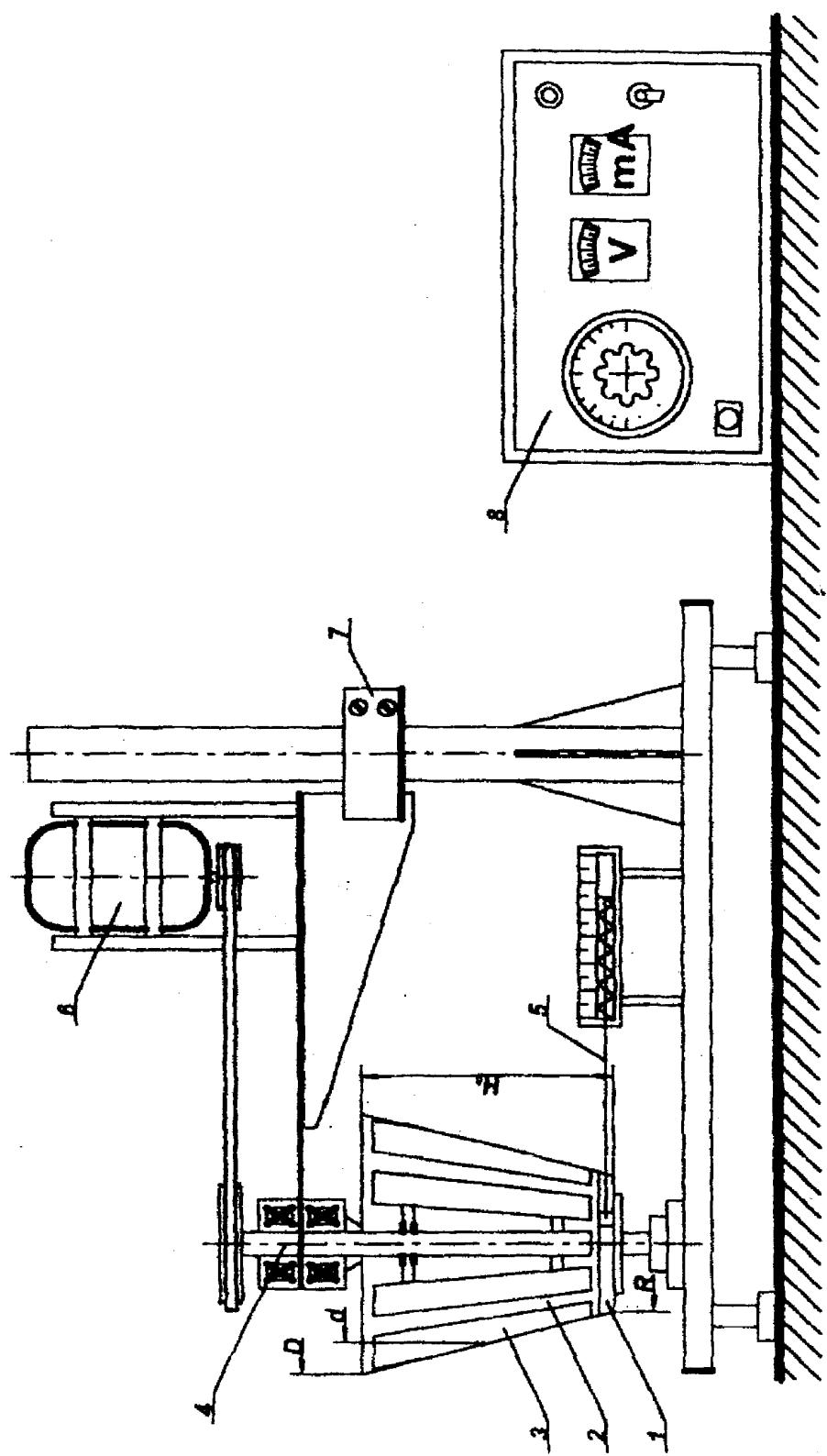


Рисунок 2

4 Включить электродвигатель 6 и при различных частотах вращения мешалки произвести измерения и запись окружных усилий, возникающих на окружности поворотного стола 1.

5 Обработать результаты опытов в соответствии с таблицами 1...3.

6 По критериальному уравнению с полученными числовыми значениями постоянных C и k определить расход энергии на перемешивание имеющейся жидкости с другими физическими свойствами (таблица 3) при различных значениях критерия Рейнольдса.

Контрольные вопросы

1 Каково устройство и принцип действия экспериментальной установки для определения расхода энергии при механическом перемешивании ?

2 С какой целью применяют перемешивание в пищевой промышленности ?

3 Почему перемешивание оказывает решающее влияние на ход процессов химического превращения ?

4 Какое влияние на характер течения жидкости при механическом перемешивании оказывает конструкция мешалки ?

5 Каково назначение и принцип действия мешалок различных типов ?

6 Что такая интенсивность и эффективность перемешивания ?

7 Почему при инженерной характеристике работы мешалок скорость движения жидкости в аппаратах заменяют произведением частоты вращения на диаметр мешалки ?

8 Каким прибором определяют частоту вращения мешалки ?

9 Как определяют расход энергии при механическом перемешивании на экспериментальной установке ?

10 В чем заключается физический смысл центробежных критериев Рейнольдса и Фруда ?

11 В чем заключается физический смысл критерия мощности (критерия Эйлера для перемешивания) ?

12 Для каких условий расчетной практики применимо критериальное уравнение с полученными числовыми значениями постоянных C и k ?

13 Можно ли применить критериальное уравнение с полученными в работе числовыми значениями постоянных C и k для определения расхода энергии при перемешивании мешалкой другого типа ?

Отчет о работе

1 Название и цель работы.

2 Принципиальная схема экспериментальной установки.

3 Параметры установки:

диаметр мешалки $d = 140$ мм;

радиус приложения силы $R = 110$ мм.

4 Результаты измерений и вычислений (таблица 3).

5 График зависимости критерия Эйлера от критерия Рейнольдса.

Таблица 1 – Плотность дистиллированной воды ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$)

| $t, ^\circ\text{C}$ | ρ | $t, ^\circ\text{C}$ | ρ | $t, ^\circ\text{C}$ | ρ |
|---------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| 1 | 999,900 | 11 | 999,606 | 21 | 997,994 |
| 2 | 999,941 | 12 | 999,498 | 22 | 997,772 |
| 3 | 999,965 | 13 | 999,377 | 23 | 997,540 |
| 4 | 999,973 | 14 | 999,244 | 24 | 997,299 |
| 5 | 999,965 | 15 | 999,099 | 25 | 997,047 |
| 6 | 999,941 | 16 | 998,943 | 26 | 996,785 |
| 7 | 999,902 | 17 | 998,775 | 27 | 996,515 |
| 8 | 999,849 | 18 | 998,596 | 28 | 996,235 |
| 9 | 999,782 | 19 | 998,406 | 29 | 995,946 |
| 10 | 999,701 | 20 | 998,205 | 30 | 995,649 |

Таблица 2 – Динамическая вязкость воды μ ($\text{мкПа}\cdot\text{с}$)

| $t, ^\circ\text{C}$ | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| μ | 1797 | 1518 | 1307 | 1140 | 1004 | 895 | 803 |

Таблица 3 – Результаты опыта

| Наименование величины | Расчетное уравнение | Ед. изм. | Номер опыта | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| <i>Опыт с водой</i> | | | | | |
| Температура воды | t | $^\circ\text{C}$ | | | |
| Плотность воды | ρ | $\text{кг}/\text{м}^3$ | | | |
| Вязкость воды | μ | $\text{Па}\cdot\text{с}$ | | | |
| Частота вращения мешалки | n | $\text{об}/\text{с}$ | | | |
| Расход энергии на перемешивание | $N = M\omega = PR \cdot 2\pi n$ | Вт | | | |
| Окружное усилие | P | Н | | | |
| Критерий Эйлера для перемешивания | $Eu_M = \frac{N}{\rho n^3 d^5}$ | - | | | |
| Логарифм критерия Эйлера | $\lg Eu_M$ | - | | | |
| Критерий Рейнольдса для перемешивания | $Re_M = \frac{\rho n d^2}{\mu}$ | - | | | |
| Логарифм критерия Рейнольдса | $\lg Re_M$ | - | | | |

Продолжение таблицы 3

| Наименование величины | Расчетное уравнение | Ед. изм. | Номер опыта | | |
|---|---|-------------------|-------------|---|---|
| Показатель степени | $k = -\frac{ab}{bc}$ | - | 1 | 2 | 3 |
| Постоянная величина | $C = \frac{Eu_m}{Re_m^k}$ | - | | | |
| Среднеарифметическое значение постоянной | $C_c = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}$ | - | | | |
| <i>Опыт на подобной мешалке и жидкости с другими физическими свойствами</i> | | | | | |
| Диаметр мешалки | d_1 | м | | | |
| Температура жидкости | t_1 | °С | | | |
| Плотность жидкости | ρ_1 | кг/м ³ | | | |
| Вязкость жидкости | μ_1 | Па·с | | | |
| Частота вращения | n_1 | 1/c | | | |
| Критерий Рейнольдса для перемешивания | $Re_m = \frac{\rho_1 n_1 d_1^2}{\mu_1}$ | - | | | |
| Критерий Эйлера для перемешивания | $Eu_m = \frac{N_1}{\rho_1 n_1^3 d_1^5}$ | - | | | |
| Расход энергии (расчетный) | $N_1 = \rho_1 n_1^3 d_1^5 C Re_m^k$ | Вт | | | |
| Окружное усилие на окружности поворотного стола | P_1 | Н | | | |
| Расход энергии (опытный) | $N_1 = P_1 R \cdot 2\pi n_1$ | Вт | | | |
| Окружное усилие на окружности поворотного стола, когда условия подобия не выдержаны | P_2 | Н | | | |
| Расход энергии (опытный), когда условия подобия не выдержаны | $N_2 = P_2 R \cdot 2\pi n_1$ | Вт | | | |

Список литературы

Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторный практикум/Под общ. ред. В.Н.Стабникова.- Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1986. - С. 47...53.

2 ПРЕССОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы:

1 Ознакомиться с назначением и разновидностями процесса прессования в пищевом производстве.

2 Изучить устройство и принцип действия основных видов машин для обработки под давлением, применяемых в пищевом производстве.

3 Исследовать влияние на процесс прессования влажности материала, величины и продолжительности действия усилия.

Применяемые материалы и оборудование: пресс, пресс-форма, динамометр, штангенциркуль, пипетка, поваренная соль (100 г), вода (1 мл).

Основные теоретические положения

Процесс прессования заключается в том, что обрабатываемый материал подвергают внешнему давлению в специальных прессах. Таким образом, прессование является одним из видов механических процессов. В пищевой промышленности прессование применяют для обезвоживания и брикетирования твердых материалов, а также для гранулирования и формования пластичных материалов.

Обезвоживание продуктов применяют для выделения жидкости в двух случаях: 1) когда эта жидкость является ценным продуктом; 2) когда с обезвоживанием увеличивается ценность продукта. Избыточное давление при обезвоживании создается или давлением поршня в прессах, или действием центробежной силы в центрифугах. Так в сахарном производстве отжимают мелассу из свекловичного жома; в жировом производстве получают растильное масло из семян подсолнечника; при производстве соков выделяют сок из ягод и плодов.

Брикетирование производят для получения брикетов, т.е. брусков спрессованного материала прямоугольной или цилиндрической формы. Брикетирование применяют при получении сахара-рафината, при производстве пищевых концентратов, в комбикормовом производстве и при утилизации отходов производства.

Разновидностью брикетирования является таблетирование и гранулирование. Таблетки и гранулы имеют меньшие размеры по сравнению с брикетами. Широкое распространение получило гранулирование чая, кофе, пищевых концентратов.

Брикетирование и его разновидности применяют с целью повышения качества и продолжительности использования продукта, уменьшения потерь, улучшения транспортировки. Брикетирование производят в специальных прессах до плотности, при которой брикет не может самопроизвольно разрушиться. Например, свекловичный жом отжимается до влажности 9-10% и плотности около 750 кг/м^3 и идет на корм скоту.

Важной величиной, характеризующей процесс прессования, является коэффициент прессования

$$\beta = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где V_1 – объем материала до прессования;

V_2 - объем материала после прессования.

Так как при прессовании изменяется только высота слоя материала, а площадь его поперечного сечения остается постоянной, то формулу (4) можно записать так:

$$\beta = \frac{h_1 - h_2}{h_1} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где h_1 – высота слоя материала до прессования;

h_2 – высота спрессованного материала.

Плотность материала до прессования ρ_1 и после прессования ρ_2 выражаются формулами

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1}, \quad \rho_2 = \frac{m}{V_2}, \quad (6)$$

где m – масса материала.

Из выражения (6) следует:

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{V_1}{V_2}. \quad (7)$$

А из выражения (4) найдем

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{100 - \beta}{100}. \quad (8)$$

В итоге из (7) и (8) получим:

$$\rho_2 = \rho_1 \frac{100}{100 - \beta}. \quad (9)$$

Как видно из формулы (9), плотность брикета, а значит и его прочность, зависит от плотности материала перед прессованием и от коэффициента прессования.

При увеличении коэффициента прессования увеличивается степень отжатия воды, увеличивается плотность, но это требует бо́льших давлений и приводит к снижению производительности процесса и увеличению удельного расхода энергии.

При прессовании плотность брикета оказывается неравномерной по высоте вследствие трения продукта о стенки матрицы. Брикеты более высокого качества получают при двустороннем прессовании, в этом случае брикет имеет более равномерную плотность по высоте.

Формование пластических материалов применяют в хлебопекарном, кондитерском, макаронном, комбикормовом и других производствах для придания изделию заданной формы.

При формировании часто используют *экструзию*, т.е. продавливание сырья через матрицу. Получаемый таким образом продукт называют экструдатом. Форма экструдата определяется формой выходного отверстия в матрице. Процесс экструзии может быть совмещен с тепловой обработкой (обжаркой, выпечкой, сушкой). В результате тепловой или варочной экструзии получают сухие завтраки, хлебцы, супы, мясопродукты.

Применяемые в пищевом производстве машины для обработки под давлением очень разнообразны. Рассмотрим устройство и принцип действия некоторых из них.

Гидравлический пресс используется для отжатия жидкости (масла). Он состоит (рисунок 3) из поддона 1, подъемного стола 2, приводимого в движение поршнем 3 гидроцилиндра 4. Прессуемую массу 5 закладывают в пакеты из прочной ткани. Пакеты прокладывают стальными листами. Рабочий цикл при производстве растительного масла длится 20-25 мин. Он состоит из предварительного поджатия до давления около 5 МПа, выдержки с целью оттока основной части жидкости, повышения давления до 8 МПа, выдержки и опускания подвижной плиты. Рабочая зона гидравлического пресса полностью открыта (работать он может и без поддона), поэтому такой пресс называют *открытым*.

Зеерные прессы – это прессы закрытого типа. В них имеются зееры (т.е. ёмкости: короба, цилиндры и т.п.), в которые помещается масса, а отжатая жидкость стекает через отверстия в зеерах.

На рисунке 4 представлена схема шнекового зеерного пресса. Сыре подается через воронку, расположенную сверху в корпусе 1, и поступает в конический барабан (зеер) 2. Барабан сужается по ходу массы. Шнек 3 вращается и продвигает массу к выходу. В результате давление в массе возрастает. Жидкость (сок, масло) проходит через отверстия в зеере и стекает через сливной патрубок, расположенный снизу корпуса 1. А жмых непрерывно удаляется через зазор между зеером 2 и регулировочным конусом 4.

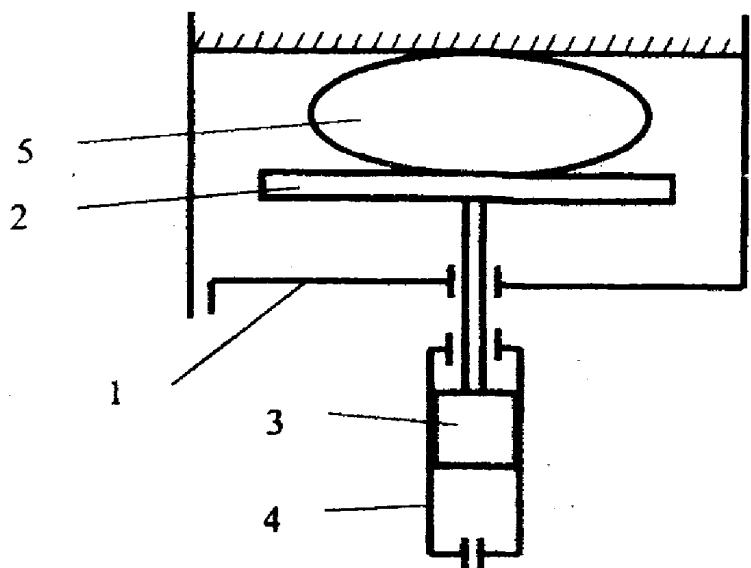


Рисунок 3

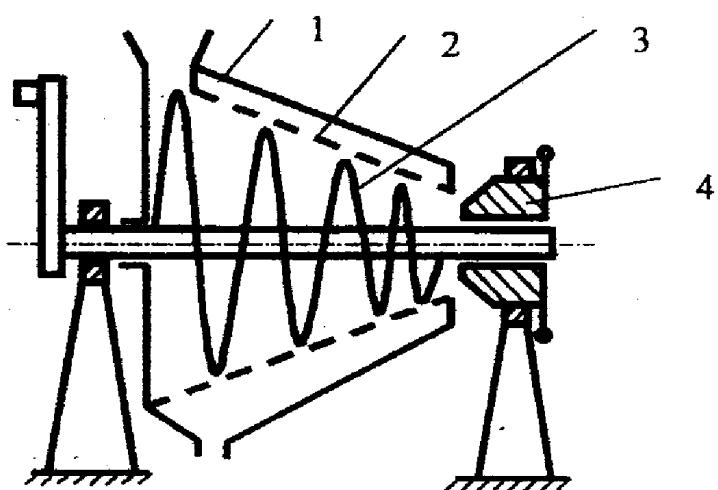


Рисунок 4

Вальцовый отжимной пресс является устройством непрерывного действия. Его работа основана на том, что влажный измельченный материал 1 укладывается на перфорированную резиновую ленту 2 и проходит вместе с ней между вальцами 3 (рисунок 5). В результате обжатия вальцами из материала выделяется сок, который выводится через отверстия в резиновой ленте.

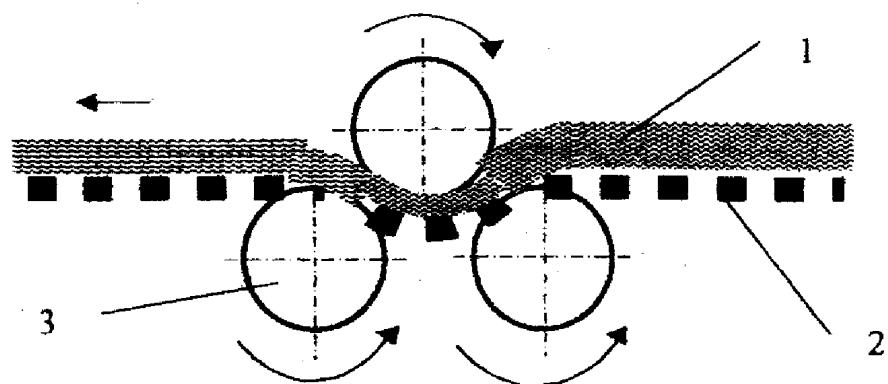


Рисунок 5

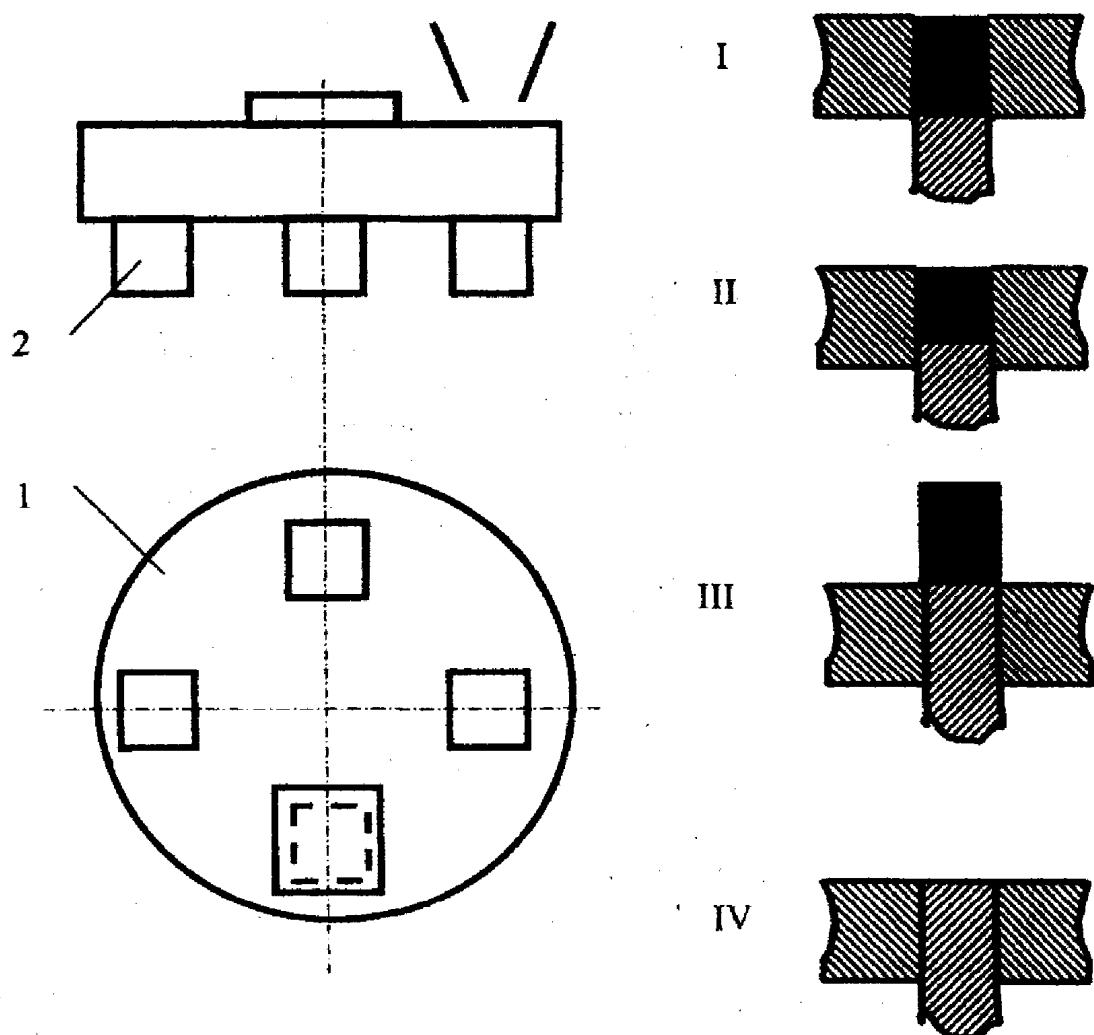


Рисунок 6

Дисковый пресс используется в производстве прессованного сахара-рафинада. Стол 1 пресса совершает вращательное движение, при этом во время полного оборота стол делает 4 остановки (рисунок 6): I – для заполнения матрицы рафинадной кашкой; II – для формования; III – для выталкивания брикета; IV – для очистки пуансона 2 от остатков сахара и натирки мас-тикой.

Для производства экструдированных пищевых продуктов (панировочных сухарей, суповых добавок, сухих завтраков и т.п.) применяются одно- или многошнековые экструдеры. Схема одношнекового экструдера показана на рисунке 7. Экструдер состоит из узла загрузки с червячным механизмом 1, корпуса 2, шнека 3, сменной матрицы (фильтры) 4 и привода. Экструдат получаются путем продавливания материала через отверстия фильтры при вращении шнека. Корпус экструдера, как правило, обогревается электрическими нагревателями сопротивления. Шнек при необходимости охлаждается водой (вал шнека – пустотелый). Процесс контролируется при помощи датчиков температуры t и давления M .

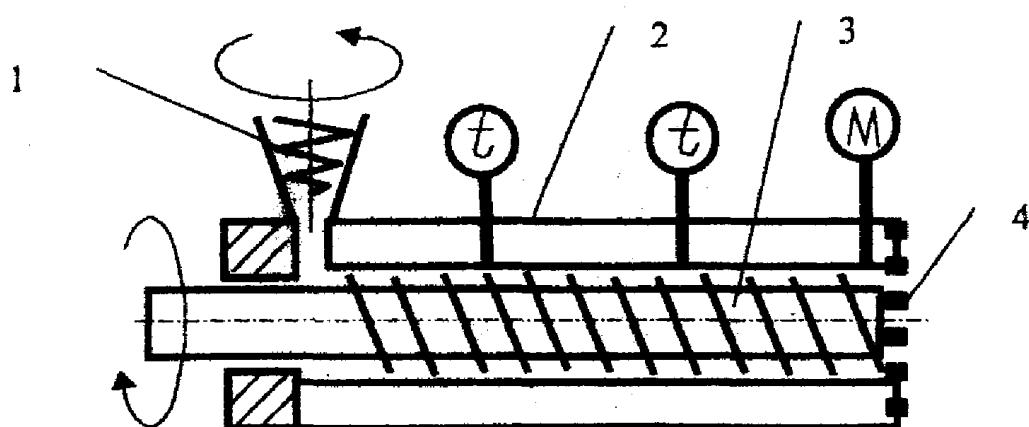


Рисунок 7

Прокатывающие машины применяют на хлебопекарных производст-вах для округления изделий из теста. Такие машины еще называют округли-тельными, давление в них не превышает 0,1 МПа. Прокатывающая машина (рисунок 8) имеет две движущиеся с разными скоростями конвейерные лен-ты 1 и 2, между которыми и прокатывается кусок теста 3.

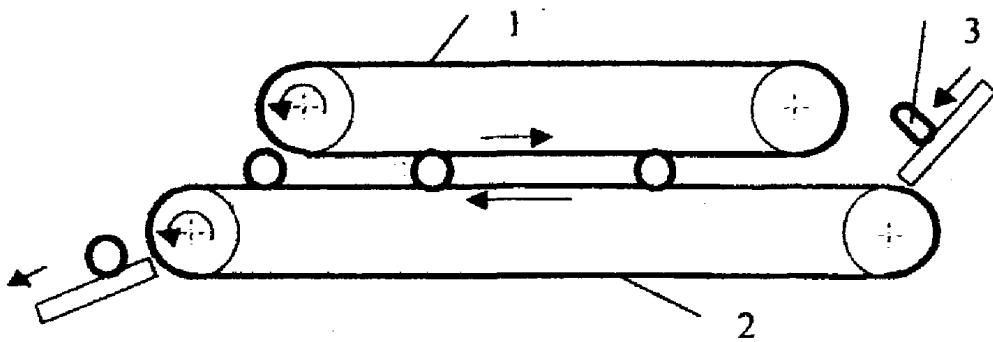


Рисунок 8

Дражировочные чаны или адгезионные грануляторы применяются в кондитерской промышленности для производства драже. В них осуществляется окатывание, т.е. образование сферических гранул за счет адгезии (налипания). На орехи, изюм, цукаты, семена растений и т.п. насылаиваются оболочки из порошков какао, сахарной пудры и других пищевых материалов. В дражировочном чае (рисунок 9) чаша 1 совершает планетарное вращательное движение вокруг оси 2, которую устанавливают под углом 30-50° к вертикали для интенсификации процесса образования гранул 3. С этой же целью на днище чаши изготавливают сферическую выпуклость 4.

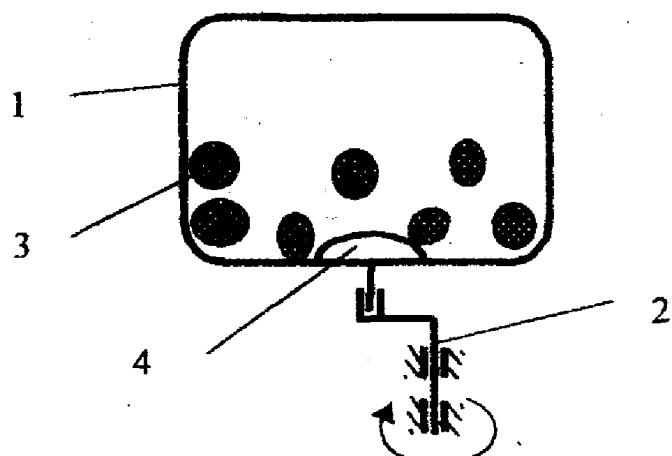


Рисунок 9

Лабораторная работа выполняется на механическом прессе с использованием специальной пресс-формы. Пресс-форма (рисунок 10) выполнена из стали и состоит из матрицы 1, пуансона 2 и подставки 3.

В матрице 1 имеется сквозное круглое отверстие, которое на выходе расточено на конус для облегчения выемки готового брикета.

Пуансон 2 представляет собой цилиндр, номинальный диаметр которого равен диаметру отверстия матрицы, а допуски на размеры этих диаметров назначены по системе H/h (скользящая посадка). Один торец пуансона имеет небольшое коническое углубление для снижения усилия прессования за счет предотвращения расклинивания материала в матрице. Другой край пуансона выполнен сферическим для лучшего центрирования приложения нагрузки.

Подставка 3 имеет один плоский торец, в который упирается нижний край прессуемого материала. На другой стороне подставки имеется цилиндрическое углубление: этой стороной подставка устанавливается к матрице при выпрессовывании.

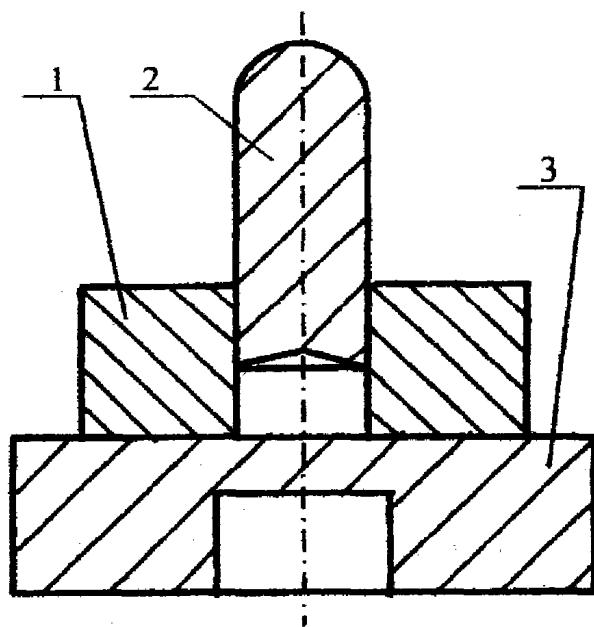


Рисунок 10

Порядок проведения работы

1 Взять сухой сыпучий материал (сахар, соль или др.), засыпать его в матрицу, установленную на подставке. Разровнять слой материала в матрице (вручную, например, пуансоном) и замерить его высоту h_1 .

2 Установить пресс-форму на прессе, нагрузить некоторой нагрузкой P и немедленно разгрузить. Выпрессовать брикет, замерить его высоту h_2 и диаметр d_2 . Оценить прочность брикета (попытаться сломать вручную). Результаты записать в таблицу 4.

3 Повторить опыт по п.1 и 2, но максимальную нагрузку P выдержать в течение некоторого времени (1-2 минуты).

4 Проделать опыты по п. 1-3 при других величинах нагрузки Р.

5 Проделать опыты по п. 1-4 на увлажненном материале. Для этого в засыпанный в матрицу сухой материал добавить при помощи пипетки одну или несколько капель воды.

6 Для каждого опыта определить коэффициент прессования β по формуле (5) и величину давления p на материал:

$$p = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (10)$$

7 Проанализировать полученные результаты и дать заключение о выборе оптимального коэффициента прессования и режима.

Контрольные вопросы

- 1 Где и с какой целью применяется процесс прессования в пищевой промышленности?
- 2 Поясните сущность и назначение процесса обезвоживания продуктов.
- 3 Что такое брикетирование, таблетирование и гранулирование?
- 4 Что такое коэффициент прессования?
- 5 От чего зависит прочность брикетов?
- 6 Как повысить производительность процесса прессования?
- 7 Что такое формование, экструзия, экструдат?
- 8 Поясните устройство и принцип действия гидравлического пресса.
- 9 Поясните устройство и принцип действия зеерного пресса.
- 10 Поясните устройство и принцип действия вальцового отжимного пресса.
- 11 Поясните устройство и принцип действия дискового пресса.
- 12 Поясните устройство и принцип действия одношнекового экструдера.
- 13 Поясните устройство и принцип действия прокатывающей машины.
- 14 Поясните устройство и принцип действия дражировочного чана.
- 15 Поясните порядок проведения опытов и полученные результаты.

Отчет по работе

1 Название и цель работы.

2 Схема пресс-формы (рисунок 10).

3 Результаты опыта.

Используемый материал – _____

Таблица 4 – Результаты опыта

| Высота слоя материала (мм) | | Коэффициент прессования β | Влажность материала (число капель n) | Нагрузка на пулансон Р | Давление на материал p | Продолжительность действия нагрузки | Оценка качества (прочности) брикета |
|----------------------------|-----------------|---------------------------------|---|------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| в пресс-форме h_1 | в брикете h_2 | | | | | | |
| | | | | | | | |

5 Выводы.

Список литературы

- 1 Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторный практикум/ Под общ. ред. В.Н.Стабникова - Киев: Вища школа, 1964.- С. 17..22.
- 2.Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии.- М.: Колос, 2000.- 551 с.
- 3.Малахов Н.Н., Плаксин Ю.М., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств: Учебник.- Орел: Изд-во Орловского гос. технического ун-та, 2001.- 687 с.

3 ДРОБЛЕНИЕ И СИТОВЫЙ АНАЛИЗ

Цель работы:

- 1 Изучить процесс измельчения зерна на фрезерной дробилке.
- 2 Выполнить ситовый анализ продукта дробления.

Применяемые материалы и оборудование: дробилка ДФ3-00.000, весы, набор сит, зерно ($0,2 \text{ дм}^3$).

Основные теоретические положения

Измельчение – процесс разделения твердых тел на части под действием механических сил. Если образующиеся в процессе измельчения части имеют случайную форму, то такой процесс называют дроблением, если им придается определенная форма – резанием.

В пищевой промышленности процесс дробления широко применяется на мукомольных мельницах, а также на спиртовых, пивоваренных и крахмально-паточных заводах.

Способы дробления материалов, в зависимости от характера основной реализуемой деформации, классифицируют на дробление при помощи удара, раздавливания, раскалывания, истирания, разрыва, изгиба. Однако реальные процессы дробления зачастую используют два или более из этих способов одновременно: сжатие с ударом, удар и истирание и др.

По размерам частиц, получаемых в результате дробления, оно бывает крупное, среднее, мелкое, тонкое, сверхтонкое и коллоидное (таблица 5).

Таблица 5 – Характерные размеры частиц для разных типов дробления

| Тип дробления | Размеры частиц, мм | |
|---------------|--------------------|-----------------|
| | До дробления | После дробления |
| Крупное | 1000...200 | 250...40 |
| Среднее | 250...25 | 40...10 |
| Мелкое | 50...25 | 10...1 |
| Тонкое | 25...3 | 1...0,4 |
| Сверхтонкое | 3...0,2 | 0,3...0,01 |
| Коллоидное | 0,2...0,1 | $\approx 0,001$ |

Основной величиной, характеризующей процесс дробления, является степень измельчения i , поскольку от нее зависят и количество затрачиваемой энергии, и производительность, и требуемая мощность. Степень измельчения показывает во сколько раз увеличивается суммарная площадь поверхности частиц после дробления:

$$i = \frac{S_p}{S_m}, \quad (11)$$

где S_p – суммарная поверхность частиц измельченного продукта;

S_m – суммарная поверхность частиц исходного материала.

Однако вследствие большой трудоемкости определения суммарных поверхностей частиц, чаще находят степень измельчения более простым путем:

$$i = \frac{D}{d}, \quad (12)$$

где D – средний размер частиц исходного материала;

d - средний размер частиц измельченного продукта.

При этом для определения среднего размера частиц пробу материала просеивают при помощи рассевка-анализатора через набор сит с отверстиями разных размеров. Взвешивают сходовые фракции (т.е. частицы, не прошед-

шие через данное сито и оставшиеся на нем). А числовое значение размера частиц вычисляют по формуле:

$$d = \frac{\sum_{j=1}^k d_j x_j}{\sum_{j=1}^k x_j}, \quad (13)$$

где d_j – средний размер частиц j -й сходовой фракции, который определяется как полусумма размеров отверстий сита, с которого получен сход материала, и ближайшего сита, через которое прошел этот продукт, мм;

x_j – масса j -й сходовой фракции продукта в кг (или % к массе навески).

Для получения более полной характеристики получаемого измельченного продукта проводят ситовый анализ. Результаты ситового анализа представляют при помощи кривых распределения частиц: интегральной и дифференциальной.

На графиках интегральных кривых распределения по одной оси откладывают размер отверстий сита, а по другой – процентное количество вещества, прошедшего или не прошедшего через такое сито (т.е. массовый проход или сход с соответствующего сита).

На графиках дифференциальных кривых распределения по одной оси откладывают размер отверстий сита, а по другой – дифференциал от схода с данного сита, равный массовому количеству вещества, не прошедшего через сито с размером ячеек h , но прошедшего через сито с размером ячеек $(h+dh)$.

Сходовые фракции обычно выражают в процентах от общего количества вещества.

Работа выполняется на дробилке фрезерной ДФЗ-00.000 производства Курганского завода "Элеватормельмаш" (рисунок 11). Дробилка состоит из электродвигателя 1 с муфтой 2, дробящего узла 3, бункера 4, лотка 5, рамы 6 и ограждения муфты 7. Зерно из бункера 4 самотеком поступает в дробящий узел 3, а измельченный продуктсыпается по лотку 5.

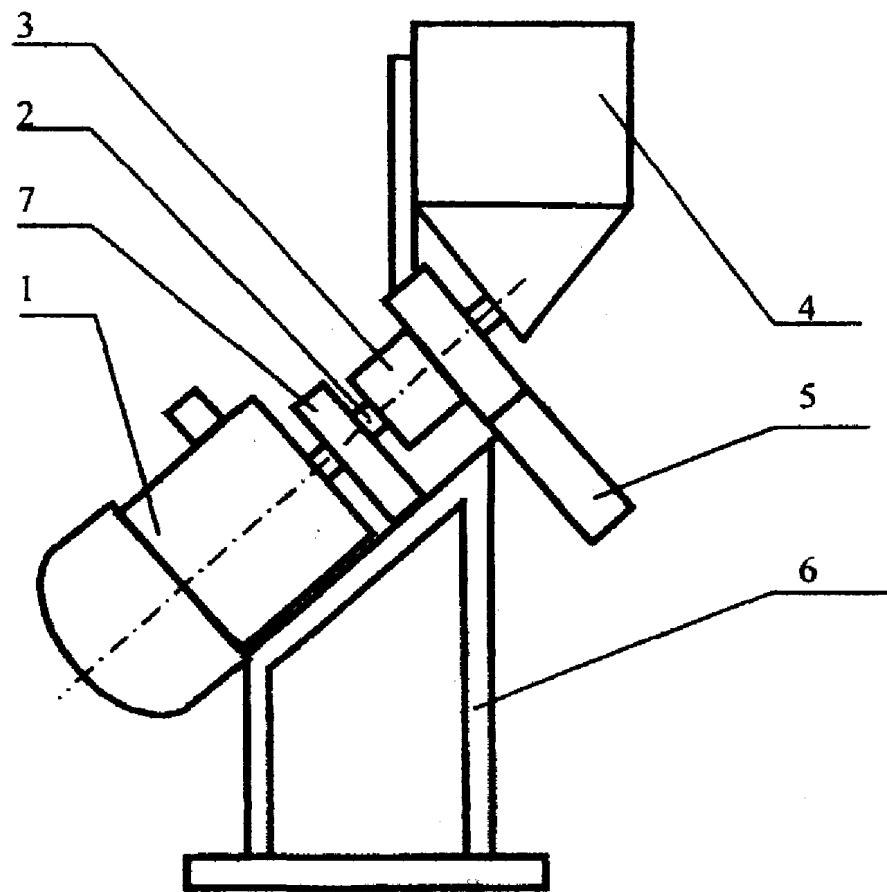


Рисунок 11

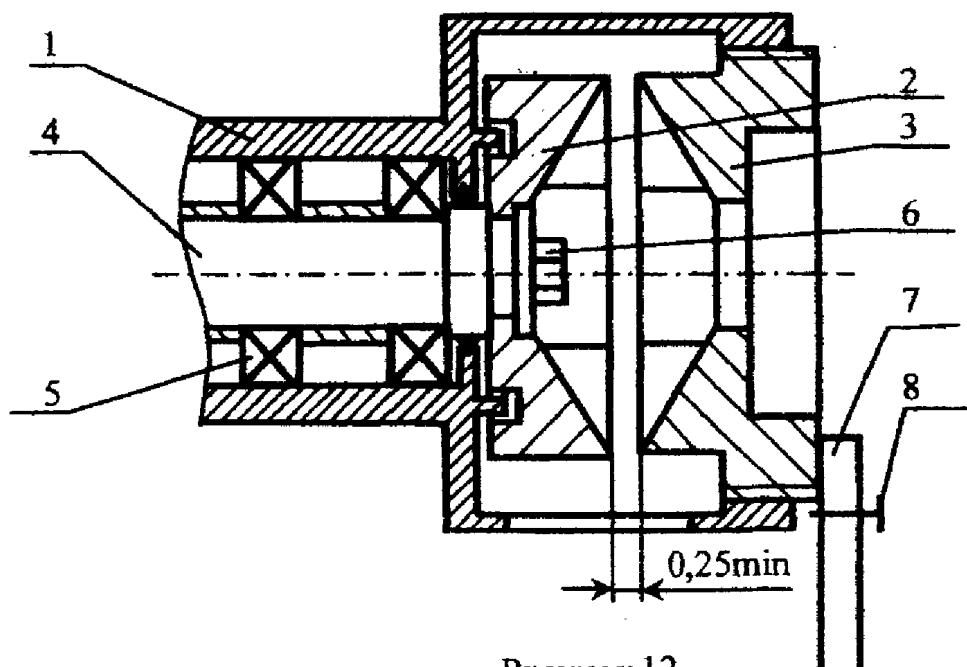


Рисунок 12

Дробящий узел (рисунок 12) состоит из корпуса 1, головок с ножами (фрез) 2 и 3, вала 4, подшипников 5, болта 6, рукоятки 7 и стопорного винта 8. Фреза 3 установлена в корпусе 1 на резьбе ($M170 \times 2$). Поворачивая фрезу 3 при помощи рычага 7, можно менять зазор между ножами фрез. Стопорный винт служит для фиксации установленного зазора. Фреза 3 в процессе измельчения неподвижна.

Фреза 2 при помощи болта 6 закреплена на валу 4, установленном в подшипниках 5 (рисунок 12). В процессе измельчения фреза 2 вращается. При этом зерно через центральное отверстие фрезы 3 поступает в полость между фрезами и, попадая между неподвижным ножом фрезы 3 и вращающимся ножом фрезы 2, измельчается. Полученные частицы могут снова попасть между неподвижным и движущимся ножами и еще более измельчаться. Так может повторяться многократно до тех пор, пока размер частиц не станет меньше установленного зазора между фрезами. Тогда частицы проходят по зазору между фрезами и удаляются из дробящего узла через отверстие в нижней части корпуса.

Силы действующие на зерно в процессе измельчения, схематично показаны на рисунке 13.

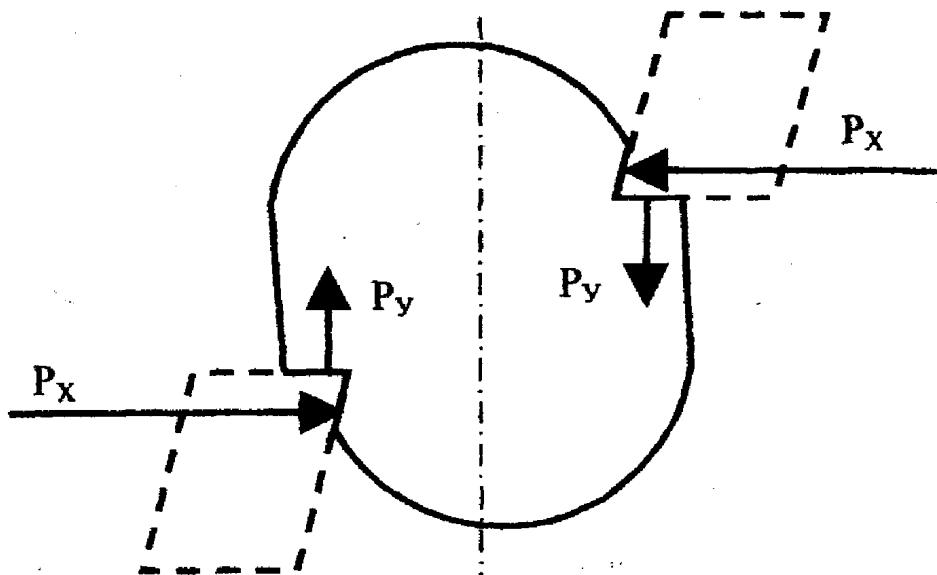


Рисунок 13

Порядок проведения работы

1 Зерно при помощи сит с размером отверстий 1,2,3,4,5,6,7 мм разделить по фракциям. Для опыта отобрать примерно $0,2 \text{ дм}^3$ материала одной

или нескольких (в нужном весовом соотношении и тщательно перемешанных) фракций. Определить средний размер зерен материала по формуле (13).

2 Установить необходимый зазор между фрезами дробилки в следующей последовательности:

а)ослабить стопорный винт 8 (рисунок 12);

б)при помощи рычага 7 ввернуть фрезу 3 до соприкосновения с фрезой 2: зазор равен нулю;

в)при помощи того же рычага 7 вывернуть фрезу 3 на расчетный угол, исходя из того, что один оборот этой фрезы обеспечивает зазор 2 мм;

(Минимально допустимым по паспорту дробилки является зазор 0,25 мм, что достигается поворотом фрезы 3 на 1/8 оборота!)

г)завернуть стопорный винт;

д)убедиться в том, что установленный зазор не меньше минимально допустимого, для чего проверить возможность вращения муфты 2 от руки (рисунок 11).

3 Произвести пуск установки на холостом ходу, убедиться в отсутствии металлических стуков в дробящем узле.

4 Подставить под лоток емкость для приема продуктов дробления, засыпать в бункер зерно и произвести измельчение. Снимать решетку бункера запрещается! Застрявшее в бункере зерно можно сместь деревянной лопаткой.

5 При помощи рассевка-анализатора разделить продукты измельчения по фракциям. Взвесить сходовые фракции и определить средний размер частиц измельченного продукта по формуле (13).

6 По формуле (12) определить степень измельчения.

7 По полученным результатам построить дифференциальную кривую распределения, т.е. график зависимости веса сходовой фракции (в процентах к весу всего измельченного продукта) от диаметра отверстий в ситах. Указать на нем характеристику исходного материала и величину мелющего зазора.

8 Построить интегральную кривую распределения.

9 По построенным графикам определить средний размер измельченных частиц; диапазон изменения размеров измельченных частиц, составляющих 50% и 90% всего продукта.

Контрольные вопросы

1 Какой процесс называют измельчением? Чем отличается дробление от резания?

2 Какие существуют способы (или виды) дробления?

3 Что называется степенью измельчения? Как она определяется?

4 Почему степень измельчения считается основной характеристикой процесса дробления? На что она влияет?

- 5 Как производится ситовый анализ сыпучего материала?
- 6 Поясните устройство и принцип действия дробилки ДФ-3.00.000.
- 7 Какой способ дробления осуществлен в дробилке ДФ-3.00.000?
- 8 Что показывает интегральная кривая распределения измельченного материала?
- 9 Что показывает дифференциальная кривая распределения измельченного материала?

Отчет по работе

- 1 Название и цель работы.
- 2 Схема дробилки (упрощенно, рисунок 11).
- 3 Используемый материал – _____
количество используемых фракций _____
средний размер d_i и вес x_i каждой фракции материала : _____
- 4 Результаты дробления:
величина зазора дробящего узла _____
средний размер частиц d_j , вес x_j и процентное содержание каждой фракции измельченного продукта : _____
- 5 Средний размер частиц измельченного продукта (13) $d =$ _____
- 6 Степень измельчения по формуле (12) $i =$ _____
- 7 Ситовая характеристика измельченного материала (графики интегральной и дифференциальной кривых распределения).
Диапазон изменения размеров 50% частиц продукта: _____
Диапазон изменения размеров 90% частиц продукта: _____
Средний размер измельченных частиц (из графиков): _____

Список литературы

- 1 Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств/ Под ред. С.М.Гребенюка.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.- С. 7...13.
- 2 Малахов Н.Н., Плаксин Ю.М., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств: Учебник.- Орел: Изд-во Орловского государственного технического ун-та, 2001.- 687 с.
- 3 Процессы и аппараты пищевых производств. Лабораторный практикум/ Под ред. В.Н.Стабникова.- Киев: Вища школа, 1964.- С. 5...17.

Валерий Васильевич Пивень
Сергей Геннадьевич Тютрин
Ольга Леонидовна Уманская

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по
процессам и аппаратам пищевых производств
для студентов специальности 260601 (170600)

Редактор Н.М.Кокина

| | | |
|------------------------------|-------------------|------------------|
| Подписано к печати 19.01.05. | | Бумага тип. №1 |
| Формат 60×84 1 /16 | Усл. печ. л. 1,75 | Уч. изд. л. 1,75 |
| Заказ 48 | Тираж 30 | Цена свободная |

Издательство Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет, ризограф.