

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.03 Инновационные технологии в механизации животноводства

Направление подготовки (специальность) 35.04.06 Агроинженерия

**Профиль подготовки (специализация) «Технологии и средства механизации
сельского хозяйства»**

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция 1 Математическое моделирование технологических процессов переработки животноводческих продуктов. Схемы технологических процессов приготовления кормов.....	3
1.2 Лекция 2 Функционально технологическая схема доильных установок с молокопроводом. Техническое обслуживание молочного оборудования.....	15
2. Методические указания по выполнению практических занятий	21
2.1 Практическое занятие №1 Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции в АПК.....	21
2.2 Практическое занятие №2 Теоретические основы процесса гранулирования кормов.....	25
2.3 Практическое занятие №3 Основы проектирования режущих аппаратов кормоприготовительных машин.....	30
2.4 Практическое занятие №4 Определение модуля помола и степени измельчения зерна.....	42
2.5 Практическое занятие №5 Рабочий процесс и определение энергетических показателей сепаратора молока.....	51
2.6 Практическое занятие №6 Машинное доение коров и первичная обработка молока.....	57
2.7 Практическое занятие №7 Теоретические основы переработки молока.....	64

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Математическое моделирование технологических процессов переработки животноводческих продуктов. Схемы технологических процессов приготовления кормов»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Системы линейных уравнений.
2. Процессы первичной переработки продукции животноводства.
3. Кормоприготовительные машины и их классификация.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Системы линейных уравнений.

Линейным уравнением называется такое уравнение, в котором все неизвестные имеют первую степень

$$AX + BY + CZ = D;$$

Здесь $X; Y; Z$; имеют первую степень. Поэтому данное уравнение называется линейным.

Системой линейных уравнений называется множество линейных уравнений с неизвестными $X, Y, Z, \dots$, в которых численные значения этих неизвестных, будучи подставленными во все уравнения системы, обращает их в тождества. Таким образом, решением системы уравнений являются числовые значения неизвестных, полученные в результате вычислительных операций над системой. В общем случае система может иметь одно решение, может иметь бесконечное множество решений, а может и не иметь ни одного решения. Например, система

$$\begin{aligned} X + Y + Z &= 0 \\ 2X + 2Y + 2Z &= 2 \\ 3X + 3Y + 3Z &= 3 \end{aligned}$$

решений не имеет, так как, если бы решение существовало, то $X + Y + Z$ равнялось бы одновременно и нулю и единице.

Системы, не имеющие решений, называются несовместными, а имеющие решения - совместными.

Совместная система линейных уравнений называется определенной, если она имеет только одно решение, т.е. существует только один набор числовых значений неизвестных, который обращает все уравнения системы в тождества.

Совместная система линейных уравнений называется неопределенной, если решений больше, чем одно. Например, система

$$\begin{aligned} X + Y - Z &= 36 \\ X - Y + Z &= 13 \\ -X + Y + Z &= 7 \end{aligned}$$

имеет несколько решений. Предоставляем читателю возможность самому найти решения этой системы.

Во всех примерах и задачах данного «Учебного пособия» математические модели представлены только совместными и определенными системами линейных уравнений.

Но и это не все. На решения представленных в «Пособии» примеров накладывается еще одно условие – неотрицательность результата решений, т.е. после решения численное значение ни у одного неизвестного не может иметь знак «минус». Если, например, неизвестное К в примере 5 в результате решения окажется отрицательным, то это означает, что комбикорм в кормосмесь надо не прибавлять, а отнимать его из кормосмеси. Еще больший абсурд получится при решении системы в примере 1

$$\begin{aligned} 1000 - X &= Y \\ 4200 - 20X &= 2,5Y \end{aligned}$$

если неизвестное, например Y, окажется со знаком «минус». Напомним -правильное решение: X = 97 кг, Y = 903 кг. Если же Y = - 903 кг, тогда из уравнения (15) X = 1000 - (- 903) = 1903 кг. Как можно из 1000кг молока получить 1903кг сливок?

К сожалению, иногда встречаются читатели, которые, нисколько не задумываясь над абсурдностью полученных результатов, выдают подобные ответы за истину.

Решение систем линейных уравнений методом Гаусса - методом последовательного исключения неизвестных.

Рассмотрим применение метода Гаусса для решений системы трех линейных уравнений с тремя неизвестными из примера 2.

$$\begin{aligned} X + Y + Z &= 800 \\ 70X + 13Y + 75Z &= 46400 \\ 0,3X + 0,95Y + 0,25Z &= 352 \end{aligned}$$

Последовательность процедуры такова:

1. Надо исключить неизвестное X из уравнения. Для этого все члены уравнения необходимо умножить на коэффициент при X. Этот коэффициент равен 70. Строго говоря, надо все члены уравнения умножить на отношение коэффициента при X в уравнении (2) к коэффициенту при X в уравнении (1), т.е. все члены уравнения (1) надо умножить на дробь 70/1 и переписать систему заново

$$\begin{aligned} 70X + 70Y + 70Z &= 70 \times 800 & (1) \\ 70X + 13Y + 75Z &= 46400 & (2) \\ 0,3X + 0,95Y + 0,25Z &= 352 & (3) \end{aligned}$$

2. Теперь необходимо вычесть почленно уравнение (2) из уравнения (1). Полученное новое уравнение надо записать на место уравнения (2).

$$\begin{aligned} X + Y + Z &= 800 \\ 57Y - 5Z &= 9600 \\ 0,3X + 0,95Y + 0,25Z &= 352 \end{aligned}$$

3. Для исключения X из уравнения (3) по аналогии с предыдущими действиями все члены уравнения (1) умножить на 0,3; точнее на отношение 0,3/1

$$\begin{aligned} 0,3X + 0,3Y + 0,3Z &= 240 \\ 57Y - 5Z &= 9600 \\ 0,3X + 0,95Y + 0,25Z &= 352 \end{aligned}$$

1. Вычесть уравнение из уравнения и полученное новое уравнение записать на месте уравнения (19).

$$\begin{aligned} X + Y + Z &= 800 \\ 57Y - 5Z &= 9600 \end{aligned}$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112$$

5. Теперь, не трогая уравнение (1) надо исключить неизвестное Y из уравнения (3). Для этого каждый член уравнения (2) умножим на дробь 0,65/57. Здесь 0,65 - коэффициент при Y в уравнении (3), а 57 - коэффициент при Y в уравнении (2). $X + Y + Z = 800$

$$\frac{0,65}{57} * 57Y - \frac{0,65}{57} * 5Z = \frac{0,65}{57} * 9600$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112$$

Перепишем систему, произведя сокращения

$$X + Y + Z = 800$$

$$0,65Y - 0,057Z = 109,5$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112$$

6. Вычтем уравнение (2) из уравнения (3) и перепишем систему.

$$X + Y + Z = 800$$

$$0,65Y - 0,057Z = 109,5$$

$$0,007Z = 2,5$$

Полученное уравнение (3) - уравнение с одним неизвестным Z, из которого находим

$$Z = \frac{2,5}{0,007} = 357 \text{ кг}$$

Из уравнения (18.2) $Y = 200$ кг.;

Из уравнения (17) $X = 243$ кг.

Метод Гаусса для решения систем линейных уравнений в силу своей простоты и однотипности выполняемых операций очень хорошо подходит для использования на ЭВМ. Существенным недостатком этого метода является невозможность сформулировать условия совместности и определенности системы в зависимости от значений коэффициентов и свободных членов. С другой стороны, даже в случае определенной системы, этот метод не позволяет найти общие формулы, выражающие решение системы через ее коэффициенты и свободные члены, которые необходимо иметь при анализе уравнений.

Решение систем линейных уравнение методом Крамера

3.2.1. Элементы теории определителей.

Определитель второго порядка. Определители впервые были введены для решения системы уравнений первой степени в 1750 г. Швейцарский математик Г.Крамер дал общие формулы, выражающие неизвестные через определители, составленные из коэффициентов системы. Примерно через сто лет теория определителей, выйдя далеко за пределы алгебры, стала применяться во всех математических науках.

Рассмотрим таблицу вида:

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix}$$

где, $a_1; b_1; a_2; b_2$ - некоторые числа. Любая такая таблица называется матрицей второго порядка. Числа $a_1 b_1 a_2, b_2$ называются элементами матрицы.

Число, равное $a_1 b_2 - a_2, b_1$, называется определителем матрицы или определителем второго порядка и обозначается $\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$

Итак, по определению определитель матрицы равен

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 b_2 - a_2 b_1$$

Рассмотрим систему двух линейных уравнений из примера 1

$$\begin{aligned} X + Y &= 1000 \\ 20X + 2,5Y &= 4200 \end{aligned}$$

$$\text{здесь } \Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 20 & 2,5 \end{vmatrix} = 1 \cdot 2,5 - 1 \cdot 20 = -17,5$$

Если столбец коэффициентов при неизвестном X в этом определителе матрицы заменить на столбец свободных членов, то получим новый определитель ΔX :

$$\Delta X = \begin{vmatrix} 1000 & 1 \\ 4200 & 2,5 \end{vmatrix} = 1000 \times 2,5 - 4200 \times 1 = -1700$$

Если столбец коэффициентов при неизвестном Y заменить на столбец свободных членов, то получим определитель:

$$\Delta Y = \begin{vmatrix} 1 & 1000 \\ 20 & 4200 \end{vmatrix} = 1 \times 4200 - 20 \times 1000 = -15800$$

Решение системы двух данных уравнений по способу Крамера будет иметь вид:

$$X = \frac{\Delta X}{\Delta} = \frac{-1700}{-17,5} = 97$$

$$Y = \frac{\Delta Y}{\Delta} = \frac{-15800}{-17,5} = 903$$

3.2.2. Определитель третьего порядка.

Рассмотрим квадратную таблицу вида:

$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix}$$

где $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3$ - некоторые числа. Любая такая таблица называется матрицей третьего порядка.

Определитель матрицы, или определитель третьего порядка, обозначается

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

Этот определитель выражается через определители второго порядка следующим образом:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - b_1 \begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix} + c_1 \begin{vmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

Раскрывая определители второго порядка по формуле (45) предыдущего пункта, находим, что

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 - a_2 b_1 c_3 + a_3 b_1 c_2 + a_2 b_3 c_1 - a_3 b_2 c_1$$

Формулу (4) запомнить значительно легче, чем формулу (6), если заметить следующее правило построения слагаемых в правой части равенства (4):

Берем первый элемент первой строки матрицы (3), т.е. a_1 и умножаем его на определитель матрицы второго порядка, получающийся из исходной матрицы (3) после вычеркивания строки и столбца, на пересечении которых стоит взятый нами элемент; затем берем со знаком "минус" второй элемент первой строки, т.е. b_1 и умножаем его на определитель матрицы второго порядка, получающийся после вычеркивания из исходной матрицы (3) уже второго столбца и первой строки (на их пересечении стоит элемент b_1); берем третий элемент первой строки, т.е. c_1 и умножаем его на соответствующий ему определитель второго порядка.

Описанное правило и формулу (5) называют разложением определителя третьего порядка по элементам первой строки.

Вычисляем определитель третьего порядка из примера 2.

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 70 & 13 & 75 \\ 0,3 & 0,95 & 0,25 \end{vmatrix} = 1 \cdot \begin{vmatrix} 13 & 75 \\ 0,95 & 0,25 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} 70 & 75 \\ 0,3 & 0,25 \end{vmatrix} + 1 \cdot \begin{vmatrix} 70 & 13 \\ 0,3 & 0,95 \end{vmatrix} =$$

$$= 13 \cdot 0,25 - 0,95 \cdot 75 - 70 \cdot 0,25 + 0,3 \cdot 75 + 70 \cdot 0,95 - 0,3 \cdot 13 =$$

$$= 3,25 - 71,25 - 17,5 + 22,5 + 66,5 - 3,9 = -0,4$$

Если в определителе третьего порядка (на примере 2) первый столбец

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 70 & 13 & 75 \\ 0,3 & 0,95 & 0,25 \end{vmatrix}$$

заменить столбцом свободных членов из системы линейных

уравнений в примере 2, то получим новый определитель ΔX

$$\Delta X = \begin{vmatrix} 800 & 1 & 1 \\ 46400 & 13 & 75 \\ 352 & 0,95 & 0,25 \end{vmatrix}$$

Его также можно вычислить, разложив по элементам первой строки

$$\Delta X = 800 \times \begin{vmatrix} 13 & 75 \\ 0,95 & 0,25 \end{vmatrix} - 1 \times \begin{vmatrix} 46400 & 75 \\ 352 & 0,25 \end{vmatrix} + 1 \times \begin{vmatrix} 46400 & 13 \\ 352 & 0,95 \end{vmatrix} =$$

$$= 800 \times (13 \times 0,25 - 0,95 \times 75) - 46400 \times 0,25 + 352 \times 75 + 46400 \times 0,95 - 352 \times 13 = -96$$

По аналогии с определителем второго порядка, находим

$$X = \frac{\Delta X}{\Delta} = \frac{-96}{-0,4} = 240$$

Вычисляем определитель ΔY

$$\Delta Y = \begin{vmatrix} 1 & 800 & 1 \\ 70 & 4400 & 75 \\ 0,3 & 352 & 0,25 \end{vmatrix} = -80$$

Находим величину Y .

$$Y = \frac{\Delta Y}{\Delta} = \frac{-80}{-0,4} = 200$$

Вычисляем определитель ΔZ

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 800 \\ 70 & 13 & 46400 \\ 0,3 & 0,95 & 352 \end{vmatrix} = -144$$

В теории определителей доказывается теорема:

Система «*n*» линейных уравнений имеет единственное решение тогда и только тогда, когда определитель матрицы системы отличен от нуля.

Эта теорема позволяет любую систему из «*n*» линейных уравнений с «*n*» неизвестными проверить на наличие или отсутствие единственного решения еще до начала процедуры решения, т.е. до вычисления определителей ΔX , ΔY , ΔZ .

Если определитель матрицы равен нулю, то система уравнений либо вовсе не имеет решений (она несовместна), либо имеет бесконечное множество решений.

Для решения систем линейных уравнений на ЭВМ имеются готовые пакеты прикладных программ, использующие алгоритмы Гаусса и Крамера.

2. Процессы первичной переработки продукции животноводства

Всё многообразие процессов первичной переработки продукции в АПК можно классифицировать следующим образом.

1.1 Частичное обезвоживание высоковлажных продуктов термическим способом:

1.1.1. Сушка зеленой травы с целью получения сенажа, сена, травяной муки;

1.1.2. Сушка фруктов, ягод, овощей, грибов;

1.1.3. Сушка натурального молока с целью получения сгущённого или сухого молока;

1.1.4. Сушка натуральных сливок с аналогичными целями;

1.1.5. Сушка свежих куриных яиц - яичный порошок;

1.1.6. Сушка рыбы, мяса;

1.1.7. Сушка кровяной муки на предприятиях по убою скота – кровяная мука;

1.1.8. Сушка сырого зерна; сырого сена;

1.1.9. Сушка макаронных изделий в процессе их производства;

1.1.10. Сушка сухарей из хлебобулочных изделий;

1.1.11. Сушка сока сахарной свеклы в процессе производства сахара;

1.1.12. Перегонка воды с целью получения дистиллированной воды;

1.1.13. Перегонка спиртосодержащих жидкостей с целью получения жидкостей с иным содержанием спирта;

1.1.14. Сушка строительных пиломатериалов

1.2. Механическое разделение сырьевых продуктов на составные компоненты отжимом в поле центробежных сил (центрифугирование), отстоем в поле гравитационных сил,

прессованием, разделением на решетных классификаторах, фильтрах, магнитных сепараторах:

1.2.1. Отжим соков зеленых трав, соков свежих ягод, фруктов, овощей;

1.2.2. Отжим растительных масел из семян масличных культур;

1.2.3. Разделение молока на сливки и обезжиренное или нормализованное по жиру молоко;

1.2.4. Разделение жидкого навоза на густую и осветленную жидкую фракции;

1.2.5. Очистка зерна от посторонних примесей;

1.2.6. Сортировка сыпучих строительных материалов, зерна на размерные фракции;

- 1.2.7. Очистка молока, растительных и машинных масел от механических примесей;
- 1.2.8. Мойка корнеплодов.
- 1.3. Смешивание различных веществ между собой с целью получения смесей с заданными физико-механическими, химическими или биологическими свойствами:
- 1.3.1. Смешивание моющих и дезинфицирующих веществ с водой;
- 1.3.2. Высококонцентрированных ядов, удобрений с водой с целью получения рабочих растворов;
- 1.3.3. Горячей и холодной воды с целью получения теплой воды;
- 1.3.4. Серной кислоты с дистиллированной водой для получения электролита свинцовых кислотных аккумуляторных батарей;
- 1.3.5. Сухого молока с водой для получения восстановленного молока (молочный напиток);
- 1.3.6. Сливков с маложирным молоком или обезжиренного молока с высокожирным молоком с целью получения нормализованного по жиру молока;
- 1.3.7. Спирта с водой и микродобавками для получения спиртных напитков;
- 1.3.8. Смешивание различных кормов между собой для получения кормосмесей;
- 1.3.9. Муки с водой и микродобавками для получения теста;
- 1.3.10. Сыпучих строительных материалов (цемент, песок, гравий, щебенка и т. д.) с водой;
- 1.3.11. Смешивание красок между собой или с растворителями.
- 1.3.12. Смешивание навоза с минеральными удобрениями с целью получения компостов;
- 1.3.13. Смешивание чистого наружного воздуха с воздухом животноводческих помещений при вентиляции.

3. Кормоприготовительные машины и их классификация

Приготовление кормов – одна из наиболее трудоемких операций в животноводстве. В условиях немеханизированных ферм она поглощает до 40-50% всех трудовых затрат, идущих на производство животноводческой продукции. Особенно велики эти затраты в свиноводстве, где приготовление и раздача кормов являются основными операциями.

Механизация приготовления кормов – это применение системы машин для подготовки кормов перед скармливанием их животным с целью замены малопродуктивного ручного труда механизированным и повышения качества обработки кормов.

В сочетании с передовыми способами содержания скота механизированное приготовление кормов на основе рациональной технологии является одним из важнейших условий повышения производительности труда и снижения себестоимости животноводческой продукции.

Организм животного перерабатывает в продукцию всего лишь 20...25 % энергии корма. Примерно 30...35% энергии тратится на физиологические нужды, а остальная часть в неусвоенном виде выделяется с отходами.

Задача приготовления кормов к скармливанию заключается в том, чтобы уменьшить потери энергии корма путем повышения его питательной ценности, поедаемости, переваримости и усвоения. Обработка кормов в процессе приготовления предупреждает заболевания животных, уничтожает вредное влияние некоторых кормов на качество продукции.

Обработка кормов значительно расширяет возможности использования различных кормовых смесей с применением в качестве компонентов малоценных грубых кормов, отбросов и отходов с.х. производства, предприятий пищевой промышленности,

технических и др. производств. Кормосмеси охотнее и полнее поедаются животными. В результате продуктивность животных увеличивается на 7-10%, а расход корма на единицу продукции снижается на 15...20%. Это экономит зерно и комбикорма.

Различают: механические; тепловые; химические и биологические способы приготовления кормов.

В современных механизированных кормоцехах на крупных жив. фермах и комплексах широко применяют комбинированные способы обработки кормов: механические с тепловой, химической и биологической обработкой.

К механическим способам приготовления относятся очистка, мойка, потряхивание, просеивание, отвеивание, резание, дробление, раскалывание, разминание, смешивание, дозирование, истирание, плющение, прессование, гранулирование, брикетирование и др.

Применяется как на мелких так и на крупных комплексах, в кормоцехах и на комбикормовых заводах.

К тепловым способам относят: запаривание, заваривание, сушка, выпаривание, поджаривание, выпечка, пастеризация и др. для всех видов кормов.

Химические способы - гидролиз, обработка щелочью, кислотами, каустической содой и аммиаком, известкование, консервирование. Используют реже из-за трудностей связанных с использованием и хранением активных веществ.

Биологические способы - силосование, заквашивание, осолаживание, дрожжевание, проращивание и др. Основаны на воздействии на корм молочно-кислых бактерий, дрожжевых клеток и других микроорганизмов и ферментов. Эти способы получили широкое распространение, так как они позволяют улучшить питательную ценность, поедаемость и сохранность кормов.

Без механического способа обработки ни один из последующих способов не возможен.

Технологические схемы приготовления грубых кормов:

1. измельчение – дозирование - смешивание.
2. измельчение – запаривание - дозирование – дрожжевание - смешивание.
 - подача измельченного корма в смеситель-запарник
 - первоначальное перемешивание в течении 30 минут при температуре 90-95С
 - охлаждение до 50-55 С
 - ферментирование не менее двух часов
 - введение дрожжевой суспензии
 - вторичное охлаждение до 28-32 С

Процесс дрожжевания не менее 6-8- часов (Фильм 1)

3. измельчение – биологическая (биохимическая) или химическая обработка- дозирование - смешивание. (фильм)

При переработки сена в муку: измельчение (длина резки 8...12 мм.), - сушка, - размол – дозирование – смешивание.

Если сено достаточно сухое: размол – дозирование – смешивание.

Технологические схемы приготовления сочных кормов:

1. мойка – измельчение – дозирование – смешивание.
2. мойка – запаривание – разминание – измельчение - дозирование – смешивание. (фильм)
3. мойка – измельчение – дозирование – дрожжевание - смешивание.

Технологические схемы приготовления концентрированных кормов:

1. очистка – измельчение – дозирование – смешивание.
2. очистка – измельчение – осолаживание (дрожжевание) – дозирование - смешивание.
3. очистка – измельчение и дозирование – смешивание – гранулирование (брикетирование).
4. очистка – проращивание.

Независимо от вида, назначения и способов приготовления, корма отвечают следующим основным требованиям:

1. Наличие необходимого количества доступных для переваривания и усвоения питательных веществ.
2. Отсутствие вредных и ядовитых веществ.
3. Высокие вкусовые качества и привлекательный внешний вид и запах.
4. Возможность длительного хранения

В соответствии с этими требованиями определены следующие зоотехнические требования к машинам для приготовления кормов:

1. Конструкция машин должна быть простой по устройству, надежной и удобной в эксплуатации.
2. машина или агрегат должны быть удобными для агрегатирования с электродвигателями.
3. машины для измельчения концентрированных кормов должны обеспечивать как крупную, так и мелкую степень измельчения. Распыл и потери корма при измельчении не допускаются.
4. при приготовлении сенной муки частицы измельченного корма для свиней не должны превышать 2-2, мм, а для птицы – 1 мм.
5. машины и агрегаты для приготовления корнеклубнеплодов должны иметь производительность, соответствующую разовой раздаче корма по ферме. Длительное хранение приготовленных к скармливанию кормов не допускается. При мойке, а также измельчения корнеклубнеплодов не допускаются потери питательной части корма с мочной водой и в рабочих органах машины.
6. при измельчении грубых кормов на соломосилосорезках и соломорезках частицы измельченного корма не должны превышать определенных размеров.

машины для приготовления кормов должны быть снабжены предохранительными устройствами, обеспечивающими безопасную работу обслуживающего персонала.

Экономическая эффективность механизации приготовления кормов во многом зависит от выбора машин, организации труда, методов кормления и содержания животных и технологии подготовки кормов к скармливанию.

Для выполнения одних и тех же операций, связанных с приготовлением кормов, промышленность выпускает самые разнообразные машины. Например, для измельчения соломы можно использовать соломорезку, силосорезку или универсальную дробилку и т.д. Кроме того, имеются универсальные машины, которые могут выполнять несколько операций по приготовлению кормов.

В соответствии со схемой выбираем технологическое оборудование. В условиях современного животноводства корма приготавливают централизованно на комбикормовых заводах или в крупных кормоцехах комплексов. Их доставка в хозяйство на фермы централизована. Поэтому отдельные технологические операции исключают из работы на фермах (измельчение и смешивание)

Технологическое оборудование предназначенное для приготовления кормов к скармливанию классифицируется:

- а) по виду обрабатываемых кормов (измельчители грубых кормов, корнерезки и др.);
- б) по характеру выполняемых технологических операций (дробилки, смесители, измельчители, запарники-смесители);
- в) по типу рабочего органа (ситовые сепараторы, молотковые дробилки, шнековые дозаторы).

При приготовлении грубых кормов обычно применяется механическая, тепловая, химическая и биологическая обработка.

При измельчении применяются следующие машины (рис. 1):

- измельчители ИГК- 30Б, Волгарь, ИГК-30Б;
- измельчитель - смеситель ИСК-3;
- измельчители – дробилки ИРТ-165, ДИП-2;
- соломосилосорезки РСС-6,0 Б;
- универсальные агрегаты АПК-10А

Тепловая обработка проводится для размягчения их волокон. Процесс запаривания состоит в следующем: измельченная солома смачивается горячей водой (80...100 литров на 100 кг) и укладывается в емкости, затем емкости закрываются и подается пар. Пропаривание длится 30...40 минут, считая с момента, когда пар начинает выделяться из емкости. Через 4...6 часов в теплом виде скармливают скоту. Запарник – смеситель С-12.

Химический способ. Обработка производится раствором едкого натрия (каустической содой), окиси кальция, аммиачной водой, или жидким аммиаком.

Для приготовления корнеклубнеплодов:

- корнеклубнемоишки;
- измельчители;
- запарники-смесители;
- варочные котлы;
- мойка-корнерезка ИКС-5М;
- измельчитель-камнеуловитель ИГК-30Б

Концентрированные корма

Очистка осуществляется при помощи ситовых, воздушно-ситовых и магнитных сепараторов.

Ситовые сепараторы очищают зерно от различных примесей путем разделения примесей путем разделения по ширине и толщине на решетках с круглыми и продолговатыми отверстиями.

Воздушно-ситовые очищают зерно по длине, ширине и аэродинамическим свойствам. Кроме решет имеются дополнительные вентилятор и пневмосепарирующий канал.

Магнитные сепараторы для выделения металлических примесей. Устанавливают магнитные сепараторы перед дробилками, грануляторами или после смесителей.

Для очистки применяют сепараторы типа МК и МКА, выполненные в виде колонок с постоянным магнитом, магнитные аппараты типа МА, электромагнитные барабанные сепараторы типа ЭМ, СЭ и БСЭ, а также ленточные электромагнитные сепараторы ДЛ-1с.

Одна из главных технологических операций подготовки концентрированных кормов к скармливанию — их измельчение. Равномерное измельчение корма способствует лучшему усвоению питательных веществ, снижению затрат энергии животными на разжевывание, а также лучшему смешиванию ингредиентов при подготовке комбикормов.

В соответствии с зоотехническими требованиями присутствие пылевидной фракции корма не должно превышать 2 ... 3 %, так как пылевидные частицы плохо смачиваются слюной животных и желудочным соком и поэтому плохо перевариваются.

Различают помол: тонкий (степень помола $M = 0,2 \dots 1,0$), средний ($M = 1,0 \dots 1,8$ мм) и грубый ($M = 1,8 \dots 2,6$ мм). Степень помола определяют экспериментальным путем с помощью решетного классификатора, состоящего из набора сит с отверстиями различных диаметров. Навеску пробного помола массой 200 ... 400 г просеивают на решетном классификаторе. Фракцию с каждого решета (сита) взвешивают с точностью до 1 г, а затем подсчитывают степень помола по формуле

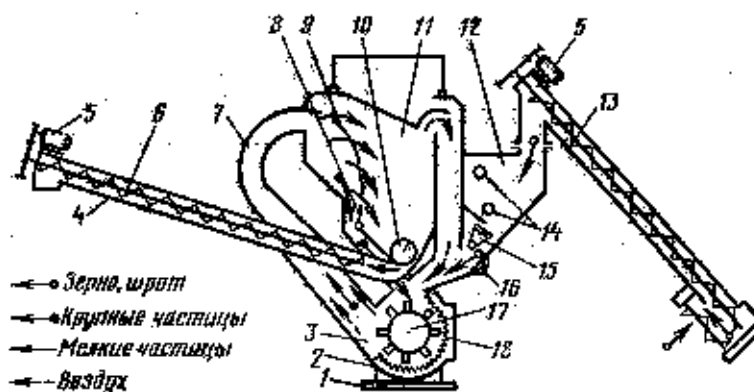
$$M = (0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3)/P$$

где P_0 — масса фракции на дне коробки классификатора; P_1 ; P_2 ; P_3 — масса фракций, оставшихся на ситах с диаметром отверстий соответственно 1, 2 и 3 мм;

P — масса навески пробного помола

В кормоцехах и кормоприготовительных отделениях ферм применяют молотковые дробилки КДУ-2,0, КДМ-2,0, ДКУ-1,0, Ф-1М, ДДМ-5,0, безрешетную дробилку ДБ-5 и другие, для измельчения солей микроэлементов — дробилки типа ДДК, А1-ДДП и др. Комбикормовые заводы большой мощности оборудуют дробилками типа А1-ДДП-5 и А1-ДДР-10 производительностью 5 ... 10 т/ч.

Например, безрешетная дробилка ДБ-5 предназначенная для измельчения фуражного зерна влажностью до 17 %. Она состоит из трех частей: дробилки, загрузочного и выгрузного шнеков. Каждая часть имеет индивидуальный привод от электродвигателя. Дробилка выпускается в двух исполнениях: ДБ-5-1 — с загрузочным и выгрузным шнеками и ДБ-5-2 — без загрузочного и выгрузного шнеков.



Жерновые и шаровые мельницы применяются наряду с молотковыми дробилками для измельчения концентрированных кормов. Рабочие органы таких мельниц — жернова, изготовленные из цельного камня или крошки твердых пород, кремния, кварца, корунда и др. Мельницы работают по принципу растирания. Степень помола регулируется за счет изменения частоты вращения жерновов и зазора между ними.

Основная задача кормоприготовительных предприятий — создание непрерывной поточной технологической линии: поле — хранилище — кормоцех (завод) — кормушка. Эта задача может быть решена на основе современной технологии и комплексной механизации при подготовке кормов к скармливанию. В зависимости от объема работ и технологии приготовления кормов применяют одну из трех форм организации производства: кормоприготовительное отделение, кормоприготовительный цех и комбикормовый завод.

Расчет кормоцеха начинают с разработки поточных технологических линий (ПТЛ) приготовления кормов согласно рационам кормления и наличию структурных групп животных в стаде. Все ПТЛ сводятся в общий производственный процесс приготовления кормов.

$$q_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} m_j$$

Сначала определяют суточную производительность каждой ПТЛ;

где a_{ij} — количество корма i -го вида в рационе j -и группы животных, т; m_j — число животных i -и группы; n — число групп животных.

Тогда производительность кормоцеха, т/ч,

где T_p — время работы кормоцеха в сутки, ч; f — число поточных технологических линий.

Затем рассчитывают основные машины ПТЛ; смесители, запарники, измельчители. При расчете всех этих машин применяют одинаковые методы. поэтому рассмотрим такой расчет на примере смесителей.

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Функционально технологическая схема доильных установок с молокопроводом. Техническое обслуживание молочного оборудования»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Устройство и действие простейших доильных установок.
2. Устройство и действие доильных аппаратов.
3. Уход за доильной аппаратурой и ее эксплуатация.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Устройство и действие простейших доильных установок

Несмотря на довольно большое разнообразие марок и типов доильных установок, все они имеют общую технологическую схему доения и первичной обработки молока, состоящую из трех линий: вакуумной, молочной и водяной.

Вакуумная линия включает в себя вакуумный насос, магистральный трубопровод (к которому подсоединяются доильные стаканы и молокопровод) и комплект контрольного оборудования.

Молочная линия состоит из молокопровода, транспортирующего молоко из коровника или доильной площадки в молочное отделение, механизмов для первичной обработки молока и танка.

Водяная линия предназначена для подачи теплой воды к вымени, мойки и дезинфекции. Состоит из бачка-смесителя, трубопровода и разбрызгивателей. В качестве подогревателя воды в водяной линии может быть использован котел-парообразователь или электрический водонагреватель.

В зависимости от поголовья молочного стада, условий работы, обеспеченности электрической энергией и других факторов, машины и механизмы, устанавливаемые в единой технологической поточной линии по получению и первичной обработке молока, могут иметь различные схемы и производительность. Тем не менее, основные механизмы (вакуумные насосы с контрольным оборудованием, магистральный вакуумопровод, с внутренним диаметром 1 или 1,5 дюйма, стальной или стеклянный молокопровод, доильные аппараты, электроподогреватели, молочные холодильные установки, молокосорбные танки), используемые на доильных установках, унифицированы.

Для машинного доения коров в настоящее время выпускаются различные типы доильных установок, которые различаются по производительности, организации труда операторов и технико-экономическим показателям. Их можно разделить на два основных класса:

1. Установки для доения коров в стойлах
2. Агрегаты для доения коров в специальных доильных залах и на пастбищах.



К первой группе относятся линейные доильные агрегаты и поточно -конвейерные установки. Они применяются при привязном содержании, когда каждая корова имеет свое определенное стойло, где и проводится машинное доение. На линейных доильных установках доильные аппараты перемещают, а коровы стоят неподвижно на привязи в стойлах.

Сущность поточно-конвейерного обслуживания молочного скота заключается в том, что коровы, располагаясь рядами на подвижной платформе, в период кормления и доения передвигаются по замкнутому контуру синхронно с транспортером, образуя живой самоходный конвейер. В одном из торцов коровника или любом другом месте располагается доильная площадка, где оборудуются два рабочих места операторов машинного доения. На первом оператор проводит подготовительные операции и подключает доильные аппараты. После подключения последнего аппарата оператор переходит на второе рабочее место, где проводит заключительные операции и снимает доильный аппарат. Затем переходит на первое рабочее место для подготовки к доению следующей коровы.

На установках второго типа осуществляется доение коров в специально оборудованных станках, расположенных в доильном зале или на пастбище. В зависимости от типа доильных станков различают установки: с параллельным расположением станков - установки типа «тандем, проходные, установки – «елочка» и конвейерно-кольцевые - установки типа «карусель».

Доильные установки с параллельным расположением животных получили название «параллельно-проходные». К таким установкам относятся УДМ-8, УДС-ЗБ.

На установках типа «тандем» индивидуальные станки располагают последовательно по периметру траншеи, в которой работают операторы машинного доения (УДТ-6, УДТ -3). Повышение производительность при последовательном расположения индивидуальных станков объясняется более рациональной организацией труда операторов. При оснащении доильных установок манипуляторами и автоматами управления (УДА-3А) количество операторов, обслуживающих станки, сокращается до одного, а производительность возрастает в два раза.

Широкое распространение в настоящее время получили установки с групповыми доильными станками. Применение групповых станков для доения животных позволяет увеличить производительность труда до 35 - 40 коров в час, а при наличии манипуляторов и автоматов управления до 70-75 коров в час (УДА-16А).

Конвейерно-кольцевые установки типа «карусель» представляют собой вращающиеся на кольцевой платформе доильные станки. Платформа поворачивается с небольшой скоростью (1 оборот за 9-10 минут) непрерывно или с остановками для захода и выхода коров. Коровы заходят в станки и выходят по очереди через равные промежутки времени.

В настоящее время в различных странах выпускаются следующие виды "карусели" отличающиеся типом и количеством доильных станков на платформе: «Ротоелочка», «Рототандем», «Тористайл», «Ротолатор». На двух последних установках станки размещены радиально - коровы стоят головами внутрь и выходят в коровник через туннель под платформой.

Как показывает анализ исследований, проведенный в нашей стране и за рубежом, производство молока является сложным и трудоемким процессом в животноводстве. Вопрос выбора технологий производства молока является важным и принципиальным. При его решении необходимо учитывать состояние материально-технической базы, природно-климатические условия, концентрацию поголовья коров и подобранность стада, квалификацию кадров. Для обоснованного использования той или иной доильной установки определяющим является способ содержания животных.

В настоящее время большинство коров содержится на привязи. При этом возможно применение доильных установок как первого так и второго типа. Наибольшее распространение получили линейные доильные установки с доением в переносные ведра или в молокопровод. Сочетание привязного способа содержания с доением в залах себя не оправдало. Увеличение производительности труда операторов машинного доения

компенсируется дополнительными затратами на отвязывание и привязывание коров. Разработанные автоматические привязи в станках с групповым отвязыванием не нашли на практике широкого применения. Значительное повышение производительности труда при стойловом содержании может быть достигнуто за счет использования поточно-конвейерных доильных установок. Этот способ следует считать перспективным для ферм с привязным содержанием коров.

В последние годы широкое распространение получил беспривязный способ содержания, позволяющий значительно сократить затраты труда, благодаря экономии их в основном на уборке навоза. Здесь доение коров осуществляется на установках второго типа. К преимуществам доения коров в доильных залах относятся высокая производительность и культура труда. Кроме того, расположение доильных установок в отдельных помещениях способствует повышению санитарно-технических свойств молока, значительно улучшая условия работы животноводов, приближая их труд к промышленному.

Следующим важным моментом выбора доильной установки является продуктивность и подобранность стада. Доильные установки с групповыми станками типа «елочка», «тандем» с проходными станками и «карусели» применяются на фермах с хорошо подобранным стадом по времени доения. Применение этих установок на ферме, где содержатся коровы разнородных групп, возможно при использовании автоматов доения (УДА-8А, УДА-16А). Однако, как показывают исследования, их применение оправдано при продуктивности коров свыше 4,5 тыс. кг. В настоящее время разрабатываются и испытываются автоматические доильные установки, на которых все ручные операции, в том числе надевание доильных стаканов, проводятся автоматически. По мнению ряда исследователей, их использование будет экономически выгодно при годовых удоях свыше 10 тыс. кг на одну корову.

На современной ферме животное находится в многогранных связях с внешней средой и подвергается воздействиям различных раздражителей. Коровы с низкой стрессоустойчивостью плохо приспособляются к жесткой технологии и непригодны для ферм промышленного типа. Однако они могут давать высокие надои при использовании их на традиционной технологии содержания.

В зависимости от вида воздействия оператора и коровы в процессе доения различают индивидуальный, обезличенный и групповой подход к животному.

Первый применяется на племенных фермах, а также при работе с высокопродуктивными животными, обладающими устойчивостью к стрессовым воздействиям. Индивидуальный подход к животным осуществляется на установках первого типа для доения в стойлах, а также на пастбищных установках в летнее время года, когда за оператором закреплена постоянная группа коров. Это позволяет лучше приспособиться к характеру животного и его функциональным особенностям, возбуждать полноценных рефлекс молокаотдачи, полнее выдаивать корову это объясняется наличием у обслуживающего персонала постоянной информации о животном, его возрасте, массе, количестве отелов и ежесуточной продуктивности, времени последнего и предпоследнего отелов, сроках проведения зооветеринарных работ и т.д.

Обезличенное взаимодействие оператора с животным наблюдается при доении в индивидуальных станках (установки УДТ-6, УДТ-8, УДС-3А). Здесь оператор не имеет постоянной группы коров и его воздействие на животное осуществляется на основании подученной им оперативной информации о процессе молоковыведения. При оснащении доильных станков манипуляторами и автоматами управления частично эти функции выполняет автоматика. Обезличенное взаимодействие оператора с животным осуществляется на крупных механизированных фермах с неподбранным стадом.

Групповой вид взаимодействия оператора и животного применяется на доильных установках с групповыми станками (УДЕ-8А, «тандем» с проходными станками, «карусель») не оснащенных автоматами управления. При таком взаимодействии

необходима унификация коров, так как время, затраченное на ручные операции и машинное доение, одинаково для всех животных. Доильные установки с групповыми станками отличаются большой производительностью и позволяют добиться хороших результатов при использовании животных с высокой и средней стрессоустойчивостью, подобранных в группы по времени доения.

2. Устройство и действие доильных аппаратов

Доильная машина - уникальная и единственная в своем роде. Никакая другая машина не воздействует непосредственно на живой объект, подобным образом. Доильная машина ежедневно 2-3 раза в сутки на протяжении всей жизни коровы, за исключением нескольких непродолжительных периодов, воздействует на живой объект - молочную железу - возбуждая цепь нейро-гуморальных процессов и оказывая огромное влияние на весь организм животного, практически все его органы и системы. Эта машина оказывает непосредственное влияние на здоровье животного. При правильном использовании она стимулирует и развивает молочную железу и оказывает благоприятное влияние на здоровье коровы, а при всевозможных нарушениях режима работы оказывает резко отрицательное влияние на организм и является источником повышенной опасности для здоровья животного. Неисправный доильный аппарат и неумелое его использование способны загубить любое прекрасное породистое животное с высокой продуктивностью и довести его до отправки на мясокомбинат, и наоборот, умелое использование и четкое соблюдение технологии машинного доения часто способствует повышению молочной продуктивности и развитию ценных хозяйственных качеств животных.

В связи с этим, важно не ошибиться в выборе доильной машины и четко выполнить правила ее эксплуатации и технологию машинного доения.

История изобретения доильных аппаратов насчитывает более 150 лет. За это время было создано множество самых разнообразных конструкций, которые продолжают создаваться и совершенствоваться и в настоящее время.

Так, за последние десять лет в нашей стране и за рубежом созданы доильные аппараты с трехкамерными доильными стаканами, с различными стимуляторами, с автоматическими устройствами для изменения рабочего вакуума. Появились доильные аппараты с переменным режимом работы во время доения. Разработаны аппараты с механическим управлением процесса, аппараты с автоматическим додаиванием и отключением после работы, схемы с авторегулировкой процесса.

В нашей стране имеется много опытных и серийных доильных аппаратов «Волга», «Стимул», «Доярка», «Темп», «Майга», АДУ. Они отличаются друг от друга по технологическим показателям и конструктивным особенностям.

Несмотря на многообразие доильных аппаратов, их можно классифицировать по следующим основным конструктивным признакам:

1. По количеству тактов: двухтактные, трехтактные, непрерывного отсоса;
2. По конструкции исполнительного механизма (доильных стаканов): однокамерные, двухкамерные, трехкамерные;
3. По одновременности работы доильных стаканов: с одновременно работающими, с попеременно работающими;
4. По конструкции сосковой резины: с цилиндрической, конической, гофрированной, предварительно сплюсненной формой, совместно с молочной трубкой, отдельно от молочной трубки;
5. По стимуляции животного: со стимуляторами (термическими, механическими), без стимуляторов;
6. По конструкции пульсатора: поршневой, мембранный, шариковый, электромагнитный;

7. По конструкции коллектора: двухкамерный, трехкамерный, четырехкамерный.

Кроме того, существующие доильные аппараты оборудованы смотровыми устройствами различных конструкций, отличаются друг от друга по массе и размерам основных составных частей.

Очень часто доильные аппараты одной и той же конструкции снабжены различной сосковой резиной. В настоящее время разработано несколько десятков типоразмеров сосковой резины, каждый из которых имеет свои преимущества.

Некоторые конструкции аппаратов основаны на принципе выжимания молока из соска за счет избыточного давления, подаваемого в отдельные камеры доильного стакана.

Такое разнообразие конструкций доильных аппаратов обусловлено стремлением создать идеальный доильный аппарат, который обладал бы высокой производительностью и одновременно не наносил бы ущерба здоровью животного. Однако эффективность доения даже при наличии ее совершенного доильного аппарата, может быть достигнута лишь тогда, когда все звенья системы человек-машина-животное будут работать в полном взаимодействии друг с другом. Нарушение режима работы хотя бы одного из звеньев системы ведет к значительному снижению эффективности всей системы.

В Оренбургской области наибольшее распространение получили доильные аппараты АДУ-1 двух и трехтактного исполнения с двухкамерными доильными стаканами, мембранными пульсаторами и двухкамерными или четырехкамерными (в зависимости от количества, тактов) коллекторами. Кроме того все больше начинают использоваться зарубежного производства доильные аппараты – SAC, ALFA-AGRI и другие.

Двухтактный доильный аппарат АДУ-1 имеет 80 пульсов в минуту и затрачивают на доение одной корова примерно на 25 % времени меньше, чем ранее выпускаемые трехтактные «Волга».

В двухтактных доильных аппаратах в течение всего времени доения под соском создается вакуум (цикл работы состоит из тактов сосания и сжатия), величина вакуума примерно в 1,6-2 раза выше, чем при сосании теленком. Это создает опасность повреждения тканей внутреннего канала соска при так называемом «сухом доении», когда четверть вымени уже выдоена, стаканы еще не сняты, что приводит к повреждению нежных тканей соска. Допустимое время «сухого доения» двухтактным доильным аппаратом - 1 минута. По истечении 1 минуты ткани повреждаются.

В трехтактном доильном аппарате цикл работы состоит из тактов сосания, сжатия и отдыха. В тактах сосания и сжатия под соском - вакуум, в такте отдыха под сосок подается воздух, при этом ткани соска отдыхают от вредного воздействия вакуума и в них восстанавливается нарушенное кровообращение. Однако выпуск воздуха под сосок не всегда является благоприятным. У высокоудойных коров за такты сосания и сжатия молоко не успевает удалиться из подсосковой камеры и во время выпуска воздуха возникает обратный ток молока из коллектора, при котором может возникнуть перекрестное инфицирование четвертей вымени. У средне- и низкоудойных коров во время такта «отдых» в канал соска проникает воздух, который разрушает оболочку жировых шариков, находящихся в молоке. При этом шарики сливаются между собой и образуют более крупные шарики, это ухудшает условия удаления молочного жира из вымени и жирность удоя уменьшается.

В связи с этим, двухтактные доильные аппараты рекомендуется использовать в высокопродуктивных стадах с хорошей подобранностью коров к машинному доению. При работе с двухтактными доильными аппаратами обслуживающий персонал должен быть высококвалифицированным.

Трехтактные доильные машины применяют преимущественно в стадах, недостаточно отселекционированных по форме вымени, развитию сосков и скорости молокоотдачи, а также при недостаточной подготовленности обслуживающего персонала.

3. Уход за доильной аппаратурой и ее эксплуатация

Ежедневное техническое обслуживание: контроль за креплением оборудования; промывка молочной линии установки в соответствии с инструкцией по эксплуатации; промывка (с разборкой) группового дозатора молока и его соединительных частей с молокоприемником и переключателем.

Техническое обслуживание один раз в месяц: промывка (с разборкой) доильных аппаратов, молокоприемника, молочного насоса, охладителя молока, предохранительных клапанов в вакуум-баллонах, головок устройства промывки; проверка и регулировка вакуумного режима; замена масла в вакуум-регуляторах; промывка молочной линии кислотным раствором для удаления отложений молочного камня.

В процессе эксплуатации доильной установки регулируют в начале смены и постоянно контролируют вакуумный режим. Так, кроме предварительного осмотра вакуумной установки и прослушивания на наличие шумов после пуска насоса в работу следует убедиться в нормальной работе вакуум-регулятора, вакуумметра и отсутствии подсоса воздуха через неплотности вакуум-провода. Стрелка индикатора расхода воздуха при отключении доильных аппаратов должна находиться между вторым и третьим делениями (10...12 куб.м/ч), а во время доения — между первым и вторым делениями (4...7 куб.м/ч).

В процессе эксплуатации унифицированной вакуумной установки УВУ-60/45 следят за уровнем масла в масляном бачке. Нормальный расход масла (через 1 ч работы) при подаче насоса 45 куб.м/ч составляет 11...18 г/ч, а при подаче 60 куб.м/ч — 15...24 г/ч; температура подшипников насоса достигает 80 °С. Уровень масла в корпусе, где размещены фитили, должен быть на 5...8 мм ниже уровня бобышек. Уровень масла регулируют, изменяя длину трубки, соединяющей корпус с масляным бачком.

Насосы считают работоспособными, не требующими ремонта и замены лопастей в случае снижения подачи не более чем на 20 % номинального значения. В установках с доением коров в переносные ведра снижение расхода воздуха в вакуум-проводе не должно превышать 5 %, а на установках с молокопроводом — не более 10 % подачи насосов.

Периодическое техническое обслуживание: кроме обслуживания резиновых изделий доильных аппаратов промывают вакуум-провод горячим моющим раствором, разбирают молокопровод и моют соединительные детали; проверяют расходомером КИ-4840 подачу вакуумных насосов и при необходимости регулируют вакуумный режим; проверяют герметичность соединений молочной и вакуумной линий; очищают от отложений солей пластины охладителя со стороны потока охлаждающей воды; проверяют точность показаний счетчиков молока; разбирают электромагнитные клапаны автоматов промывки, прочищают и слегка смазывают их; проверяют наличие цепи заземляющей сети и изоляцию электродвигателей, электропроводки и пускозащитной аппаратуры; смазывают подшипники электродвигателей.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Практическое занятие №1. (2 часа).

Тема: «Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции в АПК»

2.1.1. Задание для работы:

1. Классификация процессов первичной переработки с.х. продукции
2. Алгоритм математического моделирования
3. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса.

2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Классификация процессов первичной переработки с.х. продукции
Всё многообразие процессов первичной переработки продукции в АПК можно классифицировать следующим образом.

1 Частичное обезвоживание высоковлажных продуктов термическим способом:

- Сушка зеленой травы с целью получения сенажа, сена, травяной муки;
- Сушка фруктов, ягод, овощей, грибов;
- Сушка натурального молока с целью получения сгущённого или сухого молока;
- Сушка натуральных сливок с аналогичными целями;
- Сушка свежих куриных яиц - яичный порошок;
- Сушка рыбы, мяса;
- Сушка кровяной муки на предприятиях по убою скота – кровяная мука;
- Сушка сырого зерна; сырого сена;
- Сушка макаронных изделий в процессе их производства;
- Сушка сухарей из хлебобулочных изделий;
- Сушка сока сахарной свеклы в процессе производства сахара;
- Перегонка воды с целью получения дистиллированной воды;
- Перегонка спиртосодержащих жидкостей с целью получения жидкостей с иным содержанием спирта;
- Сушка строительных пиломатериалов

2. Механическое разделение сырьевых продуктов на составные компоненты отжимом в поле центробежных сил (центрифугирование), отстоем в поле гравитационных сил, прессованием, разделением на решетных классификаторах, фильтрах, магнитных сепараторах:

- Отжим соков зеленых трав, соков свежих ягод, фруктов, овощей;
- Отжим растительных масел из семян масличных культур;
- Разделение молока на сливки и обезжиренное или нормализованное по жиру молоко;
- Разделение жидкого навоза на густую и осветленную жидкую фракции;
- Очистка зерна от посторонних примесей;
- Сортировка сыпучих строительных материалов, зерна на размерные фракции;
- Очистка молока, растительных и машинных масел от механических примесей;
- Мойка корнеплодов.

3. Смешивание различных веществ между собой с целью получения смесей с заданными физико-механическими, химическими или биологическими свойствами:

- Смешивание моющих и дезинфицирующих веществ с водой;
- Высококонцентрированных ядов, удобрений с водой с целью получения рабочих растворов;
- Горячей и холодной воды с целью получения теплой воды;
- Серной кислоты с дистиллированной водой для получения электролита свинцовых кислотных аккумуляторных батарей;
- Сухого молока с водой для получения восстановленного молока (молочный напиток);
- Сливков с маложирным молоком или обезжиренного молока с высокожирным молоком с целью получения нормализованного по жиру молока;
- Спирта с водой и микродобавками для получения спиртных напитков;
- Смешивание различных кормов между собой для получения кормосмесей;
- Муки с водой и микродобавками для получения теста;
- Сыпучих строительных материалов (цемент, песок, гравий, щебенка и т. д.) с водой;
- Смешивание красок между собой или с растворителями.
- Смешивание навоза с минеральными удобрениями с целью получения компостов;
- Смешивание чистого наружного воздуха с воздухом животноводческих помещений при вентиляции.

2. Алгоритм математического моделирования

Прежде чем приступить к расчету любого из перечисленных выше процессов, необходимо тщательно изучить поставленную задачу, выучить на память содержание задачи, выделить в ней главное - что дано и что требуется определить расчетным путем. Необходимо ясно представлять **сущность, смысл, идею и графическую интерпретацию** технологического процесса.

Самым главным и в большинстве случаев самым легким этапом в расчете процессов при обработке продукции растениеводства и животноводства является этап получения математической модели процесса в форме системы «n» уравнений с «n» неизвестными. Очевидность и легкость этого этапа зачастую вызывает у читателя **невнимательность, поспешность** и, как следствие, составление неверной математической модели процесса со всеми вытекающими из этого последствиями. Действительные трудности и большой объем вычислительных операций вызывает решение систем двух, трех и более уравнений с соответствующим числом неизвестных. На компьютерах можно решать системы из нескольких десятков уравнений с соответствующим числом неизвестных. Для решения таких систем используют либо метод Крамера (с помощью определителей), либо метод Гаусса, заключающийся в последовательном исключении неизвестных. Для решения на ЭВМ систем линейных уравнений пользуются готовыми пакетами прикладных программ. Однако, читатель должен ясно представлять себе **алгоритм** программ, работающих в компьютере. Кроме того, решать систему двух, трех уравнений с соответствующим числом неизвестных на персональном компьютере все равно, что «стрелять из пушки по воробьям». Поэтому мы сочли уместным напомнить читателю некоторые сведения из линейной алгебры по использованию методов Гаусса и Крамера при решении систем линейных уравнений с помощью простых микрокалькуляторов.

3. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса.

Рассмотрим применение метода Гаусса для решений системы трех линейных уравнений с тремя неизвестными из примера 2.

$$X + Y + Z = 800 \quad (1)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 46400 \quad (2)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (3)$$

Последовательность процедуры такова:

1. Надо исключить неизвестное X из уравнения (2). Для этого все члены уравнения (1) необходимо умножить на коэффициент при X в уравнении (2). Этот коэффициент равен 70. Строго говоря, надо все члены уравнения (1) умножить на отношение коэффициента при X в уравнении (2) к коэффициенту при X в уравнении (1), т.е. все члены уравнения (1) надо умножить на дробь $70/1$ и переписать систему заново

$$70X + 70Y + 70Z = 70 \times 800 \quad (1.1)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 46400 \quad (2)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (3)$$

2. Теперь необходимо вычесть почленно уравнение (2) из уравнения (1.1). Полученное новое уравнение надо записать на место уравнения (2).

$$X + Y + Z = 800 \quad (1)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (2.1)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (3)$$

3. Для исключения X из уравнения (3) по аналогии с предыдущими действиями все члены уравнения (1) умножить на 0,3; точнее на отношение $0,3/1$

$$0,3X + 0,3Y + 0,3Z = 240 \quad (1.2)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (2.1)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (3)$$

2. Вычесть уравнение (1.2) из уравнения (3) и полученное новое уравнение (3.1) записать на месте уравнения (2).

$$X + Y + Z = 800 \quad (1)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (2.1)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112 \quad (3.1)$$

5. Теперь, не трогая уравнение (1) надо исключить неизвестное Y из уравнения (3.1). Для этого каждый член уравнения (2.1) умножим на дробь $0,65/57$. Здесь $0,65$ - коэффициент при Y в уравнении (3.1), а 57 - коэффициент при Y в уравнении (2.1).

$$X + Y + Z = 800$$

$$\frac{0,65}{57} * 57Y - \frac{0,65}{57} * 5Z = \frac{0,65}{57} * 9600$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112$$

Перепишем систему, произведя сокращения

$$X + Y + Z = 800 \quad (1)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 109,5 \quad (2.2)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112 \quad (3.1)$$

6. Вычтем уравнение (2.2) из уравнения (3.1) и перепишем систему.

$$\begin{aligned} X + Y + Z &= 800 & (1) \\ 0,65Y - 0,057Z &= 109,5 & (2.2) \\ 0,007Z &= 2,5 & (3.2). \end{aligned}$$

Полученное уравнение (3.2) - уравнение с одним неизвестным Z, из которого находим

$$Z = \frac{2,5}{0,007} = 357 \text{ кг}$$

Из уравнения (18.2) $Y = 200 \text{ кг.};$

Из уравнения (17) $X = 243 \text{ кг.}$

Метод Гаусса для решения систем линейных уравнений в силу своей простоты и однотипности выполняемых операций очень хорошо подходит для использования на ЭВМ. Существенным недостатком этого метода является невозможность сформулировать **условия совместности и определенности** системы в зависимости от значений коэффициентов и свободных членов. С другой стороны, даже в случае определенной системы, этот метод не позволяет найти общие формулы, выражающие решение системы через ее коэффициенты и свободные члены, которые необходимо иметь при анализе уравнений.

2.1.3 Результаты и выводы:

1.С цельного молока 1200 л сняли некоторое количество сливок жирностью 20%, добавив вместо них воду. Объем молока при этом стал равен 1210л, а его жирность 2,5%. Определить количество сливок, снятых с молока, и количество воды, добавленной в цельное молоко, если первоначальная жирность молока была 4%.

2.Цельное молоко жирностью 3,7% перерабатывается в сливочное масло жирностью 82%. Сколько молока расходуется на приготовление 1кг масла, если жирность обраты и пахты равна 0,05%?

3. При приготовлении сухого молочного порошка влажностью 15% из натурального цельного молока с содержанием сухого веществ 12% выпаривают влагу. Определить количество молочного порошка, получаемого из одной тонны натурального молока.

4.Сгущенное молоко без сахара получают путем выпаривания влаги из натурального молока, снижая его влажность с 88% до 60%. Каков выход сгущенного молока из 1 т натурального молока?

5.За каждую тонну молока базисной жирности 3,7% фермер получает от молокозавода 3200 руб. Фермер в зимний период сдал на молокозавод 2800кг молока жирностью 4,5%, а в летний период 4100кг жирностью 3,5%. Определить денежную выручку фермера.

2.2 Практическое занятие №2. (2 часа).

Тема: «Теоретические основы процесса гранулирования кормов»

2.2.1. Задание для работы:

1. Конструкция и принцип действия грануляторов кормов.
2. Основы процесса гранулирования кормов.
3. Определение основных показателей процесса гранулирования материала
4. Определение производительности спирально-винтового транспортера.

2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Конструкция и принцип действия грануляторов кормов. Основы процесса гранулирования кормов

Классификация грануляторов

По принципу прессования – на прессы с закрытой и открытой камерами, в которых противодавление создается соответственно глухой стенкой и силой трения о боковую стенку камеры.

По типу рабочих органов, создающих усилие прессования, на следующие:

Формирующие прессы, в которых образование гранул происходит при прохождении продукта между двумя вращающимися навстречу друг другу ячеистыми вальцами. Недостатки этих прессов – низкая производительность и большая энергоемкость, поэтому они нашли лишь ограниченное применение.

Шестереночные прессы. Рабочим органом этих прессов является пара шестереночных колес, находящихся в зацеплении и вращающихся навстречу друг другу. У основания зубьев имеются сквозные радиальные отверстия, через которые продавливается прессуемый материал. Выходящие из отверстий гранулы срезаются неподвижными ножами. Диаметр гранул 10...13,5 мм.

Шнековые грануляторы могут быть цилиндрическими и коническими, одно- и двухшнековыми, с горизонтальным и вертикальным расположением шнеков.

В любом из них сырьё захватывается шнеком, перемешивается, нагнетается к матрице и продавливается через отверстия соответствующего диаметра. Выходящие из матрицы гранулы срезаются вращающимися ножами.

Прессы с плоской горизонтальной вращающейся матрицей, через отверстия которой материал продавливается прессующими вальцами и формируется в гранулы. Вальцы могут быть коническими и цилиндрическими с активным и пассивным приводами.

Прессы с кольцевой горизонтальной и вертикальной вращающейся матрицей. Через формирующие отверстия последней, материал продавливается прессующими активными или пассивными вальцами.

Особенностью такого пресса является равенство окружных скоростей по линии контакта матрицы и вальца, поэтому трение между ними отсутствует и вся энергия тратится на прессование.

3. Определение основных показателей процесса гранулирования материала

Основным показателем, характеризующим процесс гранулирования материалов, является конечная плотность получаемых гранул. Она зависит от величины прикладываемого к сжимаемому материалу давления. Зависимость между этими величинами позволяет определить усилия, действующие в деталях и механизмах машин, и энергию, потребную для уплотнения.

На рис. 22 показана схема взаимодействия рабочих органов пресс-гранулятора со слоем материала. Валец, перемещаясь по поверхности матрицы, вращается вокруг своей оси, захватывает материал в точке A , сжимает его и подаёт в каналы прессования на участке AC .

Рассмотрим взаимодействие вальца с материалом в точке A . Проведем в точке A касательную перпендикулярную радиусу вальца r и в этой же точке проведем касательную к кривой, характеризующей изгиб поверхности материала в момент его захвата вальцом. К последней восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с осью y в точке D и с поверхностью в точке B . Расстояние от точки D до B (вектор DB) обозначим θ . Из треугольника OAD следует, что угол γ равен

$$\gamma = \alpha - \beta. \quad (1)$$

При отсутствии буксования дуга поворота вальца CA примерно равна участку матрицы CB , что позволяет написать равенство:

$$r\alpha = \theta\beta,$$

откуда угол захвата
$$\beta = \frac{\alpha r}{\theta}$$

Подставим в уравнение 1 значение β , получим:

$$\gamma = \alpha(1 - r/\Theta)$$

Это равенство позволяет определить величину угла захвата α

$$\alpha = \gamma(1 - r/\Theta)$$

где γ – угол защемления материала между вальцом и матрицей;

r – радиус вальца, м;

θ – радиус вектора DB , м

Из рисунка следует, что высота захвата слоя материала вальцом $H = \theta - DA$. Определив из треугольника OAD величину DA , получим, что

$$H = \Theta - \sqrt{r + (\Theta - r)^2 + 2r(\Theta - r)\cos\frac{\gamma}{1 - \frac{r}{\Theta}}}$$

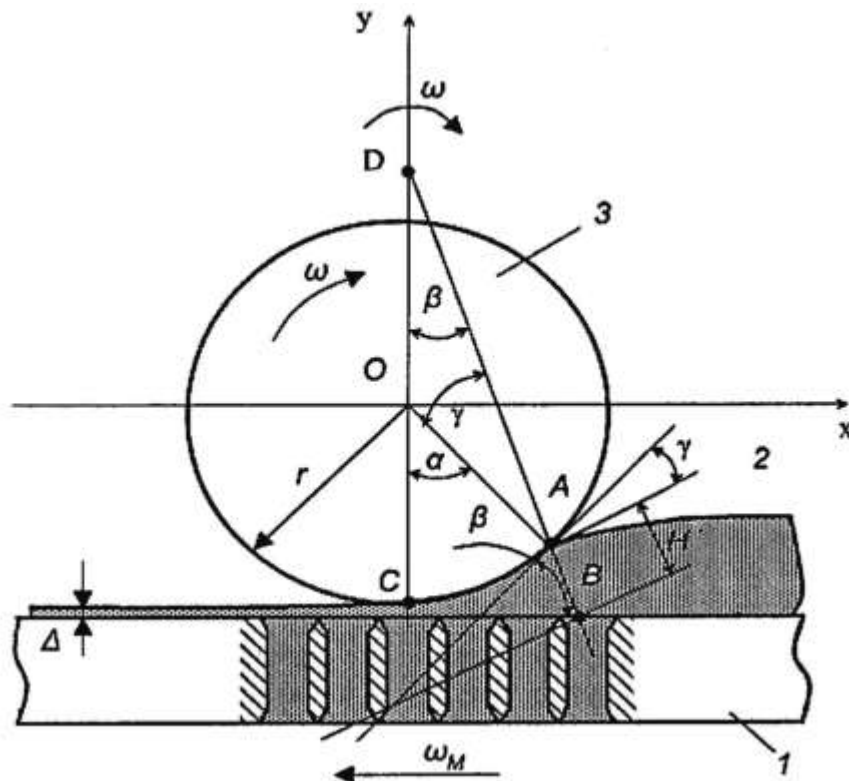


Рисунок 1. Схема к расчету высоты захватываемого слоя в горизонтальной матрице: 1 – матрица; 2 – прессуемый материал; 3 – прессующий валец.

Входящий в уравнение угол заземления γ должен быть не больше угла трения φ корма о поверхность вальца, т.е. $\gamma \leq \varphi$.

Производительность горизонтальной матрицы, с учетом высоты захвата слоя H и конструктивных параметров матрицы составит:

$$Q \approx 2\pi\theta B H \rho_o \omega m \psi, \text{ кг/с}$$

где B – рабочая ширина матрицы ($B = D - d_l$);
 D и d_l – наружный и внутренний диаметры рабочей поверхности матрицы;
 ρ_o – плотность корма, кг/м³;
 m – число вальцов;
 ψ – коэффициент, учитывающий эффективность проталкивания материала через каналы матрицы.

Производительность процесса, рассчитанная по этой формуле не должна превышать производительность

$$Q = \frac{S_o l \rho z \cdot \beta}{t}, \text{ кг/с}$$

где S_o – прочность поперечного сечения канала, м²;
 l – длина канала, м;
 ρ – плотность гранул, кг/м³;
 z – число каналов в матрице;
 β – коэффициент использования живого сечения матрицы;
 t – время прессования, т.е. время пребывания порции материала в канале прессования, с.

Или с учетом времени релаксации напряжения в спрессованном корме

$$Q = \frac{\pi d^2 \rho l z}{4 t_p}, \text{ кг/с}$$

где d – диаметр каналов прессования, м;
 t_p – время релаксации напряжений, с.

4. Определение производительности спирально-винтового транспортера.

При раздаче кормов на животноводческих фермах довольно часто используют спирально-винтовые транспортеры. В основу расчета их производительности положена известная формула:

$$Q = \psi F_p v_{ZCP} \gamma,$$

где ψ – коэффициент заполнения кожуха материалом;
 v_{ZCP} – средняя осевая скорость движения материала, м/с;
 γ – его плотность, кг/м³.

Рабочая площадь поперечного сечения кожуха

$$F_p = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - d_B^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right), \quad (1)$$

где D – внутренний диаметр кожуха, м;
 d_B – диаметр вала спирали, м;
 δ – диаметр проволоки спирали, м;
 α – угол подъема витков спирали, рад.

Угол подъема витков спирали

$$\alpha = \arctg\left(\frac{S}{\pi d_{cp}}\right),$$

где S – шаг навивки спирали, м;

d_{cp} – средний диаметр спирали,

$$d_{cp} = d - \delta;$$

d – наружный диаметр спирали, м.

Тогда

$$\alpha = \arctg\left(\frac{S}{\pi(d - \delta)}\right). \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), после преобразований получим

$$F_p = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - d_b^2 - \frac{\delta^2 \pi (d - \delta) \sqrt{1 + \frac{S^2}{\pi^2 (d - \delta)^2}}}{S} \right).$$

Среднюю осевую скорость движения материала определяют по формуле тихоходного режима транспортирования, при котором принимается допущение о том, что средняя осевая скорость движения материала равна осевой скорости витков вращающейся спирали. Однако при этом не учитывается то, что при транспортировании часть материала пересыпается через витки спирали, в результате чего его средняя осевая скорость оказывается меньше осевой скорости витков спирали.

Рассмотрим движение материала под действием витков спирали. Анализ процесса транспортирования материала спиральными рабочими органами показывает, что свободная поверхность перемещаемого сыпучего материала в продольном сечении наклонена к горизонтали под углом ρ естественного откоса (рис. 24).

Приняв допущение о прямолинейности свободной поверхности сыпучего тела, определим среднюю осевую скорость движения материала. Согласно эпюре скоростей (рис. 25), средняя осевая скорость

$$v_{zcp} = \frac{v_{zcp} \delta + 0,5 v_{zcp} (h - \delta)}{h} = \frac{v_{zcp}}{2h} (\delta + h),$$

где v_{zcp} – осевая скорость витков спирали, м/с;

h – максимальная высота сыпучего тела, м.

Осевая скорость витков спирали

$$v_{zcp} = \frac{S\omega}{2\pi},$$

где ω – частота вращения спирали, с⁻¹.

В процессе работы спираль перемещает часть материала, имеющего в поперечном сечении форму кольца толщиной h . Площадь этого материала

$$A_M = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (D - 2h)^2}{4} = \pi h (D - h),$$

откуда

$$h^2 - Dh + \frac{A_M}{\pi} = 0.$$

Собственные числа (корни) полученного квадратного уравнения

$$h_{1,2} = \left(D \pm \sqrt{D^2 - \frac{4A_M}{\pi}} \right) / 2.$$

Коэффициент заполнения винтового пространства спирали $\psi_{max} = 0,5$.
Следовательно, $h < D/2$. поэтому можно записать

$$h = \left(D - \sqrt{D^2 - \frac{4A_M}{\pi}} \right) / 2.$$

В свою очередь
откуда площадь

$$\begin{aligned} \psi &= A_M / F_P. \\ A_M &= \psi F_P. \end{aligned}$$

Тогда с учетом этого выражения и рабочей площади поперечного сечения кожуха F_P толщина кольца транспортируемого материала

$$h = \left(D - \sqrt{D^2 - \psi \left(D^2 - d_B^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right)} \right) / 2.$$

С учетом F_P , v_{ZCP} и v_{ZCP} производительность спирали

$$Q = \frac{S \omega \psi \gamma (\delta + h)}{16h} \left(D^2 - d_B^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right).$$

Применение этого выражения для определения производительности спирально-винтового транспортера в инженерных расчетах позволяет получить более точные результаты.

2.3.3 Результаты и выводы:

По результатам выполненной работы студент должен определиться со следующими выводами. Для чего нужны дозаторы и какими они бывают? По каким характеристикам рассчитываются дозаторы? Классификация прессов для приготовления кормов. Основные показатели процесса гранулирования. Взаимодействие вальца гранулятора с материалом

2.3 Практическое занятие №3. (2 часа).

Тема: «Основы проектирования режущих аппаратов кормоприготовительных машин»

2.3.1. Задание для работы:

1. Виды режущих аппаратов кормоприготовительных машин.
2. Формы кривых для лезвия ножа.
3. Факторы, влияющие на процесс резания скольжением
4. Диаграмма моментов резания, выбор мощности двигателя.
5. Многодисковая корнерезка
6. Расчет питающего аппарата

2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Виды режущих аппаратов кормоприготовительных машин.

1. Дисковые режущие аппараты

а – дисковый режущий аппарат с радиальным расположением ножа применяется в дисковых корнерезках, осуществляет рубку.

б – дисковые режущие аппараты с эксцентрично расположенным ножом, осуществляют резание со скольжением. Эти аппараты могут иметь разные формы лезвий – прямые, ломаные, криволинейные.

Диск корнерезки может быть расположен вертикально или горизонтально, в нем имеются прорезы для установки ножей. В аппарате с горизонтальным диском защемление материала происходит за счет силы тяжести этого материала (корнеклубнеплодов), и в аппаратах с горизонтальным диском – за счет защемлений материала между диском и корпусом корнерезки.

В отличие от предыдущих, никаких дисков в этих аппаратах нет – дисковыми они названы, потому что ножи аппарата расположены на виртуальном диске, в плоскости которого они вращаются.

2. Барабанные режущие аппараты

а – барабанный режущий аппарат с ножом, расположенным по образующей барабана

б – барабанный режущий аппарат с ножом, расположенным под углом τ к образующей барабана. Эти аппараты применяют в силосоуборочных комбайнах.

3. Центробежные режущие аппараты

Как правило, их применяют для измельчения корнеплодов. Данные об этих аппаратах приведены ниже.

2. Формы кривых для лезвия ножа.

Форма лезвия ножа оказывает большое влияние на качество и энергетику процесса. Чтобы выявить, какая форма является наилучшей, В.П. Горячкин проанализировал следующие возможные кривые для лезвия ножа:

- Гиперболическая спираль;
- Логарифмическая спираль ($\tau = const$);
- Архимедова спираль;
- Эксцентрическая окружность;
- Развертка окружности;

Инверсия развертки $\left(\frac{d\psi}{du} = const \right)$;

Прямая;

$\chi = const$;

$r \cdot \cos(\tau - \varphi) = const$.

Наиболее подходящей кривой является форма лезвия ножа, ограниченная по эксцентрической окружности.

Рассмотрим, какие факторы влияют на процесс резания со скольжением, и за счет чего можно снизить затраты энергии при работе этого аппарата.

3. Факторы, влияющие на процесс резания скольжением

Защемление материала. Чтобы резать материал, режущая пара (лезвие ножа и противорежущая пластина) должна его защементировать, иначе материал будет выталкиваться из пары. Наверное, вы сами не раз наблюдали это выталкивание, когда резали ножницами какой-либо большой предмет. Для того чтобы выталкивание материала не происходило, необходимо выполнить **условие защемления** $\alpha \leq \varphi + \varphi_2$,

где α – угол защемления,

φ_1 – угол трения ножа о материал,

φ_2 – угол трения материала о противорежущую пластину.

Иногда это условие не выполняется, но материал все-таки защемеряется. Это происходит, потому что материал плотно удерживается питающими пальцами, которые противодействуют силе выталкивания материала из раствора «нож-противорежущая пластина». Схема определения угла защемления показана на рис. 1.

Скольжение ножа по материалу.

При резании, как и при дроблении, большое значение имеет энергетика процесса. Рассмотрим схему дискового аппарата с криволинейной формой лезвия (рис. 2) и определим момент резания $M_{рез} = P \cdot r$.

В этом выражении радиус-вектор r будет изменяться от минимального до максимального значения, по мере перемещения лезвия ножа по противорежущей пластине. Следовательно, при постоянной величине силы резания P момент $M_{рез}$ тоже будет увеличиваться от минимального до максимального значения. В результате имеет место неравномерность нагрузки на вал аппарата, который к тому же затрачивает на процесс наибольшее количество энергии.

Посмотрим, за счет чего можно снизить $M_{рез}$ (рис. 2).

Для этого проведем перпендикуляр из точки O к нормали O_1, K , получим треугольник, в котором угол AOK равен τ . Найдем плечи сил T и N и определим

$$M_{рез} = N \cdot OA + T \cdot AK$$

Расшифруем величины, входящие в это выражение, и введем некоторые обозначения:

$$\text{Здесь } OA = r \cdot \cos \tau, AK = r \cdot \sin \tau, \frac{T}{N} = \operatorname{tg} \varphi'.$$

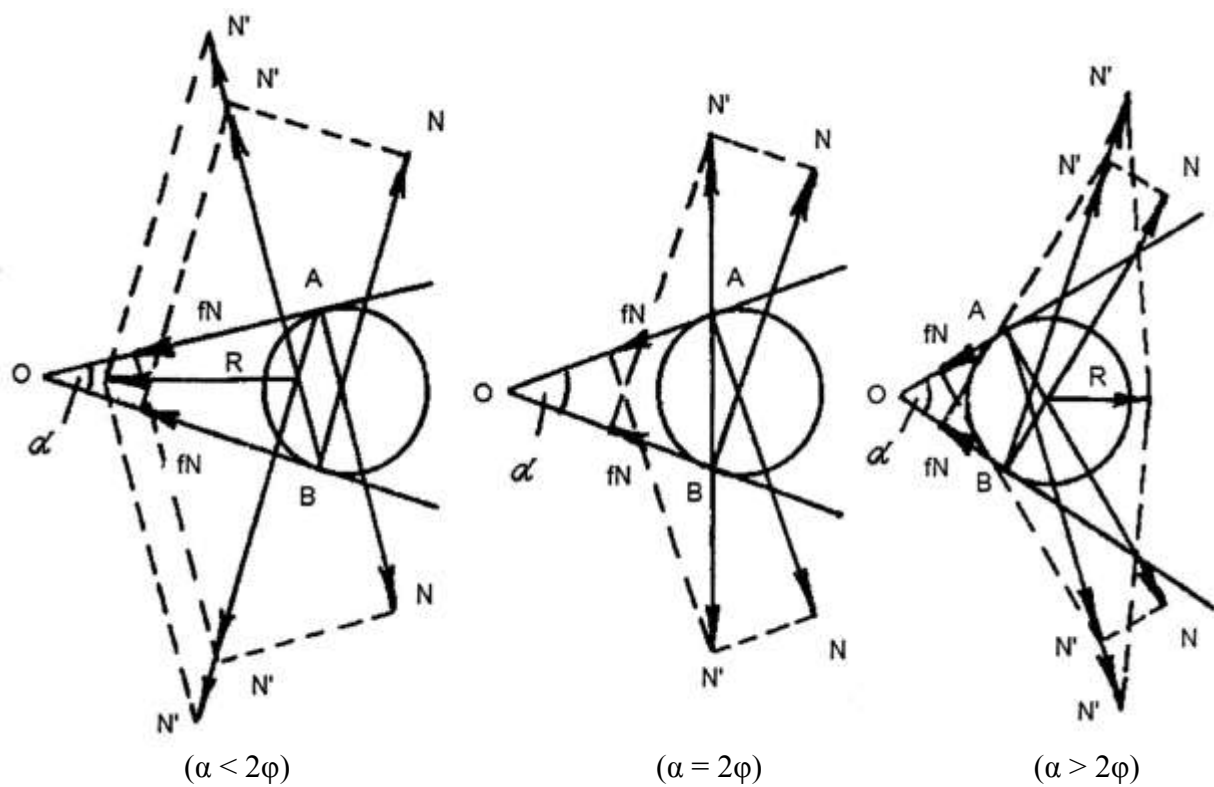


Рисунок 1. Схема определения угла защемления и равнодействующая при резании тела

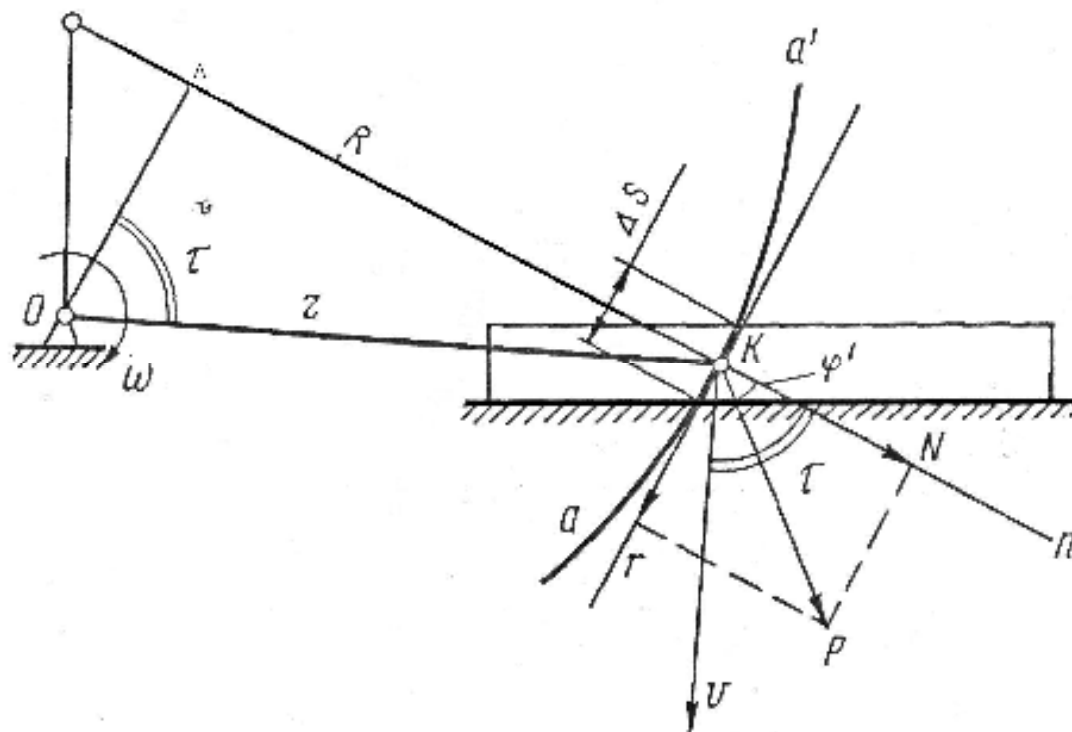


Рисунок 2. Схема работы режущего аппарата дискового типа.

$$N = q \cdot \Delta S, \text{ а } T = q \cdot \Delta S \cdot \operatorname{tg} \varphi'.$$

Подставим эти обозначения в формулу и получим

$$M_{\text{рез}} = \Delta S \cdot q \cdot r \cdot \cos \tau + q \Delta S \operatorname{tg} \varphi' \cdot r \cdot \sin \tau$$

или $M_{\text{рез}} = r \cdot \Delta S \cdot \cos \tau (q + q \operatorname{tg} \tau \cdot \operatorname{tg} \varphi')$ – основная формула момента резания по В.П. Горячкину.

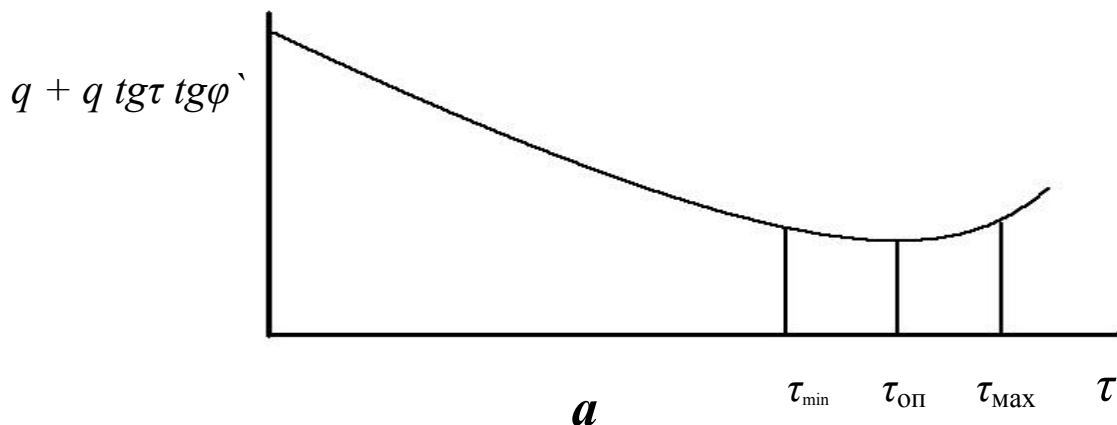
Анализ показывает, что максимальный $M_{\text{рез}}$ может быть снижен только в том случае, если с увеличением радиуса-вектора r все остальные величины будут уменьшаться. В частности, должны уменьшаться $\cos \tau$ и $(q + q \operatorname{tg} \tau \cdot \operatorname{tg} \varphi')$ – обобщенная характеристика резания. Какими они должны быть, видно из графика (рис. 8а). При минимальной обобщенной характеристике выбирают оптимальный угол τ и диапазон его изменения: для соломы $\tau = 30 \dots 60^\circ$, а для силоса – $\tau = 20 \dots 30^\circ$.

Влияние **удельного давления ножа** на процесс резания различных материалов (q) можно показать на графике (рис. 3б), на котором представлена зависимость $q = f(\tau)$, график построен по опытным данным. Анализируя зависимость $q = f(\tau)$, следует обратить внимание на то, как q , которое по сути дела, характеризует свойства материала, влияет на угол τ . На графике видно, в каких пределах при минимальном q нужно выбирать τ для резки соломы и силоса и почему резать со скольжением корнеплоды не выгодно – их нужно рубить.

Среди остальных факторов, влияющих на процесс резания, следует отметить **остроту заточки лезвия ножа, состояние и свойства материала, регулировки режущей пары** и др.

На основании анализа факторов, разработаны следующие **требования** к режущим аппаратам, осуществляющим резание со скольжением.

1. Условие защемления должно быть выполнено по всей длине противорежущей пластины.
2. Угол скольжения τ должен находиться в оптимальных пределах и возрастать с увеличением радиуса – вектора r .



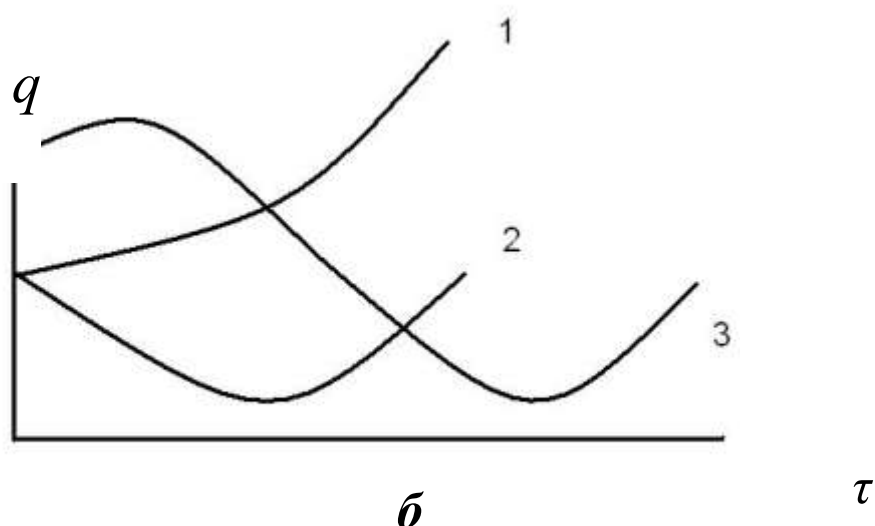


Рисунок 3.

а – диапазон изменений угла τ в зависимости от обобщенной характеристики резания

б – зависимость угла τ от удельного давления ножа на разные материалы:

1 – корнеклубнеплоды,

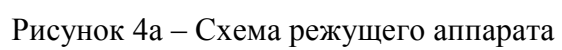
2 – силосозелень,

3 – солома.

С увеличением радиуса вектора длина загруженной части лезвия ножа ΔS по возможности не должна увеличиваться.

4. Диаграмма моментов резания, выбор мощности двигателя.

Момент резания за время работы одного ножа изменяется от нуля до максимального значения и от него снова до нуля (рис. 4). Поэтому потребную мощность двигателя для привода соломосилосорезки определяют по величине среднего момента резания $M_{рез\ ср}$. К тому же следует иметь



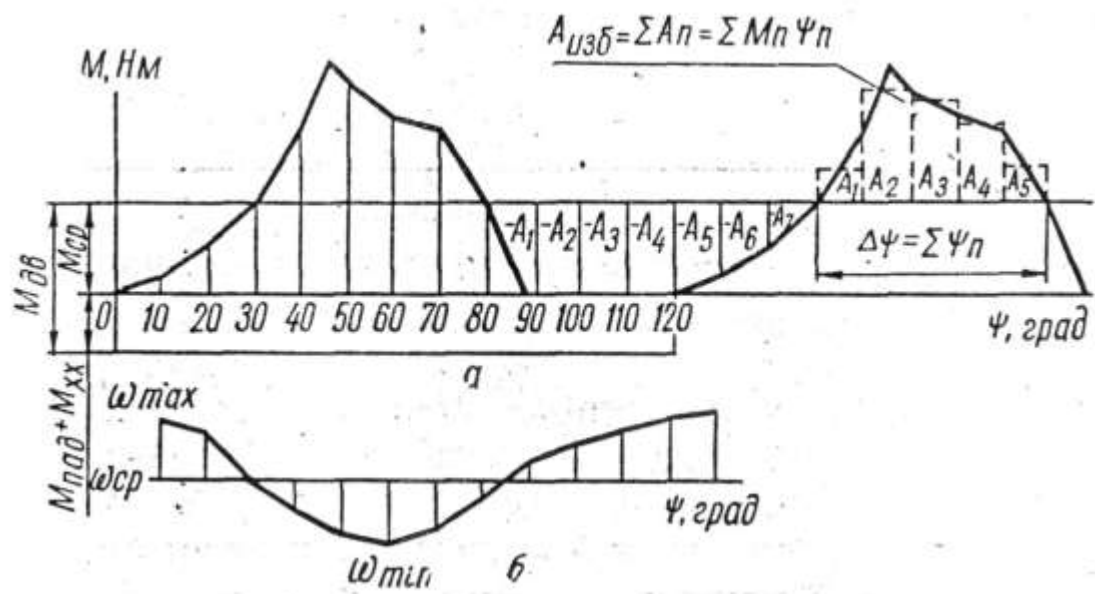


Рисунок 5. Диаграмма моментов резания (а) и график изменения угловой скорости (б).

ввиду, что несоблюдение требований к режущему аппарату приводит к возрастанию минимального момента к пиковым нагрузкам на опоры аппарата и увеличению $M_{рез\ cr}$.

Полная работа резания одного ножа за один оборот аппарата на угол $\frac{2\pi}{K}$:

$$A_{рез} = S_o \frac{2\pi}{K} M_{рез\ cr} \psi = S_o \frac{2\pi}{K} M_{рез\ cr} \psi$$

где K – число ножей,
 ψ – угол поворота ножа.

Тогда

$$M_{рез\ cr} = \frac{A_{рез} \cdot K}{2\pi} = \frac{S \cdot M_m \cdot M_\psi}{\pi}$$

где M_m – масштаб, в котором на графике отложен $M_{рез}$,
 M_ψ – масштаб, в котором отложены ψ .

Работа в соломосилосорезках расходуется не только на резание материала, но и на уплотнение слоя стеблей питающими вальцами $M_{нод}$ и преодоление вредных сопротивлений трения в опорах и передаточных механизмах. С учетом этого вращающий момент машины должен быть

$$M_{вращ} = M_{рез\ cr} + M_{нод} + M_{х.х.} = M_{дв}$$

Соотношение этих моментов составляет 3:1:1, т.е. $M_{двиг} = \frac{5}{3} M_{рез\ cr}$,

а

$$N_{дв} = \frac{M_{дв} \cdot \omega_{cr}}{102} \text{ кВт.}$$

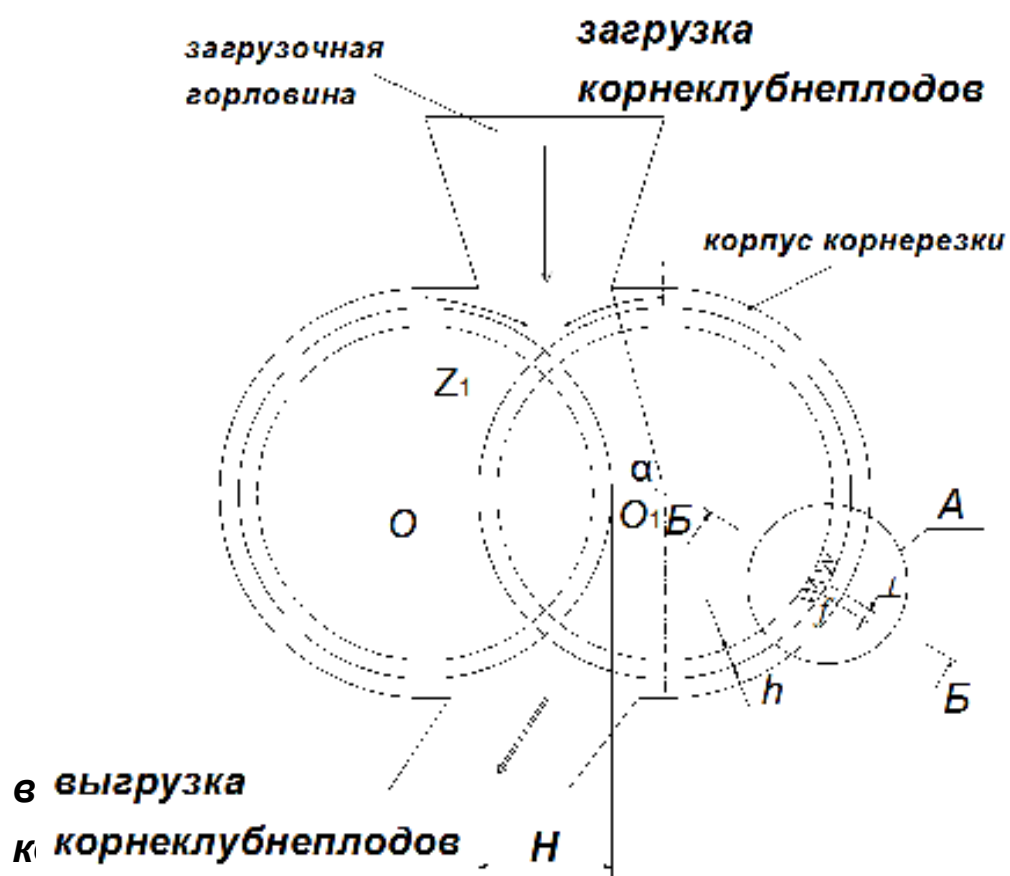
5. Многодисковая корнерезка

В качестве рабочих органов в этой корнерезке установлены дисковые пилы одинакового диаметра, насаженные на два параллельных вала и вращающихся навстречу друг другу (рис. 6). Диски одного вала входят в промежутки между дисками другого на глубину $H = 0,6 \dots 0,7 R$.

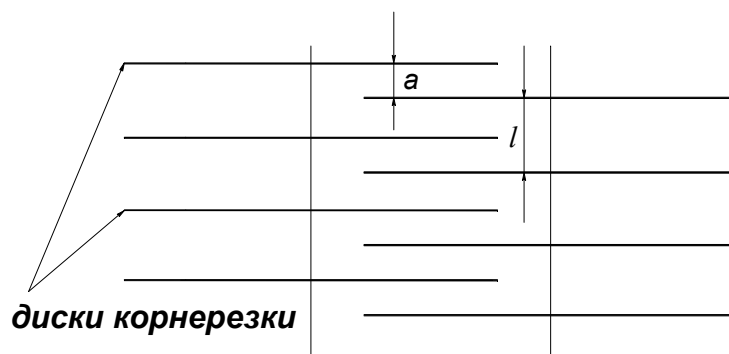
Производительность корнерезки определяется скоростью подачи V_{II} продукта на диск и количеством дисков.

В свою очередь V_{II} зависит от объема снимаемой стружки и пространства между зубьями диска, а также от залипания срезаемой стружки в межзубовом пространстве. Когда диск проходит через продукт, каждый его зуб снимает определенное количество «опилок» W_2 .

Одно из основных условий нормального распила заключается в том, что отношение объема пространства между зубьями пилы W_1 к W_2 должно быть не менее 2:1.

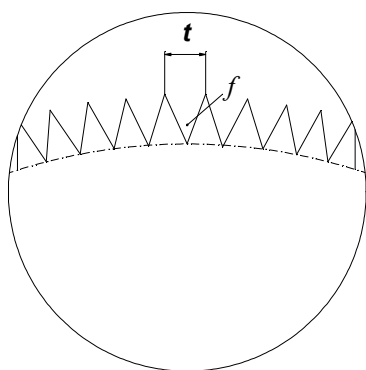


а



б

Вид А



Вид Б

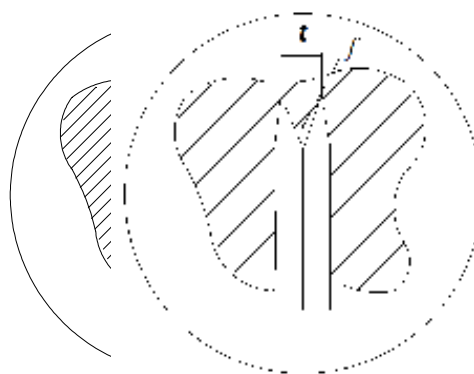


Рис. 6 - Схема многодисковой корнерезки:
а - вид сбоку, б - вид сверху на диски

Между геометрическими размерами диска, зубьев и корнерезки в целом, существуют такие зависимости:

$$\begin{aligned} W_1 &\geq 2W_2, & W_2 &= f \cdot b, & W_2 &= bu_z \cdot H, \\ B &= S + 2c, & f &= 0,3\bar{t}, & afb &\geq 2bu_z H, \end{aligned}$$

Откуда
$$U_z \geq \frac{f}{2H} = \frac{u \cdot 1000}{nz}.$$

Теперь определим
$$U = \frac{U_z NZ}{1000} = \frac{f}{2H} \cdot \frac{NZ}{1000} \text{ м/мин.}$$

Переходя к производительности резки, отметим, что она равна

$$Q = UF \frac{\gamma}{K_y}$$

где F – площадь сегмента горловины, м^2 ,
 γ – объёмная масса продукта,
 K_y – коэффициент, учитывающий уменьшение γ из-за неплотной подачи корнеплодов в загрузочную горловину,
 H – высота распила,
 h – высота зубьев диска,
 t – шаг зубьев,
 α – угол рабочего хода диска,
 Z_1 – число одновременно работающих зубьев,
 z – число зубьев одного диска,
 a – толщина резки,
 S – толщина диска,
 l – расстояние между дисками одного вала, $l = 2a + S$,
 b – ширина пропила,
 f – величина свободной площади между зубьями,
 c – величина развода зубьев на одной стороне диска,
 U_z – подача на один зуб диска,
 U – скорость подачи продукта к диску,
 N – число оборотов диска в мин.

6. Расчет питающего аппарата

Питающий аппарат в соломосилосорезке выполняет три последовательно связанные операции: затягивание, уплотнение и подачу материала в горловину режущего аппарата. Питающий аппарат состоит из подающего транспортера и питающих валцов. В некоторых конструкциях, кроме того, имеется приемный битей или нажимной транспортер.

Расчет питающего аппарата сводится к определению размеров валцов, их скорости вращения и степени обжатия материала. Это показал В.П. Горячкин в статье «Работа питающих валцов» (Собрание сочинений, т. 5).

Рассмотрим условия протягивания слоя стеблей гладкими валцами. Пусть два гладких валца (рис. 7) диаметром D , установленные с зазором h , вращаются навстречу друг другу с угловой скоростью ω . При этом верхний валец находится под действием силы тяжести и силы сжатия пружины P .

Силу P разложим на две составляющие: радиальную $N = P/\cos \alpha$ и горизонтальную $S = P \tan \alpha$, воспринимаемую опорой.

Сила N вызывает на окружности валца силу трения $F = fN$. Разложив силы N и F на вертикальные и горизонтальные составляющие, видим, что первые уплотняют слой, сжимая его от начальной толщины H до величины h .

Для затягивания слоя в зазор между вальцами необходимо, чтобы равнодействующая горизонтальных составляющих была направлена в сторону вращения вальцов, т.е. $fN \cos \alpha > N \sin \alpha$, или $f > \tan \alpha$.

Следовательно, угол трения φ вальца по слою должен быть больше угла α .

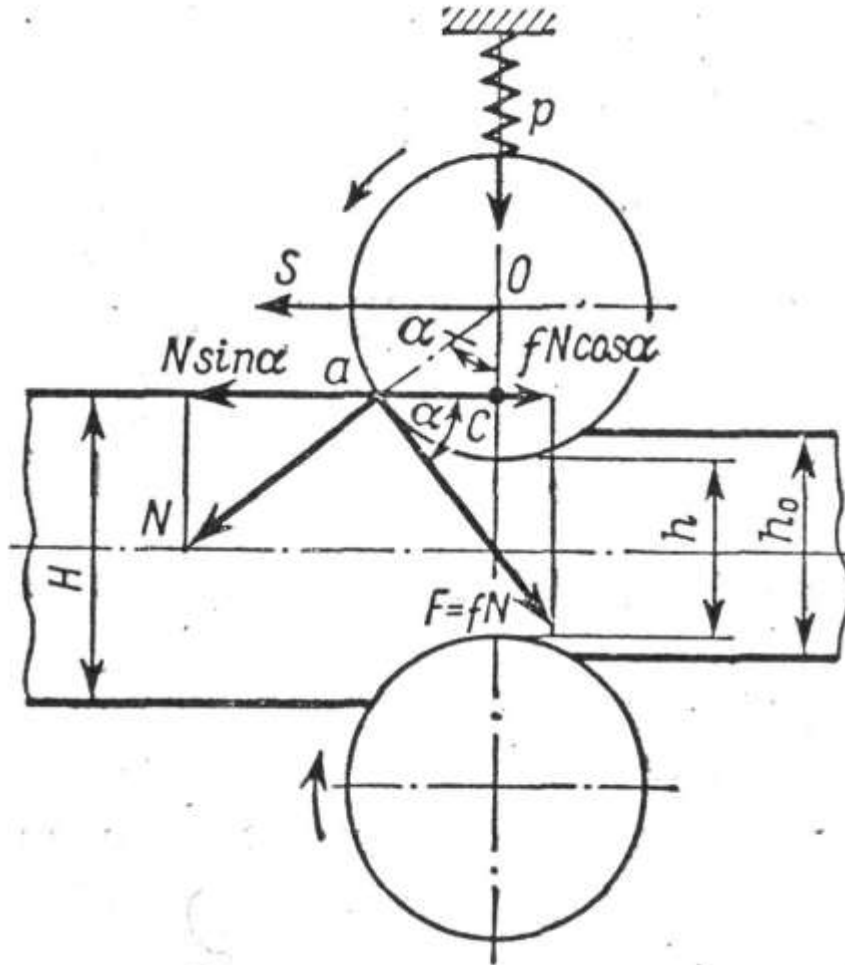


Рисунок 7. Расчетная схема питающих вальцов

Диаметр вальцов зависит от соотношения толщины слоя на входе и выходе из зазора. Из треугольника aOc видно, что $D = (H - h)/(1 - \cos \alpha)$.

Учтя, что $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$, а условия захвата слоя $f = \tan \varphi \geq \tan \alpha$, определим

диаметр вальца

$$D = (H - h) / \left[1 - (1 / \sqrt{1 + f^2}) \right].$$

Для выполнения этого условия пришлось бы делать вальцы больших диаметров, что конструктивно весьма неудобно. Для обеспечения надежного затягивания вальцы изготавливают рифлеными или зубчатыми.

Можно определить также величину обжатия слоя

$$H - h \leq D \left[1 - (1 / \sqrt{1 + f^2}) \right].$$

При расчетах принимают $h/H = 0,4 - 0,6$.

Сжатый вальцами слой по выходе из зазора снова расширяется до величины h_0 , что вызывает необходимость повторного сжатия материала ножом в процессе резания и затрат излишней энергии.

Окружная скорость питающих валцов должна обеспечивать хорошее затягивание массы, поступающей с подающего транспортера.

Кроме того, следует учесть, что при протягивании слоя между вальцами всегда имеет место буксование, в результате которого скорость подачи слоя оказывается меньше скорости вальца.

2.3.3 Результаты и выводы:

После выполнения практических работ на заданную тему студент должен обсудить результаты и ответить на следующие основные вопросы. Особенности процесса резания. Типы режущих аппаратов. Факторы, влияющие на процесс резания. Как определить $M_{рез}$? Охарактеризуйте ножи с различными формами лезвий. Выберите мощность двигателя соломосилосорезки. Барабанные режущие аппараты. Определить производительность соломосилосорезки. Расчет питающего аппарата. Дайте общую характеристику корнеклубнерезок. Схема работы многодисковой корнерезки.

2.4 Практическое занятие №4. (2 часа).

Тема: «Определение модуля помола и степени измельчения зерна»

2.4.1. Задание для работы:

1. Теории дробления материалов и их энергетическая оценка
2. Графическое изображение энергетических закономерностей процесса удара методом В.П. Горячкина
3. Необходимая для разрушения материала скорость удара.
4. Выбор точки подвеса молотка (эксцентрический удар)
5. Методика определения модуля помола зерна

2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Теории дробления материалов и их энергетическая оценка

Теория измельчения (дробления) твердых тел в общем виде рассматривает два комплекса основных вопросов. Во-первых, она изучает функциональные зависимости между затратой энергии или механической работы на процесс измельчения материалов и результатами этого процесса, т.е. степенью измельчения. Это дает возможность выявить эффективность рабочего процесса в зависимости от принятой конструкции и правильности выбранных режимов её работы. Во-вторых, она изучает основные закономерности в распределении частиц по их размерам с целью отыскания простых и надёжных методов определения средних частиц, площади их удельной поверхности и численных значений степени измельчения.

Всякая теория ставит своей целью раскрыть сущность того или иного процесса или явления, дать им качественную и количественную оценку, определить наиболее оптимальные условия их протекания.

Для определения работы дробления были предложены две теории, объясняющие расход энергии на процесс – **поверхностная** и **объёмная**.

Автором поверхностной теории является немецкий ученый П. Риттингер (1867 г.). В соответствии с этой теорией работа, необходимая для дробления, прямо пропорциональна вновь образованной поверхности, т.е. $A_s = f(\Delta S) = a\Delta S$, где a – коэффициент пропорциональности, учитывающий величину энергии поверхностного натяжения; ΔS – приращение удельной поверхности твёрдого тела.

Последующие исследования показали, что эта теория более справедлива для тонкого измельчения материалов. При крупном – процесс дробления не подчиняется этому закону.

В связи с этим русский ученый В.Л. Кирпичев в 1874 г., а затем немецкий ученый Ф.Кик в 1885 г. предложили объёмную теорию дробления. Они установили что работа, затраченная на измельчение тела, прямо пропорциональна объёму или массе разрушаемого тела, т.е.

$$A_v = f(V) = f_1(M) = k\Delta V = k_1\Delta M,$$

где k, k_1 – коэффициенты пропорциональности;

ΔM – часть деформируемого объёма или массы тела.

Однако объёмная теория не объясняет закономерности при тонком измельчении материалов.

П.А. Ребиндер в 1928 г. предложил объединить обе теории и оценивать работу измельчения формулой

$$A = A_v + C \frac{\sigma^2 M}{2E} + A_s \Delta S k,$$

где A_y – энергия, расходуемая на процессы деформации и образование продуктов измельчения;

C – число циклов деформации частиц измельчаемого продукта;

σ – разрушающее напряжение измельчаемого продукта;

V – объём разрушаемого продукта;

E – модуль упругости измельчаемого продукта;

A_s – энергия, расходуемая на образование 1см^2 новой поверхности для данного продукта;

ΔS – вновь образованная поверхность;

R – безразмерный множитель.

Это уравнение учитывает положение как поверхностной, так и объёмной теории и является основным законом измельчения: полная работа измельчения равна сумме работ на образование новых поверхностей и на деформацию в объёме разрушаемого тела.

Однако полученные выражения не могут быть использованы при количественных расчетах из-за неизвестных коэффициентов пропорциональности a и k . Эти выражения используют для качественной оценки рабочих процессов и сравнительных расчетов, по ним получают относительное значение величины работы, затрачиваемой на измельчение. Абсолютное значение работы измельчения по ним определить невозможно, так как она не увязана со степенью измельчения.

В 1952 г. С.В. Мельников предложил приближенную рабочую формулу для определения количественных расчетов, увязав расход работы со степенью измельчения:

$$A_{\text{изм}} = [c_1 \lg \lambda^3 + c_2 (\lambda - 1)] C_{np}$$

где c_1 и c_2 – постоянные коэффициенты, учитывающие удельные затраты энергии и имеющие размерность работы (Дж/кг), определяемые опытным путём,

C_{np} – безразмерный коэффициент, отражающий влияние не учтенных факторов.

По этой формуле можно рассчитать энергозатраты на измельчение не только зерновых, но и стебельных кормов, измельчаемых молотковыми и ножевыми рабочими органами.

2. Графическое изображение энергетических закономерностей процесса удара методом В.П. Горячкина

Для изучения рабочего процесса дробильных машин, например, такой распространенной на животноводческих фермах машины, как молотковая дробилка, представляет интерес данное В.П. Горячкиным графическое изображение закономерностей процесса удара, связанного с разрушением тела. Пусть раздробляемый кусок, имеющий скорость, равную нулю, встречает какой либо рабочий орган дробящего устройства, например, шарнирно подвешенный молоток. Введём следующие обозначения:

$\Delta\mu$ – масса куска;

m – масса молотка;

v_k – конечная скорость удара;

v_o – начальная скорость молотка;

A_0 – полная энергия (первоначальная кинетическая энергия молотка);

A_2 – энергия, затраченная на разрушение (энергия деформации);

A_1 – кинетическая энергия, приобретённая в конце удара куском;

A_3 – кинетическая энергия, сохранённая к концу удара молотком;

A – полная работа.

При ударе молотка по куску, молоток уменьшает свою скорость до v_k , а раздробляемый кусок приобретает эту скорость (если удар не упругий и коэффициент восстановления равен 0). Величина толчка или импульса:

$$P\Delta t = m(v_o - v_k) = \Delta\mu v_k.$$

Величину конечной скорости v_k предопределяет при прочих постоянных условиях величина массы куска $\Delta\mu$. Если, как это имеет место, например, для молотковой дробилки,

m и v_0 можно принять за величины заданные и постоянные, то уравнение, представленное как

$$v_{\kappa} = \frac{v_0}{1 + \frac{\Delta\mu}{m}}$$

при переменных v_{κ} и $\Delta\mu$ есть уравнение неравносторонней гиперболы. График (рис. 2) наглядно показывает, при какой массе $\Delta\mu$ будет получена та или иная конечная скорость v_{κ} . При $\Delta\mu = m$ конечная скорость $v_{\kappa} = \frac{v_0}{2}$. Чем масса $\Delta\mu$ больше, тем конечная скорость v_{κ} меньше.

Работа деформации представляет собой по закону сохранения энергии разность между первоначальным запасом кинетической энергии молотка и запасом кинетической энергии молотка и куска в конце удара:

$$A_2 = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{(m + \Delta\mu)v_{\kappa}^2}{2} = \frac{m(v_0 - v_{\kappa})v_0}{2} = \frac{\Delta\mu v_0 v_{\kappa}}{2}.$$

Чем дробь $\frac{\Delta\mu}{m}$ больше, тем меньше конечная скорость v_{κ} и тем больше переходящая в работу деформации доля теряемой для движения кинетической энергии.

Полная работа равна сумме:

$$A = A_1 + A_2 = \frac{\Delta\mu v_{\kappa}^2}{2} + \frac{\Delta\mu v_0 v_{\kappa}}{2}$$

или

$$A = \frac{m(v_0^2 - v_{\kappa}^2)}{2},$$

то есть графически полную работу A в функции v_{κ} при переменной массе $\Delta\mu$ определяет парабола, а работу деформации – прямая.

Как это видно из графика (рис. 2), гипербола, парабола и прямая позволяют на основании приведенных выводов удобно изобразить графически закономерности процесса неупругого удара.

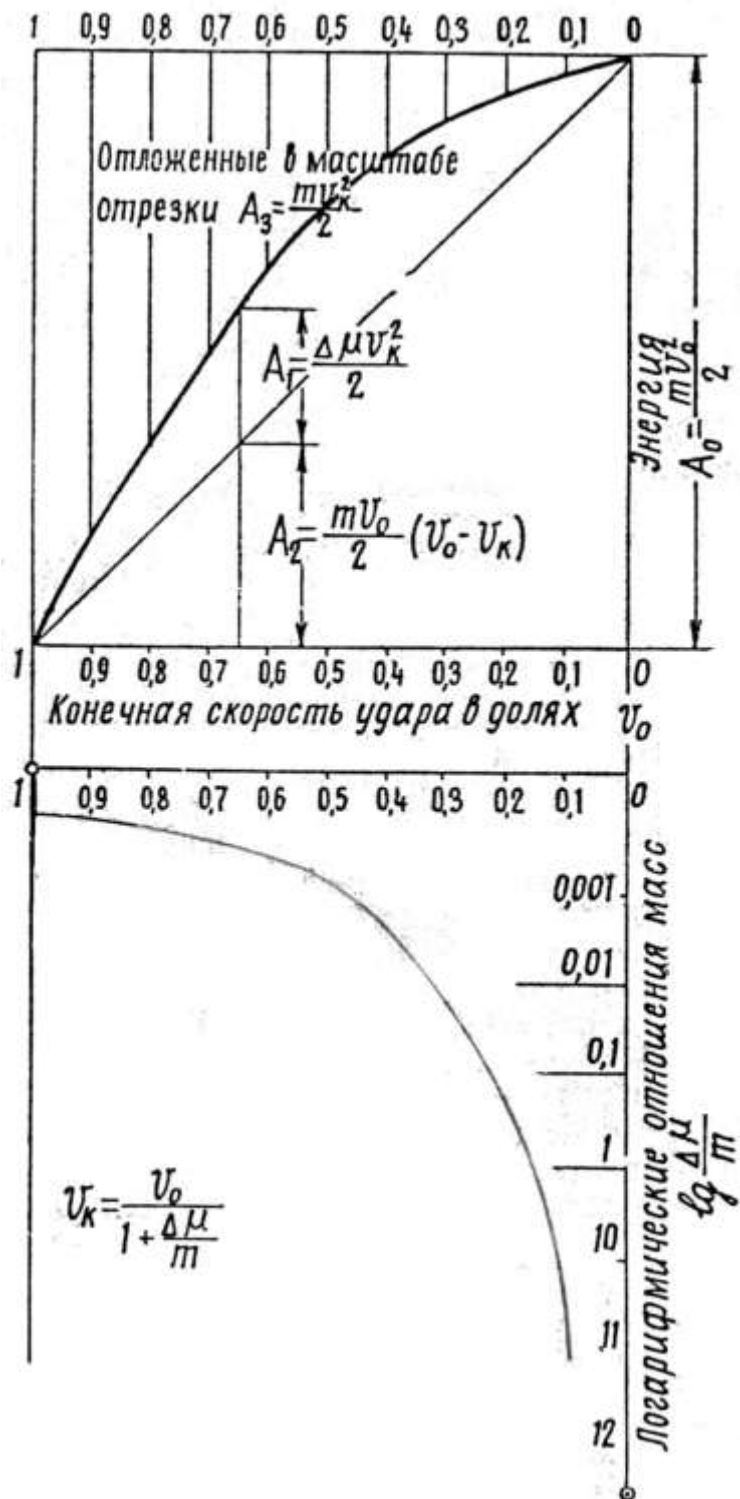


Рисунок 2. Графическое изображение неупругого удара (метод В.П. Горячкина).

Если учитывать упругость, то эта формула примет вид.

$$A_2 = \frac{\left[\frac{m \Delta \mu}{m + \Delta \mu} \right] (v_0 - v_{\pi})^2}{2} (1 - \kappa^2),$$

где κ – коэффициент восстановления (меньше 1).

Вместо отношения масс $\frac{\Delta\mu}{m}$ на графике отложены логарифмы этих отношений, так в данном случае гипербола менее удобна для графического изображения, чем её логарифмическая анаморфоза. В остальном построение графика легко уясняется из чертежа.

График определяет конечную скорость соударения молотка и зерна и все три составляющие полной энергии, то есть даёт графически раздельно энергии молотка, куска и деформации. Этот режим характеризует крайние правые точки оси абсцисс. Крайняя левая – соответствует случаю холостого прохода рабочего органа дробилки.

Промежуточные режимы относятся к различным дробильным машинам. Так, например, молотковые дробилки, работающие на относительно высоких скоростях, располагаются в зоне большей конечной скорости v_k , а такие машины, как валковые дробилки, шаровые мельницы – правее. Ещё дальше вправо находится зона рабочего режима щековых дробилок.

3. Необходимая для разрушения материала скорость удара.

Чтобы материал разрушился, удар должен произойти со скоростью, превышающей предельную скорость для упругих деформаций. При ударе со скоростью v и продолжительностью $\Delta\tau$ величина упругой деформации равна (см. рис. 3):

$$a = v\Delta\tau.$$

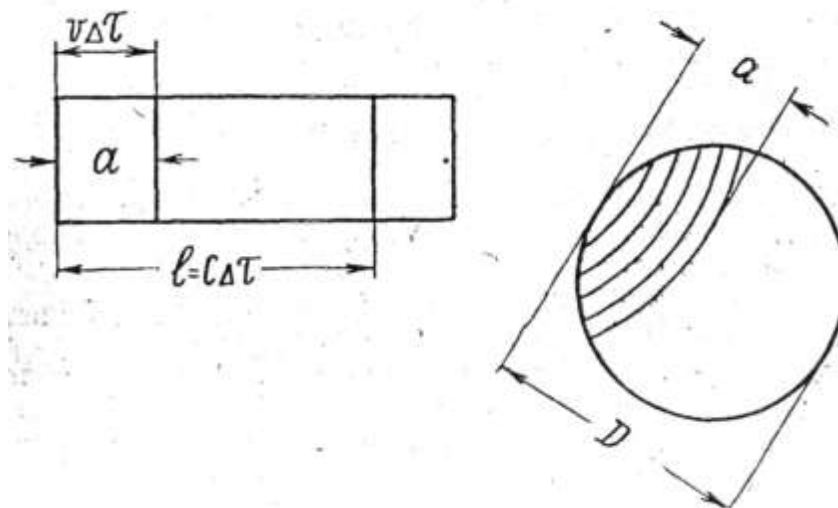


Рисунок 3. К расчету разрушающей скорости удара

На эту величину ударившее тело внедряется в материал, уплотняя его. Колебания распространяются на длину:

$$l = c\Delta\tau,$$

где c – скорость распространения звука (колебаний):

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

здесь E – модуль упругости,

ρ – плотность материала.

В соответствии с законом Гука:

$$\sigma = E \frac{v\Delta\tau}{c\Delta\tau} = E \frac{a}{l} = E \frac{a}{D},$$

откуда

$$v_{разр} = \frac{c\sigma_{разр}}{E} = \frac{\sigma_{разр}}{E} \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

Однако, использовать эту формулу для определения конструктивно-режимных параметров, например, молотковой дробилки, крайне затруднительно по следующим причинам:

- раздробляемые частицы неоднородны и имеют сложное строение,
- технологический процесс дробилки также сложен и неопределен,
- удар в дробилке происходит не по отдельной частице, а по слою продукта и частицы воспринимают его в самых различных положениях,
- частицу часто раздробляет не первичный удар, при этом скорость соударения может значительно уменьшаться,
- ударное воздействие молотка сочетается в рабочей камере дробилки с ударами частиц друг о друга, ударами о деку, перетиранием в процессе циркуляции.

Доля участия каждого из этих видов разрушения определить сложно, поэтому окружная скорость молотка V_m , предопределяющая количество энергии, которая может быть использована для осуществления процесса дробилки

$$V_m = (3 \dots 5) V_{разр} = 40 \dots 80 \text{ м/сек}$$

4. Выбор точки подвеса молотка (эксцентрический удар)

При работе с ручными инструментами (топором или молотком) вы инстинктивно держите рукоятку молотка или топорща в том месте, где рука не ощущает удар.

В дробилках при шарнирном креплении рабочих молотков их нужно расположить таким образом, чтобы опоры барабана дробилки не испытывали ударных воздействий. Для этого необходимо, чтобы центр качания совпал с шарниром молотка.

Центром качания относительно центра удара называют такую точку, в которой скорость поступательного движения, возникшая **в момент удара**, равна по величине линейной скорости поворота ωs (также возникшей в момент удара) и обратна ей по направлению. Эта точка в момент удара остаётся неподвижной или по крайней мере не изменяет своей скорости.

Центр качания не трудно определить аналитически или получить простым геометрическим построением.

Пусть центр удара молотка по раздробляемому куску находится на расстоянии $\frac{a}{2}$ от центра тяжести O (рис. 4). Вследствие эксцентрического удара получаем при переносе силы P в центр тяжести O , кроме силы, приложенной в центре тяжести и сообщаемой массе молотка поступательное движение, ещё пару сил с моментом PS .

$$P\Delta t = mv,$$

$$PS\Delta t = J_{\omega} = m\rho_O^2 \omega,$$

где J – момент инерции молотка относительно оси, проходящей через центр тяжести,

ρ_O – соответствующий радиус инерции,

ω – угловая скорость (средняя),

m – масса молотка.

Как видно из рис. 4, под действием силы P молоток движется с поступательной скоростью V , а под действием момента сил – поворачивается. В точке C скорость V равна скорости ωs и обратна ей по направлению.

$$-V = f\omega s$$

Эта точка и есть центр качания молотка. Она удовлетворяет условию:

$$SS_I = \rho_O^2,$$

что прямо следует из выше представленных формул.

Пользуясь этим соотношением, центр качания находят графически, восстановив в центре тяжести в принятом линейном масштабе перпендикуляр высотой ρ_0 и соединив A с B . Перпендикуляр к линии AB в точке B определит центр качания в точке C (см. рис. 4).

Момент инерции прямоугольного параллелепипеда относительно оси, проходящей через центр тяжести равен:

$$m \frac{a^2 + b^2}{12}.$$

Следовательно, радиус инерции относительно оси, проходящей через центр тяжести молотка прямоугольной формы, если пренебречь отверстием, равен (см. рис. 4):

$$\rho_0 = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}},$$

где a – длина;
 b – ширина молотка.

Если S_l – расстояние от оси подвеса (шарнира) до центра тяжести, а $S = \frac{a}{2}$ – расстояние от центра тяжести до центра удара, то:

$$\rho_0^2 = SS_1 = \frac{a}{2} S = \frac{a^2 + b^2}{12} \text{ или } S_1 = \frac{a^2 + b^2}{6a}.$$

Следовательно, ударные реактивные силы не будут практически передаваться на опоры, если расстояние от центра шарнира прямоугольного молотка до центра тяжести сделать равным сумме квадратов двух линейных измерений молотка (длины и ширины), разделённой на шестикратную его длину.

Некоторые молотки имеют второе отверстие с целью повторного использования после износа. В этом случае расчетную формулу необходимо соответственно изменить.

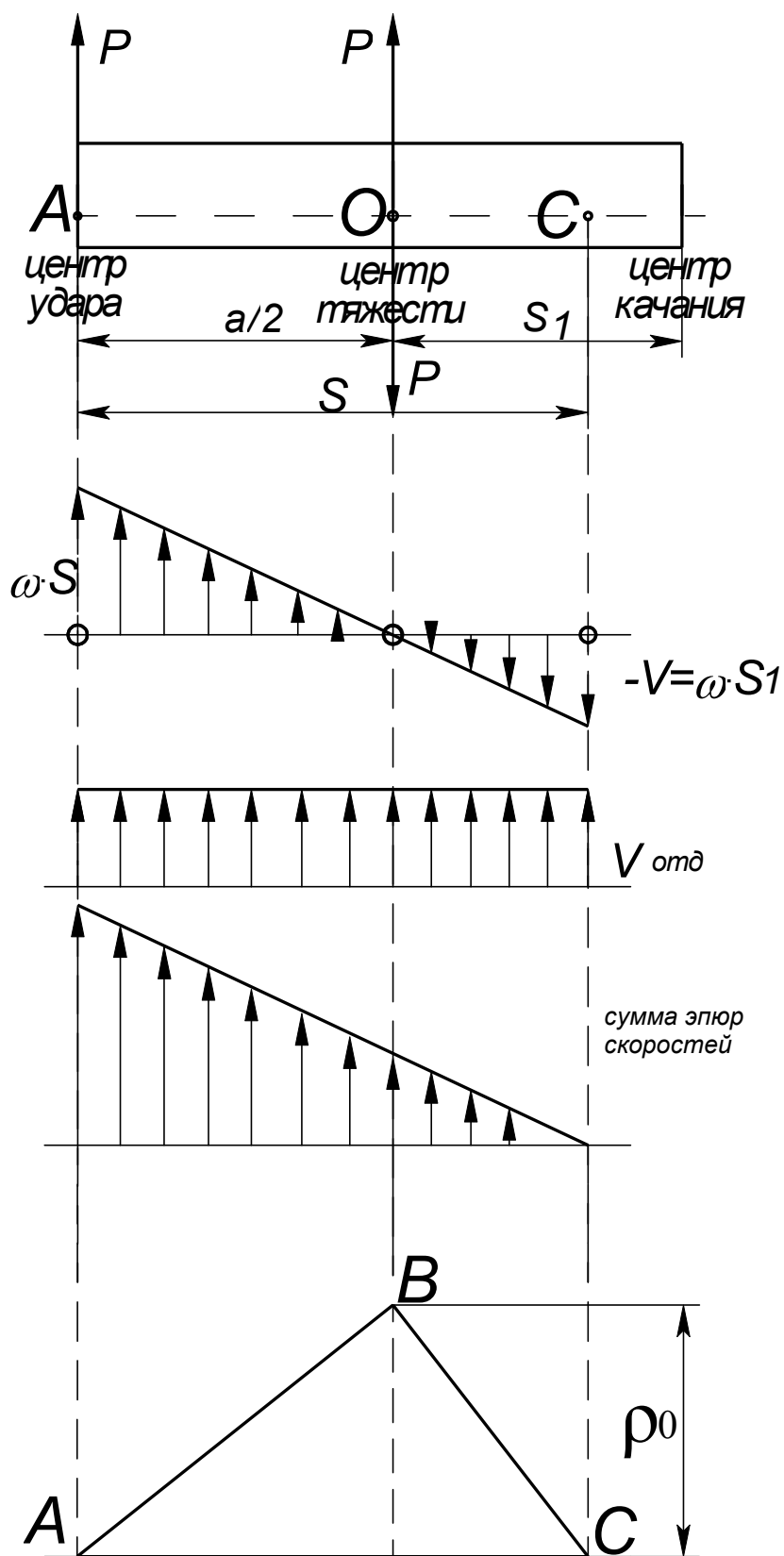


Рис. 4 - Эпюры нагружения рабочего органа молотковой дробилки и выбор точки подвеса молотка

5. Методика определения модуля помола зерна

Учитывая многообразие форм зёрен различных культур, размеры их удобнее всего выражать величиной эквивалентного диаметра. Последний представляет собой диаметр такого шара, объём которого равен объёму зерна:

$$V_{\text{зерна}} = V_{\text{экв.шара}} = \frac{\pi D_{\text{экв.шара}}^3}{6}.$$

$$\text{Тогда} \quad D_{\text{экв.шара}} = \sqrt[3]{\frac{6V_{\text{зерна}}}{\pi}} \approx 1,26 \sqrt[3]{V_{\text{зерна}}}.$$

Объём зерна определяют погружением 100 зёрен в жидкость (ксилол, толуол и др.).

Частицы измельчённого корма также принимают за шар или куб и характеризуют средним значением диаметра.

Оценку измельчённого материала дают по содержанию в нём классов (фракций) частиц определённых размеров, т.е. по гранулометрическому составу. Для определения гранулометрического состава массы применяют ситовый анализ – рассев материала с помощью набора сит на классы, если частицы более 40 мкм. В процессе отсева определяют так называемый модуль помола M – средневзвешенный диаметр частиц.

Обозначим через $d_1, d_2, \dots, d_n$ диаметр отверстий сит (мм), а через $P_0, P_1, \dots, P_n$ – остаток на ситах (%). Тогда выражение M в общем виде будет:

$$M = d_{cp} = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} P_0 + \frac{d_1 + d_2}{2} P_1 + \dots + \frac{d_n + d_{n+1}}{2} P_n}{P_0 + P_1 + \dots + P_n} \text{ мм.}$$

В производственных условиях, т.е. непосредственно на фермах, применяют набор из трёх сит с диаметром 1, 2 и 3 мм.

$$\text{Тогда} \quad M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100} \text{ мм.}$$

Для отсева принимают обычно навеску в 100 г. Остаток на верхнем контрольном сите диаметром 4 или 5 мм добавляют к P_3 .

2.4.3 Результаты и выводы:

По итогам выполненной работы студенту необходимо сделать заключение и по вопросам работы подготовить выводы.

2.5 Практическое занятие №5. (2 часа).

Тема: «Рабочий процесс и определение энергетических показателей сепаратора молока.»

2.5.1. Задание для работы:

1. Конструкции сепараторов
2. Физический смысл регулирования жирности сливок
3. Энергетические показатели сепаратора молока

2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Конструкции сепараторов

Сущность разделения молока заключается в том, что вследствие разницы плотностей молочного жира и так называемой молочной плазмы (т.е. обраты), происходит всплывание жировых частиц. Эта разница составляет $0,11 \text{ г/см}^3$ (плотность жира $0,92 \text{ г/см}^3$, а плазмы – $1,03 \text{ г/см}^3$). Именно за счет этого происходит отстаивание молока в естественных условиях, но это процесс, требующий длительного времени (около суток). В этом случае жировые шарики всплывают со скоростью

$$V_c = \frac{2}{9} g \frac{\sigma_n - \sigma_{ж}}{\eta} r^2 \text{ (формула Стокса),}$$

где g – ускорение свободного падения тела м/сек^2 ,

σ_n – плотность плазмы (обрата),

$\sigma_{ж}$ – плотность жира,

r – радиус жирового шарика ($r = 1,5 \dots 5,0 \text{ мкм}$),

η – вязкость молока в паузах.

В середине XIX века стали пытаться использовать центробежное отделение жира, но эти попытки успешными не были. Дело в том (как мы увидим дальше), что производительность сепаратора Q в наибольшей степени зависит от квадрата числа оборотов барабана $Q = f(n^2)$. Однако, во время работы аппарата при определенных оборотах (их называют критическими) наступает явление резонанса, при котором собственные колебания барабана совпадают с вынужденными. Это приводит к тому, что ось вращения барабана отклоняется от вертикали на недопустимую величину, при которой происходит поломка вала барабана. К тому же эти критические обороты не очень велики ($1000 \dots 1500 \text{ об/мин}$), следовательно, рабочие обороты барабана были ещё меньше. Такие сепараторы имели очень небольшую производительность и были экономически не выгодными.

Выход из создавшегося положения нашел известный шведский инженер Карл Густав Лаваль (1845 – 1913г.г.). В 1878 г. он создал сепаратор, в котором барабан

вращался со скоростью до 10000...12000 об/мин. В этом сепараторе вал барабана состоит из двух половин, соединенных между собой упругой муфтой. При достижении критических оборотов, амплитуда колебаний барабана резко возрастает, но она гасится упругой муфтой, а барабан легко преодолевает эти обороты и нормально работает в диапазоне сверхкритических оборотов.

Молочные сепараторы разделяются на *сливкоотделители, очистители и нормализаторы*. Выпускают также универсальные сепараторы.

Рассмотрим основы теории молочного сепаратора, которую предложил Г.И. Бремер.

На рис. 1 показана схема расположения тарелок барабана сепаратора (межтарелочное пространство), жировой шарик и основные параметры пространства. Под действием сил потока молока шарик увлекается этим потоком со скоростью всплывания V_{Π} и одновременно движется к поверхности тарелки со скоростью V_c (определяется по формуле Стокса). Обозначим T – время, в течение которого жировой шарик должен достичь поверхности тарелки, чтобы начать движение вверх вместе с другими шариками.

На схеме видно, что

$$L = v_{n.ср.} \cdot T = \frac{H}{\sin \alpha} \quad (1)$$

$$S = v_{c.ср.} \cdot T = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2)$$

Разделим уравнение (1) на уравнение (2), получим

$$\frac{v_{n.ср.}}{v_{c.ср.}} = \frac{H}{h} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (3)$$

Определим значения $v_{n.ср.}$ и $v_{c.ср.}$. Скорость $v_{c.ср.}$ находится по формуле Стокса. Заменим g на $\omega^2 R$ – центростремительное ускорение – а R примем средним. Тогда

$$v_{c.ср.} = \frac{2}{9} \omega^2 \frac{R_{\min} + R_{\max}}{2} \cdot \frac{\sigma_{\Pi} - \sigma_{жс}}{\eta} \cdot r^2$$

2. Физический смысл регулирования жирности сливок

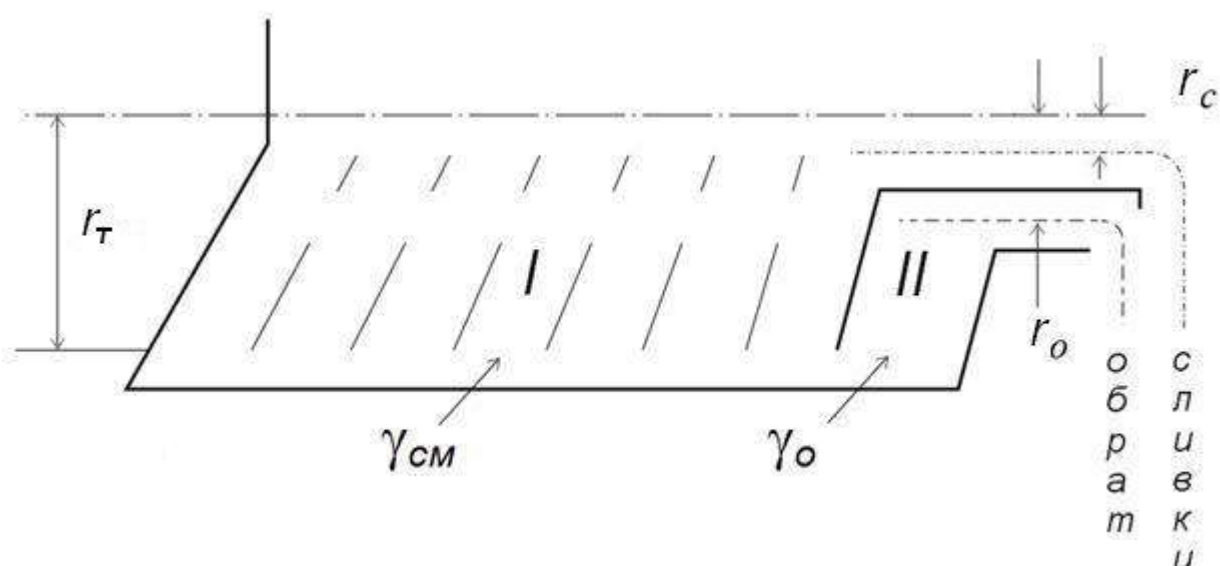


Рис. 2 – Схема к определению физического смысла регулирования жирности сливок

Для этого барабан сепаратора разместим горизонтально (рис. 2). Видно, что он разделен верхней тарелкой на два сообщающихся сосуда: в первом находится смесь ($\gamma_{см}$), состоящая из молока и сливок, во втором – обрат (γ_o).

Для нормальной работы сепаратора должно быть обеспечено неравенство $r_T - r_c > r_T - r_o$, а в соответствии с законом сообщающихся сосудов

$$(r_T - r_c)\gamma_{см} = (r_T - r_o)\gamma_o$$

Иными словами, удельный вес (плотность) смеси будет зависеть от расположения отверстий, или

$$\frac{r_T - r_c}{r_T - r_o} = \frac{\gamma_o}{\gamma_{см}}$$

Учитывая действие громадных центробежных сил, эта формула будет иметь вид

$$\frac{r_T^2 - r_c^2}{r_T^2 - r_o^2} = \frac{\gamma_o}{\gamma_{см}}$$

Пользуясь этим выражением, можно подсчитать величину r_c для получения сливок разной жирности

$$r_c = \sqrt{r_T^2 - (r_T^2 - r_o^2) \frac{\gamma_o}{\gamma_{см}}}.$$

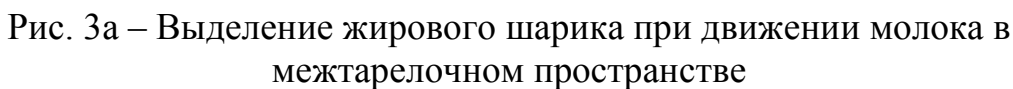
3. Энергетические показатели сепаратора молока

$$V_{n.cp.} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n} = \frac{\Sigma V_i}{n}$$

ИЛИ

$$V_{II} = \frac{Q}{2\pi R h \cdot \cos \alpha \cdot r},$$

$$\text{отсюда } V_{n.cp.} = \frac{\int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \frac{Q}{2\pi R h \cdot \cos \alpha \cdot r} dR}{R_{\max} - R_{\min}} = \frac{\frac{Q}{2\pi R h \cdot \cos \alpha \cdot r} \int_{R_{\min}}^{R_{\max}} \frac{dR}{R}}$$



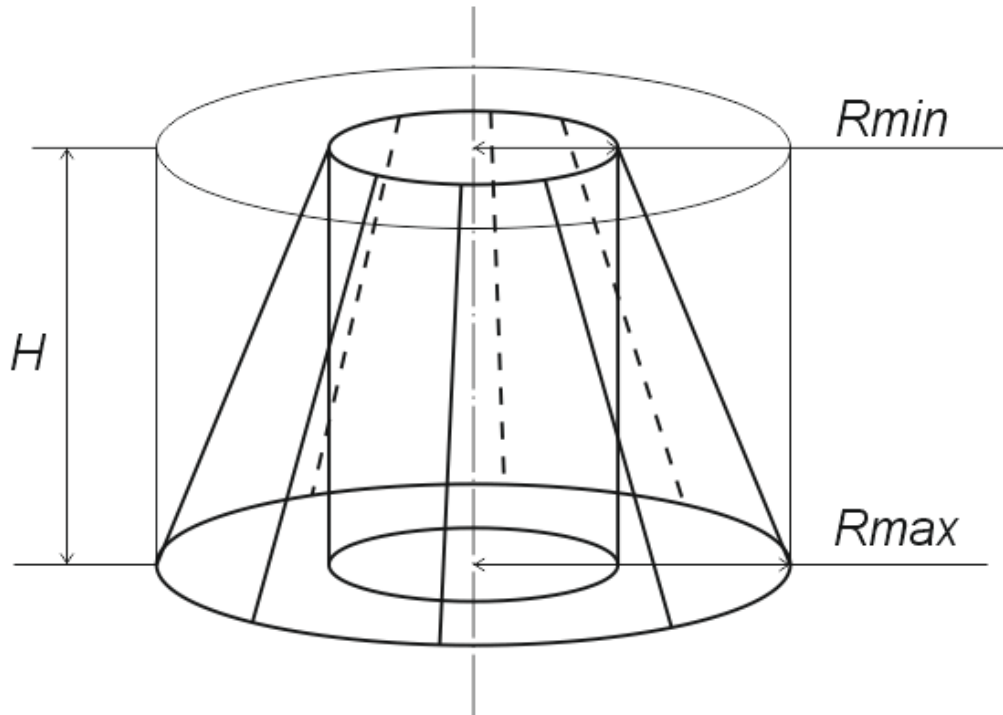


Рис. 3б – К определению расчетного объема барабана сепаратора

или

$$V_{n.ср.} = \frac{Q}{2\pi h \cdot \cos \alpha \cdot r} \cdot \frac{\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}}{R_{\max} - R_{\min}}$$

Подставим значения $V_{n.ср.}$ и $V_{с.ср.}$ в уравнение (1):

$$\frac{\frac{Q}{2\pi R h \cdot \cos \alpha \cdot r} \cdot \frac{\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}}{R_{\max} - R_{\min}}}{\frac{2}{9} \omega^2 \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2} \cdot \frac{\sigma_{\Pi} - \sigma_{жс}}{\eta} \cdot r^2} = \frac{H}{h} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

Упростим это выражение и окончательно получим

$$\left[\frac{2}{9} \frac{\sigma_{\Pi} - \sigma_{жс}}{\eta} r^2 \right] \left[\omega^2 r \pi \frac{R_{\max}^2 - R_{\min}^2}{\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}} \cdot H \right] = Q$$

Величина в первых квадратных скобках характеризует физические свойства молока и называется разделяемостью молока (она обозначается через τ).

Во вторых квадратных скобках нас интересует

$$\pi(R_{\max}^2 - R_{\min}^2) \cdot H = V_{\max}^2 - V_{\min}^2$$

Эта величина, разделенная на $\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}$, называется приведенным или расчетным

объемом барабана сепаратора

$$V_p = V_{np} = \frac{V_{\max}^2 - V_{\min}^2}{\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}}$$

Она оказывает существенное влияние на производительность сепаратора (схему V_p можно видеть на рисунке 3б)

Окончательно
$$Q = \tau \omega^2 r V_{np} \beta \text{ см}^3/\text{сек}$$

Для практических расчетов

$$L = 0,04 \tau \cdot r V_p n^2 \beta \text{ л/час}$$

где β – технологический КПД сепаратора.

Кстати,
$$\frac{\sigma_{II} - \sigma_{жс}}{\eta} = 0,29t \text{ (при } t = 10 \dots 70^\circ\text{C)},$$

где t – температура молока, подверженного сепарированию.

Поскольку эта величина $\left(\frac{\sigma_{II} - \sigma_{жс}}{\eta} \right)$ является важной составляющей

разделяемости молока τ и значительно влияет на производительность сепаратора, молоко перед сепарированием нагревают до $40 \dots 50^\circ\text{C}$ (большой нагрев экономически невыгоден).

2.5.3. Результаты и выводы:

При выполнении работы необходимо подготовить выводы по следующим моментам.

1. Какое значение для молочного скотоводства имело создание сепаратора?
2. Покажите действие сил на молочный шарик и объясните, как происходит выделение сливок.
3. От чего зависит производительность молочного сепаратора?
4. Объясните физический смысл регулирования жирности сливок.

2.6 Практическое занятие №6. (2 часа).

Тема: «Машинное доение коров и первичная обработка молока»

2.6.1. Задание для работы:

1. Элементы расчета молочной линии доильных установок
2. Расчет оросительного противоточного охладителя молока

2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Элементы расчета молочной линии доильных установок

Расчет молочной линии начинают с определения **производительности доильной установки**.

Основная величина при определении этой производительности – время ручных работ t_p , затрачиваемое оператором машинного доения на каждое животное.

Это время складывается из основных подготовительно-заключительных операций $t_{осн}$ (подмывание вымени, сдаивание первых струек молока, машинное додаивание, обработка сосков после доения, надевание и снятие стаканов с сосков вымени), вспомогательных операций $t_{всп}$ (подключение аппарата к магистрали и его отключение и пр.) и транспортных работ $t_{тр}$ (транспортирование ведер с молоком, горячей водой, переходы от одной коровы к другой).

$$t_p = t_{осн} + t_{всп} + t_{тр}$$

Следует подчеркнуть, что от качества и продолжительности этих работ зависит возбуждение и торможение рефлекса молокоотдачи у животного и, следовательно, количество и качество выдаиваемого молока.

Часовая производительность оператора

$$Q_o = \frac{60}{t_p}$$

Время ручных работ зависит от типа доильной установки и организации труда – на линейных доильных установках она больше (4 – 5 мин), на автоматизированных – меньше (0,5 – 1 мин).

В связи с тем, что время, отведенное на доение группы коров по зоотехническим нормам строго ограничено – 1,5 – 2 часа, количество операторов машинного доения можно рассчитать по формуле

$$Z_o = \frac{m \cdot t_p}{60T}$$

где m – поголовье животных,

T – общее время доения стада, ч.

Если значение Z_o получается дробным, его округляют в сторону **увеличения**.

Часовая производительность установки

$$Q_{\partial.y} = Q_o Z_o$$

При доении на установках с переносными ведрами оператор за 1 ч двумя доильными аппаратами может выдоить 14...16 коров, в молокопровод тремя аппаратами – 18...25 коров. На современных доильных установках производительность труда операторов повышается за счет сокращения t_p . При автоматизации технологических операций, например в случае использования санитарно-подготовительных автоматизированных пунктов, опытные мастера могут обслужить четырьмя-пятью аппаратами 40...50 коров в час.

При работе с большим числом аппаратов, чем положено по расчетам, неизбежны систематические передержки доильных аппаратов на сосках вымени коров. Кроме того, при напряженной работе оператор быстрее устает и некачественно выполняет технологические операции. Поэтому необходимо правильно рассчитать оптимальное число доильных аппаратов, обслуживаемых одним оператором

$$Z_{an} = t_{м.д.} / t_p + 1,$$

где $t_{м.д.}$ – продолжительность машинного доения коровы аппаратом без заключительного массажа и машинного додаивания (4...5 мин).

Если значение Z_{an} получается дробным, его округляют в сторону **уменьшения**.

Правильность расчета проверяют по соотношению

$$(Z_o Z_{an})_{расч} \leq (Z_o Z_{an})_{окр.}$$

Если это неравенство не выполняется, увеличивают число операторов.

В заключение подсчитывают число доильных установок ($Z_{\partial.y}$) по общему числу рассчитанных доильных аппаратов

$$Z_{\partial.y} = \frac{(Z_o Z_{an})_{окр.}}{Z_{\partial.a}},$$

где $Z_{\partial.a}$ – число доильных аппаратов, которыми оснащена доильная установка.

Можно посчитать и производительность всей установки

$$Q_{уст} = Z_o \frac{60}{t_p} = Z_o Q_o$$

Второй этап расчета молочной линии – *определение максимального часового количества молока* $M_{кг/час}$, полученного от животных, которые содержатся в коровнике 58

$$M = \frac{Y \cdot N}{365T(100 - P)} K \text{ кг/час}$$

где Y – годовой удой от коровы, кг,

N – количество коров, гол.,

T – общее время доек в день, час.,

P – процент сухостойных коров,

K – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления молока в зависимости от сезона ($K = 1,1 - 1,2$).

Именно по этой величине, а не по M_{cp} рассчитывают все аппараты и механизмы молочной линии по очистке, первичной обработке и переработке (сепарированию) молока. При M_{cp} может возникнуть такая ситуация, при которой количество молока поступающего на обработку, будет больше количества молока, которые смогут переработать аппараты машин и поток будет нарушен. Иными словами расчет линии по максимальной часовой производительности обеспечивает поточность обработки, её своевременность и высокое качество молока.

Количество холода для обработки M молока подсчитывают по известному выражению

$$Q = M \cdot c (t_{нач} - t_{кон}) \text{ кДж}$$

Здесь необходимо обратить внимание на начальную ($t_{нач}$) и конечную ($t_{кон}$) температуры молока. Искусственный холод, вырабатываемый холодильными установками, используют только во второй (рассольной) секции охладителя. В этой секции циркулирует ледяная вода, имеющая температуру от 0°C до $3-4^\circ\text{C}$, или рассол, имеющий минусовую температуру. В первой (водяной) применяют воду из скважин или колодцев, поэтому молоко во вторую секцию поступает охлажденным ($12-15^\circ\text{C}$).

Учитывая потери холода в магистрях трубопроводов и в окружающую среду, определим

$$Q_{общ} = (1,2 \dots 1,3) Q \text{ кДж}$$

По этой величине подбираем холодильную установку.

Таким образом, температуры молока и охлаждающих агентов могут выглядеть следующим образом:

$$\left. \begin{array}{ll} t_{мн} = 30 \dots 35^\circ\text{C}, & t_{мк} = 12 \dots 18^\circ\text{C}, \\ t_o = 10 \dots 15^\circ\text{C}, & t_k = 12 \dots 20^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \tau = 3, \\ \text{водяная} \\ \text{секция} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{ll} t_{мн} = 12 \dots 18^\circ\text{C}, & t_{мн} = 4 \dots 6^\circ\text{C}, \\ t_{op} = -10 \dots 15^\circ\text{C}, & t_{kp} = -3 \dots 4^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{секция ледяной воды (рассольная)}$$

Процессы охлаждения свежесвыдоенного молока, а также охлаждение его при первичной обработке и переработке, являются строго обязательными в технологических линиях молочно-товарных ферм и молокозаводов. Эти процессы осуществляют на аппаратах, называемых охладителями молока.

Современные охладители можно классифицировать по самым разнообразным признакам, среди которых можно отметить:

- профиль рабочей поверхности (трубчатые или пластинчатые),
- относительное направление движения теплообменивающихся сред (противоточные, прямоточные и перекрестные),
- конструкцию (однорядные и многорядные пластинчатые),
- число секций (одно и многосекционные).

Наибольшее распространение сегодня получили пластинчатые, противоточные, многорядные (пакетные) охладители.

При выборе и расчете охладителей исходными данными являются производительность (поверхность охладителя) и температурный режим технологического процесса охлаждения молока.

2. Расчет оросительного противоточного охладителя молока

Рассмотрим схему двухсекционного охладителя (рис. 27). В первой секции охлаждение молока происходит за счет циркулирующей холодной воды, во второй – за счет ледяной воды или рассола, охлажденного до минусовой температуры.

Поскольку M и τ величины переменные, составим дифференциальное уравнение теплового баланса: **количество теплоты, отдаваемое молоком, равно количеству теплоты, проходящей через аппарат** (потери пренебрегаем), то есть

$$-M \cdot c \cdot dt_m = KdF (t_m - t_g) \quad (1)$$

В уравнении (1) аргумент уменьшается, а функция увеличивается, поэтому поставлен знак «-».

Для решения этого уравнения составим уравнение теплового баланса между молоком и водой: количество теплоты, отданное молоком, равно количеству теплоты, полученному водой:

$$M \cdot c [t_m - (t_0 + \tau)] = nM (t_g - t_0) \quad (2)$$

где $n = \frac{B}{M}$ – коэффициент кратности расхода воды,

B – количество воды, израсходованной на охлаждение M молока.

Чтобы решить уравнение (1), нужно найти $(t_m - t_e)$ и dt_m . Для этого в уравнении (2) сократим M и раскроем скобки

$$t_m - c - t_0 c - \tau c = nt_e - nt_0, \text{ отсюда}$$

$$t_e = \frac{c(t_m - \tau) + t_0(n - c)}{n} \quad (3)$$

$$\text{а} \quad t_m - t_e = \frac{(n - c)(t_m - t_0) + c\tau}{n} \quad (4)$$

В этом уравнении t_m – величина переменная, поэтому можно продифференцировать его относительно t_m .

$$d \frac{(n - c)(t_m - t_0) + c\tau}{n} = \frac{n - c}{n} dt_m,$$

$$\text{отсюда} \quad dt_m = \frac{n}{n - c} d \frac{(n - c)(t_m - t_0) + c\tau}{n}$$

(5)

$$\text{Обозначим} \quad \frac{(n - c)(t_m - t_0) + c\tau}{n} = [A],$$

подставим (4) и (5) в (1) и получим

$$-M \cdot c \frac{n}{n - c} d[A] = K \cdot dF[A]$$

$$-M \cdot c \frac{n}{n - c} \frac{d[A]}{[A]} K dF.$$

Проинтегрируем это уравнение

$$-M \cdot c \frac{n}{n - c} \int_{t_{\min}}^{t_0^{\tau}} \frac{d[A]}{A} = K \int_0^F dF \quad (6)$$

Чтобы освободиться от знака «-», нужно поменять пределы интегрирования. Если к тому же учесть, что интеграл $\int \frac{dx}{x} = \ln x$ является стандартным, то уравнение (6) примет следующий вид

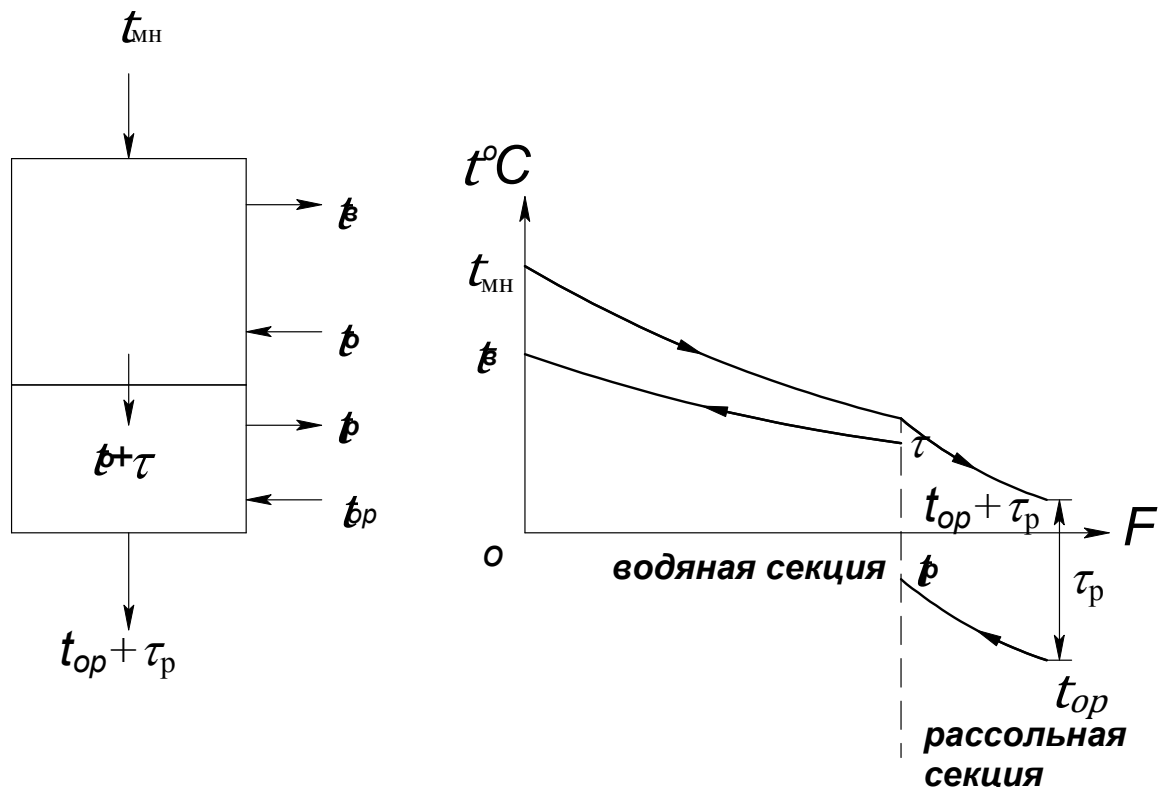


Рис. 1 - Температурная диаграмма двухсекционного охладителя

$$M \cdot c \frac{n}{n-c} \left| \ln \frac{(n-c)(t_m - t_o) + c\tau}{n} \right|_{t_o+\varepsilon}^{t_{mh}} = kF$$

Поставив пределы интегрирования и решив это уравнение, мы можем получить значение M или F .

$$F = \frac{M \cdot c}{k} \frac{n}{n-c} 2,3 \lg \frac{(n-c)(t_{mh} - t_o) + c\tau}{n\tau}$$

По этой формуле можно также найти зависимости между другими предельными величинами, например

$$F = f(n) \text{ или } F = f(\tau)$$

Методика расчета **рабочей поверхности рассольной секции охладителя** аналогична методике расчета поверхности водяной секции.

Она так же базируется на дифференциальном уравнении теплового баланса: **количество теплоты, отдаваемое молоком, равно количеству теплоты, проходящей через аппарат** (рассольную секцию охладителя).

При расчете нужно иметь ввиду, что $c_p = 1,001...0,0776$ в зависимости от содержания соли. Температура замерзания рассола также зависит от содержания соли в

рассоле – минимальная температура равна -21,2°С при содержании соли 22,4% (почти прямая зависимость).

Аналогично расчету поверхности водяной секции

$$F_p = \frac{M \cdot c}{K_p} \frac{n_p c_p}{n_p c_p - c} \cdot 2,3 \lg \frac{(n_p c_p - c)(t_o + \tau - t_{op}) + c}{n_p c_p \tau} \tau_p.$$

При расчете молочной линии следует обратить самое серьезное внимание на тщательность выбора всех параметров этой линии. Каждый из них, начиная от ручных затрат на выполнение основных технологических операций и кончая временем охлаждения молока, имеют исключительное значение для получения молока высокого санитарного качества.

К сожалению, на наших фермах часто получают молоко, не удовлетворяющее требованиям ГОСТ. По свидетельству директора Российского союза предприятий молочной отрасли В. Лабинова, европейцы вообще не стали бы покупать молоко у наших фермеров.

2.6.3 Результаты и выводы:

По мере выполнения практической работы студент должен подготовить выводы по рассматриваемым вопросам заданной темы: какое влияние на производительность оператора машинного доения оказывает тип доильной установки; роль и значение первичной обработки молока; почему молочную линию рассчитывают по её минимальной часовой производительности; каковы особенности расчета холода при обработке молока; применение уравнений теплового баланса при расчете количества холода

2.7 Практическое занятие №7. (2 часа).

Тема: «Теоретические основы переработки молока»

2.7.1. Задание для работы:

1. Тепловой процесс пастеризатора
2. Регенерация (восстановление) тепла.
3. Оросительные противоточные охладители
4. Энергосберегающие системы охлаждения продукции животноводства

2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Тепловой процесс пастеризатора

Нагревание жидкостей (вина) с целью уничтожения микроорганизмов впервые применил выдающийся французский ученый Луи Пастер (1822 – 1895гг.). Процесс (его назвали пастеризацией) оказался настолько действенным, что его стали применять и для обработки других жидкостей, в частности молока.

Для пастеризации молока используют самые разнообразные аппараты (их называют пастеризаторами), тепловой процесс которых показан на рис. 1.

Молоко на обработку поступает тонким слоем и нагревается до температуры 80...90°C.

Теплопотери в пастеризаторе стараются снизить за счет различных конструктивных усовершенствований, в частности, применяют профильные тонкостенные пластины из материалов, обладающих большой теплопередачей. Это позволяет снизить массу аппарата, создаёт турбулентный поток молока, повышает прочность пастеризатора, в который молоко и теплоноситель (пар) поступают по давлению.

В процессе работы температура молока увеличивается от $t_{нач}$ до $t_{кон}$ (температура пастеризации). Пар непрерывно подается в аппарат, нагревает молоко, конденсируется и выводится наружу.

Аналогично расчету охладителя, составим дифференциальное уравнение теплового баланса: **количество теплоты, получаемое молоком, равно количеству теплоты, проходящему через пастеризатор**

$$M \cdot c \, dt = KdF (t_{пара} - t) \quad (1)$$

где $t_{пара}$ – температура теплоносителя (пара), который непрерывно поступает в пастеризатор,

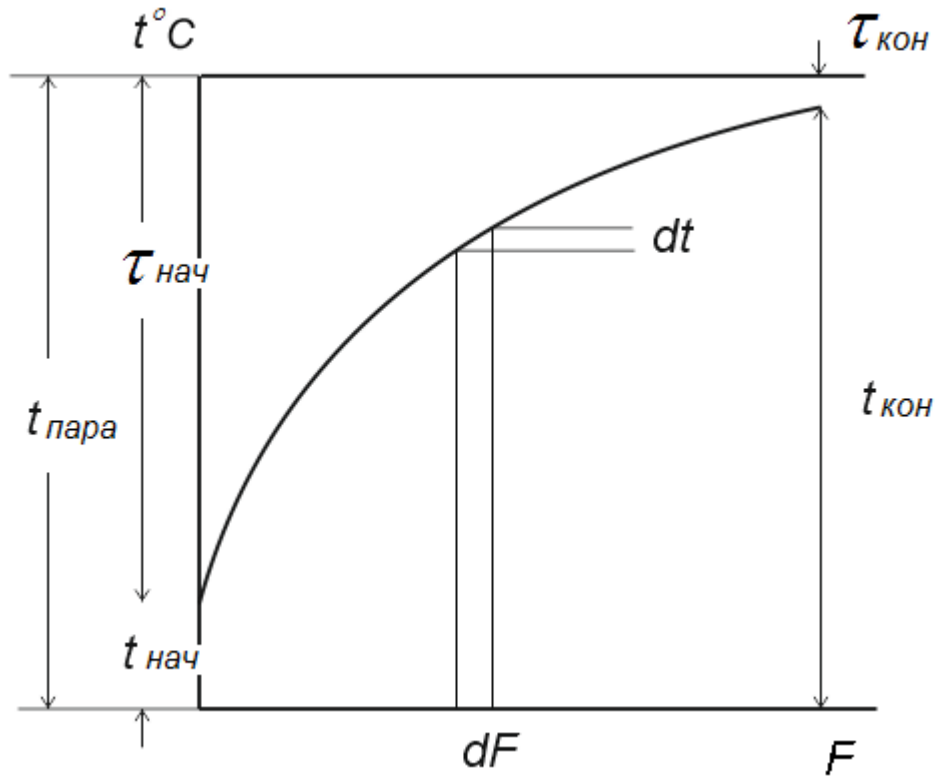


Рисунок 1 – Тепловой процесс пастеризации
 t – температура молока,
 K – коэффициент теплопередачи (для упрощения расчетов примем $K = \text{const}$).

$$M \cdot c \frac{dt}{t_{\text{пара}} - t} = k dF$$

Проинтегрируем это выражение

$$M \cdot c \int_{t_{\text{нач}}}^{t_{\text{кон}}} \frac{dt}{t_{\text{пара}} - t} = k \int_0^F dF \quad (2)$$

Поскольку $d(t_{\text{пара}} - t) = -dt$, а $\int \frac{-dt}{t_{\text{пара}} - t} = \ln(t_{\text{пара}} - t)$, приведем выражение (2) к

этому же виду, тогда

$$-M \cdot c \int_{t_{\text{нач}}}^{t_{\text{кон}}} \frac{dt}{t_{\text{пара}} - t} = k \int_0^F dF$$

Чтобы избавиться от знака «-» перед уравнением, поменяем пределы интегрирования

$$M \cdot c \left| \ln(t_{\text{пара}} - t) \right|_{t_{\text{кон}}}^{t_{\text{нач}}} = kF$$

Окончательно

$$M \cdot c \ln \frac{t_{\text{пара}} - t_{\text{нач}}}{t_{\text{пара}} - t_{\text{кон}}} = kF$$

Откуда
$$F = \frac{M \cdot c}{k} 2,3 \lg \frac{t_{\text{пара}} - t_{\text{нач}}}{t_{\text{пара}} - t_{\text{кон}}} \quad (3)$$

Температура пара выбирается в зависимости от его давления.

Расход пара Π на пастеризацию молока определяют по формуле

$$\Pi = \frac{M \cdot c(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})}{(i_{\Pi} - i_{\kappa})\eta_{\Pi}}$$

где i_{Π} и i_{κ} – теплосодержание пара и конденсата,
 η_{Π} – тепловой КПД пастеризатора.

2. Регенерация (восстановление) тепла.

Во время первичной обработки молоко подвергают охлаждению и пастеризации, при этом расходуется большое количество энергии на работу холодильных установок и на нагревание молока при его пастеризации.

Чтобы уменьшить затраты энергии, применяют специальные аппараты регенераторы, в которых встречаются два потока молока – холодный и горячий (рис. 29).

Расчет регенератора сводится к определению его рабочей поверхности

$$F_{\text{рег}} = \frac{M \cdot cE}{K_{\text{рег}}(1 - E)}$$

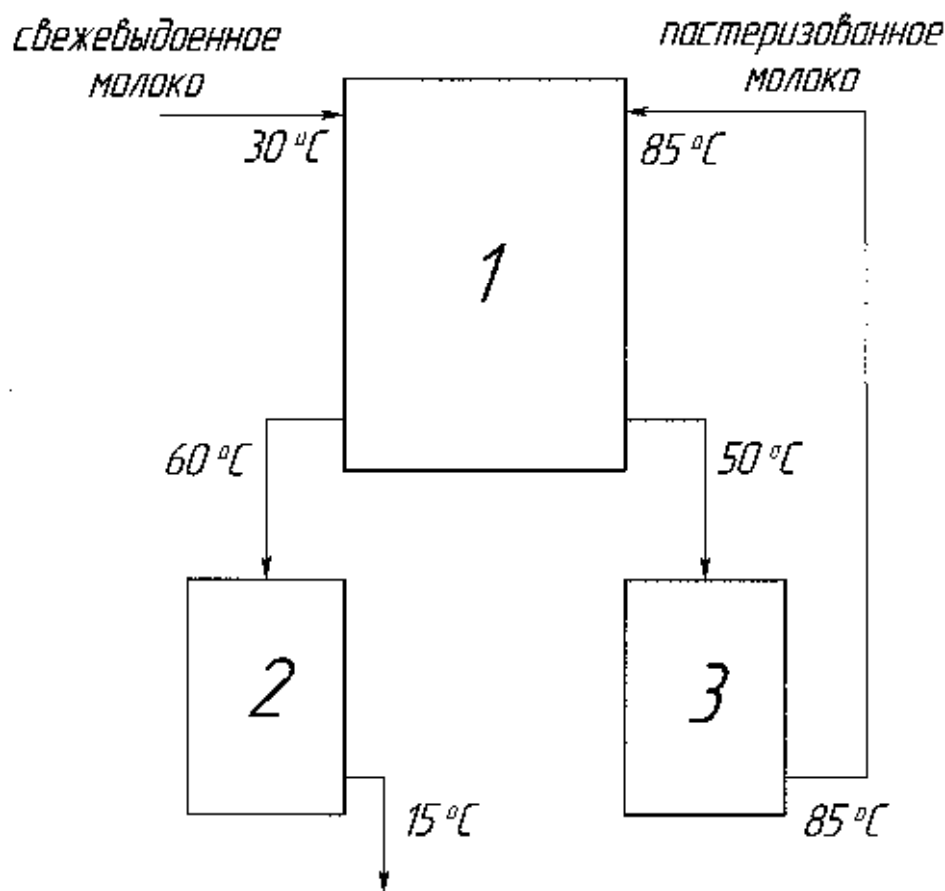


Рис. 2 Схема включения прямоточного регенератора в молочную линию: 1 – регенератор, 2 – охладитель, 3 – пастеризатор.

где E – коэффициент регенерации тепла, равный 0,6...0,7.

Разность температур процесса можно посчитать по формуле

$$t_{рег} = (1 - E)(t_{наст} - t_{рег}),$$
$$а \quad E = \frac{M \cdot c (t_{рег} - t_{нач})}{M \cdot c t_{наст} - t_{нач}} = \frac{t_{рег} - t_{нач}}{t_{наст} - t_{нач}}$$

Регенератор, смонтированный в технологической линии первичной обработки молока, экономит следующее количество тепла

$$Q_{эк} = M \cdot c \tau_{рег} \text{ кДж/час}$$

3. Оросительные противоточные охладители

В доильно-молочных линиях наибольшее распространение получили пластинчатые охладители. Эксплуатация этих охладителей особенно удобна при наличии циркуляционной системы промывки молочной линии, позволяющей обходиться без ежедневной разборки и чистки аппарата [Босин И.Н.].

По сравнению с погружными, оросительными, спиральными, резервуарными и другими теплообменниками пластинчатые аппараты имеют следующие преимущества:

- высокая эффективность охлаждения;
- малый рабочий объем аппарата, что способствует быстрой реакции приборов автоматики на изменения условий процесса и, следовательно, обеспечивает быстрое и точное управление процессом (у пластинчатого теплообменника с площадью 1 м² рабочий объем для каждой из сред составляет около 1,7 дм³, что в 3 раза меньше, чем у трубчатого теплообменника той же производительности);
- способность работать с достаточной эффективностью при минимальном температурном напоре;
- минимальные тепловые потери (тепловая изоляция обычно не требуется);
- технологичность конструкции основных рабочих частей аппаратов, что создает условия для массового их изготовления при минимальной затрате материалов (удельный расход кислотостойкой нержавеющей стали на 1 м² теплообменной поверхности составляет 12—15 кг);
- малая установочная площадь: пластинчатый теплообменник занимает примерно в 5 раз меньшую площадь помещения, чем трубчатый аппарат аналогичной производительности;
- высокая степень компактности рабочей поверхности теплообменника: 1 м³ рабочего объема включает до 200 м² теплообменной поверхности;
- возможность оперировать разнообразными компоновками теплообменных пластин, что позволяет в каждом конкретном случае подобрать наиболее оптимальное их сочетание, соответствующее условиям технологического процесса;
- легкость и быстрота монтажа, разборки и сборки, доступность рабочих поверхностей для осмотра и чистки, что особенно выгодно для производства, где требуется многократная чистка поверхности теплообмена;
- возможность безразборной мойки аппарата.

Определяющей особенностью пластинчатого охладителя является конструкция его теплопередающей стенки или теплообменной пластины. Формы теплообменных пластин и профили их поверхностей очень разнообразны [Буянов О.Н.].

Для аппаратов молочной промышленности и сельского хозяйства выпускаются теплообменные пластины ленточно-поточного и сетчато-поточного типов.

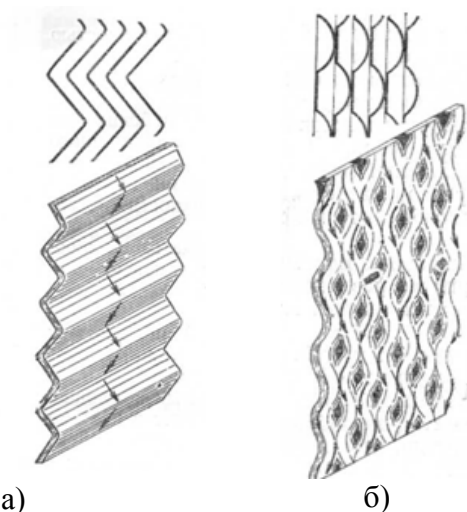


Рис. 3 – Схема движения потока жидкости в канале, образованном пластинами: а) ленточно-поточного типа; б) сетчато-поточного типа.

Первый тип характеризуется тем, что создается поток жидкости между пластинами, который по форме подобен волнистой гофрированной ленте (рисунок 3 а).

При использовании пластин второго типа происходит разветвление потока жидкости на смыкающиеся и расходящиеся струи (рисунок 3 б). Это связано с огибанием потоком опорных точек, образуемых взаимным пересечением наклонных гофр и расположенных по ширине канала подобно сетке.

Пластины сетчато-поточного типа обладают более высокими теплотехническими показателями.

Пластинчатый охладитель (рисунок 3) состоит из комплекта 1 теплообменных пластин, упорной 2 и нажимной 3 плит. В упорной плите закреплены штанги 4 и патрубки 10 и 9 соответственно подвода молока и вывода охлаждающей воды, а в нажимной – патрубки 7 и 8. Затяжка пакета пластин между плитами осуществляется посредством шпилек 6 и гаек 5.

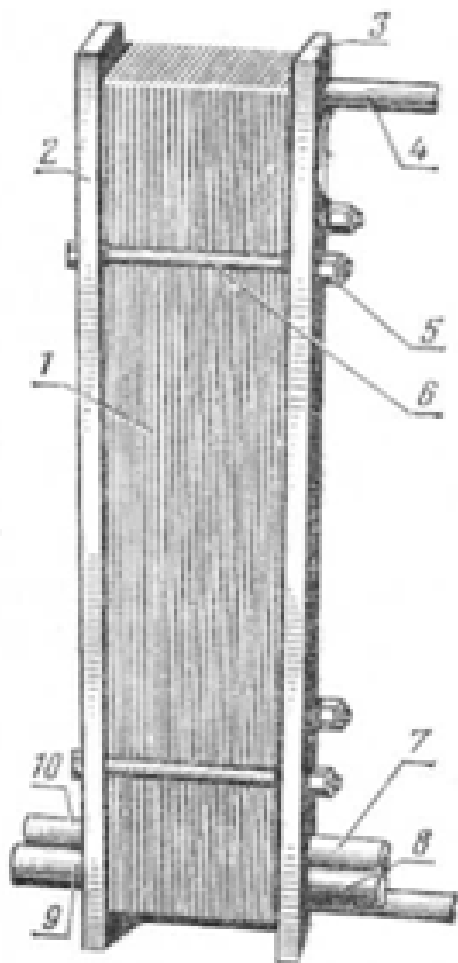


Рис. 4 – Пластиначатый охладитель ОМ – 400:

1 - комплект теплообменных пластин; 2 - упорная плита; 3 - нажимная плита; 4 - штанга; 5 - гайка; 6 - шпилька; 7, 10 -патрубки для подвода и отвода молока; 8, 9-патрубки для подвода и отвода хладоносителя.

Молоко поступает в аппарат через патрубок 1 и через угловое отверстие в крайней пластине попадает в продольный канал 2 аппарата, образованный угловыми отверстиями пластин при их сжатии. По этому каналу оно движется до граничной пластины, имеющей глухой угол (без отверстия) (рисунок 5).

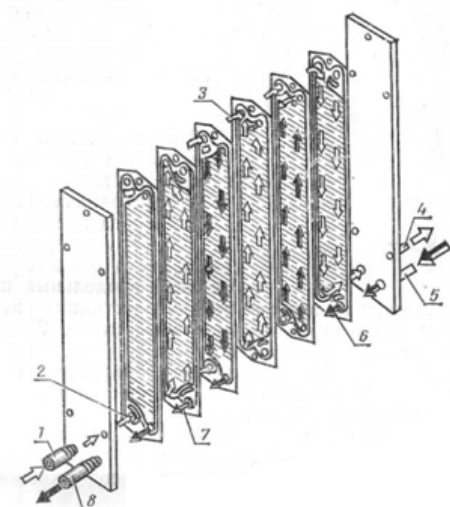


Рис. 5 – Схема движения теплообменивающихся сред в пластиначатом охладителе: 1 и 4 - патрубки для подвода и отвода молока; 2 и 3 - соответственно нижний и верхний продольные каналы движения молока; 5, 8 - патрубки для подвода и отвода хладоносителя; 6, 7 - нижние продольные каналы движения хладоносителя.

Из продольного канала молоко распределяется по нечетным зазорам между пластинами благодаря соответствующему расположению кольцевых прокладок в углах пластин. При движении в межпластинных зазорах оно обтекает рифленые поверхности

пластин, которые с обратной стороны охлаждаются водой. Вверху молоко поступает в верхний продольный канал 3, распределяется по зазорам между пластинами второго пакета и через нижний продольный канал и патрубок 4 отводится из аппарата.

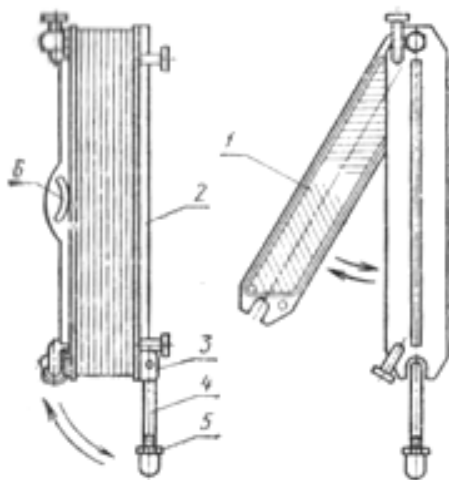


Рисунок 6 – Пластинчатый аппарат с откидной штангой: 1 - теплообменная пластина; 2 - упорная плита; 3 - кронштейн крепления нижней штанги; 4 - откидная штанга; 5 - гайка; 6 - нажимная плита.

Вода подается в аппарат через патрубок 5, проходит по нижнему продольному каналу 6 до граничной пластины и распределяется по четным зазорам между пластинами. Затем она поступает в верхний продольный канал, распределяется по зазорам между пластинами второго пакета и через нижний продольный канал 7 и патрубок 8 выводится из аппарата.

Наиболее распространенными металлами для изготовления теплообменных пластин и деталей, соприкасающихся с молоком, являются никелесодержащая нержавеющая сталь и титан.

Ряд пластинчатых аппаратов имеют легкоразборную конструкцию, позволяющую быстро ослаблять пакет пластин и сливать остаток жидкости без полной разборки аппарата. Так, пластинчатый аппарат (рисунок 6) имеет откидную штангу 4, которая после ослабления гайки 5 может быть выведена из прорези нажимной плиты 6.

После этого любая теплообменная пластина 1 может быть выведена из рабочего пакета, очищена, промыта и установлена на место без разборки аппарата.

4. Энергосберегающие системы охлаждения продукции животноводства

Усилиями многих специалистов во всем мире технология производства и использования искусственного холода доведена до идеального совершенства. Но, даже самые совершенные машины, имеют серьезные, неустранимые недостатки:

- машины сложны в устройстве, металлоемки и, следовательно, дороги;
- трудоемки в обслуживании, требуют наличия высококвалифицированного персонала;
- энергоемки. На охлаждение каждой тонны молока затрачивается до 35 кВт × часов электроэнергии;
- имеют сравнительно низкую надежность функционирования;
- оказывают негативное влияние на экологию.

Из-за низкой надежности и, нередко низкой квалификации обслуживающего персонала, возникают отказы в работе, приводящие к снижению качества молока. Кроме того, большая часть машинного парка холодильной техники в сельском хозяйстве РФ, на начало 2016 года, выработала свой эксплуатационный срок и требует незамедлительной замены. Вместе с тем климатические условия на большей части нашей страны

обеспечивают отрицательные температуры наружного воздуха 120...150 суток в году. Больше половины территории России располагается в зоне вечной мерзлоты.

Опубликованные научные исследования и конструктивные разработки практиков по рассматриваемой проблеме в большинстве случаев предлагают использовать естественный холод только в зимнее морозное время либо в комбинированных системах «холодильная машина - естественный холод», либо в сезонных охлаждающих устройствах (СОУ). Естественный холод – один из важнейших возобновляемых источников энергии. Он является также одним из главных и экологически чистых энергосберегающих средств, обеспечивающих сохранность сельскохозяйственной скоропортящейся продукции непосредственно в местах производства. Преимуществами установок естественного холода являются:

- простота изготовления, обслуживания, ремонта оборудования;
- доступность использования в отдаленных районах;
- высокая надежность охлаждающих систем;
- способность к непрерывному аккумулированию холода в течение суток в холодный период года;
- экономия электроэнергии, остродефицитного холодильного оборудования и материалов, исключение использования фреона и фреоновых масел;
- низкая себестоимость холода.

Одними из первых научных работ, посвященных использованию естественного холода в народном хозяйстве СССР, явились работы В.А.Бобкова

ВИЭСХ ведет научные работы по использованию природного холода в сельском хозяйстве с 1979 года. Первый опыт крупномасштабного использования природного холода был осуществлен на животноводческом комплексе «Гольево» плем-завода – колхоза «Завет Ильича» Красногорского района Московской области. В этом хозяйстве в 1983 -1984 годах были введены в эксплуатацию первые опытно-промышленные установки для охлаждения молока, полученного от стада до 1000 голов. В 1984 г. на основе обобщения опыта плем-завода – колхоза «Завет Ильича», по решению Госплана СССР (протокол заседания №3 от 14.12.1984г) впервые в России началось широкомасштабное использование природного (естественного) холода для охлаждения молока и другой сельскохозяйственной продукции.

В п. 18 этого постановления записано: «поручить Минсельхозу СССР, Минживмашу, Минсельхозмашу и Госпланам Союзных республик разработать в 1985 г. мероприятия по широкому распространению положительного опыта подмосковного колхоза «Завет Ильича», использующего естественный холод для охлаждения молока и других скоропортящихся продуктов и организовать с 1986 года изготовление и поставку необходимого для этого оборудования».

В этом хозяйстве были впервые установлены разработанные ВИЭСХ многосекционные водо-ледяные аккумуляторы природного холода вертикального и горизонтального типов, максимальная водопроизводительность которых превышала 60 кВт.

На начальном этапе «приручения» естественного холода для охлаждения молока использовалась идея применения холодной природной воды – родниковой, скважинной (артезианской) и т.д. Холодная вода при контакте с теплым молоком в теплообменном аппарате отнимает теплоту от молока и утилизирует ее тем или иным способом. Какие это способы?

Водой, нагретой в теплообменнике – охладителе можно распорядиться по-разному, но вариантов фактически всего три. По-первому - вода сбрасывается в канализацию. Такой способ по сей день широко применяется при использовании водопроводной, родниковой воды во фляжных охладителях, в пластинчатых охладителях молокопроводных доильных установок. Очевидно, что в настоящее время не только по экологическим, но и по экономическим соображениям это не приемлемо.

По второму варианту нагретая вода используется для поения коров, мойки оборудования и уборки помещений. Такое решение самое привлекательное, т.к. одновременно утилизируется и полученное ею тепло. Однако это решение вызывает необходимость наличия дополнительного оборудования, чаще всего не стандартного. Именно по этой причине использование воды, нагретой охлажденным молоком, на молочных фермах встречается крайне редко. Остается последнее – нагретую воду охладить и повторно использовать, т.е. организовать водооборотную систему. Именно водооборотное потребление охлаждающей воды и является преимущественным для молочно-товарных ферм и молокозаводов.

Охлаждение обратной воды получило термины *холодонакопление, аккумулярование холода*, а устройства, в которых вода охлаждалась и хранилась, стали называть аккумуляторами холода. Количество холода (кДж, кВт·часов), содержащееся в аккумуляторе, получило название *емкость, вместимость* аккумулятора холода. Конструкции водоохлаждающих устройств, являющихся составной частью аккумулятора холода весьма разнообразны, но все они выполняют одну задачу – теплоту, отнятую от нагретой воды, рассеять в окружающей среде.

Самым простым и самым дешевым аккумулятором естественного холода является бак с водой под открытым небом. Числовое значение зарядной холодопроизводительности в этом случае обеспечивается только за счет теплопередачи от стен бака и от открытой водной поверхности к холодному воздуху. В связи с тем, что коэффициент теплопередачи от открытой водной поверхности к воздуху многократно больше коэффициента теплопередачи от стенки бака к воздуху, конструкторы стремились как можно больше увеличить в теплообменных аппаратах площадь открытой поверхности. Так появилась идея использования градирни в дополнение к баку. Структурная схема градирни представлена на рисунке 7.

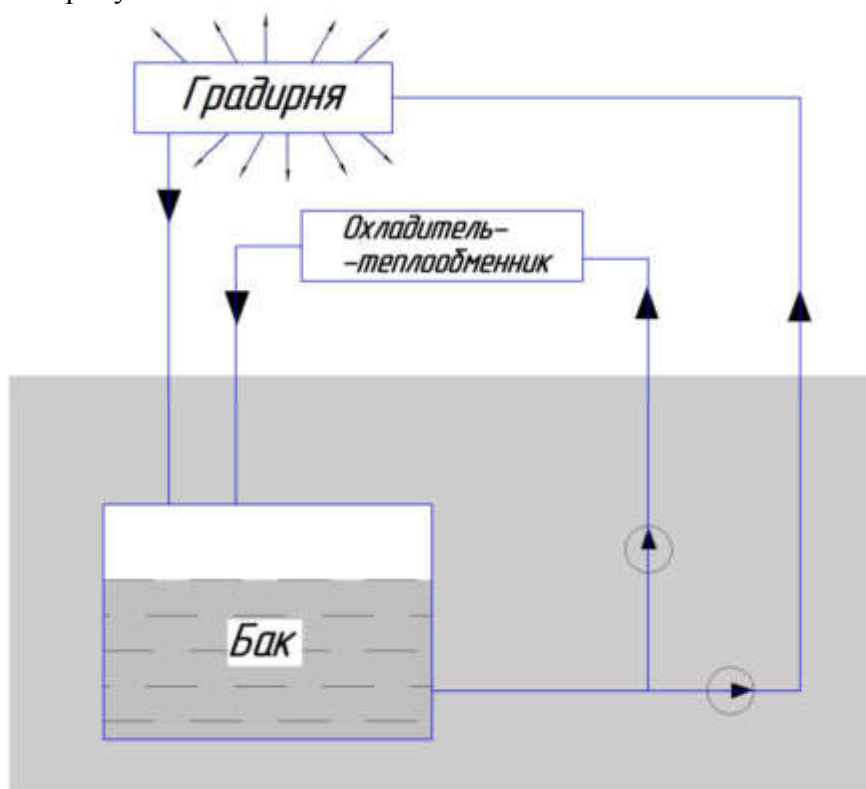


Рисунок 7 Структурная схема аккумуляторной системы естественного холода на основе градирни

Как видно из рисунка 4.1, основой любой конструкции аккумуляционной системы естественного холода является бак – аккумулятор холода.

К баку присоединены два контура:

- Контур градирни, назначение которого передавать теплоту от воды в окружающую среду. Как правило, на фермах градирни используются только в сезон положительных околонулевых температур воздуха.

- Контур теплообменника-охладителя молока, перекачивающий теплоту от молока к воде в баке.

В связи с большим разнообразием конструкций охладителей-теплообменников, скорость теплопередачи (кДж/с, кВт) названных контуров никогда не бывает одинаковой. Скорость контура градирни многократно меньше скорости теплообменника-охладителя молока. Значит, для накопления необходимого количества холода, потребного для охлаждения конкретной массы молока в заданном температурном интервале, длительность работы контура градирни должна быть многократно больше работы контура теплообменника-охладителя.

Конструктивно-технологические схемы градирен довольно разнообразны. Их можно классифицировать по следующим признакам.

1. по способу потока воздуха
 - 1.1 вентиляторные;
 - 1.2 безвентиляторные. В последних циркуляции воздуха осуществляется за счет естественной тяги;
 2. по направлению потоков воздуха и охлаждаемой воды
 - 2.1 противоточные;
 - 2.2 попутного направления;
 3. по форме водного потока, проходящего через внутренний объем градирни
 - 3.1 капельные;
- пленочные.

2.7.3 Результаты и выводы:

Сделать выводы по проделанной работе. В выводах отразить основные проблемы производства и первичной переработки молока. Обосновать себестоимость получения продукции животноводства. Выявить основные направления и способы обеспечения себестоимости молока и другой с.х. продукции за счет применения альтернативных способов охлаждения. Выявить основные закономерности процесса охлаждения пищевой продукции.